

# کاربرد «فرایند تحلیل سلسله مراتبی» در انتخاب سیستم‌های آبیاری تحت فشار (مطالعه موردی: دشت دهگلان کردستان)

محمد مهدی قره‌داغی<sup>۱</sup>، عیسی معروف‌پور<sup>۲\*</sup>، خالد بابایی<sup>۳</sup> و مریم پاشازاده<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه کردستان

۲\* - نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه کردستان. [Isamarofpoor@yahoo.com](mailto:Isamarofpoor@yahoo.com)

۳- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کردستان

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۲۰

## چکیده

انتخاب صحیح سیستم آبیاری گام مهمی در بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک است. عوامل متعدد تأثیرگذار در انتخاب سیستم آبیاری تحت فشار مناسب، این امر را به مسئله نسبتاً پیچیده‌ای مبدل کرده است. در این تحقیق با تهیه اطلاعات مربوط به آب، خاک و پارامترهای اقلیمی ۲۰ مزرعه نمونه و مطالعه میدانی عوامل اقتصادی- اجتماعی کشاورزان، به مطالعه انتخاب مناسب‌ترین سیستم آبیاری تحت فشار با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در منطقه دشت دهگلان پرداخته شده است. در این راستا عوامل مهم و تأثیرگذار به دو گروه فیزیک مزرعه و اقتصادی- اجتماعی تقسیم شده‌اند. در نتیجه این تحقیق، سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک به عنوان بهترین سیستم برای شرایط موجود مزارع مورد نظر قابل انتخاب می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که فرایند تحلیل سلسله مراتبی، می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به انتخاب سیستم‌های آبیاری، کاربرد مطلوبی داشته باشد.

**کلید واژه ها:** آبیاری بارانی، آبیاری قطره‌ای، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، انتخاب سیستم.

## مقدمه

پیامدها و اهداف محیطی، اجتماعی و اقتصادی از سویی دیگر، فرآیندهای پیچیده‌ای است که لزوماً باید در انتخاب سیستم آبیاری طرح‌های توسعه، به‌طور عمیق و کامل، نگریسته شوند (عبادی و همکاران، ۱۳۸۳). امروزه علم تصمیم‌گیری به مشابه سایر علوم به سرعت در حال رشد و توسعه است. تصمیم‌گیری فرایند انتخاب بهترین گزینه از میان گزینه‌های موجود می‌باشد. تصمیم‌گیری برای انجام بهترین عمل ممکن، می‌تواند بر اساس یک یا چند معیار انجام پذیرد. بسیاری از تصمیم‌ها دارای معیارهای گوناگون کمی و کیفی است که این معیارها در پاره‌ای از مواقع در تعارض با یکدیگر می‌باشند. اینگونه تصمیم‌گیری‌ها را تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۱</sup> می‌نامند. در تصمیم‌گیری چند معیاره، انتخاب گزینه برتر با مد نظر قرار دادن چند معیار انجام می‌پذیرد. که این معیارها می‌تواند کمی یا کیفی، مثبت یا منفی باشند (محمدی، ۱۳۸۹).

آنچه که در تصمیم‌گیری اهمیت دارد واقعیت‌های شرایط مزرعه است مانند خصوصیات گیاه، دسترسی به آب و کیفیت آن، ناهمواری‌های سطح مزرعه، خصوصیات خاک، نیروی کار و غیره. برخی از این پارامترها کمی و برخی کیفی هستند. فرموله کردن معیارهای ارزیابی، یک مسئله مهم می‌باشد. چون باید به عواملی از جمله علاقه کشاورز، افزایش درآمد خالص، کاهش هزینه‌های تولیدات

یکی از چالش‌های عمده برای جمعیت در حال رشد کشور، مسئله آب و مدیریت استفاده از آن است. اهمیت بخش کشاورزی در این مورد به دلیل مصرف بالایی که از منابع آبی کشور دارد، باید مورد توجه جدی قرار گیرد. در این خصوص یکی از راه‌های افزایش بازدهی مصرف آب در مزارع، استفاده از روش‌های آبیاری مناسب با راندمان بالا است. در سال‌های اخیر دولت و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی تسهیلاتی را به منظور به کارگیری فناوری‌های مدرن آبیاری (آبیاری تحت فشار) در اختیار کشاورزان قرار داده‌اند. از طرفی تنوع در عرضه تکنولوژی‌های نوین آبیاری، گاه کشاورزان را در انتخاب نوع سیستم مناسب دچار مشکل می‌کند. تصمیم‌گیری در انتخاب یک تکنولوژی بایستی با توجه به کلیه عوامل تأثیرگذار در کارایی آن باشد (سیدان و قدمی فیروزآبادی، ۱۳۸۵).

انتخاب صحیح سیستم آبیاری گام مهمی در بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک است. لزوم توجه به مشخصات و محدودیت‌های سیستم‌های آبیاری، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک محل، اهداف و پیامدهای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی سبب می‌گردد که انتخاب سیستم آبیاری به مسئله نسبتاً پیچیده مبدل گردد. در بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک، انتخاب مناسب سیستم آبیاری، گامی اساسی است. شناخت ویژگی‌ها و محدودیت‌های سیستم‌های آبیاری از یک سو و آگاهی از مشخصات فیزیکی محل،

اولیه، هزینه‌های نگهداری، راندمان و بازگشت سرمایه از همه مهم‌تر دانست.

هاشیموتو<sup>۸</sup> (۱۹۸۰) برای اولین بار روش اهمیت وزن‌دار را مطرح نمود. این روش در برنامه‌ریزی سیستم‌های منابع آب به صورت موفقیت‌آمیزی به کار گرفته شده است. منتظر و بهبهانی (۲۰۰۷) طی تحقیقی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، به انتخاب بهترین و کارآمدترین سیستم آبیاری برای سه منطقه در دشت قزوین با سه الگوی کشت مختلف گندم، چغندر قند و انگور پرداختند. آن‌ها در این تحقیق از ۱۵ عامل مؤثر بر انتخاب سیستم آبیاری از جمله شیب زمین، وضعیت ناهمواری، مهارت کارگر، نوع کشت، هزینه‌های طرح، کیفیت و کمیت آب، سرعت باد و نفوذپذیری استفاده کردند. آن‌ها با مقایسه نتایج حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با دیگر روش‌های موجود و نظرات کارشناسی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را به عنوان ابزاری مفید و کارآمد در انتخاب بهترین سیستم آبیاری معرفی نمودند. همچنین نبریزی و سلامت (۱۹۹۷) طی مطالعاتی مهمترین عوامل مؤثر در انتخاب سیستم‌های آبیاری را مورد بررسی قرار داده‌اند (به نقل از منتظر و بهبهانی، ۲۰۰۷).

با ارزیابی صحیح از تناسب مکانی سیستم‌های آبیاری بارانی، کومار و همکاران<sup>۹</sup> (۱۹۹۲) در ویرجینیای ایالات متحده آمریکا، نرم‌افزاری را بسط دادند که از اطلاعات مکانی (موقعیت مزرعه) استفاده می‌کرد. به عنوان مثال از داده‌هایی مانند نوع خاک و اطلاعات مربوط به گیاه برای تعیین بهترین سیستم آبیاری بارانی از بین گزینه‌های عقربه‌ای، آبشمان قرقره‌ای و سیستم لوله‌های قابل حمل استفاده کرده است.

ماینودین و همکاران<sup>۱۰</sup> (۱۹۹۷)، راجو و پیلای<sup>۱۱</sup> (۱۹۹۹) و سرجویچ (۲۰۰۲) گزارش‌هایی از موفقیت‌آمیز بودن این روش را برای انتخاب سیستم آبیاری در اراضی گوناگون به عنوان یک سیستم کارآمد و توانا و تصمیم‌گیری‌های عملی در مدیریت آبیاری منتشر کردند (به نقل از کورالوف و سرجویچ، ۲۰۰۴).

#### فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین قسمت‌های هر مسأله در معیارهای چندگانه تخمین صحیح مقادیر داده‌ها می‌باشد. با این که اطلاعات کیفی در مورد اهمیت معیارها را می‌توان به دست آورد اما تبدیل آن به مقادیر کمی دارای مشکلاتی است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی رویکردی مؤثر برای کشف وزن و اهمیت نسبی معیار می‌باشد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که به وسیله ساعتی<sup>۱۲</sup> (۱۹۸۰) معرفی شده، روشی برای تصمیم‌گیری است که دارای مقبولیت زیادی بوده و از آن در تعیین اهمیت نسبی معیارها در مسائل تصمیم‌گیری ویژه استفاده می‌گردد. در این روش با تهیه ماتریس مقایسه و استفاده از

کشاورزی، بهبود وضعیت کیفی خاک، بهبود به کارگیری منابع انسانی و ماشینی و بهینه‌سازی مصرف آب مورد توجه قرار گیرد. به بیان دیگر، ضروری است که پارامترهای تصمیم‌گیری مناسب به کار گرفته، روش کار مناسب اتخاذ تا شرط سازگاری فرآیند تصمیم‌گیری در تمامی این مراحل حفظ شود. در این میان مهم‌ترین دغدغه این است که کدام یک از عوامل بر دیگری برتری دارد و در فرآیند تصمیم‌گیری بر دیگران غلبه داده خواهد شد (سرجویچ<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷).

امروزه روش‌های مختلفی برای مسائلی که نیاز به تصمیم‌گیری‌های چند معیاره دارند به کار برده می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از این روش‌ها است. این روش به عنوان یک ابزار کارآمد در بخشی از این فعالیت‌ها که روش‌های انتخاب سیستم آبیاری نامیده می‌شود مطرح است. این امر به دلیل سادگی و قدرت این روش در به کار بردن مسائلی این‌چنین می‌باشد. در طول فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره به وسیله روش‌های مختلف ممکن است جواب‌های مختلفی در رابطه با رتبه‌بندی سیستم‌های مختلف آبیاری به دست آید. هر چه در پارامترهای ورودی فرآیند تصمیم‌گیری بیشتر دقت شود و به واقعیت مزرعه نزدیکتر باشند، می‌توان انتظار داشت که جواب‌های مدل‌های مختلف به هم نزدیکتر باشند. در نهایت برای انتخاب نهایی نیز می‌توان با اعمال نظر، انتخاب نهایی را انجام داد (سرجویچ و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲).

#### بررسی منابع

نوروزی (۱۹۹۷) برای هر یک از پارامترهای مؤثر در انتخاب یک گزینه برای سیستم آبیاری، وزنی را در نظر گرفت. وی سپس از مجموع وزن‌های به دست آمده برای رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف برای سیستم آبیاری استفاده کرد (به نقل از منتظر و بهبهانی، ۲۰۰۷). هولزافل<sup>۳</sup> و همکاران (۱۹۸۵) یک روش مبنی بر دو گام پیشنهاد کرده‌اند: (۱) تحلیل فنی (۲) فنی-اقتصادی. ایشان یک تکنیک ارزیابی برای انتخاب سیستم آبیاری معرفی کردند که می‌توان آن را روش افزایشنده اهمیت یکسان<sup>۴</sup> معرفی کرد. آن‌ها از این روش در یافتن بهترین روش از میان چهار روش ممکن در شرایط مزرعه مورد نظر و الگوی کشت ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای استفاده کردند. مدل ارزیابی آن‌ها تا اندازه‌ای قابل مقایسه با توابع مفید و کاربردی مورد استفاده در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد.

سرجویچ و اوبرادوویچ<sup>۵</sup> (۱۹۹۷) روش هولزافل را مورد بحث قرار داده و با روش اهمیت وزن‌دار<sup>۶</sup> مقایسه کردند. ایشان بیان نمودند که در عمل روش اهمیت وزن‌دار تصمیم‌گیری در مقیاس بزرگتر را بهتر پشتیبانی می‌کند. آن‌ها عقیده دارند که اگرچه عوامل مهمی در انتخاب سیستم‌های آبیاری مؤثرند، اما از میان آن‌ها می‌توان سرمایه‌گذاری

8. Hashimoto  
9. Kumar et al.  
10. Mainuddin et al.  
11. Raju and Pillai  
12. Saaty

1. Srdjevic  
2. Analytical Hierarchy Process  
3. Srdjevic et al.  
4. Holzapfel et al.  
5. Multiplicative Equal Importance Method  
6. Srdjevic and Obradovic  
7. Additive Weighted Importance Method

بهبودسازی این روش به کمک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی انجام شده است. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی از دیگر روش‌های موجود، دقیق‌تر می‌باشد. چون از تمامی معیارهای مختلف مؤثر در سیستم آبیاری بارانی استفاده شده است که این امر باعث بالاتر رفتن دقت مدل شده است. (منتظر و بهبهانی، ۲۰۰۷)

انتخاب بهترین سیستم آبیاری برای شرایط یک مزرعه، یکی از مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. این فرآیند معمولاً تحت تأثیر دو دسته عامل واقع می‌شود. (۱) عوامل عینی و قابل مشاهده مانند تراکم گیاه، شرایط رشد، کیفیت آب، شرایط توپوگرافی و غیره. (۲) عوامل ذهنی و غیر قابل مشاهده مانند مسایل فرهنگی، اقتصادی. در این مقاله از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای شبیه‌سازی واقعی فرآیند تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن هر دو دسته عامل دخیل ذکر شده، استفاده شده است. نتایج به دست آمده کاملاً دقیق و قطعی می‌باشد. دلیل این امر آن است که تحلیل سلسله‌مراتبی، انتخاب‌گر را قادر به در نظر گرفتن همه پارامترهای مؤثر، با مشاهده هم‌زمان نمودارهای مختلف و مقایسه دو به دو المان‌های تصمیم‌گیری می‌سازد.

در این مقاله برای انتخاب بهترین سیستم آبیاری تحت فشار عوامل مهم و تأثیرگذار به دو گروه الف) فیزیک مزرعه و ب) اقتصادی - اجتماعی تقسیم شده‌اند.

### الف) فیزیک مزرعه

#### ۱- کمیت و کیفیت آب

الف) کمیت آب: مقدار آب موجود از دو نظر حائز اهمیت می‌باشد. یکی کل آب مورد نیاز در طول فصل رویش و دیگری میزان آب مورد نیاز در دوره حداکثر مصرف. در صورتی که آب مورد نیاز در فصل رویش بیشتر از حجم آب موجود در آن فصل باشد، لازم است سیستم‌هایی که دارای بازدهی بالایی هستند و با دبی‌های کم هم به راحتی کار می‌کنند (آبیاری تحت فشار)، مورد توجه قرار گیرند (ضوابط و معیارهای فنی روش‌های آبیاری تحت فشار، ۱۳۷۶).

ب) کیفیت آب: بررسی کیفیت آب از دو جنبه حائز اهمیت است. یکی از نقطه نظر تأثیر در عملکرد اجزای سیستم و دیگری تأثیر کیفیت آب بر خاک و گیاه. در روش آبیاری بارانی اصلاح مضر آب (به ویژه سدیم و کلر) می‌تواند از طریق جذب توسط برگ گیاهان به آنها آسیب برسانند. این آسیب می‌تواند به صورت کاهش محصول و یا تغییر کیفیت محصول نمایان شود. بنابراین توصیه می‌شود قبل از اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار از منبع آب نمونه تهیه شده، نتایج آزمایش‌های آن مورد تفسیر قرار گیرد و با توجه به محدودیت‌های کیفیت آب در سیستم آبیاری، نوع سیستم آبیاری انتخاب، طراحی و اجرا شود (میرابوالقاسمی و همکاران، ۱۳۸۶).

#### ۲- خاک

الف) عمق خاک: عمق خاک عبارت است از ضخامت خاکی که بر روی لایه‌های محدود کننده قرار دارد. تجربه نشان داده است که چنانچه عمق مؤثر خاک برای اغلب نباتات، ۹۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر

مقیاس کلامی، تصمیم‌گیران می‌توانند نظرات خود را به صورت کمی بیان نمایند (محمدی، ۱۳۸۹).

روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی جزء روش‌های ارزیابی چند معیاری است که در این بررسی جهت تحلیل و متوازن کردن عوامل و معیارهای مؤثر در انتخاب سیستم آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله مزیت‌ها و ویژگی‌های این روش می‌توان به:

- سادگی
- انعطاف‌پذیری
- سازماندهی سلسله‌مراتبی عناصر (اهداف، معیارها، گزینه‌های احتمالی) یک مجموعه
- امکان استفاده از معیارهای کمی و کیفی
- امکان کنترل سازگاری ماتریس مقایسه‌های دو به دو
- تعیین اولویت‌ها
- امکان رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها
- امکان به کارگیری نظرهای گروهی (قضاوت گروهی) اشاره کرد.

### اصول و چهارچوب مفهومی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی

ساعتی (۱۹۸۰) چهار اصل زیر را به عنوان اصول فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است. این اصول عبارتند از:

اصل (۱) شرط معکوسی: اگر ترجیح عنصر A بر عنصر B برابر n باشد ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر 1/n خواهد بود.

اصل (۲) همگنی: عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل قیاس باشند. به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی‌تواند بی‌نهایت یا صفر باشد.

اصل (۳) وابستگی: هر عنصر سلسله‌مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می‌تواند وابسته باشد و به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می‌تواند ادامه داشته باشد.

اصل (۴) انتظارات: هر گاه تغییری در ساختمان سلسله‌مراتبی رخ دهد پروسه ارزیابی باید مجدداً انجام گیرد.

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود. این عناصر تصمیم‌گیری شامل: اهداف، معیارها و گزینه‌های احتمالی می‌شود که در اولویت‌بندی به کار گرفته می‌شوند. فرآیند شناسایی عناصر و ارتباط بین آن‌ها که منجر به ایجاد یک ساختار سلسله‌مراتبی می‌شود، ساختن سلسله‌مراتب نامیده می‌شود. بنابراین اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، ایجاد یک ساختار سلسله‌مراتبی از موضوع مورد بررسی می‌باشد که در آن اهداف، معیارها، گزینه‌ها و ارتباط بین آن‌ها نشان داده می‌شود (زبردست، ۱۳۸۰).

### مواد و روش‌ها

در این مقاله، یک روش انتخاب سیستم آبیاری تحت فشار مطلوب، با در نظر گرفتن معیارهای فیزیکی، اقتصادی - اجتماعی و محیطی تأثیرگذار بر روی راندمان آبیاری ارائه شده است. روند

منطقه دسترسی به چنین نیروی انسانی امکان پذیر نباشد، باید تا حد امکان از طراحی سیستم‌های پیچیده که نیاز به تکنولوژی خاص دارند، خودداری شود.

#### ۲- نوع محصول

بخشی از مطالعات پایه جهت پتانسیل‌یابی اراضی در آبیاری تحت فشار مربوط به گیاهان الگوی کشت در منطقه می‌باشد. مواردی که می‌بایست در ارزیابی تناسب گیاه در رابطه با روش آبیاری مد نظر قرار گیرند، عبارتند از (ضوابط و معیارهای فنی روش‌های آبیاری تحت فشار، ۱۳۷۶):

- تراکم کشت

- تناسب ارتفاع محصول با ارتفاع دستگاه آبیاری

#### ۳- هزینه‌های اجرای طرح و نگهداری از آن

مقایسه هزینه‌های مربوط به روش‌های آبیاری ثقلی و تحت فشار در مقطع زمانی یکسان و در پروژه‌های نسبتاً مشابه می‌تواند حاکی از رقابت هزینه‌های سیستم‌های آبیاری تحت فشار با ثقلی باشد.

الف) هزینه اولیه: هزینه‌های اجرای سیستم آبیاری تحت فشار در هر هکتار از اراضی شامل ایستگاه پمپاژ مزرعه، ایستگاه کنترل مرکزی، لوله اصلی مزرعه و خود سیستم بارانی یا قطره‌ای براساس پروژه‌های متعدد اجرا شده در کشور تعیین می‌گردد.

ب) هزینه نگهداری: شامل هزینه‌های جاری، بالاسری، نیاز کارگری، تعمیرات و تعویض قطعات می‌باشد که معمولاً به صورت هزینه نگهداری سالیانه در نظر گرفته می‌شود.

#### ۴- عوارض مصنوعی

بعضاً در مزرعه‌ها مشاهده می‌شود که عوارضی نظیر ساختمان در وسط مزرعه، تیرهای برق، آبراهه‌های طبیعی و غیره مانع از اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار مانند عقربه‌ای و ویلموو می‌شوند. بنابراین با توجه به عوارض موجود در محدوده هر مزرعه برای کاربرد سیستم‌های مختلف آبیاری تحت فشار، لازم است انتخاب سیستم به نحوی باشد که در حد امکان از برخورد با عوارضی این چنین اجتناب گردد.

#### ۵- عوامل فرهنگی

یکی از مسائل مهم که باید در انتخاب روش مناسب آبیاری مد نظر قرار گیرد مسائل اجتماعی و فرهنگی است. آیا زارع یا زارعین محدوده طرح پذیرش اجرای سیستم را دارند یا خیر و اگر پذیرش دارند چه نوع سیستم یا سیستم‌هایی باید طراحی گردد تا پس از اجراء مشکلات در بهره‌برداری از آن‌ها به وجود نیاید.

از دیگر مسائل اجتماعی و فرهنگی، دانش فنی و میزان آشنایی زارعین به روش‌های مختلف آبیاری می‌باشد. روش‌های پیشرفته مکانیزه نیاز به دانش بیشتری در نحوه بهره‌برداری و سرویس و نگهداری دارند که باید در طراحی مد نظر قرار گیرد.

استان کردستان با مساحتی معادل ۲۸۲۰۳ کیلومتر مربع از ۳۴ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و در غرب ایران قرار گرفته است. شهرستان دهگلان با مساحتی معادل ۱۹۰۹ کیلومتر مربع در جنوب شرقی استان کردستان و در ۵۱

باشد، تولید رضایت‌بخشی حاصل خواهد شد. در رابطه با روش آبیاری، در خاک‌های کم‌عمق می‌بایست این محدودیت در تعیین عمق آبیاری و در نتیجه دور آبیاری در نظر گرفته شود. با توجه به این نکته، حداقل عمق خاک در آبیاری بارانی ۹۰ سانتی‌متر و در آبیاری قطره‌ای ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد (ضوابط و معیارهای فنی روش‌های آبیاری تحت فشار، ۱۳۷۶). در نهایت از عمق خاک به عنوان آب قابل دسترسی تعبیر شده و از این پارامتر در انتخاب سیستم آبیاری استفاده شده است.

ب) نفوذپذیری: یکی از عوامل مؤثر در تعیین سرعت نفوذپذیری خاک، بافت خاک می‌باشد. نفوذپذیری خاک از جمله مواردی است که در به کارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار، به ویژه آبیاری بارانی ایجاد محدودیت می‌کند. به طوری که اغلب منابع معتبر، استفاده از روش‌های آبیاری بارانی را در خاک‌های با نفوذپذیری کمتر از ۳ میلی‌متر در ساعت دارای محدودیت دانسته‌اند (میرابوالقاسمی و همکاران، ۱۳۸۶).

#### ۳- توپوگرافی

وضعیت توپوگرافی هر منطقه اغلب با تعیین مقدار شیب اصلی اراضی و میزان یکنواختی و ناهمواری‌های آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مجموع شیب‌های بالای ۱۵ درصد برای آبیاری بارانی و شیب‌های بالای ۳۰ درصد برای آبیاری قطره‌ای مناسب نمی‌باشد ولی هر یک از سیستم‌های آبیاری در شرایط توپوگرافی معینی بازدهی مناسب دارند (میرزائی تختگاهی و همکاران، ۱۳۸۵).

#### ۴- عوامل اقلیمی

الف) سرعت باد: از جمله مهم‌ترین مشخصه‌های اقلیمی است که در طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی مورد توجه قرار می‌گیرد. محدودیت‌های ناشی از باد در اقلیم‌های خاص می‌تواند خیلی مهم باشد اما میزان تأثیر آن در هر سیستم آبیاری متفاوت است. به طور کلی، اگر متوسط سرعت باد در طول فصل زراعی در یک منطقه خاص بیشتر از ۱۶ کیلومتر بر ساعت باشد، آبیاری بارانی در آن منطقه توصیه نمی‌شود (ضوابط و معیارهای فنی روش‌های آبیاری تحت فشار، ۱۳۷۶).

ب) اقلیم: تأثیر درجه حرارت بر روش‌های آبیاری، به صورت تلفات تبخیر مطرح بوده و آب هر چه بیشتر در معرض تابش آفتاب قرار گیرد، بالطبع تلفات تبخیر افزایش خواهد یافت. در این رابطه از درجه حرارت برای تعیین اقلیم در تحقیق حاضر استفاده شده است.

#### ب) عوامل اقتصادی- اجتماعی

##### ۱- نیروی کار

بخش مهمی از موفقیت سیستم‌های آبیاری تحت فشار در گرو راهبری و مراقبت از سیستم توسط افرادی است که به آن آشنایی داشته باشند. برخی از کارها را می‌توان به کارگران ساده واگذار نمود اما پاره‌ای از عملیات مانند باز و بستن کولپینگ‌ها و جابه‌جایی بال‌های آبیاری باید توسط کارگران ماهر انجام شود. در صورتی که در

هدف اصلی مسئله با پایین‌ترین سطح سلسله مراتبی مشخص است، به شکل ساده‌تری در می‌آورد.

#### ۲- تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها

برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها، دوده‌دوی آن‌ها با هم مقایسه می‌شوند. مبنای قضاوت در این امر مقایسه‌ای، جدول نه کمیته‌ی ساعتی (۱۹۸۰) است که براساس آن و با توجه به هدف بررسی، شدت برتری معیار  $\alpha$  نسبت به معیار  $\beta$ ، از  $\alpha$  تعیین می‌شود (جدول ۴). برای محاسبه ضریب اهمیت معیارها چهار روش عمده مطرح هستند: (۱) روش حداقل مربعات (۲) روش حداقل مربعات لگاریتمی (۳) روش بردار ویژه و (۴) روش‌های تقریبی (ساعتی، ۱۹۸۰).

از روش‌های فوق، روش بردار ویژه بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد اما اگر ماتریس مقایسات دارای ابعاد بزرگتری باشد، محاسبه مقادیر و بردارهای ویژه طولانی و وقت‌گیر خواهد بود. مگر این‌که از نرم افزارهای کامپیوتری برای حل آن کمک گرفته شود. به همین دلیل است که ساعتی (۱۹۹۰) چهار روش تقریبی زیر را ارائه کرده است: (۱) مجموع سطری (۲) مجموع ستونی (۳) میانگین حسابی (۴) میانگین هندسی. در این مقاله، روش میانگین هندسی به دلیل دقت بیشتر آن، مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش برای محاسبه ضریب اهمیت معیارها، ابتدا میانگین هندسی ردیف‌های ماتریس مقایسات را به دست آورده و سپس نرمالیزه می‌شود. ضریب اهمیت معیارها از نرمالیزه کردن این اعداد، یعنی از تقسیم هر عدد به سرجمع آن‌ها به دست می‌آید. همانطور که در محاسبات مشاهده شد، مجموع ضرایب اهمیت معیارهای چهارگانه مزبور معادل یک است و این نشان‌دهنده نسبی بودن اهمیت معیارها است.

برای به دست آوردن ضریب اهمیت زیر معیارها، همان‌طور که در بالا گفته شد عمل می‌شود. معیار فیزیک مزروع از چهار زیر معیار، آب، خاک، توپوگرافی و اقلیمی تشکیل شده است. بنابراین، ماتریس مقایسه دودویی معیارها برای این چهار زیر معیار تشکیل داده شده است.

#### ۳- تعیین ضریب اهمیت گزینه‌ها

بعد از تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها، ضریب اهمیت گزینه‌ها را باید تعیین کرد. در این مرحله، ارجحیت هر یک از گزینه‌ها در ارتباط با هر یک از زیر معیارها و اگر معیاری زیر معیار نداشته باشد، مستقیماً با خود آن معیار، مورد قضاوت و داوری قرار می‌گیرد. مبنای این قضاوت هم، همان جدول نه کمیته‌ی ساعتی است. با این تفاوت که در مقایسه گزینه‌ها در ارتباط با هر یک از زیر معیارها (یا معیارها بر حسب مورد بحث) کدام گزینه مهمتر است؟ مطرح نیست، بلکه کدام گزینه ارجح است؟ و چقدر؟ مطرح است. در مقایسه گزینه‌ها سؤال به این ترتیب مطرح می‌شود که، گزینه  $\alpha$  در ارتباط با زیر معیار  $X$  چقدر بر گزینه  $\beta$  ارجحیت دارد؟

کیلومتری شهرستان سندج قرار دارد. وسعت دشت دهگلان ۶۲۷۰۰ هکتار می‌باشد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۰۰ متر است. خاک این دشت بسیار حاصلخیز بوده و دارای پوشش گیاهی قابل توجهی است. تا پایان سال ۱۳۸۶ بیش از ۲۷۰۰۰ هکتار از اراضی استان زیر پوشش آبیاری تحت فشار قرار گرفته است. در این میان شهرستان‌های قروه و دهگلان با اجرای بیش از ۱۴۰۰۰ هکتار، بیشترین سهم اجرای طرح‌های آبیاری تحت فشار در استان را به خود اختصاص داده‌اند. روند استفاده از آبیاری تحت فشار در این دشت رو به توسعه می‌باشد. به همین خاطر، انتخاب درست سیستم‌های آبیاری در این منطقه به موضوعی مهم تبدیل شده است.

در این پژوهش، جهت تهیه اطلاعات مورد نیاز دشت به صورت زیر عمل شد: با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ محدوده طرح، نقشه قابلیت اراضی استان کردستان و نرم‌افزار گوگل ارث<sup>۱</sup>، ۲۰ مزرعه مزرعه به عنوان نماینده از نقاط مختلف دشت انتخاب گردید. تمامی اطلاعات لازم برای انتخاب سیستم آبیاری، از مزارع نماینده تهیه شد. همچنین جهت تکمیل اطلاعات با مراجعه به شرکت‌های مهندسی مشاور استان، اطلاعات مورد نیاز بیش از ۲۰۰ مزرعه دیگر محدوده طرح تهیه گردید. سیستم‌های آبیاری کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک، لوله‌های چرخدار (ویل‌موو) و عقربه‌ای، سیستم‌های موجود در محدوده طرح می‌باشند. سیستم آبیاری خطی نیز اخیراً مورد توجه کشاورزان منطقه قرار گرفته است. الگوی کشت غالب محدوده طرح گندم، یونجه و سیب‌زمینی می‌باشد. منبع تأمین آب دشت، سفره آب زیرزمینی دشت دهگلان بوده و به صورت موردی از رودخانه‌ها استفاده می‌گردد. مساحت مزارع محدوده طرح از ۵ تا ۷۰ هکتار متغیر می‌باشد. برای تهیه اطلاعات مربوط به عوامل اقتصادی- اجتماعی مورد نیاز در رابطه با انتخاب سیستم آبیاری نیز با انجام مطالعات میدانی و طرح پرسشنامه و تکمیل آن توسط کشاورزان عمل شد. بررسی اطلاعات جمع‌آوری شده محدوده طرح، نشان می‌دهد که دشت دهگلان از لحاظ مشخصات فیزیکی و شیمیایی عوامل فیزیک مزرعه و همچنین عوامل اقتصادی- اجتماعی، یکنواخت و همگن می‌باشد. در جدول (۱) تا (۳) برخی مشخصات عوامل فیزیک مزرعه دشت دهگلان آورده شده است.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در پنج گام و به صورت ذیل انجام می‌شود:

#### ۱- ساخت درخت سلسله مراتبی

اولین اقدام در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی می‌باشد. این سلسله مراتب دارای چهار سطح هدف، معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها می‌باشد. تبدیل موضوع یا مسئله مورد بررسی به یک ساختار سلسله مراتبی، مهمترین قسمت فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محسوب می‌شود. زیرا در این قسمت فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، مسائل پیچیده و مشکل را از طریق تجزیه آن به عناصر جزئی که به صورت سلسله مراتبی به هم مرتبط بوده و ارتباط

جدول ۱- حدود تغییرات کیفیت آب در دشت دهگلان

طبقه بندی Classification	سیستم چینی سالی SAR	میلی اکی والان در لیتر Milliequivalents per Liter					اسیدیته pH	هدایت الکتریکی mmhos/cm
		سدیم Na <sup>+</sup>	منیزیم Mg <sup>2+</sup>	کلسیم Ca <sup>2+</sup>	کلر Cl <sup>-</sup>	بی کربنات HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		
C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	۰/۸۱	۰/۸۲	۱/۴	۰/۱	۰/۵۳	۰/۸۳	۶/۶۵	۳۸۰
	تا	تا	تا	تا	تا	تا	در حدود	تا
	۲/۷۲	۴/۰۴	۳/۸	۲/۲	۰/۹۳	۱/۶۷	۷/۵۶	۴۹۰

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع نمونه دشت دهگلان

دامنه تغییرات	مشخصات نمونه Description
۰/۸۶ - ۱/۸۴	هدایت الکتریکی mmhos/cm
۷/۸۱ - ۸/۱۲	اسیدیته گل اشباع pH
۰/۰۵۴ - ۰/۱۰۸	SAR
SL تا CL -L	نوع بافت Texture
۱۶۰ - ۱۸۵	آب قابل دسترسی AW (mm/m)
۱/۳ - ۲/۵	نفوذ پذیری نهایی خاک (cm/hr)
۲ - ۱۰	شیب عمومی اراضی (%)

جدول ۳- مقادیر عوامل اقلیمی مورد نظر در دشت دهگلان

مقدار	پارامتر
۱۳/۶۵	متوسط سالانه دما (°C)
۲۳/۰۵	متوسط دما در فصل آبیاری (°C)
۹/۹۲	متوسط سالانه سرعت باد (Km/h)
۹/۱	متوسط سرعت باد در فصل آبیاری (Km/h)

جدول ۴- مقیاس نه کمیته ساعتی برای مقایسه زوجی معیارها

امتیاز	ترجیحات (فضاوت شفاهی)	ردیف
۱	اهمیت مساوی	۱
۳	اهمیت اندکی بیشتر	۲
۵	اهمیت بیشتر	۳
۷	اهمیت خیلی بیشتر	۴
۹	اهمیت مطلق	۵
۸، ۶، ۴، ۲	ترجیحات بین فواصل فوق	۶

## ۴- تعیین امتیاز نهایی گزینه‌ها

اولویت با در نظر گرفتن همه فضاوت‌ها در تمامی سطوح سلسله مراتبی می‌شود، استفاده خواهد شد:

$$\text{امتیاز نهایی (اولویت) گزینه } j = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m W_k W_i (g_{ij}) \quad (1)$$

که در آن  $W_k$  ضریب اهمیت معیار  $k$ ،  $W_i$  ضریب اهمیت زیر معیار  $i$  و  $g_{ij}$  امتیاز گزینه  $j$  در رابطه با زیر معیار  $i$  می‌باشد.

تا این مرحله، ضریب اهمیت معیارها و زیر معیارها در ارتباط با هدف مطالعه و نیز ضرایب اهمیت گزینه‌ها در ارتباط با هر یک از معیارها و زیر معیارها تعیین می‌شود. در این مرحله، از تلفیق ضرایب اهمیت مزبور، امتیاز نهایی هر یک از گزینه‌ها تعیین می‌شود. برای این کار از اصل ترکیب سلسله مراتبی ساعتی که منجر به یک بردار

جدول ۵- شاخص تصادفی بودن (R.I)

n	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
R.I	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۵۳	۱/۵۶	۱/۵۷	۱/۵۹

$$L = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{AW_i}{W_i} \right) \right] \quad (3)$$

که در آن  $AW_i$  برداری است که از ضرب ماتریس مقایسه دودویی معیارها در بردار  $W_i$  (بردار وزن یا ضریب اهمیت معیارها) به دست می‌آید. بررسی سازگاری قضاوتها در ماتریس مقایسه دودویی معیارها حاکی از آن است که سازگاری در قضاوتها رعایت شده است.

### نتایج و بحث

در شکل (۱)، نمودار درختی تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب بهترین سیستم آبیاری تحت فشار از میان گزینه‌های سیستم‌های آبیاری کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، ویل موو، خطی، عقربه‌ای و قطره‌ای نشان داده شده است.

در جدول (۶) نتایج محاسبات مقایسه دودویی معیارها در سطح اول و دوم آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود، در بخش عوامل فیزیک مزرعه بیشترین وزن مربوط به عامل اقلیمی و در بخش عوامل اقتصادی- اجتماعی بیشترین وزن مربوط به هزینه می‌باشد. عمده‌ترین دلایل کنار گذاشتن سیستم آبیاری بارانی در یک پروژه معمولاً محدودیت‌های اقلیمی و محدودیت منابع مالی می‌باشد که ماتریس مقایسات تحلیل فرایند سلسله مراتبی نیز مؤید این نکته می‌باشد.

در تعیین ضریب اهمیت گزینه‌ها با توجه به خصوصیات مزارع نمونه دشت که در جداول (۱) تا (۳) آمده است، اولویت هر سیستم در رابطه با هر عامل محاسبه شده است. محاسبات مربوط به

### ۵- بررسی سازگاری در قضاوتها

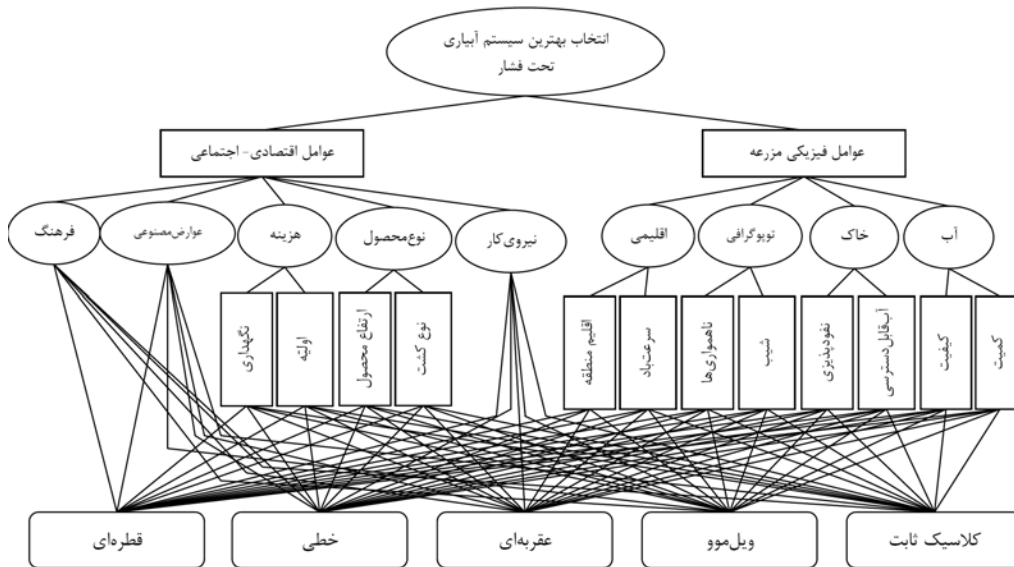
یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی، امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها است. به عبارت دیگر در تشکیل ماتریس مقایسه دودویی معیارها، چقدر سازگاری در قضاوتها رعایت شده است؟ وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهماهنگی در قضاوتها وجود دارد. یعنی اگر  $A_i$  از  $A_j$  مهمتر باشد و  $A_j$  از  $A_k$  مهم‌تر، قاعدتاً باید  $A_i$  از  $A_k$  مهمتر باشد.

مکانیزمی که ساعتی برای بررسی ناسازگاری در قضاوتها در نظر گرفته است، محاسبه ضریبی به نام ضریب ناسازگاری، (IR) است که از تقسیم شاخص ناسازگاری (I.I) به شاخص تصادفی بودن حاصل می‌شود. چنانچه این ضریب کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوتها مورد قبول است. در غیر این صورت باید در قضاوتها تجدید نظر شود. به عبارت دیگر ماتریس مقایسه دودویی معیارها باید مجدداً تشکیل شود.

$$I.I = \frac{\lambda \max - n}{n - 1} \quad (2)$$

شاخص تصادفی بودن با توجه به تعداد معیارها (n) از جدول (۵) قابل استخراج است.

در روش میانگین هندسی که یک روش تقریبی است، به جای محاسبه مقدار ویژه  $\lambda \max$  از L به شرح زیر استفاده می‌شود:



شکل ۱- ساخت درخت سلسله مراتبی انتخاب بهترین سیستم آبیاری تحت فشار

**جدول ۶- ماتریس مقایسه دودویی معیارها در سطح اول و دوم**

وزن نرمالیزه	نرمالیزه کردن	W	میانگین گیری هندسی	اقتصادی- اجتماعی	فیزیک مزعه
۰/۵	$\frac{1}{2}$	۱	$= (1 \times 1)^{\frac{1}{2}}$	۱	۱
۰/۵	$\frac{1}{2}$	۱	$= (1 \times 1)^{\frac{1}{2}}$	۱	۱
		<b>sum</b>			
		۲			

وزن نرمالیزه	نرمالیزه کردن	W	میانگین گیری هندسی	آب	خاک	توپوگرافی	اقلیمی
۰/۵۴۴۷	$\frac{2.8173}{5/1723}$	۲/۸۱۷۳	$= (1 \times 3 \times 3 \times 7)^{\frac{1}{4}}$	۷	۳	۳	۱
۰/۱۹۳۳	$\frac{1}{5/1723}$	۱	$= (1/3 \times 1 \times 1 \times 3)^{\frac{1}{4}}$	۳	۱	۱	۱/۳
۰/۱۹۳۳	$\frac{1}{5/1723}$	۱	$= (1/3 \times 1 \times 1 \times 3)^{\frac{1}{4}}$	۳	۱	۱	۱/۳
۰/۰۶۸۶	$\frac{0.3549}{5/1723}$	۰/۳۵۴۹	$= (1/7 \times 1/3 \times 1/3 \times 1)^{\frac{1}{4}}$	۱	۱/۳	۱/۳	۱/۷
		<b>sum</b>					
		۵/۱۷۲۳					

وزن نرمالیزه	نرمالیزه کردن	W	میانگین گیری هندسی	عوارض مصنوعی	هزینه	فرهنگی	نوع محصول	نیروی کار
۰/۰۶۸۶	$\frac{0.4409}{6/4315}$	۰/۴۴۰۹	$= (1 \times 1/3 \times 1 \times 1/5 \times 1/4)^{\frac{1}{5}}$	۱/۴	۱/۵	۱	۱/۳	۱
۰/۱۶۸۶	$\frac{1.0845}{6/4315}$	۱/۰۸۴۵	$= (3 \times 1 \times 3 \times 1/3 \times 1/2)^{\frac{1}{5}}$	۱/۲	۱/۳	۳	۱	۳
۰/۰۶۸۶	$\frac{0.4409}{6/4315}$	۰/۴۴۰۹	$= (1 \times 1/3 \times 1 \times 1/5 \times 1/4)^{\frac{1}{5}}$	۱/۴	۱/۵	۱	۱/۳	۱
۰/۴۲۳۶	$\frac{2.7241}{6/4315}$	۲/۷۲۴۱	$= (5 \times 3 \times 5 \times 1 \times 2)^{\frac{1}{5}}$	۲	۱	۵	۳	۵
۰/۲۷۰۷	$\frac{1.7411}{6/4315}$	۱/۷۴۱۱	$= (4 \times 2 \times 4 \times 1/2 \times 1)^{\frac{1}{5}}$	۱	۱/۲	۴	۲	۴
		<b>sum</b>						
		۶/۴۳۱۵						

**جدول ۷- اولویت بندی گزینه‌ها در رابطه با سرعت باد**

وزن نرمالیزه	نرمالیزه کردن	W	میانگین گیری هندسی	قطره‌ای	خطی	عقریه‌ای	ویل‌موو	کلاسیک
۰/۱۶۴۱	$\frac{1.292}{7/8746}$	۱/۲۹۲	$= (1 \times 2 \times 1/3 \times 5 \times 1/5)^{\frac{1}{5}}$	۱/۵	۵	۱/۳	۲	۱
۰/۰۹۸۸	$\frac{0.7784}{7/8746}$	۰/۷۷۸۴	$= (1/2 \times 1 \times 1/4 \times 3 \times 1/7)^{\frac{1}{5}}$	۱/۷	۳	۱/۴	۱	۱/۲
۰/۰۵۷۲	$\frac{1.4503}{7/8746}$	۰/۴۵۰۳	$= (3 \times 4 \times 1 \times 7 \times 1/3)^{\frac{1}{5}}$	۱/۳	۷	۱	۴	۳
۰/۰۵۷۲	$\frac{0.4503}{7/8746}$	۰/۴۵۰۳	$= (1/5 \times 1/3 \times 1/7 \times 1 \times 1/9)^{\frac{1}{5}}$	۱/۹	۱	۱/۷	۱/۳	۱/۵
۰/۶۲۲۷	$\frac{4.9036}{7/8746}$	۴/۹۰۳۶	$= (5 \times 7 \times 3 \times 9 \times 1)^{\frac{1}{5}}$	۱	۹	۳	۷	۵
		<b>sum</b>						
		۷/۸۷۴۶						

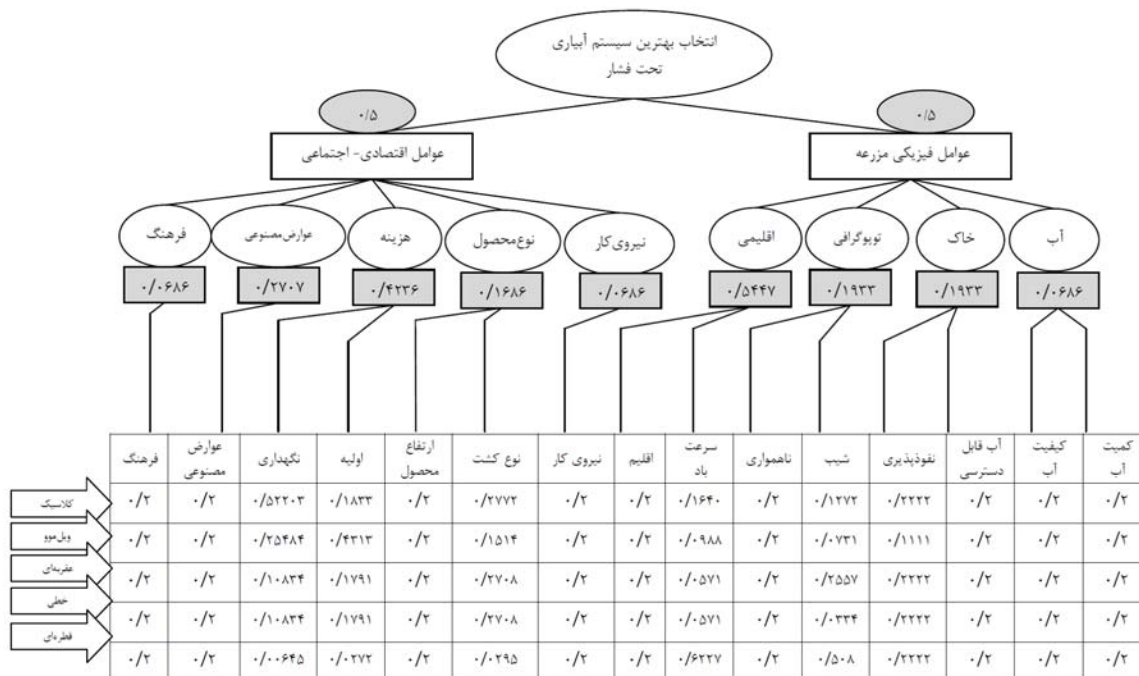
**جدول ۸- اولویت بندی گزینه‌ها در رابطه با نوع کشت**

وزن نرمالیزه	نرمالیزه کردن	W	میانگین گیری هندسی	قطره‌ای	خطی	عقریه‌ای	ویل‌موو	کلاسیک
۰/۲۷۷۳	$\frac{1.7826}{6/4285}$	۱/۷۸۲۶	$= (1 \times 2 \times 1 \times 1 \times 9)^{\frac{1}{5}}$	۹	۱	۱	۲	۱
۰/۱۵۱۵	$\frac{0.9736}{6/4285}$	۰/۹۷۳۶	$= (1/2 \times 1 \times 1/2 \times 1/2 \times 7)^{\frac{1}{5}}$	۷	۱/۲	۱/۲	۱	۱/۲
۰/۲۷۰۸	$\frac{1.7411}{6/4285}$	۱/۷۴۱۱	$= (1 \times 2 \times 1 \times 1 \times 8)^{\frac{1}{5}}$	۸	۱	۱	۲	۱
۰/۲۷۰۸	$\frac{1.7411}{6/4285}$	۱/۷۴۱۱	$= (1 \times 2 \times 1 \times 1 \times 8)^{\frac{1}{5}}$	۸	۱	۱	۲	۱
۰/۰۲۹۶	$\frac{0.1901}{6/4285}$	۰/۱۹۰۱	$= (1/9 \times 1/7 \times 1/8 \times 1/8 \times 1)^{\frac{1}{5}}$	۱	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱/۹
		<b>sum</b>						
		۶/۴۲۸۵						



سیستم‌های دیگر نیز با توجه به امتیازشان در اولویت‌های بعدی قرار دارند. نکته جالبی که در اینجا جای بحث دارد این است که سیستم آبیاری قطره‌ای با توجه به نوع محصول مزارع، چرا در جایگاهی بالا قرار گرفته است؟ لازم به ذکر است که در این تحقیق با در نظر گرفتن این که کشاورزان مشکلی با تغییر الگوی کشت ندارند، وزن زیر معیار نوع محصول کم در نظر گرفته شده است. چنانچه در جایی امکان تغییر الگوی کشت وجود نداشته باشد، می‌توان برای این زیرمعیار مهم و تأثیرگذار وزن بالاتری را در نظر گرفت. در این مورد نیز در صورت عدم پذیرش سیستم آبیاری قطره‌ای، با حذف این گزینه، می‌توان اولویت بعدی را که سیستم آبیاری ویل‌موو می‌باشد به عنوان گزینه بعدی پیشنهاد نمود. واقعیت موجود در دشت دهگلان، تأیید کننده صحت نتایج این تحقیق می‌باشد. به طوری که بیشترین سیستم آبیاری که در این دشت در حال حاضر موجود می‌باشد، سیستم آبیاری کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک می‌باشد و سیستم آبیاری ویل‌موو در رتبه دوم قرار دارد. همانطور که گفته شد، یکی از مهم‌ترین مراحل کار در این روش، بررسی سازگاری در قضاوت‌ها است. در زیر به عنوان نمونه، نحوه بررسی سازگاری در قضاوت‌ها برای عوامل اقتصادی- اجتماعی آورده شده است:

اولویت‌بندی سیستم‌ها در رابطه با سرعت باد و نوع کشت در جداول (۷) و (۸) به عنوان نمونه آمده است. با توجه به این دو شکل مشخص است که در رابطه با معیار سرعت باد بالاترین امتیاز مربوط به آبیاری قطره‌ای و در معیار نوع کشت بالاترین امتیاز مربوط به سیستم کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک می‌باشد. نتایج محاسبه ضرایب اهمیت معیارها، زیرمعیارها و امتیازها و قرارگیری آن‌ها در درخت سلسله مراتبی، در شکل (۲) ارائه شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود در رابطه با زیرمعیارهایی که مزارع نمونه در هیچ کدام از گزینه‌ها محدودیت نداشته، هر یک از گزینه‌ها امتیاز یکسانی گرفته‌اند. اما ذکر این نکته لازم است که در چنین زیرمعیارهایی، وزن زیرمعیار سطح دوم است که در امتیاز نهایی تأثیر خود را گذاشته و خود را نشان می‌دهد. با ضرب کردن امتیاز هر گزینه در ضریب اهمیت زیرمعیار و سپس در ضریب اهمیت معیار آن، امتیاز نهایی هر گزینه در رابطه با هر عامل به دست می‌آید. با جمع جبری تمامی این امتیازات برای هر یک از گزینه‌ها، امتیاز نهایی آن گزینه به دست آمده و در جدول (۹) آورده شده است. با نگاهی به این جدول مشخص می‌شود که سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبیاش متحرک بالاترین امتیاز را داشته و به عنوان بهترین سیستم برای شرایط موجود مزارع در دشت دهگلان قابل انتخاب می‌باشد.



شکل ۲- ضرایب اهمیت معیارها، زیرمعیارها و امتیاز هر یک از گزینه‌ها در ساختار سلسله مراتبی

جدول ۹- امتیاز نهایی هریک از گزینه‌ها

گزینه	امتیاز نهایی
کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک	۰/۸۳۱۴۵۹۹۸
ویل‌موو	۰/۷۳۴۶۱۰۱۶
عقره‌ای	۰/۶۱۹۹۶۳۶۸
خطی	۰/۵۷۶۹۸۲۷۴
قطره‌ای	۰/۸۲۸۶۳۸۶۹

کشت مزارع نمونه محدودیتی موجود نبوده است. اما چنانچه در مواردی که این مشکل وجود داشته باشد و کشاورز تغییر الگوی کشت را نپذیرد، با صرف‌نظر کردن از سیستم آبیاری قطره‌ای، گزینه سیستم آبیاری ویل‌موو قابل جایگزین می‌باشد.

نتایج این تحقیق به وضوح با واقعیت منطقه سازگاری دارد. چنانکه بیشترین تعداد سیستم آبیاری موجود در سطح دشت دهگلان، سیستم کلاسیک ثابت آبپاش متحرک می‌باشد و پس از آن سیستم ویل‌موو در جایگاه دوم قرار دارد.

نتایج به دست آمده از این بررسی نشان می‌دهد که روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی با توجه به خصوصیات ویژه آن می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به انتخاب سیستم‌های آبیاری کاربرد مطلوبی داشته باشد. این روش از این نظر مفید است که زمینه‌ای را برای تحلیل و تبدیل مسائل مشکل با پارامترهای زیاد و پیچیده به سلسله مراتبی منطقی و ساده‌تر فراهم می‌آورد که در چارچوب آن برنامه‌ریز بتواند گزینه‌ها را با کمک معیارها و زیرمعیارها به راحتی انجام دهد. افزون بر این، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را نیز فراهم می‌آورد و این یکی دیگر از ویژگی‌های منحصر به فرد روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. با توجه به این که اغلب مسائل و موضوعات مربوط به بحث انتخاب در علم آبیاری از طریق شاخص‌های کمی و کیفی قابل بررسی هستند، امکان به‌کارگیری همزمان معیارهای کمی و کیفی در روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، آن را به ابزاری قوی برای تحلیل مسائل این بخش می‌کند. انعطاف‌پذیری، سادگی، محاسبات و امکان رتبه‌بندی گزینه‌ها نیز از مزیت‌های دیگر این روش هستند که می‌توانند کمک مؤثری در انتخاب سیستم‌های آبیاری باشند.

(۱) محاسبه بردار AW

$$\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1 & 1/5 & 1/4 \\ 3 & 1 & 3 & 1/3 & 1/2 \\ 1 & 1/3 & 1 & 1/5 & 1/4 \\ 5 & 3 & 5 & 1 & 2 \\ 4 & 2 & 4 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0/0686 \\ 0/1686 \\ 0/0686 \\ 0/4236 \\ 0/2707 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0/3457 \\ 0/8565 \\ 0/3457 \\ 2/1564 \\ 1/3682 \end{bmatrix}$$

(۲) محاسبه L

$$L = \frac{1}{5} \left[ \frac{0/3457}{0/0686} + \frac{0/8565}{0/1686} + \frac{0/3457}{0/0686} + \frac{2/1564}{0/4236} + \frac{1/3682}{0/2707} \right]$$

$$L = 5/0620$$

(۳) محاسبه شاخص سازگاری CI

$$CI = \frac{L - n}{n - 1}$$

$$CI = \frac{5/0620}{5 - 1} = 0/155$$

(۴) محاسبه ضریب سازگاری CR

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0/155}{1/12}$$

$$CR = 0/0128 < 0/1 \quad O.K.$$

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فرایند تحلیل سلسله مراتبی، از بین گزینه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک، ویل‌موو، عقره‌ای، خطی و قطره‌ای، سیستم کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک را به عنوان مناسب‌ترین گزینه برای دشت دهگلان کردستان معرفی می‌نماید. همانطور که در نتایج و بحث هم گفته شد، در این پژوهش از نظر تغییر در الگوی

### منابع

۱. بی‌نام. ۱۳۷۶. ضوابط و معیارهای فنی روش‌های آبیاری تحت فشار. جلد دوم: مطالعات پایه در طراحی روش‌های آبیاری تحت فشار. اداره کل توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار.
۲. زبردست، الف. ۱۳۸۰. کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای، هنرهای زیبا، شماره ۱۰، صفحات ۲۱-۱۳.
۳. سیدان، س. م. و ع. قدمی فیروزآبادی. ۱۳۸۵. انتخاب مناسب‌ترین سیستم آبیاری با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی مطالعه موردی در استان همدان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۷۳، صفحات ۱۸۳-۱۷۷.

۴. عبادی، ه.، لیاقت، ع. و ع. کشاورز. ۱۳۸۳. ارزیابی مدل ILSYS، سیستم تصمیم‌گیری خیره برای انتخاب سیستم آبیاری. دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.
۵. محمدی، م. ۱۳۸۹. مقایسه دو روش آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره فازی (FMCD) و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهری (مطالعه موردی شهر قروه). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی - محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، ۱۲۰ صفحه.
۶. میرابوالقاسمی، ه. و م. محمدخان. ۱۳۸۶. امکان‌سنجی اجرای روش‌های آبیاری تحت فشار در سطوح گسترده (مطالعه موردی: مناطق جنوبی دشت خوزستان). مجموعه مقالات اولین سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار، دانشگاه تهران، صفحات ۱۳۱-۱۲۱.
۷. میرزائی تختگاهی، ح.، برومندنسب، س.، بهزاد، م. و ه. قمرنیا. ۱۳۸۵. پتانسیل‌یابی سیستم‌های آبیاری تحت فشار در مناطق مرکزی استان کرمانشاه. اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
8. Hashimoto, T. 1980. Robustness, reliability, resilience and vulnerability criteria for water resources planning. Ph.D. Dissertation, Cornell University, USA.
9. Holzzapfel, E. A., Marino, M. A. and J. Chavez-Morales. 1985. Procedure to select an optimum irrigation method. *Irrigation and Drainage Engineering*, 111 (4): 319-329.
10. Kolarov, V. and B. Srdjevic. 2004. AHP evaluation of automatic irrigation machines by different prioritization methods. *Journal of Water Resources Vodoprivreda*, 36 (209-210): 265-273.
11. Kumar, D., Heatwole, C. D. Ross, B. B. and D. B. Taylor. 1992. Cost models for preliminary economic evaluation of sprinkler irrigation systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 118 (3): 757-775.
12. Montazar, A. and S. M. Behbahani. 2007. Development of an optimised irrigation system selection model using analytical hierarchy process. *Biosystems Engineering*, 98: 155-165.
13. Saaty, T. L. 1980. *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, Inc., New York.
14. Saaty, T. L. 1990. *Decision making for leaders*. RWS Publications., USA.
15. Srdjevic, B. 1997. On the use of systems analysis in horticultural crops irrigation. *Acta Horticultural*, 449 (1): 245-250
16. Srdjevic, B. and D. Obradovic. 1997. Reliability and risk in agricultural irrigation. *Third International Workshop on Mathematical and Control Applications in Agriculture and Horticulture*, Hannover, Germany, 97-102.
17. Srdjevic, Z., Srdjevic, B., Potkonjak, S. and T. Zoranovic. 2002. Allocation of land to agricultural crops in presence of irrigation and drainage: an approach based on the analytic hierarchy process. *Melioration and Agriculture*, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia and Montenegro, 222-239.