نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۸، مهر - آبان ۱۴۰۳، ص. ۶۳۳-۶۱۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.4, Vol. 18, Oct.-Nov. 2024, p. 619-633

مقاله علمی-پژوهشی

انتخاب قطر بهینه لوله برای خط انتقال آب کارون به رودخانه جراحی

جاوید نایبی[۱]، ایمان حاجی‌راد[۲]، مسعود مهدی‌پور[۳]، مسعود پورغلام آمیجی[۴*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۴

چکیده

پروژه‌های انتقال آب توسط کانال‌های باز یا تحت‌فشار از جمله استراتژی‌هایی هستند که در سطح جهانی برای رفع کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک مورد استفاده قرار می‌گیرند. این طرح‌ها علاوه بر دلایل فنی باید در معرض بررسی‌های اقتصادی و اجرایی قرار گیرند. ارزیابی فنی، اقتصادی و اجرایی طرح‌ها و رتبه‌بندی اولویت اجرای آن‌ها ممکن است به روش‌های مختلفی انجام شود بهترین انتخاب یا گزینه‌های جایگزین ممکن است پس از انتخاب از بین گزینه‌های مختلف نشان داده شود. رویکردهای مختلفی برای تجزیه و تحلیل معیارهای مختلف پروژه وجود دارد که امکان ادغام عناصر فنی، اقتصادی، اجرایی و سایر موارد را فراهم می‌سازد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یک روش تصمیم‌گیری استراتژیک است که در این مطالعه برای تعیین قطر بهینه برای خط لوله انتقال آب مورد استفاده قرار گرفت. جهت تعیین قطر بهینه خط انتقال آب، پرسشنامه‌هایی ایجاد شد که بر اساس نظرات متخصصان با این معیارها وزن‌بندی و سپس لایه‌های مختلف این معیارها با رویکرد همپوشانی با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که لوله فولادی با قطر ۲۲۰۰ میلی‌متر در مقایسه با سایر قطرها، با امتیاز ۲۹/۷ درصد به‌عنوان بهترین قطر لوله در پروژه خط انتقال آب کارون به رودخانه جراحی برای آبیاری نخیلات پردازش شده و انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: انتقال آب، AHP، تصمیم‌گیری، قطر بهینه.

مقدمه

مصرف آب به‌دلیل رشد روزافزون جمعیت جهان روبه افزایش است که این امر منجر به کمبود شدید آب و ایجاد تنش در بسیاری از کشورها، علل خصوص ایران شده است (Qasemi et al. 2023). انتقال آب از مناطق مرطوب به مناطق خشک و از حوضه‌ای به حوضه‌ای دیگر به‌عنوان انتقال آب بین‌حوضه‌ای که انتقال میان‌حوضه‌ای یا انتقال فراحوضه‌ای نیز نامیده می‌شود، اصطلاحی است که برای تشریح و بیان طرح‌های انسانی انتقال و هدایت آب به‌کار می‌رود. در این طرح‌ها آب از یک حوضه آبریز دارای آب به حوضه دیگری که کمبود آب دارد، یا امکان استفاده انسانی بهتری از آن وجود دارد، منتقل می‌شود. هدف از این طرح‌ها ممکن است برطرف‌کردن و کاهش کمبود آب در حوضه مقصد، تولید نیروی الکتریسیته یا هر دو باشد و یکی از روش‌های رایجی است که در گذشته برای جبران کمبود آب در ایران و سراسر کره زمین مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Slejko et al., 2021; Saboktakin et al. 2022). با توجه به توزیع نابرابر زمانی و مکانی بارندگی، رشد جمعیت شهری و توسعه کشاورزی و صنعتی، تقاضا و مصرف آب در سراسر جهان از جمله ایالات‌متحده، چین، هند و ایران افزایش یافته است. در نتیجه آب از یک حوضه به حوضه دیگر منتقل می‌شود. تأمین آب، یکی از راهبردهای اساسی برای دستیابی به این تعادل و توزیع یکنواخت‌تر منابع و تقاضا است (Wang et al., 2018; Hong et al., 2019; Pourgholam-Amiji et al., 2022). یکی از عوامل کلیدی در موفقیت پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، انتخاب قطر بهینه لوله است که به‌طور مستقیم بر هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری و همچنین میزان آب قابل انتقال تأثیرگذار است.

تعیین قطر بهینه لوله یکی از چالش‌های اساسی در مهندسی طراحی سیستم‌های انتقال آب است. انتخاب قطر مناسب برای لوله‌ها، مستلزم ارزیابی دقیق عوامل متعدد فنی، اقتصادی و عملیاتی است تا بتوان به بهترین کارایی و بهره‌وری در سیستم دست یافت. این فرآیند پیچیده، نیازمند در نظر گرفتن مجموعه‌ای از محدودیت‌ها، استانداردها

۱- کارشناس ارشد بخش امور آبیاری و زهکشی، شرکت مهندسین مشاور یکم، تهران، ایران
۳- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- مدیر پروژه آبیاری و زهکشی، شرکت مهندسین مشاور یکم، تهران، ایران
۴- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
(* نویسنده مسئول: Email: Mpourgholam6@ut.ac.ir)

و الزامات طراحی است که دستیابی به یک راه‌حل بهینه را با دشواری همراه می‌کند (Wang et al., 2022). در روش‌های سنتی، تعیین قطر لوله معمولاً بر اساس تجربیات گذشته، استانداردهای موجود و برخی محاسبات ساده انجام می‌شد. این رویکرد، اگرچه در بسیاری از موارد قابل قبول است، اما ممکن است منجر به انتخابی غیر بهینه و افزایش هزینه‌های پروژه شود. با پیشرفت تکنولوژی و توسعه نرم‌افزارهای تخصصی، امروزه روش‌های پیچیده‌تری برای محاسبه قطر بهینه لوله‌ها توسعه یافته‌اند که امکان در نظر گرفتن عوامل بیشتری را فراهم می‌کنند (Wang et al., 2022).

با توجه به موضوع کم‌آبی که ایران در بیست سال گذشته تجربه کرده و در آینده نیز دچار آن خواهد بود، استفاده از راه‌حل‌های جهت جبران کمبود آب، امری ضروری تلقی می‌شود. بین راه‌حل‌های موجود، شیرین‌سازی آب دریا در دنیا در حال پیشرفت است که به‌واسطه‌ی آن آب شور دریا، شیرین‌سازی و جهت استفاده، از طریق خطوط انتقال برای مکان‌های مصرف پس از انجام عملیات نمک‌زدایی آب دریا، به‌صورت تحت‌فشار و ثقلی، انتقال می‌یابد. با توجه به اینکه خطوط لوله مطمئن‌ترین راه برای جابجایی مایعاتی همچون آب در فواصل زیاد هستند و همچنین در مقابل، انتخاب بهترین قطر لوله تحت تأثیر متغیرهای مختلفی قرار می‌گیرد که بسته به موقعیت متفاوت خواهد بود. این امر امکان اعمال یک شاخص تصمیم‌گیری چند معیاره همانند روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1] را ممکن می‌سازد (Khalili et al. 2021). روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اولین بار توسط Saaty (1980) مطرح شد. این روش یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی شده در زمینه تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌سازد و همچنین، در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی مسئله را امکان‌پذیر می‌سازد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد (نایبی و همکاران، ۱۴۰۲). در نهایت، هدف روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ساده کردن و تسریع فرآیند تصمیم‌گیری با تجزیه موقعیت‌های پیچیده و بدون ساختار به بخش‌های کوچک آن‌ها است.

با چیدمان این بخش‌ها در یک سلسله مراتب، محاسبه مقدار عددی هر متغیر، ارزیابی اهمیت نسبی آن و ادغام دیدگاه‌های مختلف، می‌توان تشخیص داد که کدام متغیر بیشترین تأثیر را بر نتایج موقعیت خواهد داشت ضمناً در حین انجام تحلیل سلسله مراتبی، گزینه‌ها با توجه به معیارها و وزن آن‌ها اولویت‌بندی شده و با توجه به هر معیار بین آن‌ها مقایسه زوجی صورت می‌گیرد. این فرآیند نه تنها به امتیاز گزینه‌ها (در هر پارامتر بدون اعمال مقایسه زوجی با گزینه‌های دیگر) محدود نمی‌شود، سپس وزن شاخص و گزینه‌ها با اضافه کردن وزن مؤلفه‌ها از سطوح پایین‌تر و بالاتر سلسله مراتب تعیین می‌شود و گزینه‌هایی با بیشترین وزن در نهایت بالاترین اولویت را خواهند داشت. اخیراً مطالعات متعددی برای تعیین بهترین مسیر انتقال جهان با استفاده از شاخص تصمیم‌گیری چند معیاره انجام شده است (Davarpanah et al., 2022; Dedemen, 2013; Nataraj, 2005). علاوه بر این، ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های همچون AHP یکی از راه‌های پرکاربرد است که این موضوع در مطالعه انجام شده توسط Wang et al. (2022) و Motiee et al. (2023) جهت تعیین بهترین مسیر برای خطوط آب با استفاده از فرآیند تحلیل سلسل مراتبی به خوبی اشاره شده است. در نتیجه، برای اینکه لوله انتقال آب موثر باشد، می‌توان از طیف وسیعی از معیارهای ارزیابی شامل پارامترهای فنی، اقتصادی، سیاسی و اجتماعی برای انتخاب بهترین قطر برای خط استفاده کرد. در این تحقیق جنبه‌های فنی و اجتماعی خطوط انتقال آب مورد بررسی قرار گرفته است. مرحله بعدی شامل جمع‌آوری داده‌های لازم از منطقه تحقیقاتی شامل آمار، عکس‌ها و نقشه‌ها است. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از رویکرد سلسله مراتبی AHP، بهترین قطر انتقال انتخاب شد.

مواد و روش‌ها

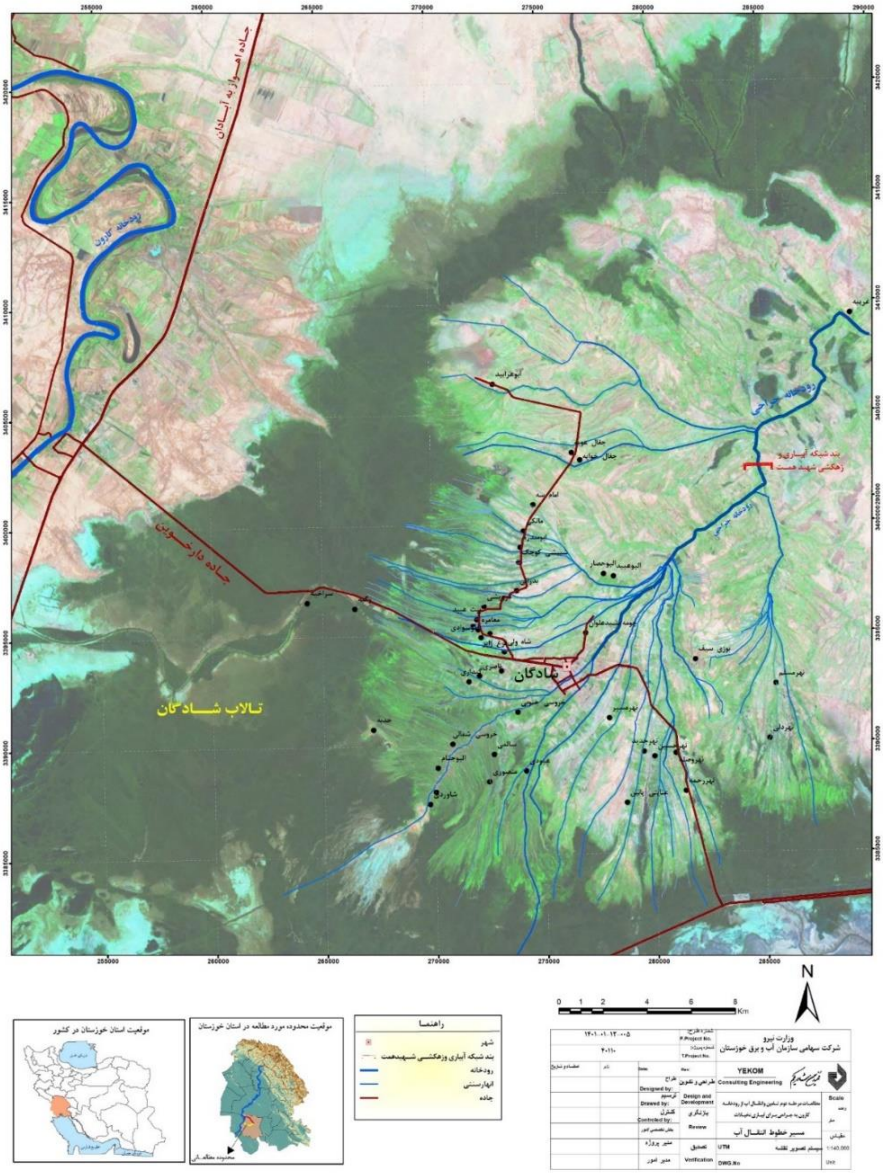
موقعیت جغرافیایی طرح

دشت شادگان به‌عنوان آخرین بخش از اراضی آبی آبخور رودخانه مارون- جراحی در بالادست تالاب شادگان واقع شده است. تنها منبع تأمین آب این اراضی رودخانه جراحی می‌باشد، تالاب بین‌المللی شادگان که یکی از تالاب‌های بزرگ ایران به وسعت حدود ۴۰۰ هزار هکتار است، تخلیه‌گاه رودخانه جراحی است که با آب‌های خلیج فارس در ارتباط می‌باشد. این دشت یکی از مناطق پررونق کشاورزی و صید آبزیان بوده است. رودخانه پرآب جراحی و تالاب شادگان با تنوع آبزیان و انشعابات متعدد این رودخانه در مصب تالاب که محل پرورش نخل و انواع مختلف گیاهان زراعی است، معیشت ساکنان پیرامون آن را به نحو مطلوبی تأمین می‌کرده است.

در دشت شادگان بخشی از آب رودخانه جراحی توسط شبکه انهار سنتی موجود از این رودخانه منشعب گردیده و به مصرف کشاورزی رسیده و مابقی آن به‌خصوص در مواقع سیلابی در اراضی حاشیه دشت به تالاب شادگان تخلیه می‌گردد. بنابراین شبکه توزیع انهار سنتی شادگان علاوه بر نقش آبرسانی به مزارع، در تخلیه سیلاب نیز نقش قابل توجهی ایفا می‌کنند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با وجود پتانسیل بالای حوضه آبریز رودخانه جراحی از لحاظ تولید آب، به دلیل کمبود شدید آب در ماه‌های پرنیاز به واسطه وقوع خشکسالی، برداشت‌های بالادست و مدیریت نامناسب آب، نخیلات و همچنین

تالاب شادگان با مشکلات و مخاطرات شدید کمبود آب مواجه گردیده است.

منطقه مورد مطالعه در این طرح در ۱۰۰ کیلومتری جنوب‌شرقی اهواز و ۷۰ کیلومتری شمال‌شرقی آبادان واقع شده است. نقشه شماره (۱) موقعیت محدوده مطالعاتی در این طرح را نشان می‌دهد. جاده اهواز–آبادان در سه راهی دارخوین توسط جاده‌ای به‌طول ۲۰ کیلومتر به شهر شادگان متصل می‌گردد. شهر شادگان در مرکز اراضی و گستره شبکه انهار سنتی قرار داشته و به تالاب شادگان که به‌صورت نعلی شکل جنوب منطقه را فرا گرفته، متصل می‌گردد. از جاده آبادان–ماهشهر نیز پس از طی حدود ۴۰ کیلومتر و انحراف به‌سمت شمال به ناحیه جنوبی منطقه وارد شده و تا شهر شادگان ادامه می‌یابد. بنابراین راه دسترسی به منطقه مطالعاتی از طریق دو جاده اصلی و جاده‌های فرعی داخل محدوده مسیر خواهد شد. به‌لحاظ موقعیت خط انتقال با آبگیری از رودخانه کارون در کنار تصفیه‌خانه دارخوین شروع و در مجاورت جاده دارخوین–شادگان امتداد یافته و با عبور از جاده‌های اصلی و فرعی و حریم انهار آبیاری ادامه و پس از عبور از جاده‌های سرویس و دسترسی شبکه آبیاری و زهکشی شهید همت، به رودخانه جراحی در بالادست بند شهید همت تخلیه می‌گردد.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

یکی از بخش‌های حائز اهمیت و حساس در مورد هر مسئله، تخمین صحیح مقادیر داده‌ها در معیارهای چندگانه است. اطلاعات کیفی درباره اهمیت معیارها را می‌توان تهیه کرد، اما تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی با مشکلاتی همراه است. رویکرد سلسله مراتبی، فرایندی موثر برای تعیین وزن و اهمیت نسبی معیارها است (Costa et al., 2023). روش تحلیل سلسله مراتبی که توسط Saaty (1980) معرفی شده، یک روش تصمیم‌گیری است که پذیرفته شده و در تعیین اهمیت نسبی معیارها در مسائل تصمیم‌گیری ویژه استفاده می‌شود. در این روش، با تهیه ماتریس مقایسه و استفاده از مقایسه کلامی، تصمیم‌گیران می‌توانند نظرات خود را به‌صورت کمی بیان کنند.

روش تحلیل سلسله مراتبی، یکی از روش‌های ارزیابی چند معیاری است که در این مطالعه برای تحلیل و توازن دادن عوامل و معیارهای مؤثر در انتخاب نوع سیستم آبیاری استفاده می‌شود. این روش مزیت‌ها و ویژگی‌های همچون سادگی، انعطاف‌پذیری، سازماندهی سلسله مراتبی 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 و امکان به‌کارگیری نظرهای گروهی (قضاوت گروهی) را دارا است (Saaty, 1984; Munier & Hontoria, 2021). در پژوهش حاضر، گام‌های AHP به‌صورت زیر است:

۱-تعریف مسأله و مشخص کردن اهداف آن (میزان تأثیر پارامترهای مختلف در یافتن نوع سیستم آبیاری مناسب در منطقه).

تشکیل ماتریس مقایسات زوجی (در اندازه $n \times n$) برای مسأله و نحوه‌ی نمره‌دهی به آن در جدول (۱) ارائه شده است. برای پر کردن مقایسات زوجی، مقیاس ۱ تا ۹ استفاده می‌شود تا اهمیت نسبی هر عنصر نسبت به عنصر دیگر، در رابطه با آن ویژگی، مشخص شود.

جدول ۱- امتیازدهی بر اساس روش AHP (Wang et al., 2022)

شرح	تعریف	نمره
دو عنصر، اهمیت یکسانی داشته باشند.	اهمیت یکسان	۱
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری متوسطی داشته باشد.	برتری متوسط	۳
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری زیادی داشته باشد.	برتری زیاد	۵
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری بسیار زیادی داشته باشد.	برتری بسیار زیاد	۷
یک عنصر نسبت به عنصر دیگر، برتری فوق‌العاده زیادی دارد.	برتری فوق‌العاده زیاد	۹
موارد بینابین در قضاوت‌ها	ارزش‌های بینابین	۲,۴,۶,۸

۱- جهت بهبود مجموعه ماتریس‌های گام ۳، به $n(1-n)$ قضاوت احتیاج است که متقابلاً به‌صورت خودکار در هر یک از مقایسات زوجی (مقایسه‌های دوتایی) حاصل می‌گردد.

۲- در این گام، با استفاده از یکی از روش‌های موجود، وزن نسبی به هر کدام از پارامترها داده می‌شود (در این تحقیق از روش میانگین حسابی استفاده شد).

۳- در این مرحله باید سازگاری ماتریس را تعیین نمود. اگر ماتریس سازگار نبود باید مقایسات زوجی را دوباره انجام داده تا زمانی که ماتریس سازگار شود. به‌منظور تعیین سازگاری، ابتدا مقدار ویژه ماتریس مقایسات زوجی (λ_{max}) را طبق رابطه (۱) محاسبه می‌کنند.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\frac{\bar{a}.W_{(i.j)}}{W_{(i.j)}} \qquad (۱)$$

که در آن: λ_{max} میانگین بردار سازگاری، $\bar{a}$ میانگین هندسی ماتریس ij (یک سطح افقی)، $W_{(i.j)}$ وزن یا اولویت جایگزین ij (یک سطح افقی) و N تعداد جایگزین‌های مورد مقایسه است. سپس به کمک مقدار ویژه λ_{max} ، شاخص ناسازگاری (II) از رابطه (۲) محاسبه خواهد شد.

$$II = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \qquad (۲)$$

که در آن: n اندازه ماتریس می‌باشد. برای محاسبه نرخ ناسازگاری (IR) از رابطه (۳) استفاده می‌شود:

$$IR = \frac{II}{IRI} \qquad (۳)$$

که در آن: II شاخص ناسازگاری و IRI شاخص ناسازگاری تصادفی که با استفاده از جدول (۲) محاسبه می‌شود.

جدول ۲- شاخص ناسازگاری تصادفی (Wang et al., 2022)

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
IRI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۵۱

اگر نرخ ناسازگاری (IR)، کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱۰ باشد؛ در مقایسات زوجی، سازگاری وجود دارد و می‌توان کار را ادامه داد. اگر نه، تصمیم‌گیرنده باید در مقایسات زوجی بازنگری کند. همچنین در این روش دو نوع امتیازدهی صورت می‌گیرد:

الف) امتیازدهی گزینه‌ها برحسب هر معیار: بدین شکل که انواع گزینه‌ها (انواع قطر لوله) با توجه به هر معیار و بر اساس سیستم یک تا نه امتیازدهی شده و اولویت آن‌ها نسبت به این معیار تعیین می‌گردد.

ب) امتیازدهی معیارها نسبت به هم: بدین شکل که پس از تعیین امتیاز گزینه‌ها (انواع قطر لوله) نسبت به هم بر اساس معیارهای مختلف، خود معیارها نیز با توجه به اهمیت آن‌ها در پروژه و نسبت به هم امتیازدهی می‌شوند. در ادامه نحوه امتیازدهی به گزینه‌های مورد مقایسه ارائه شده است. ***Error! Reference source not found.***(۳) مشخصات معیارها و زیرمعیارها را برای انتخاب قطر لوله را نشان می‌دهد.

جدول ۳- معیارهای اصلی و زیرمعیارهای موثر در انتخاب قطر لوله‌ها

ردیف	معیار	زیرمعیارها	تعریف
۱	فنی	حداکثر سرعت جریان در خط لوله	یکی از عوامل موثر در انتخاب قطر لوله، حداکثر سرعت جریان در خط لوله می‌باشد. سرعت جریان هر چقدر بیشتر باشد به تبع آن افت گرادیان هیدرولیکی بیشتر و میزان انرژی مورد نیاز برای پمپاژ افزایش می‌یابد.
۲		افت گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر	عامل موثر دیگر در انتخاب قطر لوله، میزان افت گرادیان انرژی در لوله می باشد. این پارامتر بستگی به ضریب زبری جدار لوله و سرعت خطی جریان در لوله دارد و هر چقدر بیشتر باشد، میزان انرژی بیشتری برای پمپاژ مورد نیاز می باشد.
۳		فشار کاری خط انتقال	دیگر در انتخاب قطر لوله، فشار کاری خط انتقال و به تبع آن استفاده از شیرآلات و اتصالات و عامل موثر متعلقات متناسب با آن می‌باشد. فشار کاری خط لوله با توجه به فشار کاری ایستگاه پمپاژ و بررسی اثر ضربه قوچ تعیین می‌گردد. فشار کاری خط انتقال در رده‌های ۱۰ بار و ۱۶ بار در این طرح تقسیم‌بندی می‌گردد.
۴		امکان آبگذری در دبی اضطراری (افزایش ۳۰ درصد دبی انتقال)	امکان آبگذری و انتقال آب به میزان ۳۰ درصد بیشتر از دیگر در انتخاب قطر لوله، از عوامل شاخص و موثر میزان دبی نرمال و بودن در محدوده سرعت و گرادیان هیدرولیکی مجاز و عدم آسیب به تأسیسات در اثر عواملی نظیر ضربه قوچ در این سناریو می‌باشد. در گزینه‌های چهار گانه پیشنهادی، گزینه اول امکان آبگذری با ۳۰ درصد افزایش دبی را نداشته و گزینه چهارم بهترین وضعیت حداکثر سرعت و گرادیان هیدرولیکی را برای سناریو افزایش دبی (دبی اضطراری) دارا می‌باشد.
۵	اقتصادی	هزینه‌های خرید لوله	وزن واحد لوله بوده که قیمت خرید هر متر لوله و تهیه و دیگر در انتخاب قطر لوله، از عوامل شاخص و موثر خرید اتصالات متناظر با آن و شیرآلات و متعلقات لازم را تعیین می‌کند. لازم به ذکر است که قیمت خرید لوله های پیشنهادی در گزینه های چهارگانه از فهرست بهاء پایه خطوط انتقال آب و ضرایب متعلقه استنتاج گردید.
۶		هزینه های معادل سرمایه‌گذاری اولیه (منظور نمودن هزینه‌های برق و تعمیر و نگهداری و تبدیل به ارزش فعلی)	هزینه‌های معادل سرمایه گذاری اولیه با منظور نمودن میزان هزینه- دیگر در انتخاب قطر لوله، عامل موثر های تعمیر و نگهداری و برق مصرفی ایستگاه پمپاژ در طول دوره ۳۰ ساله طرح می‌باشد.
۷	اجرایی	تعداد پمپ‌های مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ (به تبع آن افزایش مساحت ایستگاه و افزایش هزینه-های تعمیر و نگهداری)	دیگر در انتخاب قطر لوله، تعداد پمپ های مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ برای اهداف از عوامل شاخص و موثر طرح می‌باشد. لازم به ذکر است که تعداد بیشتر پمپ‌ها، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه شامل احداث ایستگاه و خرید پمپ و متعلقات را افزایش می‌دهد.
۸		محدودیت تولید ورق فولادی در	دیگر در انتخاب قطر لوله، حداکثر ضخامت کویل ورق فولادی در داخل کشور می‌باشد که از عوامل موثر

جدول ۳- معیارهای اصلی و زیرمعیارهای موثر در انتخاب قطر لوله‌ها

ردیف	معیار	زیرمعیارها	تعریف
		داخل کشور	محدود به ۱۶ میلی‌متر بوده و برای اقطار بزرگ‌تر با ضخامت جدار بیشتر، ایجاد اشکال می‌نماید.

به‌طور خلاصه، روش AHP شامل چندین مرحله است. در ابتدا، معیارهای مختلفی که برای انتخاب نوع قطر انتقال بهینه در نظر گرفته می‌شود، شناسایی می‌شوند. سپس، اولویت‌بندی معیارها بر اساس اهمیت آن‌ها توسط تصمیم‌گیرنده صورت می‌گیرد. در این مرحله، معیارهای مهم‌تر با اختصاص امتیاز بیشتر مشخص می‌شوند. سپس، گزینه‌های مختلف برای قطر بهینه مورد بررسی قرار می‌گیرند و به هر گزینه امتیاز براساس هر معیار اختصاص داده می‌شود. در نهایت، با جمع‌آوری امتیازهای هر گزینه و استفاده از روش ترکیبی AHP، بهترین گزینه برای انتخاب قطر انتقال بهینه مشخص می‌شود. همچنین پرسش‌نامه‌ای تهیه و تنظیم شد و در اختیار کارشناسان متخصص قرار داده شد تا توسط اعمال نظرهای نزدیک به واقعیت و با استفاده از یکی از روش‌های محاسبه وزن نسبی (میانگین حسابی)، وزن مناسب به هر کدام از پارامترها تعلق گیرد. برای این کار از نظرات ۲۴ کارشناس متخصص، مجرب و اجرایی با سطح تحصیلات کارشناسی تا دکتری که تخصص های مرتبط را داشته و به محل انجام تحقیق مشرف بودند، استفاده شد. در جدول (۴)، نام مؤلفه‌های ورودی به‌عنوان زیرمعیارها نشان داده شده است.

جدول ٤- معرفی نام زیرمعیارها به‌عنوان مؤلفه‌های ورودی به نرم‌افزار

ردیف	زیرمعیارها	نام مولفه در مدل‌سازی نرم‌افزار
۱	حداکثر سرعت جریان در خط لوله	Velocity-Max
۲	افت گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر	Head loss Gradient
۳	فشار کاری خط انتقال	Nominal Pressure
۴	امکان آبگذری با ۳۰ درصد افزایش دبی	The possibility of increasing the flow rate
۵	هزینه‌های خرید لوله	Pipe purchase cost
۶	هزینه‌های معادل سرمایه‌گذاری اولیه (منظور نمودن هزینه‌های برق و تعمیر و نگهداری و تبدیل به ارزش فعلی	Initial Investment
۷	تعداد پمپ‌های مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ (به تبع آن افزایش مساحت ایستگاه و افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری)	Number of pumps in the pump station
۸	محدودیت تولید ورق فولادی در داخل کشور	Coil production limit

با توجه به محاسبات و مبانی طراحی و همچنین محاسبه هزینه های سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های تعمیر و نگهداری و میزان برق مصرفی ایستگاه پمپاژ (با قیمت برق تعرفه‌ای و قیمت ارزش واقعی برق) و تعداد پمپ‌های ایستگاه پمپاژ و همچنین محدودیت تولید ورق به‌میزان حداکثر ۱۶ میلی‌متر (فولاد مبارکه)، چهار گزینه برای قطر لوله پیشنهاد گردید. انتخاب گزینه برتر با استفاده از روش مقایسه چند معیاری (AHP) و بر اساس معیارهای مختلف فنی، اقتصادی و اجرایی ارائه گردید. حال با توجه به عوامل فوق‌الذکر، اولویت انتخاب قطر لوله که در چهار گزینه ۱) لوله فولادی با قطر ۱۸۰۰ میلی‌متر، ۲) لوله فولادی با قطر ۲۰۰۰ میلی‌متر، ۳) لوله فولادی با قطر ۲۲۰۰ میلی‌متر و ۴) لوله فولادی با قطر ۲۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد، مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور نخست به هریک از انواع قطر لوله‌های فولادی در هریک از معیارهای فوق-الذکر امتیازی برحسب ارزشیابی ۱۰۰ رتبه‌ای اختصاص یافت و سپس این امتیازات به روش AHP و بر طبق معیارهای نرم‌افزار ExpertChoice باهم مقایسه شد.

نتایج و بحث

در جدول (۵) امتیاز فنی برای انواع قطر لوله مورد بررسی در این مطالعه حاضر بر حسب معیارهای فنی، اقتصادی و اجرایی نشان داده شده است. با توجه به جدول (۵)، در معیار فنی، زیرمعیارهای حداکثر سرعت جریان در خط لوله، افت گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر، فشار کاری خط انتقال و امکان آبگذری با ۳۰ درصد افزایش دبی در بین چهار قطرهای ارائه شده، در همه‌ی گزینه‌ها، لوله فولادی با قطر ۲۳۰۰ میلی‌متر بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داد. در معیار اقتصادی، زیرمعیارهای هزینه‌های خرید لوله و هزینه‌های معادل سرمایه‌گذاری اولیه (منظور نمودن هزینه‌های برق و تعمیر و نگهداری و تبدیل به ارزش فعلی)، لوله فولادی با قطر ۱۸۰۰

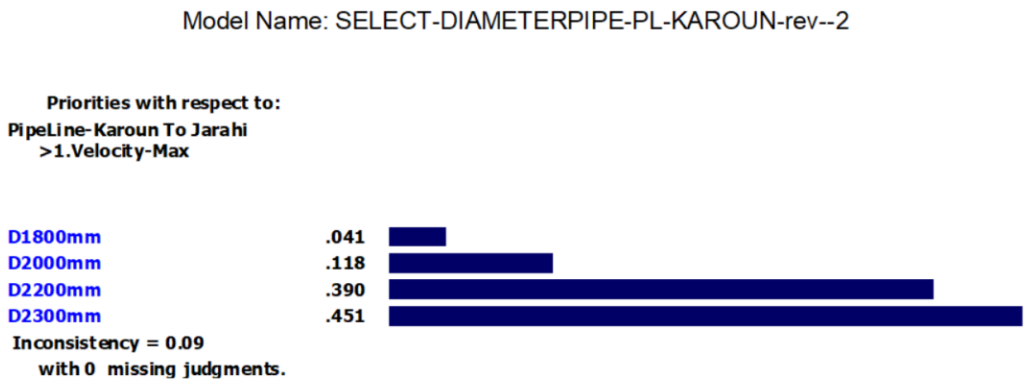
میلی‌متر، بیشترین امتیاز (۱۰۰) را به‌دست آورد. همچنین در معیار اجرایی، زیرمعیار تعداد پمپ‌های مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ (به تبع آن افزایش مساحت ایستگاه و افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری) در بین چهار قطر ارائه شده، قطرهای ۲۰۰۰، ۲۲۰۰ و ۲۳۰۰ دارای بیشترین امتیاز (۱۰۰) و در زیرمعیار محدودیت تولید ورق فولادی در داخل کشور، قطر ۱۸۰۰ میلی‌متر بیشترین امتیاز (یعنی ۱۰۰) را کسب نمود.

جدول ۵- نتایج وزن‌دهی به معیارهای اصلی و زیرمعیارها جهت انتخاب قطر لوله جهت انتقال بر اساس چهار قطر لوله

ردیف	معیارها	زیرمعیارها	لوله فولادی با قطر ۱۸۰۰ میلی‌متر	لوله فولادی با قطر ۲۰۰۰ میلی‌متر	لوله فولادی با قطر ۲۲۰۰ میلی‌متر	لوله فولادی با قطر ۲۳۰۰ میلی‌متر
۱	فنی	حداکثر سرعت جریان در خط لوله	۶۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
۲		افت گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر	۶۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
۳		فشار کاری خط انتقال	۶۰	۸۰	۹۵	۱۰۰
۴		امکان آبگذری با ۳۰ درصد افزایش دبی	۱۰	۴۰	۷۰	۱۰۰
۵	اقتصادی	هزینه های خرید لوله	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰
۶		هزینه‌های معادل سرمایه‌گذاری اولیه (منظور نمودن هزینه‌های برق و تعمیر و نگهداری و تبدیل به ارزش فعلی)	۱۰۰	۹۵	۸۰	۷۵
۷	اجرایی	تعداد پمپ‌های مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ (به تبع آن افزایش مساحت ایستگاه و افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری)	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۸		محدودیت تولید ورق فولادی در داخل کشور	۱۰۰	۷۰	۷۰	۷۰

حداکثر سرعت جریان در خط لوله

انتخاب قطر مناسب لوله بر اساس حداکثر سرعت خطی جریان، یکی از مهم‌ترین مراحل طراحی سیستم‌های انتقال آب است. با توجه به‌عوامل موثر بر حداکثر سرعت خطی جریان و روش‌های امتیازدهی، می‌توان قطر بهینه لوله را انتخاب کرد تا به این ترتیب، عملکرد سیستم بهینه شده و هزینه‌های بهره‌برداری کاهش یابد. در شکل (۲) امتیازدهی به لوله‌ها بر اساس معیار حداکثر سرعت خطی جریان در لوله به اقطار مختلف ارائه شده است. حداکثر سرعت جریان در تشریح گزینه‌های چهارگانه و در جداول هیدرولیکی هر کدام درج شده است.



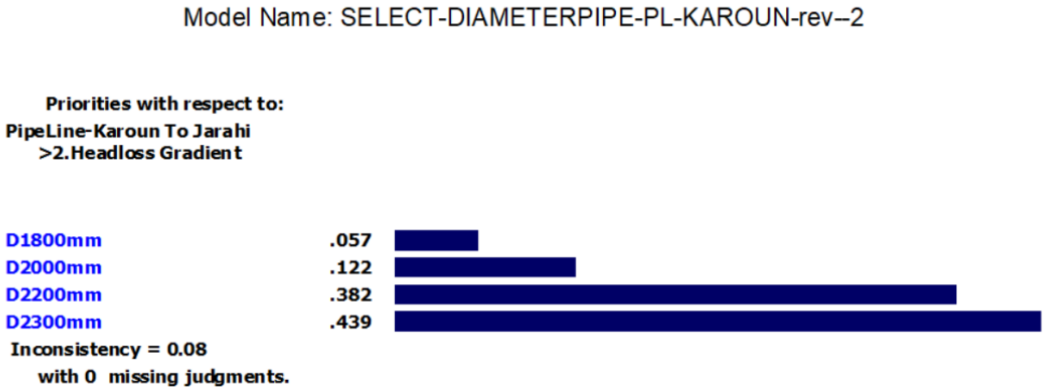
شکل ۲- امتیازدهی بر اساس معیار حداکثر سرعت خطی جریان

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، بر اساس معیار حداکثر سرعت خطی جریان در لوله به اقطار مختلف به‌ترتیب لوله فولادی قطر ۲۳۰۰، ۲۲۰۰، ۲۰۰۰ و ۱۸۰۰ میلی‌متری در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. میزان ناسازگاری این مؤلفه برابر ۰/۰۹ بوده که در محدوده قابل قبول می‌باشد. قطر ۲۳۰۰ میلی‌متر با وزن ۰/۴۵۱، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده و برترین انتخاب

کارشناسان بوده است. گزینه‌ای که نزدیک‌ترین امتیاز را در مقایسه با این قطر لوله به دست آورد (با اختلاف ۰/۰۶)، ۲۲۰ میلی‌متر بود.

افت گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر

یکی از معیارهای مهم در این انتخاب، افت گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر لوله است. این پارامتر نشان‌دهنده میزان کاهش انرژی سیال در واحد طول لوله به‌دلیل اصطکاک و سایر عوامل مقاومت در برابر جریان است. در شکل (۸) امتیازدهی به لوله‌ها بر اساس معیار افت گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر ارائه شده است. میزان افت گرادیان هیدرولیکی در تشریح گزینه‌های چهارگانه و در جداول هیدرولیکی هر کدام درج شده است.

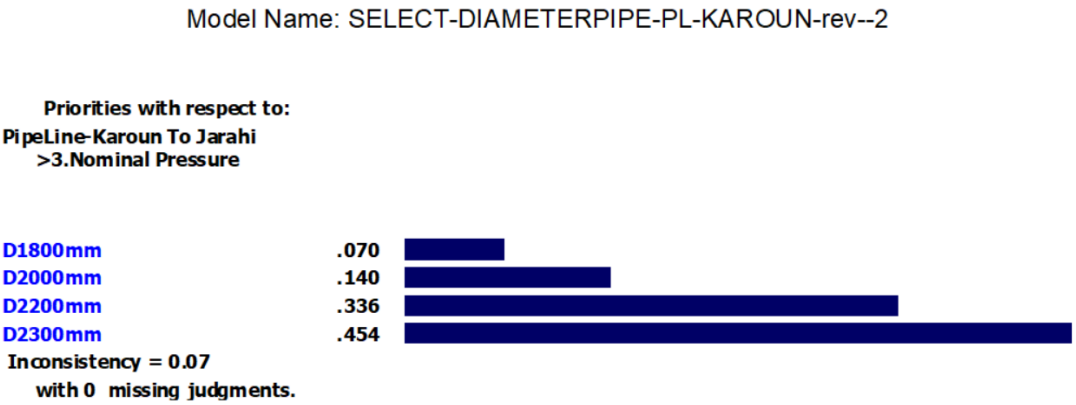


شکل ۳- امتیازدهی بر اساس معیار افت گرادیان هیدرولیکی

همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، بر اساس معیار افت گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر، به‌ترتیب لوله‌های قطر ۲۳۰۰، ۲۲۰۰، ۲۰۰۰ و ۱۸۰۰ میلی‌متر در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. میزان ناسازگاری این مولفه برابر ۰/۰۸ بوده که در محدوده قابل قبول می‌باشد.

فشار کاری خط انتقال

انتخاب قطر مناسب لوله بر اساس فشار کاری، یکی از مهم‌ترین مراحل طراحی سیستم‌های انتقال آب است. با در نظر گرفتن عوامل موثر بر فشار کاری و استفاده از روش‌های ارزیابی مناسب، می‌توان لوله‌هایی با ایمنی و عملکرد مطلوب انتخاب کرد. در شکل (۴) امتیازدهی به لوله‌ها بر اساس معیار فشار کاری خط انتقال ارائه شده است. لازم به ذکر است که فشار کار خط انتقال در گزینه اول ۱۲ بار و در گزینه های دوم و سوم و چهارم به‌ترتیب برابر ۶، ۵ و ۴ بار محاسبه شده است.



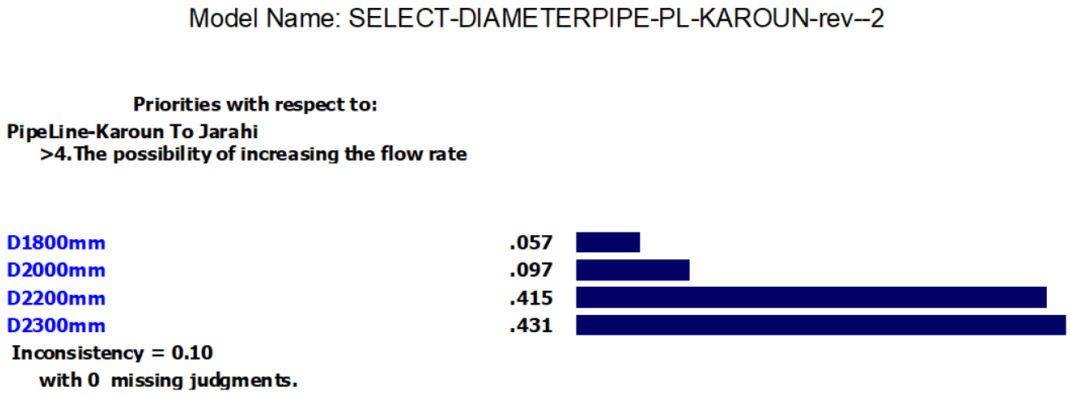
شکل ٤- امتیازدهی بر اساس معیار فشار کاری خط انتقال

همان‌طور که در شکل (۴) ملاحظه می‌گردد، بر اساس معیار فشار کاری خط انتقال، به‌ترتیب لوله‌ها به قطر ۲۳۰۰، ۲۲۰۰، ۲۰۰۰ و

۱۸۰۰ در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. میزان ناسازگاری این مولفه برابر ۰/۰۷ بوده که در محدوده مجاز قابل قبول می‌باشد. بیشترین امتیاز مربوط به قطر لوله ۲۳۰۰ میلی‌متر بوده و بعد از آن قطر ۲۲۰۰ میلی‌متر دومین انتخاب کارشناسان بوده است.

امکان آبگذری با ۳۰ درصد افزایش دبی

انتخاب قطر مناسب لوله بر اساس امکان آبگذری، یکی از مهم‌ترین مراحل طراحی سیستم‌های انتقال آب است. با در نظر گرفتن عوامل موثر بر امکان آبگذری و استفاده از روش‌های محاسباتی مناسب، می‌توان لوله‌هایی با عملکرد بهینه انتخاب کرد تا به این ترتیب، راندمان سیستم افزایش یافته و هزینه‌های بهره‌برداری کاهش یابد. در شکل (۵) امتیازدهی به قطر لوله‌ها بر اساس معیار امکان آبگذری با دبی به میزان ۳۰ درصد افزایش دبی نرمال ارائه شده است. لازم به ذکر است که برای لوله قطر ۱۸۰۰ امکان آبگذری با دبی در حدود ۸۵۰۰ لیتر بر ثانیه امکان‌پذیر نبوده است.

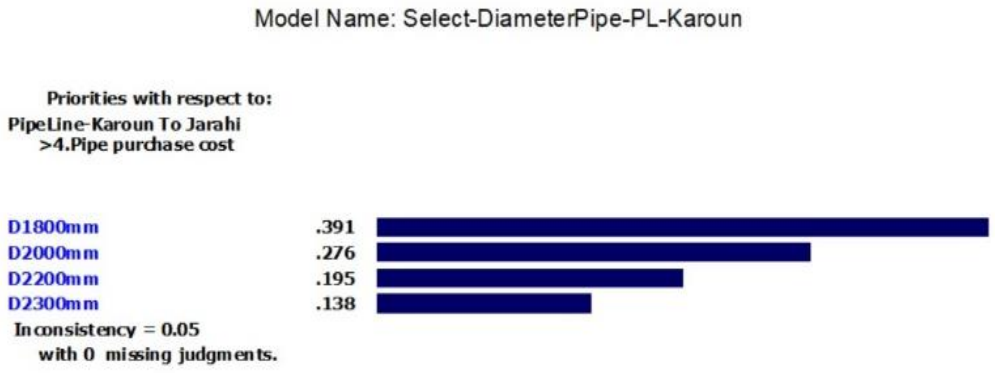


شکل ۵- امتیازدهی به قطر لوله‌ها بر اساس معیار امکان آبگذری با دبی به میزان ۳۰ درصد

همان‌طور که در شکل (۵) ملاحظه می‌گردد، بر اساس معیار امکان آبگذری با دبی با ۳۰ درصد افزایش، به‌ترتیب نوع لوله‌های فولادی به قطر ۲۳۰۰ ، ۲۲۰۰ ، ۲۰۰۰ ، ۱۸۰۰ میلی‌متر در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. میزان ناسازگاری این مولفه برابر ۰/۱۰ بوده که در محدوده قابل قبول است. اختلاف ناچیز بین امتیازهای دو قطر لوله ۲۲۰۰ و ۲۳۰۰ میلی‌متر، حاکی از نزدیک‌بودن انتخاب‌های کارشناسان و متخصصان در این محدوده قطر بوده و باید دید از بعد دیگر معیارها، کدامیک برتر خواهند شد.

هزینه‌های خرید لوله

با در نظر گرفتن عوامل موثر بر هزینه خرید و استفاده از روش‌های ارزیابی اقتصادی، می‌توان لوله‌هایی با هزینه مناسب و عملکرد مطلوب انتخاب کرد. در شکل (۶) امتیازدهی به قطر لوله‌ها بر اساس معیار بیشترین هزینه خرید لوله بر اساس برآورد وزن تقریبی و بهای واحد منتج از فهرست‌بها پایه سازمان برنامه ارائه شده است. وزن واحد، میزان تناژ ورق مورد نیاز و هزینه‌های خرید آن در بخش برآورد هزینه درج شده است.

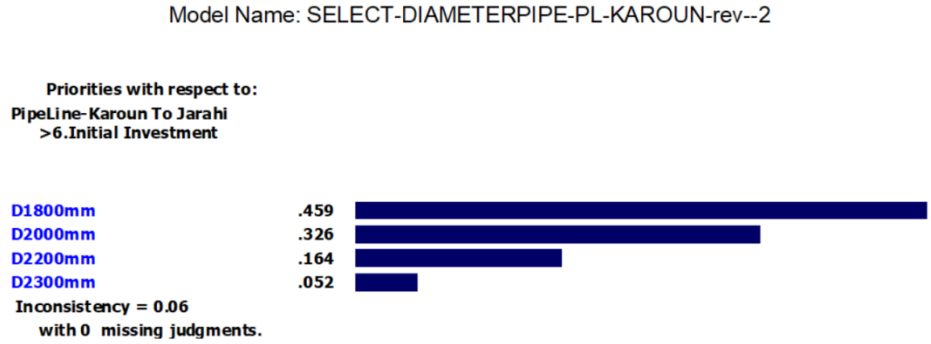


شکل ٦- امتیازدهی بر اساس معیار هزینه خرید لوله

همان‌طور که در شکل (۶) ملاحظه می‌گردد، بر اساس معیار هزینه‌های خرید لوله، به‌ترتیب نوع لوله‌های فولادی به قطر ۱۸۰۰، ۲۰۰۰، ۲۲۰۰، ۲۳۰۰ میلی‌متر در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. میزان ناسازگاری این مولفه برابر ۰/۰۵ بوده که در محدوده قابل‌قبول است.

هزینه‌های معادل سرمایه‌گذاری اولیه (منظور نمودن هزینه‌های برق و تعمیر و نگهداری و تبدیل به ارزش فعلی)

انتخاب قطر مناسب لوله در سیستم‌های انتقال آب، صرفاً به پارامترهای فنی مانند افت فشار و دبی محدود نمی‌شود. بلکه یک تصمیم‌گیری اقتصادی نیز است. در این میان، هزینه‌های معادل سرمایه‌گذاری اولیه (LCC) که شامل هزینه‌های برق، تعمیرات و نگهداری و تبدیل آن‌ها به ارزش فعلی است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است .انتخاب قطر مناسب لوله، یک تصمیم‌گیری چندبعدی است که علاوه بر جنبه‌های فنی، جنبه اقتصادی نیز دارد. با محاسبه LCC، می‌توان بهترین گزینه را از نظر اقتصادی انتخاب کرد. این امر به کاهش هزینه‌های کلی پروژه و افزایش بهره‌وری سیستم کمک می‌کند. در شکل (۷) امتیازدهی به لوله‌ها بر اساس معیار هزینه‌های معادل سرمایه‌گذای اولیه برای اقطار مختلف ارائه شده است. لازم به ذکر است که مبنای مقایسه قیمت انرژی از دو روش تعرفه ابلاغی برق و ارزش واقعی برق بررسی گردید.



شکل ۷- امتیازدهی بر اساس معیار هزینه‌های معادل سرمایه‌گذای اولیه

همان‌طور که در شکل (۷) ملاحظه می‌گردد، بر اساس معیار هزینه‌های معادل سرمایه‌گذاری اولیه (منظور نمودن هزینه‌های برق و تعمیر و نگهداری و تبدیل به ارزش فعلی برای هر دو رابطه، که اختلاف معنا داری نسبت به یکدیگر ندارند، به‌ترتیب لوله‌های فولادی به قطر ۱۸۰۰، ۲۰۰۰، ۲۲۰۰، ۲۳۰۰ میلی‌متری در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. میزان ناسازگاری این مولفه برابر ۰/۰۶ بوده که در محدوده قابل‌قبول می‌باشد.

تعداد پمپ‌های مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ

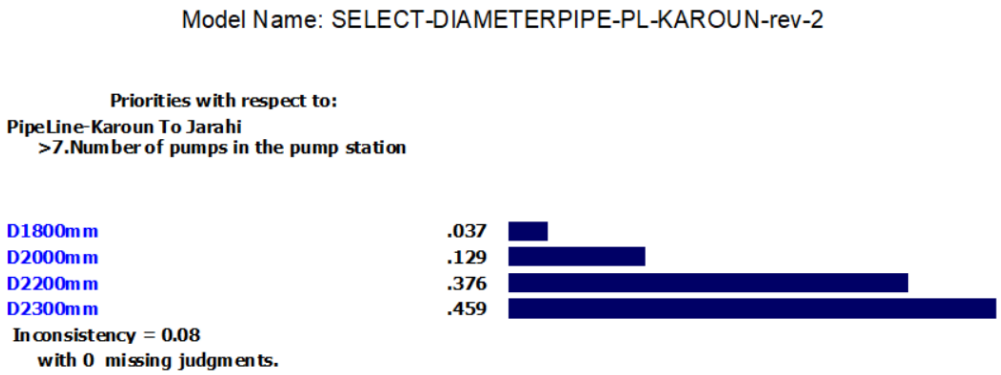
انتخاب قطر مناسب لوله، با توجه به تعداد پمپ‌های مورد نیاز، یک تصمیم‌گیری چندبعدی است که نیازمند در نظر گرفتن عوامل فنی و اقتصادی است. با انتخاب قطر بهینه لوله، می‌توان به حداقل تعداد پمپ و در نتیجه به حداقل هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری دست یافت. تعداد پمپ‌های پمپاژ دبی مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ، به عوامل مختلفی از جمله دبی مورد نیاز، ارتفاع پمپاژ، افت‌های هیدرولیکی در سیستم و مشخصات پمپ بستگی دارد. انتخاب تعداد بهینه پمپ، تأثیر مستقیمی بر هزینه‌های اولیه و بهره‌برداری سیستم دارد. در شکل (۸) امتیازدهی به لوله‌ها بر اساس معیار تعداد پمپ‌های مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ برای افق طرح ارائه شده است. لازم به ذکر است که پمپ‌ها از نوع دو مکشه DSP بررسی و در توضیح هر گزینه نوع و تعداد آن‌ها تعیین شده است.

همان‌طور که در شکل (۸) ملاحظه می‌گردد، بر اساس معیار تعداد پمپ‌های مورد نیاز برای استقرار در ایستگاه پمپاژ، به‌ترتیب لوله‌های فولادی به قطر ۲۳۰۰، ۲۲۰۰، ۲۰۰۰ و ۱۸۰۰ میلی‌متر در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. میزان ناسازگاری این مولفه برابر ۰/۰۸ بوده که سازگار و قابل‌قبول می‌باشد.

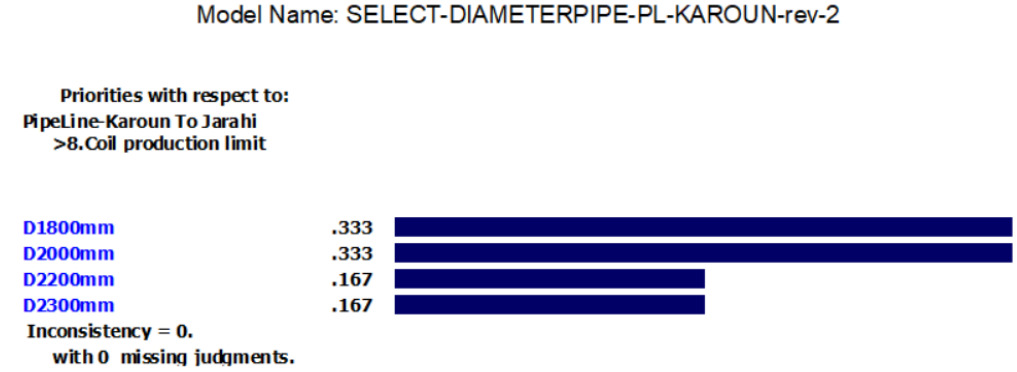
محدودیت تولید ورق فولادی در داخل کشور

محدودیت تولید ورق فولادی در داخل کشور، یک عامل مهم در انتخاب لوله مناسب برای پروژه‌های صنعتی است. با در نظر گرفتن این محدودیت و استفاده از روش‌های امتیازدهی مناسب، می‌توان لوله‌هایی را انتخاب کرد که هم از نظر فنی مناسب باشند و هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند. محدودیت تولید ورق فولادی به معنای عدم توانایی تولید برخی از انواع ورق با مشخصات خاص (مانند ضخامت، عرض، جنس و گرید) به مقدار مورد نیاز در داخل کشور است. این محدودیت می‌تواند ناشی از کمبود ظرفیت تولید، تکنولوژی

قدیمی کارخانه‌ها، تحریم‌ها و یا سیاست‌های حمایت از تولیدکنندگان داخلی باشد. در شکل (۹) امتیازدهی به لوله‌ها بر اساس معیار محدودیت تولید ورق فولادی در داخل کشور ارائه شده است. لازم به ذکر است که حداکثر ضخامت ورق تولید شده برای لوله‌های اسپیرال که به‌صورت کویل بوده به میزان ۱۶ میلی‌متر توسط فولاد مبارکه اصفهان می‌باشد.



شکل ۸- امتیازدهی بر اساس معیار تعداد پمپ‌های مورد نیاز در ایستگاه پمپاژ



شکل ۹- امتیازدهی بر اساس معیار محدودیت تولید ورق فولادی در داخل کشور

همان‌طور که در شکل (۹) ملاحظه می‌شود، بر اساس معیار محدودیت تولید ورق فولادی در داخل کشور، به‌ترتیب لوله‌های فولادی به قطر ۱۸۰۰، ۲۰۰۰، ۲۲۰۰، ۲۳۰۰ میلی‌متر در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. میزان ناسازگاری این مولفه برابر صفر بوده که قابل قبول می‌باشد. درست است که در اکثر معیارها امتیاز قطرهای ۲۲۰۰ و ۲۳۰۰ بیشترین بود، اما موضوع اساسی و تعیین‌کننده مربوط به محدودیت تولید ورق فولادی در داخل کشور است. با توجه به این موضوع، این لوله‌ها کمترین امتیاز را داشتند.

مقایسه ارزش معیارها نسبت به یکدیگر

همان‌طور که ذکر گردید، در روش مقایسه چند معیاری AHP در نرم افزار ExpertChoice، ارزش معیارهای مختلف در تعیین گزینه برتر انتخاب قطر لوله فولادی خط انتقال، نیز با همدیگر یکسان نبوده و در ماتریس جداگانه‌ای، وزن هر یک از معیارها نسبت به دیگری مشخص می‌گردد. با توجه به نوع، اهمیت و شرایط محدوده طرح، امتیازدهی به معیارهای مختلف در شکل (۱۰) ارائه شده است و شکل (۱۱) نیز امتیازدهی فوق را نشان می‌دهد.

شکل (۱۲) امتیازدهی معیارهای مختلف نسبت به یکدیگر، را به‌صورت نزولی و نرمالیزه شده (نسبت به یک) نشان می‌دهد. بر اساس امتیازدهی معیارهای مختلف نسبت به یکدیگر برای انتخاب قطر لوله فولادی طرح، بیشترین تاثیر مربوط به هزینه خرید لوله با تأثیر حدود ۲۶ درصد و کمترین میزان تاثیر در میان مولفه‌ها مربوط به تعداد پمه های مورد نیاز برای پمپاژ به میزان ۲/۳ درصد می‌باشد. ناسازگاری مقایسه این مولفه‌ها برابر ۰/۰۵ بوده که بهینه و در محدوده قابل قبول است.

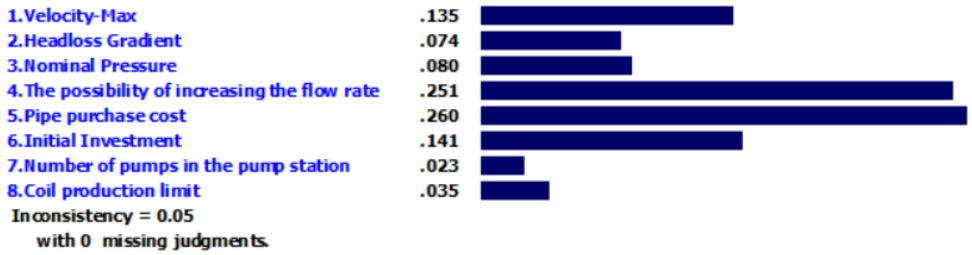
Compare the relative importance with respect to: PipeLine-Karoun To Jarahi

	1.Velocity-Max	2.Headloss Gradient	3.Nominal Pressure	4.The possibility of inci	5.Pipe purchase	6.Initial Investm	7.Number of pump	8.Coil production
1.Velocity-Max		1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	7.0	7.0
2.Headloss Gradient			2.0	3.0	4.0	2.0	4.0	2.0
3.Nominal Pressure				4.0	6.0	2.0	3.0	2.0
4.The possibility of increasing the flow rate					1.0	4.0	9.0	5.0
5.Pipe purchase cost						2.0	7.0	6.0
6.Initial Investment							5.0	5.0
7.Number of pumps in the pump station								2.0
8.Coil production limit	Incon: 0.05							

شکل ۱۰- ماتریس امتیازدهی به مولفه‌های مختلف انتخاب قطر لوله فولادی نسبت به یکدیگر

Model Name: SELECT-DIAMETERPIPE-PL-KAROUN-rev-2

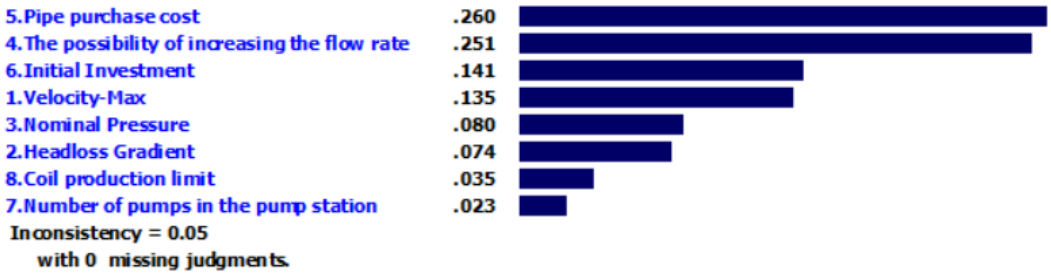
Priorities with respect to:
PipeLine-Karoun To Jarahi



شکل ۱۱- امتیازدهی بر اساس معیار مختلف نسبت به یکدیگر برای انتخاب قطر لوله

Model Name: SELECT-DIAMETERPIPE-PL-KAROUN-rev-2

Priorities with respect to:
PipeLine-Karoun To Jarahi



شکل ۱۲- ترتیب نزولی اهمیت مولفه‌ها در بررسی انتخاب قطر لوله

با توجه به شکل (۱۲)، اهمیت معیارها به‌ترتیب برابر ۱) هزینه‌های خرید لوله (معیار اقتصادی)، ۲) امکان آبگذری با ۳۰ درصد افزایش دبی (معیار فنی)، ۳) هزینه‌های معادل سرمایه‌گذاری اولیه (منظور نمودن هزینه‌های برق و تعمیر و نگهداری و تبدیل به ارزش فعلی) (معیار اقتصادی)، ۴) حداکثر سرعت جریان در خط لوله (معیار فنی)، ۵) فشار کاری خط انتقال (معیار فنی)، ۶) افت گرادیان هیدرولیکی در طول مسیر (معیار فنی)، ۷) محدودیت تولید ورق فولادی در داخل کشور (معیار اجرایی) و ۸) تعداد پمپ‌های مورد نیاز

در ایستگاه پمپاژ (بـه تبـع آن افـزایش مسـاحت ایسـتگاه و افـزایش هزینه‌های تعمیر و نگه‌داری) (معیار اجرایی) است.

نتیجه‌گیری

انتخاب قطر بهینه لوله در خطوط انتقال آب، یکی از چـالش‌هـای مهم در طراحـی و اجـرای ایـن پـروژه‌هـا اسـت. ایـن انتخـاب تـأثیر مستقیمی بر عملکرد هیدرولیکی سیستم، هزینه‌های سرمایه‌گـذاری و بهره‌برداری و همچنین عمر مفید لوله‌ها دارد .هـدف از ایـن مطالعـه، یافتن قطر بهینه‌ای است که بتوانـد بـا کـم‌تـرین هزینـه و بیشـترین بازدهی، نیازهای پروژه را برآورده سـازد. در ایـن مطالعـه، متغیرهـای فنی، اقتصادی و اجرایی مختلفی که بر انتخـاب قطـر لولـه تأثیرگـذار هسـتند، مـورد بررسـی قـرار گرفتـه‌انـد. انتخـاب قطـری کـه بتوانـد پاسخگوی نیازهای پروژه با توجه به اولویت و اهمیت متغیرهـا باشـد، تأثیر مسـتقیمی بـر هزینـه سـاخت و بهـره‌بـرداری آن دارد .هرگونـه انتخاب نادرست در این زمینه می‌تواند منجر به مشکلات جدی ماننـد افت فشار بیش از حد، افزایش هزینه‌های پمپـاژ، کـاهش عمـر مفیـد لوله‌ها و در نهایت افزایش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری شود. برای دستیابی به قطر بهینـه لولـه، از روش‌هـای تحلیـل چنـدمعیاره ماننـد تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده مـی‌شـود. در ایـن روش، ابتـدا معیارهای مهم و موثر در انتخاب قطر لوله از نظـر فنـی، اقتصـادی و اجرایی شناسایی شده و سپس به آن‌ها وزن‌های مناسـب نسـبت داده می‌شود. با استفاده از این وزن‌ها، گزینـه‌هـای مختلـف قطـر لولـه بـا یکدیگر مقایسه شده و در نهایت، قطر بهینه‌ای که بیشترین تطـابق را با اهداف پروژه دارد، انتخاب می‌شود. بـر اسـاس نتـایج تعیـین قطـر اقتصادی به روش تحلیل چند معیاری، لوله فـولادی بـه قطـر ۲۲۰۰ میلی‌متر با امتیاز ۲۹/۷ درصد به‌عنوان برترین انتخاب برای قطر لولـه مناسب خط انتقال جهت استفاده در پروژه خط انتقـال آب کـارون بـه رودخانه جراحی برای آبیاری نخیلات پردازش شده و توصیه می‌گردد. همچنین، تحقیقات انجام شده نشان داد که این روش برای شناسـایی بهترین مسیر برای خطوط انتقال آب بسیار مناسب و کاربردی است و می توان از آن برای سایر خطوط انتقال ماننـد خطـوط نفـت و گـاز و خطوط برق نیز استفاده کرد.

پی‌نوشت‌ها

1. Analytical Hierarchy Process

منابع

نایبی، ج.، شنطیا، ح.، حاجی‌راد، ا و پورغلام آمیجی، م. ۱۴۰۲. کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبـی در شناسـایی بهتـرین روش آبیـاری (مطالعه موردی: اراضی حکم‌آباد، شهر تبریز). آبیاری و زهکشـی. ۱۷(۶): ۱۲۱۵-۱۲۳۰.

Davarpanah, A. and Vahidnia, M. H. 2022. Optimal route finding of water transmission lines by comparing different MCDM methods and the least-cost path algorithm in a raster (Case study: from Ardak to Mashhad). Water Resources Engineering. 14(51): 39-56.

Dedemen, Y. 2013. A multi-criteria decision analysis approach to GIS-based route selection for overhead power transmission lines (Master's thesis, Middle East Technical University).

Hong, B., Li, X., Di, G., Li, Y., Liu, X., Chen, S. and Gong, J. 2019. An integrated MILP method for gathering pipeline networks considering hydraulic characteristics. Chemical Engineering Research and Design. 152: 320-335.

Khalili, R., Montaseri, H. and Motaghi, H. 2021. Evaluation of water quality in the Chalus River using the statistical analysis and water quality index (WQI). Water and Soil Management and Modelling. 1(3): 38-52.

Motiee, H., Khalili, R., Gholami, B. and Motiee, S. 2023. A decision making approach for water transfer systems by analytical hierarchy process (AHP) and GIS. Water Resources Management. 37(12): 4623-4637.

Nataraj, S. 2005. Analytic hierarchy process as a decision-support system in the petroleum pipeline industry. Issues in Information Systems. 6(2): 16-21.

Pourgholam-Amiji, M., Khoshravesh, M., Divband Hafshejani, L., and Ghadami Firouzabadi, A. 2022. The effect of irrigation with treated magnetic effluent on water productivity of maize. Iranian Journal of Irrigation & Drainage. 16(1): 243-253.

Qasemi, M., Darvishian, M., Nadimi, H., Gholamzadeh, M., Afsharnia, M., Farhang, M. and Zarei, A. 2023. Characteristics, water quality index and human health risk from nitrate and fluoride in Kakhk city and its rural areas, Iran. Journal of Food Composition and Analysis. 115: 104870.

Saaty, T. L. 1980. The analytic hierarchy process: Decision making in complex environments. In Quantitative assessment in arms control: mathematical modeling and simulation in the analysis of arms control problems (pp. 285-308). Boston, MA: Springer US.

Saboktakin, M., Montaseri, H., Eslamian, S. and Khalili, R. 2022. Evaluation of the performance of SWAT model in simulating the inflow to the dam reservoir to deal with climate change (Case study: the catchment area upstream of the ZayandehRoud Dam). Climate Change Research. 3(10): 83-104.

Slejko, D., Rebez, A., Santulin, M., Garcia-Pelaez, J., Sandron, D., Tamaro, A. and Zuliani, D. 2021.

Seismic hazard for the Trans Adriatic Pipeline (TAP). Part 1: probabilistic seismic hazard analysis along the pipeline. Bulletin of Earthquake Engineering. 19(9): 3349-3388.

Wang, L., Liu, H., Yang, J., Li, Y. and Wang, C. 2022. Transmission line route planning based on AHP-ACO algorithm. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2310, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.

Wang, Y. X., Cheng, L., Tian, H. L. and Liu, X. H. 2018. Water supply eco-economic benefit evaluation of middle route of south-to-north water diversion project in Hebei Water-recipient Area. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 191, No. 1, p. 012064). IOP Publishing.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.4, Vol. 18, Oct.-Nov. 2024, p. 619-633

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۸، مهر - آبان ۱۴۰۳، ص. ۶۳۳-۶۱۹

Selection of the Optimal Diameter of Pipe for the Water Transfer Pipeline from Karun to the Jarahi River

J. Nayebi[1], I. Hajirad[2], M. Mehdipour[3], M. Pourgholam-Amiji[4*]

Recived: May.31, 2024 Accepted: Aug.25, 2024

Abstract

Water transfer projects by open or pressurized channels are among the strategies that are used globally to solve the water shortage in arid and semi-arid regions. In addition to technical reasons, these plans should be subjected to economic and executive reviews. The technical, economic and operational evaluation of the plans and the ranking of the priority of their implementation may be done in different ways. The best choice or alternative options may be shown after choosing among the different options. There are different approaches for analyzing different criteria of the project, which provide the possibility of integrating technical, economic, executive and other elements. Analytical Hierarchy Process (AHP) is a strategic decision-making method that was used in this study to determine the optimal diameter for the water transmission pipeline. In order to determine the optimal diameter of the water transmission line, questionnaires were created that were weighted with these criteria based on the opinions of experts, and then different layers of these criteria were compared with each other with an overlapping approach. The results showed that the steel pipe with a diameter of 2200 mm compared to other diameters was processed and selected as the best pipe diameter in the project of the Karoon water transfer line to the Jarahi River with a score of 29.7%.

Keywords: Water Transfer, AHP, Decision Making, Optimum Diameter.

1- Senior Expert, Department of Irrigation and Drainage, Yekom Consulting Engineers Company, Tehran, Iran
2- Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3- Project Manager of Irrigation and Drainage, Yekom Consulting Engineers Company, Tehran, Iran.
4- Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(*Corresponding Author Email: Mpourgholam6@ut.ac.ir)