

انتخاب و رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری بارانی و سنتی در استان خراسان رضوی

محمد رضا کهنسال^۱ - هادی رفیعی^۲

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۸۷/۳/۲۵

چکیده

یکی از مسائل مهم در ورود تکنولوژی‌های آبیاری تحت فشار، انتخاب سیستم مناسب با توجه به شرایط کشاورزی منطقه می‌باشد. هدف اصلی این مطالعه انتخاب و رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری بارانی و سنتی در مزارع استان خراسان رضوی می‌باشد. آمار و اطلاعات مورد نیاز این مطالعه از طریق تکمیل ۱۸۶ پرسشنامه از کشاورزان و مزارع استان خراسان رضوی در دو منطقه سبزوار و مشهد در سال ۱۳۸۶ بدست آمده است. برای دستیابی به اهداف مورد نظر، از روش‌های برنامه‌ریزی توافقی و تأسیس استفاده شده است. نتایج بدست آمده در رابطه با چهار گروه کشاورزان و مزارع مورد مطالعه نشان داد که در مورد دو گروه از کشاورزان منطقه بهترین سیستم آبیاری، آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت و متحرک) و در مورد دو گروه دیگر از کشاورزان، بهترین سیستم آبیاری، آبیاری سنتی می‌باشد. همچنین نتایج این مطالعه حاکی از آن است که سیستم آبیاری بارانی خطی و دورانی از نامناسب‌ترین سیستم‌های آبیاری منطقه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، آبیاری سنتی، انتخاب تکنولوژی، برنامه‌ریزی توافقی، تأسیس

مقدمه

استان خراسان رضوی از جمله استان‌هایی است که در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و مشکل آب در این استان به عنوان اساسی‌ترین معضل کشاورزان می‌باشد. در این استان آب، مهم‌ترین و از طرفی محدود کننده‌ترین عامل اصلی در توسعه استان می‌باشد. کاهش شدید منابع آب ناشی از بهره‌برداری‌های غیر مجاز و بی‌رویه از آنها از یک طرف و از طرفی رشد جمعیت و افزایش تقاضا در بخش‌های مختلف کشاورزی، مصرف و صنعت، کمبود آب

را به عنوان بزرگ بحران در بخش‌های مختلف اقتصادی استان، بخصوص بخش کشاورزی مطرح کرده است. به گونه‌ای که از ۱۱/۹ میلیارد مترمکعب آب در استان حدود ۸ میلیارد آن صرف تغذیه آبخوان‌های زیرزمینی شده و ۳/۹ میلیارد متر مکعب آن به صورت جریان‌های سطحی در استان جاری می‌گردد و از آنجایی که ۹/۷ میلیارد متر مکعب آن از منابع آب زیرزمینی استحصال می‌گردد مخازن آب‌های زیرزمینی استان با کسری ۱/۷ میلیارد مترمکعب در سال مواجه می‌باشد (۲). بر اساس آمار موجود، بخش کشاورزی استان خراسان رضوی

سهم بسزایی در مصرف کل آب قابل دسترس استان دارد و سالانه حدود ۹۱/۲ درصد آب مصرفی در این بخش

۱- به ترتیب استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و عضو هیات علمی گروه پژوهش‌های اقتصادی جهاد دانشگاهی واحد مشهد

Email: kohenesal@jam.ac.ir

۲- پوربندو مسئول

استفاده می‌شود (در سایر بخشها: شرب: ۶/۷ درصد و صنعت و خدمات: ۲/۱ درصد) لذا هر گونه سیاستگذاری در کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و افزایش راندمان آن، نقش بسزایی در پایداری منابع آبی و مقابله با کمبود آب دارد (۲).

سیستم‌های آبیاری تحت فشار (آبیاری بارانی^۱ و قطره‌ای^۲) یکی از راهکارهای اساسی برای مقابله با کم آبی و مدیریت عرضه آب می‌باشد. این سیستم‌ها به لحاظ بالا بودن راندمان آبیاری (حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد در مورد آبیاری بارانی و حدود ۹۰ درصد در مورد آبیاری قطره‌ای) در مقایسه با سیستم‌های آبیاری سنتی (حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد) از جایگاه قابل ملاحظه‌ای در سیاست‌گذاریهای کشاورزی و بخصوص در مناطق کم‌آب برخوردار می‌باشند (۱۰). در استان خراسان رضوی، کل سطح زیر کشت اختصاص داده شده به آبیاری تحت فشار حدود ۱۵۰۴۸ هکتار می‌باشد که در مقایسه با کل سطح زیر کشت فعلی که حدود ۱۳۸۰۹۲۲ هکتار می‌باشد تنها حدود ۱/۱ درصد آن تحت پوشش آبیاری تحت فشار است (۶). با مقایسه نسبت سطح زیر کشت آبیاری تحت فشار به کل سطح زیر کشت در استان خراسان رضوی (۱/۱ درصد) با متوسط کشوری که حدود ۵ درصد است می‌توان گفت که توسعه این سیستم‌ها در استان خراسان رضوی در سطح بسیار پایینی قرار دارد و به نظر می‌رسد که گسترش آن با مسائل و مشکلات مختلفی مواجه می‌باشد. هرچند که وضعیت ایران و درصد سطح زیر کشت آبیاری تحت فشار در مقایسه با کشورهای همچون اسلواکی، جمهوری چک، لیتوانی، اسرائیل و انگلیس که حدود ۱۰۰ درصد اراضی آنها تحت پوشش آبیاری تحت فشار است، حاکی از جایگاه پایین ایران نسبت به کشورهای دیگر به لحاظ اراضی تحت پوشش آبیاری تحت فشار است (۱۰). بنابراین بررسی نوع

سیستم‌ها به لحاظ کارایی و کارکرد در منطقه از جمله مسائلی است که می‌تواند راهگشای سیاستگذاران در زمینه توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار باشد.

در این زمینه، از جمله مسائلی که در رابطه با سیستم‌ها در اکثر مناطق وجود دارد این است که سیستم‌هایی که وارد منطقه شده و توسط شرکتهای نصب و راه‌اندازی می‌شود (همچون: کلاسیک ثابت، کلاسیک متحرک، غلطان، فننگی، خطی و دورانی) آیا مناسب و مطابق با منطقه می‌باشد و در مجموع کدامیک از سیستم‌های آبیاری بارانی مناسب و قابل کارکرد می‌باشند؟ در این زمینه مطالعات مختلفی در رابطه با انتخاب سیستم‌های آبیاری و رتبه‌بندی آنها در داخل و خارج صورت گرفته که می‌توان به مطالعه کریمی (۱۴)، چوندی (۱۳)، نکل و یتایو (۱۸)، رفیعی (۵)، ضیایی (۸)، جعفری (۳) و خلیلی (۴) اشاره کرد که در مورد بعضی از مطالعات مذکور، علاوه بر انتخاب و رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری قابل کارکرد در منطقه مورد مطالعه، به ارزیابی اقتصادی سیستم‌ها و همچنین عوامل مؤثر بر پذیرش آنها نیز پرداخته شده است.

هدف اصلی این مطالعه رتبه‌بندی سیستم‌های مختلف آبیاری سنتی و بارانی در استان خراسان رضوی و تعیین بهترین سیستم آبیاری در مناطق و مزارع مختلف استان می‌باشد که اهداف تخصصی ذیل نیز دنبال می‌شود.

- ۱- بررسی وضعیت سیستم‌های آبیاری بارانی در استان خراسان رضوی.
- ۲- تعیین سیستم‌های مناسب و قابل کارکرد در استان خراسان رضوی با توجه به شاخصهای اقتصادی، محیطی، فیزیکی و فنی مزارع و سیستم‌ها.
- ۳- رتبه‌بندی سیستم‌های مختلف آبیاری به لحاظ تناسب و تطابق با خراسان رضوی.
- ۴- تعیین تکنولوژی مناسب آبیاری با تغییر در وزن شاخص‌های مورد نظر.

1. Sprinkler Irrigation
2. Drip Irrigation

روش برنامه‌ریزی توافقی و تاپسیس از جمله روش‌های زیر مجموعه MADM می‌باشند. مدل‌های MADM شامل دو زیرگروه کلی مدل‌های جبرانی^{۱۱} و غیر جبرانی^{۱۲} می‌باشند. روش‌های غیر جبرانی شامل آن روش‌هایی هستند که در آنها مبادله بین شاخص‌ها مجاز نیست. بدین معنی که نقطه ضعف موجود در یک شاخص توسط مزیت در شاخص دیگر جبران نمی‌شود. ولی مدل‌های جبرانی شامل روش‌هایی هستند که مبادله بین شاخص‌ها مجاز می‌باشد. بدین معنی که تغییر کوچک در یک شاخص می‌تواند توسط تغییر کوچک در شاخص دیگر جبران شود و شاخص‌ها قادر به همپوشانی نقاط قوت و ضعف خود می‌باشند (۱). روش‌های برنامه‌ریزی توافقی و تاپسیس از جمله روش‌های زیر مجموعه جبرانی می‌باشند که بدلیل همپوشانی شاخص‌ها در نقاط قوت و ضعف خود، توانایی بالایی در حل مسائل چندگزینه‌ای دارند. در ذیل به توضیح زیربنای تئوریک آنها اشاره شده است.

یونانه ریزی توافقی

روش برنامه‌ریزی توافقی که زیربنای تئوریک آن در مطالعاتی همچون تکه و پتایو (۱۸)، دوال و فیدستون (۱۲) و استکس و ترز (۱۶ و ۱۷) ارائه شده بر تخصیص دادن یک مجموعه از توابع فاصله و سپس جستجوی راه‌حل‌های چند هدفی با استفاده از حداقل کردن فاصله از نقطه ایده‌آل استوار است.

در این روش انتخاب سیستم آبیاری بر اساس تعیین حداقل فاصله نسبت به یک جواب ایده‌آل انجام می‌شود. جواب ایده‌آل بصورت $f^* = (f_1^*, f_2^*, \dots, f_m^*)$ می‌باشد که در آن مقادیر f_j^* جواب معادله (۱) هستند:

$$f_j^* = \max_i (f_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{and} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

12 . Compensatory Model
13 . Non-Compensatory Model

۵- بررسی و مقایسه تکنولوژی بهینه آبیاری با وضعیت موجود در منطقه.

مواد و روش‌ها

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری^۱ (MCDM) شامل طیف وسیعی از تکنیک‌های ریاضی است که بسته به اهداف مطالعه، روش‌های مختلف آن مورد استفاده قرار می‌گیرد و بطور کلی شامل دو گروه اصلی برنامه‌ریزی می‌باشد. یکی برنامه‌ریزی چند هدفی^۲ (MODM) که بطور کلی این نوع برنامه‌ریزی به منظور طراحی بکار گرفته می‌شود. دوم برنامه‌ریزی چندشاخصه^۳ (MADM) که هدف اصلی در این نوع برنامه‌ریزی، رتبه‌بندی و انتخاب گزینه برتر می‌باشد. در این مطالعه با توجه به وجود اهداف و شاخص‌های مختلف در رابطه با سیستم‌های آبیاری و همچنین وجود سیستم‌های مختلف آبیاری، از برنامه‌ریزی‌های چندشاخصه برای رتبه‌بندی و تعیین بهترین سیستم آبیاری استفاده شده است. برنامه‌ریزی چندشاخصه شامل تکنیک‌های مختلف برنامه‌ریزی همچون: روش تسلط^۴، متد حذف^۵، روش پرموناسیون^۶، روش الکتور^۷ (I, II, III)، برنامه‌ریزی پریا^۸، برنامه‌ریزی توافقی^۹ (CP)، تاپسیس^{۱۰} (TOPSIS) و فرآیند سلسله مراتب تحلیل^{۱۱} (AHP) می‌باشد که در این مطالعه، از زیربنای تئوری برنامه‌ریزی توافقی و تاپسیس که از جمله روش‌های انتخاب هستند و در پیشینه مطالعات نیز از آنها در انتخاب تکنولوژی استفاده شده برای انتخاب و رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری بکار گرفته شده است.

1. Multiple Criteria Decision Making
2. Multiple Objective Decision Making
3. Multiple Attributic Decision Making
4. Dominance Method
5. Elimination Method
6. Permutation
7. ELECTRE
8. Dynamic Programming
9. Compromise Programming
10. Technique for Order-Preference by Similarity to Ideal Solution
11. Analytic Hierarchy Process

f_i مقادیر ارزیابی شده سیستم (A, r) در رابطه با معیار i ام است. در مرحله بعد فاصله مقادیر ارزیابی شده (ماتریس معیارها و گزینه‌ها) نسبت به جواب ایده آل با استفاده از رابطه ذیل بدست خواهند آمد.

$$L_p(A, r) = \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\frac{(f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^{**}} \right]^p + \sum_{i=2}^n \left[\frac{(f_i^* - f_{2j})}{f_i^* - f_i^{**}} \right]^p + \sum_{i=3}^n \left[\frac{(f_i^* - f_{3j})}{f_i^* - f_i^{**}} \right]^p + \dots + \sum_{i=n} \left[\frac{(f_i^* - f_{nj})}{f_i^* - f_i^{**}} \right]^p \right\}^{\frac{1}{p}} \quad (2)$$

$$k_0 = \frac{r_0}{\sqrt{\sum_{i=1}^n r_{0i}^2}} \quad (6)$$

در گام بعد، ماتریس بی‌مقیاس وزین با مفروض بودن بردار W تشکیل شود:

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\} \quad (7)$$

ماتریس بی‌مقیاس وزین

$$V = N_{0i} W_{0ie} = \begin{bmatrix} V_{11} & \dots & V_{1j} & \dots & V_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ V_{ni} & \dots & V_{nj} & \dots & V_{nn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

به طوری که N_{0i} ماتریسی است که امتیازات شاخص‌ها در آن بی‌مقیاس و قابل مقایسه شده و W_{0ie} ماتریسی است قطری که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر می‌باشد. در گام بعد راه حل ایده آل (A^+) و راه حل ایده آل منفی (A^-) بصورت ذیل بدست می‌آید:

گزینه ایده آل

$$A^+ = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} \\ = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^+, \dots, V_n^+\} \quad (9)$$

گزینه ایده آل منفی

$$A^- = \{(\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} \\ = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-\} \quad (10)$$

به طوری که:

$J = \{j=1, 2, \dots, n \mid \text{مربوط به شاخص‌های مطلوب}\}$

$J' = \{j=1, 2, \dots, n \mid \text{مربوط به شاخص‌های نامطلوب}\}$

در گام بعد، فواصل هر گزینه با ایده آل‌ها به روش

اقلیدسی محاسبه می‌گردد:

در معادله فوق $L_p(A, r)$ فاصله ماتریس است و W_i مقدار استاندارد شده W_i (میزان وزنی معیار i) است به گونه‌ای که:

$$w_i = \frac{W_i}{\sum W_i} \quad (3)$$

و

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (4)$$

f_i^* جواب ایده آل برای معیار i و f_i^{**} حداقل جواب برای معیار i است که از رابطه ذیل بدست می‌آید:

$$f_i^{**} = \min_j (f_{ij}) \quad i = 1, \dots, n \text{ and } j = 1, \dots, m \quad (5)$$

در معادله (۲) پارامتر p می‌تواند مقادیری در محدوده $0 < p < \infty$ 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.

روش تاپسیس

در روش تاپسیس علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه از نقطه ایده آل، فاصله آن از ایده آل منفی هم در نظر گرفته می‌شود. بدان معنی که گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه حل ایده آل بوده و در عین حال دارای دورترین فاصله از راه حل ایده آل منفی باشد.

در این روش ابتدا باید ماتریس تصمیم‌گیری به یک ماتریس "بی‌مقیاس شده" با استفاده از فرمول ذیل تبدیل شود.

۱. منظور از ایده آل منفی، نقطه مقابل ایده آل مثبت و در واقع پایین‌ترین مقدار شاخص می‌باشد.

واحد نزدیکتر خواهد بود و هر اندازه گزینه A_i به ایده آل منفی (A^-) نزدیکتر باشد ارزش cl_{i-} به صفر نزدیکتر می باشد. بنابراین می توان گزینه های موجود از مسأله مفروض را بر اساس ترتیب نزولی cl_{i-} رتبه بندی نمود.

زیربنای تئوریک روش تائیسس در مطالعاتی همچون واتنگ و همکاران (۱۹)، رن و همکاران (۱۵)، یو و دینگ (۲۰)، چو و لین (۱۱) و اصغرپور (۱) ارائه شده که در این مطالعه، روش تائیسس برای اولین بار در تعیین و رتبه بندی سیستم های آبیاری مورد استفاده قرار گرفته شده است.

در این مطالعه برای ارزیابی و انتخاب سیستم های آبیاری از معیارهای مختلف فیزیکی، محلی، فنی و اقتصادی استفاده شده که در جدول ۱ نشان داده شده است.

= فاصله گزینه i ام از ایده آل d_{i+}

$$\left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2 \right\}^{0.5}; \quad i=1,2,\dots,m \quad (11)$$

= فاصله گزینه i ام از ایده آل منفی d_{i-}

$$\left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2 \right\}^{0.5}; \quad i=1,2,\dots,m \quad (12)$$

در گام بعد، نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده آل cl_{i+} بصورت ذیل محاسبه می گردد:

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})}; \quad 0 \leq cl_{i+} \leq 1; \quad i=1,2,\dots,m \quad (13)$$

همانگونه که در رابطه (۱۳) نشان داده شده چنانچه $A_i = A^+$ باشد آنگاه $d_{i+} = 0$ و بنابراین $cl_{i+} = 1$ و در صورتی که $A_i = A^-$ آنگاه $d_{i-} = 0$ و $cl_{i+} = 0$ خواهد شد. بنابراین هر اندازه گزینه A_i به راه حل ایده آل (A^+) نزدیکتر باشد ارزش cl_{i+} به

جدول (۱) معیارهای ارزیابی سیستم های آبیاری

شماره معیار	نام معیارها	شماره معیار	نام معیارها
۱	درصد رطوبت	۱۰	مساحت مزرعه
۲	نسب آب	۱۱	شکل هندسی مزرعه
۳	کیفیت شیمیایی آب	۱۲	شیب مزرعه
۴	بار رجویی	۱۳	بستی و بلندی مزرعه
۵	هزینه اولیه	۱۴	موانع مزرعه
۶	جنس خاک	۱۵	تعداد قطعات زمین
۷	کیفیت شیمیایی خاک	۱۶	سرعت باد
۸	غیر یکنواختی خاک	۱۷	درجه حرارت
۹	سنگلاخ بودن خاک		

همچنین در این مطالعه کلیه سیستم‌های سنتی قابل کارکرد همچون: نواری، جویچه‌ای و کرتی و همچنین سیستم‌های آبیاری بارانی همچون: خطی، دورانی، کلاسیک ثابت، کلاسیک متحرک، غلطان و تفنگی مورد ارزیابی و رتبه‌بندی قرار گرفته شده است که در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲) سیستم‌های آبیاری مورد مطالعه

شخص	نوع سیستم	شاخص
A_1	جویچه‌ای	آباری سطحی
A_2	نواری	
A_3	کرتی	
A_4	خطی	آباری بارانی
A_5	دورانی	
A_6	تفنگی	
A_7	غلطان	
A_8	کلاسیک ثابت	
A_9	کلاسیک متحرک	

مأخذ: داده‌های بررسی

نحوه جمع آوری آمار و اطلاعات

آمار و اطلاعات مورد نیاز این مطالعه از طریق تکمیل پرسشنامه از زارعین و نیز ادارات و سازمان‌های مربوطه همچون معاونت آب و خاک جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی و جهاد کشاورزی شهرستان‌های مورد مطالعه و همچنین مطالعات کتابخانه‌ای بدست آمده است. در این مطالعه برای تکمیل پرسشنامه از روش نمونه‌گیری دو مرحله‌ای استفاده شد. بدین صورت که ابتدا شهرستان‌هایی که سطح زیر کشت آبیاری بارانی در آنها نسبت به دیگر شهرستان‌ها بالا بود انتخاب شدند که شهرستان‌های سبزوار و مشهد، به لحاظ برخوردار بودن از سطح تحت پوشش بالای آبیاری تحت فشار، انتخاب شدند. در گام بعد روستاهایی که دارای تعداد کمی سیستم آبیاری بارانی بودند (یک یا دو

سیستم) از نمونه حذف شدند و از بقیه روستاها حدود ۱۸۶ پرسشنامه بصورت تصادفی از کشاورزانی که آبیاری بارانی نصب کرده بودند و کشاورزانی که دارای سیستم آبیاری سنتی بودند تکمیل شد. همچنین با توجه به وضعیت هر کدام از مناطق، اقدام به جمع‌آوری آمار و اطلاعات مربوط به وضعیت فنی و اقتصادی سیستم‌ها، وضعیت فیزیکی و اقلیمی هر مزرعه و همچنین تکمیل پرسشنامه فنی توسط کارشناسان مربوطه شد.

نتایج و بحث

معمولاً در استفاده از برنامه‌ریزی‌های ریاضی در رابطه با مسائل کشاورزی از مزارع نماینده استفاده می‌شود. این مزارع بطور کلی نماینده زارعین یک منطقه و یا نماینده قشر خاصی از کشاورزان با خصوصیات ویژه‌ای از لحاظ خصوصیات فردی، اجتماعی و اقتصادی و یا خصوصیات مزارع آنها (سطح زیر کشت، شیب مزرعه نوع خاک و ...) می‌باشند. در این مطالعه بدلیل وجود پراکندگی زیاد بین خصوصیات مزارع کشاورزان مورد مطالعه، اقدام به انتخاب مزارع نماینده برای گروه‌های مختلف کشاورزان شد. برای این منظور، ابتدا با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و بر مبنای اندازه مزرعه و وضعیت شیب مزارع، اقدام به همگن‌سازی مزارع شد که در مجموع مزارع کشاورزان مورد مطالعه به ۴ گروه کلی با ویژگی‌های مختلف تقسیم‌بندی شدند. دلیل انتخاب دو متغیر اندازه مزرعه و وضعیت شیب آنها برای تقسیم‌بندی مزارع، بیشتر به تأثیر این دو شاخص در انتخاب نوع سیستم برمی‌گردد. در ادامه و با متوسط‌گیری از مزارع مربوط به گروه‌های مختلف در رابطه با شاخص‌های مختلف، ماتریس معیارها و کارایی گزینه‌ها تشکیل شد. این ماتریس در واقع از میانگین خصوصیات کشاورزان و مزارع هر گروه در رابطه با هر شاخص بدست آمده است که در

رابطه با هر شاخص به لحاظ کمی و یا کیفی نشان داده شده است که در رابطه با دو شاخص راندمان آبیاری و هزینه اولیه، کارایی آنها بصورت کمی بوده و در مورد بقیه شاخص ها، بصورت کیفی می باشد.

جدول (۳)، این ماتریس برای گروه اول کشاورزان نشان داده شده است. در مورد گروه های دیگر کشاورزان، ماتریس همچون ماتریس گروه اول کشاورزان بدست آمد که کارایی سیستم های آبیاری در آنها با توجه به معیارها تفاوت بود. در جدول مذکور، کارایی هر گزینه آبیاری در

جدول (۳) ماتریس معیارها و کارایی کمی و کیفی گزینه ها برای گروه اول

شماره معیارها	جویچه های	نواری	کرتی	خطی	دورانی	تفنگی	غلفان	کلاسیک ثابت	کلاسیک منحرف
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	
۱	۲۵	۳۵	۳۵	۴۵	۵۰	۵۵	۶۵	۷۰	۷۷
۲	A	A	A	A	A	A	A	A	A
۳	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
۴	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
۵	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۱۷۰۰	۱۱۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	
۶	HA	HA	A	VHA	VHA	VHA	VHA	VHA	
۷	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	
۸	SA	SA	SA	A	A	A	A	A	
۹	SA	SA	SA	A	A	A	VHA	A	
۱۰	A	A	A	SA	SA	SA	HA	HA	
۱۱	A	A	A	A	SA	SA	A	A	
۱۲	A	A	A	SA	SA	SA	A	A	
۱۳	SA	SA	SA	A	SA	SA	HA	HA	
۱۴	A	A	A	SA	SA	SA	A	A	
۱۵	A	A	A	A	A	A	A	A	
۱۶	A	A	A	SA	SA	SA	SA	SA	
۱۷	A	A	A	A	A	A	A	A	

A = adaptable, P = problematic, H = highly, N = not, S = slightly, V = very

منبع: نتایج تحقیق

برنامه ریزی نتوانقی و ناپسیس در رابطه با هر کدام از ماتریس ها، لازم است که ماتریس معیارها و کارایی گزینه ها که مشکل از کارایی کمی و کیفی است به یک ماتریس کمی تبدیل گردد. برای این منظور، با استفاده از جدول ۴ اقدام به تبدیل هر کدام از معیارهای کیفی به کمی شد.

حروف نشان داده شده در جدول ۳ نشان دهنده کارایی کمی و کیفی هر سیستم در رابطه با معیار مربوطه است که در پایین جدول، توضیح هر کدام از آنها نشان داده شده است. به عنوان مثال SA نشان دهنده Slightly Adoptable (تا حدودی مناسب) است. برای ارزیابی و بکارگیری

جدول (۴) تبدیل معیارهای کیفی به کمی

تبدیل به معیار کمی	معیار کیفی	معیار کمی
۲	نا مناسب	Not Adoptable
۳	b حدودی مناسب	Slightly Adoptable
۴	مناسب	Adoptable
۵	خیلی مناسب	Highly Adoptable
۱۰	کاملاً مناسب	Very Highly Adoptable
	خیلی مشکل دار	Very Problematic
	مشکل دار	Problematic
	دارای مشکل کم	Slightly Problematic
	دارای مشکل ناچیز	Very Slightly Problematic
	بدون مشکل	Not Problematic

مأخذ: تکل و یتابو (۱۸)

در این مطالعه، برای بررسی دقیق تر و تحلیل بهتر نتایج، اقدام به وزن دهی به شاخص ها و معیارهای مورد استفاده شد. برای این منظور، سه گروه وزنی در نظر گرفته شد. در گروه وزنی اول، تمام شاخص ها از ارزش برابر برخوردار بودند. در گروه وزنی دوم و سوم، شاخص های ۵، ۶، ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۱۶ با ۲۰ درصد و ۵۰ درصد افزایش نسبت به دیگر شاخص ها از اهمیت نسبی بیشتری برخوردار شدند. دلیل

انتخاب این شاخص ها در وزن دهی، بر اساس نظریات کارشناسان خبره آبیاری در تأثیر بسزایی که بر انتخاب سیستم های آبیاری دارند می باشد. نتایج حاصل از برآورد فاصله و تعیین رتبه سیستم های آبیاری با استفاده از دو روش برنامه ریزی توافقی و تاپسیس در جدول های (۱۰ تا ۱۵) نشان داده شده است.

جدول (۵) رتبه بندی سیستم های آبیاری در گروه اول کشاورزان با استفاده از برنامه ریزی توافقی

نام سیستم	گروه وزنی اول		گروه وزنی دوم		گروه وزنی سوم	
	P=1	P=2	P=1	P=2	P=1	P=2
	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله
A1	۳	-۰.۳۹۸	۳	-۰.۵۱۴	۲	-۰.۵۱۲
A2	۶	-۰.۲۱۵	۶	-۰.۶۱۱	۶	-۰.۶۰۲
A3	۷	-۰.۵۰۰	۷	-۰.۵۰۵	۷	-۰.۷۰۲
A4	۸	-۰.۵۳۲	۸	-۰.۷۱۴	۸	-۰.۷۲۴
A5	۹	-۰.۵۷۵	۹	-۰.۵۹۲	۹	-۰.۷۷۳
A6	۴	-۰.۳۲۹	۳	-۰.۳۳۲	۳	-۰.۵۱۱
A7	۵	-۰.۳۶۰	۵	-۰.۳۶۲	۵	-۰.۵۷۰
A8	۱	-۰.۲۲۹	۱	-۰.۲۴۲	۱	-۰.۴۷۲
A9	۲	-۰.۲۴۴	۲	-۰.۲۶۲	۲	-۰.۴۶۸

مأخذ: داده های مورد بررسی

جدول (۶) رتبه بندی سیستم های آبیاری در گروه دوم کشاورزان با استفاده از برنامه ریزی توافقی

نام سیستم	گروه وزنی اول		گروه وزنی دوم		گروه وزنی سوم	
	P=1	P=2	P=1	P=2	P=1	P=2
	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله
A1	۱	-۰.۲۳۹	۱	-۰.۴۵۴	۱	-۰.۲۴۶
A2	۳	-۰.۴۱۵	۳	-۰.۶۱۹	۳	-۰.۴۲۲
A3	۲	-۰.۳۵۳	۲	-۰.۵۹۴	۲	-۰.۳۵۲
A4	۷	-۰.۵۲۲	۷	-۰.۶۹۸	۶	-۰.۵۳۰
A5	۹	-۰.۵۹۴	۹	-۰.۷۶۷	۸	-۰.۶۱۰
A6	۵	-۰.۴۹۶	۵	-۰.۶۵۲	۵	-۰.۵۰۰
A7	۸	-۰.۵۷۶	۸	-۰.۷۴۰	۷	-۰.۵۸۶
A8	۶	-۰.۵۰۳	۶	-۰.۷۲۴	۵	-۰.۵۰۰
A9	۴	-۰.۴۶۰	۴	-۰.۶۳۴	۴	-۰.۴۵۱

مأخذ: داده های مورد بررسی

جدول (۷) رتبه بندی سیستم های آبیاری در گروه سوم کشاورزان با استفاده از برنامه ریزی توافقی

نام سیستم	گروه وزنی اول		گروه وزنی دوم		گروه وزنی سوم	
	P=1	P=2	P=1	P=2	P=1	P=2
	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله
A1	۵	-۰.۲۷۸	۵	-۰.۲۷۷	۵	-۰.۲۷۰
A2	۶	-۰.۲۳۷	۶	-۰.۲۳۲	۶	-۰.۲۲۱
A3	۷	-۰.۲۳۴	۷	-۰.۲۳۱	۷	-۰.۲۲۸
A4	۸	-۰.۲۳۵	۸	-۰.۲۳۶	۸	-۰.۲۳۲
A5	۹	-۰.۲۱۶	۹	-۰.۲۱۵	۹	-۰.۲۱۲
A6	۲	-۰.۲۶۱	۲	-۰.۲۶۷	۲	-۰.۲۶۸
A7	۳	-۰.۲۳۳	۳	-۰.۲۳۵	۳	-۰.۲۳۴
A8	۱	-۰.۱۸۰	۱	-۰.۱۸۷	۱	-۰.۱۹۷
A9	۴	-۰.۲۲۲	۴	-۰.۲۲۶	۴	-۰.۲۲۵

مأخذ: داده های مورد بررسی

جدول (۸) رتبه بندی سیستم های آبیاری در گروه چهارم کشاورزان با استفاده از برنامه ریزی توافقی

نام سیستم	گروه وزنی اول		گروه وزنی دوم		گروه وزنی سوم	
	P=1	P=2	P=1	P=2	P=1	P=2
	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله
A1	۲	-۰.۱۷۰	۲	-۰.۱۶۵	۲	-۰.۱۵۹
A2	۲	-۰.۱۷۰	۲	-۰.۱۶۵	۲	-۰.۱۵۹
A3	۱	-۰.۱۱۸	۱	-۰.۱۱۰	۱	-۰.۱۰۰
A4	۷	-۰.۱۵۸	۷	-۰.۱۵۵	۷	-۰.۱۵۱
A5	۸	-۰.۱۵۳	۸	-۰.۱۵۰	۸	-۰.۱۴۸
A6	۶	-۰.۱۶۷	۵	-۰.۱۶۶	۵	-۰.۱۶۸
A7	۵	-۰.۱۵۸	۶	-۰.۱۵۵	۶	-۰.۱۵۰
A8	۴	-۰.۱۵۵	۴	-۰.۱۵۲	۴	-۰.۱۴۷
A9	۳	-۰.۱۳۲	۳	-۰.۱۳۵	۳	-۰.۱۳۷

مأخذ: داده های مورد بررسی

جدول (۹) رتبه بندی سیستم های آبیاری با استفاده از برنامه ریزی تاهمین برای گروه های اول و دوم کشاورزان

نام سیستم	گروه اول			گروه دوم		
	گروه وزنی اول	گروه وزنی دوم	گروه وزنی سوم	گروه وزنی اول	گروه وزنی دوم	گروه وزنی سوم
	رتبه	فاصله	رتبه	رتبه	فاصله	رتبه
A1	۲	-۰.۵۲۳	۱	۱	-۰.۵۲۱	۱
A2	۶	-۰.۲۷۷	۴	۲	-۰.۶۲۳	۳
A3	۷	-۰.۲۷۰	۵	۶	-۰.۶۲۸	۲
A4	۸	-۰.۲۳۲	۶	۸	-۰.۳۲۳	۷
A5	۹	-۰.۲۱۰	۹	۷	-۰.۲۶۸	۸
A6	۵	-۰.۱۵۰	۳	۵	-۰.۲۲۳	۵
A7	۴	-۰.۱۴۷	۲	۵	-۰.۲۲۶	۸
A8	۳	-۰.۱۳۸	۲	۷	-۰.۲۲۱	۶
A9	۱	-۰.۱۳۲	۱	۲	-۰.۲۱۰	۴

مأخذ: داده های مورد بررسی

جدول (۱۰) رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری با استفاده از برنشه ریزی تاپسیس برای گروه‌های سوم و چهارم کشاورزان

نام سیستم	گروه وزنی اول		گروه وزنی دوم		گروه سوم		گروه چهارم	
	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله	رتبه	فاصله
A1	۵	۰.۵۳۸	۵	۰.۵۳۸	۵	۰.۵۷۷	۲	۰.۶۹۸
A2	۶	۰.۴۹۵	۶	۰.۵۲۲	۴	۰.۵۵۲	۲	۰.۶۹۸
A3	۴	۰.۵۳۶	۳	۰.۵۶۸	۱	۰.۶۰۲	۱	۰.۷۸۵
A4	۸	۰.۳۹۲	۸	۰.۳۸۱	۸	۰.۳۶۷	۷	۰.۳۶۷
A5	۹	۰.۳۰۹	۹	۰.۳۹۲	۹	۰.۳۷۲	۸	۰.۳۰۰
A6	۳	۰.۵۵۲	۳	۰.۵۷۰	۳	۰.۵۸۸	۵	۰.۵۰۰
A7	۷	۰.۴۶۹	۷	۰.۴۹۱	۷	۰.۵۰۵	۶	۰.۴۲۹
A8	۱	۰.۶۰۰	۱	۰.۵۹۱	۴	۰.۵۸۲	۴	۰.۳۸۷
A9	۲	۰.۵۶۶	۲	۰.۵۶۷	۲	۰.۵۸۹	۳	۰.۵۷۸

مأخذ: داده‌های موره بررسی

نتایج حاصل از جدول ۵ حاکی از آن است که در گروه اول، بهترین سیستم آبیاری، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و بعد از آن کلاسیک متحرک است. در رتبه‌های بعدی نیز آبیاری سنتی جوپچه‌ای و تفنگی قرار دارد که بسته به مقادیر P و همچنین نوع وزن‌های اعمال شده متفاوت است. همچنین نتایج جدول مذکور نشان می‌دهد که بدترین سیستم در مورد گروه اول زارعین، سیستم‌های آبیاری بارانی خطی و دورانی می‌باشد. از جمله مسائلی که در رابطه با گروه اول کشاورزان وجود دارد (با توجه به جدول ۳)، نامناسب بودن شاخص‌های اندازه مزرعه، شکل هندسی مزرعه، شیب مزرعه و همچنین وجود موانع در مزرعه برای سیستم‌های آبیاری بارانی خطی و دورانی می‌باشد. این در حالی است که شاخص‌های مساحت و پستی و بلندی بالاترین کارایی و عملکرد را برای سیستم‌های کلاسیک ثابت و متحرک دارند. از دیگر نکات حائز اهمیت جدول مذکور بالا بودن نسبت رتبه سیستم آبیاری جوپچه‌ای نسبت به بعضی از سیستم‌های آبیاری بارانی همچون خطی و دورانی می‌باشد که این امر نشان دهنده کارا بودن سیستم جوپچه‌ای نسبت به بعضی از سیستم‌های آبیاری بارانی در ارتباط با این گروه کشاورزان می‌باشد. هرچند که در مجموع دو سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و متحرک از کارایی بالاتری نسبت به

سیستم‌های سنتی و بقیه سیستم‌های تحت فشار برخوردارند. مقایسه نتایج جدول ۵ با جدول ۹ نشان دهنده آن است که در برنامه‌ریزی تاپسیس، اگرچه رتبه‌بندی سیستم‌های آبیاری تا حدودی تغییر کرده ولی این تغییرات که ناشی از مقادیر فاصله می‌باشد، ناچیز است. به عبارت دیگر، مقادیر فاصله محاسبه شده در روش تاپسیس در مورد سه سیستم اول، تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. از دیگر نتایج حاصل از مقایسه دو جدول مذکور در گروه اول، حساسیت بالای برنامه‌ریزی تاپسیس به افزایش وزن معیارها و تغییرات نسبتاً زیاد در رتبه‌بندی سیستم‌ها می‌باشد.

نتایج حاصل از جدول (۶) در گروه دوم کشاورزان حاکی از آن است که در این گروه از کشاورزان، بهترین سیستم آبیاری، آبیاری سنتی (جوپچه‌ای، کرتی و نواری) می‌باشد و سیستم‌های پیشرفته آبیاری تحت فشار در رتبه‌های بعدی قرار دارند. این امر بدلیل کوچک بودن مزارع، شکل نامناسب مزارع و بالا بودن تعداد قطعات زمین می‌باشد. همچنین بهترین سیستم آبیاری تحت‌فشار در این گروه نیز آبیاری کلاسیک نیمه متحرک است که نسبت به دیگر سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار از رتبه بالاتری برخوردار است، ولی در مقایسه با سیستم‌های سنتی، در مجموع از رتبه پایین‌تری برخوردار می‌باشد. مقایسه نتایج جدول ۶ با جدول

نگیرد و با توجه به بالا بودن رتبه سیستم های بارانی کلاسیک ثابت و متحرک نسبت به دیگر سیستم های بارانی، دو سیستم مذکور برای کشاورزان استان مدنظر قرار گیرد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

در این مطالعه، تناسب سیستم های مختلف آبیاری اعم از سنتی و بارانی برای زارعین استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از دو روش برنامه ریزی توافقی و تاپسیس استفاده شد. با جمع بندی کلی از رتبه بندی سیستم های آبیاری با استفاده از دو روش مذکور، نتایج حاصل از آنها در مورد چهار گروه کشاورزان با ویژگی های مختلف حاکی از آن بود که در مورد گروه اول بهترین سیستم آبیاری، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و بعد از آن کلاسیک متحرک و بدترین سیستم نیز آبیاری بارانی خطی و دورانی می باشد. در مورد گروه دوم بهترین سیستم آبیاری، آبیاری جویچه ای و بعد از آن کرتی و نواری بوده و بدترین سیستم نیز آبیاری بارانی دورانی و غلطان می باشد. در مورد گروه سوم، بهترین سیستم آبیاری، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و بعد از آن متحرک و بدترین سیستم نیز آبیاری بارانی خطی و دورانی می باشد. در مورد گروه چهارم، بهترین سیستم آبیاری، آبیاری کرتی و بعد از آن، جویچه ای و نواری می باشد و بدترین سیستم نیز سیستم های آبیاری بارانی خطی و دورانی می باشد.

با توجه به نتایج حاصله پیشنهادات ذیل ارائه می گردد:

- 1- نتایج این مطالعه نشان داد که در همه مزایح و تمام کشاورزان، سیستم های آبیاری تحت فشار الزاماً متناسب با مزایح نیست. به گونه ای که در مورد گروه های دوم و چهارم کشاورزان، بهترین سیستم آنها، سیستم های سنتی می باشند. لذا با توجه به سرمایه هنگفت که در نصب سیستم های آبیاری تحت فشار مورد نیاز است لازم است که در پیشنهاد دادن آبیاری تحت فشار به کشاورزان،

۹- حاکی از نزدیکی بالای نتایج هر دو روش توافقی و تپسیس در رتبه بندی سیستم ها می باشد.

نتایج جدول ۷ در رابطه با تعیین و رتبه بندی بهترین سیستم آبیاری در مورد گروه سوم زارعین، با استفاده از برنامه ریزی توافقی نشان دهنده بالا بودن رتبه آبیاری کلاسیک ثابت در اکثر وزن ها و Pها می باشد. لذا در مورد این گروه، بهترین سیستم آبیاری، آبیاری کلاسیک ثابت و بعد از آن کلاسیک متحرک، غلطان و تفگی می باشد. با مقایسه نتایج جدول ۷ با جدول ۱۰ می توان گفت که تغییرات چندانی در رتبه بندی سیستم ها از طریق دو روش مذکور رخ نداده و تنها تفاوت آن در مورد سیستم غلطان می باشد که در برنامه ریزی تاپسیس، رتبه آن کاهش یافته است.

در جدول ۸، رتبه بندی سیستم های آبیاری در مورد کشاورزان گروه چهارم نشان داده شده است. نتایج جدول مذکور حاکی از برتری سیستم های کرتی، نواری و جویچه ای نسبت به دیگر سیستم های آبیاری است. از جمله نکات حائز اهمیت در جدول ۸ بالا بودن رتبه سیستم های آبیاری سنتی نسبت به سیستم های بارانی است که این مسأله در رابطه با گروه دوم کشاورزان نیز دیده شد. با مقایسه جدول ۸ با جدول ۱۰ می توان گفت که تفاوت چندانی در رتبه بندی سیستم ها از طریق دو روش مذکور وجود ندارد. با مقایسه جدول های (۵ تا ۱۰) در رابطه با وزن های اصمال شده می توان گفت که اصمال این وزن ها، باعث تغییرات زیادی در رتبه بندی سیستم ها نشده است.

از دیگر نکات حائز اهمیت در رتبه بندی سیستم های آبیاری، پایین بودن رتبه سیستم های آبیاری تحت فشار خطی و دورانی در همه گروه ها و همه وزن ها می باشد. این امر بدلیل عدم تناسب مزایح استان با اینگونه سیستم ها از جنبه های مختلف می باشد. لذا لازم است که در ورود و معرفی سیستم های آبیاری، اینگونه سیستم ها مدنظر قرار

ویژگی‌های مختلف مزارع از جنبه‌های مختلف مدنظر قرار گیرد و مطالعات پایه‌ای در مورد آنها صورت گیرد.

۲- در مورد برخی از کشاورزان و بخصوص در مناطقی که مشکلات اقلیمی (همچون بالا بودن تبخیر و تعرق) و یا نهدی (همچون بالا بودن شوری آب و یا خاک) وجود دارد و یا توجه به اینکه بهترین سیستم‌های آبیاری سنتی می‌باشد (در مورد گروه دوم و چهارم) لذا لازم است که روش‌های نوین آبیاری سنتی که تأثیر بسزایی بر افزایش راندمان آنها دارد مورد توجه برنامه‌ریزان و سیاستگذاران قرار گیرد. لذا پیشنهاد می‌شود در مناطقی که سیستم‌های آبیاری تحت فشار مناسب با آن مناطق نیست، تأکید اصلی سیاستگذاران به افزایش راندمان سیستم‌های آبیاری سنتی و استفاده از روش‌های نوین و بهینه سنتی باشد.

۳- در استان خراسان رضوی، در مناطق و مزارعی که سیستم آبیاری تحت فشار مناسب و متناسب با آنها

می‌باشد؛ بهترین سیستم آبیاری، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و متحرک می‌باشد که در عمل، تعداد کمی از این سیستم‌ها نصب شده و بیشتر سیستم‌های غلطان نصب شده که در رتبه‌های بعدی قرار دارد. لذا پیشنهاد می‌شود که تأکید اصلی سیاستگذاران، مسؤولان و شرکتهای فعال در زمینه نصب سیستم‌های آبیاری بر استفاده و ترویج دو سیستم کلاسیک ثابت و متحرک باشد.

۴- پیشنهاد می‌شود که مطالعات مشابهی در رابطه با انتخاب سیستم‌های مناسب آبیاری در مورد باغات استان خراسان رضوی و همچنین مطالعات مشابهی در استان‌های دیگر در مورد مزارع و باغات صورت گیرد.

تشکر و قدردانی:

بدینوسیله از حوزه محترم پژوهشی دانشکده کشاورزی و دانشگاه فردوسی مشهد تقدیم و تشکر می‌شود.

منابع

۱. اصغرپور، م. ج. ۱۳۷۷. تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.
۲. پایگاه اطلاع‌رسانی شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی. <http://www.khrw.ir>
۳. جعفری، ع. م. ۱۳۷۶. تحلیل اقتصادی سرمایه‌گذاری در تکنولوژی آب‌اندوز، مطالعه موردی در استان همدان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. شیراز.
۴. خلیلی، د. ۱۳۷۵. مقیسه دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاری در ارزیابی تکنولوژی‌های آبیاری. نخستین گردهمایی علمی-کاربردی اقتصاد آب. تهران.
۵. رفیعی، ه. ۱۳۸۴. بررسی عوامل مؤثر بر انتخاب و پذیرش آبیاری بارانی در استان اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. شیراز.
۶. سالنامه آماری استان خراسان رضوی. ۱۳۸۲ و ۱۳۸۴. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خراسان رضوی. معاونت آمار و اطلاعات. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد.
۷. سلامی، ح. و م. خالدی. ۱۳۸۰. تأثیر فناوری مبارزه بیولوژیکی با آفت کرم ساقه‌خوار برنج. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. شماره ۳۳. ۲۴۶-۲۵۳.