راهبردهای توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار در مناطق بیابانی ایران با نگرش توسعه پایدار کشاورزی و استقرار جمعیت

Strategies of pressurized irrigation systems Development in desert areas of Iran, with an attitude sustainable agricultural development and population settlement

مرتضی دلفان آذری[1*]، حدیقه محمدی[2]، افشین یوسف گمرکچی[3] و محمد عامل صادقی[4]

۱- دانشجوی دکترای سازه‌های آبی دانشگاه تهران، تهران- ایران.
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، تهران- ایران.
۳- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین- قزوین- ایران.
۴- دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان- ایران.

***نویسنده مسوول مکاتبات:** mdelfan92@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲

چکیده

ایران دارای منابع آب محدود همراه با تبخیر و تعرق زیاد است، از طرفی ازدیاد جمعیت و نیاز روزافزون جامعه به موادغذایی و در نتیجه کمبود محصولات کشاورزی، زنگ خطری است که همواره به صدا درمی‌آید. از این‌رو می‌توان با توسعه منابع آب و یا صرفه‌جویی در مصرف آب، سطح اراضی تحت کشت آبی و نهایتاً میزان تولیدات کشاورزی را بالا برد. در این‌پژوهش ابتدا با استفاده از اطلاعات موجود از منابع آب و خاک در مناطق خشک کشور شامل استان‌های خراسان رضوی و جنوبی، سمنان، اصفهان، قم، یزد، هرمزگان، کرمان، سیستان و بلوچستان و با به‌کارگیری منطق بولین و نرم‌افزار GIS، مناطق مناسب و مستعد جهت اجرای سامانه‌های نوین آبیاری شناسایی شد، سپس براساس نتایج پرسشنامه‌هایی، عوامل موثردر عدم پذیرش سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار توسط کشاورزان در مناطق کویری با استفاده نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت و در نهایت با استفاده از شاخص‌های توسعه‌پایدار کشاورزی و استقرار جمعیتی، میزان جمعیت قابل استقرار پایدار تخمین زده شد. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده صحیح از منابع آب و خاک، نه‌تنها می‌توان شاخص تولید در واحد سطح را نسبت به سطح کشور و دنیا افزایش داد بلکه می‌توان با افزایش سطح کشت و میزان تولید محصولات در دامنه چهار تا ۴۲ درصد، میزان استقرار جمعیت را نیز براساس شاخص‌های مختلف ۱۱ تا ۳۴ درصد افزایش داد و این در حالی‌است که عامل اقتصادی- اداری به‌عنوان چالش اصلی در اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار در مناطق بیابانی شناسایی شد.

واژگان کلیدی: استقرار جمعیت، GIS، مکان‌یابی، مدل بولین، سامانه‌های آبیاری.

مقدمه

تولید غذای کافی و مطلوب از اهداف توسعه ملی و امنیتی هر کشور محسوب می‌شود و این امر میسر نخواهد شد مگر با اتخاذ تدابیری مانند: افزایش سطح زیر کشت با استفاده از توانایی‌های منابع آب موجود با ایجاد شبکه‌های جدید آبیاری، افزایش تولید به ازای هر واحد آب مصرفی از طریق کاربرد شیوه‌های جدید آبیاری و بالابردن مقدار تولید در هر واحد از سطح زمین‌های زیرکشت به ازای هر واحد آب مصرفی. آبیاری سنتی در ایران دارای جنبه‌های علمی وتجربی زیادی است. با تمام پیشرفت‌هایی که در علم آبیاری حاصل‌شدند و باوجود این‌که بیش از ۸۰ درصد مصرف آب استحصال‌شده در بخش کشاورزی است، هنوز متوسط بازده آبیاری سطحی و سنتی در دنیا از ۳۵درصد تجاوز نمی‌کند. پذیرش شیوه‌های جدید آبیاری و استفاده از فن‌آوری‌های مناسب برای بهره‌وری از این روش‌ها از جمله راه‌های افزایش بازده آبیاری و کارایی مصرف آب است. آبیاری تحت فشار به دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای تقسیم می‌گردد که راندمان آبیاری در روش بارانی از ۳۲٪ به ۷۰٪ و در روش قطره‌ای به ۹۰٪ افزایش می‌یابد. البته اگر بدون مطالعه و بررسی از این روش استفاده شود، نه تنها بازده آن از روش‌های سنتی پایین‌تر می‌شود، بلکه خسارت‌های مالی هم در این بین قابل‌جبران نیست. بنابراین مکان‌یابی مناطق مستعد جهت آبیاری تحت فشار به‌وسیله بررسی کلیه پارامترهای کمی و کیفی آب، خاک، اقلیم و توپوگرافی منطقه توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی، تصاویر ماهواره‌ای با کیفیت مناسب که نهایتا با انجام تحلیل‌های مکانی و با استفاده از منطق‌های مرتبط به‌درک درستی از منطقه می‌انجامد، امری لازم و ضروری در تمامی مناطق می‌باشد. زیرا با توجه به محدودیت‌های منابع موجود در بخش کشاورزی بایستی مناطقی که انطباق بیش‌تری برای اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار دارند، تعیین شوند تا از هدرروی منابع آب و خاک جلوگیری شود که به توسعه و نیل به توسعه پایدار منجر شود. ابریشم‌دار و همکاران (۱۳۸۲) تحقیقی را در زمینه بررسی امکان‌یابی اجرای روش‌های آبیاری تحت‌فشار در مناطق مختلف استان خوزستان انجام دادند و نقشه‌های مناطق مختلف استان را به تفکیک آبیاری بارانی و قطره‌ای ارائه کردند. در تحقیقی دیگر تقوایی و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی مناطق مناسب جهت اجرای طرح‌های آبخوان‌داری در دشت مشهد پرداختند و سپس به کمک عرصه‌های آبخوان و GIS مکان‌های مناسب برای پخش سیلاب و نفوذ به داخل سفره‌های آب زیرزمینی را شناسایی نمودند. همچنین مأمن‌پوش و تفنگ‌ساز (۱۳۸۷) مکان‌یابی مناطق مستعد آبیاری تحت‌فشار را به‌کمک GIS برای دشت برخوار در اصفهان انجام دادند و مناطق مستعد اجرای طرح‌های آبیاری تحت فشار را شناسایی نمودند. آلباجی و همکاران (Albaji *et al.*, 2008) با استفاده از GIS ارزیابی اراضی مناسب را برای آبیاری سطحی و قطره‌ای در دشت شاوور در استان خوزستان را بر اساس ویژگی‌های بافت خاک، هدایت الکتریکی، زهکشی، غلظت بی‌کربنات و شیب منطقه انجام دادند. در تحقیقی دیگر ناصری و همکاران (Naseri *et al.*, 2009) با در نظرگرفتن شیب منطقه و بعضی از ویژگی‌های خاک مانند بافت، هدایت الکتریکی و غلظت بی‌کربنات، ایجاد سامانه‌های مختلف آبیاری در دشت لالی در استان خوزستان به این نتیجه رسیدند که آبیاری‌های بارانی و قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی موثرتر هستند. تقوایی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی عوامل موثر در عدم به کارگیری از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در شهرستان ازنا در استان لرستان پرداختند و نشان دادند که عواملی همچون تقطیع و پراکندگی اراضی، هزینه زیاد و بالابودن هزینه سیستم‌های آبیاری تحت فشار، عدم مالکیت زمین و عدم توان مالی کشاورز از مهم‌ترین موانع گرایش کشاورزان به سیستم‌های آبیاری نوین بود. امیری و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش آبیاری تحت فشار از دیدگاه کشاورزان در شهرستان کوهدشت پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در شهرستان کوهدشت عامل اقتصادی، اصلی‌ترین عامل در عدم پذیرش نوآوری در زمینه آبیاری است.

عبدالهنان و همکاران (Abdul-Hanan *et al.*, 2014) در مطالعه خود در کشور غنا به بررسی پذیرش روش‌ها، عوامل پذیرش روش‌ها و عوامل موثر در حفاظت آب و خاک پرداختند و در نهایت عواملی همچون تعداد اعضای خانواده، سطح سواد، توان مالی کشاورز و نزدیکی به شهر را جزو عوامل تأثیرگذار در گرایش به سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار معرفی کردند. داشتن نقشه‌ای جامع از عرصه‌های مناسب برای اجرای سیستم‌های مختلف آبیاری علاوه بر کاستن زمان مطالعات اولیه، مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب را به‌جهت مطالعات تکمیلی، سیاست‌گذاری‌ها و تخصیص اعتبارات، تسهیلات بانکی و سایر پیش‌بینی‌های لازم از جمله میزان تولید محصولات کشاورزی و استقرار جمعیت را همراه با انتخاب سیستم مناسب به‌همراه خواهد داشت. هدف از انجام این پژوهش استعدادیابی مناطق مناسب برای استفاده از روش‌های نوین آبیاری جهت حفظ منابع ارزشمند آب و خاک و بررسی موانع موجود در زمینه عدم پذیرش این فن‌آوری در استان‌های بیابانی کشور و توسعه پایدار کشاورزی به‌منظور استقرار پایدار جمعیت است.

مواد و روش‌ها

روش پتانسیل‌یابی یا امکان‌سنجی برای اجرای سیستم‌های تحت فشار بدین ترتیب است که پس از بررسی عوامل مختلف مؤثر در امر استفاده از سیستم‌های مزبور، درجه تأثیر هر عامل و میزان محدودیتی که ایجاد می‌کند، تعیین شود و نسبت به انتخاب اراضی تصمیم‌گیری گردد. این عوامل عبارتند از: وضعیت اقلیمی، وضعیت توپوگرافی، مشخصات و نفوذپذیری خاک، کیفیت آب آبیاری، نوع محصول. در سامانه‌ی آبیاری تحت فشار، عوامل محدودکننده کیفیت آب شامل سدیم، کلر، هدایت الکتریکی، منیزیم و نسبت جذب سدیم می‌باشند که براساس شبیه بولین مطابق جدول یک تعیین شدند.

همچنین روش‌های مختلفی برای درون‌یابی در محیط GIS وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها روش‌های عکس مجذور فاصله (IDW) و Spline و Kriging می‌باشند که به‌ترتیب برای مناطق با پستی و بلندی، مناطق مسطح و مناطق کوهستانی مناسب هستند. در این تحقیق با توجه به وضعیت پستی و بلندی منطقه، برای درون‌یابی از روش Kriging استفاده گردید. پس از بررسی عوامل موثر در انتخاب سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار از قبیل شرایط اقلیمی، ویژگی‌های خاک و کیفیت آب آبیاری، برای هرکدام از این فراسنج‌ها لایه‌های اطلاعاتی جداگانه تهیه و سپس با توجه به معیارها و نیز محدودیت‌هایی که از لحاظ عددی در این فراسنج‌ها وجود دارد، اقدام به پهنه‌بندی گردید. در نهایت با استفاده از شبیه بولین که ترکیب منطقی نقشه به‌صورت بلی و خیر می‌باشد (به‌صورت یک و صفر که به‌ترتیب بیانگر مناطق مناسب و نامناسب هستند)، جداسازی مناطق انجام پذیرفت و مناطق مناسب برای اجرای سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار تعیین شدند.

در جدول (یک) معیارهای مورد استفاده برای پهنه‌بندی از نظر استعداد امکان اجرای آبیاری تحت فشار براساس شبیه‌سازی به‌روش بولین دسته‌بندی شد.

مدل بولین یا منطق دووجهی (منطق صفر و یک) مدل ساده‌ای است که بر نظریه مجموعه‌ها و جبر بولی مبتنی است. قلب سیستم بولینیک پایگاه داده است که از قواعد و ساختارهای جبری بهره می‌برد و به عملگرهای منطقی AND، OR می‌پردازد.

این منطق، اساساً نگرشی دو ارزشی به قضایا دارد: بود یا نبود، هست یا نیست، درست یا غلط. ترکیب لایه‌ها در این روش برمبنای منطق صفر و یک می‌باشد و خروجی نهایی مدل یک نقشه با دو کلاس مناسب (کلاس یک) و نامناسب (کلاس صفر) است.

جدول ۱- معیار انتخاب سیستم آبیاری براساس پارامترهای آب و خاک در روش بولین (نشریه تخصصی ضوابط طراحی واجرای سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار)

Table 1. Irrigation system selection criteria based on soil and water parameters in Boolean method (specialty journal of the design and implementation of pressurized irrigation systemsLaws)

پارامتر Parameters	ارزش مناسب(۱) Suitable Value(1)	ارزش نامناسب(۰) Unsuitable Value(0)
EC (µmhos.cm) (مربوط به خاک)	EC < 5000	EC > 5000
EC (µmhos.cm)(مربوط به آب)	EC < 8000	EC > 8000
HCo_3 (meq.lit)	$HCo_3 < 8.5$	$HCo_3 > 8.5$
Na (meq.lit)	Na < 9	Na > 9
Cl (meq.lit)	Cl < 9	Cl < 9
Mg (meq.lit)	Mg < 20	Mg > 20
PH	6.5 < PH < 8.4	PH > 8.4 , PH < 6.5
SAR	SAR < 8	SAR > 9
شیب اراضی	Slope < 30%	Slope > 30%

مواقعی که اطلاعات و داده‌های منطقه محدود باشد و به‌دنبال کاهش پیچیدگی مدل از نظر اجرا و مدیریت باشد و همچنین در مواردی که اولویت‌دهی به مناطق مدنظر نباشد (مناسب یا نامناسب) روش دقیق مدل بولین می‌تواند انتخاب خوبی در امر مکان‌یابی باشد. با توجه به‌این‌که در روش بولین حداقل مناطق مناسب برای استقرار کاربری‌ها به دست می‌آید این روش برای کشورهای در حال توسعه، مفیدترین روش ارزیابی است که مراحل کلی زیر برای این روش انجام می‌شود:

۱) تعریف یک فیلد در جدول اطلاعاتی، تا محاسبات براساس آن صورت پذیرد.

۲) تعریف اعداد صفر و یک داخل فیلد مربوطه (عدد صفر برای حالت نامناسب و عدد یک برای حالت مناسب)

۳) تعیین نوع عملگر منطقی برای ترکیب لایه‌ها (با توجه به مقادیر پیکسل‌های ورودی و نوع ترکیب نقشه‌ها)

۴) ترکیب نقشه‌های ورودی به کمک عملگرهای منطقی و تعیین مقدار پیکسل‌های خروجی

پس از تهیه تمامی نقشه‌ها براساس مدل بولین، نقشه‌های تهیه‌شده در محیط نرم‌فزار GIS را روی‌هم گذاشت و با تلفیق آن‌ها نقشه نهایی به‌صورت صفر و یک حاصل می‌شود مناطقی که دارای کد یک هستند مناطق مناسب و مناطقی که کد آن‌ها صفر است، مناطق مناسبی برای اجرای سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار نیستند.

پیش‌بینی دقیق از دورنمای فن‌آوری در مقابل فرصت‌های دیگر پیش‌روی سرمایه‌گذار به‌منظور اجرای فن‌آوری مورد نظر لازم و ضروری است. معیارهای مختلفی جهت تحلیل اقتصادی یک پروژه وجود دارند که در این پژوهش از تحلیل اقتصادی به‌روش ارزش خالص فعلی استفاده گردید.

ارزش خالص فعلی پروژه به‌معنای ارزش به‌دست آمده ناشی از تنزیل جداگانه خالص درآمد برای هر سال، در تمام طول عمر پروژه‌با نرخ ثابت و از پیش تعیین شده تنزیل بود. این تفاوت از زمانی که اجرای پروژه باید شروع شود، تنزیل می‌شود. خالص ارزش حال پروژه از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$NPV = \sum_{j=1}^{n} \frac{TR_j - TC_j}{(1+i)^j} \qquad (۱)$$

که در این فرمول TR نشان‌دهنده درآمد، TC نشان‌دهنده هزینه، i نرخ تنزیل، n عمر پروژه و j نشان‌دهنده سال عمره پروژه بود. درصورتی‌که خالص ارزش فعلی مثبت باشد، قابلیت سوددهی سرمایه‌گذاری در این پروژه بیش‌تر از نرخ تنزیل خواهد بود. اگر NPV برابر صفر باشد یعنی قابلیت سوددهی برابر نرخ تنزیل است و اگرNPV منفی باشد یعنی قابلیت سوددهی کم‌تراز نرخ تنزیل است. به‌منظور پیش‌بینی میزان استقرار پایدار جمعیت بر اساس میزان تولید محصولات و سطح زیرکشت از

شاخص‌های PPI، NPI، IPIM و IPIL استفاده شد.

الف)شاخص جمعیت فعلی (PPI)

براساس این شاخص می‌توان پیش‌بینی را برای افزایش جمعیت در صورت افزایش تولید محصولات کشاورزی و سطح زیر کشت در نظرگرفت. بدین ترتیب می‌توان این شاخص را به‌صورت زیر تعریف کرد:

$$PPI = \frac{P}{A_p} = \frac{\text{جمعیت فعلی استان}}{\text{سطح زیر کشت فعلی}} \quad (۲)$$

ب) شاخص تولید ملی(NPI)

به‌طور متوسط در ایران به‌ازای هر نفر ۹۷۲ کیلوگرم محصولات زراعی و باغی تولید می‌شود (آمارنامه محصولات زراعی و باغی جهاد کشاورزی). بنابراین می‌توان این شاخص را به‌صورت زیر تعریف کرد:

$$NPI = \frac{P}{P_{Pc}} = \frac{\text{جمعیت استان}}{\text{تولید بازای هر نفر در کشور}} \quad (۳)$$

ج) شاخص جمعیت جهانی (IPIL و IPIM)

یکی از شاخص‌های مورد استفاده برای تخمین جمعیت قابل استقرار براساس سطح زیرکشت محصولات کشاورزی، شاخص ارائه شده توسط سازمان خوار و بار کشاورزی (FAO) است. براساس این شاخص، مقدار زمین کشاورزی مورد نیاز به ازای هر نفر به‌طور متوسط ۱۶۰۰ مترمربع یا ۰/۱۶ هکتار و در آمار سال‌های اخیر از سال ۲۰۰۸ به بعد، ۱۰۰۰ مترمربع یا ۰/۱ هکتار گزارش شد. می‌توان این شاخص را به‌صورت زیر تعریف کرد:

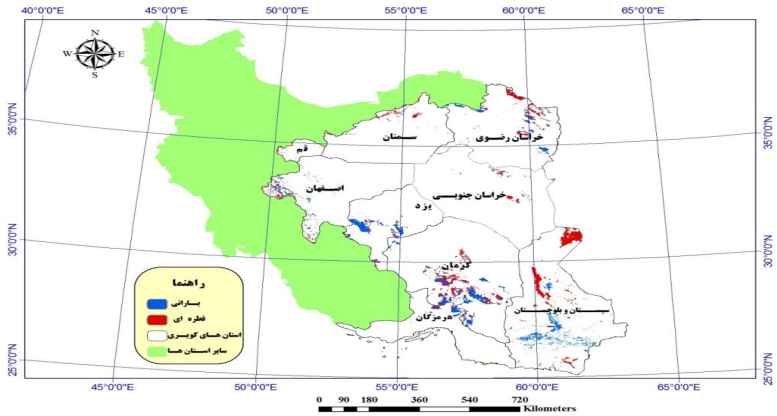
$$IPI = \frac{IP}{A_t} = \frac{\text{جمعیت جهان}}{\text{سطح زیر کشت}} \quad (۴)$$

برای یافتن موانع اصلی در عدم استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در میانه استان کویری ایران ۴۶ گویه که در عدم کاربرد فن‌آوری‌های نوین آبیاری در سطح مناطق کویری ایران نقش داشتند در غالب پرسشنامه‌های معتبر به‌عنوان ابزار اصلی گردآوری اطلاعات طراحی گردید که جامعه آماری آن را متخصصان و مشاوران در زمینه سیستم‌های آبیاری تحت فشار تشکیل می‌دهند و روش نمونه‌گیری از نوع تصادفی - طبقه‌ای است سپس این گویه‌ها در قالب طیف پنج قسمتی آماده شدند و از خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد رتبه‌بندی شده، به‌ترتیب نمره یک تا پنج برای آن‌ها در نظر گرفته شد. در نهایت برای تحلیل و بررسی داده‌ها از نرم افزار SPSS استفاده شد که نهایتا با استفاده از فرمول کوکران ۳۳۱ نفر از متخصصان آبیاری در شرکت‌های مشاوره‌ای در نه استان کویری کشور برای پاسخگویی به سوال‌های پرسش‌نامه تعیین گردیدند. که در نهایت ۳۱۵ عدد پرسش‌نامه مورد تحلیل و بررسی قرارگرفت.

نتایج و بحث

با استفاده از نرم افزار GIS و به‌کارگیری منطق بولین، استان‌های واقع در کویر مرکزی از نظر مناطق مستعد برای آبیاری تحت‌فشار، براساس شاخص‌های تاثیرگذار، مورد بررسی قرارگرفتند.

نقشه‌های هر پارامتر تاثیرگذار تهیه شد و در نهایت با تلفیق این نقشه‌ها در محیط نرم افزار GIS نقشه نهایی برای کل استان‌ها تولید شد. شکل یک مناطق مستعد جهت انجام آبیاری تحت فشار (بارانی و قطره‌ای) در مناطق بیابانی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- مناطق مستعد جهت انجام آبیاری تحت فشار در مناطق بیابانی ایران

Fig.1. Talented Areas for Pressurized Irrigation in Arid Areas of Iran

نتایج نشان داد که با مکان‌یابی مناطق مستعد جهت انجام آبیاری تحت‌فشار و استفاده صحیح از منابع آب و خاک می‌توان سطح زیر کشت و تولید محصولات کشاورزی را در هر یک از استان‌های کویری افزایش داد، به‌طوری‌که پیش‌بینی می‌شود با اجرای این طرح، سطح زیرکشت در استان‌های اصفهان، سمنان، سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان و یزد به‌ترتیب ۱۱، ۲۴، ۲۲، ۲۰، ۴ و ۴۲ درصد نسبت به‌وضع موجود افزایش یافت که این افزایش در میزان سطح زیرکشت سبب افزایش میزان تولید محصولات گردید. از طرف دیگر نتایج در مورد استان‌های خراسان رضوی و جنوبی و قم نشان داد که این استان‌ها از ظرفیت‌های لازم به‌لحاظ منابع آب و خاک به‌منظور افزایش سطح زیرکشت برخوردار نیستند و حتی در حال حاضر بیش از توان آب و خاک منطقه، توسعه کشاورزی صورت‌گرفت، به طوری‌که در حال حاضر در استان قم ۴/۵ برابر بیش از پتانسیل منطقه، کشت و زرع انجام شد که این رقم برای استان‌های خراسان رضوی و جنوبی به ترتیب برابر ۱/۱۳ و ۱/۶۴ است. در جدول دو میزان سطح زیرکشت موجود و مستعد و همچنین میزان تولید محصولات کشاورزی در صورت استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار و توسعه سطح زیرکشت آورده شد.

جدول ۲- سطح زیرکشت و میزان تولید محصول در سطح موجود و مستعد استان‌های بیابانی

Table 2. The infield Land and yields on existing land and Talented regions in Arid Provinces

استان Province	سطح زیر کشت (هکتار) Infield land(ha)		میزان تولید محصول (تن) Yield(ton)	
	موجود Exiting	مستعد Talented	موجود Exiting	مستعد Talented
اصفهان(Isfahan)	273369	308434	3552169	4007807
خراسان جنوبی(Khorasan-jonoobi)	130220	79229	544393	331222
خراسان رضوی(Khorasan-razavi)	751874	662608	5459706	4811507
سمنان(Semnan)	117441	154968	1034086	1364521
سیستان و بلوچستان(Sistan- baluchestan)	249377	318294	2874007	3668258
قم(Qom)	65274	14606	385822	86332
کرمان(Kerman)	680894	847800	4963967	6180773
هرمزگان(Hormozgan)	139711	145824	2027491	2116199
یزد(yazd)	105171	182772	1035559	1799655
مجموع(Total)	2513331	2714536	21877200	24366274

همان‌طور که جدول دو نشان داد، با استفاده بهینه از منابع آب و خاک و شناسایی مناطق مستعد، سطح زیرکشت را می‌توان در مجموع از ۲/۵ میلیون هکتار به ۲/۷ میلیون هکتار و میزان تولید محصولات را از ۲۱/۸ میلیون تن به ۲۴/۴ میلیون تن افزایش داد.

در این پژوهش با در نظرگرفتن سطح زیرکشت مستعد و میزان تولید محصولات، هزینه‌های لازم برای اجرای یک سامانه آبیاری تحت فشار اعم از آماده‌سازی زمین، خرید بذر و نهال، بهای آب، نیروی کارگر، تعمیر و نگهداری، بهره‌برداری، سیستم آبیاری و ایستگاه پمپاژ، استهلاک ادوات و... و درآمد حاصل از محصولات با استناد به آمار مرکز ملی آمار و به تفکیک هر استان محاسبه و آنالیز اقتصادی انجام شد. نتایج نشان داد که اجرای سیستم آبیاری تحت فشار در تمامی استان‌های مورد بررسی، در یک دوره عمر ۲۰ ساله از توجیه اقتصادی برخوردار است هر چند به‌علت هزینه‌های اولیه سیستم‌های آبیاری در برخی از استان‌ها ممکن است در سال‌های اول شاخص ارزش خالص فعلی، منفی شود.

جدول ۳- توجیه اقتصادی پروژه اجرای سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در کویر مرکزی با شاخص NPV

Table3-Economic Feasibility of the Pressurized Irrigation Systems Implementation in the Central Desert with NPV index.

Province	استان	شاخص ارزش خالص فعلی (NPV) Net Present Value Index (NPV)		
		سال اول First Year	سال دوم Second Year	دوره عمر ۲۰ ساله 20 years of life
Isfahan	اصفهان	-31514	25723	1249111
Semnan	سمنان	23820	131417	2983476
Sistan-Baluchestan	سیستان و بلوچستان	-106783	11050	1605503
Kerman	کرمان	-186784	173220	6692035
Hormozgan	هرمزگان	-2407	17327	463474
Yazd	یزد	-25811	186772	5017983

همچنین بررسی شاخص‌های استقرار جمعیت براساس توسعه پایدار کشاورزی نشان داد که براساس شاخص‌های مختلف می‌توان از ۲/۵ تا ۷/۷ میلیون نفر و به‌طور میانگین ۵ میلیون نفر را در کل استان‌ها افزایش جمعیت در نظرگرفت. اگرچه این آمار مربوط به‌مجموع استان‌ها است اما بررسی هریک از استان‌ها نشان داد که استان‌های قم، خراسان جنوبی و رضوی شرایط خوبی برای افزایش جمعیت ندارند به‌طوری‌که پیش‌بینی افزایش جمعیت در استان قم براساس تمامی شاخص‌های مورد استفاده برابر صفر به‌دست آمد. در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی نیز فقط شاخص IPIL افزایش جمعیت را پیش‌بینی می‌کند و سایر شاخص‌های مورد بررسی، افزایش جمعیتی را برای این استان‌ها پیشنهاد نمی‌کنند. البته تراکم جمعیتی در استان اصفهان نیز باعث شد تا این استان هم پتانسیل افزایش جمعیت نداشته باشد اگرچه شرایط آن از نظر تولید در واحد سطح در شرایط بحرانی قرارندارد. به‌طوری‌که به‌جز شاخص PPI بقیه شاخص‌ها برای این استان افزایش جمعیتی پیشنهاد نمی‌کنند.

جدول چهار میزان سطح زیرکشت در شرایط موجود و مستعد و افزایش جمعیت براساس شاخص‌های معرفی شده را نشان می‌دهد.

جدول ۴- نتایج برآورد سطح زیرکشت، تولید محصول و استقرار جمعیت در هر استان و در مجموع استان‌ها

Table 4. The result of under cultivationArea, production and deployment of the population in each province and in the whole province

	پارامتر (Parameter)	واحد(Unit)	یزد	هرمزگان	کرمان	قم	سیستان و بلوچستان	سمنان	خراسان رضوی	خراسان جنوبی	اصفهان	مجموع (Total)	
میانگین جمعیت در چهار شاخص Population Average in Four Index	سطح زیر کشت(فعلی)	هزار هکتار (1000*ha)	105	140	681	65	249	117	752	130	273	2.513	
	سطح زیر کشت(مستعد)	هزار هکتار (1000*ha)	183	146	848	15	318	155	663	79	308	2.715	
	میزان تولید محصول(فعلی)	میلیون تن (Million ton)	1.0	2.0	5.0	0.4	2.9	1.0	5.5	0.5	3.6	22.000	
	میزان تولید محصول(مستعد)	میلیون تن (Million ton)	1.8	2.1	6.2	0.1	3.7	1.4	4.8	0.3	4.0	24.000	
افزایش جمعیت (Increased Population)	شاخص PPI	هزار نفر	845	74	768	0	746	215	0	0	668	3.316	5187
	شاخص NPI	هزار نفر	828	638	3.644	0	1,321	823	0	0	0	7.255	
	شاخص IPIM	هزار نفر	0	0	2.167	0	0	296	0	0	0	2.463	
	شاخص IPIL	هزار نفر	683	0	5.346	0	482	877	239	86	0	7.713	

جدول یک نشان داد که استان کرمان براساس هر چهار شاخص مورد بررسی، قابلیت استقرار جمعیت بیش‌تری نسبت به سایر استان‌ها دارد و استان‌های سمنان و سیستان و بلوچستان در رده‌های بعدی قرارگرفتند. شاخص IPIM در تمامی استان‌ها به‌جز کرمان و سمنان، صفر است و از آن جایی‌که این شاخص، میزان زمین کشاورزی مورد نیاز را براساس استاندارد جهانی نشان می‌دهد می‌توان نتیجه گرفت که اکثر استان‌های بیابانی کشور از نظر مقدار زمین کشاورزی در شرایط مطلوبی قرار ندارند. برای بررسی عواملی که باعث عدم پذیرش سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در استان‌های کویری می‌شود، آمارهای توصیفی نظیر فراوانی، درصد فراوانی، فراوانی تجمعی، میانگین، انحراف معیار، ضریب تغییرات جهت توصیف داده‌ها و تحلیل عاملی جهت خلاصه‌کردن داده‌ها استفاده شد. اولویت‌بندی گویه‌های مرتبط با عوامل موثر در عدم استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در مناطق کویری نشان داد که از دیدگاه کارشناسانی که در مناطق کویری مستقر هستند و در شرکت‌های

مشاوره و پیمان‌کاری سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار فعالیت می‌کنند گویه‌های ضعف مالی کشاورز، مشکلات اداری پرداخت وام و پراکندگی و یک‌دست نبودن اراضی، بیش‌ترین اولویت و گویه‌های عدم مالکیت چاه، تأمین تجهیزات با حمایت دولت و کمبود نیروی کارگری، کم‌ترین میزان اولویت را کسب نمودند. به‌منظور دسته‌بندی عوامل موثر برعدم استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشاردر مناطق کویری ایران و تعیین مقدار واریانس تبیین شده توسط هر کدام از متغیرها در قالب عامل‌های دسته-بندی شده، از تحلیل عاملی اکتشافی استفاده شد. در نهایت پنج عامل؛ اقتصادی- اداری، آموزشی- ترویجی، مشکلات فردی، خدماتی- حمایتی و عوامل طبیعی با کسب واریانس‌های به‌ترتیب؛ ۱۷/۳۲، ۱۶/۱، ۱۳/۶، ۱۱ و ۹/۳۸ بیش‌ترین تاثیر را در عدم پذیرش این سیستم‌ها به‌خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) و با به‌کارگیری مدل مکان‌یابی بولین مناطق مستعد جهت اجرای طرح‌های آبیاری تحت‌فشار در نه استان کویری کشور شناسایی شدند. براین اساس حدود ۲۲ درصد از کل اراضی استان‌های کویری، مستعد جهت اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار هستند که این سطح زیرکشت سبب افزایش محصولات کشاورزی نسبت به سطح زیرکشت موجود از ۱۱ تا ۴۲ درصد می‌شود که براساس شاخص‌های مختلف برآورد و استقرار پایدار جمعیت، می‌توان ۱۱ تا ۳۴ درصد افزایش جمعیت در نظرگرفت. علی‌رغم سرعت قابل توجه جایگزین شدن سیستم‌های آبیاری سنتی با سیستم‌های آبیاری تحت فشار در دنیا، در ایران به‌خصوص در نواحی بیابانی با سرعت کندی در حال پیشرفت است که براساس نتایج این تحقیق عامل اقتصادی- اداری و آموزشی- ترویجی از مهم‌ترین عوامل در نیل به این هدف می‌باشند و پیشنهادات زیر می‌تواند مفید واقع شود:

ثبت املاک زراعی و مستقلات ممیزی شده و صدور سند برای آن‌ها به‌جای وثیقه. کاهش نرخ سود بانکی جهت بازپرداخت وام‌های اعطایی به کشاورزان. مراحل تهیه طرح، تصویب آن توسط بانک عامل و اعطای وام در زمان کوتاه.

تدوین و اجرای برنامه آموزشی توسط بخش خصوصی، ارتقای سیستم آموزشی تعریف شده برای کشاورزان و آموزش و تربیت نیروهای ماهر برای بهره‌برداری و نگهداری سیستم‌ها. تشکیل شرکت‌های سهامی کشاورزی و تعاونی‌ها جهت کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از کشت اراضی به‌صورت خرد و پراکنده.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان "طرح کلان آمایش دفاعی- امنیتی جمهوری اسلامی ایران در مناطق کویری، بیابانی و سواحل مکران" می‌باشد که در پژوهشکده آماد و فناوری، پژوهشگاه دانا، مرکز تحقیقات راهبردی دفاعی به انجام رسید، بدین وسیله از ایشان کمال تشکر و سپاس را دارم.

منابع References

ابریشم‌دار، ع.، مستوفی‌زاده ن. و کشکولی، ح.ع. ۱۳۸۲. بررسی امکان‌یابی اجرای روش‌های آبیاری تحت‌فشار در مناطق مختلف استان خوزستان، مجموعه مقالات سومین همایش کمیته منطقه‌ای آبیاری و زهکشی استان خوزستان.

تقوایی ابریشمی، ع. و سنگونی، ح. ۱۳۸۶. بررسی کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی مناطق مناسب جهت اجرای پروژه‌های آبخوان‌داری (مطالعه موردی دشت مشهد)، اولین همایش سازگاری با کم‌آبی.

امیری، ح.، آزادی، ح. ۱۳۹۲. تحلیل عاملی اکتشافی عوامل موثر بر پذیرش آبیاری تحت‌فشار از دیدگاه کشاورزان (مطالعه موردی در شهرستان کوهدشت). کنفرانس علوم کشاورزی و محیط زیست. شیراز.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی. ۱۳۸۳. ضوابط و معیارهای فنی آبیاری تحت‌فشار (طراحی). نشریه شماره ۲۸۶.

ضوابط و معیارهای فنی روش‌های آبیاری تحت‌فشار، جلد دوم. **۱۳۷۶**. مطالعات پایه در طراحی روش‌های آبیاری تحت‌فشار. ۱۳۷۶. اداره کل توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار.

علیزاده، ا. ۱۳۸۵. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

علیزاده، ا. ۱۳۸۹. طراحی سیستم‌های آبیاری (جلد اول: طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی). آستان قدس رضوی.

علیزاده، ا. ۱۳۸۹. طراحی سیستم‌های آبیاری (جلد دوم: طراحی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار). آستان قدس رضوی.

مامن‌پوش، ع. و تفنگ‌ساز، ر. ۱۳۸۷. مکان‌یابی مناطق مستعد جهت اجرای طرح‌های آبیاری تحت‌فشار به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). سمینارعلمی طرح ملی آبیاری تحت‌فشار و توسعه پایدار.

Abdul-Hanan, A., Ayamga, M., and Donkoh, S. 2014. Adoption of soil and water conservation techniques in Ghana.

Albaji, M.A., Landy, S., BoroomandNasab, M., and Moravej, K. 2008. Land suitability evaluation for surface and drip irrigation in shavoor plain, Iran. J. Food Agric. Environ. 7: 955-960.

Naseri, A., Rezania, A,R., and BoroomandNasab, M. 2009. Investigation of soil quality for different irrigation system in Lali plain. J. Appl. Sci. 8: 654-659.