



## ارزیابی عملکرد تعدادی از شبکه‌های آبیاری جهان با استفاده از شیوه مقایسه‌ای و تحلیل داده‌کاوی

محبوبه زحمتکش<sup>۱</sup> - علی اصغر منتظر<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۴

تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۱

### چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی عملکرد ۱۸ شبکه آبیاری از ۱۰ کشور جهان با استفاده از شیوه مقایسه‌ای و تحلیل داده‌کاوی انجام گردید. بدین منظور عملکرد شبکه‌های آبیاری دز، سفیدرود، تچن و وشمگیر از ایران با ۱۴ شبکه آبیاری از ۹ کشور جهان مورد مقایسه قرار گرفت. در بررسی‌ها از ۱۳ شاخص ارزیابی در زمینه عملکرد بهره‌برداری و راندمان تولید استفاده شد. شیوه خوشه‌بندی k-means در تحلیل شاخص‌ها و داده‌کاوی ارتباط مابین آن‌ها به کار گرفته شد. با محاسبه مقادیر کمی شاخص‌ها و انجام فرایند خوشه‌بندی، هفت خوشه مجزا از شبکه‌های آبیاری تشکیل و ارزیابی گردید. بررسی خوشه‌ها نشان داد که هم‌خوشه بودن شبکه‌های بدون پوشش کانال‌های انتقال آب و شبکه‌های دارای ۱۰۰ درصد پوشش بتنی کانال‌های اصلی و ۵۰ درصد پوشش بتنی کانال‌های فرعی می‌تواند به دلیل استفاده از آب برگشتی زهکش‌ها در شبکه مودا باشد. به تعبیر دیگر پوشش‌دار نمودن کانال‌های انتقال و تجهیز شبکه‌های آبیاری به سیستم استفاده از آب برگشتی شرایط دستیابی به عملکرد تحویل آب مطلوب این سامانه‌ها را فراهم می‌نماید. نتایج بیان‌گر آن است که تسطیح اراضی به‌عنوان یکی از برنامه‌های به‌سازی، نقش قابل توجهی در ارتقای سطح راندمان تولید شبکه‌های آبیاری ایفا می‌نماید. در این زمینه افزایش تولید ۱/۵ تا ۲ تن در هکتار در شبکه‌های بنی امیر مراکش و آفیس دونیگر کشور مالی به دلیل اجرای برنامه تسطیح اراضی تجربه گردیده است. ارزیابی نشان داد که وجود انجمن‌های فعال بهره‌برداران آب در شبکه‌های آبیاری به‌عنوان عامل دیگری در بهبود راندمان‌های مدیریتی است. در این زمینه می‌توان مطلوب بودن شاخص‌های اقتصادی شبکه وشمگیر علی‌رغم وجود هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری بالا به دلیل اتمام عمر مفید سد و اجزای آن را تنها در نتیجه وجود تعاونی‌ها و تشکیل‌های آب‌بران و مدیریت ۷۰ درصد از اراضی شبکه توسط آن‌ها جستجو نمود. عدم وجود این تشکل‌ها در شبکه دز، باعث افزایش مقدار شاخص نسبت تأمین آب آبیاری سالانه به ۳/۰۸ گردیده است. این در حالی است که این شاخص‌ها در شبکه آفیس دو نیگر با بهره‌مندی از انجمن‌های فعال مصرف‌کنندگان آب ۱۲/۰ بوده است. نتایج نشان داد که کاربرد ترکیبی شیوه تحلیل مقایسه‌ای و خوشه‌بندی از قابلیت مطلوبی در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری برخوردار می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی مقایسه‌ای، خوشه‌بندی، داده‌کاوی، شاخص‌های عملکرد، شبکه آبیاری

### مقدمه

کشاورزی از طرف دیگر، این سیستم‌ها بایستی به طریقی مدیریت و بهره‌برداری شوند تا از واحد حجم آب، حداکثر تولید مواد غذایی صورت پذیرفته و حفظ منابع آب و خاک در جهت توسعه پایدار نیز تأمین گردد.

در سال‌های اخیر دانشمندان و محققان روش‌های مختلفی را برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری مطرح و در موارد متعددی نیز اجرا نموده‌اند (۱). ارزیابی مقایسه‌ای (Benchmarking) یکی از این روش‌ها بوده که ابزار مفیدی برای مدیریت بر تشکیلاتی که خدمات‌رسانی به جامعه و یا تولید محصولی را بر عهده دارد، به‌شمار می‌آید. ارزیابی مقایسه‌ای را می‌توان به‌عنوان «اقدام به بهبود مستمر عملکرد سیستم از طریق مقایسه با سیستم‌های مشابه و دستیابی به

هدف از ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی تأمین اطلاعات لازم برای سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و متولیان بهره‌برداری و نگهداری به‌منظور اعمال اصلاحات و ارتقای سطح کارایی این سامانه‌هاست. در حال حاضر با توجه به محدودیت منابع آب شیرین و تقاضای روز افزون تأمین غذا از یک طرف و شدت یافتن رقابت بین بخش صنایع، محیط زیست و اکوسیستم در مصرف آب با بخش

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی،

پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

(Email: almontaz@ut.ac.ir)

\*- نویسنده مسئول:

مشخص به عنوان ابزاری در ارتقای عملکرد نواحی آبیاری معرفی گردید. مولدن و همکاران شاخص‌هایی را برای مقایسه عملکرد سیستم‌های آبیاری بر اساس رابطه بین خروجی‌ها و ورودی‌های اصلی این سامانه‌ها (شامل آب، زمین و منابع مالی) ارائه نموده و در ارزیابی ۱۸ شبکه آبیاری مورد استفاده قرار دادند (۱۵). در این مطالعه از نه شاخص ارزیابی عملکرد استفاده شد. توجه به نوع کشت، تراکم کشت، استفاده بهینه از آب باران و انتقال مدیریت از دولت به سطوح بهره‌برداران به عنوان مهم‌ترین زمینه ارتقای شبکه‌های مورد مطالعه عنوان شد (۱۵). کرنیش از یافته‌های پنج سال اجرای روش ارزیابی مقایسه‌ای که در سازمان‌های تهیه‌کننده آب، روی شبکه‌های آبیاری و زهکشی پنج کشور استرالیا، چین، هند، مکزیک و سری‌لانکا صورت گرفت به این نتیجه رسید که ارزیابی مقایسه‌ای به‌عنوان یک روش ارزیابی مستمر و بسیار ارزشمند بوده که شاخص‌ها و کیفیت عملکرد آن‌ها در این روش بسیار با اهمیت است (۱۰).

جلیلی و همکاران طی تحقیقی از ارزیابی مقایسه‌ای عددی و غیرگرافیکی استفاده کردند (۳). آن‌ها ابتدا شاخص‌های ارزیابی را ارزش‌گذاری و سپس نرمال نمودند. مقایسه شاخص‌های ارزیابی در پنج عرصه مدیریتی، فنی، اجتماعی، مالی و زیست‌محیطی و برای دو شبکه آبیاری بریموند و دینور در استان کرمانشاه صورت گرفت. در نتیجه مقایسه دو شبکه با سطح استاندارد تعیین شده، مقدار عملکرد شبکه بریموند ۰/۸۷ و دینور ۰/۹۱ تعیین شد. در شبکه آبیاری بریموند مقدار پتانسیل بهبود شاخص‌های مدیریتی ۰/۰۳۹، فنی ۰/۰۳۶، اجتماعی ۰/۰۳۳، مالی ۰/۰۱۳ و زیست‌محیطی ۰/۰۰۸ و در شبکه آبیاری دینور به ترتیب ۰/۰۴۲، ۰/۰۲۹، ۰/۰۱۱۲، ۰/۰۰۷ و ۰/۰۰۴ اولویت‌بندی گردید (۲).

نظر به کارایی شیوه ارزیابی مقایسه‌ای و تحلیل‌های داده‌کاوی، به نظر می‌رسد استفاده ترکیبی از آن‌ها بتواند امکان شناخت و ارزیابی جامع‌تری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری را فراهم کرده و ارتقای سطح عملکرد این سامانه‌ها را زمینه‌سازی نماید. این تحقیق با هدف ارزیابی عملکرد ۱۸ شبکه آبیاری از ۱۰ کشور جهان با استفاده از شیوه مقایسه‌ای و تحلیل داده‌کاوی تعریف و انجام گردید. با توجه به شبکه‌های آبیاری انتخابی که دارای شرایط مختلف و متنوع مدیریتی، فنی، بهره‌برداری، اجتماعی و فرهنگی، اقلیمی، منابع آبی و الگوی کشت می‌باشند؛ نتایج این تحقیق می‌تواند قابلیت کاربرد تلفیقی این دو شیوه را ارزیابی نماید.

## مواد و روش‌ها

**شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه:** در این مطالعه، ۱۸ شبکه آبیاری از ۱۰ کشور جهان مورد مقایسه و ارزیابی عملکرد قرار گرفت. مشخصات عمومی شبکه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده

معیارها و استانداردهای داخلی و خارجی پیشرفته» تعریف نمود (۵). هدف کلی این روش همانند سایر روش‌های ارزیابی، بهبود عملکرد یک تشکیلات از طریق مقایسه وضعیت کنونی آن با اهداف از پیش تعیین شده می‌باشد. در این نوع ارزیابی، عمل مقایسه می‌تواند در داخل سیستم صورت گرفته و وضعیت موجود را با گذشته و یا با اهداف مورد انتظار در آینده، مقایسه نماید و یا در خارج از سیستم و با عملکرد تشکیلات مشابه صورت پذیرد. هدف از این کار، شناسایی راهکارها، روش‌ها و فعالیت‌های مدیریتی است که در آن سیستم‌ها به کار برده شده و نتایج مطلوبی را به‌بار آورده‌اند. این فعالیت‌ها و فرایندها که موجب ارتقاء عملکرد سیستم‌های مورد نظر شده‌اند به‌عنوان دستورالعمل‌ها و استانداردهای اجرایی و مدیریتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگر فرایندهای مناسب موجود در ارزیابی مقایسه‌ای در یک سیستم به درستی اجرا شود نتیجه آن، ارتقاء سطح عملکرد سیستم خواهد بود (۵). در زیر به نتایج برخی از مهم‌ترین پژوهش‌هایی که از روش ارزیابی مقایسه‌ای به‌منظور بررسی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی استفاده کرده‌اند، اشاره می‌شود.

پیشنهاد اجرای برنامه ارزیابی عملکرد فصلی شبکه‌های آبیاری کشور سری‌لانکا به روش مقایسه‌ای توسط جایاتیلاک ارائه گردید (۱۲). چهار شاخص عملکرد انتخابی در این ارزیابی عبارت بودند از: نسبت مساحت‌های کشت شده در هر دو نوبت کشت به مساحت ناخالص اراضی، طول فصل آبیاری، نسبت حجم آب تحویل شده در طول فصل آبیاری به مساحت تحت کشت و نسبت حجم آب تحویل شده در طول فصل آبیاری به علاوه بارندگی مؤثر به مساحت تحت کشت. اجرای این برنامه شرایط ارتقای سطح عملکرد شبکه‌های آبیاری با ساختار فیزیکی و مدیریتی در اقلیم‌های مختلف را فراهم نمود (۱۲). مالانا و مالانو ارزیابی مقایسه‌ای را در مزارع گندم کشورهای هند و پاکستان اجرا نمودند (۱۳). در این تحقیق شاخص اصلی، راندمان تولید بوده و به‌منظور تحلیل نتایج از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده گردید. به این منظور ۲۵ منطقه تحت کشت گندم از شبکه‌های آبیاری لاور جلوم و لاور ایندوس از پاکستان و شبکه بهاکرا از هندوستان انتخاب شد. ارزیابی برپایه آنالیز سه ورودی بنا نهاده شد که عبارت بودند از میزان آب آبیاری، کود و بذر. از مهم‌ترین عوامل راندمان پایین مزارع مورد مطالعه، استفاده بی‌رویه آب و کود شیمیایی شناخته شد. این مطالعه نشان داد که واحدهای ناکارآمد می‌توانند با بهینه نمودن سطح ورودی‌ها به عملکردهای بالا در تولید محصول دست یابند (۱۳).

در تحقیق دیگری که بر روی نه منطقه آبیاری از اندولزی کشور اسپانیا انجام شد، ارزیابی شاخص‌های عملکرد با استفاده از روش آنالیز چندمتغیره خوشه‌بندی (Clustering) صورت پذیرفت (۱۶). بررسی نشان داد که نواحی با عملکرد پایین‌تر، از امکان استفاده از روش‌های مدرن آبیاری محروم بوده‌اند. تکرار فرایند ارزیابی در دوره‌های زمانی

### شیوه ارزیابی و تحلیل شاخص‌های عملکرد

در بررسی عملکرد شبکه‌های آبیاری از روش ارزیابی مقایسه‌ای استفاده شد. با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده، مقادیر کمی ۱۳ شاخص عملکرد (در دو حوزه ارائه خدمات به بهره‌برداران و راندمان تولید) از مجموعه شاخص‌های پیشنهادی برنامه بین‌المللی تکنولوژی و پژوهش در آبیاری و زهکشی (IPTIRD) بانک جهانی که با هدف ارتقاء کیفی پروژه‌های آبیاری و زهکشی تهیه گردیده است (۱۴)، برای هر یک از شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه محاسبه شد. شاخص‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده‌اند. به‌منظور تحلیل شاخص‌ها، از روش تحلیل برون‌سازمانی استفاده شده تا با تحلیل بیشتر اطلاعات و داده‌ها از طریق به‌کارگیری روش‌های آماری ارزیابی جامع‌تری صورت گیرد چراکه این روش‌ها برای تشریح عوامل تأثیرگذار در عملکردهای ضعیف مفید می‌باشند. شیوه خوشه‌بندی k-means (از زیر شاخه‌های علم داده‌کاوی) در تحلیل شاخص‌ها و داده‌کاوی ارتباط مابین آن‌ها به‌کار گرفته شد (۳).

است. شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه در کشورهای آمریکای لاتین، آفریقا، خاور نزدیک، هندوستان و آسیای جنوب شرقی واقع می‌باشند. در این بین چهار شبکه آبیاری دز، سفیدرود، تجن و وشمگیر از ایران، سه شبکه آبیاری ماجالگون، دانتی وادا و بهاکرا از هند، دو شبکه کوپاتیت زیو و سالدانا از کلمبیا، دو شبکه کوپاتیت زیو و ریومایو از مکزیک، دو شبکه مودا و کمبو از مالزی، شبکه سیحان از ترکیه، شبکه بنی امیر تادلا از مراکش، شبکه لام پائو از تایلند، شبکه آفیس دونیگر از مالی و شبکه ریویاکو آلتو از جمهوری دومینیکن انتخاب شدند.

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز شبکه‌های آبیاری ایران در قالب عملیات میدانی، تهیه و تکمیل پرسش‌نامه توسط کارشناسان شبکه‌ها و بررسی گزارشات مطالعات موجود صورت گرفت. به‌منظور دستیابی به اطلاعات مورد نیاز سایر شبکه‌های مورد بررسی در این تحقیق نیز از نتایج مطالعات سازمان خوار و بار جهانی استفاده گردید (۹).

جدول ۱- مشخصات عمومی شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه

نام طرح	کشور	نزدیک‌ترین شهر	مساحت (هکتار)	زراعت اصلی	میانگین تبخیر سالانه (mm)	میانگین بارندگی سالانه (mm)
لام پائو	تایلند	کالاسیان (کن کان)	۴۹۳۳۸	برنج	۱۶۹۵	۱۳۳۶
دز	ایران	دزفول (خوزستان)	۹۸۵۰۰	گندم	۱۶۷۰	۲۵۰
گیلان	ایران	رشت (گیلان)	۲۳۵۰۰۰	برنج	۷۷۱	۱۲۹۰
تجن	ایران	ساری (مازندران)	۵۲۵۰۰	برنج	۶۰۵	۷۰۰
وشمگیر	ایران	گرگان (گلستان)	۲۵۰۰۰	غلات	۱۷۳۴	۳۱۲/۵
سیحان	ترکیه	آدانا	۱۰۳۱۳۵	ذرت دانه ای	۱۲۸۵	۷۲۱
ماجالگون	هند	پارلی (اورنگ آباد)	۱۱۲۸۳	ذرت علوفه ای	۲۰۵۵	۷۷۴
دانتی وادا	هند	دسا (احمد آباد، گجرات)	۳۶۶۰۰	گندم	۱۸۹۳	۶۰۴
بهاکرا	هند	چانیدیگار (هاریان)	۶۸۳۰۰۰	برنج	۱۵۵۰	۵۴۵
مودا	مالزی	الورسکار	۹۷۰۰۰	برنج	۱۴۳۰	۲۳۰۰
کمبو	مالزی	کوتابرو	۲۰۴۳۰	برنج	۱۴۰۰	۲۷۰۰
بنی امیر تادلا	مراکش	بنی ملال	۲۸۰۰۰	گندم	۱۳۳۶	۳۷۶
آفیس دونیگر	مالی	سگو	۵۶۰۰۰	برنج	۲۶۲۸	۲۳۸
ریویاکو آلتو	جمهوری دومینیکن	سانتیاگو	۳۵۷۴	مرتع	۱۹۴۵	۹۸۴
کوتیلو	کلمبیا	اسینیال (کولیم)	۲۵۷۱۱	برنج	۱۶۷۶	۱۳۰۶
سالدانا	کلمبیا	سالدانا (تولیم)	۱۴۰۰۰	برنج	۱۵۳۳	۱۴۴۲
کوپاتیت زیو	مکزیک	آپادزینگان	۹۸۷۸	ذرت علوفه ای	۲۲۸۰	۶۷۱
ریومایو	مکزیک	ناوجوا (سونورا)	۹۷۰۴۷	گندم	۳۳۵۰	۳۳۳

به صورت ماتریسی با  $p$  سطر و  $n$  ستون که  $p$  تعداد شبکه های آبیاری و  $n$  تعداد متغیرها و یا به عبارتی شاخص ها بود، در نظر گرفته شد. در مرحله استاندارد کردن شاخص ها، مقدار اولیه  $z_{ij}$  (مقدار ویژه متغیر نام که روی سطر زام مشاهده شده است) با مقدار استاندارد شده  $z_{ij}$  شاخص تعویض گردید؛ که در این تحقیق  $z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$  و  $\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^p x_{ij}}{p}$  و  $s_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{p-1}}$  استاندارد نمونه می باشد.

به منظور خوشه بندی شبکه های آبیاری مورد مطالعه، مقادیر استاندارد شده شاخص ها را در قالب جدول وارد نرم افزار PASW Statistics 18 کرده تا فرایند خوشه بندی بر روی آن ها انجام گیرد. لازم به ذکر است که PASW Statistics 18 نسخه جدید نرم افزار تحلیل آماری SPSS می باشد (۸). در گام اول عدد ۴ به عنوان تعداد خوشه مورد بررسی انتخاب شد. اولین نتیجه ای که در نرم افزار ظاهر می شود وضعیت خوشه بندی با تعداد خوشه های انتخابی را نشان می دهد (شکل ۱).

علاوه بر خروجی حاصل از نرم افزار، شاخص DB که معیار صحت سنجی در خوشه بندی  $k$ -means است نیز محاسبه گردید که برای فرض فوق  $1/4$  تعیین شد. DB شاخصی است که دیویس و بولدین بر اساس میزان پراکندگی درونی و میزان فاصله بین خوشه های ایجاد شده در روش خوشه بندی کلاسیک پیشنهاد کردند (۱۱). بر اساس این شاخص، بهترین خوشه بندی زمانی رخ می دهد که خوشه های ایجاد شده متراکم و قابل تفکیک از یکدیگر باشند.

در این روش تعداد خوشه ها یعنی  $K$  ممکن است از پیش مشخص شده باشد و یا به عنوان بخشی از روش خوشه بندی، تعیین گردد. خوشه بندی دارای زیر مجموعه های مختلفی است و از متداول ترین آن ها روش  $K$ -میانگین می باشد که فرایندی سه مرحله ایست. بر این اساس، ابتدا شاخص ها را به  $K$  خوشه اولیه افراز نموده و مرکز هر یک از خوشه ها را محاسبه گردید. سپس با فهرست شاخص ها شروع کرده و هر شاخص را به خوشه ای که مرکز آن نزدیک ترین است، نسبت داده شد. مرکز را برای خوشه ای که شاخص جدیدی را دریافت نموده و برای خوشه ای که شاخصی را از دست می دهد، مجدد محاسبه می گردید. این مرحله آن قدر تکرار می شود تا اینکه امکان تخصیص دوباره ای وجود نداشته و فرایند خوشه بندی به پایان برسد.

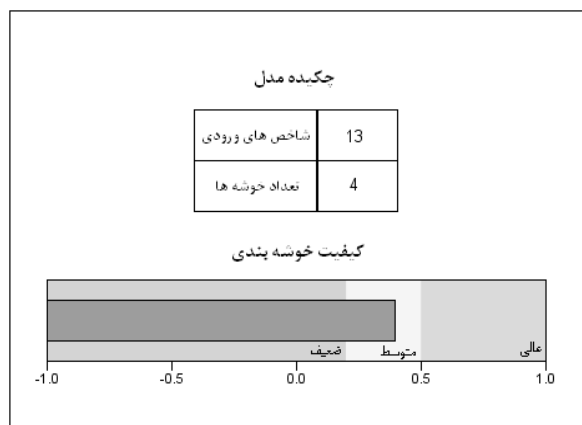
در مرحله اول به جای این که با افزایش از تمام شاخص ها به  $K$  دسته اولیه شروع کنیم می توان  $K$  مرکز را مشخص کرده و سپس با اجرای مرحله دوم ادامه کار را دنبال نمود. لازم به ذکر است تخصیص نهایی شاخص ها به خوشه ها تا حدودی به افراز اولیه یا انتخاب اولیه نقاط تغذیه بستگی دارد. فاصله اقلیدسی با مشاهدات استاندارد شده محاسبه شد. فاصله بین دو نقطه دلخواه  $P$  و  $Q$  با مختصات  $P = (x_1, x_2, \dots, x_p)$  و  $Q = (y_1, y_2, \dots, y_p)$  به صورت زیر در نظر گرفته شد (۷):

$$d(P, Q) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_p - y_p)^2} \quad (1)$$

از آنجا که شاخص های ارزیابی عملکرد دارای واحدهای متفاوتی هستند به منظور قابل استفاده بودن شاخص ها در روش خوشه بندی، به استانداردسازی آن ها پرداخته شد (۷). بدین منظور ابتدا داده ها را

جدول ۲- شاخص های ارزیابی عملکرد

شماره شاخص	تعریف شاخص عملکرد
۱	میزان آب آبیاری تحویل شده در واحد سطح محدوده زیر پوشش شبکه (مترمکعب بر هکتار)
۲	میزان آب آبیاری تحویل شده در واحد سطح محدوده آبیاری شده (مترمکعب بر هکتار)
۳	راندمان تحویل آب در شبکه
۴	میزان نسبی تأمین آب
۵	میزان نسبی تأمین آب آبیاری سالانه
۶	نسبت جبران هزینه ها
۷	هزینه های بهره برداری و نگهداری در واحد مساحت (دلار بر هکتار)
۸	عملکرد وصول درآمد
۹	درآمد متوسط یک متر مکعب آب آبیاری تحویل شده در سال (دلار بر هکتار)
۱۰	درآمد سالانه تولیدات کشاورزی در واحد سطح محدوده زیر پوشش شبکه (دلار بر هکتار)
۱۱	درآمد سالانه تولیدات کشاورزی در واحد سطح محدوده آبیاری شده (دلار بر هکتار)
۱۲	درآمد سالانه تولیدات کشاورزی برحسب واحد آب آبیاری تأمین شده (دلار بر مترمکعب)
۱۳	درآمد سالانه تولیدات کشاورزی برحسب واحد آب آبیاری تحویل شده (دلار بر مترمکعب)



شکل ۱- خروجی مدل- نمایش کیفیت خوشه بندی در حالت k=4

به طوری که به هنگام انتخاب عدد ۴ به عنوان تعداد خوشه ها، درجه اهمیت شاخص ها از بالا به پایین به ترتیب برابر با ۱، ۰/۹۶، ۰/۹۴، ۰/۸۸، ۰/۵۶، ۰/۴۷، ۰/۴۱، ۰/۵۱، ۰/۳۵، ۰/۳۴ و ۰/۳۳ است. حال آن که درجه اهمیت شاخص ها به همان ترتیب ذکر شده در حالتی که تعداد خوشه ها ۷ باشد برابر با ۱، ۰/۸۸، ۰/۸۵، ۰/۸۱، ۰/۷۵، ۰/۷۳، ۰/۷۰، ۰/۶۶، ۰/۵۳ و ۰/۳۷ تعیین شده است. به تعبیر دیگر با افزایش تعداد خوشه ها تمرکز از یک سری شاخص های عملکرد خاص برداشته و بر درجه اهمیت دیگر شاخص ها افزوده شده و خوشه بندی با دخالت تعداد شاخص های بیشتری صورت می گیرد. همچنین کیفیت خوشه بندی در صورتی که تعداد خوشه های تشکیل شده در آن برابر با هفت باشد، از مرز کیفیت منصفانه گذشته و وارد محدوده کیفیت قابل قبول می شود. بدین ترتیب تعداد خوشه های بهینه در این مطالعه، هفت در نظر گرفته شد.

در جدول ۳ تعداد شبکه آبیاری قرار گرفته در خوشه های هفت گانه و اندازه خوشه به درصد ارائه شده است. بررسی اندازه خوشه ها نشان می دهد که خوشه شماره ۳ با در بر گرفتن ۲۷/۸ درصد از کل شبکه های آبیاری مورد مطالعه، بزرگ ترین خوشه بوده و ۵ شبکه را در خود جای داده است. در مقابل آن خوشه هفت قرار دارد که سهم آن تنها یک شبکه آبیاری بوده و ۵/۶ درصد از کل شبکه ها را به خود اختصاص می دهد.

نمودار خروجی از نرم افزار PASW Statistics 18 که بیان گر ترتیب و میزان اهمیت شاخص های عملکرد شبکه های آبیاری می باشد، در شکل ۳ نشان داده شده است. بر این اساس شاخصی که در فرایند خوشه بندی بیشترین تاثیر را داشته است شاخص شماره ۶ یا نسبت جبران هزینه ها بوده که درجه اهمیت آن طبق خروجی های نرم افزار برابر با عدد یک می باشد.

$$DB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \max_{j \neq i} \left( \frac{q_i + q_j}{d(q_i, q_j)} \right) \quad (2)$$

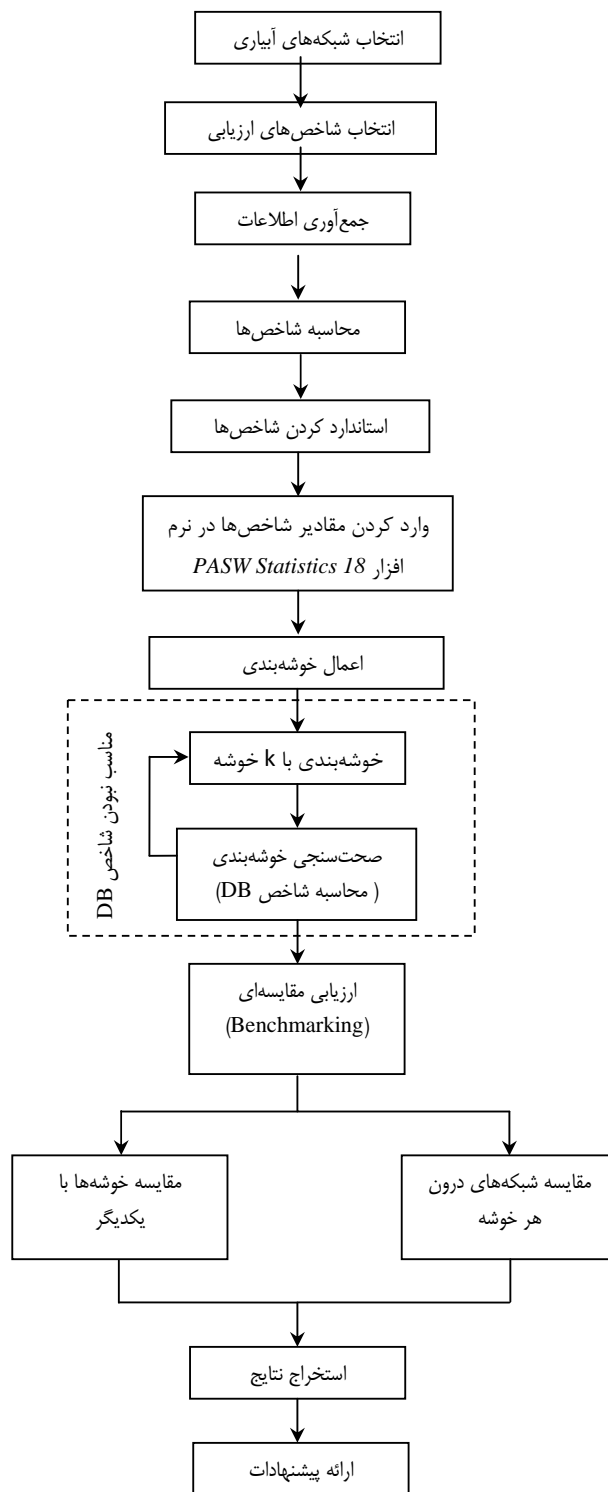
که n برابر با تعداد خوشه ها،  $\sigma_i$ : میانگین فاصله تمام شاخص های موجود در خوشه i با مرکز آن خوشه یعنی  $c_i$ ،  $\sigma_j$ : میانگین فاصله تمام شاخص های موجود در خوشه j با مرکز آن خوشه یعنی  $c_j$  و  $d(c_i, c_j)$ : فاصله میان مراکز خوشه های i و j می باشد. هرچه مقدار شاخص DB در مورد خوشه های ایجاد شده کوچک تر باشد آن خوشه بندی کامل تر و مطلوب تر بوده و مراکز خوشه های آن از یکدیگر دورترند. به عبارتی تعداد خوشه هایی که منجر به محاسبه کمترین DB می شوند، مناسب ترین تعداد خوشه ها می باشند (۱۱). مراحل انجام تحقیق در فلوجارت شکل ۲ ارائه شده است.

## نتایج و بحث

### تعیین خوشه های بهینه

به منظور تعیین تعداد خوشه بهینه شبکه های آبیاری، اثر تغییر تعداد خوشه با شاخص DB مورد بررسی قرار گرفت. مقدار شاخص DB محاسبه شده برای هر یک از تعداد خوشه های ۵، ۶، ۷ و ۸ به ترتیب ۱/۲۴، ۱/۰۶، ۰/۹۹ و ۰/۸۹ تعیین شد. نتایج نشان داد که با افزایش تعداد خوشه های همگن شبکه های آبیاری، دقت خوشه بندی افزایش یافته و کیفیت آن به مرز کیفیت عالی خود نزدیک می شود. از طرفی با افزایش تعداد خوشه ها، اندازه تعداد خوشه های تک عضوی نیز افزایش یافته که این امر می تواند بر کیفیت تحلیل این روش خوشه بندی تأثیر منفی داشته باشد.

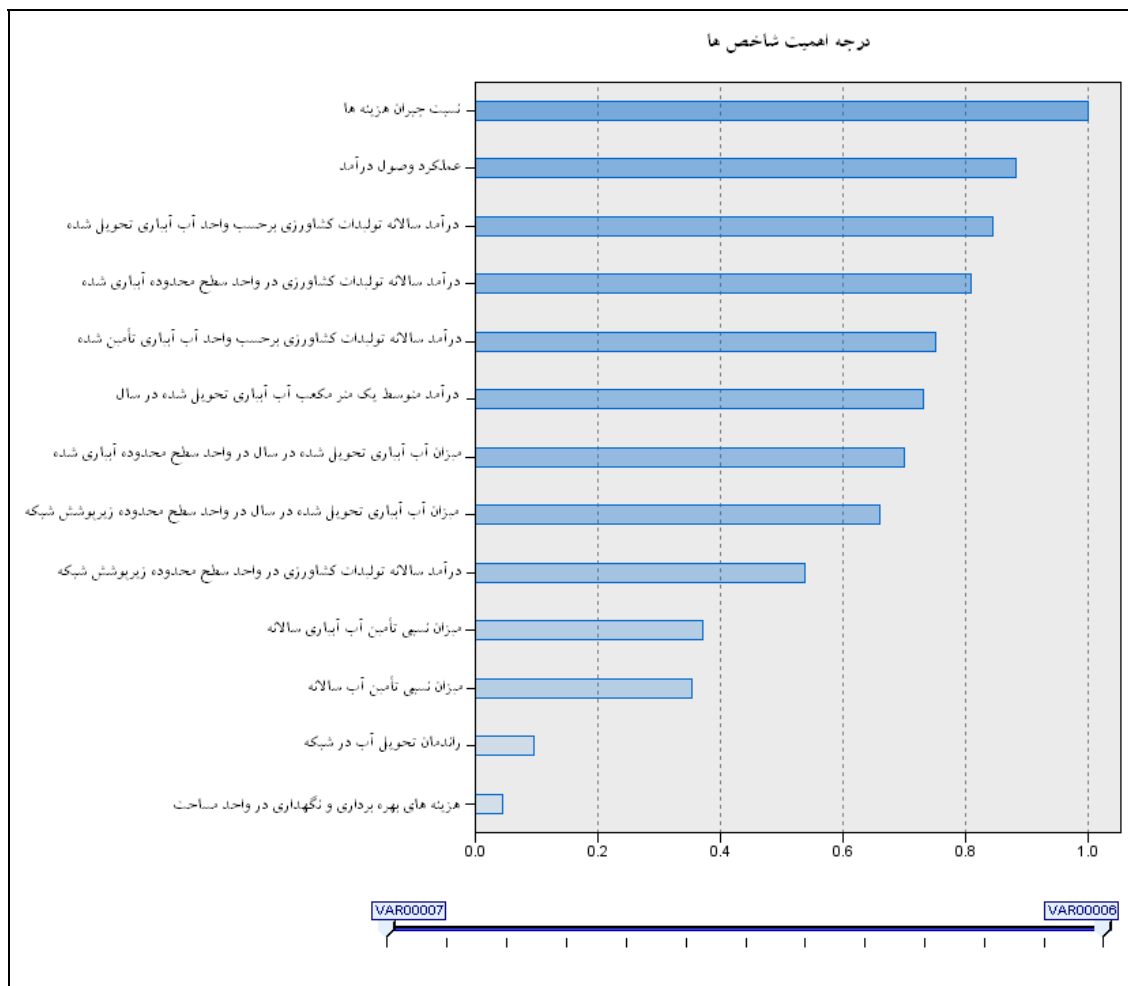
از دیگر نکات قابل توجه به هنگام تغییر تعداد خوشه ها، متفاوت بودن درجه اهمیت شاخص ها در خوشه بندی های مختلف می باشد.



شکل ۲- مراحل انجام تحقیق

جدول ۳- اندازه خوشه‌های هفت‌گانه و تعداد شبکه‌های آبیاری در برگرفته هر خوشه

شماره خوشه	شبکه	تعداد شبکه‌های آبیاری در خوشه	اندازه خوشه (درصد)
۱	بهاکرا- مودا - کمبو	۳	۱۶/۷
۲	لام پاتو - ماجالگون	۲	۱۱/۱
۳	وشمگیر - دانتی وادا - کوئیلو - کوپاتیت زیو - ریو مایو	۵	۲۷/۸
۴	دز - افیس دونیگر - سالدانا	۳	۱۶/۷
۵	گیلان - تجن	۲	۱۱/۱
۶	سیحان - ریویاکو آلتو	۲	۱۱/۱
۷	بنی امیر	۱	۵/۶



شکل ۳- درجه اهمیت شاخص‌های عملکرد شبکه‌های آبیاری

سطح محدوده زیر پوشش شبکه (شاخص ۱) دو شبکه آبیاری دز و ریویاکو آلتو به ترتیب ۰/۹۷۹ و ۰/۹۸۱ تعیین شده است که بیان‌گر هم‌خوشه بودن این دو شبکه از نظر این شاخص خاص می‌باشد.

در جدول ۴ مقادیر استاندارد شده شاخص‌های عملکرد هر یک از شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه آمده است. در این جدول، شماره شاخص‌ها بر اساس جدول ۲ در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال مقدار استاندارد شده شاخص میزان آب آبیاری تحویل شده در واحد

جدول ۴- مقادیر استاندارد شده شاخص های عملکرد هر یک از شبکه های آبیاری مورد مطالعه

شماره شاخص عملکرد													
۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
-۰/۹۲۴	-۰/۹۶۲	-۰/۹۳۴	-۰/۸۰۱	-۰/۸۰۸	-۲/۰۹۳	-۰/۴۲۵	-۱/۲۰۵	-۱/۱۵۲	-۰/۷۹۱	-۱/۵۵۴	-۰/۴۳۷	-۰/۱۳۵	لام یانو
-۰/۳۱۸	-۰/۲۷۷	۱/۳۵۸	۱/۰۳۶	-۰/۴۷۴	۰/۸۹۵	-۰/۵۴۶	۰/۶۴۶	۲/۹۱۴	۳/۰۸۰	-۰/۵۶۳	۱/۵۰۲	۰/۹۷۹	دز
۱/۱۵۷	۱/۰۹۲	۰/۳۵۵	۰/۱۶۹	-۰/۳۴۵	۰/۴۴۶	-۱/۱۵۰	۲/۳۰۹	-۰/۲۸۱	-۰/۲۸۲	-۰/۲۸۸	-۰/۶۴۴	-۰/۵۶۸	سفیدرود
-۰/۰۹۶	-۰/۱۰۱	-۰/۱۲۵	-۱/۱۲۲	۰/۹۷۶	-۰/۰۹۶	-۰/۴۸۹	۲/۳۲۲	-۰/۶۱۴	-۰/۳۸۵	-۲/۳۱۴	-۰/۴۲۷	-۱/۰۲۸	تجن
۰/۷۴۰	۰/۸۲۵	۱/۰۵۳	۱/۱۸۹	۰/۴۲۴	۰/۲۹۷	۰/۳۴۹	۰/۲۲۸	۱/۲۶۷	۰/۳۰۴	۱/۴۴۹	۰/۸۹۳	۰/۹۹۲	وشمگیر
۱/۸۹۱	۱/۸۹۱	۱/۸۲۶	۱/۱۳۴	۰/۴۲۴	۰/۴۲۹	۰/۵۳۳	-۰/۰۹۹	-۰/۴۹۴	-۰/۸۳۹	-۰/۱۴۷	-۰/۲۸۵	۰/۴۰۲	سیحان
۱/۰۹۲	۱/۰۷۶	۰/۹۳۹	۱/۲۰۴	۰/۴۰۷	۱/۶۴۵	-۰/۵۸۰	-۰/۰۳۳	-۰/۵۷۱	-۰/۶۸۹	-۰/۱۳۳	-۰/۰۴۰	-۰/۸۲۴	ماجالگون
۰/۷۹۰	۰/۷۳۴	۰/۸۴۱	۰/۸۱۵	۰/۷۳۹	۰/۵۹۹	-۰/۵۳۱	۱/۰۸۱	-۰/۱۸۴	-۰/۲۲۸	۱/۲۰۱	۰/۴۷۱	۰/۳۶۶	دانتی وادا
-۰/۱۳۱	-۰/۱۷۹	۰/۹۷۹	-۰/۶۹۸	-۰/۵۷۶	-۰/۵۹۸	۱/۱۱۵	-۰/۶۷۸	-۰/۷۶۵	۱/۴۰۲	-۰/۵۵۶	۱/۱۵۲	-۰/۷۴۹	بهاکرا
۱/۱۲۳	۱/۲۳۰	۰/۲۷۰	-۰/۵۵۰	-۰/۵۱۴	-۰/۵۹۹	-۱/۱۳۴	۱/۰۲۱	۱/۳۴۶	-۰/۹۹۵	۱/۳۸۳	-۰/۹۳۰	-۰/۴۱۰	مودا
-۰/۲۶۹	-۰/۲۹۳	-۰/۱۰۰	-۰/۵۳۰	-۰/۸۰۸	۲/۰۹۳	۳/۳۴۴	۱/۲۰۵	-۰/۸۶۲	-۰/۰۲۴	-۰/۲۹۸	-۰/۴۰۸	-۰/۰۵۳	کومبو
۲/۲۸۰	۲/۱۳۳	۰/۳۳۳	-۰/۵۱۶	۳/۵۰۷	-۰/۸۹۴	-۰/۷۲۶	۰/۴۶۴	۱/۰۵۵	۱/۱۹۹	-۰/۰۴۹	-۰/۸۹۴	-۰/۶۴۸	بنی امیر
۱/۰۷۸	۱/۰۷۶	-۰/۳۰۷	-۰/۲۰۳	-۰/۳۱۵	-۰/۷۳۰	-۰/۶۰۷	-۰/۰۹۹	-۰/۲۰۳	-۰/۱۲۶	-۰/۵۰۹	۲/۱۱۸	۱/۹۸۶	افیس دونیگر
-۰/۴۶۹	-۰/۴۰۷	۲/۶۷۰	۲/۶۹۲	-۰/۶۰۹	-۰/۱۴۸	-۰/۰۵۱	-۰/۶۷۱	-۰/۱۸۴	-۰/۴۳۱	-۰/۴۴۷	۱/۱۲۱	-۰/۹۸۱	ریویاکو آلتو
۰/۳۲۶	۰/۲۷۷	۰/۳۳۹	-۰/۰۷۷	۰/۵۹۹	۰/۸۹۵	۰/۳۰۰	۰/۱۸۵	-۰/۱۸۵	-۰/۱۲۶	-۰/۶۸۳	۰/۳۳۱	-۰/۰۲۰	کونیلو
۰/۸۷۸	۰/۸۴۸	-۰/۱۸۰	۰/۸۱۶	-۰/۰۰۸	۱/۲۰۲	۰/۸۸۷	-۰/۵۶۳	۱/۰۷۵	۱/۰۴۳	-۰/۵۹۱	۱/۹۰۰	۲/۷۱۲	سالدانا
۰/۹۰۸	۰/۸۵۸	۰/۳۵۰	-۰/۶۸۵	-۰/۶۸۵	-۰/۱۵۷	-۰/۸۲۵	-۰/۳۹۲	-۰/۰۱۰	-۰/۶۳۵	۱/۵۵۳	-۰/۸۷۵	-۰/۰۵۸	کوپایتیت زیو
۰/۳۶۱	-۰/۳۹۱	-۰/۶۸۵	-۰/۶۴۸	-۰/۳۵۱	۰/۷۴۵	-۰/۲۷۳	-۰/۰۱۵	-۰/۰۱۱	-۰/۴۸۵	-۰/۴۹۷	-۰/۶۸۴	-۰/۵۲۰	ریو مایو

بودن ۱۰۰ درصدی کانال ها در شبکه بهاکرا، استفاده اینیه هیدرولیکی مناسب بر روی کانال اصلی و کانال های درجه دوم به عنوان ابزارهای تنظیم کننده در شبکه مودا و استفاده مطلوب از سرریزهای عریض در کانال های فرعی و همچنین کنترل جریان آب در پایین دست کانال اصلی در شبکه کومبو دانست. عملکرد شبکه آبیاری بهاکرا با وجود پوشش ۱۰۰ درصدی کانال ها، هم سطح شبکه های مودا و کومبو قرار گرفته است که در هیچ یک از این دو شبکه، مسیر کانال های اصلی دارای پوشش نمی باشند. در شبکه بهاکرا هیچ گونه ابزار تنظیم کننده ای بعد از انشعابات از کانال اصلی وجود نداشته و تمامی تخلیه کننده ها بدون دریچه می باشند هر چند که علاوه بر کل شبکه اصلی، ۵۰ درصد از کانال های شبکه فرعی انتقال آب این شبکه دارای پوشش بتنی هستند.

از دیگر تفاوت هایی که این خوشه با سایر خوشه ها دارد، بالا بودن هزینه های بهره برداری و نگهداری در واحد مساحت شبکه های آبیاری آن (۰/۶۹ دلار در هکتار) است. در شبکه های مالزیایی موجود در این خوشه به دلیل استفاده از آب برگشتی و یا به عبارتی استفاده مجدد از آب زهکشی خارج شده از اراضی، هزینه های بهره برداری و نگهداری سالیانه در مقایسه با دیگر شبکه های مورد مطالعه بیشتر است زیرا برگرداندن آب خارج شده از انتهای اراضی به مزارع در این دو شبکه به صورت نقلی امکان پذیر نخواهد بود.

### بررسی خوشه های هفت گانه

با استفاده از جدول ۳ می توان دریافت که هر یک از شبکه های مورد مطالعه در کدام یک از خوشه های هفت گانه قرار دارد. با مقایسه شبکه های موجود در هر خوشه و مقایسه خوشه های مختلف با یکدیگر، شباهت ها و تفاوت هایی که باعث تشکیل خوشه ها و قرارگیری هر شبکه آبیاری در خوشه ای خاص می شود، آشکار می شود. بدیهی است که شباهت ها و اختلافات موجود میان شبکه ها، همان نقاط قوت و ضعفی است که در ابتدای امر و به هنگام تعریف پروسه ارزیابی مقایسه ای شبکه های آبیاری و زهکشی با استفاده از روش خوشه بندی به آن ها اشاره شد و کشف آن ها هدف اصلی این تحقیق می باشد. جدول ۵ مراکز خوشه ها در مورد هر یک از شاخص های ارزیابی عملکرد را به دست می دهد که مرجعی برای تحلیل خوشه های هفت گانه به شمار می رود. مراکز خوشه ها برابر با میانگین شاخص های عملکرد شبکه های موجود در هر خوشه می باشد. در زیر به بررسی هر خوشه پرداخته می شود.

### خوشه اول

اولین خوشه متشکل از شبکه های مودا و کومبو از مالزی و بهاکرا از هند می باشد. در مقایسه با دیگر خوشه ها، خوشه یک دارای بیشترین راندمان تحویل آب در شبکه (۰/۷۵) است که می توان دلیل آن را استفاده از آب برگشتی در شبکه های مودا و کومبو، پوشش دار



جدول ۵- مراکز خوشه‌های هفت‌گانه

خوشه	خوشه	خوشه	خوشه	خوشه	خوشه	خوشه	شاخص عملکرد
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	
-۰/۴	-۰/۴۸	-۰/۳۷	۱/۸۹	-۰/۱۸	۰/۲۹	-۰/۶۵	میزان آب آبیاری تحویل شده در سال در واحد سطح محدوده زیر پوشش شبکه
-۰/۸۳	-۰/۲۰	-۰/۳۰	۱/۸۴	-۰/۵۴	-۰/۴۲	-۰/۸۹	میزان آب آبیاری تحویل شده در سال در واحد سطح محدوده آبیاری شده
۰/۷۵	-۰/۷۱	-۰/۳۰	۰/۲۲	-۱/۳۰	-۰/۱۵	-۰/۰۵	راندمان تحویل آب در شبکه
-۰/۷۹	-۰/۷۴	-۰/۰۴	۱/۴۲	-۰/۳۳	۰/۶۴	-۱/۲	میزان نسبی تأمین آب سالانه
-۰/۹۹	-۰/۸۶	-۰/۱۸	۱/۴	۰/۱۷	۰/۱۵	-۱/۰۶	میزان نسبی تأمین آب آبیاری سالانه
-۰/۹۷	-۰/۶۲	-۰/۳۰	-۰/۴۴	۲/۳۲	-۰/۳۸	۰/۴۶	نسبت جبران هزینه‌ها
۰/۶۹	-۰/۵۰	-۰/۳۴	-۰/۳۲	-۰/۸۲	۰/۲۹	۰/۷۳	هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری در واحد مساحت
-۱/۱	-۱/۸۷	-۰/۴۸	۰/۹۴	۰/۱۸	۰/۲۹	۰/۸۹	عملکرد وصول درآمد
-۰/۶۳	-۰/۶۱	-۰/۰۱	-۰/۲۶	۰/۳۲	-۰/۰۹	۲/۵۱	درآمد متوسط یک متر مکعب آب آبیاری تحویل شده در سال
۰/۱۳	-۱/۰۰	-۰/۶۸	-۰/۵۵	-۰/۴۸	۱/۹۱	۰/۵۲	درآمد سالانه تولیدات کشاورزی در واحد سطح محدوده زیر پوشش شبکه
-۰/۳۸	-۰/۹۴	-۰/۶۵	۰/۴۱	۰/۱۱	۲/۲۵	۰/۳۳	درآمد سالانه تولیدات کشاورزی در واحد سطح محدوده آبیاری شده
۰/۶۰	-۱/۰۲	-۰/۶۲	-۰/۷۳	۰/۵۰	۱/۱۵	۲/۲۳	درآمد سالانه تولیدات کشاورزی برحسب واحد آب آبیاری تأمین شده
۰/۵۱	-۱/۰۱	-۰/۶۲	-۰/۷۶	۰/۶۳	۱/۱۸	۲/۲۸	درآمد سالانه تولیدات کشاورزی برحسب واحد آب آبیاری تحویل شده

در صورت مقایسه سه شبکه موجود در خوشه یک مشاهده می‌شود که هزینه‌ها در شبکه کمبو (۳/۳۳۴ دلار در هکتار) بیشتر از دو شبکه دیگر است زیرا در این طرح آب برگشتی با استفاده از پمپاژ به مزارع تحویل می‌گردد. لازم به ذکر است که در بهاکرا تنها در فصل مرطوب، پمپاژ برای تخلیه زه‌آب از شبکه زهکش‌های سطحی انجام می‌گیرد. شاخص هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری در شبکه بهاکرا در مقایسه با دیگر شبکه‌های مورد مطالعه، از مقدار کمی برخوردار است اما این به معنی پایین بودن هزینه‌ها در این شبکه نیست بلکه به دلیل وسعت زیاد شبکه، هزینه‌ها در واحد سطح کاهش یافته‌اند.

به نظر می‌رسد یکی از دلایلی که موجب هم‌خوشه بودن شبکه‌های کمبو، مودا و بهاکرا شده است، مشاهده بحران مالی محسوسی است که از شاخص‌های مالی برآورد شده در این شبکه‌ها نتیجه می‌شود. شاخص نسبت جبران هزینه‌ها در این شبکه‌ها در مقایسه با شبکه‌های آبیاری سایر خوشه‌ها، کمترین مقدار را دارا می‌باشد. در شبکه کمبو هیچ‌گونه آب‌بهایی دریافت نمی‌شود و میزان آب‌بهایی دریافتی در دو شبکه دیگر نیز بسیار ناچیز است در حالی که در شبکه مودا این آب‌بهایی تنها ۰/۱ و در شبکه بهاکرا ۰/۲۹ درصد از هزینه‌های جاری شبکه را جبران می‌کند. همچنین میزان عملکرد وصول درآمد که از نسبت آب‌بهایی جمع‌آوری شده به آب‌بهایی مورد انتظار به‌دست می‌آید در رابطه مستقیمی با همکاری کشاورزان در

پرداخت آب‌بهایی می‌باشد. همان‌طور که ذکر شد در شبکه کمبو سیاست جمع‌آوری آب‌بهایی وجود ندارد و میزان این شاخص برابر صفر است که این موضوع باعث پایین آمدن مقدار این شاخص در خوشه یک شده است. در شبکه‌های مودا و بهاکرا میزان این شاخص برابر با ۰/۵ درصد می‌باشد. از جمله تدابیر مدیریتی که می‌تواند مشکلات شبکه‌های آبیاری و زهکشی را تا حدودی مرتفع کند تشکیل انجمن‌های مصرف‌کننده آب می‌باشد که یکی از وظایف آن‌ها جمع‌آوری آب‌بهایی است. در شبکه‌های مودا، کمبو و بهاکرا تشکیل این انجمن‌ها و فعالیت آن‌ها چشم‌گیر نبوده‌اند و به همین دلیل جمع‌آوری آب‌بهایی از کشاورزان به صورت مطلوب انجام نمی‌شود چراکه رابطه انجمن مصرف‌کنندگان آب با کشاورزان بسیار نزدیک و تنگاتنگ می‌باشد. پایین بودن شاخص مالی درآمد متوسط یک مترمکعب آب آبیاری تحویل شده در سال در این شبکه‌ها نیز به دلایل ذکر شده می‌باشد.

میزان نسبی تأمین آب سالانه و میزان نسبی تأمین آب آبیاری سالانه در این خوشه (به ترتیب ۰/۷۹- و ۰/۹۹-) نسبت به خوشه‌های دیگر، مقدار کمی را به خود اختصاص داده است که یکی از دلایل این موضوع، کشت برنج در این شبکه‌ها می‌باشد. دلیل دیگری که می‌تواند نسبت‌های تأمین آب را پایین نگه‌دارد میزان کم آب تخصیص داده شده برای آبیاری شبکه است. با وجود متوسط بارندگی بالا در شبکه‌های مودا و کمبو، مصرف آب زیاد در کشت برنج موجب

خواهد داشت که از جمله آن‌ها شرایط اقلیمی مناطقی است که این شبکه‌ها در آن واقع شده‌اند. در محدوده شبکه ماجالگون میانگین تبخیر و تعرق  $2/5$  برابر میانگین سالانه بارندگی می‌باشد و در شبکه لام پائو نیز میانگین تبخیر و تعرق بالاست. لازم به ذکر است که کانال‌های اصلی و فرعی شبکه‌های لام پائو و ماجالگون تقریباً به صورت کامل دارای پوشش بتنی می‌باشند و از این لحاظ هدررفت آب در آن‌ها کاهش یافته است. به هنگام مقایسه شبکه‌های موجود در خوشه دو، مشاهده می‌شود که راندمان پایین شبکه لام پائو موجب پایین آمدن راندمان تحویل این خوشه نسبت به دیگر خوشه‌هاست. موقعیت تنظیم‌کننده‌های عرضی در کانال‌ها و سازه‌های آبیاری در شبکه ماجالگون موجب گردیده که جریان‌های برداشت شده از کانال‌ها با میزان آبی که در سطح مزرعه مورد استفاده قرار گرفته هم‌خوانی نداشته باشد. در کل کنترل و اندازه‌گیری جریان آب در این شبکه ضعیف به نظر می‌رسد.

میزان نسبی تأمین آب سالانه و میزان نسبی تأمین آب آبیاری سالانه در این خوشه (به ترتیب  $-0/74$  و  $-0/76$ ) نیز مانند خوشه شماره یک، مقدار کمی را به خود اختصاص داده است که می‌توان دلیل آن را شرایط اقلیمی شبکه‌ها دانست که در هر دو شبکه میزان تبخیر و تعرق سالانه بیشتر از میانگین بارندگی در آن‌هاست و این موضوع نه تنها نیاز آبیاری محصولات را افزایش می‌دهد، از میزان آب تأمین شده در شبکه نیز می‌کاهد و نسبت‌های مذکور در شبکه را کاهش می‌دهد. مقایسه درون خوشه‌ای نشان می‌دهد که این نسبت‌ها در مورد شبکه ماجالگون بیشتر از شبکه لام پائو می‌باشد که دلیل آن می‌تواند سطح کشت پایین این شبکه نسبت به لام پائو باشد. در شبکه لام پائو تلاش و جدیت مطلوبی در جهت انطباق آب موجود در کانال‌ها با نیازهای آبیاری صورت می‌گیرد.

نسبت جبران هزینه‌ها در خوشه دو پس از خوشه شماره یک کمترین مقدار را داراست و این به دلیل حضور شبکه لام پائو در این خوشه است که هیچ‌گونه آب‌بهایی در آن جمع‌آوری نمی‌شود و مقدار این شاخص و شاخص‌های مالی دیگر را کاهش می‌دهد. میزان نسبت جبران هزینه‌ها در مورد شبکه ماجالگون نیز از حد متعارف پایین‌تر بوده و برابر با  $0/65$  درصد می‌باشد. هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری در واحد سطح در شبکه‌های این خوشه نسبتاً پایین است. به نظر می‌رسد که اولین دلیل این امر پوشش‌دار بودن کانال‌های شبکه‌های فرعی و اصلی در این شبکه‌هاست. شباهت این دو شبکه برنامه‌ریزی و نظارت بر تخصیص آب در آن‌هاست که به صورت رایانه‌ای می‌باشد. در شبکه ماجالگون برنامه‌ریزی برای تأمین آب اراضی زراعی به گونه‌ای است که هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری در واحد سطح را افزایش می‌دهد اما به دلیل وسعت بیشتر محدوده کل شبکه نسبت به اراضی تحت کشت هزینه‌ها در هکتار سرشکن شده و زیاد به نظر نمی‌رسد.

حصول مقادیر پایین برای شاخص‌های فوق‌الذکر در این شبکه‌ها گردیده است. در شبکه بهاکرا میزان بارندگی از میزان تبخیر و تعرق پایین‌تر بوده و به همین دلیل این شبکه پایین‌ترین میزان تأمین آب سالانه در خوشه یک را دارا می‌باشد اما در مورد میزان نسبی تأمین آب آبیاری سالانه مشاهده می‌شود که دو شبکه مودا و کمبو مقادیری کمتر از شبکه بهاکرا را دارا می‌باشند. چرا که در شبکه بهاکرا علاوه بر کشت برنج، کشت کتان به‌عنوان دومین کشت مهم در شبکه و کشت گندم به‌عنوان سومین کشت این شبکه موجب گشته که حجم کل آب مورد نیاز آبیاری محصولات در شبکه بهاکرا کمتر از دو شبکه دیگر باشد.

از نکات جالب توجه در این خوشه، قابل قبول بودن درآمد سالانه تولیدات کشاورزی برحسب واحد آب آبیاری تأمین شده و درآمد سالانه تولیدات کشاورزی برحسب واحد آب آبیاری تحویل شده (به ترتیب  $0/16$  و  $0/51$  دلار بر مترمکعب) می‌باشد که به نظر می‌رسد دلیل آن استفاده از آب برگشتی در این شبکه‌هاست. از آنجا که این شبکه‌ها هم در فصل خشک و هم در فصل تر دارای کشت می‌باشند. درآمد تولیدات کشاورزی در واحد سطح محدوده زیر پوشش شبکه بیشتر از درآمد تولیدات کشاورزی در واحد سطح محدوده آبیاری شده این شبکه‌ها بوده است. شکل ۴ وضعیت مراکز شاخص‌های عملکرد را در خوشه یک در قیاس با دیگر خوشه‌ها نشان می‌دهد. مستطیل سفید رنگ موجود در مقابل هر شاخص بیان‌گر محدوده‌ای است که شاخص‌ها در خوشه‌های مختلف غالباً در آن محدوده متغیر بوده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود این مستطیل‌ها در محل صفر استاندارد شده شاخص‌ها به دو نیم تقسیم شده‌اند. نقطه مربع شکل موجود در داخل، سمت راست و یا سمت چپ این محدوده نماینده جایگاه شاخص مورد نظر از خوشه مورد بررسی می‌باشد. خط ممتدی که از این نقطه می‌گذرد نیز نمایان‌گر تمایل و یا عدم تمایل مقدار شاخص مورد نظر به محدوده تغییرات مذکور می‌باشد که این ویژگی با توجه شبکه‌های موجود در هر خوشه و مقادیر شاخص‌های آن‌ها حاصل می‌شود.

## خوشه دوم

شبکه‌های آبیاری تشکیل‌دهنده خوشه دوم لام پائو از تایلند و ماجالگون از هند می‌باشند. مقایسه راندمان تحویل آب در میان تمامی شبکه‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود که مقدار این شاخص در شبکه‌های دارای راندمان‌های  $90$  درصد به بالا، بسیار به هم نزدیک بوده و تفاوت‌ها در حد صدم می‌باشد. مقدار میانگین مرکز خوشه دو در مورد شاخص راندمان تحویل پایین‌تر از برخی خوشه‌های دیگر است که البته بیان‌گر ضعف انتقال در شبکه‌های این خوشه نیست، چرا که شرایط حاکم بر این شبکه‌ها کاهش راندمان تحویل را به دنبال

خوشه سوم

دارند. شبکه‌های وشمگیر از ایران، دانتی وادا از هند، کوئیلو از کلمبیا، کوپاتیت زیو و ریو مایو از مکزیک شبکه‌های آبیاری و زهکشی تشکیل‌دهنده خوشه سوم می‌باشند.

در میان خوشه‌های تشکیل شده، خوشه شماره ۳ دارای بیشترین عضو بوده و پنج شبکه از ۱۸ شبکه مورد مطالعه در این خوشه قرار



شکل ۴- مراکز خوشه یک در قیاس با سایر خوشه‌ها

شبکه دانتی وادا فقط یک انجمن مصرف کنندگان آب تشکیل شده است و انگیزه قابل توجهی برای تشکیل انجمن های بیشتر به چشم نمی خورد. در شبکه ریومایو بهره برداری از سیستم اصلی، به وسیله یک سازمان حرفه ای که تحت استخدام انجمن های مصرف کنندگان آب می باشد صورت می گیرد و بهره برداری از سیستم های توزیع نیز به عهده خود انجمن ها می باشد و این سبب شده که شاخص های مالی این شبکه نظیر نسبت جبران هزینه ها و عملکرد وصول درآمد در حد قابل قبولی واقع شود. در شبکه وشمگیر با وجود هزینه های نگهداری و بهره برداری بالایی که به دلیل اتمام عمر مفید سد وشمگیر، تجهیزات و تأسیسات شبکه آبیاری و همچنین تخریب دیواره های کانال ها توسط کشاورزان به منظور تأمین آب اراضی کم وسعت خود به شبکه تحمیل می شود، با توجه به این که حدود ۷۰ درصد از اراضی آن تحت مدیریت تعاونی ها و تشکل های آب بران می باشد، شاخص های مالی آن در حد قابل قبولی قرار دارند.

پایین بودن درآمد سالانه تولیدات کشاورزی در واحد سطح در این خوشه به دلیل وجود دو شبکه وشمگیر و دانتی وادا در این خوشه می باشد. در شبکه وشمگیر به دلیل عدم تحویل به موقع آب به کشاورزان در هنگام نیاز مبرم آن ها به آبیاری تولید در هکتار کاهش یافته است (۴ و ۶). همچنان که وجود انجمن های مصرف کننده آب به همراه ارائه آموزش های مورد نیاز به بهره برداران در شبکه ریومایو از همین خوشه باعث شده است که مقدار شاخص درآمد سالانه تولیدات کشاورزی در واحد سطح محدوده آبیاری شده در آن به نسبت شبکه های دیگر در سطح بالایی قرار گیرد. شبکه کوئیلو که انجمن مصرف کنندگان آب کل شبکه را راه اندازی می کند و در اغلب کارها کارکرد مطلوبی دارند، بالاترین درآمدهای سالانه تولیدات کشاورزی را داشته است.

#### خوشه چهارم

خوشه چهارم متشکل از شبکه های دز از ایران، افسیس دونیگر از مالی و سالدانا از کلمبیا می باشد. خوشه چهارم بالاترین میزان شاخص های آب آبیاری تحویل شده در سال در واحد سطح محدوده زیرپوشش شبکه، آب آبیاری تحویل شده در واحد سطح محدوده آبیاری شده، میزان نسبی تأمین آب سالانه و میزان نسبی تأمین آب آبیاری سالانه را در بین خوشه ها دارا می باشد. این امر نه تنها تأثیر مثبتی در راندمان ها و پارامترهای مدیریتی این شبکه ندارد بلکه هدررفت آب در این شبکه ها مدیریت آن ها را زیر سؤال می برد. یکی از دلایل مصرف مازاد آب در این خوشه، وجود شبکه سالدانا است که در میان ۱۸ شبکه مورد مطالعه در این طرح کمترین راندمان آبیاری را داراست و از نکات منفی این شبکه انحراف آب از منبع به اراضی است که در آن ها هیچ گونه کشتی صورت نمی گیرد، همچنین جریان آب در

مقایسه خوشه ها نشان می دهد که خوشه سه، پس از خوشه یک بهترین راندمان تحویل را داراست (۰/۳) و این به دلیل حضور شبکه های وشمگیر، دانتی وادا و کوپاتیت زیو با مسیرهای کانال های اصلی و فرعی دارای ۱۰۰ درصد پوشش بتنی در این خوشه می باشد (جدول ۳). لازم به ذکر است که این سه شبکه تنها شبکه هایی هستند که ۱۰۰ مسیر کانال های اصلی و فرعی آن ها پوشش بتنی دارند. در کنار این شبکه ها، شبکه کوئیلو قرار دارد که درصد پوشش بتنی در مسیر کانال های اصلی آن صفر و در کانال های فرعی آن نیز تنها ۶ درصد پوشش مشاهده می شود. دلیل همسان بودن راندمان این شبکه با سه شبکه مذکور استفاده از آب برگشتی در این شبکه است که البته استفاده از آب برگشتی در این شبکه به صورت ثقلی صورت می گیرد.

در میان خوشه های هفت گانه، در مقایسه مقادیر میزان نسبی تأمین آب سالانه و میزان نسبی تأمین آب آبیاری سالانه، خوشه سه در موقعیت متوسطی قرار دارد و میانگین مقادیر این شاخص ها به ترتیب برابر با ۲/۵ و ۲/۰ می باشد. این بدین معناست که سالانه ۲/۵ برابر آنچه مورد نیاز محصولات در این شبکه هاست، تأمین آب صورت می گیرد و این خود از عواملی است که تولید به ازای میزان آب مصرفی را کاهش می دهد و به عبارتی بهره وری آب در شبکه را پایین می آورد. در میان شبکه های خوشه سه، ریومایو پایین ترین میزان نسبی تأمین آب سالانه را داراست که دلیل آن استفاده از نرم افزار سفارش تحویل آب می باشد. با استفاده از این نرم افزار شبکه ریومایو تبدیل به یک سیستم انعطاف پذیر شده است که تحویل آب در آن همراه با کنترل مطلوب هیدرولیکی (ظرفیت جریان و سطح آب در کانال) صورت می گیرد.

بررسی شاخص های مالی شبکه های موجود در این خوشه نشان می دهد که کمترین نسبت جبران هزینه ها متعلق به شبکه دانتی واداست. معضل مهم ته نشینی رسوبات وارده به شبکه همراه جریان آب در شبکه های دانتی وادا و کوئیلو، هزینه های بهره برداری و نگهداری این شبکه ها را افزایش داده است. میزان هزینه های بهره برداری و نگهداری در شبکه کوئیلو بسیار بیشتر از دانتی واداست به طوری که در مورد شبکه کوئیلو مقدار استاندارد شده این هزینه ها برابر با ۰/۳ بوده و در شبکه دانتی وادا ۰/۵۳- محاسبه شده است. این در حالی است که نسبت جبران هزینه ها در کوئیلو ۰/۱۸ و در دانتی وادا ۱/۰۸- می باشد. در شبکه کوئیلو انجمن های مصرف کنندگان آب بسیار فعال بوده و هیئت مدیره آن به راهبری های بازرگانی آگاه می باشد و کشاورزان معتقدند که آبونمان آب در ازاء ارائه خدمات مورد نیاز در زمینه توزیع آب کافی باید پرداخت شود. به علاوه آن ها ارجح می دانند که اعتبارات جمع آوری شده مستقیماً در اختیار انجمن مصرف کنندگان آب قرار داده شود نه این که ابتدا به تشکیلات دولتی تحویل و سپس به انجمن مصرف کنندگان آب بازگردد. حال آن که در

تسطیح اراضی بر میزان تولیدات خود بیفزایند. در میان شبکه‌های مذکور شبکه دز با مقدار استاندارد شده درآمد در واحد سطح سالانه برابر با ۱/۰۳ بیشترین راندمان تولیدات کشاورزی را داشته است حال آنکه بیشترین مصرف آب می‌بایست بیشترین تولید محصول را نیز به دنبال داشته باشد.

### خوشه پنجم

شبکه‌های تشکیل‌دهنده خوشه پنجم شبکه‌های آبیاری و زهکشی سفیدرود و تجن از ایران می‌باشند. میزان آب تحویلی در این خوشه کمتر از دیگر خوشه‌ها می‌باشد که دلیل آن کمبود آب در محدوده شبکه تجن و وسعت زیاد شبکه سفیدرود و کاهش میزان آب تحویلی در واحد سطح به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه کشت غالب این شبکه‌ها برنج می‌باشد و با در نظر گرفته میزان آب تحویلی، پایین بودن نسبت تأمین آب سالانه در این خوشه قابل تصور می‌باشد. ولی به دلیل اقلیم حاکم بر این مناطق و بهره‌مندی از بارندگی مناسب، نسبت تأمین آب آبیاری در این شبکه‌ها در حد قابل قبول است.

در میان تمامی شبکه‌های مورد مطالعه، شبکه تجن کمترین راندمان انتقال را داراست (۲/۳۱۴-) و این به دلیل مشکلات موجود در بهره‌برداری در این شبکه می‌باشد که از جمله این معضلات عدم رعایت استاندارد بهره‌برداریست. کلیه دریاچه‌های تنظیم‌کننده موجود در شبکه از نوع آمیل بوده و این دریاچه‌ها طبق استانداردهای خاصی از نظر میزان بازشدگی و دبی جریان قادرند به‌طور خودکار عمل نموده، جریان را به‌صورت تنظیم‌شده هدایت کنند. اما متأسفانه به جهت فروش آب به‌صورت غیراصولی و به‌سبب عبور جریان‌هایی متفاوت با دبی طرح، با استفاده از روش‌های غیرفنی از قبیل قرار دادن کنده‌های چوبی و یا استفاده از قفل و زنجیر اقدام به کاهش و یا افزایش میزان بازشدگی دریاچه‌ها کرده‌اند. معضل دیگری که از ضعف‌های این شبکه تلقی می‌شود برداشت غیراصولی آب بدون استفاده از دریاچه‌های آبخیز می‌باشد. گاه‌ها نیز زارعان به‌طور غیرمجاز و یا با مجوز اقدام به برداشت آب با موتور پمپ و یا سیفون نموده‌اند که نه تنها با این اقدام شرایط تخریب جاده‌های دسترسی شبکه را فراهم نموده‌اند بلکه امکان اندازه‌گیری نسبت میزان جریان برداشتی نیز از مسئولان سلب شده است و این میزان برداشت‌های غیراصولی در میزان آب تحویلی به مزارع محاسبه نشده و در نهایت راندمان انتقال شبکه را کاهش می‌دهد.

هرچند که با توجه به نتایج حاصل از خوشه‌بندی شبکه‌ها، هزینه بهره‌برداری و نگهداری در خوشه پنج پایین‌ترین میزان را دارد (۰/۸۲-) اما این به دلیل حضور شبکه سفیدرود با مساحت زیاد و کاهش هزینه‌ها در واحد سطح در این شبکه می‌باشد. هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری در شبکه تجن پایین نیست و این به دلیل

کانال اصلی شبکه سالدانا در سراسر سال به‌جای انطباق با نیاز گیاهان ثابت باقی می‌ماند. در مورد شبکه دز نیز می‌توان گفت که هدررفت آب در مزرعه‌های آن بسیار بالا گزارش شده است و احتمالاً به این دلیل است که عرضه آب در شبکه بر حسب تقاضا صورت نمی‌گیرد. بیشترین نسبت‌های تأمین آب سالانه و تأمین آب آبیاری سالانه در میان تمامی شبکه‌های طرح متعلق به شبکه دز می‌باشد و مقدار استاندارد شده این شاخص‌ها به‌ترتیب برابر با ۳/۰۸ و ۲/۹۱ بوده است که ممکن است به دلیل عدم حضور انجمن‌های بهره‌برداران و یا انجمن‌های مصرف‌کنندگان آب در این شبکه باشد. تمامی این موارد موجب این می‌شود که در هر سه این شبکه‌ها راندمان ضعیف آبیاری مشاهده شود. برخلاف دو شبکه دیگر در شبکه آفیس دونیگر عرضه بر حسب تقاضاست اما عدم استفاده مجدد از زه‌آب سطحی در سیاست‌های این شبکه، میزان آب مصرفی را افزایش می‌دهد. شبکه آفیس دونیگر نمونه بارزی از شبکه‌هایی است که می‌تواند بیشترین استفاده از آب برگشتی را داشته باشد. خاک اراضی تحت کشت در این شبکه نسبتاً سنگین بوده و نفوذپذیری آن‌ها بسیار پایین می‌باشد و به لحاظ توپوگرافی نیز مسطح می‌باشد و در نتیجه قسمت اعظمی از روان‌آب می‌تواند به درون زهکش‌های سطحی هدایت شده و به راحتی پمپاژ مجدد صورت گیرد.

نسبت جبران هزینه‌ها و عملکرد وصول درآمد در شبکه‌های این خوشه مناسب می‌باشد به‌طوری‌که این خوشه بالاترین سطح عملکرد وصول درآمد را داراست (۰/۹۴) و این نکته از جنبه‌های مثبت خوشه تلقی می‌شود و این وابسته به حضور شبکه‌های آفیس دونیگر و سالدانا است که فعالیت انجمن‌های بهره‌برداران آب در آن‌ها بسیار مطلوب است. در این شبکه‌ها انجمن‌ها حقایق را جمع‌آوری می‌کنند و کارکنان متخصص را به‌کار می‌گیرند. هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری در واحد مساحت از دیگر شاخص‌های این خوشه است که بالاتر از دیگر خوشه‌ها قرار گرفته است ولی از جنبه‌های مثبت و امیدوار کننده خوشه مورد بررسی نمی‌باشد و این به دلیل حضور دو شبکه سالدانا و آفیس دونیگر است. شبکه آفیس دونیگر محیط مناسبی برای رشد گیاهان آبزی بوده و سالدانا نیز دارای رسوبات بسیار فراوان سیلت می‌باشد که هر ساله هزینه زیادی برای مرتفع کردن این مسایل صرف می‌شود.

درآمد حاصل از تولید محصول در واحد سطح این خوشه نسبت به خوشه‌های دیگر در وضعیت مناسبی قرار دارد. در شبکه سالدانا با تراکم کشتی قابل قبول مقدار استاندارد شده شاخص درآمد در واحد سطح برابر با ۰/۸۱ می‌باشد و در بین شبکه‌های دارای کشت برنج دومین رتبه تولید محصول را داراست. شبکه آفیس دونیگر نیز دارای تولید در واحد سطح بالایی می‌باشد که می‌توان آن را یکی از اثرات فعالیت و مدیریت انجمن‌های بهره‌برداران در این شبکه دانست. به علاوه در قسمت‌هایی از شبکه آفیس دونیگر کشاورزان توانسته‌اند با

فرایند تقاضا و عرضه آب در این شبکه، که در سطح بالایی از نظم و ترتیب و سازماندهی در حال اجراء است، فقدان این انجمن ها محسوس نیست بر خلاف شبکه‌هایی که راندمان ها و شاخص‌های ضعیف آن‌ها لزوم تشکیل این انجمن‌ها را ملموس می‌کند. در بنی امیر کشاورزان مجبور به همکاری هستند اما این همکاری در ارتباط با عدم دریافت آب در خارج از ساختمان آبیگر است که در برخی از پروژه‌ها خلاف این روند مشاهده می‌شود و در پی آن متحمل هزینه‌های تعمیر و نگهداری کانال‌ها و دریاچه‌های تخریب شده می‌شوند و همچنین راندمان تحویل سالانه شبکه افت خواهد کرد. در شبکه بنی امیر زمان‌بندی تحویل آب به صورت هفتگی و براساس درخواست‌های آب (از دو هفته قبل) تنظیم می‌شود. امکانات پروژه به صورت روش پیشرفته‌ای برای آماده‌سازی کشاورزان توسعه یافته است تا اینکه آن‌ها با اطلاعات خیلی ساده از زمان دریافت آب آگاه گردند. تهیه برنامه زمان‌بندی و آب قابل اعتماد، کفایت و اطمینان در تأمین آب را در اغلب اوقات فراهم می‌کند.

از دیگر نکات قابل توجه در شبکه بنی امیر که از دلایل به انحصار در آوردن خوشه هفتم توسط این شبکه می‌باشد، حرکت به سوی سیستم پایش از دور توسط این شبکه است. مجریان این پروژه مبادرت به اجرای برنامه نظارتی از راه دور نموده‌اند که این امر توان راهبران را ارتقاء بخشیده است. در این پروژه نقاط حساس راهبردی از جمله سرریزهای جانبی را مورد واررسی و نظارت دقیق‌تر قرار می‌دهند. تمامی تکنولوژی‌های مورد استفاده در پروژه بنی امیر، سیستم را متحمل هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری می‌کند که این موضوع در جدول شماره ۷ قابل مشاهده است. طبق جدول مذکور مقدار استاندارد شده شاخص هزینه بهره‌برداری و نگهداری در این خوشه برابر با ۰/۷۳ می‌باشد که بالاترین مقدار در میان خوشه‌هاست. پس از خوشه هفت، خوشه یک بالاترین هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری را داراست و این درحالیست که درآمد متوسط یک مترمکعب آب آبیاری تحویل شده در سال در این خوشه‌ها قابل قیاس نیستند، به طوری که مقدار میانگین مقادیر استاندارد شده این شاخص در خوشه هفتم برابر با ۳/۵۱ و در خوشه یک برابر ۰/۶۳- برآورد شده است.

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده ترکیبی از شیوه مقایسه‌ای و داده‌کاوی (خوشه‌بندی) می‌تواند به‌عنوان ابزاری توانمند و کاربردی در ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار گیرد. طبقه‌بندی شبکه‌های آبیاری در قالب خوشه‌های همگن بر اساس مقدار کمی شاخص‌های ارزیابی مختلف، امکان بررسی و شناخت دقیق نقاط قوت و ضعف هر شبکه را نسبت به سایر شبکه‌ها در درون خوشه و دیگر خوشه‌ها و سنجش عملکرد این سامانه‌ها را تا

عدم رعایت فرهنگ بهره‌برداری توسط بهره‌برداران و همچنین نقص‌های شبکه آبیاری می‌باشد. تلاش در خصوص فرهنگ‌سازی در میان کشاورزان این منطقه از جمله راهکارهای اساسی در کاهش معضلات و هزینه‌های این شبکه می‌باشد. از جمله نقص‌های ذکر شده نیز نبود آشنال‌گیر مناسب در مبادی ورودی و خروجی جریان می‌باشد که موجب انسداد و گرفتگی و در نتیجه افت جریان می‌گردد و حتی در برخی موارد مشکلات ناشی از انسداد به قدری حاد می‌شود که با استفاده از روش‌های معمول برطرف نمی‌شود. از طرفی با توجه به اقلیم منطقه و بارش رگبارهایی که پیامد آن ورود جریان‌های با بار رسوب بسیار بالا به داخل شبکه است، بخش‌هایی از شبکه با مشکلات رسوب‌گذاری مواجه است که خود از زمینه‌های افزایش هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری می‌باشد.

### خوشه ششم

سیحان از ترکیه و ریویاکو آلتو از جمهوری دومینیکن شبکه‌های آبیاری تشکیل‌دهنده ششمین خوشه از خوشه‌های هفت‌گانه این تحقیق می‌باشند. مسیرهای انتقال اصلی و فرعی در شبکه‌های سیحان و ریویاکو دارای پوشش بتنی هستند. اما در پروژه سیحان عدم حضور و استفاده از منبع ذخیره آب در شبکه و استفاده نادرست از سرریزهای جانبی در سازه‌های تنظیم‌کننده و در پروژه ریویاکو آلتو نیز عدم کارایی اغلب تنظیم‌کننده‌ها در کانال‌های درجه دو و ضعف ابنیه‌های کنترل در کانال اصلی موجب شده که راندمان تحویل مناسبی (۰/۱۵-) در مقایسه با دیگر خوشه‌های مورد مطالعه شاهد نباشیم.

با مقایسه شاخص‌های تولیدی و راندمان‌های مربوط به تولید کشاورزی در خوشه‌ها، مشاهده می‌شود که خوشه ششم جایگاه مناسبی دارد و دلیل آن وجود شبکه ریویاکو آلتوست. شبکه ریویاکو به واسطه کشت توتون و به دلیل قیمت بالای آن بیشترین درآمد تولیدات کشاورزی را در بین ۱۸ شبکه مورد مطالعه دارا می‌باشد.

### خوشه هفتم

شبکه بنی‌امیر از کشور مراکش تنها شبکه آبیاری موجود در خوشه هفتم می‌باشد. با توجه به جدول شماره ۵ شبکه بنی‌امیر دارای کمترین حجم آب تحویلی در واحد سطح محدوده آبیاری شده و بیشترین درآمد سالانه تولیدات کشاورزی برحسب واحد آب آبیاری تحویل شده و درآمد سالانه تولیدات کشاورزی برحسب واحد آب آبیاری تأمین شده می‌باشد. در این پروژه برنامه تسطیح اراضی اجرا گردیده که در افزایش تولید زراعی و بهبود راندمان آبیاری در مزرعه تأثیرات چشم‌گیری خواهد داشت. از نکات قابل تأمل در پروژه بنی‌امیر عدم حضور انجمن مصرف‌کنندگان آب می‌باشد که با وجود

## سیاسگزاری

بدینوسیله از حمایت‌های سازمان آب و برق خوزستان (طرح شماره KUI86023) و معاونت پژوهشی و فناوری پردیس ابوریحان دانشگاه تهران تشکر و قدردانی می‌گردد.

حد مطلوبی فراهم می‌نماید. بررسی خوشه‌های مورد مطالعه در این تحقیق نشان داد، وجود و بهره‌برداری از سیستم زه‌آب برگشتی، وجود و بهره‌برداری مناسب از سازه‌های تنظیم و تجهیزات اندازه‌گیری جریان، تسطیح اراضی، پوشش کانال‌های آبیاری و تشکل‌های فعال آب‌بران مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده سطح عملکرد تحویل آب به بهره‌برداران و اقتصاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی می‌باشند.

## منابع

- ۱- بهره دار د. ۱۳۸۶. راهنمای عملی ارزیابی عملکرد آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، گروه کار ارزیابی عملکرد سامانه های آبیاری و زهکشی (ترجمه).
- ۲- جلیلی ج.، جلی س.ج.، قمرنیا ه.، منعم م.ج. ۱۳۸۵. ارزیابی شبکه‌های آبیاری به روش Benchmarking با تعیین ارزش نسبی شاخص‌ها. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۷، شماره ۲۹، ص ۸۸-۷۱.
- ۳- شهرابی ج. ۱۳۸۶. داده کاوی. جهاد دانشگاهی، واحد دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- ۴- عجم م.ر. ۱۳۸۳. مقایسه مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری سد گلستان یک، سد کوثر و سد وشمگیر در استان گلستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات.
- ۵- قاهری ع. ۱۳۸۳. راهنمای ارزیابی مقایسه‌ای و کاربرد آن در شبکه‌های آبیاری و زهکشی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران (ترجمه).
- ۶- مؤمنی ب. ۱۳۸۲. ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری و زهکشی سد گرگان با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، دانشکده علوم کشاورزی ساری، گروه مهندسی آب.
- ۷- نیرومند ح. ۱۳۷۸. تحلیل آماری چند متغیری کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- 8-Blumenstein M. 2010. Computer Skills Development Programme PASW (SPSS) Overview. Student Learning Centre, University of Auckland.
- 9-Burt C.M., and Styles S.W. 1999. Modern water control and management practices in irrigation. impact on performance. Water Reports 19. 224 p. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISSN 1020-1203. ISBN 92-5-104282-9.
- 10-Cornish G.A. 2005. Performance benchmarking in the irrigation and drainage, Experiences to date and conclusions. Report OD 155.
- 11-Davies D.L., and Bouldin D.W. 2000. A cluster separation measure. IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 1(4): 224-227.
- 12-Jayatillake H.M. 2004. Application of performance assessment and benchmarking tool to help improve irrigation system performance in Sri. Irrig. and Drain. 53: 185-193.
- 13-Malana N.M., and Malano H.M. 2006. Benchmarking productive efficiency of selected wheat areas in Pakistan and India using data envelopment analysis. Irrig. and Drain. 55: 383-394.
- 14- Malano H., and Burton M. 2001. Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector. In: International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage. IPTRID Secretariat Food and Agriculture Organization of the United Nations, ISBN 92-5-104618-2.
- 15-Molden D., Sakthivadivel R., Christopher J., Perry C., and Kloezen W.H. 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research report 20, Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- 16-Rodríguez-Díaz J.A., Camacho-Poyato E., López-Luque R., and Pérez-Urrestarazu L. 2008. Benchmarking and multivariate data analysis techniques for improving the efficiency of irrigation districts: An application in Spain. Agricultural Systems. 96: 250-259.



## Performance Assessment of Some Irrigation Networks in the World Using Benchmarking and Data mining Techniques

M. Zahmatkesh<sup>1</sup>- A.A. Montazar<sup>2\*</sup>

Received:26-7-2010

Accepted:23-7-2011

### Abstract

The objective of the present study is to assess the performance of 18 irrigation districts from ten countries in the world using the Benchmarking method and data mining analysis (cluster analysis). Irrigation networks of Dez, Sefidrood, Tajan and Voshmgir from Iran have been compared with 14 irrigation districts from nine other countries. The k- means algorithm was used to analyze the performance indicators, thereby enabling irrigation districts to be classified into seven statistically homogeneous groups. The results showed that the irrigation districts without any canal coverage and irrigation districts with 100% of concrete coverage in the main canal and 50% in the secondary canals may be classified into a homogeneous group due to drainage water recycling system. In other words, canal coverage and drainage water recycling may prepare an appropriate water delivery condition. Land-leveling plays an important role to improve yield production in the irrigation districts. Increasing 1.5 to 2 t ha<sup>-1</sup> in yield production for Bani amir district of Morocco and Office du niger of Mali due to the implementation of land-leveling has been experimented. The evaluation indicated that water user association (WUA) is another factor to improve the management process of the irrigation districts. The economic indicators in Voshmgir area have a high value because of the WUAs and managing around 70% of the irrigated areas by them. Lack of these organizations in the Dez irrigation district, increased the amount of annual relative irrigation supply indicator to 3.08. This indicator in Office du niger district with the WUAs is just 0.12. Benchmarking and data analysis techniques are powerful tools to evaluate efficiency in irrigation districts.

**Keywords:** Benchmarking, Cluster analysis, Data mining, Irrigation district, Performance assessment

---

1,2- MSc Student and Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Campus of Abouriahan, University of Tehran

(\*-Corresponding Author Email: almontaz@ut.ac.ir)