انتخاب و رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری در استان اصفهان: کاربرد ماتریس معیارها، کارایی کیفی گزینه‌ها و برنامه‌ریزی چندمعیاری

هادی رفیعی دارانی[۱]، محمد بخشوده[۲] و منصور زیبایی[۲]

چکیده

هدف اصلی این مطالعه، تعیین بهترین سیستم آبیاری و رتبه‌بندی کل سیستم‌های آبیاری قابل کارکرد در استان اصفهان است. آمار و اطلاعات مورد نیاز از طریق تکمیل پرسش‌نامه از ۲۶۲ زارع دو شهرستان‌های فریدن و سمیرم در استان اصفهان به‌دست آمد. رتبه‌بندی و مقایسه سیستم‌ها از طریق روش‌های ماتریس معیارها و کارایی کیفی گزینه‌ها و برنامه‌ریزی توافقی انجام شد. در این مطالعه، سیستم‌های بارانی خطی، دورانی، تفنگی، چرخدار، کلاسیک ثابت و کلاسیک متحرک مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و بعد از آن کلاسیک متحرک، و در مواردی نیز فقط کلاسیک متحرک، به‌عنوان بهترین سیستم است. نتایج حاصل نشان دهنده تفاوت اندک بین انتخاب کشاورزان دارای آبیاری بارانی و سیستم مناسب منطقه است. هم‌چنین مقایسه نتایج سیستم مناسب منطقه با کشاورزان دارای آبیاری سنتی نشان دهنده تفاوت نسبتاً زیاد بین سیستم مورد استفاده کشاورزان با سیستم بهینه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب سیستم آبیاری، برنامه‌ریزی چند معیاری، برنامه‌ریزی توافقی، ماتریس معیارها و کارایی کیفی گزینه‌ها، اصفهان

مقدمه

یکی از راه‌های مقابله با محدودیت آب در بخش کشاورزی، به‌کارگیری و استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار است که در ایران با توجه به محدودیت بالای آب، این مسأله در اولویت برنامه‌های توسعه دولت قرار گرفته است. از آنجایی که در مورد سیستم‌های آبیاری، انواع زیادی سیستم اعم از سنتی و تحت‌فشار وجود دارد، انتخاب نوع سیستم به‌عنوان سیستم بهینه کار مشکلی است. انتخاب تکنولوژی آبیاری صرفاً بر اساس بازده آبیاری و بدون در نظر گرفتن دیگر عوامل، ممکن است یک انتخاب بهینه نبوده و لذا جوابگوی نیاز آبیاری منطقه نباشد. بنابراین باید کلیه عوامل مؤثر مانند بازده آبیاری، هزینه‌های اولیه و نگه‌داری، شیب و شکل مزرعه، نوع خاک، نوع محصول، نوع آب و منابع آبی و شرایط اقلیمی منطقه بررسی و ارزیابی شوند. با توجه به پیچیدگی‌های این عوامل در رابطه با سیستم‌های مختلف آبیاری، لزوم تعیین سیستم مناسب آبیاری مشخص می‌گردد. بنابراین هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی و تعیین

۱. کارشناس ارشد پژوهش‌های اقتصادی، جهاد دانشگاهی، واحد مشهد
۲. استادیاران اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

بهترین سیستم آبیاری و رتبه‌بندی تمام سیستم‌های آبیاری قابل کارکرد در منطقه می‌باشد.

در مطالعات گذشته برای ارزیابی و تعیین سیستم مناسب آبیاری از روش‌های مختلفی همچون مدل C-Z (- این مدل برای اولین‌بار در سال ۱۹۸۵ توسط کازول و زیلبرمن (۷) ارائه شد و به‌خاطر استفاده زیاد در مطالعات، به مدل C-Z که از نام آنها گرفته شده، معروف شده است.)، ماتریس معیارها و کارایی کیفی گزینه‌ها و روش تصمیم‌گیری چند معیاری (MCDM) (Multi Criteria Decision Making (MCDM)) استفاده شده است. در روش C-Z که اولین بار توسط کازول و زیلبرمن (۷) ارائه شد، برای تعیین تکنولوژی آبیاری از مدل‌های لوجستیک استفاده کردند. آنها از نوع محصول، منبع آب و هزینه آب برای تعیین تکنولوژی مناسب استفاده کردند و تفاوت در نوع خاک و کیفیت زمین و آب و هوا را در اختلاف عملکرد و هزینه‌ای دانستند که در سود هر کشاورز وارد می‌شود. ماترس معیارها و کارایی کیفی گزینه‌ها از دیگر روش‌هایی است که در مطالعاتی همچون کلر و بلیسنر (۱۰) و بارت و همکاران (۶) به‌کار برده شده و در آنها، با در نظر گرفتن خصوصیات و ویژگی‌های خاص هر مزرعه اقدام به تعیین بهترین سیستم آبیاری می‌شود. یکی دیگر از روش‌هایی که در مطالعات گذشته برای انتخاب سیستم بهینه آبیاری استفاده شده، برنامه‌ریزی چند معیاری است. برنامه‌ریزی چند معیاری شامل طیف وسیعی از تکنیک‌های مختلف همچون برنامه‌ریزی مرکب (Composite Programming) (CoP)، برنامه‌ریزی مرکب فازی (Fuzzy Composite Programming) (FCoP)، روش الکتر یک و دو و سه (ELECTRE I, II and III (E I, II, III))، نظریه بازی‌ها (Game Theory (GT))، برنامه‌ریزی پویا (Dynamic Programming) (DM)، برنامه‌ریزی هدف (Goal Programming) (GM)، برنامه‌ریزی توافقی (Compromise Programming) (CP)، برنامه‌ریزی توافقی فازی (Fuzzy Compromise Programming) (FCP) و فرایند سلسله مراتب تحلیلی است. به‌کارگیری و استفاده از این روش‌ها بسته به مشکل و معضل پیش آمده و مسأله تحقیق دارد. از جمله روش‌های فوق که در مطالعات گذشته برای تعیین تکنولوژی مناسب آبیاری به‌کار گرفته شده برنامه‌ریزی پویا، فرایند سلسله مراتب تحلیلی و برنامه‌ریزی توافقی است.

کاربرد اصلی برنامه‌ریزی خطی پویا در رابطه با مسائلی است که نیاز به سرمایه‌گذاری چند ساله دارد. در واقع برنامه‌ریزی خطی پویا بر مطالعه ساختار و استفاده بهینه از سرمایه در طول زمان متمرکز است. از جمله مشکلاتی که در استفاده از این روش وجود دارد این است که انتظارات آینده را با قطعیت بهینه می‌کند و چون در طول زمان شرایط به‌طور غیر منتظره‌ای تغییر می‌کند بنابراین جواب بهینه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵). با توجه به مشکل بالا و هم‌چنین عدم در نظر گرفتن خصوصیات فنی و اقلیمی مزرعه در آن، از این روش به راحتی نمی‌توان در تعیین سیستم مناسب آبیاری استفاده کرد.

روش فرایند سلسله مراتب تحلیلی(AHP)، تجزیه و تحلیل مسائل چند معیاری را در قالب سلسله مراتب انجام می‌دهد. در این روش معیارهای مورد نظر در سطوح مختلف با معیارهای در سطوح بالاتر مقایسه گردیده و بر اساس درجه اهمیت موجود در یک سلسله مراتب قرار می‌گیرند. اطلاعات به‌دست آمده به‌صورت کمی ارائه می‌شوند که در فرم یک ماتریس قابل تنظیم می‌باشند. از این ماتریس به منظور تهیه مقیاس نسبی (Ratio scale) بین داده‌ها استفاده می‌گردد که برای مقایسه و انتخاب گزینه‌ها به‌کار می‌رود (۱۱ و ۱۲). از جمله مطالعاتی که در آن از روش AHP استفاده شده می‌توان به مطالعه کرمی (۹) در مورد تناسب پذیرش کشاورزان در مورد روش‌های آبیاری، مطالعه دارابی (۳) تحت عنوان تصمیم‌گیری به کمک AHP، مطالعه خلیلی (۲) در مورد مقایسه دو روش برنامه‌ریزی توافقی و AHP و مطالعه ابراهیمی (۱) در مورد بررسی عوامل مؤثر بر انتخاب روش آبیاری اشاره کرد.

روش برنامه‌ریزی توافقی (CP) یکی دیگر از روش‌هایی است که در مطالعات گذشته برای تعیین تکنولوژی مناسب

آبیاری به‌کار گرفته شده است. در این مورد می‌توان به مطالعه تکله و یتایو (۱۴)، جوندی (۸)، خلیلی (۲) و ضیائی (۴) اشاره کرد. آنها از معیارهایی همچون دبی جریان آب، کیفیت آب، هزینه‌های اولیه و عملیاتی، نیاز سیستم به متخصص و مهارت نیروی کار، بافت خاک، سرعت باد، اندازه و شکل مزرعه و تنوع در محصول، برای دستیابی به اهدافی همچون افزایش راندمان آبیاری، سازگاری سیستم با شکل مزرعه و محصول، سازگاری با اقلیم، باد و هم‌چنین کیفیت آب استفاده کردند. در نهایت با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی به رتبه‌بندی تکنولوژی‌های آبیاری پرداختند. تکله و یتایو (۱۴) عنوان کردند که از برنامه‌ریزی خطی نیز می‌توان برای انتخاب سیستم بهینه آبیاری استفاده کرد. ولی به‌دلیل ناتوانی برنامه‌ریزی خطی در وارد کردن تمام شرایط واقعی کشاورز، مزرعه و اقلیم استفاده از برنامه‌ریزی توافقی بهتر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

عواملی که در انتخاب تکنولوژی آبیاری مؤثر است تنها محدود به عوامل اقتصادی نیست. در واقع در انتخاب و گزینش این نوع تکنولوژی‌ها علاوه بر عوامل اقتصادی باید به محدودیت‌ها و مزایای سیستم‌های آبیاری در شرایط مختلف محیطی، کارایی آنها با توجه به منابع آبی و خاکی موجود، راندمان تکنولوژی مورد نظر و عوامل بومی منطقه نیز توجه شود. از این‌رو در این مطالعه دو روش ماتریس معیارها و کارایی کیفی گزینه‌ها و هم‌چنین تصمیم‌گیری چند معیاری برای انتخاب سیستم بهینه آبیاری استفاده شده که در این دو روش اکثر عوامل مؤثر بر گزینش آبیاری لحاظ شده‌اند.

الف) ماتریس معیارها و کارایی کیفی گزینه‌ها

برای استفاده از ماتریس معیارها و کارایی کیفی گزینه‌ها ابتدا معیارها و ویژگی‌های خاص هر مزرعه که در رابطه با سیستم‌های آبیاری در نظر گرفته شده تعیین شد که از جمله می‌توان شکل مزرعه، شیب مزرعه، نوع خاک، نوع آب و امثالهم را نام برد. هم‌چنین سیستم‌های آبیاری که مناسب و قابل کارکرد در منطقه هستند نیز مشخص شدند که در این رابطه سیستم‌هایی مانند نواری، جویچه ای، بارانی کلاسیک متحرک و ثابت، بارانی تفنگی، دورانی (سنترپیوت) و غیرو را نام برد. هر سیستم آبیاری در رابطه با هر معیار دارای کارایی خاصی است که این کارایی با علامت‌های +، ۰ و – مشخص شد. علامت صفر بدین معنی است که این معیار یا ویژگی بر انتخاب این سیستم آبیاری تأثیر ندارد. علامت + بدین معنی است که این سیستم آبیاری، با توجه به این معیار و ویژگی، سیستم مناسبی است و علامت – بدین معنی است که این سیستم با توجه به این ویژگی خاص، سیستم مناسبی نیست.

از آنجایی که هر مزرعه بسته به شرایط خاص خود دارای تعدادی از این معیارها و ویژگی‌هاست، بنابراین برای هر مزرعه ماتریسی از معیارها و ویژگی‌های خاص آن و کارایی کیفی سیستم‌های آبیاری تشکیل شد. در این مرحله، سیستمی که بیشترین علامت + را به خود اختصاص دهد سیستم مناسب شناخته شده و در واقع این سیستم بر دیگر سیستم‌ها ترجیح داده می‌شود و سیستمی که بیشترین علامت – را به خود اختصاص دهد نامناسب‌ترین سیستم شناخته شده و دیگر سیستم‌ها بر این سیستم ارجح می‌باشند. استفاده از ماتریس معیارها و کارایی کیفی گزینه‌ها دارای مزیت راحتی در محاسبه و به‌کارگیری سریع، بدون نیاز به محاسبات است. اما در استفاده از این روش دو مشکل وجود دارد. اول این‌که تمام ویژگی‌ها و معیارها از تأثیر یکسانی برخوردار می‌باشند و در واقع تمام آنها دارای وزن برابر هستند. دوم این‌که کارایی تمام گزینه‌ها به‌صورت کیفی بوده و دارای یکی از سه علامت +، ۰ و – می‌باشند. از جمله روش‌هایی که برای حل این دو مشکل پیشنهاد شده استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاری است.

ب) تصمیم‌گیری چند معیاری

برای استفاده از برنامه‌ریزی چندمعیاری، ابتدا اهداف مورد

جدول ۱. اهداف و معیارها

اهداف	معیارها
۱- بهبود راندمان آب	۱-درصد راندمان
۲- قابلیت کارایی تکنولوژی با توجه به وضعیت آب	۲-دبی آب ۳- نوع عرضه آب
۳- حداقل کردن مصرف آب با کیفیت نامناسب	۴- کیفیت شیمیایی آب ۵- کیفیت بیولوژیکی آب ۶- بار رسوبی
۴- حداقل کردن هزینه سرمایه‌گذاری	۷- هزینه اولیه
۵- حداکثر کردن قابلیت کارایی تکنولوژی با خاک‌های مختلف	۸- جنس خاک ۹- کیفیت شیمیایی خاک ۱۰- غیر یکنواختی خاک ۱۱- سنگلاخ بودن خاک
۶- قابلیت کارکرد تکنولوژی با شکل‌های مختلف مزرعه	۱۲- مساحت مزرعه ۱۳- شکل هندسی مزرعه ۱۴- شیب مزرعه ۱۵- پستی و بلندی مزرعه ۱۶- موانع مزرعه ۱۷- تعداد قطعات زمین
۷- قابلیت کارکرد تکنولوژی با شرایط مختلف اقلیمی	۱۸- سرعت باد ۱۹- میزان بارندگی ۲۰- درجه حرارت
۸- قابلیت کارکرد تکنولوژی با مصرف کود شیمیایی	۲۱- مصرف کود شیمیایی

انتظار از سیستم آبیاری تعریف شدند که در این مطالعه تعداد ۸ هدف در نظر گرفته شد (جدول ۱). سپس معیارهایی که قابلیت تکنولوژی را برای دست‌یابی به اهداف مورد نظر نشان می‌دادند نیز انتخاب شدند (جدول ۱). بعضی از این معیارها همچون راندمان آبیاری، هزینه اولیه و هزینه نگهداری به‌صورت کمی و بعضی دیگر از این معیارها مانند شکل مزرعه و کیفیت آب و خاک به‌صورت کیفی می‌باشند.

در مرحله بعد سیستم‌های آبیاری که قابلیت کارکرد در منطقه را دارند انتخاب شدند که این سیستم‌ها در واقع همان سیستم‌های کاربردی در روش قبل بودند. بنابراین ماتریسی تشکیل شد که در آن کارایی هر سیستم با تک تک معیارها در آن مشخص شد. از آنجایی که در ماتریس تشکیل داده شده معیارهای کمّی و کیفی هر دو نوع موجود بودند، بنابراین ماتریس مذکور به فرم عددی و غیر عددی بیان شد. از این‌رو برای ارزیابی راحت‌تر ماتریس موجود توسط تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاری، معیارهای کیفی به‌صورت کمّی بیان شدند. بدین صورت که اگر سیستم خاصی در رابطه با یک معیار خاص حداکثر تأثیرپذیری و سیستم دیگری حداقل تأثیرپذیری را داشت، این دو به‌عنوان مقادیر حداکثر و حداقل در یک محدوده عددی (۱۰و۱۰-) بیان شدند. بنابراین ماتریس نهایی که به ماتریس معیارها و گزینه‌ها معروف است مقادیر عددی هر سیستم آبیاری را در رابطه با هر معیار بیان کرده است.

برای انتخاب سیستم بهینه آبیاری، از میان روش‌های MCDM، روش برنامه‌ریزی توافقی انتخاب شد. در این روش انتخاب سیستم آبیاری بر اساس تعیین حداقل فاصله نسبت به یک جواب ایدال، توسط یک سیستم خاص انجام شد. جواب ایدال در فرم $f^* = (f_1^*, f_2^*, ..., f_{19}^*)$ بوده که در آن مقادیر f_i^* جواب معادله (۱) هستند:

$$f_i^* = \underset{j}{\text{Max}}(f_{ij}) \qquad i = 1,2,...,21 \text{ and } \quad j = 1,2,...,10 \qquad [1]$$

که fij مقادیر ارزیابی شده سیستم jام (Aj) در رابطه با معیار iام است. در مجموع تعداد ۲۱ معیار و ۱۰ گزینه (سیستم) در نظر گرفته شد. در مرحله بعد، فاصله مقادیر ارزیابی شده (ماتریس معیارها و گزینه‌ها) نسبت به جواب ایدال با استفاده از فرمول (۲) بررسی شد.

$$L_p(A_j) = \left\{ \sum_{i=1}^{19} \underline{u}_i \left[\frac{(f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^{**}} \right]^p \right\}^{\frac{1}{p}} \qquad [2]$$

در معادله فوق $L_p(A_j)$ فاصله ماتریس است که تابعی از

سیستم j ام (A_j) و پارامتر p است و u_i مقدار استاندارد شده w_i (میزان وزنی معیار i) است که با استفاده از معادله ۳ به‌دست آمد:

$$u_i = \frac{w_i}{\sum w_i} \qquad [۳]$$

به‌گونه‌ای که:

$$\sum_{i=۱}^{۱۹} u_i = ۱ \qquad [۴]$$

f_i^* جواب ایدال برای معیار i و f_i^{**} حداقل جواب برای معیار i است که از رابطه ذیل به‌دست آمد:

$$f_i^{**} = \underset{j}{\mathrm{Min}}(f_{ij}) \quad i = ۱,...,۲۱, \quad j = ۱,...,۱۰ \qquad [۵]$$

در معادله ۲ پارامتر p می‌تواند مقادیری در محدوده $۱ < p < \infty$ را داشته باشد که نشان‌دهنده حساسیت تصمیم‌گیرنده به حداکثر انحراف قابل قبول در محاسبات است. هر چه که p بزرگ‌تر باشد این حساسیت بیشتر است. در این مطالعه، بر اساس مطالعات گذشته، مقادیر ۱و۲=p در نظر گرفته شد.

ج) آمار و اطلاعات مورد نیاز

بر اساس آمار موجود در سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان (معاونت آب و خاک)، تعداد کل سیستم‌های آبیاری تحت فشار نصب شده در این استان تا اردیبهشت ۱۳۸۳، برابر ۴۷۹ سیستم است که از این تعداد ۲۳۲ سیستم در منطقه فریدن و ۶۹ سیستم نیز در سمیرم نصب شده و بقیه سیستم‌ها در ۱۶ شهرستان دیگر نصب شده است. با توجه به این‌که این دو شهرستان بیشترین سهم را در به‌کارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار در استان دارند (حدود ۶۳٪ کل سیستم‌های موجود در استان)، نمونه‌های مورد نیاز از این دو شهرستان جمع‌آوری شد. بنابراین جمعیت مورد مطالعه، کشاورزان دو شهرستان فریدن و سمیرم می‌باشند که از سیستم‌های آبیاری تحت فشار و هم‌چنین سنتی استفاده می‌کنند.

برای نمونه‌گیری ابتدا دو شهرستان فریدن و سمیرم به عنوان شهرستان‌های نمونه انتخاب شدند. سپس با مراجعه به مراکز جهاد کشاورزی این دو شهرستان، آمار روستاها و مناطقی که این سیستم‌ها را نصب کرده بودند به‌دست آمد و بعد روستاهایی که کمتر از سه سیستم در آنها نصب شده بود از جمعیت مطالعه حذف شدند و در نهایت از میان مابقی زارعین دارای سیستم تحت فشار، تعداد ۱۲۸ نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. این تعداد نمونه از ۱۰ روستا و دو شهر انتخاب شدند. هم‌چنین، از تعداد ۱۳۴ بهره‌بردار در مناطق اخیر که از سیستم سنتی استفاده می‌کردند نیز پرسش‌نامه مربوطه تکمیل شد.

نتایج و بحث

الف) سیستم مناسب آبیاری با استفاده ازماتریس معیارها و کارایی کیفی گزینه‌ها

نتایج حاصل از رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری در مورد دو گروه کشاورزانی که از آبیاری تحت‌فشار و سنتی استفاده می‌کنند در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. قرار گرفتن در رتبه اول ممکن است در بعضی موارد به همراه آبیاری کلاسیک متحرک، خطی و دورانی (سنترپیوت) باشد که آنها نیز در رتبه اول به ترتیب دارای اعداد ۶۵، ۸ و ۷ می‌باشند. هم‌چنین در مورد سیستم خطی و دورانی، اعداد درج شده در رتبه‌های آنها نشان دهنده این است که در ۸ و ۷ نمونه از کل ۱۲۸ نمونه دو سیستم آبیاری خطی و دورانی در رتبه اول، در ۵۶ و ۵۷ نمونه در رتبه دوم، در ۶۳ و ۶۴ نمونه در رتبه سوم و در ۱ نمونه (مربوط به سیستم خطی) در رتبه چهارم قرار گرفته‌اند. در رتبه سوم که اعداد ۶۳ و ۶۴ درج شده، ممکن است که با دیگر سیستم‌ها (به غیر از کلاسیک ثابت) و یا با بعضی از آنها که در این رتبه دارای عدد می‌باشند قرار گرفته باشند. در مورد دیگر سیستم‌ها نیز، اعداد درج شده در هر رتبه و سیستم نشان دهنده تعداد واحدهای نمونه از کل ۱۲۸ واحد است که سیستم آبیاری مربوطه در این رتبه قرار گرفته است. از آنجایی که در بسیاری از نمونه‌ها، تعداد علامت مثبت و یا منفی سیستم‌های مختلف در هر واحد مساوی هستند از این‌رو بیش از یک سیستم در

جدول ۲. رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری در گروه کشاورزان دارای آبیاری تحت‌فشار

نام سیستم	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم
جویچه‌ای	–	–	۷	۳۴	۳۴	۴۰	۱۱	۲	–
نواری	–	–	۸	۳۶	۴۳	۴۰	۱	–	–
کرتی	–	–	۱۲	۳۳	۲۵	۱۹	۳۶	۳	–
کرتی برنج	–	–	۱۱	۱۴	۱۲	۲۸	۳۷	۲۳	۳
خطی	۸	۵۶	۶۳	۱	–	–	–	–	–
دورانی	۷	۵۷	۶۴	–	–	–	–	–	–
تفنگی	–	۵	۳۷	۲۸	۴۷	۱۱	–	–	–
چرخدار	–	۳۲	۳۸	۵۶	۲	–	–	–	–
کلاسیک ثابت	۱۲۷	۱	–	–	–	–	–	–	–
کلاسیک متحرک	۶۵	۶۲	۱	–	–	–	–	–	–

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بعضی رتبه‌ها قرار گرفته است. به عنوان مثال ممکن است که در نمونه‌ای، آبیاری کلاسیک ثابت و متحرک در رتبه اول قرار گرفته باشد. اعداد مندرج دراین جداول فوق نشان دهنده تعداد سیستم‌های قرار گرفته شده در این رتبه (درجه) است. به‌عنوان مثال، در جدول ۲، در رتبه اول سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت عدد ۱۲۷ و در رتبه دوم عدد ۱ نوشته شده است. این اعداد بدین معنی است که در ۱۲۷ نمونه از ۱۲۸ نمونه مربوط به سیستم آبیاری تحت‌فشار، آبیاری کلاسیک ثابت در رتبه اول و در یک مورد در رتبه دوم قرار گرفته است.

با توجه به جدول (۲) می‌توان گفت که در مجموع بهترین سیستم آبیاری در مورد گروه کشاورزانی که از آبیاری تحت‌فشار استفاده می‌کنند، سیستم کلاسیک ثابت و بعد از آن کلاسیک متحرک است. البته باید این نکته را متذکر شد که هرچند در ۶۵ نمونه از ۱۲۸ نمونه، سیستم کلاسیک متحرک در رتبه اول قرار گرفته که در این نمونه‌ها، سیستم کلاسیک متحرک یا به همراه کلاسیک ثابت و یا بدون آن در این رتبه قرار دارد. اما با توجه به این‌که کلاسیک ثابت دارای تعداد نمونه بیشتری در رتبه اول است، بنابراین در یک جمع‌بندی کلی، کلاسیک ثابت بر دیگر سیستم‌ها مرجح است. هم‌چنین نتایج رتبه‌بندی دیگر سیستم‌ها به قرار زیر است:

اول: کلاسیک ثابت	دوم: کلاسیک متحرک	سوم: خطی و دورانی
چهارم: چرخدار	پنجم: تفنگی	ششم: نواری
هفتم: جویچه‌ای	هشتم: کرتی	نهم: کرتی برنج

با توجه به جدول (۳)، بهترین سیستم برای کشاورزانی که از سیستم آبیاری سنتی استفاده می‌کنند آبیاری کلاسیک ثابت و بعد از آن کلاسیک متحرک است و رتبه‌بندی بقیه سیستم‌ها با توجه به تجمع آنها در رتبه مشخص شده و به‌صورت زیر است:

اول: کلاسیک ثابت	دوم: کلاسیک متحرک	سوم: خطی و دورانی
چهارم: چرخدار	پنجم: تفنگی	ششم:کرتی
هفتم: نواری	هشتم: جویچه‌ای	نهم: کرتی برنج

ب) سیستم مناسب آبیاری با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی

قبل از به‌کارگیری روش برنامه‌ریزی توافقی، ابتدا مناطق بر اساس تحلیل خوشه‌ای و بر مبنای متغیر جنس خاک و شیب زمین در ۷ گروه تقسیم‌بندی شدند: گروه اول بهره بر داران

جدول ۳ . رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری در گروه کشاورزان دارای آبیاری سنتی

نام سیستم	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم
جویچه‌ای	–	–	۴	۳۴	۵۰	۳۲	۱۲	۲	–
نواری	–	۴	۱۱	۴۱	۵۰	۲۶	۲	–	–
کرتی	۲	۴	۲۲	۳۶	۲۴	۲۷	۱۵	۴	–
کرتی برنج	–	–	۵	۹	۲۰	۴۵	۳۰	۲۰	۵
خطی	۱۸	۵۵	۵۸	۳	–	–	–	–	–
دورانی	۱۵	۵۶	۵۹	۴	–	–	–	–	–
تفنگی	–	۷	۳۴	۴۴	۳۸	۶	۵	–	–
چرخدار	–	۲۶	۵۱	۵۰	۷	–	–	–	–
کلاسیک ثابت	۱۲۴	۱۰	–	–	–	–	–	–	–
کلاسیک متحرک	۷۳	۶۰	۱	–	–	–	–	–	–

مأخذ: یافته‌های تحقیق

(دره‌بید – تنگ آهن – هرمزآباد)، گروه دوم (ننادگان)، گروه سوم (اسکندری)، گروه چهارم (آشجرد – چشمه سرد)، گروه پنجم (داران – دامنه)، گروه ششم (ورق – سیاه‌گلک) و گروه هفتم (توله چنگی). سپس در هر کدام از گروه‌ها، با استفاده از میانگین ویژگی‌های محیطی و فنی آنها، مزرعه نماینده تعیین شد و در نهایت با استفاده از CP اقدام به انتخاب روش مناسب آبیاری در ۷ گروه مذکور شد. در روش برنامه‌ریزی توافقی، ابتدا اهداف و معیارهای متناسب با اهداف (جدول ۱) مشخص شدند. سپس کارایی هر کدام از این معیارها در رابطه با سیستم‌های مختلف آبیاری و در مورد هر کدام از گروه‌ها تعیین شد. نتایج حاصل به‌صورت ماتریسی متشکل از شاخص‌های کمی و کیفی از معیارها و سیستم‌ها که شامل کارایی هر سیستم در رابطه با هر معیار است مشخص شد. برای ارزیابی از طریق تکنیک برنامه‌ریزی توافقی، با به‌کارگیری روش تکله و یتایو (۱۴) یعنی با استفاده از حداکثر و حداقل تأثیرپذیری به‌عنوان محدوده تغییرات، بین (۱۰–) و (۱۰+)هر کدام از معیارهای فوق به‌صورت کمی بیان شد. بعد از تعیین ماتریس معیارها و گزینه‌ها برای مناطقی که کلیه پارامترهای آنها به‌صورت کمی می‌باشند، با استفاده از روابط ریاضی توضیح داده شده در قسمت روش‌ها، اقدام به رتبه‌بندی گزینه‌های آبیاری در Pهای مختلف و وزن‌های مختلف (W) شد. در این مطالعه، برای کاهش محاسبات فقط از دو مقدار (p=1,2) استفاده شد. هم‌چنین محاسبات فوق برای چهار گروه وزنی صورت گرفت. بدین ترتیب که در گروه وزنی (۱) همه معیارها از ارزش مساوی برخوردار بوده‌اند. در گروه وزنی ۲، ۳ و ۴ ارزش معیارهای ۱، ۷، ۸، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۸ و ۲۱به ترتیب به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد اضافه شده و بقیه معیارها از ارزش مساوی برخوردار بوده‌اند. تعیین وزن معیارهای فوق بر حسب اهمیت این معیارها در انتخاب سیستم و بر اساس نظرات کارشناسان آبیاری می‌باشد.

در جدول ۴ نتایج حاصل از برآورد فاصله و تعیین درجه‌بندی سیستم‌های آبیاری برای گروه اول و هفتم به‌عنوان نمونه نشان داده شده است. در این جدول با توجه به مقادیرP و هم‌چنین وزن‌ها، در مورد هر کدام از سیستم‌های آبیاری تعیین فاصله شده و با توجه به فاصله به‌دست آمده، سیستم‌ها رتبه‌بندی شدند. به عنوان مثال، در گروه اول، نتایج نشان

جدول ۴ . رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری در گروه‌های مختلف بهره‌بر داران

نام سیستم	گروه وزنی اول		گروه وزنی دوم		گروه وزنی سوم		گروه وزنی چهارم	
	P=1	P=2	P=1	P=2	P=1	P=2	P=1	P=2
گروه اول بهره بر داران (دره‌بید – تنگ آهن – هرمزآباد)								
جویچه‌ای	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
نواری	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
کرتی	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
کرتی برنج	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹
خطی	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷
دورانی	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
تفنگی	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
چرخدار	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
کلاسیک ثابت	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
کلاسیک متحرک	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
گروه هفتم بهره‌برداران (توله چنگی)								
جویچه‌ای	۸	۷	۶	۸	۸	۸	۷	۸
نواری	۸	۷	۶	۸	۸	۸	۷	۸
کرتی	۴	۴	۵	۶	۷	۷	۸	۷
کرتی برنج	۹	۸	۷	۹	۹	۹	۹	۹
خطی	۷	۶	۵	۷	۶	۶	۶	۶
دورانی	۵	۴	۳	۴	۴	۳	۳	۴
تفنگی	۳	۳	۳	۳	۳	۴	۴	۳
چرخدار	۶	۵	۴	۵	۵	۵	۵	۵
کلاسیک ثابت	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
کلاسیک متحرک	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲

می‌دهد که بهترین سیستم آبیاری در تمام Pها و وزن‌ها، آبیاری کلاسیک ثابت و بعد از آن کلاسیک متحرک است و بدترین سیستم، سیستم آبیاری کرتی برنج است. بقیه سیستم‌ها نیز به ترتیب فاصله محاسباتی در هر P و هم‌چنین گروه وزنی در نظر گرفته شده، رتبه‌بندی شدند.

در مورد گروه‌های اول، دوم، ششم و هفتم می‌توان گفت که بهترین سیستم آبیاری این چهار گروه، در تمام Pها و وزن‌ها، آبیاری کلاسیک ثابت و بعد از آن کلاسیک متحرک است. هم‌چنین نتایج رتبه‌بندی در دیگر گروه‌ها نشان می‌دهد که دو سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و کلاسیک متحرک در بیشتر Pها و وزن‌ها به‌عنوان سیستم اول و یا دوم رتبه‌بندی شده‌اند. از جمله دلایل چنین رتبه‌بندی، بالا بودن کارایی این دو سیستم در شیب‌های مختلف، شیب‌های موجدار، اندازه‌های مختلف مزرعه و تطابق بالای آن با شکل‌های مختلف مزرعه و

هم‌چنین موانع مزرعه و تناسب این دو سیستم در بیشتر خاک‌ها می‌باشد. بدترین سیستم برای گروه اول و هفتم ، آبیاری کرتی برنج است و در دیگر گروه‌ها (دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم)، آبیاری بارانی خطی بدترین سیستم است. این سیستم در دو گروه اول و هفتم در رتبه ششم یا هفتم قرار گرفته شده است. از جمله دلایل قرار گرفتن این دو سیستم در رتبه‌های پایین در بیشتر گروه‌ها، پایین بودن کارایی هر دو سیستم در رابطه با معیارهای شیب و شیب‌های موجدار است. هم‌چنین کارایی سیستم کرتی برنج در بیشتر خاک‌ها نسبت به بقیه سیستم‌ها پایین است. از طرف دیگر کارایی سیستم بارانی خطی نیز در رابطه با مزارعی که دارای موانع و هم‌چنین شکل‌های ناموزون و اندازه کوچک می‌باشند، پایین است. از نکات قابل تأمل در نتایج جداول فوق، مربوط به گروه سوم است.

نتایج رتبه‌بندی سیستم‌ها در این گروه نشان می‌دهد که سیستم سنتی کرت در وزن اول بهترین سیستم است و بعد از آن کلاسیک ثابت و یا متحرک می‌باشد. هرچند که فاصله محاسبه شده برای سه سیستم مذکور اختلاف زیادی با هم ندارند. از طرف دیگر با تغییر وزن‌ها، رتبه سیستم کرتی از اول به دوم و سوم تغییر یافته و رتبه سیستم کلاسیک ثابت و متحرک از دوم، سوم و چهارم به اول یا دوم تغییر یافته است. در مجموع نتایج در این گروه حاکی از آن است که سیستم آبیاری سنتی کرتی در رتبه اول تا سوم قرار گرفته است. این مسأله به دلایل مختلفی به خصوص شکل و تعداد قطعات زمین و هم‌چنین بار رسوبی و ماده آلی آب (معیارهای ۵، ۶، ۱۳ و ۱۷) برمی‌گردد که کارایی معیارهای مذکور در سیستم کرتی نسبت به دیگر سیستم‌ها در این گروه بالاتر است.

با توجه به این‌که اکثر مزارع منطقه دارای شیب و شکل‌های ناموزون می‌باشند و از طرف دیگر در بیشتر آنها موانعی کوچک و بزرگ همچون تیرک برق، سوله و انبار، مرغداری و گاوداری وجود دارد، قرار گرفتن دو سیستم کرتی برنج و بخصوص بارانی خطی در رتبه آخر نسبت به دیگر سیستم‌ها کاملاً منطقی است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج حاصل در مورد تعیین سیستم مناسب آبیاری نشان داد که آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و بعد از آن کلاسیک متحرک به‌عنوان بهترین سیستم آبیاری و در مواردی نیز کلاسیک متحرک به‌عنوان بهترین سیستم است. نتایج حاصل نشان دهنده تفاوت اندک بین انتخاب کشاورزان دارای آبیاری تحت‌فشار و سیستم مناسب منطقه است. هم‌چنین مقایسه نتایج سیستم مناسب منطقه با کشاورزان دارای آبیاری سنتی نشان دهنده تفاوت نسبتاً زیاد بین سیستم مورد استفاده کشاورزان با سیستم بهینه می‌باشد که دلایل عدم انتخاب این گروه از کشاورزان به پذیرش و سازه‌های مؤثر بر آن بستگی دارد. در مجموع و با توجه به نتایج به‌دست آمده، پیشنهادات زیر ارائه می‌شود:

نتایج حاصل از تعیین سیستم مناسب آبیاری نشان داد که در بیشتر مناطق، آبیاری کلاسیک ثابت و بعد از آن کلاسیک متحرک به‌عنوان بهترین سیستم می‌باشند. البته در بعضی موارد نیز کلاسیک متحرک به‌عنوان بهترین سیستم است. با توجه به نتایج مذکور و این‌که سرمایه‌گذاری سیستم کلاسیک متحرک کمتر از کلاسیک ثابت است پیشنهاد می‌شود که مسئولان مربوطه با ترویج و توصیه به کشاورزان و آگاه کردن آنها از مزایای سیستم آبیاری بارانی کلاسیک متحرک که تا حدودی به لحاظ کار و نصب مشابه کلاسیک ثابت است آنها را تشویق به پذیرش این نوع سیستم کنند. یادآوری می‌شود در عمل هیچ‌گونه سیستمی از نوع کلاسیک متحرک وارد منطقه نشده است.

با توجه به این‌که در بعضی مناطق همچون گروه سوم، آبیاری سنتی کرتی در رتبه اول تا سوم است، بنابراین نصب و اجرای سیستم‌های آبیاری بارانی در اینگونه مناطق باید با احتیاط لازم صورت گیرد. زیرا ممکن است در بعضی از واحدها، اجرای سیستم‌های آبیاری بارانی به لحاظ فنی و اقتصادی با شکست مواجه شود. بنابراین لازم است که مطالعات اصولی و پایه‌ای در رابطه با سازگاری این سیستم‌ها با عوامل مختلف محیطی و جغرافیایی انجام شود و سیاست‌های ترویجی سازمان‌های مربوطه مبنی بر این‌گونه مطالعات باشد.

با توجه به این که سیستم بهینه برای کشاورزانی که از آبیاری سنتی نیز استفاده می‌کنند، آبیاری بارانی است بنابراین پیشنهاد می‌شود که با مطالعات بیشتر در این زمینه و شناسایی دلایل عدم پذیرش آبیاری بارانی برای این گروه از کشاورزان، سیاست مناسبی برای تشویق و ترغیب کشاورزان برای استفاده و پذیرش آبیاری بارانی اتخاذ شود.

منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی، ح. ۱۳۷۶. واکاوی گزینش روش‌های آبیاری: کاربرد .A.H.P. پایان‌نامه کارشناسی ارشد ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۲. خلیلی، د. ۱۳۷۵. مقایسه دو روش تصمیم‌گیری چند معیاری در ارزیابی تکنولوژی‌های آبیاری. مجموعه مقالات پوستری نخستین گردهمایی علمی-کاربردی اقتصاد آب. معاونت امور آب وزارت نیرو، تهران.

۳. دارابی، ه. ۱۳۷۲. تصمیم‌گیری به کمک .A.H.P. مجله صنایع ۳: ۲۴-۱۵.

۴. ضیائی، س. ۱۳۷۹. ارزیابی اقتصادی سیستم‌های آبیاری تحت فشار و کاربرد متد برنامه‌ریزی توافقی در انتخاب روش مناسب آبیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز.

5. Barnard, C.S and J.S. Nix. 1973. Farm Planning and Control. Cambridge Pub., England.
6. Burt, C.M., A.J. Clemmens, R. Bliesner, J.L. Merriam and L. Hardy. 1999. Selection of Irrigation Methods for Agriculture, American Society of Civil Engineers, On-Farm Irrigation Commit.
7. Caswell, M. and D. Zilberman. 1985. The choices of irrigation technologies in california. Amer. J. Agric. Econ. 67(2): 224-234.
8. Junedi, H. 1998. Selection Algorithm for Irrigation Technologies: Sustainable Land and Water Resources Development and Management in the Wetlands, Young Professional Forum Seminar at the Tenth ICID Afro-Asian Regional Conference on Irrigation and Drainage, Indonesia.
9. Karami, E. 2005. Appropriateness of farmers adoption of irrigation methods: The application of tha AHP model, agricultural systems. 87(1):101-119.
10. Keller, J and R.D. Bliesner. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold Pub., New York.
11. Satty, T.L. 1986. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. Manag. Sci. 32: 481-855.
12. Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill Pub., New York.
13. Tecle, A. 1992. Selecting a multi-criterion decision making technique for watershed resources management, Water Resour. Bull. 28 (1): 129-139.
14. Tecle, A. and M. Yitayew. 1990. Preference ranking of alternative irrigation technologies via a multi criterion decision-making procedure. Trans. ASAE. 33: 1509- 1517.