سنجش شاخص فقر آبی کشاورزی در میان گندم‌کاران آبی شهرستان دزفول

بهنام همتی[۱]، معصومه فروزانی[۲*]، مسعود یزدان‌پناه[۲] ، بهمن خسروی‌پور[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۷

۱- دانش آموخته کارشناس ارشد ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۲- دانشیار، دانشیار و استاد گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: m.forouzani@ramin.ac.ir

چکیده

مدیریت آب بویژه در بخش کشاورزی نیازمند ارزیابی‌های جامع منابع آب با درنظر گرفتن سایر ابعاد می‌باشد. برای ارزیابی این مسئله رویکردی جامع توسعه داده شده است، که نمود کارکردی آن در قالب شاخص فقر آبی کشاورزی معرفی شده است. بر همین اساس، مطالعه‌ای با هدف سنجش شاخص فقر آبی کشاورزی در سطح شهرستان دزفول انجام شد. روش پژوهش مطالعه مبتنی بر پیمایش بود. جامعه آماری مطالعه شامل کلیه‌ی گندم‌کاران آبی شهرستان دزفول (N=۵۰۰۰) بودند که از میان آنها ۲۰۵ نفر با استفاده از جدول کرجسی و مورگان و به روش تصادفی سیستماتیک انتخاب شد. داده‌های مورد نیاز برای سنجش شاخص به کمک پرسشنامه جمع‌آوری شد و بخش دیگری از اطلاعات مورد نیاز شامل اطلاعات جغرافیایی مزارع کشاورزان، شوری نمونه آب در دسترس آنها بود که به ترتیب به کمک ابزارهای GPS و دستگاه شوری‌سنج (ECmeter) جمع‌آوری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSSv20، Super Decisions و ArcGIS صورت پذیرفت. همچنین برای وزن‌دهی سنجه‌های معرفی شده در شاخص از فرایند تحلیل شبکه‌ای استفاده شد. در نهایت با استفاده از فرمول، شاخص فقر آبی کشاورزی برای تک تک کشاورزان مورد بررسی محاسبه شد. نتایج حاکی از آن بود که ظرفیت پایین کشاورزان برای مصرف بهینه آب وسطح پایین دسترسی کشاورزان به منابع آب موجود از عوامل مهم ایجاد کننده فقر آبی کشاورزی در سطح شهرستان دزفول بود. همچنین از نظر میانگین ارزش نیز از بین زیرمولفه‌های مربوط به مولفه‌های منابع آب، دسترسی، ظرفیت و محیط زیست به ترتیب میانگین ارزش، منابع آب سطحی (۳۵/۲۵)، دسترسی کشاورز (۵۱/۸۵)، سرمایه انسانی (۴۰/۶۷) و سموم شیمیایی (۹۰/۷۴) در اولویت‌های بالاتری قرار گرفتند. همچنین برای تعیین نقاط بحرانی مواجه با فقر آبی کشاورزی، نقشه فقر آبی کشاورزی تهیه شد که به عنوان ابزاری مفید در تعیین علت‌های فقر آبی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه عمل نمود. مقدار متوسط شاخص فقر آبی کشاورزی برای حوزه مورد مطالعه ۴۲/۶۶ نسبت به ۱۰۰ به دست آمد. در نهایت این نتیجه حاصل شد که شاخص فقر آبی کشاورزی می‌تواند در شناخت، تدوین برنامه و سیاست‌های مقابله با بحران آب ابزاری کارآمد باشد.

واژه‌های کلیدی: پهنه بندی، شاخص فقر آبی کشاورزی، شهرستان دزفول، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، گندم

Measuring Agricultural Water Poverty Index Among Irrigated wheat Growers in Dezful County

Behnam Hemmati[1], Masoumeh Forouzani[2]*, Masoud Yazdanpanah[2], Bahman Khosravipour[2]

Received: September 15, 2017 Accepted: January 17, 2019

1-MSC Student, Dept. of Agricultural Extension and Education , Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
2-Assoc. Prof., Assoc. Prof., and Prof., Dept. of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture and Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
*Corresponding Author, E-mail: m.forouzani@ramin.ac.ir

Abstract

Water management particularly in agricultural sector has been shown as an extensive debate which primarily depends on the holistic assessment of water resources combined with due attention to other involved aspects. Therefore, to address this issue a holistic way was regarded which crystalized in development of the Agricultural Water Poverty Index. . In line with this, a survey study was conducted to measure the agricultural water poverty in Dezful County. The study population consisted of all the irrigated wheat growers located throughout the County (N=5000). Using a systematic random sampling method a sample of 205 farmers based on Krejcie & Morgan table was selected. The main data was collected using a questionnaire and some other data including farms' geographic information and water EC were gathered using GPS and Ecmeter devices, respectively. The validity of the study questionnaire was confirmed by a panel of experts.. Data Analysis was carried on by using a combination of software including $SPSS_{v20}$, Super Decisions, and ArcGIS. Hence, the indicators of the index were weighted based on an analytical network process. After that, the agricultural water poverty was calculated for individual respondent farmers using a special formula. Results revealed that the causes of water poverty included the low farmers' capacity to optimum water usage, low value of the environment component as well as the low rate of access to available water among farmers. Moreover, surface water resources (35.25), farmer's access (51.85), human capital (40.67), and chemical herb-pesticides (90.74) ranked at first place among the other sub-components of resources, access, capacity, and environment, respectively. To recognize the hotspots dealt with water poverty, an agricultural water poverty map was provided. This map was regarded as a useful tool to reveal the water poverty causes in the study area. The study followed on the conclusion part in which the AWPI was regarded as an efficient and helpful tool to diagnose the water problems and to develop the appropriate policies and plans by decision and policy makers.

Keywords: Agricultural Water Poverty Index, Analytical Network Process (ANP), Dezful County, Mapping, Wheat.

مقدمه

جمعیت جهان در حال حاضر با سرعت فزاینده‌ای در حال رشد است به طوری که از ۲/۵ میلیارد نفر در سال۱۹۵۰ به ٦ میلیارد در سال ۲۰۰۰ رسیده است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰، جمعیت جهان می‌تواند به ۱۰ میلیارد یا بیشتر برسد (سازمان ملل ۲۰۰۷). رشد سریع جمعیت و نیاز روزافزون به منابع و تولیدات، بخصوص منابع غیرقابل برگشت مانند آب، توجه بیشتر مسؤلین هر کشوری را جهت مدیریت منابع آب بیشتر کرده است (نامداری و بخشی ۲۰۱٤). آب‌های سطحی و زیرزمینی هر دو جزء منابع مهم، نه تنها برای استفاده انسان‌ها بلکه برای همه سیستم‌های زیست محیطی به شمار می‌روند (ویلهولث و جیوردانو ۲۰۰۷). در بخش تولیدی یعنی کشاورزی نیز در سال‌های اخیر، برداشت آب از منابع آب سطحی و زیرزمینی به صورت بی‌رویه افزایش یافته است (فروزانی و کرمی ۲۰۱۱). با این حال، کمبود فزاینده آب، سوء استفاده و عدم مدیریت صحیح منابع آب در دسترس تهدید اصلی توسعه پایدار در بخش کشاورزی می‌باشد (حمدی و همکاران ۲۰۰۳). بنابراین، چالش عمده برای مدیریت منابع آب در عصر حاضر آن است که چگونه می‌توان منابع آب را برای تامین غذای جمعیت رو به رشد جهان حفظ کرد (روکستروم و همکاران ۲۰۰٤). مدیریت آب در بخش کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف کننده منابع آب حوزه وسیعی را در بر می‌گیرد که شامل شیوه‌هایی همچون حفظ رطوبت اراضی، برداشت بهینه آب، آبیاری کامل و تکمیلی، و تکنیک‌های مختلف توسعه منابع آب می‌باشد. همه روش‌هایی که در مدیریت آب کشاورزی استفاده می‌شوند اغلب برای غلبه بر محدودیت‌های اصلی برداشت و یا نگهداری منابع آب در نظر گرفته می‌شوند (نامارا و همکاران ۲۰۱۰). در همین راستا، یکی از پیش شرط‌های اساسی برای مدیریت یکپارچه منابع آب، دستیابی به ارزیابی‌های مناسب از وضعیت منابع آب است (سالیوان ۲۰۰۲). ابزارهای متفاوتی برای ارزیابی وضعیت منابع آب طراحی شده‌اند، به طوری که از مهمترین این ابزارها می‌توان به شاخص‌های فالکن مارک (۱۹۸۹)، آسیب‌پذیری منابع آب (ریجسبرمن ۲۰۰٦)، کمبود آب (گلیگ ۱۹۹٦) و استرس عرضه آب (مک نالتی و همکاران، ۲۰۱۰) اشاره کرد. اما هر کدام از این شاخص‌ها بیشتر یک جنبه از مدیریت منابع آب را در نظر می‌گیرند به طوری که بیشتر به کمیت منابع آب و بخش خانگی توجه می‌کنند. این در حالی است که ابزار جدیدی به نام شاخص فقر آبی[1] (WPI) که توسط سلامه (۲۰۰۰) طراحی و توسط سالیوان و همکاران (۲۰۰۰؛ ۲۰۰۲) توسعه داده شد، به عنوان ابزاری که ابعاد کلیدی مدیریت منابع آب را در نظر می‌گیرد برای ارزیابی هم جانبه منابع آب معرفی شد و مورد استفاده قرار گرفت. شاخص فقر آبی یک ابزار ترکیبی میان رشته‌ای است، که ارتباط نشانگرهای آب و رفاه انسان را نشان می‌دهد؛ و باعث نمایان شدن اثرات کمبود آب بر روی زندگی انسان‌ها می‌شود. تمرکز اصلی شاخص فقر آبی بر مردم فقیری است که بیشتر از دسترسی ناکافی به آب رنج می‌برند. این شاخص ترکیبی از اطلاعات فیزیکی، اقتصادی و زیست محیطی است که مرتبط با کمبود آب، دسترسی به آب و توانایی استفاده از آب برای مصارف تولیدی می‌باشد (سالیوان ۲۰۰۳). بنابراین به طور گسترده‌ای به عنوان ابزاری برای سنجش منابع آب در مقیاس‌های مختلف، به عنوان مثال، مقیاس ملی، محلی و بین‌المللی استفاده می‌شود (لارنس و همکاران ۲۰۰۲). هرچند WPI یک شاخص ترکیبی است که در برگیرنده ابعاد گوناگون مدیریت منابع آب می‌باشد ولی یک ضعف بزرگ آن اختصاصی بودن آن برای مصارف آب شرب می‌باشد و

[1] Water Poverty Index

به بخش کشاورزی، به عنوان بزرگترین مصرف کننده منابع آب در جهان توجهی ندارد (سالیوان و همکاران ۲۰۰۲). بر همین اساس، در بخش کشاورزی نیز شاخص مشابهی با عنوان شاخص فقر آبی کشاورزی [1](AWPI) ساخته شد و به عنوان ابزاری جدید برای ارزیابی وضعیت آب در بخش کشاورزی، برای اول بار مورد استفاده قرار گرفت (فروزانی و همکاران ۲۰۱۰، ۲۰۱۲، ۲۰۱۳).

بر اساس نظر فروزانی و کرمی (۲۰۱۰) مفهوم فقر آبی کشاورزی [2](AWP) به معنای کمبود آب با کیفیت خوب در بستر کشاورزی می‌باشد. ریشه‌های فقر آبی کشاورزی نه تنها از عوامل طبیعی و فیزیکی، بلکه از عوامل اجتماعی، اقتصادی و عوامل نهادی در بخش کشاورزی می‌تواند نشات گرفته باشد. بر همین اساس، شاخص فقر آبی کشاورزی (AWPI) یک ابزار میان رشته‌ای در برگیرنده ابعاد کلیدی یک سیستم کشاورزی می‌باشد که توجه خاصی به منابع آب در دسترس و دسترسی فیزیکی به آب دارد؛ این ابزار از توانمندی‌های انسانی، اجتماعی و اقتصادی کشاورزان در جهت استفاده موثر از آب برای مصارف تولیدی و زیست محیطی بهره می‌برد. بنابراین شاخص مفیدی به منظور بررسی وضعیت آب در یک منطقه کشاورزی می‌باشد (فروزانی و همکاران ۲۰۱۳).

خوزستان به دلیل داشتن منابع غنی آب و خاک از دوران قدیم تا به حال توسط طراحان امر توسعه به عنوان قطب مهم صنعتی و کشاورزی شناخته شده است (عباسی و غلامی ۲۰۱۲). به طوری که حدوداً ۳/۳ میلیون هکتار زمین کشاورزی در استان خوزستان می‌باشد (بیگدلی و ریسمان‌باف ۲۰۱۲). شهرستان درفول به عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی این استان و همچنین منطقه‌ای که از وضعیت منابع آبی خوبی برخوردار است اما با این حال مدیریت منابع آب در سطح مزارع بهینه نمی‌باشد. که لزوم مدیریت موثر وضعیت منابع آبی در بخش کشاورزی آن را ضروری می‌نماید. به منظور مدیریت بهتر منابع آب، دستیابی به شناخت جامع از وضعیت منابع آبی و همچنین دلایل وضعیت موجود، بسیار حایز اهمیت است. بنابراین پژوهش حاضر بدنبال پاسخ دادن به این پرسش‌ها است که شهرستان دزفول از نظر شاخص AWPI چگونه است؟ در صورت وجود فقر آبی کشاورزی در منطقه، علت و دلایل اصلی این مسأله مربوطه به کدام عامل است؟ به طوری که دستیابی به پاسخ این پرسش‌ها می‌تواند راهگشای تصمیم‌گیرندگان در مدیریت بهتر و جامع منابع آب کشاورزی مزارع در سطح شهرستان باشد.

در ادامه به نتایج تعدادی از پژوهش‌های انجام گرفته با استفاده از شاخص‌های ارزیابی منابع آب در بخش خانگی و کشاورزی اشاره می‌شود. آسیابی‌هیر و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به ارزیابی چند معیاره تغییرات مکانی شاخص فقر آب در تعدادی از حوضه‌های آبخیر استان اردبیل پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص فقر آب به عنوان یک ابزار کاربردی در مدیریت منابع آب، می‌تواند در تعیین اولویت‌ها و پایش تغییرات وضعیت منابع آب استفاده شود. همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که بیشتر حوضه‌های مورد مطالعه در استان اردبیل از نظر شاخص فقر آبی در شرایط بحرانی قرار دارد و مقدار متوسط شاخص فقر آب برای حوضه مورد مطالعه شده در استان اردبیل ٤٣ به دست آمده است. آسیابی‌هیر و همکاران (۲۰۱۵) درپژوهشی دیگر، به بررسی شاخص فقر آب و اهمیت آن در مدیریت منابع آب پرداختند که نتایج نشان داد شاخص فقر آب به عنوان یک ابزار کاربردی در مدیریت منابع آب، می‌تواند در تعیین اولویت‌ها و پایش تغییرات وضعیت منابع آب مورد استفاده قرار گیرد. شریف‌زادگان و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیق خود برای شناسایی موانع توسعه منطقه‌ای استان قزوین با به کارگیری شاخص فقر آبی به این نتایج دست

[1] Agricultural Water Poverty Index

[2] Agricultural Water Poverty

یافتند که نیمه جنوبی استان به دلیل ضعف در دو محور ظرفیت (به دلیل بی‌سوادی) و محیط زیست (به دلیل مصرف زیاد کود و سموم و کیفیت کم آب) وضعیت بحرانی‌تری نسبت به سایر شهرستان‌ها دارد. شهرستان قزوین به دلیل بهره‌مندی از منابع آب، ظرفیت و مصرف بهینه و شهرستان البرز به دلیل دسترسی مطلوب و کسب امتیاز بالا در محور محیط زیست، از منظر شاخص فقر آب از وضعیت نسبی بهتری در قیاس با سایر شهرستان‌ها برخوردارند. کومننیک و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی به سنجش سودمندی شاخص فقر آبی در مقیاس ملی پرداختند که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد فقرآبی نباید معادل عدم دسترسی به آب به دلیل فقر جامعه در نظر گرفته شود. همچنین نتایج نشان داده است به جز شرایط اجتماعی و اقتصادی، دلایل دیگری همچون عدم دسترسی فیزیکی یا سوء مدیریت منابع آب در عدم دسترسی ناکافی به آب تأثیر دارند. لارنس و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی به بررسی شاخص فقر آبی در یک مقایسه بین‌المللی پرداختند که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد این شاخص، کشورها و جوامع را با توجه به عوامل فیزیکی و اقتصادی- اجتماعی مرتبط با کمبود آب رتبه‌بندی می‌کند. این شاخص، سازمان‌های ملی و بین‌المللی مرتبط با تأمین آب و نظارت بر هر دو عنصر منابع در دسترس و عوامل اجتماعی- اقتصادی که تاثیر بر دسترسی و استفاده از این منابع دارند، را توانمند می‌سازد.

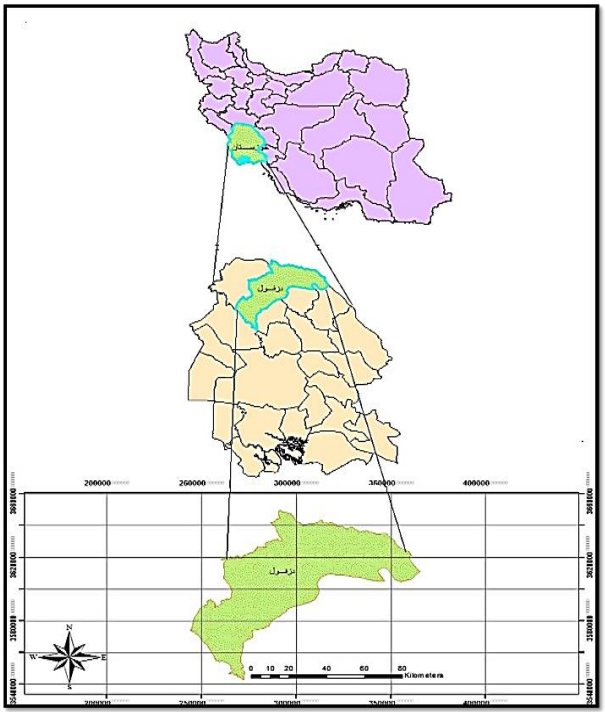
نتایج مطالعه زرافشانی و سعدوندی (۲۰۱۷) در دشت ممنوعه ماهیدشت در استان کرمانشاه با استفاده از شاخص فقر آبی کشاورزی نشان داد که این دشت با فقر آبی کشاورزی شدید مواجه است. به طوری که کشاورزان این دشت با کمبود منابع آبی مواجه هستند هرچند این منابع محدود تا حد قابل توجهی در دسترس کشاورزان قرار دارند. فروزانی و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی به بررسی فقر آبی کشاورزی در مرودشت (در مقیاس محلی) پرداختند که نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از شاخص فقر آبی کشاورزی برای ارزیابی وضعیت آب کشاورزی یک منطقه دارای دو مزیت است: اول، شاخص فقر آبی کشاورزی به درک آسان مسائلی که برای تصمیم‌گیرندگان حیاتی است، کمک می‌کند و دوم، به برنامه‌ریزان در شناسایی مکان‌هایی که بر اساس اطلاعات نیازمند مداخلات مدیریت منابع آب هستند، کمک می‌کند. نتایج مطالعه آنها که بر اساس شاخص AWPI و با استفاده از روش AHP بود، نشان داد که مقدار شاخص فقر آبی کشاورزی برای کشاورزان این منطقه در زیر حد متوسط (کمتر از ۵۰) است. بدین معنا که کشاورزان از نظر وضعیت آب کشاورزی دارای وضعیت نسبتا نامساعدی می‌باشند. تحلیل اجزای شاخص نشان داد که مقدار "منابع آب سطحی و زیرزمینی" در کل شهرستان در سطح بسیار پایینی است. "دسترسی به منابع آب" و "عوامل زیست محیطی تاثیرگذار بر کمیت و کیفیت منابع آبی" در حد مناسب می‌باشند. کشاورزان مورد مطالعه از نظر "نحوه مصرف منابع آب" و "ظرفیتهای انسانی، تکنولوژیکی، مالی و اجتماعی برای استفاده بهینه از منابع آب موجود" دارای ضعف می‌باشند. نتایج این مرحله از پژوهش نشان داد که "منابع آب کشاورزی" تنها عامل تعیین‌کننده وضعیت کشاورز در ارزیابی منابع آبی نمی‌باشد. همچنین جزء "ظرفیت" عامل تعیین کننده‌ای برای ایجاد تفاوت در وضعیت کشاورزان است.

مواد و روش ها

منطقه مطالعه شده

شهرستان دزفول به عنوان یکی از شهرستان‌های استان خوزستان با مساحت ٤٧٦٢ کیلومتر مربع در جنوب غربی ایران و در محدوده بین طول‌های ´٥٨ °٢٩ تا ´٤ °٣٣ وعرض‌های جغرافیایی ´٤١ °٤٧ تا ´٣٩ °٥٠ قرار دارد (شکل ۱). این شهرستان بر اساس نقشه

دومارتن دارای اقلیم‌های متنوعی است که شامل اقلیم خیلی مرطوب، نیمه مرطوب، مرطوب، مدیترانه‌ای، خشک و نیمه خشک می‌باشد. وجود رودخانه دز و شبکه‌های آبیاری مدرن باعث شده که کشاورزی در دزفول سابقه-ای تاریخی پیدا کند، به طوری که بخش‌های غیرکو-هستانی دزفول پرآب‌ترین منطقه کشاورزی استان خوزستان می‌باشند. این امر موجب رونق کشاورزی این شهرستان گردیده است و دزفول را به عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی ایران مطرح نموده است. علاوه بر آن، کشاورزان این منطقه از منابع آب مختلف و متنوعی مانند آب چاه، رودخانه، چشمه، سد و باران برای کشاورزی استفاده می‌کنند.



شکل ۱- نقشه مورد مطالعه در استان خوزستان

روش پژوهش

این پژوهش با استفاده از پیمایش انجام شد. جامعه آماری تحقیق حاضر را دو گروه از افراد متفاوت تشکیل می‌دهند. گروه اول، کارشناسان مراکز ترویج و خدمات جهاد کشاورزی شهرستان دزفول بودند، که ۵ نفر از آنها بطور هدفمند بر اساس سابقه در فعالیت‌های مرتبط با آب کشاورزی برای مشارکت در روش فرایند تحلیل شبکه‌ای[1] (ANP) که به منظور وزن‌دهی اجزای شاخص AWPI مورد استفاده قرار گرفت، انتخاب شدند. گروه دوم، کلیه‌ی گندم‌کاران آبی شهرستان دزفول بودند، که بر اساس آمار و اطلاعات مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان دزفول در سال ۱۳۹٤، ۵۰۰۰ نفر را شامل می‌شدند. روش نمونه‌گیری در این تحقیق بر اساس "نمونه‌گیری تصادفی سیستماتیک" بود. بدین صورت متناسب با حجم جامعه آماری، حجم کلی نمونه (۲۰۵) با استفاده از جدول کرجسی و مورگان مشخص گردید. با توجه به آن که برای ترسیم نقشه فقر آبی کشاورزی در سطح شهرستان نیاز به توزیع همگنی از نقاط دارای طول و عرض جغرافیایی مشخص است، تلاش شد که تمام شهرستان پوشش داده شود و از مزارع کشاورزان

[1] *Analytic Network Process*

منتخب در نمونه، حداقل مشخصات جغرافیایی یک نقطه از مزرعه به عنوان شاخص و نمایانگر فرد مورد نظر ثبت شود. ابزار اصلی جمع‌آوری اطلاعات برای سنجش شاخص AWPI، پرسشنامه بود که به کمک مصاحبه-های چهره به چهره، اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری گردید. پرسشنامه بر اساس ساختار AWPI، مشتمل بر شش قسمت: پرسش‌های مربوط به منابع آب، دسترسی به آب، مصرف آب موجود توسط کشاورز، سرمایه‌های کشاورز برای مدیریت آب موجود، عوامل زیست محیطی موثر بر قابلیت دسترسی به آب و اطلاعات فردی و حرفه‌ای فرد کشاورز بود. به منظور تأیید نهایی اعتبار پرسشنامه‌ی طراحی شده و انجام اصلاحات احتمالی تعدادی پرسشنامه در بین گندم‌کاران آبی شهرستان باوی که خارج از نمونه‌ی اصلی مطالعه بود توزیع گردید. اما بدلیل اینکه مقیاس‌های پرسشنامه همگی کمی بودند، بنابراین نیازی به آزمون تایید پایایی وجود نداشت. علاوه بر پرسشنامه، برخی از داده‌های لازم برای پژوهش مانند میزان بارندگی در طول سال گذشته (۹٤-۱۳۹۳)، از آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی استان خوزستان استخراج شد. همچنین از ابزارهای GPS برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به طول و عرض جغرافیایی یک نقطه از زمین زراعی فرد کشاورز و دستگاه شوری سنج (EC meter) برای اندازه‌گیری میزان شوری (EC[1]) نمونه‌ای از آب کشاورزی در دسترس فرد کشاورزبهره گرفته شد. پس از تکمیل پرسشنامه‌های پژوهش در بخش اول، یعنی انجام فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) با کمک کارشناسان، ابتدا داده‌های مربوطه وارد نرم‌افزار Excel شدند و میانگین هندسی آنها محاسبه شد. سپس، این میانگین‌های هندسی مقایسات زوجی داده‌ها، با توجه به هدف پژوهش وارد نرم‌افزار Super Decisions شدند. بعد از آنالیز به کمک این نرم‌افزار، وزن‌های مربوط به هر یک از مولفه‌ها و زیرمولفه‌های شاخص AWPI بدست آمدند. پس از آن داده‌های پرسشنامه AWPI وارد نرم-افزار SPSSV20 شدند، و با استفاده از وزن‌های نهایی بدست آمده از فرایند تحلیل شبکه‌ای، محاسبات مربوط به سنجش AWPI انجام شد. در مرحله بعد، اعداد AWPI بدست آمده برای هر یک از گندم‌کاران مورد مطالعه وارد نرم افزار GIS شدند تا نقشه فقر آبی کشاورزی ترسیم شود.

شاخص فقر آبی کشاورزی AWPI از میانگین وزنی پنج مولفه منابع آب در دسترس، دسترسی به آب، نحوه مصرف، ظرفیت برای بهبود و محیط زیست تشکیل شده است که در مراتب بعدی هر یک از آنها مشتمل بر زیرمولفه‌های مربوط و در مرتبه بعد سنجه‌های کاربردی می‌باشند فروزانی و کرمی (۲۰۱۱). برای محاسبه شاخص AWPI ابتدا نیاز است که وزن‌های هر یک از این مولفه‌ها و زیرمولفه‌ها تعیین شوند و سپس داده‌های با توجه به واحدهای سنجش مختلف، بی مقیاس یا نرمال شوند. همانگونه که ذکر شد برای وزن‌دهی از مدل ANP استفاده شد. برای نرمال‌سازی بر اساس رابطه ۱ عمل شد. سپس بر اساس رابطه ۲ ارزش سنجه‌ها، زیرمولفه‌ها و مولفه‌های شاخص محاسبه شدند (فروزانی و همکاران، ۲۰۱۳).

$$X_{nXi} = \frac{Xi - Xmin}{Xmax - Xmin}$$ (رابطه ۱)

Xi: ارزش واقعی برای سنجه i و X_{nXi} : ارزش نرمال شده سنجه i

$$X = \sum(W_{Xi}\, X_{nXi}) / \sum W_{Xi}$$ (رابطه ۲)

X = ارزش زیرمولفه‌ها و مولفه‌ها و X_{nXi} = مقادیر نرمال شده سنجه‌ها

[1] Electric Conductivity

طیف عددی ارزش شاخص فقر آبی کشاورزی در محدوده صفر تا ۱۰۰ قرار می‌گیرد. عدد ۱۰۰، نشان دهنده بهترین موقعیت از نظر وضعیت آب کشاورزی می‌باشد و عدد صفر نشان‌دهنده بدترین وضعیت است. در ادامه پنج مولفه شاخص AWPI به طور مختصر معرفی شده‌اند و با توجه به یافته‌های پژوهش محاسبه شده‌اند:

۱-مولفه منابع (R)

منظور از این مولفه، میزان آب کشاورزی قابل دسترس برای کشاورز است که بر مبنای حجم آب قابل دسترس سنجیده می‌شود. این جزء به دنبال پاسخ دادن به این سوال است که انواع منابع آب کدام‌اند و تا چه اندازه قابل دسترس هستند؟ با وجود آن که کشاورزان از منابع آب متنوعی برای آبیاری مزارع خود استفاده می‌کنند، این منابع در کل قابل تقسیم به دو دسته کلی (زیرمولفه) می-باشند: منابع آب سطحی و منابع آب زیرزمینی (فروزانی و کرمی، ۲۰۱۱). هر یک به نوبه خود شامل سه سنجه مختلف می‌باشد. ارزش نهایی مولفه منابع برای هر کشاورز بستگی به مقدار ارزش محاسبه شده از زیرمولفه‌ها و سنجه‌های مرتبط با آن دارد. برای دستیابی به ارزش زیرمولفه‌های آب سطحی (R_1) (رابطه۳) (شامل سنجه‌های R_{11}: آب کانال؛ R_{12}: آب رودخانه؛ R_{13}: باران) و آب زیرزمینی (R_2) (رابطه٤) (شامل سنجه‌هایR_{21}: آب چاه؛ R_{22}: آب چشمه) در دسترس، ابتدا ارزش‌های فردی هر یک از سنجه‌ها محاسبه و نرمال‌سازی شد و پس از آن ارزش کلی مولفه به صورت میانگین وزنی از سنجه‌های مربوطه محاسبه شد (رابطه ٥). به همین ترتیب برای مولفه کلی منابع (R) میانگین وزنی زیرمولفه‌های منابع آب سطحی و زیرزمینی محاسبه شد (فروزانی و همکاران ۲۰۱۳). ضمناً به دلیل آن که وزن‌های بدست آمده همه بر مقیاس صفر تا یک برده شدند، مجموع اوزان در مخرج رابطه‌های مورد استفاده برابر با یک بوده که از ذکر آن در رابطه‌های جایگذاری شده با داده‌های تحقیق صرف‌نظر شده است.

$$\boldsymbol{R} = \{(W_{R1} \times R_1) + (W_{R2} \times R_2)\} / (W_{R1} + W_{R2})$$

رابطه هر دو زیرمولفه و سنجه‌های مربوط به مولفه منابع با فقر آبی کشاورزی به صورت منفی است، به این معنی که هر چه منابع آب کشاورز افزایش می‌یابد، فقر آبی کشاورزی وی کاهش می‌یابد.

$$(\mathbf{R_1}) = (0.335 \times Xn_{R11}) + (0.327 \times Xn_{R12}) + (0.338 \times Xn_{R13}) \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$(\mathbf{R_2}) = (0.547 \times Xn_{R21}) + (0.451 \times Xn_{R22}) \quad \text{(رابطه ٤)}$$

$$(0.578 \times R_1) + (0.422 \times R_2) = (\mathrm{R}) \quad \text{(رابطه ٥)}$$

۲-مولفه دسترسی (A)

این مولفه نشان دهنده میزان دسترسی به آب‌های موجود برای استفاده‌های کشاورزی می‌باشد. که از دو زیرمولفه دسترسی کشاورز به آب (A_1) (شامل سنجه‌های A_{11}: حقابه؛ A_{12}: زمین‌های کشت نشده به دلیل کم‌آبی؛ A_{13}: بالادست بودن زمین در توزیع و تخصیص آب) و پتانسیل زمین برای دسترسی به آب (A_2) (شامل سنجه‌های A_{21}: فاصله بین منبع آب و مزرعه؛ A_{22}: بافت خاک ازنظر نگهداری آب) تشکیل شده است. در میان سنجه‌های معرفی شده برای سنجش دسترسی، زمین‌های کشت نشده به دلیل کمبود آب (A_{12})و فاصله بین منبع آب و مزرعه (A_{21})، تاثیر مثبت بر فقر آبی کشاورزی دارند. این بدان معنی است که اگر ارزش این سنجه‌ها افزایش یابد، فقر آبی کشاورزی

افزایش خواهد یافت. بنابراین، جهت تاثیر هر کدام از زیرسنجه‌ها (مثبت یا منفی) در محاسبه AWPI نهایی در نظر گرفته شد. با توجه به این که عدد شاخص فقر آبی کشاورزی هر چه قدر بزرگتر باشد، میزان فقر آبی کمتری را نشان خواهد داد، بنابراین این نشانگرها باید با علامت منفی به سایر نشانگرهای شاخص اضافه شوند، بر همین مبنا عدد نهایی میزان ارزش واقعی شاخص را نشان نخواهد داد زیرا شاخص باید مشتمل بر جمع جبری سنجه‌ها باشد. برای رفع این محدودیت و همچنین در نظر گرفتن تاثیر واقعی سنجه‌هایی که دارای رابطه مثبت با فقر آبی کشاورزی می‌باشند، نیاز به تعدیل‌سازی است. برای این منظور به این ترتیب عمل شد که برای هر یک از این سنجه‌ها به جای "ارزش سنجه"، میزان "امتیاز سنجه" محاسبه شد (فروزانی و همکاران ۲۰۱۳).

با استفاده از یک روش مشابه که برای مولفه منابع بکار برده شد، و با در نظر گرفتن وزن‌های اختصاصی هر سنجه ارزش زیرمولفه‌ها برای مولفه دسترسی و همچنین خود مولفه دسترسی به شرح زیر محاسبه شد- (رابطه های٦، ٧ و ٨).

$$\boldsymbol{A} = \{(W_{A1} \times A_1) + (W_{A2} \times A_2)\} / (W_{A1} + W_{A2})$$

$$(\mathbf{A_1}) = (0.389 \times Xn_{A11}) + (0.379 \times Xn_{A12}) + (0.232 \times Xn_{RA13})$$ (رابطه ٦)

$$(\mathbf{A_2}) = (0.511 \times Xn_{A21}) + (0.489 \times Xn_{A22})$$ (رابطه ٧)

$$(\mathbf{A}) = (0.379 \times A_1) + (0.621 \times A_2)$$ (رابطه ٨)

۳- مولفه مصرف(U)

این مولفه به توانایی کشاورزان برای استفاده از آب به طور کارا مرتبط است و در واقع، حد مفید و مؤثر بودن استفاده از آب در کشاورزی را نشان می‌دهد. این مولفه به دنبال پاسخ به این پرسش است که تا چه حد آب در دسترس به شکل کارا در سطح مزرعه مصرف می‌شود؟ برای این منظور از دو سنجه تشکیل شده است: اول، کارایی فیزیکی مصرف آب (U_{11})، که نشان دهنده میزان عملکرد محصول به ازای هر واحد آب مصرف شده توسط کشاورز تقسیم بر میزان حداکثر محصول تولید شده به ازای هر واحد آب مصرف شده در منطقه می‌باشد. دوم، زمین‌های کشت شده که بر اثر کم آبی شخم خورده‌اند (U_{12}) و به صورت نسبت میزان اراضی شخم خورده پس از کشت بر اثر کم آبی به کل اراضی آبی زیر کشت کشاورز محاسبه شده است. با توجه به اثر مثبت سنجه‌های اخیر در شاخص فقر آبی لازم است که ارزش سنجه‌ها با توجه به توضیح قبل برای مولفه دسترسی، اصلاح شود (فروزانی و همکاران، ۲۰۱۳). هنگامی که ارزش دو سنجه نرمال شده محاسبه شد با در نظر گرفتن وزن آنها، از رابطه ۹ برای محاسبه ارزش کلی مولفه مصرف استفاده شد.

$$(\mathbf{U}) = (0.51 \times X_{nU11}) + (0.49 \times X_nU_{12})$$ (رابطه ۹)

۴- مولفه ظرفیت (C)

این مولفه به دنبال پاسخ‌دهی به این پرسش است که ظرفیت‌های کشاورز برای مدیریت کردن آب در دسترس وی چیست؟ در واقع، به معنای پتانسیل‌های موجود کشاورز برای مدیریت کردن آب کشاورزی در سطح مزرعه به نحو مؤثرتر است، به گونه‌ای که موجب دسترسی پایا و مصرف بهینه‌تر منابع آبی شود. این مولفه از سه زیرمولفه سرمایه انسانی (C_1) (شامل سنجه‌های C_{11}: سطح تحصیلات؛ C_{12}: دانش مدیریت آب)، سرمایه واقعی (C_2) (شامل سنجه‌های C_{21}: زمین-های تحت آبیاری نوین؛ C_{22}: سیستم زهکشی زیرزمینی؛ C_{23}: تسطیح اراضی؛ C_{24}: پوشش انهار؛ C_{25}: لوله‌گذاری برای انتقال آب؛ C_{26}: درآمد سرمایه‌گذاری شده برای بهبود سیستم آبیاری؛ C_{27}: وام و اعتبارات تخصیص

داده شده برای بهبود سیستم آبیاری؛ C_{28}: بیمه خشکسالی) و سرمایه اجتماعی (C_3) (شامل سنجه C_{31}: شرکت در کلاس‌های آموزشی مدیریت آب) تشکیل شده است. مانند مولفه‌های قبل، مجدداً ارزش نهایی مولفه ظرفیت از محاسبه ارزش‌های فردی سنجه‌های مربوطه، سپس نرمال‌سازی آن ارزش‌ها، و در نهایت محاسبه میانگین وزنی ارزش‌های نرمال شده هر یک محاسبه شده است. از آنجایی که این سه زیرمولفه و سنجه‌های مرتبط در فقر آبی کشاورزی تاثیر منفی دارند، نیاز به اصلاح وجود ندارد. به عبارت دیگر، هنگامی که سرمایه-های کشاورز بهبود یابد، فقر آبی کشاورزی وی کاهش خواهد یافت (فروزانی و همکاران ۲۰۱۳). با استفاده از وزن‌های بدست آمده و ارزش نهایی هر یک از زیرمولفه های مرتبط، ارزش نهایی مولفه ظرفیت با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد (رابطه ۱۰،۱۱،۱۲،۱۳).

$$\boldsymbol{C} = \{(W_{C1} \times C_1)+(W_{C2} \times C_2) + (W_{C3} \times C_3)\}/(W_{C1} + W_{C2} + W_{C3})$$ (رابطه ۱۰)

$$(\mathbf{C_1}) =(0.495 \times X_{nC11}) + (0.505 \times X_{nC12})$$

$$(\mathbf{C_2}) =(0.122 \times X_{nC21})+(0.211 \times X_{nC22})+(0.078 \times X_{nC23})+(0.125 \times X_{nC24})+(0.116 \times X_{nC25})+(0.085 \times X_{nC26})+(0.115 \times X_{nC27}) +(0.147 \times X_{nC28})$$ (رابطه ۱۱)

$$(\mathbf{C_3}) =(X_{nC31})$$ (رابطه ۱۲)

$$(\mathbf{C}) = (0.258 \times C_1) + (0.251 \times C_2) + (0.491 \times C_3)$$ (رابطه ۱۳)

۵-مولفه محیط زیست (E)

این مولفه عوامل زیست محیطی موثر بر کیفیت و کمیت آب کشاورزی را نشان می‌دهد؛ و در پی پاسخ دادن به این سوال است که تاثیرات محیط زیست بر فقر آبی کشاورزی چیست؟ مولفه محیط زیست از عوامل موثر بر کیفیت آب مصرف شده در بخش کشاورزی تشکیل شده است. زیرمولفه‌های این مولفه عبارتند از: کیفیت آب از نظر شوری (EC) (E_1)، مصرف کود(E_2) و سموم شیمیایی (E_3). همه سنجه‌های این مولفه، دارای تاثیر مثبت بر فقر آبی کشاورزی هستند؛ به عبارت دیگر، مصرف بالاتر کود و سموم شیمیایی منجر به آلودگی بیشتر آب‌های زیرزمینی می‌شود و یا افزایش شوری آب باعث افزایش فقر آبی کشاورزی می‌شود. برای غلبه بر این چالش، و همچنین در نظر گرفتن تاثیر واقعی سنجه‌ها که دارای رابطه مثبت با فقر آبی کشاورزی می‌باشند، نیاز به تعدیل‌سازی است. برای این منظور، به این ترتیب عمل شد که برای هر یک از این سنجه‌ها، به جای "ارزش سنجه"، میزان "امتیاز سنجه" محاسبه شد. بر اساس نظر کولیس (۲۰۰۵) امتیاز حداکثر سنجه برای میزان بهینه سنجه در نظر گرفته شد؛ سپس سنجه‌ها بر اساس میزان فاصله از این مقدار بهینه، امتیازبندی شدند. بدین معنا که به تناسب میزان فاصله از این حد بهینه، از ارزش سنجه کم شد. مقدار این امتیاز همان X_i محسوب می-شود، که سپس نرمال‌سازی می‌شود (فروزانی و همکاران ۲۰۱۳). هر دو زیرمولفه مصرف کود و سموم شیمیایی شامل چندین سنجه می‌باشند، ارزش نهایی این دو زیرمولفه با محاسبه‌های ساده ریاضی از ارزش‌های نرمال شده بدست می‌آیند، محاسبات به شرح زیر می-باشند (رابطه ۱۴،۱۵،۱۶،۱۷):

$$(\boldsymbol{E_1}) = (X_{n\,E11})$$ (رابطه ۱۴)

$$(E_2) = (Xn_{F1} + Xn_{F2} + Xn_{F3} + Xn_{F4} + Xn_{F5})/5$$ (رابطه ۱۵)

F_1: اوره، F_2: پتاس، F_3: فسفات، F_4: حیوانی و F_5: ریزمغذی‌ها

$$(\boldsymbol{E_3}) = (Xn_{PH1} + Xn_{PH2} + Xn_{PH3} + Xn_{PH4} + Xn_{PH5})/5$$ (رابطه ۱۶)

PH_1: تاپیک، PH_2: گرانستار، PH_3: توفوردی، PH_4: آتلانتیس و PH_5: دسیس

$$(\boldsymbol{E} = \{(W_{E1} \times E_1) + (W_{E2} \times E_2) + (W_{E3} \times (E_3)\})/(\{(W_{E1} + W_{E2} + W_{E3}))$$ (رابطه ۱۷)

$$(\boldsymbol{E}) = (0.411 \times E_1) + (0.330 \times E_2) + (0.259 \times E_3)$$

۶- محاسبه شاخص فقر آبی کشاورزی

ارزش کلی AWPI در نهایت از متوسط وزنی پنج مولفه اصلی آن محاسبه شد (رابطه ۱۸)، و سپس در ۱۰۰ ضرب گردید تا امکان مقایسه ساده‌تر فقر آبی کشاورزی بین افراد فراهم شود. عدد ۱۰۰، نشان دهنده بهترین موقعیت از نظر وضعیت آب کشاورزی می‌باشد و عدد صفر نشان دهنده بدترین وضعیت است (فروزانی و همکاران ۲۰۱۳).

$$\boldsymbol{AWPI} = [\{(W_R \times R) + (W_A \times A) + (W_U \times U) + (W_C \times C) + (W_E \times E)\}]/(W_R + W_A + W_U + W_C + W_E)$$
$$\boldsymbol{AWPI} = [\{(0.362 \times R) + (0.19 \times A) + (0.133 \times U) + (0.090 \times C) + (0.222 \times E)\}]$$

(رابطه ۱۸)

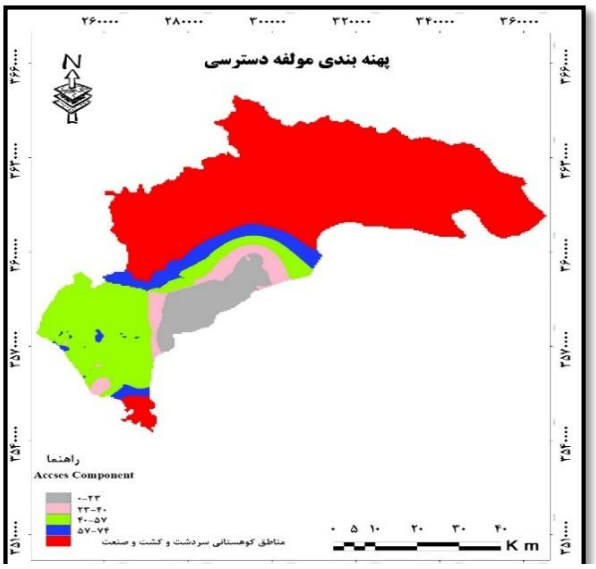
نتایج

مولفه منابع (R)

همان‌گونه که جدول ۱ نشان می‌دهد، کمترین و بیشترین ارزش منابع آب سطحی به ترتیب صفر و ۶۷/۳ می‌باشد. میانگین ارزش این زیرمولفه ۳۵/۲۵ می‌باشد. میانگین ارزش منابع آب زیرزمینی ۳/۶۳ می‌باشد. بیشترین و کمترین ارزش منابع آب زیرزمینی به ترتیب صفر و ۵۴/۷ بوده است. همچنین، میانگین ارزش مولفه منابع آب ۲۱/۹۱ می‌باشد. کمترین و بیشترین ارزش این مولفه به ترتیب ۰/۴۱ و ۴۲/۶۲ می‌باشد. همان گونه که شکل پهنه‌بندی مولفه منابع (شکل ۲) نیز نشان می‌دهد، مناطقی که با رنگ‌های خاکستری و صورتی نشان داده شده‌اند، مناطقی بوده‌اند که کشاورزان ساکن در آن مناطق، کمترین منابع آب موجود را در اختیار دارند؛ این پهنه‌ها مناطقی بوده‌اند که کشاورزان صرفاً از آب کانال برای کشت گندم استفاده می‌کنند و به دلیل وسعت اراضی مشروب از آب کانال و محدودیت در سهمیه‌بندی آب کانال بر اساس میزان اراضی تحت کشت، میزان منابع آب کمتری را در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد. در حالی که در مناطقی که با رنگ آبی نشان داده شده‌اند، از آب کانال و آب چاه هر دو برای مصارف کشاورزی استفاده می‌کنند. بنابراین، در این مناطق کشاورزان منابع آب بیشتری در اختیار دارند.

جدول۱ توزیع فراوانی مولفه منابع

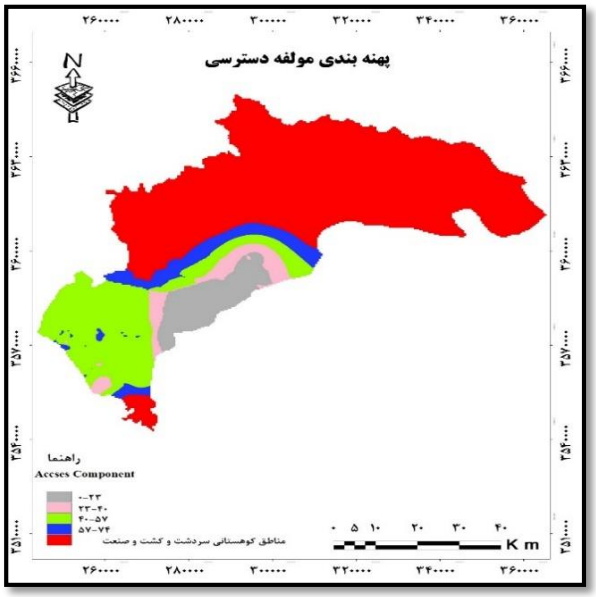
متغیر	کمینه	بیشینه	میانگین
منابع آب سطحی (R_1)	۰	۶۷/۳	۳۵/۲۵
منابع آب زیرزمینی (R_2)	۰	۵۴/۷	۳/۶۳
مولفه منابع آب (R)	۰/۴۱	۴۲/۶۲	۲۱/۹۱



شکل ۲- پهنه‌بندی مولفه منابع

مولفه دسترسی (A)

جدول ۲، همچنین نتایج توزیع فراوانی مولفه دسترسی و دو زیرمولفه آن را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشترین و کمترین ارزش دسترسی کشاورزان به آب به ترتیب ۰ و ۹۹ می‌باشد. میانگین ارزش این زیرمولفه ۵۱/۸۵ می‌باشد. میانگین ارزش پتانسیل زمین برای دسترسی به آب ٤٢/٤٢ می‌باشد. کمترین و بیشترین ارزش این زیرمولفه به ترتیب صفر و ۱۰۰ می‌باشد. در کل میانگین ارزش مولفه دسترسی ٤٥/٩٩ می‌باشد، و کمترین و بیشترین ارزش این مولفه به ترتیب ٤/٥١ و ٧٣/٦٩ می‌باشد. نتایج محاسبات ارزش مولفه دسترسی، در نقشه پهنه‌بندی مولفه دسترسی نشان داده شده است (شکل ۳)، در این نقشه مناطقی که با رنگ خاکستری نشان داده شده‌اند، دارای کمترین امتیاز مولفه دسترسی هستند، در این مناطق دو نوع از کشاورزان مشغول فعالیت می‌باشند: اول، کشاورزانی که در روستاهای کهنک و سبز آب هستند که این کشاورزان از آب چاه برای کشاورزی استفاده می‌کنند، و به دلیل اینکه مقدار آب چاه‌ها محدود است، طبیعتاً میزان اراضی آبی بیشتری مربوط به این کشاورزان به دلیل کم آبی کشت نشده‌اند. همچنین بافت خاک در این مناطق شنی و لومی می‌باشد که قدرت نگهداری آب در آنها کم است؛ اما گروه دوم، کشاورزانی هستند که از آب کانال استفاده می‌کنند ولی میزان فاصله بین منبع آب و مزارع آن‌ها زیاد می‌باشد، همچنین پایین‌دست بودن اراضی آنها در شبکه توزیع و تخصیص آب باعث شده است که این مناطق کمترین ارزش دسترسی را داشته باشند. همان‌گونه که نقشه نشان می‌دهد مناطقی که به رنگ آبی دیده می‌شوند بیشترین ارزش مولفه دسترسی را دارند.



شکل ۳- پهنه‌بندی مولفه دسترسی

جدول۲ -توزیع فراوانی مولفه دسترسی

متغیر	کمینه	بیشینه	میانگین
دسترسی کشاورز (A_1)	۰	۹۹	۵۱/۸۵
پتانسیلزمین برای دسترسی به آب (A_2)	۰	۱۰۰	۴۲/۴۲
مولفه دسترسی (A)	۴/۵۱	۷۳/۶۹	۴۵/۹۹

مولفه مصرف (U)

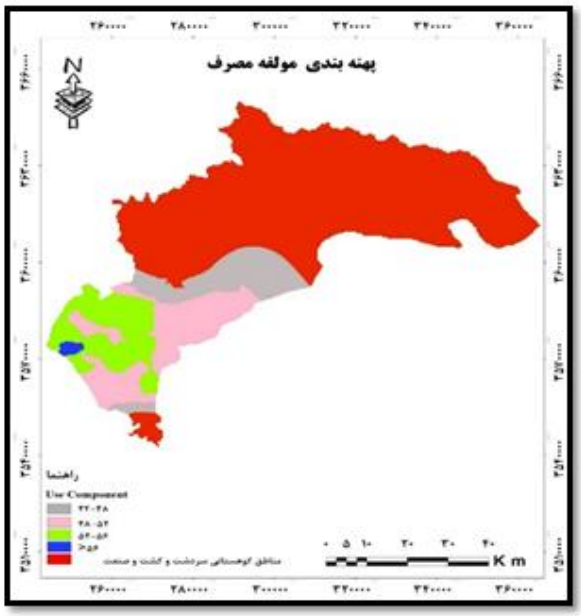
همان گونه که یافته‌های جدول ۳ نشان می‌دهد، بیشترین و کمترین ارزش مولفه مصرف ۴۲ و ۱۰۰ و میانگین ارزش این مولفه ۵۲/۲۸ می‌باشد. نتایج نقشه پهنه‌بندی این مولفه در شکل ٤ نشان می‌دهد کشاورزان مناطقی که با رنگ خاکستری و صورتی مشخص شده‌اند، کمترین امتیاز را در کارایی مصرف آب‌های قابل در دسترس نسبت به سایر کشاورزان کسب کرده‌اند. پایین بودن ارزش مصرف آب در این مناطق می‌تواند ناشی از پایین بودن کارایی فیزیکی مصرف آب و افزایش میزان شخم زدن زمین‌های کشت شده به دلایل کمیابی منابع آب باشد. از سویی مناطقی که با رنگ آبی نشان داده شده‌اند بیشترین ارزش را در مولفه مصرف منابع آب موجود را نشان داده‌اند که به دلیل کارایی فیزیکی بالای مصرف آب به وسیله کشاورزان این مناطق و وجود منابع آبی فراوان بوده که مانع از شخم زدن زمین‌های کشت شده، گردیده است.

جدول۳ -توزیع فراوانی مولفه‌دسترسی

متغیر	کمینه	بیشینه	میانگین
مصرف (U)	٤۲	۱۰۰	۵۲/۲۸

جدول۴- توزیع فراوانی مولفه ظرفیت

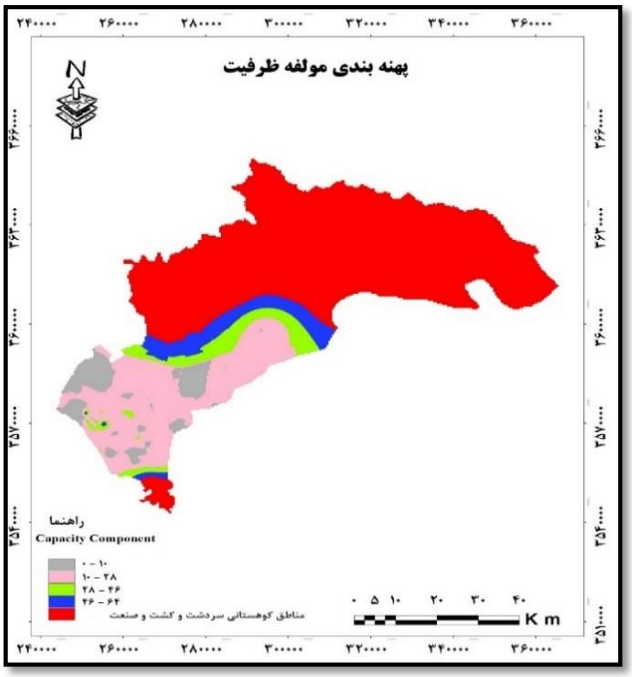
متغیر	کمینه	بیشینه	میانگین
سرمایه انسانی (C_1)	۲/۱٤	۸٤/۰۸	٤۰/٦۷
سرمایه واقعی (C_2)	۰	٤۰/٤۷	۱٤/۱۲
سرمایه اجتماعی (C_3)	۰	۱۰۰	٤/۰۲
مولفه ظرفیت (C)	۲/۱۹	٦۳/٦۸	۱٦/۰۱



شکل۴- پهنه‌بندی مولفه مصرف

مولفه ظرفیت (C)

همان‌گونه که یافته‌های جدول ٤ نشان می‌دهد، میانگین زیرمولفه سرمایه انسانی ٤٠/٦٧ و کمترین و بیشترین ارزش این معیار به ترتیب ٢/١٤ و ٨٤/٠٨ می‌باشد. میانگین ارزش سرمایه واقعی ١٤/١٢ بوده، بیشترین ارزش آن ٤٠/٤٧ و کمترین صفر می‌باشد. همچنین کمترین و بیشترین ارزش سرمایه اجتماعی به ترتیب صفر و ١٠٠ و میانگین ارزش آن ٤/٠٢ می‌باشد که از دو سرمایه دیگر کمتر است. در کل، میانگین ارزش مولفه ظرفیت ١٦/٠١ بوده و کمترین و بیشترین ارزش آن به ترتیب ٢/١٩ و ٦٣/٦٨ می‌باشد. همچنین، نتایج محاسبات ارزش مولفه ظرفیت، در قالب نقشه پهنه‌بندی در شکل ٥ نشان می‌دهد مناطقی که با رنگ خاکستری و صورتی نشان داده شده‌اند، مناطقی هستند که کشاورزان آنها دارای کمترین امتیاز در مولفه ظرفیت می‌باشند؛ این کشاورزان نسبت به سایر کشاورزان در کلاس‌های مدیریت آب کمتر شرکت کرده‌اند. از سوی دیگر، کشاورزان کمتری در این مناطق مزارع خود را بیمه کرده‌اند. این در حالی است که کشاورزان مناطقی که با رنگ آبی نشان داده شده‌اند، بیشترین ارزش را در مؤلفه ظرفیت کسب کرده‌اند؛ در واقع، کشاورزان این مناطق از سرمایه انسانی بالایی برخوردار بوده‌اند. در پژوهش حاضر، سرمایه انسانی ناظر بر دو سنجه سطح تحصیلات و دانش مدیریت منابع آب می‌باشد که در مناطق ذکر شده این دو ویژگی مطلوب بوده و از سطح بالایی برخوردار بوده‌اند.



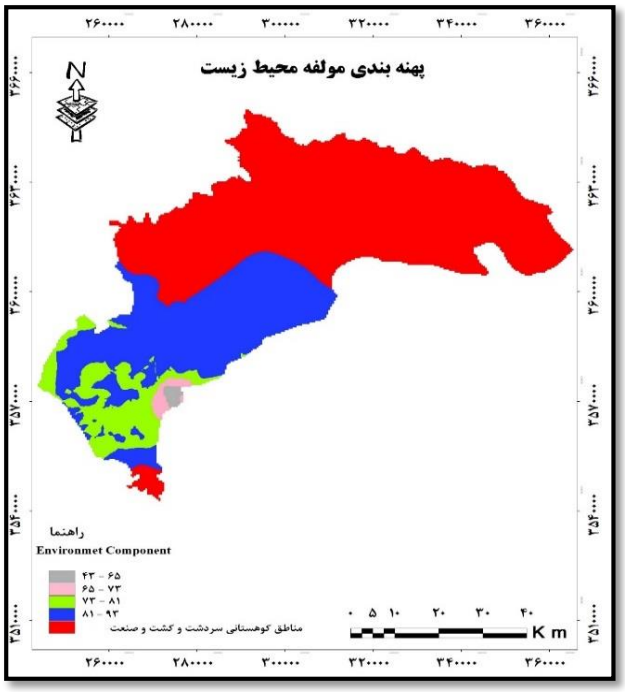
شکل۵:- پهنه‌بندی مولفه ظرفیت

مولفه محیط زیست (E)

همان‌گونه که یافته‌های جدول ٥ نشان می‌دهد، کمترین و بیشترین ارزش زیرمولفه کیفیت آب صفر و ۱۰۰ و میانگین ارزش آن ۹۰/٥٤ می‌باشد. میانگین ارزش مصرف کودهای شیمیایی ٦٢/٩٩ به ترتیب با ارزش‌های کمینه و بیشینه ۲٥/۲٥ و ۹۰/۸۳ می‌باشد. همچنین کمترین و بیشترین میزان ارزش مصرف سموم شیمیایی به ترتیب ۱۰۰ و ۷۰ و میانگین آن ۹۰/۷٤ می‌باشد. علاوه بر این، همان طور که در جدول مشاهده می‌شود کمترین و بیشترین ارزش مولفه محیط زیست به ترتیب ٤۳/۷٥ و ۹۳/۰۸ با میانگین ۷۹/۲۸ می‌باشد. نتایج محاسبات مولفه محیط زیست در قالب نقشه پهنه‌بندی این مولفه در شکل ٦ ترسیم شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، مناطقی که با رنگ خاکستری و صورتی نشان داده شده‌اند، مناطقی هستند که کشاورزان آن مناطق کمترین امتیاز را در مولفه محیط زیست بدست آورده‌اند. به طوری که در این مناطق مصرف بیش از حد استاندارد کود و سموم شیمیایی که بر روی فقر آبی کشاورزی تاثیر مثبت دارد، نسبت به دیگر مناطق مورد مطالعه بیشتر بوده است. این در حالی است که مناطقی که با رنگ آبی نشان داده شده‌اند، دارای بالاترین امتیاز در مولفه محیط زیست هستند، به طوری که کشاورزان این مناطق با عوامل زیست محیطی کمتری مواجه هستند. با توجه به آن که منبع عمده آب اکثریت کشاورزان آب کانال بوده است، بنابراین شوری آب برای همه تقریبا یکسان بوده است.

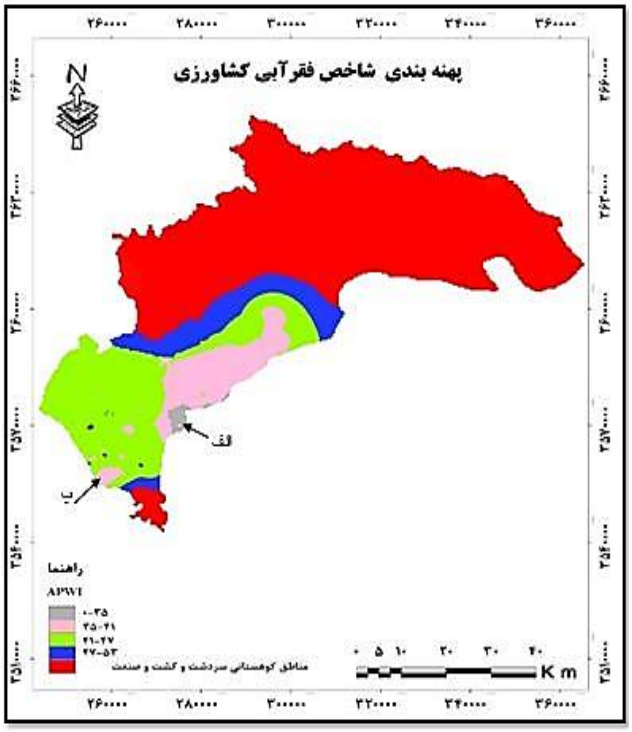
شاخص فقر آبی کشاورزی

در نهایت یافته‌های حاصل از محاسبه شاخص کلی فقر آبی کشاورزی در جدول ٦ ارایه شده‌اند. همان‌گونه که جدول ٦ نشان می‌دهد، میانگین ارزش AWPI، ٤۲/٦٦ بوده و بیشترین و کمترین ارزش آن به ترتیب ٥۱/۰۷ و

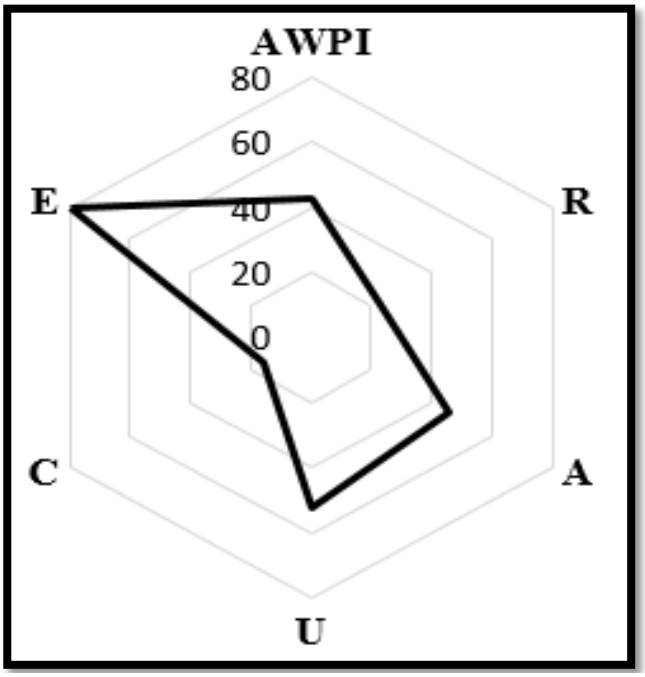


شکل۶- پهنه‌بندی مولفه محیط زیست

۲۷/۹۳ می‌باشد. در شکل ۸ میانگین ارزش هر یک از مولفه‌های AWPI و میانگین ارزش خود شاخص نمایش داده شده است. مقایسه این میانگین‌ها حاکی از آن است که در بین تمامی مولفه‌ها، مولفه ظرفیت کمترین مقدار و مولفه محیط زیست بیشترین ارزش را دارا می‌باشد. همچنین AWPI بیشتر تحت تاثیر ارزش مولفه محیط زیست می‌باشد؛ در نهایت به منظور تجسم آسان‌تر هدف پژوهش، با استفاده از نرم افزار Arc GIS پهنه بندی فقر آبی کشاورزی از نتایج بدست آمده تهیه شد. در این رابطه، هر جزء از اجزای شاخص به عنوان لایه در نقشه در نظر گرفته شد و در نهایت نیز لایه نهایی نقشه که همان شاخص فقر آبی کشاورزی بود، برای منطقه مورد مطالعه شکل گرفت. به کمک نقشه به راحتی می‌توان معین نمود که نواحی دارای بالاترین و پایین‌ترین میزان فقر آبی کشاورزی کدامند. همان گونه که در شکل ۷ نشان داده شده است، نقاط بحرانی که در شکل با رنگ خاکستری و صورتی نشان داده شده‌اند، نواحی روستایی هستند که بالاترین فقر آبی کشاورزی را دارا می‌باشند. به همین دلیل آنها در نقشه به عنوان نواحی دارای فقر آبی کشاورزی شدید نامگذاری شده‌اند. این در حالی است که مناطقی که با رنگ آبی نشان داده شده‌اند دارای پایین‌ترین فقر آبی کشاورزی هستند. بررسی لایه-های مربوط به اجزای مختلف شاخص نشان می‌دهد که دلایل بروز فقر آبی کشاورزی در این نواحی از یکدیگر متفاوت هستند. به عنوان مثال، نواحی روستایی واقع در منطقه "الف" دارای فقر آبی کشاورزی بالایی می‌باشند که به علت پایین بودن ارزش زیست محیطی، ارزش ظرفیت، ارزش دسترسی وعدم مصرف بهینه از منابع آب می‌باشد. این در حالی است که در نواحی "ب" فقر آبی کشاورزی ناشی از ویژگی‌هایی همچون ظرفیت پایین، مصرف بهینه از منابع آب و دسترسی پایین می‌باشد. به طور کلی نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که در شهرستان دزفول فقر آبی کشاورزی کشاورزان پایین‌تر از حد میانگین است.



نقشه۷- پهنه‌بندی شاخص فقر آبی کشاورزی



شکل ۸-مقایسه میانگین ارزش مولفه‌ها با ارزش نهاییAWPI

جدول۵ -توزیع فراوانی مولفه ظرفیت

متغیر	کمینه	بیشینه	میانگین
کیفیت آب (E_1)	۰	۱۰۰	۹۰/۵٤
مصرف کود (E_2)	۲۵/۲۵	۹۰/۸۳	٦۲/۹۹
سموم شیمیایی (E3)	۷۰	۱۰۰	۹۰/۷٤
مولفه محیط زیست (E)	٤۳/۷۵	۹۳/۰۸	۷۹/۲۸

جدول۶ -توزیع فراوانی شاخص فقر آبی کشاورزی

متغیر	کمینه	بیشینه	میانگین
AWPI	۲۷/۹۳	۵۱/۰۷	٤۲/٦٦

نتیجه گیری

مدیریت پایدار آب یک ضرورت مهم برای کشاورزی پایدار، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. به این ترتیب، ارزیابی موفقیت آمیز وضعیت منابع آب به عنوان یک پیش نیاز برای مدیریت پایدار آب نقش مهمی در پایداری کشاورزی ایفا می‌کند. محققان مختلف به منظور ارزیابی وضعیت آب، شاخص‌های مختلفی را توصیه کرده‌اند، که عمدتاً در سطوح ملی و یا بین‌المللی است و عمدتاً تنها بر یک جزء تاکید دارند. در حالی که برای ارزیابی کمبود آب در بخش کشاورزی باید دقیقاً عوامل مختلفی که بر وضعیت آب کشاورزی موثر است، در نظر گرفته شود. اما نتایج این مطالعه حاکی از آن است که در شهرستان دزفول فقر آبی کشاورزی کشاورزان پایین‌تر از حد میانگین شاخص است. شاخص فقر آبی کشاورزی می‌تواند به ارزیابی وضعیت آب کشاورزی در منطقه، برای نظارت بر روند شرایط منابع آب در طول زمان، و یا برای تشخیص علل فقر آبی کشاورزی در منطقه در طی یک دوره زمانی خاص کمک کند. علاوه بر این، می‌تواند برای طبقه‌بندی کشاورزان بر اساس موقعیت آنها از نظر کمبود آب و ارزیابی اینکه آیا آنها از نظر میزان آب در دسترس دارای فقر آبی هستند یا این که عوامل دیگری غیر از صرفا میزان آب در دسترس بر فقر آبی آنها موثرند، بکار گرفته شود؛ نکته حایز اهمیت در نتایج پژوهش حاضر، وضعیت مطلوب مولفه محیط زیست یعنی میزان بهینه مصرف نهاده‌های شیمیایی و تاثیر آنها بر کیفیت منابع آب کشاورزان، مصرف نسبتاً بهینه منابع آب، دسترسی تقریباً متوسط کشاورزان به منابع آب کشاورزی، میزان نامطلوب منابع آب در دسترس و ظرفیت بسیار ضعیف کشاورزان برای مدیریت بهینه منابع آب کشاورزی می‌باشد. که این امر می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان در برنامه‌ریزی‌های آینده کمک کند، درمجموع، بر اساس نتایج پژوهش می‌توان پیشنهادها زیر را ارائه کرد:

پیشنهادها

۱) همان‌گونه که یافته‌ها نشان می‌دهند کشاورزانی که منبع آب آنها چاه و کانال بوده است، بیشترین آب را در اختیار داشته‌اند، بنابراین پیشنهاد می‌شود که به کشاورزان آموزش‌های لازم درباره شیوه صحیح استفاده از آب‌های زیرزمینی مانند چاه داده شود، برای اینکه در طولانی مدت با کاهش آب و شوری کمتر مواجه شوند.

۲) با توجه به ظرفیت پایین کشاورزان برای مدیریت منابع آب، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های تشویقی برای کارشناسان ترویجی مراکز خدمات و همچنین کشاورزان به ترتیب برای برگزاری کلاس‌های مرتبط با مدیریت منابع آب کشاورزی و شرکت در کلاس‌ها تدارک دیده شود.

۳) به دلیل آنکه یکی از دلایل از دسترس خارج شدن آب کشاورزی موجود برای کشاورزان بافت سبک خاک زراعی مزارع آنها می‌باشد پیشنهاد می‌شود فعالیت‌های آموزشی- ترویجی مناسب با هدف حفظ بقایای گیاهی در سطح مزرعه، مصرف کود سبز و حیوانی به منظور نگهداری آب در خاک اجرا شوند.

٤) یکی از اصول برنامه‌ریزی مناسب، تعیین اولویت‌ها می‌باشد، بنابراین پیشنهاد می‌شود که قبل از تدوین برنامه‌ها با استفاده از شاخص AWPI، مناطق و حتی کشاورزان را اولویت‌بندی نمود. می‌توان با استفاده از سامانه

اطلاعات جغرافیایی و تهیه نقشه‌های مرتبطسایر عوامل اثرگذار در مدیریت زراعی را هم زمان با امتیاز فقر آبی کشاورزان ارتباط داد.

۵) پیشنهاد می‌شود شاخص فقر آبی کشاورزی بار دیگر در سطح شهرستان دزفول سنجیده شود، ولی این بار وزن‌دهی به سنجه‌هابه وسیله خود کشاورزان با شیوه توافق جمعی و با استفاده از روش ANP انجام شود.

٦) پیشنهاد می‌شود که شاخص فقر آبی کشاورزی در سطح استان خوزستان سنجیده شود، تا بتوان اقلیم‌های مختلف استان را از نظر فقر آبی کشاورزی طبقه‌بندی و مقایسه نمود.

منابع مورد استفاده

Abbasi BK, and Gholami R, 2012. Ground Water Resources Management (Case Study: Khuzestan Province). Middle-East Journal of Scientific Research, 11(11), 1536-1541. (In Persian).

Asiabi-Hir R, Mostafazadeh R, Raoof M and Esmali Ouri A, 2017. Multi-criteria evaluation of water poverty index spatial variations in some watersheds of Ardabil Province. Ecohydrology. 4 (4): 997-1009. (In Persian).

Asiabi-Hir R, Mostafazadeh R, Raoof M and Esmali-Ouri A, 2015. Predicting drought using statistical methods and large-scale climate signals .Extension and Development of Watershed Management, 3(11): 17-23. (In Persian).

Bigdeli Z, and Rismanbaf A, 2012. Technical Information Management in Khuzestan Water and Power Authority. International Journal of Information Science and Management (IJISM), *7*(1), 41-49. In Persian).

Cullis J, 2005. Water poverty mapping: development & introduction using a case study at the local municipal scale for the Eastern Cape. Working report to the Water Research Commission, WRC TT 250/05, Printed in the Republic of South.

Falkenmark M, 1989. The massive water scarcity now threatening Africa: why isn't it being addressed? Journal of the Human Environment.18 (2):112-118.

Forouzani M, and Karami E, 2011. Agricultural water poverty index & sustainability. Agronomy for Sustainable Development. 31(2): 415–431. (In Persian).

Forouzani M, Karami E, and Zamani Gh H, 2013. Agricultural water poverty in Marvdasht County, So**u**thern Iran. Water Policy.15 669–690. (In Persian).

Forouzani M, Karami E, Zibaei M, and Zamani GH, 2012. Agricultural water poverty index for a sustainable world. In Farming for Food and Water Security: 127-155 (In Persian).

Gleick PH, 1996. Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. *Water international*, *21*(2), 83-92.

Hamdy A, Ragab R, and Scarascia-Mugnozza E, 2003. Coping with water scarcity: water saving & increasing water productivity, Irrigation Drainage. 52: 3–20.

Komnenic V, Ahlers R, and Zaag P V D, 2009. Assessing the usefulness of the water poverty index by applying it to a special case: Can one be water poor with high levels of access? Physics & Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 34(4): 219-224.

Lawrence PR, Meigh J, and Sullivan C, 2002. The water poverty index: an international comparison. Keele, Straffordshire, UK: Department of Economics, Keele University. 1-17.

Li X, Wan J, and Jia J L, 2011. Application of the Water Poverty Index at the districts of Yellow River Basin. In Advanced Materials Research.Vol. 250: 3469-3474.

McNulty SG, Sun G, Myers JANM, Cohen EC, and Caldwell P, 2010. Robbing Peter to Pay Paul: tradeoffs between ecosystem carbon sequestration and water yield. Innovations in Watershed Management under Land Use and Climate Change. 103-114.

Namara RE, Hanjra MA, Castillo GE, Ravnborg HM, Smith L, and Van Koppen B, 2010. Agricultural water management & poverty linkages .Agricultural Water Management. 97(4): 520-527.

Namdari F, and Bakhshi S, 2014. Water resources management in drought conditions. Journal of Middle East Applied Science & Technology (JMEAST), Issue 10: 401-404. (In Persian).

Rijsberman FR, 2006. Water scarcity: fact or fiction? Agricultural water management. 80(1): 5-22.

Rockstrom J, Folke C, Gordon L, Hatibu N, Jewitt G, Penning de Vries F, Rwehumbiza F, Sally H, Savenije H, Schulze R, 2004. A watershed approach to upgrade rainfed agriculture in water scarce regions through Water System Innovations: an integrated research initiative on water for food & rural livelihoods in balance with ecosystem functions, Phys. Chem. Earth. 29, 1109–1118.

Salameh E, 2000. Redefining the water poverty index. Water International, 25(3): 469-473.

Sharifzadegan MH, Nedaie Tousi S and Jamali F, 2017. Identifying regional development limitations: Application of water poverty index to qazvin province of iran. Journal of Geography and Environmental Planning. 28 (1): 150-170. (In Persian).

Sullivan C, 2002. Calculating a water poverty index. World development, 30(7): 1195-1210.

Sullivan CA, Meigh JR, and Giacomello AM, et al, 2003. The water poverty index: development & application at the community scale. In Natural Resources Forum. 27 (3): 189-199.

UNESCO, 2006. United Nations Educational, Scientific & Cultural Organization. Water a shared responsibility, The United Nations world water development report 2. UNESCO/Berghahn Books, Paris/New York.

United Nations, 2007. World population will increase by 2.5 billion by 2050; people over 60 to increase by more than billion. Meetings Coverage & Press Releases.

Villholth K, and Giordano M, 2007. Groundwater use in a global perspective – can it be managed? In: Giordano M, Villholth K. (Eds.) the Agricultural Groundwater Revolution: Opportunities & Threats to Development. International Water Management Institute.

Zarafshani K, and Saadvandi M, 2017. Determining Agricultural Water Poverty Index in Kermanshah Province: The case of Mahidasht Basin, Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 19, 541-552. (In Persian).