

## بررسی عوامل مؤثر بر کارایی زیربرداری آب در تولید محصول گندم تلفیق شبکه عصبی مصنوعی تابع پایه شعاعی و مدل توبیت

سید ابوالقاسم مرتضوی<sup>۱</sup>

علی‌رضا علی‌پور<sup>۲</sup>

مهدی قربانی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۷

### چکیده

در پژوهش حاضر، با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده ۱۵۰ بهره‌بردار گندم منطقه زرقان فارس در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کارایی زیربرداری نهاده آب در تولید این محصول شناسایی شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور محاسبه کارایی زیربرداری آب از رهیافت تحلیل پوششی داده‌ها استفاده گردید. سپس، با کمک شبکه عصبی مصنوعی تابع پایه شعاعی (RBF) مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر کارایی زیربرداری آب شناسایی شد. در ادامه، با به کارگیری مدل توبیت، اثرگذاری مهم‌ترین عوامل شناسایی شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج خروجی شبکه عصبی به کار برده شده نشان داد که متغیرهای سطح زیر کشت محصول، درآمد ناخالص هر هکتار و مدت زمان میان دو آبیاری، اثرگذارترین عوامل بر کارایی زیربرداری آب هستند. همچنین، نتایج حاصل از کاربرد مدل توبیت نیز نشان دهنده اثرگذاری مثبت متغیرهای سطح زیر کشت و درآمد ناخالص هر هکتار محصول و تأثیر منفی مدت زمان میان دو آبیاری بر کارایی استفاده از نهاده‌ی آب است. در پایان، پیشنهاد گردید که به منظور افزایش کارایی استفاده از آب در منطقه، یکپارچه‌سازی اراضی مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

واژگان کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی تابع پایه شعاعی، کارایی زیربرداری آب، مدل توبیت، زرقان  
طبقه بندی JEL: C45, D21, Q25

samortazavi@modares.ac.ir

۱. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، نویسنده مسئول مکاتبات

alireza.alipour@modares.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

mehdi.1366@yahoo.com

۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

## مقدمه

کمبود آب آبیاری در حال تبدیل شدن به یک مشکل جدی رو به پیشرفت در عرصه تولیدات بخش کشاورزی است؛ به عنوان مساله ای جدی تر، در سال های آتی، سهم کمتری از آب به دلیل افزایش تقاضای آن در بخش های صنعتی و شهری به بخش کشاورزی تخصیص داده خواهد شد (Wang, 2010). با توجه به رشد جمعیت و محدود بودن آب قابل استحصال، بخش کشاورزی در تأمین امنیت غذایی با چالش تولید بیشتر محصولات به ازای مصرف آب کمتر مواجه است (دهقانی سانچ و همکاران، ۱۳۸۶). تنها راه حل این بحران نیز، استفاده بهینه و افزایش بهره وری منابع آب در بخش های مختلف بویژه در بخش کشاورزی است (کرامت زاده و همکاران، ۱۳۸۵). در طول دهه گذشته، تلاش های قابل توجهی به منظور توسعه سیاست های جدید با هدف افزایش کارایی مصرف آب انجام گرفته است (Allan, 1999 & Karagiannis, 2003). در این راستا در طول سالیان اخیر مطالعات گوناگونی در این زمینه با رویکردهای اقتصادی و مهندسی انجام پذیرفته است.

چپیل و همکاران (Chebil et al., 2014) به بررسی عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب در تولید محصول گندم در منطقه چبیکای کشور تونس پرداختند. در مطالعه آنان از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شد. نتایج بررسی آنان نشان داد که میانگین کارایی گندم کاران منطقه مذکور در سال زراعی ۲۰۱۱-۲۰۱۰ با فرض بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، به ترتیب، برابر ۴۱ و ۴۴ درصد بوده است. در نهایت، نتایج مطالعه آنان نشان داد که عوامل رقم گندم، منبع مصرف آب، عضویت در اتحادیه‌های آبران، داشتن برنامه زمانی مشخص جهت آبیاری و تجربه دارای اثرگذاری مثبت بر کارایی مصرف آب در آن منطقه بوده‌اند.

صبحی و همکاران (Sabuhi et al., 2012) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها به بررسی کارایی مصرف آب در تولید محصول برنج در منطقه کامفیروز در استان فارس پرداختند. نتایج بررسی آنها نشان داد که تحت فرضیات وجود بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، کارایی مصرف آب در تولید این محصول در منطقه، به ترتیب، برابر ۲۸ و ۳۵ درصد است. در مطالعه آنان پیشنهاد شد که به منظور افزایش کارایی مصرف آب برنج در منطقه، توجه کشاورزان به آبیاری دوره‌ای در جایگزینی روش‌های آبیاری موجود بیش از پیش افزایش یابد.

ژیمینگ و همکاران (Ximing et al., 2011)، به ارزیابی بهره وری آب برای محصولات دیم و آبی حوضه رودخانه ی زرد در منطقه باسین کشور چین شامل گندم، ذرت، سویا و برنج پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که برای دو محصول ذرت و سویا در مناطق کشت آبی نسبت به کشت دیم، تفاوت معناداری از نظر برداشت محصول وجود دارد؛ اما در عین حال بهره وری مصرف آب در

مناطق با کشت دیم نسبت به کشت آبی برای این دو محصول اندکی بالاتر می باشد. وانگ (Wang, 2010)، با استفاده از رهیافت تحلیل پوششی داده ها، کارآیی فنی تولید گندم در مزارع شمال غرب چین را بررسی نمود. در مطالعه وی، میانگین کارآیی فنی استفاده از نهاده ها به میزان ۶۱ درصد برآورد گردید. همچنین، کارآیی استفاده از آب آبیاری نیز با میانگین حدود ۳۰ درصد تخمین زده شد. علاوه بر این، نتایج تحلیل رگرسیون توبیت نشان داد که متغیرهای سن کشاورز، سطح تحصیلات و اندازه مزرعه دارای اثرگذاری مثبت بر کارآیی استفاده از آب می باشند. فریجا و همکاران (Frija et al., 2009)، با به کارگیری تحلیل پوششی داده ها، کارآیی فنی مصرف آب را برای گلخانه داران کشور تونس مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بررسی آنان نشان داد که میانگین کارآیی استفاده از آب با فرض های بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، به ترتیب، برابرند با ۴۲ و ۵۲ درصد. همچنین در آن مطالعه مشخص گردید که تأثیر متغیرهای آموزش و سرمایه گذاری برای به کارگیری تکنولوژی های آبیاری بر کارآیی مصرف آب به شکل مثبت بوده و در طرف مقابل، اندازه زمین دارای اثرگذاری منفی بر کارآیی استفاده از نهاده آب می باشد.

دیهیبی و همکاران (Dhehibi et al., 2007)، با کمک اطلاعات نمونه کشاورزان مرکبات دار منطقه نابول کشور تونس و از طریق تخمین یک تابع تولید مرزی تصادفی، اقدام به تخمین کارآیی فنی و کارآیی مصرف آب آبیاری نمودند. همچنین با استفاده از رگرسیون دو مرحله ای، عوامل ایجاد کننده تفاوت در کارآیی مصرف آب در این مطالعه مورد شناسایی قرار گرفت. نتایج نشان داد که متغیرهای سن کشاورز، سطح تحصیلات، آموزش های کشاورزی، توزیع درختان پرحاصل و دسترسی به آب، تمایل به افزایش کارآیی فنی و کارآیی آب آبیاری دارند.

صبوچی و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها، کارآیی مصرف آب گلخانه های سیستان را در سال ۱۳۸۷ مورد بررسی قرار دادند. همچنین، با استفاده از رگرسیون توبیت، نقش عوامل اثرگذار بر کارآیی مصرف آب مورد سنجش قرار گرفت. نتایج بررسی های آنان نشان داد که میانگین کارآیی مصرف آب با فرض بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس، به ترتیب، برابر با ۴۹ و ۷۱ درصد بوده است. اضافه بر این، مشخص شد که متغیرهای سن، تحصیلات، تجربه و منبع تأمین آب، تأثیر مثبت و متغیر اندازه زمین دارای اثرگذاری منفی بر کارآیی مصرف آب می باشند.

حیدری و همکاران (۱۳۸۵)، به تعیین شاخص کارآیی (بهره وری) مصرف آب ( $WP^1$ ) برای محصولات مختلف زراعی در مناطق مختلف ایران پرداختند. بر اساس نتایج مطالعه مذکور، میانگین شاخص کارآیی برای کلیه محصولات در تمامی مناطق انتخاب شده برابر ۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب به

## 1. Water Productivity

دست آمد. نتایج آن بررسی همچنین نشان داد که مهم ترین فاکتور در بالا بودن کارایی مصرف آب، مدیریت زراعی بوده و مهارت و دانش فنی کشاورزی نقش کلیدی در این زمینه ایفا می نماید.

حقیقی مقدم و همکاران (۱۳۸۳)، کارایی مصرف آب و عملکرد محصول چغندر قند در روش های آبیاری سطحی و بارانی را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج ارزیابی آنان نشان داد که میزان آب مصرفی و کارایی مصرف آب بر اساس وزن ریشه و شکر ناخالص، تحت اثر روش های مختلف آبیاری در سطح ۵ درصد، اختلاف معنی داری داشته و روش آبیاری بارانی بر روش های دیگر آبیاری سطحی نیز دارای برتری است. آبیاری بارانی نسبت به آبیاری شیاری معمولی ۳۱ درصد کاهش در میزان مصرف آب آبیاری و ۵۵ درصد افزایش در کارایی مصرف آب بر اساس وزن ریشه را نشان داده است. روش آبیاری شیاری با کاهش دبی جریان در وزن ریشه و کارایی مصرف آب وزن ریشه در سطح ۵ درصد با روش آبیاری بارانی اختلاف معنی داری نداشته، لذا قابلیت رقابت با آن را دارد.

نی ریزی و حلمی فرخ داود (۱۳۸۱)، به مقایسه کارایی مصرف آب در چند نقطه از استان خراسان پرداختند. در آن پژوهش، کارایی مصرف آب گندم در چناران، تربت حیدریه و تربت جام، به ترتیب، ۰/۳۸، ۰/۷۶ و ۰/۴۴ کیلوگرم به ازای واحد آب مصرفی به دست آمد؛ در حالی که کارایی مصرف آب چغندر در مزارع مطالعاتی فوق، به ترتیب، ۱/۸، ۳/۵ و ۱/۱۹ کیلوگرم به ازای واحد آب مصرفی ذکر شده است.

همان گونه که از مرور بر مطالعات پیشین برمی آید، محاسبه کارایی مصرف آب در مناطق مختلف نسبت به سایر مطالعات مشابه دارای نتایج و مقادیر متفاوتی است و بعضاً منحصر به ناحیه مورد مطالعه می باشد. همچنین، عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب در مناطق مختلف نیز دارای تفاوت های عدیده ای است. منطقه زرقان یکی از قطب های اصلی تولید محصول گندم در شهرستان شیراز است که همه ساله علاوه بر تولید حجم وسیعی از این محصول در سطح شهرستان، سهم زیادی از اشتغال بخش کشاورزی در منطقه را به خود اختصاص داده است (جهاد کشاورزی زرقان، ۱۳۸۹). در پی بروز خشکسالی های چندساله اخیر در این منطقه، لزوم مدیریت صحیح استفاده از آب و شناسایی عوامل اساسی اثرگذار بر آن به خوبی احساس می گردد.

به طور حتم، عوامل اجتماعی و اقتصادی بسیاری بر رفتار کشاورزان در طرز استفاده از نهاده ها از جمله نهاده آب و تولید محصول اثرگذار هستند که بررسی تفاوت های موجود در رفتارهای تولیدی زارعان و شناسایی مهم ترین عواملی که در ایجاد تمایز میان عملکرد آنان نقش آفرینی می نمایند، در نیل به سوی مرتفع نمودن نقاط ضعف احتمالی کشاورزان در مصرف آب و افزایش کارایی استفاده از آن مؤثر خواهد بود.

در این میان، شبکه های عصبی مصنوعی شبیه های محاسباتی هستند که توان کشف قوانین و

روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌های موجود در یک سامانه فیزیکی را دارا می‌باشند؛ هرچند که این قوانین سخت و پیچیده باشند (Mille and Jackson, 2001).

اصطلاح شبکه عصبی به خانواده‌ای از مدل‌ها اشاره می‌کند که با یک فضای بزرگ پارامتری و ساختار منعطف، مشخص شده و از روی مطالعات مغزی الهام گرفته شده است. با بزرگ شدن این خانواده، اکثر مدل‌های جدید برای کاربردهای غیر بیولوژیکی طراحی شده‌اند. یک شبکه عصبی می‌تواند بازه وسیعی از مدل‌های آماری را بدون نیاز به فرض رابطه مشخص بین متغیرهای وابسته و مستقل تخمین بزند. در صورتی که رابطه خطی بین متغیرهای مستقل و وابسته مناسب باشد، نتایج شبکه عصبی باید به تخمین مدل رگرسیون خطی نزدیک باشد. اگر رابطه غیرخطی مناسب‌تر باشد، شبکه عصبی به صورت خودکار ساختار صحیح مدل را تخمین خواهد زد (نوراسیس، ۱۳۸۸). لذا، با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی امکان شناسایی هرچه دقیق‌تر و راحت‌تر عوامل کلیدی مؤثر بر پدیده‌های غیر بیولوژیکی از جمله رفتار تولیدی کشاورزان از میان عوامل متعدد اثرگذار بر این گونه پدیده‌ها از طریق تشخیص روابط موجود میان آن عوامل و پدیده‌ها وجود خواهد داشت.

برای اثبات این موضوع می‌توان به نتایج کاربردی از شبکه‌های عصبی مصنوعی در مطالعه انجام شده توسط وینیچوک و همکاران (Vynnychuk et al., 2013) اشاره نمود. در مطالعه آنان با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر انتشار کربن دی‌اکسید در میان کشورهای عضو و غیر عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی اروپا (OECD) مورد شناسایی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که برای کشورهای با درآمد بالای غیر عضو در این سازمان، سرانه مصرف انرژی، سرانه مصرف برق و تولید ملی سرانه، به ترتیب، مهم‌ترین عوامل انتشار کربن دی‌اکسید بوده است. با این وجود، در میان کشورهای با درآمد بالای عضو این سازمان، سرانه مصرف انرژی، سرانه الکتریسیته تولید شده از منابع انرژی تجدیدپذیر و سرانه مصرف برق، به ترتیب، به عنوان مهم‌ترین عوامل انتشار کربن دی‌اکسید شناسایی شدند.

همچنین می‌توان به مطالعه زارع مهرجردی و اسماعیلی (۱۳۸۹) اشاره نمود. در این مطالعه، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پذیرش بیمه توسط دامداران شهرستان کرمان توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد شناسایی قرار گرفت و پس از آن، جهت اثرگذاری، عوامل شناسایی شده بررسی شد. بررسی نتایج گزارش شده این مطالعه نشان می‌دهد که پس از شناسایی مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر پذیرش بیمه توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی، خروجی‌های مدل لوجیت که به منظور بررسی جهت اثرگذاری آن عوامل به کار رفته است، از نظر آماری نیز بسیار معنادار هستند.

لذا، با توجه به اهمیت محاسبه و سنجش میزان کارایی مصرف آب در عرصه تولید گندم در منطقه زرقان، در این مطالعه، از طریق روش تحلیل پوششی داده‌ها و کاربرد مفهوم کارایی زیربرداری،

به بررسی کارایی مصرف نهاده آب پرداخته شده است. همچنین، با توجه به نقش عوامل کلیدی مؤثر بر کارایی مصرف آب، هدف دیگر مطالعه حاضر، شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب در تولید محصول گندم در منطقه زرقان فارس در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ با استفاده از گونه‌ای از شبکه‌های عصبی مصنوعی با نام تابع پایه شعاعی و تعیین جهت اثرگذاری این عوامل به وسیله مدل توبیت می‌باشد. و در ادامه، روش تحقیق به کار برده شده در این پژوهش و پس از آن، نتایج و بحث مورد نظر ارائه شده است.

### روش تحقیق

#### محاسبه کارایی زیربرداری آب

به‌منظور محاسبه کارایی فنی استفاده از یک نهاده و نه مجموعه همه نهاده‌های مورد استفاده یک بنگاه تولیدی در جریان تولید، مفهوم «کارایی زیربرداری»<sup>۱</sup> توسط فاری و همکاران توصیف گردید (Fare et al., 1994). کارایی زیربرداری آب در روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)<sup>۲</sup> بر پایه این مفهوم می‌باشد که یک کشاورز با مصرف میزان آب کمتر و برداشت محصول برابر، نسبت به دیگری کارا تر است (Wang, 2010). کارایی فنی استفاده از نهاده‌ها در روش تحلیل پوششی داده‌ها و در رویکرد نهاده‌گرا به مفهوم امکان کاهش سطوح مجموعه کامل نهاده‌ها در شرایط ثابت فرض کردن میزان تولید می‌باشد؛ در عین حال، روش DEA برای محاسبه کارایی زیربرداری آب بدین معنا است که امکان کاهش میزان استفاده از آب در شرایطی که سطوح استفاده از سایر نهاده‌ها و نیز تولید محصول ثابت فرض می‌گردند، به چه میزان خواهد بود (Fare et al., 1994).

از این رو، بررسی جایگاه و اهمیت نقش نحوه مصرف آب با استفاده از مفهوم کارایی زیربرداری به نظر مناسب‌تر می‌نماید. لذا، با توجه به این مفهوم و اهمیت بررسی نقش کلیدی و منحصر به فرد نهاده آب در تولید محصول گندم، در مطالعه حاضر با محاسبه کارایی زیربرداری نهاده آب<sup>۳</sup> از روش تحلیل پوششی داده‌ها به بررسی بهره‌وری مصرف آب در جریان تولید این محصول، در منطقه زرقان پرداخته می‌شود. طریقه محاسبه کارایی زیربرداری مصرف نهاده آب با حل دنباله‌ای از مساله برنامه ریزی خطی به گونه‌ای که در آن سطوح، سایر نهاده‌ها و محصول ثابت در نظر گرفته می‌شوند توسط اسپیلمن و همکاران (Speelman et al., 2007) به صورت زیر ارائه گردید:

1. Sub-Vector Efficiency
2. Data Envelopment Analysis
3. Water Sub-Vector Efficiency Measurement

$$\begin{aligned}
 WE_i &= \min_{\theta, \lambda} \theta_i^w \\
 S.t. & \\
 -y_i + Y \lambda &\geq 0 \\
 \theta_i^w x_i^w - X^w \lambda &\geq 0 \\
 x_i^{K-w} - X^{K-w} \lambda &\geq 0 \\
 x_i - X \lambda &= 0 \\
 N1 \lambda &\neq 0 \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

که در آن،  $K$  تعداد نهاده ها و  $N$  تعداد کشاورزان است. در ماتریس  $K \times N$  نهاده ها،  $Y$  ماتریس  $1 \times N$  محصول و  $X$  نشان دهنده داده ها برای تمام  $N$  بنگاه (کشاورز) در نمونه می باشند. همچنین، بردارهای ستونی  $x_i$  و  $y_i$  به ترتیب، نهاده و ستاده برای  $i$  امین کشاورز می باشند، در صورتی که  $(1 \leq i \leq N)$ .

$\theta_i^w$  یک اسکالر است که میزان کارآیی زیربرداری آب برای کشاورز  $i$  ام به شمار می آید که دارای مقادیری بین صفر و یک است و عدد ۱ به این معنا است که کشاورز بر روی مرز کارآیی زیربرداری آب قرار دارد و کارا است. با توجه به این مطلب که اساس روش تحلیل پوششی داده ها بر مبنای مقایسه میان کشاورزان در جریان حل مساله برنامه ریزی ریاضی است، لذا، در صورت عمل نمودن هر کشاورز بر مرز کارآیی و دستیابی به حداکثر کارآیی، نمره کارآیی سایر کشاورزان در مقایسه با آن و در بازه کمتر از یک محاسبه می شود.  $N1$  بردار  $1 \times N$  یک ها است و  $\lambda$  بردار  $N \times 1$  شامل مقادیر ثابت است. در محدودیت دوم،  $x_i^w$  و  $X^w$  تنها شامل نهاده آب می باشد. در محدودیت سوم، عبارات  $x_i^{K-w}$  و  $X^{K-w}$  به نهاده های  $K$  اشاره می کنند، درحالی که نهاده آب را شامل نمی شوند. می باید اشاره نمود که رابطه (۱) در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس می باشد که مانع از محدودیت تحذب می گردد.

با استفاده از این مشخصات می توان فرض نمود که کشاورزان در مقیاس بهینه خویش عمل می نمایند؛ همان گونه که در مطالعه فرازر و کوردینا (Fraser and Cordina, 1999) به توضیح آن اشاره شده است (Wang, 2010). در ادامه، مختصری راجع به کلیات شبکه های عصبی مصنوعی و نحوه کارکرد آنها و همچنین به تفسیر روش تحقیق مربوطه به آن، در این پژوهش پرداخته می شود.

### اصول محاسباتی یک شبکه عصبی مصنوعی

ساختار شبکه عصبی از واحدهای اولیه ای به نام سلول عصبی ساخته می شوند. بدنه یک سلول عصبی از دو بخش تشکیل شده است. تابع ترکیب<sup>۱</sup> در اولین بخش قرار دارد. وظیفه تابع ترکیب این است که تمام ورودی ها را ترکیب کرده و یک عدد تولید نماید. هر ورودی دارای وزن مختص به خود است. ورودی ها در اوزان مربوطه ضرب و سپس با هم جمع می شوند. مجموع حاصل را مجموع وزن دار<sup>۲</sup> می گویند که رایج ترین تابع ترکیب است. توابع ترکیب دیگری مانند حداقل و حداکثر ورودی های وزن دار وجود دارد ولی در اغلب موارد، از مجموع وزن دار استفاده می شود. بخش دوم سلول عصبی، تابع انتقال<sup>۳</sup> نام دارد. تابع انتقال، مقدار تابع ترکیب را به خروجی سلول تبدیل می کند. تابع انتقال را تابع تحریک<sup>۴</sup> نیز می نامند. اگر ورودی سلول  $z$  ام واقع در لایه ورودی را  $x_j$  در نظر بگیریم، این ورودی برای اتصال به سلول  $k$  ام لایه بعد، در وزن  $w_{kj}$  ضرب می شود. حرف  $k$  در اندیس  $w_{kj}$  نشان دهنده شماره سلول در لایه بعد و حرف دوم (یعنی  $j$ )، معرف شماره سلول لایه قبلی است. سلول عصبی می تواند دارای یک ورودی اضافی باشد که به آن بایاس<sup>۵</sup> می گویند و با  $b_k$  نشان داده می شود. نقش  $b_k$  افزایش یا کاهش مجموع وزن دار است. بایاس به عنوان یک جبران کننده عمل می کند و به مجموعه می آموزد تا الگوی موجود را بهتر بشناسد. به بیان ریاضی، سلول  $k$  به وسیله دو رابطه زیر تعریف می شود.

$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} x_j \quad (2)$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k) \quad (3)$$

که در آن،  $x_1, x_2, \dots, x_m$  داده های ورودی،  $w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}$  وزن های اتصال ورودی های ۱ و ۲ و ... و  $m$  به سلول  $k$ ،  $u_k$  ترکیب خطی ورودی ها،  $b_k$  بایاس،  $\varphi$  تابع تحریک و  $y_k$  خروجی سلول است. در مرحله بعد، تابع تحریک بر روی مجموع وزن دار (شامل bias) عمل می کند. که  $v_k$  مجموع وزن دار با احتساب بایاس می باشد (رابطه ۴).

$$v_k = u_k + b_k \quad (4)$$

شبکه های عصبی مصنوعی دارای شبیه های گوناگونی هستند که می توان آنها را با توجه به

1. Combination function
2. Weighted sum
3. Transfer function
4. Activation function
5. Bias



جهت ورود و پردازش داده‌ها به صورت شبکه‌های عصبی جلورونده<sup>۱</sup>، شبکه‌های بازگشتی<sup>۲</sup>، شبکه‌های توابع پایه شعاعی<sup>۳</sup> و شبکه‌های پرسپترون چندلایه طبقه بندی نمود. اجزای ساختاری به نام نرون<sup>۴</sup> سامانه پردازش داده‌های این شبکه‌ها را تشکیل می‌دهد (Mille and Jackson, 2001). برتری استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی همچون شبکه تابع پایه شعاعی نسبت به روش‌های آماری متداول در پیش‌بینی و شناسایی روابط موجود میان داده‌های ورودی و خروجی، عدم نیاز به فرضیه‌های خاص در مورد رفتار متغیرها است. در میان شبکه‌های عصبی نام برده شده، شبکه‌های عصبی تابع پایه شعاعی بیشترین الهام را از تکنیک‌های آماری طبقه بندی الگوها گرفته‌اند (نوراسیس، ۱۳۸۸). از این رو، در این مطالعه، به منظور شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کارایی زیربرداری آب در تولید گندم زارعان منطقه زرقان، از این شبکه استفاده شد.

### شبکه عصبی مصنوعی تابع پایه شعاعی (RBF)

یکی از مهم‌ترین گونه‌های شبکه عصبی تابع پایه شعاعی (تابع شعاع مدار) می‌باشد. معماری اصلی RBF متشکل از یک شبکه سه لایه است. لایه ورودی فقط یک لایه کشنده است و در آن، هیچ پردازشی صورت نمی‌گیرد. لایه دوم یا لایه پنهان، یک انطباق غیر خطی مابین فضای ورودی و یک فضا (معمولاً) با بعد بزرگ تر برقرار می‌کند که در آن، الگوها به صورت تفکیک پذیر خطی در می‌آیند. سرانجام لایه سوم، جمع وزنی را به همراه یک خروجی خطی تولید می‌کند (نوراسیس، ۱۳۸۸). لایه ورودی دریافت کننده اطلاعات بوده و به مانند متغیر مستقل عمل می‌نماید؛ لایه خروجی گزارش کننده نتایج است و رفتاری مشابه متغیر وابسته دارد؛ اما لایه میانی هیچ مفهومی را نشان نمی‌دهد و صرفاً یک نتیجه میانی در فرایند محاسبه ارزش خروجی است (Mille and Jackson, 2001).

در جریان عملکرد شبکه عصبی، اهمیت هر کدام از متغیرهای لایه ورودی در توضیح ارزش خروجی شبکه نیز مشخص می‌شود که به مفهوم اهمیت نقش هریک از آنان می‌باشد (Norušis, 2011). از این رو، با استفاده از شبکه عصبی می‌توان به اهمیت نقش هر کدام از متغیرهای اثرگذار بر کارایی زیربرداری نهاده آب در مطالعه حاضر دست پیدا کرد. خصوصیت منحصر به فرد RBF پردازشی است که در لایه پنهان انجام می‌گیرد. ایده اصلی، آن است که الگوهای فضای ورودی، تشکیل خوشه دهند. در صورتی که مراکز این خوشه‌ها مشخص باشد، می‌توان فاصله از مرکز خوشه را اندازه گرفت. به علاوه این اندازه گیری فاصله به صورت غیر خطی انجام می‌گیرد؛ لذا در صورتی

1. Feed-forward neural networks
2. Recurrent networks
3. Radial basis function networks
4. Neuron

که الگویی در ناحیه مجاور مرکز یک خوشه قرار داشته باشد، مقداری نزدیک به ۱ تولید می‌شود. در خارج از این ناحیه، مقدار به دست آمده به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. نکته مهم آن است که این ناحیه به صورت شعاعی در اطراف مرکز خوشه متقارن است؛ بنابراین تابع غیر خطی به صورت شناخته شده شعاع مدار در می‌آید (نوراسیس، ۱۳۸۸).

تعیین رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌های یک سامانه فیزیکی در عملیات خوشه‌بندی به وسیله شبکه‌ای از گره‌های متصل به هم انجام می‌شود. در این سامانه، میزان فعالیت هر یک از اتصالات به وسیله داده‌های تاریخی تأمین می‌گردد؛ در نهایت، شبکه عصبی این توان را خواهد داشت که روابط و قوانین بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را کشف نماید، هرچند که این قوانین سخت و پیچیده باشند (زارع مهرجردی و اسماعیلی، ۱۳۸۹).

برای حل هر مساله، شبکه عصبی سه مرحله را طی می‌کند: الف) آموزش، ب) آزمایش، ج) تعمیم. آموزش فرایندی است که طی آن شبکه می‌آموزد تا الگوی موجود در ورودی‌ها را - که به صورت مجموعه داده‌های آموزشی است - بشناسد. برای این منظور، هر شبکه عصبی از مجموعه‌ای از قوانین یادگیری - که به نحوه یادگیری می‌پردازد - استفاده می‌کند. هدف استخراج مشخصه‌های الگوهای ورودی بر اساس راهبرد خوشه‌یابی و یا دسته‌بندی و تشخیص شباهت‌ها (تشکیل گروه‌هایی با الگوی مشابه) می‌باشد، بدون اینکه خروجی یا کلاس‌های متناظر با الگوهای ورودی از قبل مشخص باشد. این یادگیری معمولاً بر پایه شیوه برترین همخوانی انجام می‌گیرد. آزمایش، توانایی شبکه برای ارائه جواب قابل قبول در قبال ورودی‌هایی که در مجموعه آموزشی نبوده‌اند، تعریف می‌شود. استفاده از شبکه برای انجام عملکردی که به آن منظور طراحی شده است را تعمیم می‌گویند. از خروجی مرحله تعمیم برای ارزیابی نهایی شبکه عصبی استفاده می‌شود (همان).

معیاری که به منظور بررسی قدرت شناسایی و پیش‌بینی الگو در مورد شبکه عصبی تابع پایه شعاعی در بسته نرم‌افزاری SPSS به عنوان خلاصه عملکرد شبکه گزارش می‌گردد، معیار خطای نسبی<sup>۴</sup> یا درصد پیش‌بینی‌های نادرست در هر سه مرحله مذکور است. همچنین، میزان اهمیت مربوط به هر کدام از متغیرها در جریان محاسبه ارزش خروجی شبکه، نیز گزارش می‌گردد که نشان‌دهنده اولویت نقش و اهمیت عوامل اثرگذار می‌باشد. در رابطه (۵) به طریقه محاسبه معیار خطای نسبی پرداخته شده است (Norušis, 2011).

1. Training
2. Testing
3. Hold out
4. Relative error

$$RE = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{|Q_i^w - Q_i^c|}{Q_i^o} \right] / n \quad (5)$$

که در آن،  $Q_i^o$  میزان کارایی زیربرداری از پیش محاسبه شده برای هر بنگاه و  $Q_i^c$  کارایی محاسبه شده (پیش بینی شده) برای هر بنگاه توسط شبکه عصبی مصنوعی پایه شعاعی و  $\Pi$  تعداد مشاهدات است. لذا، در این مطالعه، به منظور شناسایی مهم ترین عوامل مؤثر بر کارایی زیربرداری آب در تولید گندم در منطقه زرقان فارس، از میان عوامل مختلف اجتماعی و اقتصادی اثرگذار بر رفتار مصرفی کشاورزان، تابع پایه شعاعی به کار برده شد.

### تعیین جهت اثرگذاری مهم ترین عوامل مؤثر بر کارایی زیربرداری آب

پس از محاسبه مقادیر کارایی زیربرداری آب برای کشاورزان گندم کار منطقه زرقان از طریق رهیافت تحلیل پوششی داده ها و نیز شناسایی مهم ترین عوامل اثرگذار بر کارایی غالب کشاورزان در استفاده از آب مصرفی، با استفاده از رگرسیون توبیت جهت اثرگذاری، مهم ترین عوامل شناسایی شده، مشخص گردید. در رگرسیون توبیت متغیر وابسته کارایی زیربرداری نهاده آب است که دارای مقادیری مابین صفر و یک می باشد. بر این اساس، الگو به شکل رابطه (۶) و (۷) تبیین می شود (Frija et al., 2009):

$$\theta^* = \sum_{r=1}^R \beta_r z_r + u_r \quad (6)$$

$$\theta^t = \begin{cases} \theta^* & \text{if } 0 < \theta^* < 1 \\ 0 & \text{if } \theta^* < 0 \\ 1 & \text{if } \theta^* > 1 \end{cases} \quad (7)$$

که در رابطه بالا  $z_r$  بردار  $(R \times 1)$  متغیرهای توضیحی (منابع اثرگذار)،  $\theta^t$  متغیر وابسته و  $\theta_i^w$  حوزه کارایی است.

### داده‌ها

جامعه آماری این پژوهش شامل بهره برداران محصول گندم در منطقه زرقان فارس از توابع شهرستان شیراز در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ می باشد. به دلیل همگنی موجود در شرایط اقتصاد تولید در میان کشاورزان منطقه زرقان، داده های جمع آوری شده با استفاده از روش نمونه گیری تصادفی ساده و از طریق مصاحبه با کشاورزان به دست آمد.

از این رو، اگر بخواهیم از یک جامعه با اندازه مشخص، از روش نمونه گیری تصادفی ساده، نمونه ای را انتخاب کنیم، ابتدا یک نمونه مقدماتی را باید در نظر قرار داده و با استفاده از رابطه (۸) تعداد

اعضای نمونه اصلی را برآورد کنیم (عمیدی، ۱۳۷۸). در رابطه (۸)،  $n$  تعداد افراد نمونه مورد نیاز برای بررسی کارایی کشاورزان منطقه،  $Z$  طول نقطه متناظر با احتمال تجمعی  $(1-\alpha)$  توزیع بهنجار معیار،  $t$  قدرمطلق خطای مورد نظر در برآورد،  $S$  واریانس نمونه اولیه،  $\bar{y}_N$  میانگین نمونه اولیه و  $N$  تعداد اعضاء جامعه (در این مطالعه، ۳۵۰۰ کشاورز گندم کار منطقه زرقان) می‌باشد (همان).

$$n = \frac{\left( \frac{z \times S}{r \times \bar{y}_N} \right)^2}{\left[ 1 + \frac{1}{N} \left( \frac{z \times S}{r \times \bar{y}_N} \right)^2 \right]} \quad (8)$$

در ابتدا، ۳۰ پرسشنامه اولیه تکمیل گردید؛ سپس، مقادیر کارایی زیربرداری برای نمونه اولیه محاسبه شد و پس از آن، بر اساس نمونه اولیه، تعداد نمونه اصلی جامعه برآورد گردید. در نهایت، داده‌های جمع‌آوری شده از طریق مصاحبه با کشاورزان و تکمیل ۱۵۰ عدد پرسشنامه به دست آمد. داده‌های مورد استفاده شامل نهاده‌های سطح زیر کشت برحسب هکتار، بذر برحسب کیلوگرم، نیروی کار بر حسب نفر-روز، ماشین‌آلات برحسب ساعت، کود شیمیایی برحسب کیلوگرم، سموم شیمیایی بر حسب لیتر و آب بر حسب مترمکعب و نیز ستاده برابر میزان فیزیکی گندم برحسب کیلوگرم می‌باشد. در این مطالعه، به منظور محاسبه کارایی زیر برداری آب، از نرم افزار DEAP2 استفاده شد. علاوه براین، به منظور شناسایی مهم ترین منابع اثرگذار بر کارایی مصرف آب توسط شبکه عصبی مصنوعی تابع پایه شعاعی، داده‌های جمع‌آوری شده در مرحله اول وارد نرم افزار SPSS (PASW) 19 و پس از آن، به منظور تعیین جهت مهم ترین منابع اثرگذار، وارد نرم افزار STATA 12 شدند.

### نتایج و بحث

به منظور محاسبه کارایی زیربرداری آب، همان گونه که به توضیح روش‌های اندازه‌گیری آن پرداخته شد، از روش تحلیل پوششی داده‌ها در این پژوهش استفاده گردید. جزئیات کارایی زیربرداری آب با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس در رهیافت نهاده‌گرا در میان تولیدکنندگان گندم منطقه زرقان محاسبه گردید که در جدول (۱) قابل مشاهده می‌باشد.

### جدول ۱. جزئیات کارآیی مصرف آب در میان تولیدکنندگان گندم منطقه زرقان

میانگین (درصد)	کمینه (درصد)	بیشینه (درصد)	انحراف معیار	تعداد واحد کارا
۳۲/۶	۱	۱۰۰	۲۲/۳	۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول (۱)، مشاهده می‌شود که میانگین کارآیی زیربرداري آب برای بهره برداران گندم منطقه زرقان بسیار پایین و به میزان ۳۲/۶ درصد می‌باشد. بر این اساس، مشخص می‌شود که امکان کاهش مصرف آب آبیاری برای تولیدکنندگان این محصول در منطقه بدون کاهش سطح تولید و ثابت در نظر گرفتن سایر نهاده‌ها تا بیش از ۶۷ درصد وجود دارد. همچنین، مشخص می‌گردد که از میان ۱۵۰ تولیدکننده مورد مطالعه، تنها ۶ تن از آنان دارای کارآیی کامل در مصرف آب می‌باشند. علاوه بر این، آن گونه که از مشاهده جدول (۱) برمی‌آید، دامنه تغییرات کارآیی زیربرداري آب در میان تولیدکنندگان بسیار عریض و در حدود ۹۹ درصد است. لذا، به نظر می‌رسد که عوامل مختلف اقتصادی و اجتماعی بسیاری می‌توانند به عنوان منابع عدم کارآیی زیربرداري آب در این دامنه دخیل باشند.

همچنین، با توجه به نتایج جدول (۱) مشخص می‌گردد که تعداد واحدهای کارا در مصرف نهاده محدود و با ارزش آب، بسیار ناچیز و در حدود ۴ درصد کشاورزان مورد مطالعه است. بنابراین، به منظور شناسایی مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر کارآیی زیربرداري آب در منطقه از میان عوامل اثرگذار، از شبکه عصبی مصنوعی تابع شعاعی استفاده گردید که نتایج حاصل از کاربرد آن در جدول (۲) ارائه می‌گردد. در کاربرد شبکه عصبی مصنوعی تابع شعاعی، متغیر وابسته، میزان کارآیی زیربرداري واحدها به شکل درصد و درفاصله ۰ تا ۱۰۰ می‌باشد. همچنین، عوامل مختلف اقتصادی و اجتماعی شامل سن، پذیرش بیمه، تحصیلات، شرکت در کلاس‌های ترویجی، نحوه کشت محصول، رعایت تناوب کشت، استفاده از آب چاه، درآمد ناخالص هر هکتار، سطح زیر کشت محصول و فاصله میان دو آبیاری نیز به عنوان متغیرهای مستقل وارد شبکه عصبی شده‌اند.

### جدول ۲. شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کارآیی زیربرداري آب

#### با استفاده از شبکه عصبی RBF

متغیرها	ضریب اهمیت	ضریب اهمیت نرمال
X <sub>1</sub> سطح زیر کشت (هکتار)	۰/۳۱۸	۱۰۰
X <sub>2</sub> درآمد ناخالص هر هکتار (تومان)	۰/۱۹۲	۶۰/۶
X <sub>3</sub> فاصله بین دو آبیاری (روز)	۰/۱۵۴	۴۸/۴
X <sub>4</sub> کارآیی زیربرداري آب (متغیر وابسته)		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

همان گونه که در جدول (۲) مشاهده می‌گردد، پس از تجزیه و تحلیل نتایج کاربرد شبکه عصبی، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کارایی زیربرداری آب در منطقه زرقان به ترتیب اهمیت نرمال که با تقسیم ضرایب اهمیت مربوط به هر عامل بر بزرگ‌ترین ضریب اهمیت موجود ضرب در عدد ۱۰۰ به دست آمده است، عبارتند از سطح زیر کشت محصول، درآمد ناخالص هر هکتار و فاصله میان دو آبیاری. جزئیات شبکه تابع شعاعی مربوط به هر یک از مراحل آموزش، آزمایش و تعمیم در جدول (۳) ملاحظه می‌شود.

### جدول ۳. جزئیات شبکه عصبی RBF در سه مرحله آموزش، آزمایش و تعمیم

مرحله حل مساله در شبکه عصبی	خطای نسبی یا پیش‌بینی‌های ناصحیح (درصد)	تعداد نمونه در هر مرحله
مرحله آموزش	۰/۷۲۶	۹۸
مرحله آزمایش	۰/۸۷۹	۲۲
مرحله تعمیم	۰/۷۰۱	۲۶
تعداد داده‌های به کار رفته: ۱۴۶		
تعداد داده‌های حذف شده: ۴		

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول (۳) نشان‌دهنده علائم مثبتی از کاربرد این شبکه است. با توجه به جدول فوق، درصد پیش‌بینی‌های ناصحیح یا خطای نسبی که در هر سه مرحله آموزش، آزمایش و تعمیم ذکر گردیده است بویژه در مرحله تعمیم قابل قبول بوده و نشان می‌دهد که قدرت پیش‌بینی و توصیف شبکه در هر سه مرحله در سطوح بسیار بالایی قرار دارد. بر این اساس، درصد پیش‌بینی‌های ناصحیح یا خطای نسبی در سه مرحله آموزش، آزمایش و تعمیم، به ترتیب، عبارتند از ۰/۷۲، ۰/۸۷ و ۰/۷۰ درصد که نشان از قدرت بالای تخمین شبکه RBF در شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کارایی زیربرداری آب دارد. همچنین، نتایج حاصل از کاربرد مدل توبیت نیز در جدول (۴) ارائه شده است.

با توجه به نتایج مدل توبیت، مشخص می‌گردد که از میان سه متغیر شناسایی شده به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب، سطح زیر کشت محصول دارای تأثیر مثبت بر کارایی مصرف آب بوده و فاصله میان دو آبیاری بر کارایی زیربرداری آب تأثیر منفی داشته است. با توجه به این نتایج، مشخص می‌گردد که با کاهش سطح زیر کشت محصول کارایی استفاده از آب کاهش می‌یابد. این موضوع نشان‌دهنده ضعف مدیریت کاربری آب در سطوح پایین کشت محصول می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های موجود پیش روی کشاورزان در استفاده از منابع آب می‌توان به این نتیجه رسید که با افزایش سطح زیر کشت محصول، نقش مدیریت نهاده آب از سوی کشاورزان بسیار پررنگ‌تر می‌نماید. به عبارت دیگر، کشاورزان با سطوح کشت محصول بالاتر، الگوهای استفاده

بهینه تری را نسبت به سایرین عرضه می‌دارند. لذا، می‌باید توسعه سیاست‌های بهبود روند استفاده از منابع آبی در سطوح پایین محصول مورد توجه بیشتر قرار گیرد.

#### جدول ۴. خلاصه مدل توبیت در تفسیر اثرگذاری مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کارآیی زیربرداری آب

متغیرها	ضریب	خطای استاندارد	آماره t	معنی داری: $P >  t $
عرض از مبدأ	۴/۲۲	۴/۸	۰/۸۶	۰/۳۸
درآمد ناخالص هر هکتار (تومان)	۰/۰۰۰۰۱۹۸	$۲/۲۷ \times ۱۰^{-۶}$	۸/۷۵	۰/۰۰۰۰۱۳
سطح زیر کشت (هکتار)	۱/۵۳	۰/۲۱	۷/۲۸	۰/۰۰۰۰۱۵
فاصله دو آبیاری (روز)	-۰/۳۱	۰/۱۳	-۲/۳۵	۰/۰۲
کارآیی زیربرداری آب (متغیر وابسته)	$۹۳/۷۷ = LR\ Chi2$		$۰/۰۰۲۶ = Prob > Chi 2$	
-۶۱۹/۵۶ = Log likelihood				

مأخذ: یافته‌های تحقیق

عامل دیگری نیز که جهت تأثیرگذاری آن بر کارآیی زیربرداری آب مورد بررسی قرار گرفته است، درآمد ناخالص هر هکتار فروش محصول می‌باشد. با توجه به نتایج جدول (۴)، ضریب برآوردی این عامل در مدل توبیت با اینکه عدد کوچکی بوده، اما مثبت و معنادار است. این جهت اثرگذاری، نتیجه حاصل از پژوهش وانگ (Wang, 2010) در مورد اثر مثبت درآمد زارعان شمال غرب چین بر کارآیی آنان در استفاده از آب را تأیید می‌نماید. بدون شک، هدف غایی تمامی کشاورزان دستیابی به سود و درآمد ناخالص بیشتر است. از این رو، تمامی برنامه ریزی‌ها از سوی آنان با هدف رسیدن به این مهم می‌باشد. نهاده با ارزش و کلیدی آب نیز نقش عمده‌ای را در برداشت محصول بیشتر و به دنبال آن کسب درآمد بالاتر برای کشاورزان به همراه دارد. بنابراین، علت نزولی بودن کارآیی زیربرداری آب در گروه‌های با درآمد حاصله پایین‌تر در هر هکتار را بایستی در فشار بیشتر بر منابع آبی و استحصال بیش از حد آن دانست. به بیان دیگر، کشاورزان با درآمد حاصله بیشتر سعی کمتری در استفاده بی‌مورد و نابهینه از منابع آب در دسترس خویش دارند. و حمایت‌های مالی بیشتر از کشاورزان می‌تواند زمینه‌ساز بهره‌وری مصرف آب در میان آنان گردد.

عامل مهم دیگری که دارای تأثیر منفی بر کارآیی زیربرداری آب شناخته شده است، فاصله میان دو آبیاری متوالی است. با توجه به منبع دسترسی به آب غالب کشاورزان که از سرچشمه‌های رودخانه کر در منطقه زرقان می‌باشد، توزیع مناسب زمان آبیاری در حوضه اختیارات مسؤولان ذی‌ربط در این راستا است. با این فرض، با افزایش فاصله بین هر دو آبیاری که کمتر در اختیار غالب کشاورزان است،

کارایی زیربرداری آب کاهش می‌یابد. علت این موضوع را بایستی در تلاش کشاورزان برای استفاده بیشتر از منابع آب در هر نوبت آبیاری که به طریقه اعطای سهمیه آب در میان آنان صورت می‌پذیرد و آگاهی کشاورزان نسبت به این موضوع که تا دوره آبیاری بعدی، مدت زمان بسیاری باقی است، دانست. لذا، توجه به این موضوع (تحت نفوذ قرار گرفتن کارایی زیربرداری آب در فواصل آبیاری بلندمدت تر) در تنظیم و اجرای برنامه‌های توزیع آب سالانه ضروری می‌نماید.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه، نشان دهنده تأثیر مثبت متغیرهای درآمد ناخالص هر هکتار و سطح زیر کشت محصول و نیز اثر منفی متغیر فاصله میان هر دو آبیاری بر کارایی زیربرداری نهاده آب است. با توجه به نتایج این پژوهش، مشخص گردید که تضمین درآمد کشاورزان به هر طریقی چه بوسیله خود آنان و یا هر روش دیگر، کارایی استفاده از آب را افزایش می‌دهد. لذا، پیشنهاد می‌گردد که به منظور بهبود کارایی زیربرداری آب، به کارگیری سیاست‌های حمایت درآمدی از کشاورزان بیش از پیش مورد توجه برنامه‌ریزان و مسؤولان ذیربط واقع گردد.

همچنین، نتایج نشان داد که با افزایش طول مدت میان هر دو آبیاری، کارایی زیربرداری آب کاهش می‌یابد که به منظور کاهش فشار بر منابع آبی در زمان‌های توزیع آن، می‌باید برنامه ریزی منسجم تر و همراه با درج نظرات نمایندگان کشاورزان که از برنامه ریزی‌های آنان در فصول مختلف کاشت و داشت محصول آگاه می‌باشند، در امور تنظیم و اجرای سیاست‌های توزیع سالانه منابع آب صورت پذیرد. علاوه بر این، اعمال سیاست‌های اعطای سهمیه آب در فصول کشت محصول نیز باید با بهبود هدفمندسازی و نیز با توجه نمودن به پیامدهای احتمالی آن در استفاده نادرست از منابع آب صورت پذیرد.

نتایج این پژوهش همچنین حاکی از آن است که با افزایش سطح زیر کشت محصول، کارایی استفاده از آب افزایش می‌یابد. با توجه به اندک بودن میزان کارایی مصرف آب در تولید گندم در منطقه، در صورت افزایش بهره‌وری در مصرف آب، علاوه بر کاهش هزینه‌ها و افزایش راندمان تولید این محصول، انتقال و به کارگیری آب در سایر موارد مصرف آن در منطقه نیز تسهیل خواهد شد. از این رو، پیشنهاد می‌گردد که سیاست یکپارچه‌سازی اراضی با جدیت بیشتری دنبال و اجرا شود.



## منابع و مأخذ

- زارع مهرجردی، م. و اسماعیلی، ع. (۱۳۸۹) تعیین عامل‌های مؤثر بر پذیرش دام در شهرستان کرمان با کاربرد روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک؛ تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۲(۳): ۱۶-۱.
- جهاد کشاورزی زرقان (۱۳۸۹) به نقل از خبرگزاری جمهوری اسلامی، کد خبر: ۳۰۲۷۰۴۱۱.
- حقایقی مقدم، س.؛ توحیدلو، ق. و صدر قائن، س. (۱۳۸۳) بررسی کارآیی مصرف آب و عملکرد محصول چغندر قند در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی؛ مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، صص. ۲۶۰-۲۴۷.
- حیدری، ن.؛ اسلامی، ا.؛ قدمی فیروزآبادی، ع.؛ کانونی، ا.؛ اسدی، م. و خواجه عبداللهی، م. (۱۳۸۵) کارآیی مصرف آب محصولات زراعی مناطق مختلف کشور (مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان)؛ همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.
- دهقانی سانج، ح.؛ زارعی، ق. و حیدری ن. (۱۳۸۶) بررسی مدیریت آبیاری و کارآیی مصرف آب در گلخانه‌ها و مسائل و چالش‌ها؛ اولین کارگاه فنی ارتقای کارآیی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای.
- عمیدی، علی (۱۳۷۸) نظریه نمونه‌گیری و کاربردهای آن؛ مرکز نشر دانشگاهی، (۱): ۸۹-۸۶.
- صبوچی، م.؛ خنجری، س. و کیخا، ا. (۱۳۸۹) بررسی کارآیی مصرف آب در گلخانه‌های سیستان؛ اقتصاد کشاورزی.
- کرامت زاده، ع.؛ چیدری، ا. و میرزایی، ا. (۱۳۸۵) تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری؛ اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۴ (۵۴): ۶۰-۳۵.
- نوراسیس، م. (۱۳۸۸) شبکه‌های عصبی در اس. پی. اس.؛ ترجمه فتی پور جلیلیان و نجبا؛ انتشارات کیان رایانه سبز.
- نی ریزی، س. و حلمی فرخ داود، ر. (۱۳۸۱) مقایسه کارآیی مصرف آب در چند نقطه خراسان؛ یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- Allan, T. (1999) Productive efficiency and allocative efficiency: why better water management may not solve the problem; *Agricultural Water Management*, 40: 71-75.
- Dhehibi, B.; Lachaal, L. and Elloumi, M. (2007) Measuring irrigation water use efficiency using stochastic production frontier: an application on citrus producing farms in Tunisia; *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 1: 1-15.
- Chebil, A.; Abbas, K. and Frija, A. (2014) Water Use Efficiency in Irrigated

- Wheat Production Systems in Central Tunisia: A Stochastic Data Envelopment Approach; *Journal of Agricultural Science*, 6(2): 63-71.
- Fare, R.; Grosskopf, S. & Lovell C. A. K. (1994) *Production Frontiers*; Cambridge University Press, Cambridge, U.K.: 54-80.
- Fraser, I. & Cordina, D. (1999) An application of data envelopment analysis to irrigated dairy farms in Northern Victoria; *Australia Agricultural Systems*, 59: 267-282.
- Frija, A.; Chebil, A.; Speelman, S.; Buysse, J. and Van Huylbroeck, G. (2009) Water use and technical efficiencies in horticultural green houses in Tunisia; *AGWAT*, 2808: 1-8.
- Karagiannis, G.; Tzouvelekas, V. & Xepapadeas, A. (2003) Measuring irrigation water efficiency with a stochastic production frontier; *Environmental and Resource Economics*, 26: 52-72.
- Norušis, M. (2011) *IBM SPSS Statistics 19 Guide to Data Analysis*; Pearson Education (US).
- Mille, R. and Jackson, T. (2001) *Acquaintance with neurotic network*; Translated by Aloborzi; Reports of Sharif Sanati University.
- Sabuhi, M.; Yaghoubi, M. and Esfandiari, M. (2012) A Survey on Water Use Efficiency of Rice Producers in Kamfirouz Region, Fars Province, Iran; *International Journal of Applied Operational Research*, 2(3): 45-53.
- Speelman, S.; Haese, M. D. & Buysse, J. (2007) Technical efficiency of water use and its determinants, study at small-scale irrigation schemes in North-West province, South Africa; 2007-10-27. <http://www.ageconsearch.umn.edu/bitstream/123456789/28982>.
- Vinnychuk, O.; Grygorkiv, V. and Makhanets, L. (2013) Research of Economic Growth in the Context of Sustainable Development: Neural Network Approach; *Business Systems and Economics*, 3(2): 153-167.
- Wang, Xue-yuan (2010) Irrigation Water Use Efficiency of Farmers and Its Determinants: Evidence from a Survey in Northwestern China; *Agricultural Sciences in China*, 9(9):1326-37.
- Ximing, Cai .; Yi-chen, E.; Claudia, R.; Zhao, J. and You, L. (2011) Agricultural water productivity assessment for the Yellow River Basin; *Agricultural Water Management*, 98: 1297-1306.