اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد فناوری غشاء

■ **مرتضی رحمانی** [*] [+]
عضو هیئت علمی پژوهشکده توسعه تکنولوژی جهاد دانشگاهی
■ **بهزاد باقری** [1]
دانشگاه علم و فرهنگ

چکیده

در حال حاضر، فناوری غشاء با هدف جداسازی ذرات یک ترکیب، از کاربردهای راهبردی، متعدد و در حال رشدی برخوردار است. هدف این مقاله، اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد فناوری غشاء به منظور کمک به پیاده سازی و بومی‌سازی آن در کشور است. بر این اساس، حوزه‌های کاربرد غشاء شامل جداسازی گازها، شیرین‌سازی آب، تولید آب فوق‌العاده خالص، فرآوری مواد لبنی، تصفیه پساب-های صنعتی و کاربردهای پزشکی غشاء انتخاب شده‌اند. با استفاده از جمع‌بندی نظرات کارشناسان فن غشاء در کشور، کلیه عوامل و معیارهای تأثیرگذار بر فرآیند تصمیم‌گیری تعیین شده و در ۴ دسته معیار اصلی، عوامل پشتیبانی، اقتصادی، راهبردی و فنی طبقه-بندی شده‌اند. به کمک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره و با بهره‌گیری از نظریات کارشناسان فن غشاء در کشور شامل پژوهشگران و اساتید دانشگاهی و مدیران مؤسسات دولتی و خصوصی مرتبط با غشاء، اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد صورت گرفته است. تحلیل نتایج حاصل از جمع‌بندی نظرات خبرگان نشان می‌دهد که "شیرین‌سازی آب" از بیشترین اولویت جهت پیاده سازی در کشور برخوردار است.

واژگان کلیدی: فناوری غشاء، حوزه‌های کاربرد غشاء، اولویت‌بندی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

---

[*] عهده دار مکاتبات

[+] Rahmanimr@jdsharif.ac.ir
[1] B.bagheri@usc.ac.ir

۱- مقدمه

فناوری غشاء از جمله فرآیندهایی است که در طی ۲ دهه اخیر توجه بسیاری از شرکت‌ها و سازمان‌ها اعم از خصوصی و دولتی را به خود جلب کرده است. مهم ترین عامل بهره‌برداری و استفاده از فناوری غشاء، قابلیت آن در کنترل نرخ نفوذ یک ذره شیمیائی در غشاء است. به عبارت بهتر، استفاده از فناوری غشاء، جداسازی ذرات یک ترکیب خاص از یکدیگر را به سهولت امکان-پذیر می‌کند. این فرآیند از طریق اجازه نفوذ دادن به برخی ذرات یک ترکیب و جلوگیری از نفوذ سایر اجزاء و ذرات عملی می‌شود [۱۸].

فناوری غشاء از کاربردهای بسیار گسترده‌ای در صنایع گوناگون برخوردار است. علاوه بر این، محصولات متعددی، از کاربردهای صنعتی آن مانند تصفیه آب و جداسازی انواع گازها گرفته تا کاربردهای غذایی و پزشکی مانند فرآوری مواد لبنی و سیستم‌های رهایش دارو در بدن با استفاده از غشاها و فرآیندهای غشائی به عمل می‌آیند. شایان ذکر است که برخی از کاربردهای مهم فناوری غشاء توسط برخی از کشورها به طور انحصاری و ابزاری مورد استفاده قرار می‌گیرند که خود نشان-دهنده میزان اهمیت این صنعت راهبردی است. در ضمن، این فناوری که در تهیه و تولید محصولات بسیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد حجم قابل توجهی از سرمایه شرکت‌ها و سازمان‌های درگیر آن را به خود اختصاص داده و کاربردهای آن در صنایع گوناگون رو به گسترش می‌باشد، لذا توجه جدی به توسعه این فناوری و بومی‌سازی آن در کشور مهم و راهبردی ارزیابی می-شود.

هدف این مقاله، شناسایی حوزه‌های عمده کاربرد فناوری غشاء و اولویت‌بندی هر یک از آنها در جهت پیاده‌سازی و بومی-سازی آن در کشور است. در این راستا، در بخش ۲، به اجمال، به معرفی فناوری غشاء و حوزه‌های کاربرد آن پرداخته شده است. سپس، در بخش سوم این مقاله عوامل و معیارهای تأثیرگذار در اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد غشاء مورد بررسی قرار گرفته و در بخش چهارم، منطق مورد استفاده در فرآیند اولویت‌بندی حوزه-های کاربرد غشاء و در بخش ۵، ساختار و روش تحقیق مورد استفاده در مقاله ارائه گردیده است.

۲- فناوری غشاء

به کارگیری و استفاده از فناوری غشاء و فرآیندهای مربوط به آن که در قرون نوزده و بیست میلادی محدود به آزمایشگاه‌ها بود، با آغاز جنگ جهانی دوم، شکل دیگری به خود می‌یابد. این دوره که مصادف با بحرانی شدن وضع آب آشامیدنی و نیاز سریع به فیلترهایی برای سنجش سلامت آب بود، غشاها، اولین نقش کلیدی خود را به دست آوردند. اما گسترش حوزه کاربرد فناوری غشاء در دیگر محصولات و تجاری‌سازی آن، همچنان با دشواری-هایی روبرو بود. فرآیندهای جداسازی غشایی غیرقابل اطمینان، کند و بسیار گران بودند. به علاوه، کاربرد آنها تنها به تصفیه آب منحصر شده بود [۱].

تلاش‌ها و پژوهش‌های بسیاری در طول مدت نیم قرن بعد از جنگ جهانی دوم بر روی فناوری غشاء انجام شد. هدف اصلی محققان و صنعت‌گران نیز در جهت برطرف کردن و کنترل نقایص ذکر شده در این فناوری استوار بود. در نتیجه این کوشش‌ها، فرآیندهای غشایی بسیاری که هر یک از دانش پیچیده و منحصر به فردی بهره می‌گیرد توسعه داده شد.

توسعه انواع فناوری‌های غشایی سبب شده است که این فناوری، حوزه‌های کاربرد مختلفی را در طیف وسیعی از محصولات تحت پوشش خود قرار دهد. از جمله آنها می‌توان به فرآیند نمک زدائی از آب شور و یا آب دریا در حجم بالا که به تصفیه آب نیز معروف است نام برد [۱۲ و ۱۳]. تصفیه پساب‌های صنعتی و تولید آب فوق‌العاده خالص نیز از دیگر کاربردهای عمده غشاء به شمار می‌آید [۱۶]. تصفیه پساب‌های صنعتی نقش به سزائی در پاک‌سازی محیط زیست داشته و از جمله رویکردهای کشورهای مختلف به صنعت و علی‌الخصوص شهرک-های صنعتی به شمار می‌آید. آب فوق العاده خالص نیز کاربردهای متنوعی در مصارف گوناگون صنعتی و تحقیقاتی از قبیل مصارف الکترونیکی، داروئی- درمانی و صنایع نیروگاهی دارد. از دیگر کاربردهای عمده غشاء می‌توان به مصارف لبنی آن اشاره نمود [۲]. فناوری غشاء به طور گسترده در فرآوری مواد لبنی و علی‌الخصوص تولید پنیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. به کارگیری تکنولوژی غشاء در تولید پنیر، با هدف افزایش نسبت پروتئین‌ها و دیگر املاح مغذی شیر و کاهش املاح زائد در آب پنیرانجام می‌شود. از دیگر کاربردهای غذایی غشاء با حجم مصرف پایین‌تر می‌توان به فرآوری آب میوه و ماءالشعیر اشاره نمود [۲].

فرآیندهای غشایی مربوط به جداسازی صنعتی گازها نیز از جمله کاربردهای گسترده فناوری غشاء به شمار می‌آید. اکثر شرکت‌های درگیر در فعالیت‌های گازی از غشاء برای جداسازی نیتروژن و یا هیدروژن از هوا و جداسازی دی‌اکسید کربن از گاز طبیعی استفاده می‌کنند. هیدروژن زدائی الکل، جداسازی بخارها و غنی‌سازی اکسیژن دیگر حوزه‌های کاربرد کم اهمیت‌تر فناوری

غشاء را تشکیل می‌دهند [۸]. علاوه بر این فناوری غشاء در فعالیت‌های پزشکی نیز کاربرد بسیاری دارد. کلیه‌ها و ریه‌های مصنوعی، سیستم‌های پخش و انتشار کنترل شده دارو در بدن و اکسیژن دهنده‌های خون غشایی که در جراحی باز قلب مورد استفاده قرار می‌گیرد به عنوان یک شیوه متداول برای نجات جان بیماران درآمده است [۱۱].

هدف این مقاله، ارزیابی و اولویت‌بندی حوزه‌های عمده کاربرد غشاء در جهت پیاده‌سازی و بومی نمودن آن در کشور است. به همین منظور در مقاله حاضر، حوزه‌های کاربرد غشاء در ۶ دسته کلی زیر طبقه‌بندی شده‌اند:

۱) تصفیه آب (شیرین‌سازی)،
۲) تصفیه پساب‌های صنعتی،
۳) حوزه کاربرد در فرآورده‌های لبنی،
۴) تولید آب فوق‌العاده خالص،
۵) جداسازی گازها،
۶) کاربردهای پزشکی.

۳- تعیین معیارهای اولویت‌بندی

معیارها و شاخص‌های گوناگونی در ارزیابی و اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد غشاء مؤثر می‌باشند. در این مقاله، از روش دلفی برای شناسایی عوامل و معیارهای تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری استفاده شده است. هدف از روش دلفی، جمع‌بندی و تحلیل نتایج کارشناسی افراد متخصص در حوزه غشاء در مورد معیار-های اولویت‌بندی است. بر این اساس، کارشناسان تا رسیدن به یک توافق دو طرفه به مبادله اطلاعات، تجارب، نظریات و تخصص خود می‌پردازند [۷ و ۹]. در این مقاله، از روش دلفی به صورت زیر استفاده شده است:

(۱) انتخاب کارشناسان؛
(۲) اجرای اولین دور نظر خواهی؛
(۳) اجرای دور دوم نظر خواهی؛
(۴) جمع‌بندی و تلفیق نظرات کارشناسان جهت دست‌یابی به توافق.

با توجه به پیچیدگی موجود در انتخاب حوزه کاربرد غشای مناسب برای کشور و تعدد عوامل تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری، مسئله به چهار سطح سلسله مراتبی تجزیه شده است. سطح اول در برگیرنده هدف طرح، یعنی تعیین اولویت‌های حوزه‌های کاربرد غشاء و سطح دوم معیارهای اصلی مؤثر بر تصمیم‌گیری شامل A- پشتیبانی، B- اقتصادی، C- راهبردی و D- فنی را در بر می‌گیرد. سطح سوم شامل زیرمعیارهای مؤثر بر هر یک از معیارهای اصلی سطح دوم است که به تفصیل در جداول ۱ و ۲ ارائه و تشریح شده‌اند. در سطح چهارم حوزه‌های کاربرد غشاء شامل تصفیه آب، تصفیه پساب‌های صنعتی، تولید لبنیات، تولید آب فوق‌العاده خالص، جداسازی گازها و کاربردهای پزشکی قرار گرفته‌اند. عوامل دیگری نیز در فرآیند تصمیم‌گیری دخیل هستند که به علت اهمیت ناچیز آنها، در این مقاله، از بررسی آنها صرف نظر شده است.

جدول ۱- معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در فرایند اولویت‌بندی حوزه‌های تمرکز غشاء

سطح ۱ : هدف	سطح۲: معیارهای اصلی	سطح ۳ : زیرمعیارهای مرتبط
اولویت‌بندی حوزه‌های تمرکز غشاء با هدف پیاده سازی در کشور	A. عوامل پشتیبانی	A_1. نیروی متخصص استقرار غشاء A_2. توان راهبری غشاء A_3. زمان لازم برای استقرار غشاء A_4. اثرگذاری تحریم‌ها
	B. عوامل اقتصادی	B_1. حجم سرمایه مورد نیاز B_2. توان درآمدزائی غشاء B_3. تنوع مصرف B_4. هزینه عدم استفاده از غشاء
	C. عوامل راهبردی	C_1. وابستگی به غشاء C_2. نیاز فعلی کشور به غشاء C_3. امکان تامین غشاء C_2. نیاز آینده کشور به غشاء
	D. عوامل فنی	D_1. سهولت پیاده سازی D_2. پیچیدگی عملکرد D_3. تعمیرات و نگهداری غشاء

جدول ۲- شرح زیرمعیارهای مربوط به معیارهای اصلی مؤثر در اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد غشاء

معیار	زیرمعیارها	شرح
A_1	نیروی انسانی متخصص	آیا امکان بهره‌مندی از نیروی انسانی متخصص به منظور پیاده‌سازی غشاء وجود دارد؟
A_2	توان راهبری غشاء	تا چه حدی نیروهای فنی آمادگی لازم را برای راهبری غشاء دارا هستند؟
A_3	زمان لازم برای استقرار غشاء	آیا امکان راه‌اندازی غشاء در زمان لازم میسر است؟
A_4	اثرگذاری تحریم‌ها	آیا تحریم‌های اقتصادی کشور در پیاده‌سازی غشاء تأثیرگذار است؟
B_1	توان خرید غشاء	هزینه لازم برای تهیه تجهیزات لازم غشائی به چه اندازه‌ای است؟
B_2	درآمدزائی	حجم درآمدهای حاصل از اجرای طرح به چه میزان خواهد بود ؟
B_3	تنوع مصرف	آیا غشاء مورد نظر تنوع کاربرد دارد ؟
B_4	هزینه عدم استفاده از غشاء	زیان مالی ناشی از عدم استفاده، تا چه اندازه‌ای است؟
C_1	وابستگی	وابستگی کشور به فرایند غشائی مورد بحث تا چه اندازه‌ای است؟
C_2	نیاز فعلی کشور	نیاز کشور به فرایند غشائی مورد بحث به چه میزان است ؟
C_3	امکان تأمین غشاء	آیا امکان خرید غشاء از جنبه سیاسی برای کشور ممکن است؟
C_4	نیاز آینده کشور به غشاء	نیاز کشور به فرایند غشائی در آینده تا چه اندازه‌ای است؟
D_1	سهولت پیاده‌سازی	آیا امکان فراهم آوردن ابزار، تجهیزات و شرایط لازم وجود دارد؟
D_2	پیچیدگی عملکرد	میزان پیچیدگی عوامل مؤثر بر اجرای طرح تا چه میزان است؟
D_4	تعمیرات و نگهداری	آیا تعمیرات، نگهداری و شستشوی غشاء به سادگی امکان‌پذیر است؟

۴- منطق اولویت‌بندی

در جوامع ابتدایی, انسان‌ها برای تصمیم‌گیری با گزینه‌های ساده مواجه بودند ولی در جوامع توسعه‌یافته، به دلیل پیشرفت علوم و فناوری، علاوه بر گسترش و تنوع گزینه‌ها، تصمیم‌گیری تبدیل به فرآیندی پیچیده شده است. از سوی دیگر، وجود محدودیت در منابع دردست و نیاز به کارآمدی تصمیم پیش‌رو و لزوم توجه به معیارها و شاخص‌هایی که فرآیند تصمیم‌گیری را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند بر حساسیت فرایند تصمیم‌گیری افزوده است. لذا بهره‌گیری از مدل‌ها و روش‌های علمی تصمیم-گیری و پیاده‌سازی مبانی فرآیند تصمیم که امروزه به عنوان یکی از مباحث تخصصی در مجامع علمی و دانشگاه‌ها مطرح است لازم و ضروری به نظر می‌رسد [۱۷].

به منظور حداقل نمودن خطای تصمیم‌گیری, روش‌های تصمیم‌گیری مختلفی طراحی شده‌اند که برخی از آنها به حل مسائل تک‌معیاره و برخی دیگر برای حل مسائل با معیارهای چندگانه اشاره دارند [۵]. روش‌های حل مسایل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، تصمیم‌گیران را در اخذ تصمیماتی که منجر به انتخاب یک گزینه از بین چند گزینه موجود می‌شود یاری می‌کنند. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[۲] و روش تاپسیس[۳] از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیار-های چندگانه بوده و امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله فراهم می‌نماید [۳، ۴ و ۶].

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، در دهه ۱۹۷۰ میلادی توسط توماس ساعتی به منظور برنامه‌ریزی در مسائل نظامی ابداع شد [۱۴ و ۱۵]. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به تصمیم-گیران امکان می‌دهد تا یک مسئله پیچیده را در قالب یک ساختار سلسله مراتبی متکی بر روابط بین هدف، معیارها، زیر-

[2] AHP
[3] TOPSIS

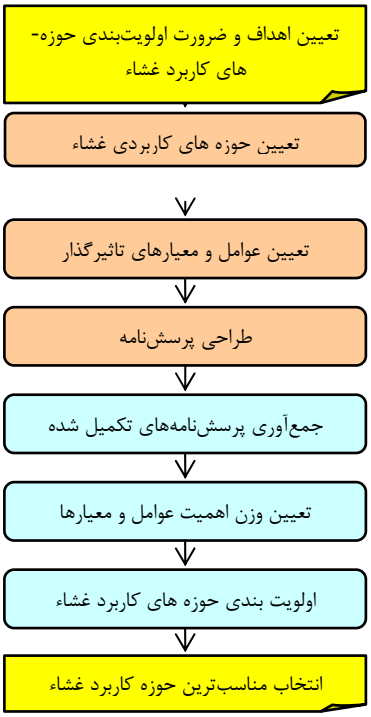
معیارها و گزینه‌ها مدل‌سازی نمایند. در مقاله حاضر از این روش به منظور تعیین وزن اهمیت کلیه معیارها و زیرمعیارهای مسئله استفاده شده است. همچنین از روش تاپسیس برای به دست آوردن میزان اولویت هریک از گزینه‌ها استفاده شده است. روش تاپسیس که توسط هوانگ و یونگ (۱۹۸۱) ابداع شده است، روش بسیار مناسبی برای اولویت‌بندی بر اساس میزان نزدیکی به گزینه ایده‌آل است [۱۰]. به‌عبارت دیگر، اساس این روش بر این اصل مبتنی است که گزینه نهائی انتخاب شده باید کم‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل مثبت و بیش‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل منفی داشته باشد.

۵- روش تحقیق

فناوری غشاء که به عنوان یکی از فناوری‌های پیچیده و راهبردی دنیای کنونی به شمار می‌آید، کاربردهای متنوعی را از تصفیه آب و جداسازی انواع گازها گرفته تا کاربردهای غذایی و پزشکی آن در بر می‌گیرد. پیاده‌سازی هریک از این کاربردها مستلزم صرف هزینه و زمان بسیار است. طرح اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد غشاء با هدف شناسایی حوزه‌های کاربرد غشاء، اولویت‌بندی و انتخاب مناسب‌ترین آنها جهت پیاده‌سازی در کشور توسط پژوهشکده توسعه تکنولوژی تعریف شده است. فرآیند انتخاب مناسب‌ترین حوزه کاربرد غشاء در شکل ۱ ارائه شده است.

با توجه به اهداف و ضرورت‌های پیش‌رو، حوزه‌های عمده کاربرد غشاء با مشورت تعدادی از کارشناسان این فن در کشور و مطالعه منابع معتبر علمی شناسایی شد. لازم به ذکر است که فناوری غشاء کاربردهای دیگری را نیز در بر می‌گیرد اما با توجه به میزان اهمیت و کاربرد ناچیز آنها از محدوده تحقیق کنار گذاشته شده‌اند. به همین منوال، عوامل و معیارهای تأثیرگذار در اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد غشاء در چهار سطح تعیین شده‌اند. جمع‌بندی نتایج حاصل از این اقدامات در بخش‌های ۲ و ۳ این مقاله ارائه شده است.

به منظور ارتقای سطح کیفی تحقیق، نظرات ۳۰ تن از کارشناسان مطرح کشور در حوزه غشاء مورد بهره‌برداری قرار گرفت. در این راستا، پرسش‌نامه‌ای مطابق با جدول ۳ تهیه گردید تا نظرات این کارشناسان در چارچوب ارائه شده در این مقاله تنظیم شود. لازم به ذکر است که پرسش‌نامه ارائه شده در جدول ۳ در چندین مرحله توسط مشاوران مختلف مورد بازبینی و بازنگری قرار گرفته و نسخه نهائی آن در این مقاله ارائه شده است.



شکل ۱- فرآیند اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد غشاء

در مرحله بعد، پرسش‌نامه‌های تکمیل شده توسط کارشناسان مختلف گردآوری شد. شایان ذکر است که انتخاب این افراد بر اساس تجارب و کارکردهای آنها در زمینه‌های گوناگون شامل حوزه‌های مدیریتی, علمی و صنعتی صورت گرفته است. این کارشناسان از مراکز گوناگونی مانند دانشگاه‌های علم و صنعت، صنعتی امیر کبیر، تربیت مدرس، فردوسی مشهد، صنعتی اصفهان، سهند تبریز، بین‌المللی امام خمینی، امام حسین، شرکت فن نیرو، جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، دانشگاه تهران، پژوهشکده صنعت نفت، پژوهشکده گاز، پتروشیمی فجر، پتروشیمی جم، دفتر همکاری‌های فناوری و غیره انتخاب شده‌اند. در انتها، با جمع‌بندی نظرات حاصل از پرسش‌نامه‌ها بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی و روش تاپسیس، حوزه‌های کاربرد فناوری غشاء اولویت‌بندی شد.

۶- نتیجه‌گیری

اولویت‌بندی حوزه‌های کاربردی غشاء، ۶ حوزه کاربرد و ۴ معیار اصلی و هرکدام چندین زیرمعیار را در بر می‌گیرد. در تحقیق حاضر، ابتدا بر اساس میانگین حسابی نظرات کارشناسان, معیارها با یکدیگر مقایسه شده و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، وزن آنها تعیین گردیده است. بر اساس نتایج حاصل از جمع‌بندی پرسش‌نامه‌ها، عوامل اقتصادی بیشترین اولویت را در بین کلیه معیارهای اصلی کسب نمود و عوامل

راهبردی و پشتیبانی نیز به ترتیب در مراتب بعدی قرار گرفتند. عوامل فنی نیز کمترین میزان اهمیت را به خود اختصاص داده است.

در بین زیرمعیارهای عوامل پشتیبانی, نیروی متخصص استقرار غشاء بیشترین میزان اولویت و اثرگذاری تحریم‌ها, کم‌ترین میزان ارجحیت را کسب کرده‌اند. لازم به ذکر است که به عقیده متخصصین فن غشاء، اثرگذاری تحریم‌ها, تأثیر اندکی بر روند اجرایی پروژه خواهد داشت. علاوه بر این، میزان سرمایه درگیر به عنوان مهم‌ترین زیرمعیار عوامل اقتصادی قلمداد می‌شود و به دنبال آن توان درآمدزائی، تنوع مصرف و هزینه عدم استفاده از غشاء قرار می‌گیرند. در بین زیرمعیارهای عوامل راهبردی، وابستگی کشور به غشاء بیشترین میزان ارجحیت و امکان تأمین غشاء، کمترین میزان ارجحیت را کسب کرده‌اند. در مجموعه زیرمعیارهای مربوط به عوامل فنی نیز پیچیدگی عملکرد بیشترین میزان اولویت را دارا بوده و سهولت پیاده‌سازی و تعمیرات و نگهداری غشاء در رتبه‌های بعدی جای می‌گیرند.

در بین حوزه‌های کاربرد غشاء تصفیه آب به عنوان مناسب‌ترین حوزه کاربرد جهت پیاده‌سازی در کشور، بیشترین اولویت را کسب کرد. در رده‌های بعدی به ترتیب تصفیه پساب‌ها، حوزه مواد لبنی، کاربردهای پزشکی، جداسازی گازها و در انتها تولید آب فوق‌العاده خالص قرار گرفت. به عبارت دیگر، میزان اولویت هر یک از حوزه‌ها به صورت ذیل می‌باشد:

آب فوق العاده خالص < جداسازی گازها < پزشکی < مواد لبنی < تصفیه پساب‌ها < تصفیه آب

جدول ۳- پرسش نامه اولویت‌بندی حوزه‌های کاربرد غشاء

پرسش‌نامه اولویت‌بندی حوزه‌های تمرکز فناوری غشاء

به نظر شما هریک از عوامل و معیارهای مطرح در جدول زیر، نسبت به یکدیگر، تا چه اندازه‌ای در اولویت بندی حوزه‌های کاربرد غشاء مهم هستند؟ (خواهشمند است میزان اهمیت یا اولویت مدنظر خود را به صورت عددی بین (۱۰ و ۰) بیان نمائید)

حوزه‌های کاربرد غشاء	عوامل پشتیبانی	عوامل اقتصادی	عوامل راهبردی	عوامل فنی
میزان اهمیت (اولویت)				
عوامل پشتیبانی	نیروی انسانی	توان راهبری	مدت زمان	تأثیر تحریم‌ها
میزان اهمیت (اولویت)				
عوامل اقتصادی	توان خرید	درآمد زائی	تنوع مصرف	عدم استفاده
میزان اهمیت (اولویت)				
عوامل راهبردی	میزان وابستگی	نیاز فعلی کشور	امکان تامین غشاء	نیاز آینده کشور
میزان اهمیت (اولویت)				
عوامل فنی	سهولت پیاده‌سازی	پیچیدگی عملکرد	تعمیرات و نگهداری	-
میزان اهمیت (اولویت)				-

به نظر شما هریک از حوزه‌های کاربرد غشاء از نظر معیارهای مطرح در جدول زیر تا چه اندازه‌ای مهم است ؟ (خواهشمند است از گزینه‌های *عالی*، *خوب*، *نسبتا خوب*، *متوسط*، *نسبتا ضعیف*، *ضعیف* و *خیلی ضعیف* جهت پاسخ استفاده نمائید)

زیرمعیارهای تاثیرگذار / حوزه‌های *تمرکز*	نیروی انسانی متخصص	توان راهبری غشاء	زمان لازم استقرار غشاء	اثرگذاری تحریم‌ها	توان خرید غشاء	درآمد زائی	تنوع مصرف	هزینه عدم استفاده غشاء	وابستگی	نیاز فعلی کشور	امکانات تأمین غشاء	نیاز آینده کشور به غشاء	سهولت پیاده‌سازی	پیچیدگی عملکرد	تعمیرات و نگهداری
شیرین‌سازی آب															
پساب‌های صنعتی															
فرآوری مواد لبنی															
آب فوق‌العاده خالص															
جداسازی گازها															
حوزه پزشکی															
ملاحظات:															

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۲۱ و تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۲۰

فهرست منابع

[1] Baker R.W.; *Membrane technology and applications*, 2nd Edition, John Wiley and Sons, 2004.

[2] Breslau B.R.; Larsen P.H.; Milnes B.A.; Waugh S.L.; *"The Application of Ultrafiltration Technology in the Food Processing Industry"*, The Sixth Annual Membrane Technology/Planning Conference, Cambridge, 1998.

[3] Buyukozkan G.; Feyzioglu O.; Nobel E.; *"Selection of the strategic alliance partner in logistics value chain"*, International Journal of Production Economics 113, p.p. 148–158, 2008.

[4] Byun H.S.; Lee K.H.; *"A decision support system for the selection of a rapid prototyping process using the modified TOPSIS method"*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 26, p.p. 1338–1347, 2005.

[5] Chen S.J.; Hwang C.L.; *Fuzzy multiple attribute decision making: Methods and applications*, Springer, Berlin, 1992.

[6] Cheng C.H.; Yang K.L.; Hwang C.L.; *"Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weighs"*, European Journal of Operational Research 116, p.p. 423–435, 1999.

[7] Gumus A.T.; *"Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology"*, Expert Systems with Applications 36, p.p. 4067-4074, 2008.

[8] Henis J.M.S.; Tripodi M.K.; *"A novel approach to gas separation using composite hollow fiber membranes"*, Seperation Science & Technology 15, p.p. 1059-1076, 1980.

[9] Hartman A.; *"Reaching consensus using the Delphi technique"*, Educational Leadership 38, p.p. 495-497, 1981.

[10] Hwang CL; Yoon K; *Multiple attributes decision making methods and applications*, Springer, Berlin, 1981.

[11] Kolf W.J.; Berk H.T.; *"The artificial kidney: A dialyzer with great area"*, Acta Medica Scandinavica 117, p.p. 121–127, 1944.

[12] Loeb S.; Sourirajan S.; *Sea water demineralization by means of an osmotic membrane, in Saline Water Conversion–II*, Advances in Chemistry Series Number 28, American Chemical Society, Washington, DC, pp117–132, 1963.

[13] Madaeni S.S; *"The application of membrane technology for water disinfection"*, Water Research 33, p.p. 301–308, 1999.

[14] Saaty T.L; *The analytic Hierarchy Process (McGraw–Hill)*, NY, 1980.

[15] Saaty T.L.; *Multicriteria decision-making: The Analytic Hierarchy Process (RWS PWS)*, Pittsburgh, 1990.

[16] Williams M.E.; Bhattacharyya D.; Ray R.J.; McCray S.B.; *Selected applications of Reverse Osmosis, in Membrane Handbook* (Ho W.S.W., Sirkar K.K. (eds)), VanNostrand Reinhold, New York, p.p. 312–354, 1992.

[۱۷] رحمانی، مرتضی؛ **فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و کاربردهای آن**، پژوهشکده توسعه تکنولوژی، کد طرح: ۱۰-۱۰۶۴، ۱۳۸۴.

[۱۸] سیاوش، مداینی، رحیم‌پور، احمد؛ **فرآیندهای غشایی صنعتی**، انتشارات چشمه هنر، چاپ اول، ۱۳۸۵.