اقتصادکشاورزی و توسعه، سال بیست و هفتم، شمارۀ۱۰۵،بهار ۱۳۹۸

مدیریت ریسک خشکسالی کشاورزی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصۀ فازی در شهرستان فردوس

سیدمحمد خلیلی[۱]، زهرا ناجی عظیمی[۲]، سمیرا حرثی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۱

چکیده

یکی از مهم‌ترین بخش‌های آسیب‌پذیر از پدیده خشکسالی، کشاورزی بوده که تأثیر مهمی بر اقتصاد کشورها دارد. در بسیاری از پژوهش‌های پیشین، مدیریت ریسک خشکسالی به عنوان یکی از مناسب‌ترین روش‌های علمی مدیریت خشکسالی مطرح شده است. در این راستا، پژوهش حاضر با اهداف شناسایی شاخص‌های تبیین‌کننده ریسک خشکسالی کشاورزی و ایجاد چارچوبی برای تدوین یک برنامه عملیاتی مقابله با ریسک خشکسالی کشاورزی در

۱. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد
m.khalili@stu.um.ac.ir
۲. دانشیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)
znajiazimi@um.ac.ir
۳. دانشجوی کارشناسی مدیریت دولتی، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی
samirahersi@yahoo.com

شهرستان فردوس استان خراسان جنوبی انجام شده است. در این پژوهش با تهیه لیستی از مهم‌ترین اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی و تعیین اهمیت نسبی هر یک از آنها، اولویت‌بندی اولیه این اقدامات و سپس اولویت‌بندی نهایی آنهابراساس اولویت‌بندی اولیه، هزینه اجرا و مشکلات اجرا صورت گرفت. با توجه به اولویت‌بندی شاخص‌های ریسک خشکسالی کشاورزی و اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک براساس نظر خبرگان و متغیرهای کلامی، در این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای تعیین اوزان شاخص‌ها و از روش تاپسیس فازی برای اولویت‌بندی اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی استفاده شده است. با استفاده از رویکرد پیشنهادی این تحقیقدر مورد مدیریت ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس استان خراسان جنوبی مشخص شد مهم‌ترین شاخص تبیین‌کننده این ریسک «کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی برای استفاده در بخش کشاورزی» و مناسب‌ترین اقدام برای پاسخ‌گویی به آن «آبیاری زیرسطحی» بوده است.

طبقه‌بندی JEL: Q01

کلیدواژه‌ها: خشکسالی، مدیریت ریسک، تحلیل سلسله مراتبی فازی، تاپسیس فازی، شهرستان فردوس

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

امروزه پدیده خشکسالی به یکی از مهم‌ترین بحران‌های طبیعی تبدیل شده است که معمولاً به آرامی توسعه پیدا کرده و مناطق وسیعی را در دراز مدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. تاکنون تعاریف بسیاری از خشکسالی ارائه شده است، اما عموم آهاخشکسالی را شامل یک دوره زمانی می‌دانند که در آن میزان بارش کاهش یافته ولی میزان دما و تبخیر افزایش پیدا کردهبه طوری که در این دوره مقدار آب موجود در منابع آبی منطقه به حد قابل توجهی

کاهش یافته است(۳۲).کمبود آب و افزایش تبخیر از بزرگ‌ترین چالش‌هایی بوده که توسعه کشاورزی کشورهارا با مشکل مواجه کرده و با به وجود آوردن خشکسالی کشاورزی هرساله در جهان این بحران میلیاردها دلار خسارت به اقتصاد کشورها وارد می‌نماید(۵).یکی از تعاریف جامعی که از مقبولیت جهانی برخوردار است، خشکسالی‌ها را در چهار دسته هواشناسی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و اقتصادی- اجتماعی گروه بندی کرده است(۳۳).طبق تعریف تیت و گاستراد (۳۳)خشکسالی کشاورزی زمانی به وجود می‌آید که در فاصله بین دو بارندگی ذخیره رطوبتی منطقه ریشه در خاک برای زنده ماندن محصولات کشاورزی و گیاهان طبیعی و مراتع کفایت نکند. این وضعیت معمولاً در اثر نبود و یا کمبود جریان رطوبت برای تغذیه منطقه ریشهو یا زمانی که رطوبت نسبی هوا به اندازه‌ای کم است که رطوبت موجود خاک قادر به جبران میزان هدر رفت رطوبت بر اثر تبخیر و تعرق نیست رخ می‌دهد. به عبارت دیگر این نوع از خشکسالی زمانی روی می‌دهد که رطوبت قابل دسترس خاک برای محصولات کشاورزی به سطحی برسد که باعث پژمردگی گیاه و اثرات زیانبار بر میزان تولید محصول گردد.

خشکسالی، مسائل و مشکلات بسیاری را در زمینه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی ایجاد کرده و جوامع روستایی بیشترین زیان را از آن متحمل می‌شوند(۳۱). با توجه به قرارگرفتن ایران در منطقه‌ای با آب و هوای خشک و نیمه و خشک هر ساله شاهد وقوع خشکسالی با شدت‌های مختلف بوده‌ایم که منجر به بروز زیان‌های بسیاری بر بخش‌های اقتصادی و اجتماعی کشور شده است(۱۲). همچنین در طی سال‌های گذشته خسارات ناشی از بروز خشکسالی در ایران روندی صعودی داشته و توجه به آن در قالبی مدون و علمی بیش از پیش ضرورت یافته است. از بین مناطق مختلف در معرض خشکسالی ایران، استان خراسان جنوبی طی سال های گذشته به طور مداوم شاهد افزایش دما و میزان تبخیربوده است و براساس شاخص SPI[4] دوره هفت ساله، در حال حاضر تمام مساحت این استان تحت تأثیر خشکسالی

4. Standardized Precipitation Index (SPI)

قرار دارد. همچنین طبق آمارهای جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، شهرستان فردوس در این استان نزدیک به دو دهه است به شدت در معرض ریسک خشکسالی کشاورزی قرار دارد و طبق مطالعات صورت گرفته این شهرستان به عنوان سومین شهر بحرانیاز این منظر در خراسان جنوبیشناسایی شده است. لذا تمرکز تحقیق حاضر بر روی این منطقه است تا با توسعه چارچوبی دقیق و علمی، مناسب‌ترین اقدامات جهت پاسخ‌گویی به این ریسک را فراهم می‌آورد. این شهرستان در عرض جغرافیایی ۳۲/۳۹ تا ۳۴/۴۲ و طول جغرافیایی ۵۷/۰۵ تا ۵۸/۵۵ قرار گرفته است. ارتفاع از سطح دریا این شهرستان ۱۲۹۳ متر و مساحت آن ۵۱۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. جمعیت کنونی این شهرستان ۴۱۶۲۶ نفر می‌باشد که در ۲ شهر و ۵۵ آبادی این شهرستانسکنی دارند. اقلیم‌های این شهرستان، کوهستانی و بیابانی بوده و حداکثر درجه حرارت این شهر ۴۵+ و حداقل درجه حرارت آن ۲۱- گزارش شده است. همچنین میزان متوسط بارش سالانه آن ۱۴۸ میلیمتر می‌باشد (۲۸).

تاکنون عمده تمرکز تصمیم‌گیرندگان محدود به انجام اقدامات اصلاحی پس از وقوع بحران در قالب «رویکردهای مدیریت بحران» بوده است حال آنکه ضروری به نظر می‌رسد قبل از مشاهده نتایج بروز خشکسالی، در قالب اقدامات «مدیریت ریسک خشکسالی» از وقوع آن تا حد ممکن جلوگیری کرده و یا میزان خسارات احتمالی ناشی از آن را به حداقل برسانیم(۱۱). مدیریت ریسک خشکسالی فرایندی مشتمل بر گام‌های مختلفی مانند شناسایی ریسک، ارزیابی و تحلیل ریسک و پاسخ‌گویی به ریسک می‌باشد. تبیین شاخص‌های مناسب در راستای شناسایی ریسک، ارزیابی ریسک و همچنین برنامه‌ریزی اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک، از اهمیت بسیار بالایی در فرایند مدیریت ریسک خشکسالی برخوردار است (۱۹). به عبارتی، تعریف دقیق شاخص‌های ارزیابی ریسک خشکسالی و اندازه‌گیری آنها، از یک سو امکان بررسی میزان آسیب‌پذیری یک منطقه در مقابل خطر خشکسالی را فراهم آورده و از سوی دیگر اندازه‌گیری آنها پس از اجرای اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک می‌تواند میزان اثربخشی هر یک از آن اقدامات را تعیین نماید. لذا ضروری است تا با بررسی علل وقوع

خشکسالی از یک سو و راهکارهای مقابله با آن از سویی دیگر بتوان هر چه سریع‌تر و مؤثرتر از افزایش میزان خسارات این پدیده جلوگیری نمود. در این راستا، پژوهش حاضر با اهداف شناسایی شاخص‌های تبیین‌کننده ریسک خشکسالی کشاورزی و ایجاد چارچوبی برای تدوین یک برنامه عملیاتی مقابله با ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس استان خراسان جنوبی انجام شده است.در ادامه ابتدا مروری بر تحقیقات پیشین صورت گرفته است و در انتهابه تبیین جایگاه این پژوهش در مقایسه با مطالعات پیشین و اهمیت آن پرداخته می‌شود.

در ایران پژوهش‌های زیادی به منظور ارزیابی ریسک خشکسالی انجام شده است که از جمله آنها می‌توان به پژوهش پورطاهری و همکاران (۲۹) اشاره نمود.این پژوهش به شناسایی شاخص‌های بیان‌کننده آسیب‌پذیری کشاورزان روستایی در برابر پیامدهای خشکسالی با تأکید بر مدیریت ریسک پرداخته است. در این راستا با استفاده از یک روش توصیفی-تحلیلی و اخذ نظرات روستاییان و مسئولین مربوطه از طریق پرسش‌نامه، سطوح آسیب‌پذیری مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج پژوهش آنها حاکی است که عوامل اقتصادی و اجتماعی مهم‌ترین ابعاد آسیب پذیری ریسک خشکسالی به شمار می‌روند.

قاسمی نژاد و همکاران (۱۸)با توجه به اشکالات وارد بر رویکرد مدیریت بحران برای مدیریت خشکسالی، رویکرد مدیریت ریسک خشکسالی را در استان اصفهان مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این تحقیق ریسک خشکسالی به صورت تابعی از شاخص خطر و شاخص آسیب‌پذیری تعریف شده است. شاخص بارش استاندارد به عنوان شاخص خطر خشکسالی و شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی (تراکم جمعیت و درصد شاغلین بخش کشاورزی) و شاخص‌های فیزیکی (ظرفیت آب قابل استفاده خاک و کاربری اراضی) به عنوان شاخص‌های آسیب‌پذیری درنظر گرفته شده‌اند. نتایجاین پژوهش نشان داد که مناطق مرکزی استان اصفهان نسبت به‌وقوع خشکسالی بسیار شدید، مستعدتر می‌باشند و استعداد مناطق شمال و شمال شرق به خشکسالی شدید، زیاد می‌باشد. همچنین نقشه شاخص آسیب‌پذیری حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که بیشترین آسیب‌پذیری در غرب، جنوب و شمال استان اصفهان و به‌صورت پراکنده

در شرق این استان وجود دارد. از جمله اقدامات پیشنهادی برای کاهش ریسک خشکسالی می‌توان به استقرار نظام پایش و پیش‌آگاهی خشکسالی، آموزش جامعه در جهت صرفه‌جویی هر چه بیشتر در منابع آب و بهبود سیستم‌های مدیریت آب اشاره کرد.

در پژوهشی دیگر توسط اکرامی و همکاران(۱۵)با هدف ارزیابی خسارات ایجاد شده بر اثر خشکسالی کشاورزی در شهرستان تفت استان یزد، نقشه‌های آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک تحلیل سلسله مراتبی، تهیه شده‌اند. استفاده از این نقشه‌ها با توجه به فراهم آوردن داده‌های برخط و قابل اطمینان، این امکان را برای تصمیم‌گیران فراهم می‌آورد که اقدامات مناسبی را در راستای کاهش اثرات ناشی از ریسک خشکسالی کشاورزی برنامه‌ریزی نمایند.

پژوهش‌های خارجی بسیاری نیز در زمینه ارزیابی ریسک خشکسالی صورت گرفته است که برخی از آنها در ادامه بررسی می‌شوند. ویلهلمی و ویلهیت(۳۵) به بررسی آسیب‌پذیری ریسک خشکسالی کشاورزی در نبراسکای ایالات متحده آمریکا پرداخته‌اند. در پژوهش آنها شاخص‌های ارزیابی آسیب‌پذیری خشکسالی به دو دسته کلی عوامل بیوفیزیکی و عوامل اجتماعی تقسیم شده‌اند و شامل آب و هوا، خاک، نحوه استفاده از زمین و میزان دسترسی به بارش‌ها می‌باشند. در این پژوهش چارچوب تهیه نقشه آسیب‌پذیری ریسک خشکسالی کشاورزیبراساس یک طرح وزن‌دهی عددی برای ارزیابی پتانسیل خشکسالی در هر یک از عوامل مذکور ایجاد شده است. نتایج تحقیق نشانمی‌دهد که مزارع بدون بارش، مراتع خاک‌های شنی و مناطقی که در آنهاکمبود رطوبت فصلی اتفاق می‌افتد، محلی‌هایی با بیشترین آسیب‌پذیری در مقابل ریسک خشکسالی کشاورزی می‌باشند.

ژانگ(۳۷) با ترکیب دیدگاه‌های اقلیم شناسی، جغرافیا، علوم سوانح و علوم زیست محیطی روشی برای تحلیل و ارزیابی ریسک خشکسالی در چین ارائه کرد. در این پژوهش مدل کمی ارزیابی ریسک خشکسالی با استفاده از عوامل دوره تناوب وقوع خکشسالی، مدت دوره خشکسالی، شدت خشکسالی، وسعت آسیب به منطقه و میزان بازده تولید محصولات

کشاورزی ایجاد شده است. نتایج این مطالعه مبنایی برای تدوین و توسعه استراتژی‌های کاهش خسارات ناشی از خشکسالی و توسعه کشاورزی پایدار می‌باشد.

ژانگ و همکاران(۴۰) یک ساختار چهارسطحی و چندشاخصی مبتنی بر تئوری فازی بر ارزیابی ریسک خشکسالی در چین را توسعه داده‌اند. چهار سطح اصلی ساختار آنها شامل میزان خطر، آسیب پذیری، در معرض خطر بودن و میزان پایداری خشکسالی می‌باشد. در این تحقیق براساس نتایج ارزیابی ریسک خشکسالی انجام شده نقشه‌های ریسک خشکسالی کشاورزی تهیه شده است و نتایج آن نشان داد که ریسک خشکسالی کشاورزی از نواحی شرقی به سمت نواحی غربی رو به افزایش است.

میشرا و سینگ(۲۵) به بررسی شاخص‌های ارزیابی ریسک خشکسالی با استفاده از اطلاعات تاریخی مربوط به ارتباط بین خشکسالی و شاخص‌های آب و هوایی در مقیاسی بزرگ پرداخته‌اند. در این تحقیق روش‌های مختلف مدل سازی ریسک خشسکالی شامل پیش‌بینی خشکسالی، مدل سازی برمبنای احتمال خشکسالی، تحلیل‌های زمانی- مکانی، مدل‌های جهانی آب و هوا برای سناریوهای مختلف خشکسالی و سیستم‌های ادغام داده‌های جمع آوری شده، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که استفاده از روش‌هایترکیبیمناسب‌ترین روش برای پیش‌بینی خشکسالی‌هایدرازمدتاست.

چن و یانگ(۷) یک مدل ارزیابی ریسک خشکسالی کشاورزی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP[5]) پیشنهاد کرده‌اند. معیارهای تحلیل آنها مشتمل بر چهار دسته کلی شاخص‌های مربوط به محصولات، شاخص‌های مربوط به میزان بارش، شاخص‌های مربوط به شرایط اقتصادی-اجتماعی و شاخص‌های مربوط به محیط زیست بوده است. نتایج این تحقیق توسعه یک روش مناسب برای ارزیابی ریسک خشکسالی کشاورزی در کشور چین طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ بوده است.

5. Analytic Network Process

ناومن و همکاران(۲۷) یک شاخص ترکیبی برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری ریسک خشکسالی در آفریقا پیشنهاد داده‌اند. این شاخص ترکیبی از چهار عنصر میزان ذخایر طبیعی تجدیدپذیر، ظرفیت اقتصادی، میزان جمعیت منطقه و زیرساخت‌ها و تکنولوژی‌های موجود می‌باشد. رویکرد پیشنهادی توسط آنها عدم قطعیت در داده‌ها و نظرات خبرگان را لحاظ کرده و نتایج حاصل از تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که این شاخص ترکیبی قابلیت اطمینان بالایی برای ارزیابی آسیب پذیری در مقابل ریسک خشکسالی را دارد. از نتایج این تحقیق می‌توان به توانایی شاخص پیشنهادی در پیش‌بینی خطر وقوع خشکسالی در در آفریقا اشاره کرد.

کیم و همکاران(۲۳) میزان ریسک خشکسالی را با ترکیب دو شاخص خطر خشکسالی و آسیب‌پذیری خشکسالی تبیین کرده‌اند. در این راستا خطر خشکسالی براساس تکرار و شدت خشکسالی و آسیب‌پذیری خشکسالی براساس هفت شاخص اقتصادی-اجتماعی به صورت کمی اندازه‌گیریشده‌است.چارچوب ارائه شده توسط آنها بر نقش هم‌زمان خطر و آسیب پذیری در ارزیابی خطر خشکسالی تأکیددارد و از داده های آب و هوایی، اجتماعی و اقتصادی برای تعیین خطر خشکسالی در سراسر کره جنوبی استفاده می‌کند.

بلاهوت و همکاران(۳) میزان توانایی شاخص‌های معمول تبیین‌کننده ریسک خشکسالی و میزان آسیب‌پذیری خشکسالی در پیش‌بینی میزاناثرات خشکسالی در اروپا را مورد بررسی قرار دادند. در پژوهش آنها اطلاعات گذشته در مورد اثرات خشکسالی، شاخص‌های خشکسالی و آسیب‌پذیری ترکیب شده و میزان اعتبار آنهادرپیش‌بینی ریسک خشکسالی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به کارگیری رویکرد ترکیبی پیشنهادی آنها نشان‌دهنده تفاوت‌های منطقه‌ای ویژه‌ای در میزان ریسک خشکسالی در سراسر اروپا می‌باشد.

ژانگ و همکاران(۳۸) در پژوهشی شاخص‌های ریسک خشکسالی زیادی را با هم مقایسه کرده و همچنین رویکردهای مختلف جمع‌آوری اطلاعات آنها مورد بررسی قرار گرفته است. شاخص‌های مذکور شامل شاخص‌های زندگی گیاهی، دمای خشک شدن زندگی گیاهی، شرایط خشکی، خشکی مقیاس شده، خشکسالی یکپارچه مایکروویو، خشکی

ترکیبی، خشکسالی هواشناسی بهینه شده و خشکی گیاهی بهینه شده می‌باشند. از مهم‌ترین نتایج این پژوهش،تبیین نقاط ضعف و قوت هر شاخص در شرایط آب و هوایی متفاوت درایالات متحده آمریکا است.

در پژوهشی دیگر که توسط دنگ و همکاران(۱۴) انجام گرفت، چهار شاخص مهم در تبیین ریسک خشکسالی کشاورزی، ظرفیت ذخیره‌سازی آب در خاک، انحراف بارش از روند استاندارد، رطوبت خاک و درآمد سرانه سالانه کشاورزان شناسایی شده‌اند. با اندازه‌گیری این شاخص‌ها، مناطق مختلفی در کشور چین از لحاظ ریسک خشکسالی کشاورزی بررسی و سیاست‌های مناسب به منظور بهبود شرایط پیشنهاد شدند.

به منظور تدوین برنامه‌های عملیاتی پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی نیزتحقیقات بسیاری صورت گرفته است. در ایران می‌توان به پژوهش داورپناه(۱۳) اشاره نمود که در آن پس از تبیین مهم‌ترین زیان‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی خشکسالی به معرفی برخی از اقدامات کاهش دهنده آثار خشکسالی پرداخته است. نتایج این تحقیق مشتمل بر مهم‌ترین اقدامات کاهش دهنده آثار خشکسالی شامل افزایش راندمان آبیاری، تعیین الگوی کشت مناسب برای گیاهان حساس به تنش آبی، تدوین قوانین برای تسهیل در بازیافت آب و توسعه بیمه‌های محصولات کشاورزی می‌باشد.

اسمعیلی و همکاران(۱۶) در مطالعه‌ای مجموعه‌ای از اقدامات عملیاتی مدیریت ریسک خشکسالی در مناطق عشایری استان ایلام را برشمرده‌اند. این پژوهش چارچوبی را برای مدیریت بحران خشکسالی ارائه داده است و به دنبال پیش‌بینی مناطق ریسک‌پذیر در رابطه با خشکسالی و اعمال راهکاری مناسب جهت جلوگیری از وقوع شدید پدیده خشکسالی و به حداقل رساندن اثرات و پیامدهای پدیده مذکور می‌باشد.

دریجانی و همکاران(۱۱) راهکارهای مدیریت ریسک خشکسالی را شناسایی و گروه‌بندی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در بخش راهکارهای زراعی، توجه به مقاومت محصولات در مقابل خشکی و شوری، در بخش راهکارهای فنی و آبیاری، استفاده از

سیستم‌های آبیاری تحت فشار، در بخش راهکارهای قانونی، بیمه خشکسالی و تخصیص اعتبارات و در بخش راهکارهای نهادی، استقرار نظام پایش و پیش آگاهی خشکسالی در سطح ملی یا منطقه‌ای و آموزش کشاورزان اولویت بالاتری در مدیریت ریسک خشکسالی دارند.

اسمعیلی و خداد(۱۷) با استفاده از یک روش توصیفی- تحلیلی و پیمایش میدانی بهبررسی اثرات مدیریت ریسک خشکسالی بر بهبود اقتصادی کشاورزان روستایی شهرستان بناب پرداختند. از مهم‌ترین نتایج پیشنهادی تحقیق آنها، اجرای برخی از زمینه های مدیریت ریسک خشکسالی نظیر آبیاری فنی تحت فشار و قطره‌ای، استفاده از گونه های مقاوم در مقابل خشکسالی، تنوع بخشی به محصولات روستا و حفظ مراتع روستا به منظور ایجاد پایداری در اقتصاد کشاورزی روستایی می‌باشد.از مهم‌ترین پژوهش‌های خارجی که به منظور تدوین برنامه‌های عملیاتی پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی انجام شده است می‌توان به «راهنمای جامع عملیاتی برای مقابله با ریسک خشکسالی» اشاره نمود که توسط مرکز ملی کاهش خشکسالی آمریکا صورت گرفته است(۲۴).در این راهنما بر اهمیت شناسایی شاخص‌های بیان‌کننده آسیب‌پذیری به منظور تعیین اقدامات عملیاتی مقابله با خشکسالی تأکید شده است. از نتایج مهم این پژوهش شناسایی دقیق بخش‌های آسیب پذیر در مقابل ریسک خشکسالی و برنامه‌ریزی اقدامات کاهش احتمالات و اثرات آنهابوده است.

هایس و همکاران(۲۰) با ترکیب مفاهیم تئوری بلایای طبیعی و تعامل با کارشناسان خبره مدیریت ریسک، یک چارچوب انعطاف‌پذیر و قابل اجرا برای اجرای اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی تدوین کردند. چارچوب اجرایی پیشنهاد شده در این پژوهش ابعاد سیاست گذاری و جغرافیایی را شامل شده و کاربردی بودن آن در مطالعات موردی زیادی به تأیید رسیده است.

ژو و همکاران(۳۶) با تعریف شاخص‌هایی مبتنی بر تعداد روزهای بدون بارش در کشور چین، موفق به تبیین میزان خسارت‌های ناشی از خشکسالی کشاورزی و برنامه‌ریزی

برای کاهش این خسارت‌ها شده‌اند. نتایج حاکی از وجود ریسک بسیار شدید خشکسالی در مناطق شمالی و ریسک نسبتاً شدید خشکسالی در مناطق شمال شرقی کشور چین است.

ژانگ و همکاران(۳۹) اثرات تغییرات دمایی و جغرافیایی در وقوع خشکسالی‌های کشاورزی و هواشناسی را در ۲۲۴ ایستگاه در کشور چین بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹، مورد بررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش محصول ذرت به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده و مجموعه‌ای از اقدامات تعدیل‌کننده اثرات ریسک که باید توسط کشاورزان و دولت انجام شود پیشنهاد گردیده است.

نام و همکاران(۲۶) در مطالعه‌ای به بررسی ارتباط بین آسیب‌پذیری و پایداری منابع طبیعی با تغییرات آب و هوایی در کره جنوبی براساس یک چارچوب مفهمومی پرداخته‌اند. در چارچوب مفهومی پیشنهادی آنها از تئوری احتمال، تحلیل پایداری و میزان لحظه‌ای استفاده از منابع آب برای سیاست‌گذاری‌های مدیریت آب و اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی استفاده شده است. نتیجه مهم این تحقیق پیشنهاد لیست اقدامات پیشگیرانه مناسب برای تدوین استراتژی‌های تأمین آب در آینده براساس سناریوهای مختلف آب و هوایی می‌باشد.

جین و همکاران(۲۲) مهمترین اقدامات کشاورزان در جهت تعدیل اثرات ریسک خشکسالی و و عوامل موثر بر تصمیمات کشاورزان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق آنها به تصمیم‌گیران در زمینه اتخاذ سیاست‌های مناسب در جهتهدایت کشاورزان در مدیریت ریسک خشکسالی کمک شایانی نموده است.

وان و همکاران(۳۴) با بررسی ۲۹۱ نمونه تصادفی به بررسی اقدامات انجام شده توسط بخش روستایی در جهت مقابله با ریسک خشکسالی از منظر اقتصادی-اجتماعی پرداخته‌اند. این تحقیق پیشنهاد می‌نماید به منظور حفظ هر چه بیشتر تعادل زندگی روستایی و بخش کشاورزی، کشاورزان باید یک سبد درآمد متشکل از چندین منبع مختلف را تهیه کرده و با این استراتژی پایداری زندگی روستایی و بخش کشاورزی را تضمین نماید.

با بررسی جامع مطالعات پیشین مشخص می‌شود که به منظور اجرای مدیریت ریسک خشکسالی ضرروی است ابتدا شاخص‌های ارزیابی ریسک خشکسالی کشاورزی با استفاده از چارچوبی دقیق و علمی شناسایی شوند. تعیین دقیق این شاخص‌ها و اهمیت نسبی هر یک از آنها امکان ارزیابی و تحلیل ریسک خشکسالی کشاورزی را فراهم آورده و چارچوبی مشخص برای برنامه‌ریزی اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی را ممکن می‌سازد.پس از تدوین مناسب‌ترین اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی ضروری است این اقدامات رابا توجه اهمیت، هزینه و مشکلات اجرایی اولویت‌بندی نمود. بر این اساس، تحقیق حاضر رویکردی مناسب به منظور مدیریت ریسک خشکسالی کشاورزی پیشنهاد می‌نماید.

مبانی نظری و روش تحقیق

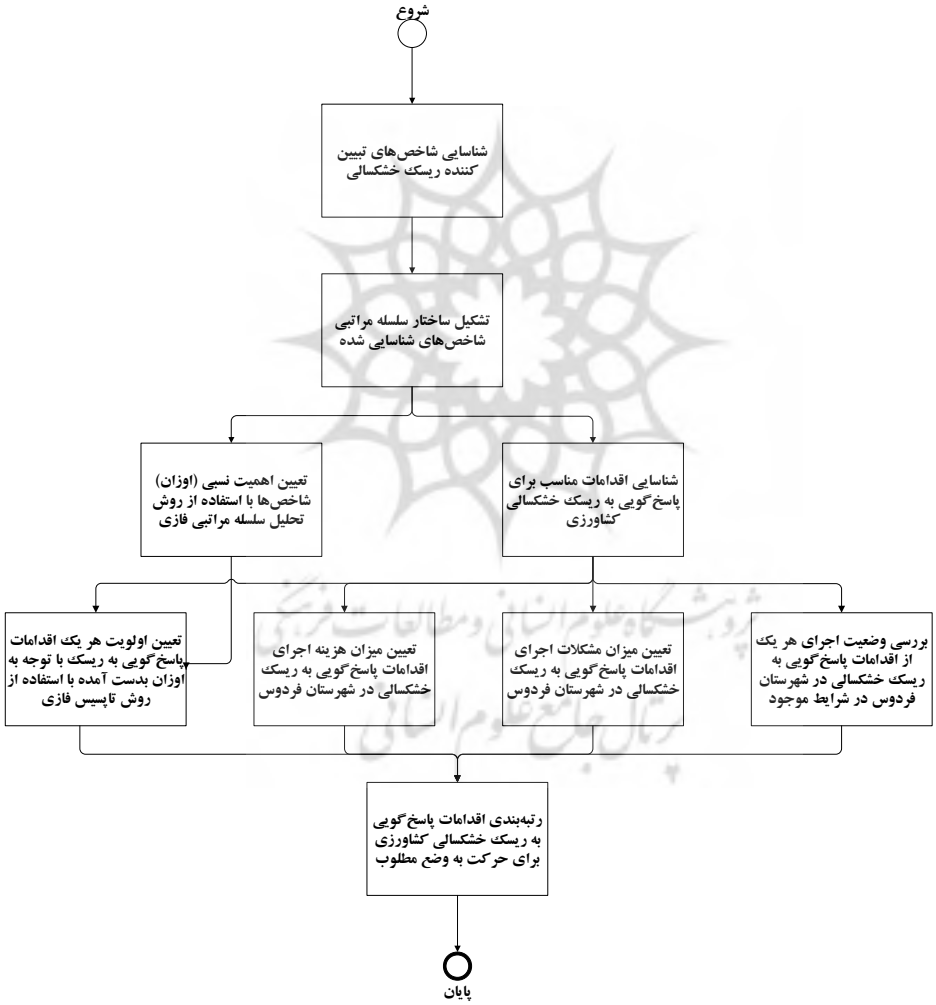
به منظور اجرای مدیریت ریسک خشکسالی که فرایندی چندمرحله‌ای است، تحقیق حاضر فرایندی مطابق نمودار ۱ پیشنهاد می‌نماید. در گام نخست با مطالعه تحقیقات پیشین و اخذ نظرات خبرگان مهم‌ترین شاخص‌هایی که توانایی تبیین ریسک خشکسالی را دارند شناسایی می‌شوند. در گام بعدی شاخص‌های شناسایی شده در قالب یک ساختار سلسله مراتبی تدوین شده تا امکان مقایسه میزان اهمیت آنها به شکلی نظام‌مند فراهم گردد. پس از آن، شاخص‌های شناسایی شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP[۶]) با یکدیگر مقایسه می‌شوند. لازم به ذکر است که روشAHP به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره توسط ساعتی(۳۰) ارائه شده است و به دلیل شباهت آن به تفکر و فرایندهای ذهنی انسان و انطباق آن با منطق ریاضی، کارایی بسیار بالایی دارد(۲). در روش AHP نظرات خبرگان در قالب اعداد قطعی بیان می‌شود، درحالی که در عمل استفاده از اعداد قطعی برای انجام مقایساتی که کاملاً مبتنی بر متغیرهای کلامی بوده و داده‌های تاریخی مدونی نیز از آنها (شاخص‌های ارزیابی ریسک خشکسالی) وجود ندارد چندان منطقی به نظر نمی‌رسد. لذا با

6. Fuzzy Analytical Hierarchal Process

توجه به عدم قطعیت حاکم بر این شرایط مناسب است تا با استفاده از مجموعه‌های فازی (اعداد فازی) به تصمیم‌گیری پرداخته شود(۱). روش تحلیل سلسله مراتبی فازی انتخاب شده در این پژوهش براساس رویکرد تحلیل گسترش یافته چانگ(۴) می‌باشد. یکی دیگر از مراحلی که در این قسمت صورت می‌گیرد، تعیین اقدامات مناسب جهت اجرا براساس شاخص‌های شناسایی و دسته‌بندی شده درگام‌های اول و دوم است، که این اقدامات با استفاده از پژوهش‌های پیشین و نظرات خبرگان تعیین می‌شود. در این گامبا اخذ نظرات خبرگان در مورد میزان اثرگذاری هر یک از اقدامات در تعدیل هر یک از شاخص‌های ریسک خشکسالی و با توجه به وزن به دست آمده برای هر شاخص از خروجی FAHP می‌توان روش تاپسیس-فازی[۷]را به کار گرفت تا اولویت اجرای اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی تعیین گردد. روش تاپسیس برای اولین بار توسط هوانگ و یوون(۲۱) در سال ۱۹۸۱ معرفی شده است.از آنجا که در بسیاری از مسائل کاربردی امتیاز گزینه‌ها یا وزن معیارها در قالبی زبانی و غیر قطعی توسط خبره بیان می‌شود، ضروری است تا بتوان این عدم قطعیت را در روش تاپسیس سنتی لحاظ نمود. روش تاپسیس فازی برای اولین بار توسط چن و همکاران(۸) در سال ۱۹۹۲ توسعه داده شد. در این روش وزن‌ها و ماتریس تصمیم‌گیری به صورت اعداد فازی تعریف شده و همانند تاپسیس کلاسیک براساس فاصله از گزینه‌ایده‌آل مثبت و منفی، رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام می‌شود.روش تاپسیسفازی انتخاب شده در این پژوهش براساس رویکرد توسعه تاپسیس در محیط فازی می‌باشد که توسط چن و هوانگ(۸) معرفی شده است. در مرحله بعدی، بعد از شناسایی اقدامات پاسخ گویی به ریسک خشکسالی می‌توان وضعیت اجرای هر یک از آنها در منطقه در وضع موجود را مورد مطالعه قرار داد و همچنین نظرات خبرگان در مورد میزان مشکلات اجرا و هزینه‌های اجرای هر اقدام را اخذ نمود. در گام نهایی برای ایجاد چارچوبی برای تدوین یک برنامه عملیاتی مدیریت ریسک خشکسالی، اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک براساس سه معیار اولویت اجرا (خروجی اجرای روش تاپسیس فازی در مرحله قبل)، مشکلات اجرا و هزینه‌های اجرا با استفاده از روش تاپسیس فازی اولویت بندی نهایی می‌شوند. در انتها با توجه وضعیت اجرایی این اقدامات در وضع موجود، اقداماتی که

7. Fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

دارای اولویت نهایی بالاتری بوده و تاکنون وضعیت اجرای مطلوبی نداشته‌اند به عنوان اقدامات اجرایی نهایی برای پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی انتخاب می‌شوند. بنابراین با به کارگیری فرایند پیشنهادی، رتبه‌بندی نهایی اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس، براساس اطلاعات ارزشمندی مانند میزان اثربخشی هر اقدام در تعدیل شاخص‌های ریسک خشکسالی با اولویت بالا، ضعف در وضعیت اجرا در شرایط موجود، میزان مشکلات اجرا و هزینه‌های اجرا شکل گرفته است که می‌تواند مبنایی برای تدوین یک برنامه عملیاتی مدیریت ریسک خشکسالی کشاورزی باشد.



نمودار ۱. فرایند پیشنهادی پژوهش برای مدیریت ریسک خشکسالی

لازم به توضیح است، برای جمع‌آوری داده‌ها و اخذ نظرات خبرگان در مراحل مختلف تحقیق از مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه در قالب پرسش‌نامه بهره گرفته شد. در این راستا سه نوع پرسش‌نامه به منظور «شناساییمعیارهای موثر بر ریسک خشکسالی کشاورزی»، «تعیینمیزان اثرگذاری هر یک از اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی» و «بررسی شرایطاجرایی هر یک از اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس» طراحی شد. روایایین پرسش‌نامه‌هابه تأیید متخصین وکارشناسان صاحب‌نظر و آگاه در بخش‌های اجرایی و تحقیقاتی جهاد کشاورزی شهرستان فردوس رسید و پایایی آن نیز از طریق محاسبه نرخ سازگاری[8]به روش ساسیوتورا و باکلی[9](۹) بررسی و تأیید شد. از آنجا که مقدار نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱ محاسبه گردید، لذا پایایی تأییدشد. انتخاب خبرگان به منظور انجام مقایسات زوجی و تکمیل پرسش‌نامه‌ها از بین خبرگانی انجام شدهکه با اقلیم و شرایط شهرستان فردوس و در زمینه ریسک خشکسالی کشاورزی اطلاعات مناسبی داشته باشند.

روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

در این بخش روش تحلیل سلسله مراتبی فازی چانگ(۴) معرفی می‌گردد. این روش مشتمل بر گام‌های ذیل است.

۱.ترسیم ساختار سلسله مراتبی شاخص‌ها: در اولین گام از این روش با مطالعه پژوهش‌های گذشته و مصاحبه با خبرگان، ساختار سلسله مراتبی شاخص‌ها ترسیم می‌شود. در این ساختار سطوح شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها به طور دقیق مشخص می‌شود.

۲.تشکیل ماتریس مقایسات زوجی فازی: براساس ساختار سلسله مراتبی شاخص‌ها که در قسمت قبل تشکیل شده است، نظرات خبرگان در قالب عبارت‌های کلامی در مورد اهمیت نسبی شاخص‌های هر سطح نسبت به هم، در قالب ماتریس‌های مقایسات زوجی اخذ

8. Consistency Rate
9. Csutoraand Buckley

می‌شود. عبارات کلامی خبرگان به طور مستقیم و براساس اطلاعات جدول ۱ به مقادیر عددی تبدیل شده و وارد ماتریس‌های مقایسات زوجی می‌گردد. در این ماتریس درایه‌های قطر اصلی ماتریس که نشان‌دهنده وضعیت ترجیح نسبی دو معیار مشابه هستند از اهمیت دقیق مساوی(۱,۱,۱) برخودار می‌باشند.

جدول ۱. مقدار عددی معادل عبارات کلامی در مقایسات زوجی

عبارت کلامی	عدد فازی مثلثی	عدد فازی مثلثی معکوس
اهمیت دقیقاً مساوی	(1,1,1)	(1,1,1)
کمی مهم‌تر	$(\frac{1}{2},1,\frac{3}{2})$	$(\frac{2}{3},1,2)$
مهم‌تر	$(1,\frac{3}{2},2)$	$(\frac{1}{2},\frac{2}{3},1)$
خیلی مهم‌تر	$(\frac{3}{2},2,\frac{5}{2})$	$(\frac{2}{5},\frac{1}{2},\frac{2}{3})$
خیلی زیاد مهم‌تر	$(2,\frac{5}{2},3)$	$(\frac{1}{3},\frac{2}{5},\frac{1}{2})$
کاملاً مهم‌تر	$(\frac{5}{2},3,\frac{7}{2})$	(2/7,1/3,2/5)

مأخذ: چانگ(۴)

۳.محاسبه میانگین حسابی نظرات تصمیم گیران: میانگین حسابی نظرات تصمیم گیرندگان براساس رابطه ذیل محاسبه می‌شود. در این رابطه p_{ij} تعداد خبرگان نظر دهنده در مورد اولویت شاخص i نسبت به شاخص jو a_{ijk} مقدار عددی مقایسه زوجی خبره k ام در مورد اولویت شاخص i نسبت به شاخص j است:

$$\widetilde{a_{ij}} = \frac{\sum_{k=1}^{p_{ij}} a_{ijk}}{p_{ij}} \qquad (۱)$$

۴.محاسبه مجموع نرمالایزشده هر سطر: مجموع نرمالایزشده هر سطر که خود یک عدد فازی است $(\widetilde{M}_i)$ براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\widetilde{M_i} = \widetilde{s_i} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \widetilde{s_i}\right]^{-1} = \left(\frac{\sum_{j=1}^{n} l_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} u_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^{n} m_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} m_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^{n} u_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} l_{ij}}\right) \quad (۲)$$

به طوری که در آن S_i به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\widetilde{s_i} = \sum_{j=1}^{n} \tilde{a}_{ij} = \left(\sum_{j=1}^{n} l_{ij}, \sum_{j=1}^{n} m_{ij}, \sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right); \qquad i = 1,\ldots,n \quad (۳)$$

۵.محاسبه درجه بزرگ‌تر بودن هر $\tilde{M}_i$ نسبت به سایر $\tilde{M}_i$ها: میزان درجه بزرگ‌تر بودن با $d'(A_i)$ نشان داده شده و از رابطه زیر به دستمی‌آید:

$$d(\acute{A}_t) = \min_{k=1,\ldots k} \{v(\tilde{M}_t \geq \tilde{M}_k)\} \qquad \text{i=1,…n} \quad (۴)$$

به طوری که در رابطه فوق، $v(\tilde{M}_i \geq \tilde{M}_k)$ بیان‌کننده درجه بزرگ‌تر بودن عدد مثلثی فازی $\tilde{M}_i$ از عدد مثلثی فازی $\tilde{M}_k$ می‌باشد. طبق تعریف، درجه بزرگ‌تر بودن عدد مثلثی فازی $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ از عدد مثلثی فازی $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$v(\tilde{B} \geq \tilde{A}) = \begin{cases} 1; & b_2 \geq a_2 \\ 0; & a_1 \geq b_3 \\ \frac{a_1 - b_3}{(b_2 - b_3).(a_2 - a_1)}; & Otherwise \end{cases} \quad (۵)$$

۶.تعیین بردار نرمالایزشده وزن ماتریس: بردار وزن ماتریس $w'=(d'(A_1),d'(A_2),\ldots,d'(A_n))$ را درنظر گرفته و به صورت زیر نرمالایز می‌کنیم:

$$w = \left(\frac{d'(A_1)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}, \frac{d'(A_2)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}, \ldots, \frac{d'(A_n)}{\sum_{i=1}^{n} d'(A_i)}\right) \quad (۶)$$

۷.تعیین وزن نهایی گزینه‌ها: با ترکیب وزن گزینه jدر معیار i (r_{ij}) و وزن هر معیار (w_i)، وزن نهایی گزینه‌ها که با (u_j) نشان داده می‌شود از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$u_j = \sum_{i=1}^{n} w_i . r_{ij}; \qquad j = 1,\ldots,n \quad (۷)$$

در نهایت گزینه‌ها به ترتیب نزولی وزن‌هایشان مرتب شده و به تصمیم گیرنده اعلام می‌شوند.

روش تاپسیس فازی

در این بخش روش تاپسیس فازی ارائه شده توسط چن (۶) معرفی می‌گردد. این روش مشتمل بر گام‌های ذیل است:

۱.تشکیل ماتریس تصمیم: در اولین گام از این روش با مطالعه پژوهش‌های گذشته و مصاحبه با خبرگان، گزینه‌ها و معیارها مشخص شده و نظرات خبرگان در مورد امتیاز هر گزینه در هر معیار (در قالب یک عبارت کلامی مبنی بر مجموعه‌های فازی) اخذ می‌گردد. عبارات کلامی خبرگان براساس اطلاعات جدول ۲ به مقادیر عددی معادل تبدیل شده و وارد ماتریس تصمیم می‌گردند. در این ماتریس $\tilde{x}_{ij}$ عملکرد گزینه i نسبت به معیار j را در قالب یک عدد فازی مثلثی به صورت (a_{ij},b_{ij},c_{ij}) نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقدار عددی مربوط به بیان تاثیرگذاری هر اقدام

درجه تأثیرگذاری	مقدار عددی معادل
بسیار کم اثر/بی اثر	(۰، ۰، ۰/۱)
کمی موثر	(۰، ۰/۱، ۰/۳)
تأثیرگذاری کم‌تر از متوسط	(۰/۱، ۰/۳، ۰/۵)
تأثیرگذاری متوسط	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
تأثیرگذاری بیشتر از متوسط	(۰/۵، ۰/۷، ۰/۹)
تأثیر گذاری زیاد	(۰/۷، ۰/۹، ۱)
تأثیر گذاری بسیار زیاد	(۰/۹، ۱، ۱)

مأخذ: چن (۶)

۲.بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم: از آنجا که ممکن است معیار ارزیابی گزینه‌ها در معیارها متفاوت باشد، باید این مقادیر بی مقیاس شده تا بتوان عملیات ریاضی را به درستی روی آنها انجام داد. در صورتی کهامتیازها در قالب اعداد فازی مثلثی بوده و معیار مثبت باشد، به منظور بی مقیاس کردن از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\widetilde{r_{ij}} = (\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}) \quad (۸)$$

که در این ماتریس داریم:

$$c_j^* = \max_i \{c_{ij}\} \quad (۹)$$

پس از بی مقیاس سازی ماتریس عملکرد گزینه‌هاآن رابا $\tilde{R}$ نشان داده و در این ماتریس داریم:

$$\widetilde{R} = \left[\widetilde{r_{ij}}\right]_{m\times n} \quad (۱۰)$$

۳.تشکیل ماتریس موزون بی مقیاس شده: چنانچه وزن معیارها به صورت ماتریس $\tilde{w} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3]_{1\times n}$ درنظر گرفته شود، ماتریس موزون بی مقیاس شده به صورت زیر نشان داده خواهد شد:

$$\widetilde{V} = [\widetilde{v_{ij}}]_{m\times n} \quad (۱۱)$$

که در این ماتریس داریم:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} + \tilde{w}_{ij} \quad (۱۲)$$

۴.یافتن حل ایده آل و ضد ایده آل: پس از تشکیل ماتریس $\tilde{V}$با بررسی امتیازات هر معیار در بین گزینه‌ها راه حل‌های ایده آل (A^*) و ضد ایده آل (A^-) به صورت زیر به دست می‌آیند:

$$A^* = \{\widetilde{v_1^*}, \ldots, \widetilde{v_n^*}\} \quad (۱۳)$$

$$A^- = \{\widetilde{v_1^-}, \ldots, \widetilde{v_n^-}\} \quad (۱۴)$$

که در این روابط $\widetilde{v^*}_j$بهترین مقدار معیار j ام در بین همه گزینه‌ها و $\widetilde{v^-}_j$ بدترین مقدار معیار jام در بین همه گزینه‌ها بوده و از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$\widetilde{v_j^*} = (\max_i \{\widetilde{v_{ij3}^*}\}, \max_i \{\widetilde{v_{ij3}^*}\}, \max_i \{\widetilde{v_{ij3}^*}\}) \quad (۱۵)$$

$$\widetilde{v_j^-} = (\min_i \{\widetilde{v_{ij1}^*}\}, \min_i \{\widetilde{v_{ij1}^*}\}, \min_i \{\widetilde{v_{ij1}^*}\}) \quad (۱۶)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

که در این ماتریس داریم:

$$\widetilde{v_{ij}} = \widetilde{r_{ij}} \widetilde{w_j} \quad (۱۷)$$

۵.محاسبه فاصله از حل ایده آل و ضد ایده آل: در این گام میزان فاصله هر گزینه از حل‌های ایده آل (S_i^*) و ضدایده آل (S_i^-) با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$S_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\widetilde{v_{ij}}, \widetilde{v_j^*}) \quad (۱۸)$$

$$S_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\widetilde{v_{ij}}, \widetilde{v_j^-}) \quad (۱۹)$$

که در این روابط $d(\widetilde{v_{ij}}, \widetilde{v_j^*})$فاصله گزینه i از بهترین جواب در معیار j و $d(\widetilde{v_{ij}}, \widetilde{v_j^-})$فاصله گزینه i از بدترین جواب در معیار jمی‌باشد. لازم به ذکر است که برای محاسبه فاصله دو عدد فازی مثلثی دلخواه مانند $\widetilde{M} = (m_1, m_2, m_3)$ و $\widetilde{N} = (n_1, n_2, n_3)$ از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$d(\widetilde{M}, \widetilde{N}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (۲۰)$$

۶.محاسبه شاخص شباهت و رتبه‌بندی گزینه‌ها: براساس مقادیر محاسبه شده برای فاصله از ایده‌آل و ضد ایده آل برای هر گزینه، شاخص شباهت برای هر گزینه براساس رابطه زیر محاسبه شده و به ترتیب نزولی این مقادیر، گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند:

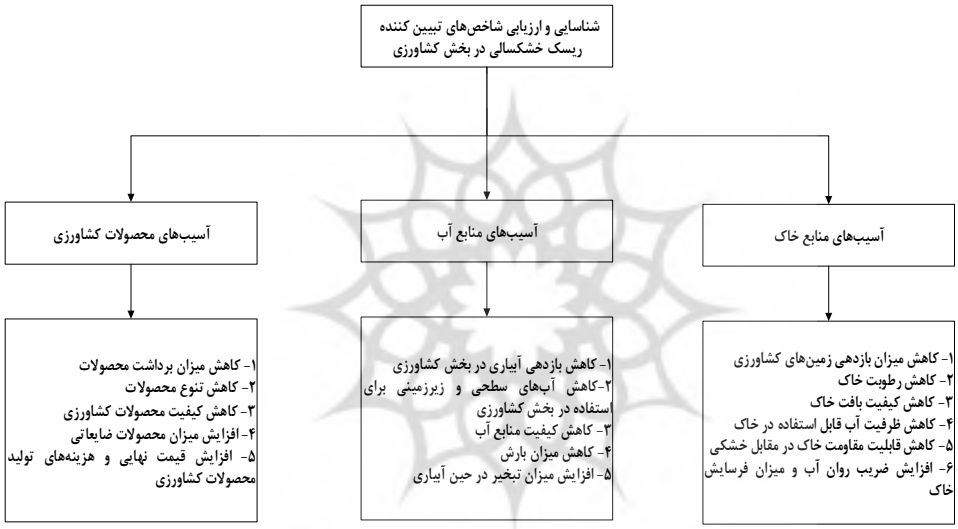
$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \quad (۲۱)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتایج و بحث

منطبق با گام‌های مطرح شده در روش تحقیق، ابتدا باید لیستی از شاخص‌های تبیین‌کننده ریسک خشکسالی تهیه نمود و آنها را به صورت یک ساختار سلسله مراتبی از هدف، معیارهای اصلی و زیرمعیارهای هر معیار اصلی به صورت گرافیکی نمایش داد. این

مهم در پژوهش حاضر به صورت نمودار ۲ ترسیم شده است. یادآور می‌شود که ساختار سلسله مراتبی معیارها براساس مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان بخش‌های مختلف جهاد کشاورزی شهرستان فردوس تدوین شده است. همان طور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، شاخص‌های تبیین‌کننده ریسک خشکسالی در ۳ گروه اصلی «آسیب‌های منابع خاک»، «آسیب‌های منابع آب» و «آسیب‌های محصولات کشاورزی» تقسیم‌بندی شده‌اند. همچنین هر گروه اصلی از شاخص‌ها دارای تعدادی زیر شاخص نیز می‌باشد که در نمودار ۲ نشان داده شده است(۷، ۱۰، ۱۱ و۲۹).



نمودار۲. درخت سلسله مراتبی شاخص‌ها شامل سطح هدف، معیارهای اصلی و زیرمعیارها

مأخذ: (۷، ۱۰، ۱۱ و ۲۹)

به منظور تکمیل اطلاعات پرسش‌نامه‌ها از اطلاعات جدول ۱ استفاده شده است. نتایج انجام مقایسات زوجی و وزن نهایی کسب شده برای هر شاخص اصلی و هر زیر شاخص در جدول ۳ نشان داده شده است. همان طور که در این جدول مشاهده می‌شود، در سطح شاخص‌های اصلی، وزن‌های کسب شده برای «آسیب‌های منابع خاک»، «آسیب‌های منابع آب» و «آسیب‌های محصولات کشاورزی» به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۵۱ و ۰/۲۶ می‌باشد که نشان می‌دهد در رتبه نخست، شاخص‌های مربوط به «آسیب‌های منابع آب» بیشترین توانایی را در

تبیین میزان ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس داشته و در رتبه‌های بعدی شاخص‌های مربوط به «آسیب‌های محصولات کشاورزی» و شاخص‌های مربوط به «آسیب‌های منابع خاک» قرار دارند. اما در بین زیرشاخص‌های مربوط به «آسیب‌های منابع خاک» شاخص «کاهش ظرفیت آب قابل استفاده در خاک» در رتبه نخست قرار داشته که در کل رتبه هشتم را اخذ نموده است. شاخص «کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی برای استفاده در بخش کشاورزی» نه تنها در زیر شاخه «آسیب‌های منابع آب» در رتبه نخست قرار داشته، بلکه در بین کل زیرشاخص‌ها نیز رتبه اول اهیمت را دارا می‌باشد. در زیرشاخه مربوط به «آسیب‌های محصولات کشاورزی» نیز زیرشاخص‌های «کاهش تنوع محصولات» و «افزایش میزان محصولات ضایعاتی» با اختلاف کمی در رتبه‌های اول و دوم اهمیت قرار دارند. با بررسی نتایج ذکر شده در آخرین ستون سمت چپ جدول ۳ مشخص می‌شود که پنج شاخص اول از نظر رتبه - که بیشترین توانایی را در تبیین میزان ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس دارند- به ترتیب شاخص‌های «کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی برای استفاده در بخش کشاورزی»، «کاهش میزان بارش»، «افزایش میزان تبخیر در حین آبیاری»، «کاهش کیفیت منابع آب»، و «کاهش تنوع محصولات» بوده که باید تصمیم‌گیرندگان مربوطه بیشترین توجه را به آنها نموده و اقدامات مناسب برای تعدیلشان را برنامه‌ریزی نمایند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول۳. اوزان (اهمیت نسبی) هر یک از شاخص‌ها در تبیین میزان ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس

شماره ردیف	عنوان شاخص	سطح شاخص	وزن غیرفازی در زیرشاخه	رتبه در زیرشاخه	وزن غیرفازی در کل	رتبه کل
۱	آسیب‌های منابع خاک	اصلی	۰/۲۳	۳	–	–
۲	آسیب‌های منابع آب	اصلی	۰/۵۱	۱	–	–
۳	آسیب‌های محصولات کشاورزی	اصلی	۰/۲۶	۲	–	–
۱	کاهش میزان بازدهی زمین‌های کشاورزی	فرعی	۰/۱۸	۲	۰/۰۴۱۴	۱۰
۲	کاهش رطوبت خاک	فرعی	۰/۱۶	۳	۰/۰۳۶۸	۱۱
۳	کاهش کیفیت بافت خاک	فرعی	۰/۱۵	۴	۰/۰۳۴۵	۱۳
۴	کاهش ظرفیت آب قابل استفاده در خاک	فرعی	۰/۲۰	۱	۰/۰۴۶	۸
۵	کاهش قابلیت مقاومت خاک در مقابل خشکی	فرعی	۰/۱۶	۳	۰/۰۳۶۸	۱۱
۶	افزایش ضریب رواناب و میزان فرسایش خاک	فرعی	۰/۱۵	۴	۰/۰۳۴۵	۱۳
۷	کاهش بازدهی آبیاری در بخش کشاورزی	فرعی	۰/۰۶	۵	۰/۰۳۰۶	۱۴
۸	کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی برای استفاده در بخش کشاورزی	فرعی	۰/۳۱	۱	۰/۱۵۸۱	۱
۹	کاهش کیفیت منابع آب	فرعی	۰/۱۴	۴	۰/۰۷۱۴	۴
۱۰	کاهش میزان بارش	فرعی	۰/۳۰	۲	۰/۱۵۳	۲
۱۱	افزایش میزان تبخیر در حین آبیاری	فرعی	۰/۱۹	۳	۰/۰۹۶۹	۳
۱۲	کاهش میزان برداشت محصولات	فرعی	۰/۱۹	۳	۰/۰۴۹۴	۷
۱۳	کاهش تنوع محصولات	فرعی	۰/۲۷	۱	۰/۰۷۰۲	۵
۱۴	کاهش کیفیت محصولات کشاورزی	فرعی	۰/۱۶	۴	۰/۰۴۱۶	۹
۱۵	افزایش میزان محصولات ضایعاتی	فرعی	۰/۲۴	۲	۰/۰۶۲۴	۶
۱۶	افزایش قیمت نهایی و هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی	فرعی	۰/۱۴	۵	۰/۰۳۶۴	۱۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

منطبق با فرایند پیشنهادی تحقیق، پس از تعیین اوزان شاخص‌ها با استفاده از روش FAHPباید مجموعه‌ای از اقدامات مناسب برای پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی را تهیه نمود. مطابق با سه شاخه اصلی در ساختار درختی شاخص‌های شناسایی شده (نمودار ۲) در گام‌های قبل (یعنی «آسیب‌های منابع خاک»، «آسیب‌های منابع آب» و «آسیب‌های محصولات کشاورزی») سه دسته کلی از اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی با انجام مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه با خبرگان به دست آمده است. خبرگان نظرات خود را در مورد میزان اثرگذاری هر اقدام بر رویهر شاخص به صورت کلامی بیان کرده و تابع عضویت فازی متناظر با هر عبارت کلامی، براساس اطلاعات جدول ۲ انتخاب شده است. لذا امتیاز هر اقدام به صورت اعداد فازی مثلثی و اوزان بدست آمده برای هر شاخص، به عنوان ورودی‌های روش تاپسیس فازی در نظر گرفته شده و با این تکنیک اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. جزئیات این اقدامات، شاخص شباهت و رتبه نهایی هر یک در جدول ۴ گزارش داده شده است. لازم به ذکر است خبرگان پاسخ دهنده به سؤالات این بخش و بخش بعد نیز همان خبرگان قبلی هستند. همان گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود پنج اقدام اول با اولویت بالاتر نسبت به بقیه شامل «آبیاری زیرسطحی»، «تغذیه منابع آب زیرزمینی و احداث سدهای زیرزمینی»، «آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های کشت محصولات»،«بارور کردن ابرها» و «اعمال مدیریت صحیح کاشت، داشت و برداشت محصولات با تجهیزات مناسب» می‌باشد. به عبارتی، با توجه میزان اهمیت شاخص‌ها و امتیاز هر اقدام در مقابل هر معیار، مهم‌ترین اقدامات با استفاده از روش تاپسیس فازی تعیین شده‌اند. لازم به ذکر است که در این پژوهش، در اجرای روش تاپسیس فازی، تمام معیارها به گونه‌ای تعریف شده‌اند که هر اقدامی که نمره بالاتری اخذ نماید، توانایی بیشتری در تعدیل ریسک خشکسالی کشاورزی داشته باشد، لذا تمام معیارها در اجرای تاپسیس فازی از جنس مثبت می‌باشند.

جدول ۴. اولویت‌بندی اولیه اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس

شماره ردیف		شاخص شباهت	رتبه کل
	اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در بخش «آسیب‌های منابع خاک»		
۱	افزودن موارد اصلاحی و نگهدارنده رطوبت به خاک	۰/۱۵۵	۹
۲	تناوب کشت محصولات مختلف	۰/۱۴۷	۱۲
۳	تعیین الگوی کشت برای گیاهان حساس به تنش آبی	۰/۱۰۵	۱۸
۴	آیش گذاری (عدم کشت در زمین برای مدتی به منظور بازیابی توانایی‌های زمین)	۰/۱۳۲	۱۵
۵	جلوگیری از توسعه بی رویه اراضی کشاورزی	۰/۰۶۹	۲۴
۶	تقویت پوشش گیاهی	۰/۱۲۰	۱۷
	اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در بخش «آسیب‌های منابع آب»		
۷	استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار و قطره‌ای	۰/۰۸۴	۲۲
۸	احداث و بهبود آب‌بندها و شبکه‌های فرعی توزیع	۰/۱۰۰	۱۹
۹	تغذیه منابع آب زیرزمینی و احداث سدهای زیرزمینی	۰/۲۰۶	۲
۱۰	بهبود کارایی کانال‌ها با استفاده از لوله و پمپ برای انتقال آب	۰/۱۹۰	۶
۱۱	آبیاری زیرسطحی	۰/۲۵۸	۱
۱۲	زمان‌بندی آبیاری با توجه به سطح تقاضا در هر دوره زمانی	۰/۱۴۰	۱۴
۱۳	بارور کردن ابرها	۰/۲۰۰	۴
۱۴	توسعه عملیات آبخیزداری و کنترل سیلاب‌ها به منظور تغذیه سفره‌های زیرزمینی، قنات‌ها، چشمه‌ها و چاه‌ها	۰/۱۶۸	۸
۱۵	کشت در محیط‌های کنترل شده به منظور کاهش تبخیر	۰/۱۷۰	۷
۱۶	توسعه‌مخازن آب ثابت و سیار در مناطق کشاورزی	۰/۰۷۷	۲۳
۱۷	آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های آبیاری	۰/۱۲۲	۱۶
	اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در بخش «آسیب‌های محصولات کشاورزی»		
۱۸	تدوین برنامه دقیق آبیاری محصولات بر حسب نیاز آبی و میزان تبخیر	۰/۰۸۵	۲۱
۱۹	استفاده از بذر مناسب و سایر اقلام مصرفی تقویت‌کننده محصولات در مقابل خشکسالی	۰/۱۴۴	۱۳
۲۰	قطعه بندی زمین و زراعت هم‌زمان چندین محصول با نسبت مناسب با توجه به وضعیت بارش‌ها	۰/۱۴۸	۱۱
۲۱	اعمال مدیریت صحیح کاشت، داشت و برداشت محصولات با تجهیزات مناسب	۰/۱۹۱	۵
۲۲	آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های کشت محصولات	۰/۲۰۱	۳
۲۳	کشت محصولات مقاوم به خشکی و شوری زمین	۰/۱۵۴	۱۰
۲۴	تعیین قیمت مناسب و تضمین خرید محصولات کم آب	۰/۰۸۷	۲۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

منطبق با فرایند تحقیق پیشنهادی، پس از شناسایی اقدامات و اولویت‌بندی اولیه آنها براساس امتیاز کسب شده در مقابل هر معیار (جدول ۴) باید مشخص نمود کدام‌یکدر شهرستان فردوس قابل اجراست. با بررسی مطالعات پیشین و اخذ نظرات خبرگان این نتیجه حاصل شده است که «هزینه اجرا» و «مشکلات اجرایی» از اهمیت بالایی در تصمیم‌گیری اجرای یک اقدام برخوردار می‌باشد. به طور مثال مشاهده شد که اقدام «بارور کردن ابرها» از اولویت بالایی برخوردار است، اما به دلیل مشکلات زیاد اجرا و هزینه‌های سنگین عملاً این اقدام در لیست نهایی اجرایی جایی نخواهد داشت. لذا در این مرحله از فرایند تحقیق، اقدامات یا به عبارتی گزینه‌ها در مقابل سه معیار «اولویت اقدام» (براساس نتایج کسب شده در گام قبل)، «هزینه اجرا» و «میزان سختی اجرا» با استفاده از روش تاپسیس فازی مورد ارزیابی قرار گرفته و اقدامات نهایی برای اجرا اولویت‌بندی می‌شوند. وضعیت دو معیار «هزینه اجرا» و «میزان سختی اجرا» در قالب متغیرهای زبانی از خبرگان اخذ شده و براساس اطلاعات جدول ۲، عدد فازی معادل هر متغیر کلامی تعیین می‌شود. اما عدد فازی معادل معیار «اولویت اقدام» که براساس خروجی روش تاپسیس فازی مرحله قبل تعیین شده است، براساس اطلاعات جدول ۵ مشخص می‌گردد. در اجرای روش تاپسیس فازی در این مرحله باید توجه نمود که معیارهای «هزینه اجرا» و «میزان سختی اجرا» معیارهایی منفی و معیار «اولویت اقدام» معیاری مثبت می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است براساس نظرات خبرگان، اوزان سه معیار «هزینه اجرا»، «میزان سختی اجرا» و «اولویت اقدام» به ترتیب ۰/۳، ۰/۳ و ۰/۴ در نظر گرفته شده است. جدول ۶ جزئیات نتایج حاصل از اجرای تکنیک تاپسیس فازی در این مرحله را نشان می‌دهد. همان طور که در ستون رتبه این جدول مشاهده می‌شود، به ترتیب پنج اقدام «آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های کشت محصولات»، «بهبود کارایی کانال‌ها با استفاده از لوله و پمپ برای انتقال آب»، «تغذیه منابع آب زیرزمینی و احداث سدهای زیرزمینی»، «آبیاری زیرسطحی»و «کشت

محصولات مقاوم به خشکی و شوری زمین» براساس سه معیار مذکور در اولویت بالاتری برای اجرا برخوردار می‌باشند.

جدول ۵. مقدار عددی مربوط به امتیاز هر اقدام با توجه رتبه کسب شده در اولویت‌بندی اولیه

دامنه رتبه	مقدار عددی معادل
۱-۳	(۰/۱، ۰، ۰)
۴-۶	(۰/۳، ۰/۱، ۰)
۷-۱۰	(۰/۵، ۰/۳، ۰/۱)
۱۱-۱۴	(۰/۷، ۰/۵، ۰/۳)
۱۵-۱۸	(۰/۹، ۰/۷، ۰/۵)
۱۹-۲۱	(۱، ۰/۹، ۰/۷)
۲۲-۲۴	(۱، ۱، ۰/۹)

مأخذ: چن (۶)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۶. اولویت‌بندی نهایی اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی درشهرستان فردوس[۱۰]

شماره ردیف		رتبه کل
	اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در بخش «آسیب‌های منابع خاک»	
۱	افزودن موارد اصلاحی و نگهدارنده رطوبت به خاک	۷
۲	تناوب کشت محصولات مختلف	۱۰
۳	تعیین الگوی کشت برای گیاهان حساس به تنش آبی	۱۷
۴	آیش گذاری (عدم کشت در زمین برای مدتی به منظور بازیابی توانایی‌های زمین)	۱۹
۵	جلوگیری از توسعه بی رویه اراضی کشاورزی	۲۳
۶	تقویت پوشش گیاهی	۲۱
	اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در بخش «آسیب‌های منابع آب»	
۷	استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار و قطره‌ای	۱۸
۸	احداث و بهبود آب‌بندها و شبکه‌های فرعی توزیع	۲۲
۹	تغذیه منابع آب زیرزمینی و احداث سدهای زیرزمینی	۳
۱۰	بهبود کارایی کانال‌ها با استفاده از لوله و پمپ برای انتقال آب	۲
۱۱	آبیاری زیرسطحی	۴
۱۲	زمان‌بندی آبیاری با توجه به سطح تقاضا در هر دوره زمانی	۸
۱۳	بارور کردن ابرها	۱۲
۱۴	توسعه عملیات آبخیزداری و کنترل سیلاب‌ها به منظور تغذیه سفره‌های زیرزمینی، قنات‌ها، چشمه‌ها و چاه‌ها	۱۴
۱۵	کشت در محیط‌های کنترل شده به منظور کاهش تبخیر	۱۳
۱۶	توسعهمخازن آب ثابت و سیار در مناطق کشاورزی	۲۴
۱۷	آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های آبیاری	۱۱
	اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در بخش «آسیب‌های محصولات کشاورزی»	
۱۸	تدوین برنامه دقیق آبیاری محصولات بر حسب نیاز آبی و میزان تبخیر	۱۶
۱۹	استفاده از بذر مناسب و سایر اقلام مصرفی تقویت‌کننده محصولات در مقابل خشکسالی	۶
۲۰	قطعه بندی زمین و زراعت هم‌زمان چندین محصول با نسبت مناسب با توجه به وضعیت بارش‌ها	۱۵
۲۱	اعمال مدیریت صحیح کاشت، داشت و برداشت محصولات با تجهیزات مناسب	۹
۲۲	آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های کشت محصولات	۱
۲۳	کشت محصولات مقاوم به خشکی و شوری زمین	۵
۲۴	تعیین قیمت مناسب و تضمین خرید محصولات کم آب	۲۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۱۰.رتبه‌های پایین‌تر نشان دهنده اولویت بالاتر برای اجرا می‌باشد.

در ادامه با توجه به فرایند پیشنهادی تحقیق به منظور ایجاد چارچوبی برای تدوین یک برنامه عملیاتی مدیریت ریسک خشکسالی کشاورزی، ضروری است شرایط اجرای اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در منطقه مورد مطالعه در وضعیت موجود بررسی شود. در این راستا با بررسی اطلاعات موجود و اخذ نظرات خبرگاندر مورد وضعیت اجرای هر اقدام در وضعیت کنونی، می‌توان تا حدی نقاط ضعف وضع موجود را شناسایی نمود. لازم به توضیح است که در این گام نظرات چهار خبره مذکور در روش تحقیق، در مورد وضعیت جاری اجرای اقدامات در قالب پرسش‌نامه‌ای با طیف هفتایی اخذ گردید و برای اجماع نظرات آنها از شاخص مُد[11] بهره گرفته شد. نتایج بررسی این اطلاعات و اجماع نظرات خبرگان در جدول ۷ خلاصه شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، رتبه‌های پایین‌تر در این جدول نشان دهنده بدتر بودن وضعیت اجرای این اقدامات در وضع موجود می‌باشد. برای نمونه مشاهده شده است که پنج اقدام «بهبود کارایی کانال‌ها با استفاده از لوله و پمپ برای انتقال آب»، «جلوگیری از توسعه بی رویه اراضی کشاورزی»، «احداث و بهبود آب‌بندها و شبکه‌های فرعی توزیع»، «زمان‌بندی آبیاری با توجه به سطح تقاضا در هر دوره زمانی» و «آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان درخصوص روش‌های کشت محصولات» در بدترین وضعیت در شرایط موجود قرار دارند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

11.Mode

جدول۷. وضعیت اجرای اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس در وضعیت موجود[۱۲]

شماره ردیف		رتبه کل
	اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در بخش «آسیب‌های منابع خاک»	
۱	افزودن موارد اصلاحی و نگهدارنده رطوبت به خاک	۲۲
۲	تناوب کشت محصولات مختلف	۶
۳	تعیین الگوی کشت برای گیاهان حساس به تنش آبی	۲۲
۴	آیش گذاری (عدم کشت در زمین برای مدتی به منظور بازیابی توانایی‌های زمین)	۶
۵	جلوگیری از توسعه بی رویه اراضی کشاورزی	۲
۶	تقویت پوشش گیاهی	۱۵
	اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در بخش «آسیب‌های منابع آب»	
۷	استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار و قطره‌ای	۱۵
۸	احداث و بهبود آب‌بندها و شبکه‌های فرعی توزیع	۲
۹	تغذیه منابع آب زیرزمینی و احداث سدهای زیرزمینی	۶
۱۰	بهبود کارایی کانال‌ها با استفاده از لوله و پمپ برای انتقال آب	۱
۱۱	آبیاری زیرسطحی	۱۵
۱۲	زمان‌بندی آبیاری با توجه به سطح تقاضا در هر دوره زمانی	۲
۱۳	بارور کردن ابرها	۲۲
۱۴	توسعه عملیات آبخیزداری و کنترل سیلاب‌ها به منظور تغذیه سفره‌های زیرزمینی، قنات‌ها، چشمه‌ها و چاه‌ها	۶
۱۵	کشت در محیط‌های کنترل شده به منظور کاهش تبخیر	۱۵
۱۶	توسعهمخازن آب ثابت و سیار در مناطق کشاورزی	۶
۱۷	آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های آبیاری	۶
	اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در بخش «آسیب‌های محصولات کشاورزی»	
۱۸	تدوین برنامه دقیق آبیاری محصولات بر حسب نیاز آبی و میزان تبخیر	۱۵
۱۹	استفاده از بذر مناسب و سایر اقلام مصرفی تقویت‌کننده محصولات در مقابل خشکسالی	۶
۲۰	قطعه بندی زمین و زراعت هم‌زمان چندین محصول با نسبت مناسب با توجه به وضعیت بارش‌ها	۱۵
۲۱	اعمال مدیریت صحیح کاشت، داشت و برداشت محصولات با تجهیزات مناسب	۶
۲۲	آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های کشت محصولات	۲
۲۳	کشت محصولات مقاوم به خشکی و شوری زمین	۶
۲۴	تعیین قیمت مناسب و تضمین خرید محصولات کم آب	۱۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۱۲.رتبه‌های پایین‌تر نشان دهنده بدتر بودن وضعیت اجرا می‌باشد.

مطابق با گام نهایی فرایند پیشنهادی پژوهش بعد از شناسایی نقاط ضعف، نوبت به اجرای اقداماتی جهت تعدیل ضعف‌های موجود می‌رسد. در این گام نهایی باید تعیین نمود که کدام‌یک از اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی باید به عنوان اقدامات اجرایی نهایی انتخاب شود. در این راستا می‌توان با مقایسه اطلاعات جداول ۶ و ۷ به اقدامات اجرایی نهایی دست پیدا کرد.بدیهی است اقداماتی که اولویت بالاتری (رتبه پایین‌تری) دارند (براساس اطلاعات جدول ۶) و در وضعیت جاری از شرایط نامناسب‌تری برخوردار هستند (براساس اطلاعات جدول ۷) می‌توانند به عنوان اقدامات نهایی برای اجرا انتخابشوند. در مطالعه حاضر (که به منظور مقابله با ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوسانجام شده است) مشاهده گردید که سه اقدام با اولویت اجرای بالا (رتبه پایین‌تر در جدول ۶) یعنی «آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های کشت محصولات»، «بهبود کارایی کانال‌ها با استفاده از لوله و پمپ برای انتقال آب» و «تغذیه منابع آب زیرزمینی و احداث سدهای زیرزمینی» در وضعیت جاری شرایط بسیار نامطلوبی داشته‌اند به طوری که این اقدامات به ترتیب در رتبه‌های دو، یک و شش از نظر وضعیت اجرا در وضع موجود هستند و تاکنون توجه چندانی به آنها در مدیریت ریسک خشکسالی کشاورزی شهرستان فردوس نشده است. لذا پیشنهاد می‌شود سه اقدام مذکور به عنوان اقدامات اجرایی نهایی انتخاب شوند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با گسترش خشکسالی‌های اخیر در کشور خصوصاً در منطقه خراسان جنوبی، لزوم توسعه روش‌های علمی برای مدیریت ریسک خشکسالی خصوصاً در بخش کشاورزی اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است. این پژوهش با شناسایی شاخص‌های تبیین‌کننده ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس استان خراسان جنوبی، میزان اهمیت نسبی آنها را تعیین کرده و امکان پایش ریسک خشکسالی را فراهم آورده است. شناسایی و اولویت بندی

این شاخص‌ها چارچوبی را برای برنامه‌ریزی اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی فراهم می‌آورد. با تهیه لیستی از مهم‌ترین اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی و با توجه به اهمیت هر یک از آنها، اقدامات برای اجرااولویت‌بندی اولیه شدند. در مرحله بعد، این اقدامات براساس اولویت‌بندی اولیه، هزینه اجرا، مشکلات اجرا و وضعیت اجرایی در گذشته بررسی شده و چارچوبی برای تدوین یک برنامه عملیاتی مناسب جهت اجرای مدیریت ریسک خشکسالی کشاورزی تدوین گردید. با توجه به ماهیت ذهنی اولویت‌بندی شاخص‌های ریسک خشکسالی، در این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی فازیاستفاده شد. همچنین در این پژوهش، برای اخذ نظرات خبرگان در قالب متغیرهای کلامی به منظور اولویت‌بندی اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی، از روش تاپسیس فازی استفاده گردید.

با اجرای فرایند پیشنهادی تحقیق به منظور مدیریت ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس استان خراسان رضوی، مشخص گردید پنج شاخص اول که بیشترین توانایی را در تبیین میزان ریسک خشکسالی کشاورزی در شهرستان فردوس دارند به ترتیب رتبه عبارت اند از: «کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی برای استفاده در بخش کشاورزی»، «کاهش میزان بارش»، «افزایش میزان تبخیر در حین آبیاری»، «کاهش کیفیت منابع آب»، و «کاهش تنوع محصولات». پس از این مرحله، لیستی از اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی تدوین گردید وبا توجه به میزان اهمیت شاخص‌ها و امتیاز هر اقدام در مقابل هر معیار، مهم‌ترین اقدامات با استفاده از روش تاپسیس فازی تعیین شدند. پنج اقدام اول با اولویت بالاتر نسبت به بقیه شامل «آبیاری زیرسطحی»، «تغذیه منابع آب زیرزمینی و احداث سدهای زیرزمینی»، «آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های کشت محصولات»،«بارور کردن ابرها» و «اعمال مدیریت صحیح کاشت، داشت و برداشت محصولات با تجهیزات مناسب» بوده است. پس از این اولویت‌بندی اولیه، اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی براساس سه معیار «اولویت

اقدام»، «هزینه اجرا» و «میزان سختی اجرا» اولویت‌بندی نهایی شدند. بر این اساس، به ترتیب پنج اقدام «آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های کشت محصولات»، «بهبود کارایی کانال‌ها با استفاده از لوله و پمپ برای انتقال آب»، «تغذیه منابع آب زیرزمینی و احداث سدهای زیرزمینی»، «آبیاری زیرسطحی»و «کشت محصولات مقاوم به خشکی و شوری زمین» برای اجرا در اولویت بالاتری قرار گرفتند. در گام بعدی، شرایط اجرای اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی در منطقه مورد مطالعه در وضعیت موجود بررسی گردید. در نتیجه این بررسی مشاهده شد پنج اقدام «بهبود کارایی کانال‌هابااستفادهازلولهوپمپبرای انتقال آب»، «جلوگیری از توسعه بی‌رویه اراضی کشاورزی»،«احداث و بهبود آب‌بندها و شبکه‌های فرعی توزیع»، «زمان‌بندی آبیاری با توجه به سطح تقاضا در هر دوره زمانی» و «آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های کشت محصولات» در بدترین وضعیت در شرایط موجود هستند. در انتهای فرایند پیشنهادی تحقیق، اقداماتی که اولویت بالاتری داشته و در وضعیت جاری از شرایط نامناسب‌تری برخوردار بوده‌اند، به عنوان اقدامات نهایی برای اجرا انتخابگردیدند. در انتها براساس پژوهش صورت گرفته، به جهاد کشاورزی شهرستان فردوس توصیه می‌شود سه اقدام «آموزش کشاورزان، ایجاد مراکز مشاوره و برگزاری نشست‌های گوناگون با کشاورزان در خصوص روش‌های کشت محصولات»، «بهبود کارایی کانال‌ها با استفاده از لوله و پمپ برای انتقال آب» و «تغذیه منابع آب زیرزمینی و احداث سدهای زیرزمینی» را به عنوان راهکارهای اجرایی پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی، در دستور کار خود قرار دهند.

تحقیق حاضر از جنبه‌های مختلفی قابل توسعه می‌باشد که یکی مهم‌ترین آنها توسعه ساختار شاخص‌های تبیین‌کننده ریسک خشکسالی کشاورزی بوده که می‌توان با مطالعات گسترده‌تر و اخذ نظرات خبرگان در مناطق مختلف به آن دست یافت. به همین ترتیب توسعه لیست مجموعه اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی نیز یکی دیگر از

راهکارهای توسعه این پژوهش می‌باشد. همچنین تحقیق حاضر از لحاظ تکنیک‌های مورد استفاده نیز می‌تواند توسعه پیدا کرده و از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM[۱۳]) نیز بهره گرفت. برای نمونه می‌توان از روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی به منظور اولویت‌بندی اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک خشکسالی کشاورزی در شرایطی که فرض محدودیت بودجه و یا سایر محدودیت‌های فنی وجود دارد استفاده نمود.

منابع

1. Ataei, M. (2010). Fuzzy multi-criteria decision making. *Shahrood University of Technology Publications*. (Persian)

2. Azar, A. (2002). Applied decision making, MCDM approach. Tehran: Negahe Danesh Publications. (Persian)

3. Blauhut, V., Stahl, K., Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., Stefano, L. D. and Vogt, J. (2016). Estimating drought risk across Europe from reported drought impacts, drought indices, and vulnerability factors. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(7):2779-2800.

4. Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3):649-655.

5. Change, I.P.O.C. (2007). Climate change 2007: the physical science basis. *Agenda*, 6(7):333-531.

6. Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy sets and systems*, 114(1):1-9.

7. Chen, J. and Y. Yang. (2011). A fuzzy ANP-based approach to evaluate region agricultural drought risk. *Procedia Engineering*, 23: 822-827.

6.Multi Criteria Decision Making

8. Chen, S. J. and Hwang C. L. (1992). Fuzzy multiple attribute decision making methods. Springer. Heidelberg.

9. Csutora, R. and Buckley, J. (2001). Fuzzy hierarchical analysis: the Lambda-Max method. *Fuzzy Sets and Systems*, 120(2):181–195.

10.Darjani, A., Dastjerdi Shah Hoseini, S. and Shahnushi, N. (2011). Determination of drought risk management priorities for agriculture drought risk of Gonbad-e-Kavoos city using analytical hierarchical technique (AHP) *Agricultural Economics*, 5(1):37-59. (Persian)

11.Darjani, A., Dastjerdi Shah Hoseini, S., Shahnushi, N. and Kohansal, M. R. (2010). Strategic risk management model (case study agricultural drought Golestan province). Proceedings of the First International Conference of Plant, Water, Soil and Air Modeling. Kerman, Iran. (Persian)

12.Daryabari. S. J. A. (2011). Zoning the droughts of Iran in the last 50 years. *Encyclopedia* (*geography*), 4(4):33-48. (Persian)

13.Davarpanah. Q. R. (2004). Developing solutions for managing the effects of flood and drought. *Journal of Water and Wastewater*, 15(1):73-76. (Persian)

14.Deng, M., Chen, J., Huang, J. and Niu, W. (2018). Agricultural drought risk evaluation based on an optimized comprehensive index system. *Sustainability*, 10(10):3465.

15.Ekrami, M., Fatehi Merj, A. and Barkhodari, J. (2015). Evaluation of agricultural drought vulnerability in arid and semi-arid climates using GIS and Analytical Hierarchy Process (AHP): A Case Study of Taft, Yazd. *The Iranina Society of Irrigation and Water*, 20 (5):107-117. (Persian)

16.Esmaeil, F., Karimi, Y. M. and Yasemi, F. (2009). Drought risk management or drought crisis management, case study: nomadic society of Ilam province. Proceedings of the Second National Conference of Drought Effects and Management Techniques, Isfahan, Iran. (Persian)

17.Esmaeil, F. and Khodadad, M. (2017). Drought risk management and its effects on the economic recovery of rural farmers; case study: Bonab city. *Applied Studies in Management Sciences and Development*, 2(4). (Persian)

18.Ghasemi Nezhad, S., Soltani, S. and Safiyanian, E. R. (2014). Drought risk assessment in Isfahan province. *Journal of Water and Soil Science*, 18(68):226-213. (Persian)

19.Hao, L., Zhang, X. and Liu, S. (2012). Risk assessment to China's agricultural drought disaster in county unit. *Natural hazards*, 61(2):785-801.

20.Hayes, M.J., Wilhelmi, O.V. and Knutson, C.L. (2004). Reducing drought risk: bridging theory and practice. *Natural Hazards Review*, 5(2):106-113.

21.Hwang, C.L. and Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications. Springer. Heidelberg.

22.Jin, J., Wang, W. and Wang, X. (2016). Adapting agriculture to the drought hazard in rural China: household strategies and determinants. *Natural Hazards*, 82:1609-1619.

23.Kim, H., Park, J., Yoo, J. and Kim, T.-W. (2015). Assessment of drought hazard, vulnerability, and risk: a case study for administrative districts in South Korea. *Journal of Hydro-environment Research*, 9:28-35.

24.Knutson, C., Hayes, M. and Phillips, T. (1998). How to reduce drought risk. Western droght coordination council, Preparedness and Mitigation Working Group.

25.Mishra, A.K. and Singh, V.P. (2011). Drought modeling–a review. *Journal of Hydrology*, 403(1):157-175.

26.Nam, W.-H., Choi, J.Y. and Hong, E.M. (2015). Irrigation vulnerability assessment on agricultural water supply risk for adaptive management of climate change in South Korea. *Agricultural Water Management*, 152:173-187.

27.Naumann, G., Barbosa, P., Garrote, L., Iglesias, A. and Vogt, J. (2014). Exploring drought vulnerability in Africa: an indicator based analysis to be used in early warning systems. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18:1591-1604.

28.Official website of Ferdows Governorate. (2011). Available at: http://sk-ferdos.ir (Retrieved at 12 Nov 2018). (Persian)

29.Poortaheri, M., Roknodin Eftekhari, E. and Kazemi, N. (2013). The role of drought risk management approach in reducing economical-social vulnerability of rural farmers (from the perspectives of officials and experts) case study: sulduz village, west Azarbaijan province. *Journal of Rural Research*, 4 (1):1-22. (Persian)

30.Saaty, T.L. (1980). The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation. McGraw, New York.

31.Salamat, E., Al Yasin, M. R. and Rahimi, H. (1993). Drought management guide: Iran irrigation and drainage committee. Iran's national irrigation and drainage committee publications, Tehran, Iran. (Persian)

32.Steila, D. (1983). Quantitative vs. qualitative drought assessment. *The Professional Geographer*, 35(2):192-194.

33.Tate, E. and Gustard, A. (2000). Drought definition: a hydrological perspective. Springer. Netherlands.

34.Wan, J., Li, R., Wang, W., Liu, Z. and Chen, B. (2016). Income diversification: a strategy for rural region risk management. *Sustainability*, 8(10):1064.

35.Wilhelmi, O.V. and Wilhite, D.A. (2002). Assessing vulnerability to agricultural drought: a Nebraska case study. *Natural Hazards*, 25(1):37-58.

36.Xu, X., Ge, Q., Zheng, J., Dai, E., Zhang, X., He, S. and Liu. G. (2013). Agricultural drought risk analysis based on three main crops in prefecture-level cities in the monsoon region of east China. *Natural hazards*, 66(2):1257-1272.

37.Zhang, J. (2004). Risk assessment of drought disaster in the maize-growing region of Songliao Plain, China. *Agriculture, Ecosystems &Environment*, 102(2):133-153.

38.Zhang, L., Jiao, W., Zhang, H., Huang, C. and Tong, Q. (2017). Studying drought phenomena in the Continental United States in 2011 and 2012 using various drought indices. *Remote Sensing of Environment*, 190:96-106.

39.Zhang, Z., Chen, Y., Wang, P., Zhang, S., Tao, F. and Liu, X. (2014). Spatial and temporal changes of agro-meteorological disasters affecting maize production in China since 1990. *Natural hazards*, 71:2087-2100.

40.Zhang, D., Wang, G. and Zhou, H. (2011). Assessmenton agricultural drought risk based on variable fuzzy sets model. *Chinese Geographical Science*, 21(2):167-175.