

## روش تصمیم‌گیری چندمعیاره میانگین نرمال در اولویت‌سنجی سواحل مستعد برای احداث آب شیرین کن در استان بوشهر

حسن اکبری

استادیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس، پست الکترونیکی: akbari.h@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۲۹

\* نویسنده مسوول

تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۱۹

### چکیده

در این پژوهش، با بررسی معیارهای تاثیرگذار در انتخاب سواحل مستعد برای احداث آب شیرین کن، روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره دسته‌بندی و سپس با ترکیب روش‌ها، روش میانگین نرمال معرفی شد. در این راستا، اولویت مناطق ساحلی استان بوشهر با استفاده از روش‌های مجموع وزنی، تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس بررسی و میزان دقت هر روش در قیاس با روش معرفی شده ارزیابی شد. با توجه به محدودیت تعدادگزینه و معیار در نرم افزارهای موجود و همچنین تعدد روش‌ها، هر روش جداگانه کدنویسی شد. در نهایت، رویکردی برای دسته‌بندی سواحل مستعد برای احداث آب شیرین کن معرفی و اولویت هر قطعه ساحل تعیین گردید. براساس نتایج، روش‌های مختلف الگوی امتیازی نسبتاً مشابهی را برای هر گزینه نشان می‌دهند و از این میان، روش مجموع وزنی علیرغم قدمت و سادگی آن همچنان دقت مناسبی در تخمین گزینه بهینه دارد.

کلمات کلیدی: آب شیرین کن، اولویت‌سنجی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، استان بوشهر، روش میانگین نرمال.

### ۱. مقدمه

مطالعات انجام شده در خصوص اولویت‌سنجی سواحل مستعد برای احداث آب شیرین کن را می‌توان در سه مقوله زیر مورد بررسی قرار داد. الف) مطالعاتی که تاثیر احداث آب شیرین‌کن در خلیج‌ها را بررسی کرده‌اند، ب) مطالعاتی که معیارهای اثرگذار در انتخاب محل مناسب ساخت آب شیرین‌کن را ارزیابی کرده‌اند و ج) مطالعاتی که به روش‌های تصمیم‌گیری مختلف پرداخته‌اند.

از جمله مطالعاتی که به بررسی اثر احداث آب شیرین‌کن در خلیج‌ها و محیط‌های آبی با تبادل محدود پرداخته‌است، می‌توان به مطالعه Hopner and Lattemann (2002) اشاره داشت که اثرات شیمیایی احداث آب شیرین‌کن در محدوده شمالی دریای سرخ را بررسی کرده‌است. آن‌ها به اثرات منفی محتمل احداث آب شیرین‌کن در سیستم اکولوژیکی خلیج فارس نیز اشاره نمودند. Dawoud and Mulla (2012) و سپس Uddin (2014)

گسترش شهرنشینی و نیاز روزافزون جوامع بشری به منابع آب شیرین برای مصارف مختلفی نظیر مصارف شهری، صنعتی، کشاورزی و غیره، منجر به افزایش تعداد تاسیسات شیرین‌سازی آب دریا شده‌است. این امر به خصوص در کشور ایران که منابع آب شیرین محدود و اقلیمی نسبتاً خشک دارد اولویت بیشتری دارد. تعیین سیستم شیرین‌سازی از یک سو و جانمایی مناسب آن از سوی دیگر اهمیت دارد. از این‌رو، ضروری است تا با شناخت کافی از شرایط آبیگری و تاثیرات احداث تاسیسات ساحلی، اقدام به تعیین مکان مناسب برای جانمایی سیستم آب شیرین‌کن نمود. در این راستا، تعیین گزینه مناسب از یک طرف تابعی از معیارهای تاثیرگذار و اهمیت نسبی آنها بوده و از طرف دیگر به نقاط مصرف و مقصد مورد انتظار بستگی دارد.

(کاهش اثرات روی مناطق حساس و اکوسیستم های منطقه) بسیار بیش از تامین اقتصادی آب (هزینه تمام شده آب و تداخل با صنایع مجاور دریا) اهمیت داشته است. روش تحلیل سلسله مراتبی مختص آب شیرین کن نبوده و مطالعات دیگری نیز با این روش به منظور مکان یابی و اولویت بندی گزینه های مختلف دریایی انجام شده است ( Sayare and Alahyari, 2017; Mousavi et al., 2011).

علاوه بر انتخاب معیارها، انتخاب روش تصمیم گیری نیز اهمیت دارد. تعدد روش های تصمیم گیری چند معیاره بسیار زیاد بوده و به عنوان نمونه در بین روش های متداول می توان به مواردی نظیر روش مجموع وزن ها توسط (Fishburn (1967)، روش ضرب وزن ها توسط (Miller and Starr (1969)، روش برنامه سازگار توسط (Zeleny (1982)، روش تحلیل سلسله مراتبی توسط (Saaty (1980)، روش الکترون توسط (Benayoun et al. (1966)، روش تاپسیس توسط (Hwang and Yoon (1981)، روش پرومت توسط (Brans and Vincke (1985) و روش ویکور توسط (Opricovic (1998) اشاره نمود که توضیحات و میزان کاربرد هرکدام بطور مختصر توسط (Kabir et al. (2014) ارائه شده است. بطور کلی شاخصه مشابه این روش ها، تعیین معیارهایی با ضرایب اهمیت متفاوت و امتیازدهی گزینه ها با توجه به این معیارهاست (Huang et al., 2011).

با توجه به اهمیت احداث آب شیرین کن در سواحل کشور و همچنین تنوع معیارهای معرفی شده از یک سو و تنوع روش های تصمیم گیری ارائه شده از سوی دیگر، نیاز به مطالعات تکمیلی در این خصوص را ضروری می سازد. بدیهی است برای تعیین محل مناسب آب شیرین کن، هر سه مقوله ذکر شده در فوق، اهمیت دارند و به عبارتی، شناخت تاثیرات احداث آب شیرین کن و استفاده از معیارهای مهم در روشی مناسب منجر به نتایج دقیق تر خواهد شد. در این پژوهش، بر مبنای تاثیرات احداث آب شیرین کن، معیارهای مناسب شناسایی شده است و سپس، با توضیح روش های تصمیم گیری چندمعیاره، روش میانگین نرمال معرفی می گردد. در ادامه، با تقسیم بندی خطوط ساحلی استان بوشهر به گزینه های مختلف، در نهایت امتیاز هر قطعه ساحل در قبال معیارهای اصلی تعریف شده محاسبه و تحلیل می گردد. در انتها پس از مقایسه روش های تصمیم گیری مختلف، نقشه اولویت بندی سواحل از منظر معیارهای دریایی تاثیرگذار در احداث آب شیرین کن ارائه می شود.

نیز به طور خاص محدوده خلیج فارس را از منظر تاثیرات زیست محیطی احداث آب شیرین کن بررسی نمود. Taghavi et al. (2016) نیز با معرفی انواع سیستم های آب شیرین کن، اثرات ناشی از احداث آب شیرین کن های صنعتی بر اکوسیستم آبی خلیج فارس را طبقه بندی کردند و به لزوم سیاست گذاری های پایدار و مشارکت علمی و بین المللی برای مدیریت کارآمد زیست محیطی اشاره کردند، نکته ای که Sale et al. (2011) نیز بر آن تاکید داشته اند. Basere et al. (2013) با استفاده از تکنیک دلفی و تاپسیس، مناطق مناسب احداث آب شیرین کن در مناطق ساحلی غرب استان هرمزگان را اولویت بندی نمودند. آنها با در نظر گرفتن ۸ معیار و ۹ گزینه، محدوده های بندر عباس، قشم، کیش، ابوموسی، خمیر، بندر لنگه، هرمز، پارسیان، بستک را به ترتیب اولویت برای احداث آب شیرین کن مناسب دانستند.

در مطالعات مختلف، معیارهای ارزیابی متفاوت و همچنین روش های تصمیم گیری مختلف مبنای بوده است. به عنوان نمونه، با تکیه بر معیارهای اقتصادی، (Mahmoud et al. (2002) به جانمایی محل احداث آب شیرین کن در سواحل شمالی مصر بر اساس سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. در مطالعه ای که با هدف شناسایی مکان های مستعد احداث آب شیرین کن در مناطق ساحلی استان هرمزگان از منظر پهنه های زیست محیطی انجام شد، (Sepehr et al. (2017a,b) معیارهای شیب منطقه و عمق، کیفیت آب دریا، موقعیت تالاب ها و مناطق زیست محیطی ساحلی و خشکی را در روش دلفی انتخاب کردند و با استفاده از ارزشگذاری ترجیحی در نرم افزار ARCGIS، مکان هایی که کم ترین آثار مخرب بر پهنه های حساس محیط زیست منطقه را داشته باشند، معرفی کردند. (Liu et al. (2013) اثرات زیست محیطی احداث آب شیرین کن را با توجه به معیارهای متنوع زیستی بررسی کردند و سپس، (Liu et al. (2018) به بررسی اهمیت اثرات محیطی احداث آب شیرین کن با استفاده از روش AHP پرداختند. (Akbari and Ebrahimi (2016) نیز طرح دیفیوزرهای بهینه برای تخلیه پساب آب شیرین کن ها را مطالعه کردند. در بین تحقیقات محدودی که به ارزیابی معیارهای موثر بر انتخاب محل مناسب احداث آب شیرین کن از منظر استفاده کنندگان پرداخته است، (Heck et al. (2017) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی نشان دادند که از منظر استفاده کنندگان، عدم تاثیر بر آب های سطحی (تامین آب شرب با حداقل آلودگی از رودخانه های سطحی) و همچنین، شرایط زیست محیطی

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱-۲ معرفی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

در این رابطه تعداد معیارها  $M$  بوده و هر گزینه مستقل از سایر گزینه‌ها امتیازدهی می‌شود. گزینه‌ای که بیشترین شاخص را داشته باشد، دارای اولویت نخست است.

ب) روش‌هایی که بر اساس ارزش دهی نسبی گزینه‌ها در قیاس با یکدیگر کار می‌کنند. در این دسته روش‌ها، امتیاز هر گزینه در قیاس با گزینه‌های دیگر تعریف می‌شود که نمونه‌ای از معروف‌ترین آن‌ها روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) است که بر اساس تعریف ماتریس زوجی مقایسه بین گزینه‌های مختلف به ازای معیارهای تعریف شده کار می‌کند. روش شبکه‌ای (ANP) و همچنین روش الکترون نمونه‌های دیگری از این دسته روش‌ها می‌باشند. در این پژوهش با توجه به کاربرد گسترده روش AHP، این روش به عنوان روش معرف این دسته انتخاب می‌گردد. در این روش، ابتدا ماتریس مقایسه زوجی معیارها  $A_{M \times M}$  برای مقایسه دو به دو معیارها با یکدیگر تشکیل و سپس نرمال می‌شود و سپس، بردار وزن معیارها  $w$  (با تعداد) با تقسیم مجموع درایه‌های هر سطر بر تعداد  $M$  مولفه، تعیین می‌گردد. با روندی مشابه، ماتریس امتیاز گزینه‌ها،  $S_{N \times M}$ ، با مقایسه دو به دو معیارها به ازای هر معیار  $j$  تعیین می‌گردد. در نهایت، امتیاز نهایی گزینه‌ها مطابق زیر با ضرب این دو ماتریس محاسبه و مبنای اولویت بندی قرار می‌گیرد.

$$v = S.w \quad (2)$$

ج) روش‌هایی که با سنجش فاصله گزینه‌ها تا گزینه بهینه، امتیاز هر گزینه را می‌سنجد. به عنوان نمونه در روش تاپسیس، فاصله هر گزینه تا مثبت‌ترین و منفی‌ترین گزینه، و در روش ویکور، علاوه بر این فواصل، امتیاز نسبی گزینه‌های آلترناتیو نیز به عنوان شاخصی برای ارزیابی و امتیازدهی آن گزینه مدنظر است. در روش تاپسیس که در این پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد، ابتدا ماتریس تصمیم  $A$  حاوی درایه‌های  $a_{ij}$  تشکیل و سپس، با در نظر گرفتن بردار ضریب اهمیت معیارها  $w$ ، هر درایه  $r_{ij}$  از ماتریس تصمیم وزن دار با استفاده از ضرب وزن معیار  $j$  در هر مولفه  $a_{ij}$  و نرمال سازی نسبت به مجموع ضرایب، محاسبه می‌گردد. سپس، با تقسیم  $r_{ij}$  بر مجموع مربع مولفه مرتبط با معیار  $j$ ، ماتریس نرمال شده با مولفه‌های  $v_{ij}$  تشکیل می‌شود. در گام بعد، گزینه‌های ایده آل مثبت  $V_j^+$  و منفی  $V_j^-$  با حداکثر و حداقل گیری بین مولفه‌های  $v_{ij}$  به ازای

برای اولویت سنجی گزینه‌های مختلف و ارزیابی آن‌ها بر اساس معیارهای تعریف شده، سه مرحله اصلی وجود دارد. تعیین معیارها، تعیین گزینه‌ها و تعیین اولویت گزینه‌ها. مغایرت روش‌های تصمیم‌گیری، عموماً مربوط به روش ریاضی ترکیب داده‌ها با تعاریف و مفاهیم اندکی متفاوت است. با توجه به پیچیدگی و تنوع این روش‌ها از یک طرف و عملکرد متفاوت هر کدام بر اساس نوع مساله و شرایط معیارها، هنوز روش واحدی مورد پذیرش عام قرار نگرفته است. Tscheikner et al. (2017) نشان دادند که اگرچه، اهمیت تعیین وزن معیارها بسیار بیش از روش تصمیم‌گیری خاص است، استفاده از ترکیب روش‌ها می‌تواند به پایداری بیش‌تر حل و نتایج منطقی‌تر منجر شود. در این پژوهش، روشی جدید بر مبنای ترکیب روش‌های مختلف پیشنهاد شده است تا از مزایای نسبی روش‌های مختلف استفاده مناسب گردد. برای این منظور، در ابتدا روش‌های مختلف در سه زیر مجموعه زیر دسته بندی می‌شود:

الف) روش‌هایی که بر اساس ارزش دهی مستقل گزینه‌ها معرفی شده‌اند. در این روش‌ها، گزینه برتر بر اساس میزان انحرافی که گزینه‌ها از معیارها دارند، انتخاب می‌شود و هر گزینه مستقل از سایر گزینه‌ها بررسی می‌شود. به عنوان نمونه، معروف‌ترین این روش‌ها، روش‌های میانگین‌گیری وزنی (حسابی یا هندسی) است و از نمونه دیگر می‌توان به روش پرومت اشاره نمود. از این دسته، روش مجموع وزنی (WSM) برای اولویت سنجی مناطق ساحلی در پژوهش حاضر استفاده می‌گردد. در این روش، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری هم‌مقیاس (با درایه‌های  $a_{ij}$  حاوی امتیازات هر گزینه  $i$  به ازای هر معیار  $j$ ) محاسبه گردد. سپس با ضرب این امتیازات در ضرایب وزنی هر معیار  $j$  ( $w_j$ ) و جمع آن برای هر گزینه و نرمال سازی آن نسبت به مجموع ضرایب، شاخص ارزیابی برای هر گزینه  $i$  مطابق زیر محاسبه می‌گردد.

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^M w_j a_{ij}}{\sum_{j=1}^M w_j} \quad (1)$$

## ۳. نتایج و بحث

## ۳-۱ تعیین معیارها

بطور معمول، در ابتدای هر مطالعه و بر اساس تجربیات محققین، معیارهای انتخاب محل مناسب احداث آب شیرین کن، انتخاب می‌گردد و ضریب اهمیت آن با استفاده از نظر متخصصین منظور می‌گردد. سپس بر اساس این معیارها، مناطق مختلف با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، اولویت بندی می‌شوند. همانطور که در بخش مقدمه ذکر شد، در مطالعات محدودی که تا کنون برای تعیین معیارهای تاثیرگذار و وزن آن‌ها در اولویت‌یابی محل مناسب برای احداث آب شیرین کن، انجام شده است، بر اساس نظر متخصصین و بهره‌برداران، معیارهای متنوعی از جمله شرایط اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی، دریایی و غیره مدنظر بوده است (Sepehr et al., 2017b; Hajee and Othman, 2005; Heck et al., 2017). از طرفی، اهمیت نسبی معیارها نیز وابسته به شرایط منطقه و حتی سیاست‌گذاری‌های کلان ممکن است متفاوت باشد که این امر دلیلی بر عدم اجماع جهانی بر معیارها و وزن نسبی آن‌ها است. از این رو مناسب است با توجه به حساسیت‌های محیطی و همچنین، نیاز آبی متناسب با هر منطقه، معیارها مشخص گردند. در این مطالعه، با هدف قرار دادن شرایط دریایی و اولویت بندی سواحل از این منظر، سه مولفه اصلی شامل هیدرودینامیک دریا، محیط زیست دریایی و امکانات احداث آب شیرین کن در منطقه ساحلی به عنوان دسته معیارهای اصلی تعریف شد و مطابق جدول ۱، زیر دسته‌هایی برای هر کدام در نظر گرفته شد و ضرایب اهمیت هر دسته با توجه به مطالعات پیشین و همچنین بهره‌گیری از نظرات متخصصین منظور شد. برای این منظور از جمع ۱۵ نفره با تخصص‌های سازه دریایی، محیط زیست، سازه هیدرولیکی، مکانیک سیالات، سیویل و برق قدرت که سابقه و تجربه طراحی آب شیرین کن را داشتند، استفاده شد. در ابتدا، عنوان معیارهای اثرگذار و همچنین میزان اهمیت آن توسط هر متخصص جداگانه یادداشت شد و بر اساس آن، مقادیر میانگین ضرایب اهمیت استخراج گردید. سپس، با جلسه مشترک بین این متخصصین و همفکری در خصوص جمع بندی نظرات، ضرایب اهمیت، نهایی گردید به گونه‌ای که مورد قبول جمع باشد. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در بین دسته‌های اصلی معیارهای تصمیم‌گیری و انتخاب محل

هر معیار  $j$ ، تعیین می‌گردند و فاصله هرگزینه  $i$  تا هر کدام با  $D_i^+$  و  $D_i^-$  مشخص می‌گردد. در نهایت، نسبت فاصله هر گزینه تا گزینه‌های ایده آل مثبت و منفی به عنوان شاخص ارزیابی آن گزینه مطابق زیر سنجیده می‌شود بگونه‌ای که گزینه با شاخص  $R_i$  بزرگ‌تر اولویت بیشتری دارد.

$$R_i = \frac{D_i^+}{D_i^+ + D_i^-} \quad (3)$$

## ۲-۲ معرفی روش تلفیقی میانگین نرمال

ترکیب دو یا چند روش می‌تواند با تجمیع توانمندی این روش‌ها باعث بهبود تصمیم‌گیری شده و کاستی‌های هر روش را پوشش دهد (Kabir et al., 2014). فونونی برای ترکیب روش‌های مختلف وجود دارد که سه نمونه از آن، روش میانگین رتبه‌ها، روش بردا و کپ‌لند است. در روش اول، رتبه هر گزینه بر اساس میانگین رتبه‌های حاصل از روش‌های مختلف محاسبه می‌شود. در روش بردا، بر اساس قاعده اکثریت، گزینه‌ای اولویت دارد که در اکثر روش‌ها برتر شناخته شده است. روش کپ‌لند نیز مبنای مشابهی دارد با این تفاوت که علاوه بر تعداد بردها، تعداد باخت‌ها نیز تعیین‌کننده اولویت گزینه‌ها است. نکته مهم در ترکیب روش‌ها، ترکیب روش‌هایی با دیدگاه‌ها و مبانی مختلف است تا در مجموع توانمندی‌های مختلف استفاده گردد. در این راستا، همانطور که ذکر شد، روش‌های مجموع وزنی، تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس انتخاب شدند. در روش پیشنهادی در این پژوهش تحت عنوان روش میانگین نرمال شده، به جای استفاده از اولویت‌ها، امتیاز گزینه‌ها مبنای ترکیب است تا میزان اهمیت و امتیاز یک گزینه نیز در محاسبات دخیل باشد. برای این منظور، در ابتدا، امتیاز گزینه‌ها در هر کدام از روش‌های مختلف با روابط ۱، ۲ و ۳ محاسبه می‌شود. سپس، این امتیازات بصورت خطی به مبنای واحدی بین ۰ تا ۱۰۰ نگاشت و نرمال می‌گردد بگونه‌ای که کم‌ترین امتیاز در هر روش برابر با عدد ۰ و بیشترین امتیاز برابر با ۱۰۰ گردد. در ادامه، برای هر گزینه، میانگین امتیازهای نرمال شده سه روش مذکور محاسبه شده و این امتیاز به عنوان معیاری برای سنجش اولویت آن گزینه در برابر سایر گزینه‌ها قرار می‌گیرد. دو مزیت اصلی روش پیشنهاد شده، بهره‌گیری از مزیت روش‌هایی با مبانی متفاوت و همچنین تجمیع امتیازات به جای اولویت‌ها است تا مزیت نسبی هر روش قابل لمس باشد.

میان، برای این زیردسته، اثرات مخرب احداث آب شیرین کن بر شرایط زیست محیطی منطقه اهمیتی به مراتب بیش از آلودگی آب منطقه و قابلیت پالایش طبیعی دارد.

مستعد احداث آب شیرین کن، شرایط محیط زیست و کیفیت آب منطقه دارای اهمیت ۴۰ درصدی است که در مقایسه با شرایط هیدرودینامیک دریا اهمیتی حدود دو برابری دارد. در این

جدول ۱: معیارهای تاثیرگذار در انتخاب محل مناسب احداث آب شیرین کن و دسته بندی اهمیت آن ها

هیدرودینامیک دریا %۲۵				محیط زیست دریایی و کیفیت آب %۴۰			امکانات احداث آب شیرین کن در منطقه %۳۵					
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
شرایط موج	شرایط جریان	شرایط رسوب	شیب ساحل	محیط زیست	آلودگی آب	پالایش طبیعی	شیب پسرکرانه	فضای پسرکرانه	منابع زیرساختی	نزدیکی به شهر	مسیر دسترسی	
%۲۰	%۱۵	%۲۵	%۴۰	%۵۰	%۳۰	%۲۰	%۱۵	%۳۰	%۲۵	%۱۰	%۲۰	

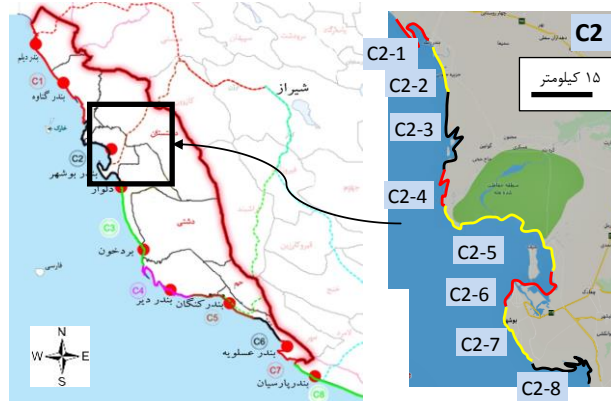
### ۲-۳ تعیین و امتیازدهی گزینه ها

برای تکمیل ماتریس تصمیم و به عبارتی امتیازدهی هر قطعه ساحل از منظر هر معیار، لازم است وضعیت معیارها در هر قطعه ساحل مشخص و سپس بطور نسبی امتیازدهی گردد. این مهم با استفاده از نظر حدود پانزده متخصص حاصل شده است. در این راستا، ارزیابی شرایط زیرساختی، توپوگرافی و کاربری اراضی منطقه و همچنین مجاورت با زیست گاه های حساس، با استفاده از نتیجه مطالعات مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی و همچنین تصاویر ماهواره ای بوده است و برای شرایط هیدرودینامیک منطقه از نتایج امواج ISWM و همچنین شبیه سازی های عددی موج، جریان و رسوب با نرم افزار Mike21، استفاده شده است. بر اساس این اطلاعات، امتیاز هر پاره ساحل در هر معیار از بین اعداد ۱ تا ۱۰ توسط هر متخصص اختصاص یافته و سپس، مقدار میانگین امتیاز برای هر گزینه مبنای عمل قرار می گیرد. عموماً امتیازهای جمع آوری شده برای هر گزینه اختلاف فاحشی نداشته اند بگونه ای که حداکثر تفاوت بین میانگین و امتیازات جمع آوری شده مقدار ۳، حداکثر نرخ ناسازگاری ۰،۰۴ و حداقل مقدار ضریب آلفای کرونباخ ۰،۷۵ بوده است که تایید کننده پایایی امتیازات براساس انحراف معیار آن ها می باشد.

### ۳-۳ اولویت بندی مناطق ساحلی

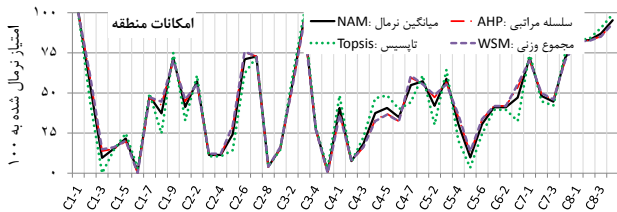
با توجه به توضیحات ارائه شده، در نهایت تعداد ۴۶ قطعه ساحل در ۸ محدوده و تعداد ۱۲ معیار در سه دسته اصلی تعریف و وزن دهی شده است. سپس با استفاده از روش های تصمیم گیری مجموع وزنی (WSM)، تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تاپسیس (TOPSIS) و همچنین روش میانگین نرمال شده (NAM)، امتیاز و اولویت بندی قطعه ساحل ها مشخص شده و به عنوان نمونه اولویت قطعه ساحل های واقع در محدوده C2 در

همانطور که ذکر شد، محدوده ساحلی استان بوشهر مورد مطالعه موردی قرار گرفته است. در ابتدا بر اساس معیارهای تصمیم گیری، مناطق ساحلی شناسایی و تفکیک می گردد تا گزینه های مستقل حاصل شود. در این راستا، طول خط ساحلی مطابق شکل ۱، به محدوده های ساحلی با خصوصیات کلی مشابه تقسیم شده و سپس، هر محدوده به قطعاتی با مشخصات یکسان از منظر معیارها تفکیک می گردد به این ترتیب که امتیاز همه معیار در طول هر پاره ساحل ثابت بوده و هرگاه امتیاز هر کدام از معیارها در طول ساحل تغییر یابد، یک پاره ساحل جدید تعریف می شود. به عنوان نمونه، نحوه تقسیم بندی محدوده C2 به قطعه های ساحلی کوچک تر در این شکل مشخص می باشد. همانطور که مشاهده می گردد لزومی به یکسان بودن طول این قطعات نبوده و مبنای این تقسیم بندی یکسان بودن شرایط معیارها در هر قطعه ساحل می باشد.

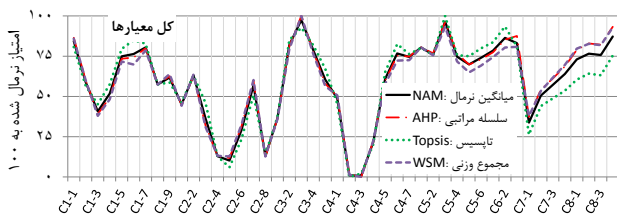


شکل ۱: تقسیم بندی طول خط ساحلی استان بوشهر به محدوده های ساحلی با مشخصات عمومی مشابه (راست) و تقسیم بندی محدوده ساحلی C2 به قطعه ساحل هایی با مشخصات معیاری مشابه (چپ)

همانطور که مشاهده می‌گردد همه روش‌ها روند بسیار نزدیکی را نشان می‌دهند و امتیازات بسیار به هم نزدیک است. در شکل ۵ امتیاز نرمال شده گزینه‌ها با در نظر گرفتن ترکیب کل معیارها نمایش داده شده است و همچنان نتایج به یکدیگر نزدیک است.



شکل ۴: امتیاز نرمال شده گزینه‌ها در معیار امکانات منطقه و به ازای روش‌های تصمیم‌گیری مختلف



شکل ۵: امتیاز نهایی نرمال شده گزینه‌ها به ازای روش‌های تصمیم‌گیری مختلف

برای کمی کردن نتایج، مقدار اختلاف امتیاز هر روش (در مقیاس نرمال شده) نسبت به روش میانگین نرمال (NAM) می‌تواند معیاری برای ارزیابی تفاوت نتایج روش‌ها باشد.

جدول ۳: تفاضل بین مقادیر نرمال شده هر روش به مقادیر متوسط‌گیری شده بین کل روش‌ها به ازای معیارهای اصلی

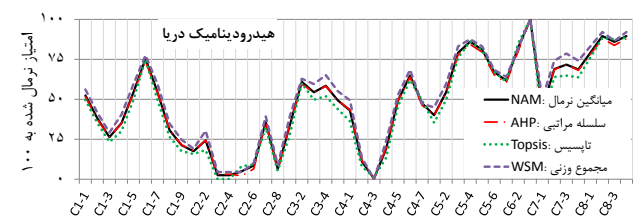
روش	معیارهای اصلی	فاصله نرمال شده نسبت به روش میانگین نرمال NAM		
		متوسط	حداقل	حداکثر
AHP	هیدرودینامیک دریا	۰.۸۱	۰.۰۰	۲.۷۷
	محیط زیست دریایی	۱.۳۹	۰.۰۰	۴.۲۰
	امکانات مجاور ساحل	۲.۰۸	۰.۰۰	۶.۳۶
	کل	۱.۹۲	۰.۰۱	۶.۳۹
Topsis	هیدرودینامیک دریا	۳.۲۰	۰.۰۰	۶.۹۱
	محیط زیست دریایی	۳.۲۵	۰.۰۰	۱۲.۹۰
	امکانات مجاور ساحل	۴.۶۷	۰.۰۰	۱۴.۶۲
	کل	۴.۶۳	۰.۰۸	۱۲.۵۶
WSM	هیدرودینامیک دریا	۳.۴۱	۰.۰۰	۶.۹۰
	محیط زیست دریایی	۲.۰۴	۰.۰۰	۸.۷۱
	امکانات مجاور ساحل	۲.۶۰	۰.۰۰	۸.۲۶
	کل	۲.۹۴	۰.۰۳	۶.۶۶

جدول ۲ ارائه شده است. به عنوان نمونه قطعه ساحل C2-5 که مطابق شکل ۱ در محدوده حفاظت شده محیط زیستی بوده و وضعیت رسوبی مناسبی نیز ندارد، و همه روش‌ها اولویت بالای ۴۰ (از ۴۶ گزینه) را برای این قطعه ساحل نشان می‌دهند. لازم به توضیح است که بطور کلی برای هیچ کدام از گزینه‌های محدوده C2، اختلاف فاحشی بین اولویت‌های تعیین شده از روش‌های مختلف وجود ندارد.

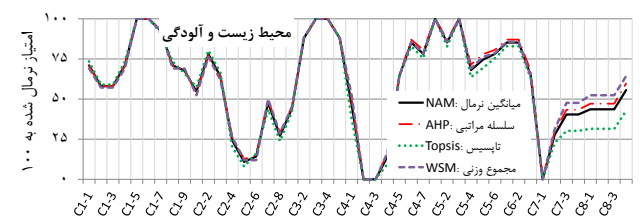
جدول ۲: نمونه رتبه‌بندی به تفکیک معیارهای اصلی و رتبه کل برای گزینه‌های واقع در محدوده ساحل C2

معیارهای اصلی	روش	C 2-1	C 2-2	C 2-3	C 2-4	C 2-5	C 2-6	C 2-7	C 2-8
کل معیارها	AHP	۲۵	۲۴	۳۹	۴۲	۴۴	۴۰	۲۹	۴۳
	Topsis	۳۳	۲۴	۳۴	۴۳	۴۴	۴۰	۳۱	۴۲
	WSM	۲۵	۲۵	۴۰	۴۲	۴۳	۳۹	۲۷	۴۴
	NAM	۲۵	۲۴	۲۸	۴۳	۴۴	۴۰	۳۱	۴۲

همانطور که در بخش معرفی روش‌های تلفیقی ذکر شد، اولویت یک گزینه نمی‌تواند به تنهایی معیار مناسبی برای ارزیابی نسبی آن گزینه باشد به عنوان نمونه مشخص نیست که چه اختلاف امتیازی بین دو گزینه متوالی وجود دارد و میزان ترجیح یکی بر دیگری در چه حدی است. از این رو برای مقایسه روش‌ها، امتیازهای نرمال شده به محدوده ۰ تا ۱۰۰ در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ به ترتیب برای معیارهای اصلی هیدرودینامیک دریا، محیط زیست و امکانات منطقه نمایش داده شده است.



شکل ۲: امتیاز نرمال شده گزینه‌ها در معیار هیدرودینامیک دریا و به ازای روش‌های تصمیم‌گیری مختلف



شکل ۳: امتیاز نرمال شده گزینه‌ها در معیار محیط زیست و به ازای روش‌های تصمیم‌گیری مختلف

برای این منظور تفکیک کیفی سواحل مستعد برای احداث آب شیرین کن از منظر معیارهای دریایی، سواحل بسیار نامناسب (امتیاز نرمال ۰ تا ۲۵)، نامناسب (۲۵ تا ۵۰)، متوسط (۵۰ تا ۷۵) و مناسب (۷۵ تا ۱۰۰) در شکل ۶ نمایش داده شده است که می‌تواند به‌عنوان مبنایی کاربردی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مورد استفاده باشد. با توجه به شکل ۵، در صورتی که از روش‌های مختلف به جای روش NAM استفاده شود ممکن است حداکثر دو یا سه گزینه از ۴۶ گزینه مدنظر تغییر وضعیت داده و در محدوده تصمیم‌گیری متفاوتی قرار گیرند.

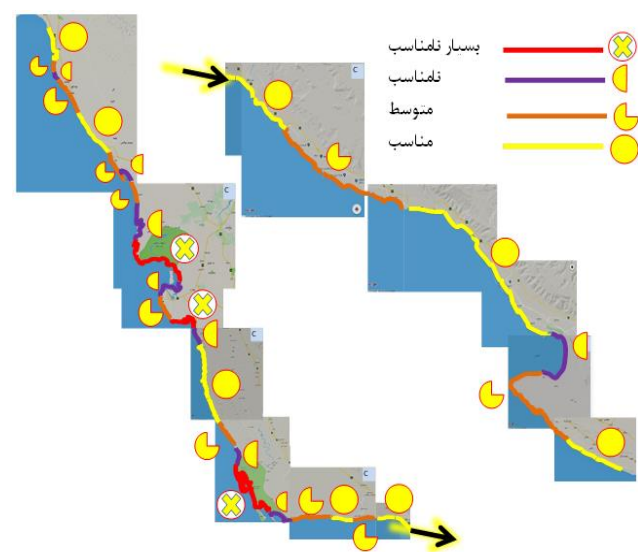
#### منابع

- Akbari, H.; Ebrahimi, M.H., 2016. Near field mixing of Multi-Diffuser Dense Jets in Shallow water condition and Ambient Currents. Iranian Hydraulic Association, Conference, Volume 15.
- Basere, N.; Mohammadzadeh, M.; Sekhavati, E., 2013. Prioritizing the suitable areas for desalination in coastal areas of west of Hormozgan province using TOPSIS method. 3rd National Conference on Health, Environment and Sustainable Development. In Persian, 1392.
- Benayoun, R.; Roy, B.; Sussman, N., 1966. Manual de Reference du programme electre. Mote de Synthese et Formaton, No. 25, Direction Scientifique SEMA, Paris, France.
- Brans J.P.; Vincke P., 1985. A preference ranking organization method (The PROMETHEE method for multiple criteria decision making). Management Science, 31(6): 647-656.
- <https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647>
- Dawoud M.A.; Mulla M.M.A, 2012. Environmental Impacts of Seawater Desalination: Persian Gulf Case Study. International Journal of Environment and Sustainability, 1(3): 2- 37.
- <https://doi.org/10.24102/ijes.v1i3.96>
- Fishburn, P.C., 1967. Additive utilities with incomplete

برای این منظور در ابتدا برای هر گزینه، تفاضل امتیاز هر روش با روش NAM محاسبه شده و سپس برای هر روش، حداکثر، حداقل و متوسط این مقادیر بین گزینه‌های مختلف محاسبه می‌گردد. این مقادیر برای هر کدام از معیارهای اصلی و همچنین برای کل معیارها در جدول ۳ ارائه شده است که حداکثر اختلاف مربوط به روش تاپسیس و حداقل آن مربوط به روش AHP است. از طرفی متوسط دقت روش مجموع وزنی نیز در محدوده قابل قبولی است.

#### ۴. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با معرفی روش میانگین نرمال سعی شد تا اولویت مناطق ساحلی استان بوشهر برای احداث آب شیرین کن تعیین گردد. در این راستا، معیارهای دریایی تاثیرگذار بررسی و اهمیت آن‌ها با تعیین ضرایب وزنی مشخص شد. پس از شناسایی گزینه‌های با مشخصه‌های یکسان، امتیاز و اولویت هر گزینه تعیین شد. در مجموع مشخص شد که نتایج روش‌های مختلف پراکندگی چندانی نداشته و هر کدام به تنهایی نیز می‌تواند به روند تصمیم‌سازی کمک شایانی نماید. از این میان، روش مجموع وزنی علیرغم سادگی و قدمت، اختلافی کمتر از ۳ درصد (۲,۹۴ درصد طبق جدول ۳) با مقادیر متوسط‌گیری شده بین کل روش‌ها دارد و می‌تواند به صورت موثری در تصمیم‌گیری‌های کلان مورد استفاده باشد.



شکل ۶: نقشه تعیین اولویت مناطق ساحلی مستعد برای احداث آب شیرین کن از منظر معیارهای دریایی

- <https://doi.org/10.1016/j.desal.2013.07.003>  
Liu, T-K.; Weng, T-H.; Sheu, H-Y., 2018. Exploring the environmental impact assessment commissioners' perspectives on the development of the seawater desalination project, *Desalination*, 428: 108-115.
- <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.11.031>  
Mahmoud, M.R.; Fahmy, H.; Labadie, J.W., 2002. Multicriteria siting and sizing of desalination facilities with geographic information system, *Journal of Water Resources Planning and Management* 128(2).
- [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2002\)128:2\(113\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2002)128:2(113))  
Miller, D.W.; Starr, M.K., 1969. *Executive Decisions and Operation Research*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc. 446P.
- Mousavi, S.H.; Danehkar, A.; Shokri, M.R.; Poorbagher, H.; Javanshir, A.; Azhdari, H., 2011. Identification of Effective Criteria for Artificial Reefs Site Selection Using Analytical Hierarchy Process Methodology (A Case Study: Coral Reefs in the Kish Island). *Journal of Oceanography*, 2 (5): 47-58. In Persian, 1390.
- Opricovic, S., 1998. Multicriteria optimization of civil engineering systems. PhD Thesis, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 302P.
- Saaty, T.L., 1980. *The analytic hierarchy process*. New York, McGraw Hill, 296P.
- <https://doi.org/10.21236/ADA214804>  
Sale, P.F.; Feary, D.A.; Burt, J.A.; Bauman, A.G.; Cavalcante, G.H.; Drouillard, K.; Kjerfve, B.; Marquis, E.; Trick, C.; Usseglio, P., Van Lavieren, H., 2011. The Growing Need for Sustainable Ecological Management of Marine Communities of the Persian Gulf, *AMBIO*, 40(1): 4-17.
- <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0092-6>  
Sayareh, J.; Alahyari, E.; 2017. Identifying and Prioritising Factors Influencing the Creation of Dry Ports in Iran by AHP Technique. *Journal of product set: Applications to priorities and assignments*. Baltimore, MD: Operations Research Society of America (ORSA), 15(3): 537-542.
- <https://doi.org/10.1287/opre.15.3.537>  
Hajeeh, M.; Al-Othman, A., 2005. Application of the analytical hierarchy process in the selection of desalination plants. *Desalination*, 174(1), 97-108.
- <https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.09.005>  
Heck, N.; Paytan, A.; Potts, D.C.; Haddad, B.; Lykkebo, P.K., 2017. Management priorities for seawater desalination plants in a marine protected area: A multi-criteria analysis. *Marine Policy*, 86: 64-71.
- <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.09.012>  
Hopner, T.; Lattemann, S., 2002. Chemical impacts from seawater desalination plants- a case study of the northern Red Sea, *Desalination*, 152: 133-140.
- [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(02\)01056-1](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(02)01056-1)  
Huang, I.B.; Keisler, J.; Linkov, I., 2011. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the Total Environment*, 409(19), 3578-3594.
- <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.022>  
Hwang, C.L.; Yoon, K., 1981. *Multiple attribute decision making, in lecture notes in economics and mathematical systems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 269P.
- <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>  
Kabir, G.; Sadiq, R.; Tesfamariam, S.; 2014. A review of multi-criteria decision-making methods for infrastructure management. *Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*, 10(9): 1176-1210.
- <https://doi.org/10.1080/15732479.2013.795978>  
Liu, T-K.; Sheu, H-Y.; Tseng, C-N., 2013. Environmental impact assessment of seawater desalination plant under the framework of integrated coastal management. *Desalination*, 326: 10-18.



- Development and Environment, 11: 1-13. In Persian, 1395.
- Tscheikner, G.F.; Egger, P.; Rauch, W.; Kleidorfer, M., 2017. Comparison of Multi-Criteria Decision Support Methods for Integrated Rehabilitation Prioritization. *Water*, 9(2): 1-28.  
<https://doi.org/10.3390/w9020068>
- Uddin, S., 2014. Environmental Impacts of Desalination Activities in the Persian Gulf. *International Journal of Environmental Science and Development*, 5 (2): 114-117.  
<https://doi.org/10.7763/IJESD.2014.V5.461>
- Zeleny, M., 1982. Multiple criteria decision making. New York: McGraw-Hill, 563P.
- Oceanography, 8 (30): 29-36. In Persian, 1396.  
<https://doi.org/10.29252/joc.8.30.29>
- Sepehr, M.; Fatemi, S.M.R.; Danekar, A.; Mashinchian Moradi, A., 2017a. Application of Delphi method in site selection of desalination plants. *Global Journal of Environmental Science Management*, 3(1): 89-102.
- Sepehr, M.; Danekar, A.; Fatemi, S.M.R.; Mashinchian, M.A., 2017b. Optimal locations for desalination units considering the sensitive environmental zones in coastal areas of Hormozgan province. *Remote sensing and geographic information system in natural resources*, 26: 97-114. In Persian, 1396.
- Taghavi, L.; Mohebian, M.; Saadatian, S., 2016. Investigating the effects of industrial desalinations on Persian Gulf aquatic system. *Journal of Sustainability*,