

## فناوری نانو و اولویتهای آن در صنایع بالادستی نفت ایران

### Nanotechnology Applications and its priorities in Upstream Oil Industries of Iran

منصوره عبدی<sup>۱</sup>، محمدرضا امین ناصری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور

<sup>۲</sup> دانشیار مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس

#### چکیده

بکارگیری فناوری نانو در صنعت نفت جهان در دهه گذشته و با گسترش زمینه‌های کاربردی این فناوری توسعه قابل توجهی یافته است. بهبود و تسریع در اکتشاف مخازن جدید نفت و حفاری بهتر چاه‌ها، ارتقا مدیریت مخازن و بهینه‌سازی عملیات تجهیزات بالادستی، سرمایه‌گذاری شرکت‌های بزرگ نفتی در این حوزه را متحول ساخته است. در این بین هزینه پروژه‌های تحقیقاتی و اجرایی در زمینه فناوری نانو بسیار قابل توجه می‌باشد و تعیین اولویت برای سرمایه‌گذاری در این زمینه اهمیت فراوان دارد. لذا در این مقاله کاربردهای فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت و اولویتهای آن در ایران مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور، پس از شناسایی زمینه‌های کاربرد بالقوه فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت، AHP جهت تعیین اولویت‌ها انتخاب و معیارهای اولویت‌دهی، بر اساس نظرات کارشناسان صنایع بالادستی نفت و بر پایه مرور معیارهای تصمیم‌گیری بررسی شده در ادبیات تصمیم‌گیری و پروژه‌های مشابه در داخل کشور، مشخص شدند. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice، اولویتهای کاربرد فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت ایران به ترتیب به صورت نانوذرات، نانوکامپوزیت، نانوسنسور و نانوپوشش شناسایی شدند.

کلیدواژه‌ها: فناوری نانو، اولویت‌دهی، صنایع بالادستی نفت، AHP، ایران

#### Priority setting the Nanotechnology Applications for Upstream Oil Industries of Iran

#### Abstract

Using nanotechnology in the worlds' petroleum industry in the last decade was considerable. Improve extracting of new petroleum vessels, managing the vessels and utilizing upstream instruments are kinds of

nanotechnology results. Research and executive projects' cost in high technologies is considerable. Also, there are many applications of nanotechnology in all of industries and determining the priorities of nanotechnology in these industries is very important for Iran government to fund and utilize on nanotechnology. In this paper, nanotechnology applications in upstream oil industries were identified by survey research. And the literature about prioritizing methods was reviewed and AHP was selected for recognizing the priorities of applications. Also, priority criteria were taken from similar case studies in Iran and other countries. Iranian experts of upstream oil industries evaluated these criteria and modified them by considering the Iran's conditions. Then criteria and applications were weighed by experts. Finally the priorities of nanotechnology by using 'Expert Choice' software were found: nanoparticles, nanocomposite, nanosensor and nanocoating .

Keywords: Nanotechnology, Prioritizing, Upstream oil industry, AHP, Iran

## ۱- مقدمه

دولت ها در راستای اهداف خود برای توسعه تکنولوژیکی انواع مختلفی از سیاست ها را مورد استفاده قرار می دهند. به طور خلاصه این سیاست ها را می توان به دو دسته کلی تقسیم نمود [۱]:

الف) سیاست های کارکردی یا اشاعه گرا، که هدف آنها افزایش ظرفیت نوآوری و بهبود کلی قابلیت های تکنولوژیکی است.

ب) سیاست های هدفمند یا مأموریت گرا، که از توسعه تکنولوژیکی خاص یا بخش های خاصی از سنت حمایت می کند.

اتخاذ سیاست های نوع دوم معمولاً بر این استدلال استوارند که با توجه به محدودیت منابع دولت گزینش در میان فناوری ها یا بخش های صنعتی مختلف امری اجتناب ناپذیر است.

امروزه محققین معتقدند که سیاست های کارا شامل مجموعه ای از هر دو نوع سیاست های مذکور هستند.

اولین سؤالی که معمولاً پس از پذیرش سیاست های گزینشی مطرح می شود نحوه تعیین اولویت ها است. از آنجا که تعیین اولویت به معنی انتخاب آگاهانه بین فعالیت ها و ترجیح دادن فعالیت های مهم تر به فعالیت های کم اهمیت تر می باشد تعریف معیارهای «اهمیت» از پایه ای ترین مباحث در این حوزه است. «اهمیت» می تواند شامل اهمیت اقتصادی، اهمیت اجتماعی و یا اهمیت دفاعی باشد.

جنبه مهم دیگر در اولویت بندی، "شدنی بودن" اولویت های مختلف است. (به دو معنی: یکی توان بخش R&D

در تولید فناوری مورد نظر و دوم توان جذب و کاربرد فناوری حائز اولویت در بخش مورد نظر)

در خصوص فناوری های نوین، اتخاذ تصمیمات متناسب با شرایط داخلی و در نظر گرفتن ملاحظات بین المللی، زمینه را جهت بهره برداری هرچه بیشتر از موقعیت های به وجود آمده و کسب مزیت رقابتی در سطح بین الملل مساعد می سازد. متأسفانه این مهم طی سال های گذشته چندان مورد توجه قرار نگرفته و اثرات سوء آن، در زمان حاضر و حتی در آینده، دامنگیر صنایع مرتبط با فناوری مورد نظر خواهد بود.

در جهان صنعتی امروز، فناوری نانو به عنوان یکی از فناوری‌های نوظهور و راهبردی مطرح است و در ایران نیز برنامه ملی مربوطه، حضور در بین ۱۵ کشور برتر در فناوری نانو تا سال ۲۰۱۵ را هدف قرار داده است. از آنجا که هزینه پروژه‌های تحقیقاتی و اجرایی در زمینه فناوری‌های نوین بسیار قابل توجه می‌باشد و همچنین به دلیل تعدد شاخه‌های فناوری نانو، تعیین اولویت برای سرمایه‌گذاری در این زمینه اهمیت فراوان دارد. از سوی دیگر، صنعت نفت و به ویژه بخش بالادستی آن به عنوان یک صنعت استراتژیک برای ایران مطرح است و برای کاربردهای علمی و تحقیقاتی فناوری نانو در این صنعت افق روشنی پیش‌بینی می‌شود. بنابراین موضوع این تحقیق به یافتن اولویت‌های کاربرد فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت اختصاص یافته است.

## ۲- انتخاب روش و شاخص‌های اولویت‌یابی

در بررسی ادبیات تصمیم‌گیری چند معیاره مشخص شده است که تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در تعیین اولویت‌ها در خصوص فناوری‌ها و زمینه‌های کاربردی آنها بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله می‌توان به بهره‌گیری از AHP در پروژه‌های علمی، تحقیقاتی و مطالعات موردی ذکر شده در مراجع [۶-۲] اشاره نمود که به طور ویژه به تکنیک‌های کاربرد AHP در تصمیم‌گیری پرداخته‌اند. این تکنیک‌ها راه‌حلی را برای مسائلی که با موضوعات متضاد و چندگانه سروکار دارند، ارائه می‌دهند. با بررسی بیش از ۹۰ مقاله منتشر شده، تحلیل کارایی روش‌های گوناگون در مرجع [۵] مورد بحث قرار گرفته است و با دسته‌بندی زمینه‌های کاربردی و سال بکارگیری هر تکنیک، روندها مشخص شده است. پس از بررسی ادبیات AHP در تصمیم‌گیری، مشخص شد که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از پرکاربردترین تکنیک‌ها است که در این مقاله هم از روش مزبور استفاده شده است.

البته انتخاب روش AHP جهت اولویت‌دهی زمینه‌های کاربردی فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت علاوه بر موارد فوق، با در نظر گرفتن ملاحظات دیگری نیز همراه بوده است که عبارتند از:

- بیشتر کارشناسان با معیارهای تصمیم‌گیری نسبت به گزینه‌ها آشنایی دارند؛

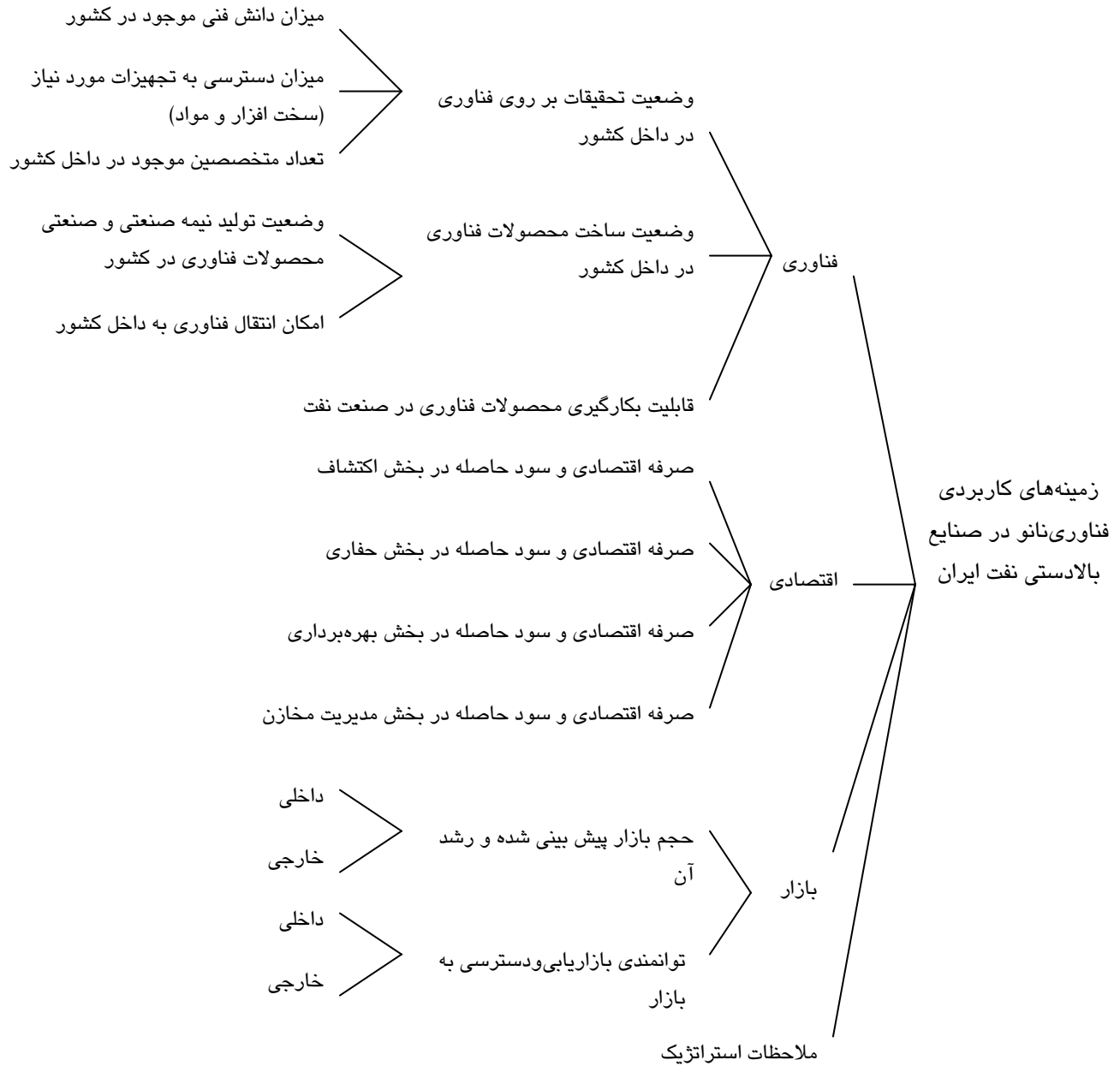
- در این روش میتوان تعامل خوبی با کارشناسان داشت و تصمیمگیری را به صورت گروهی انجام داد؛

- نرم افزارهای حرفه ای این روش تصمیمگیری را پشتیبانی کرده و امکان تحلیل نتایج به صورت جامع را فراهم نموده اند؛

- تجربیات فراوانی در استفاده از این روش در دنیا و کشور وجود دارد؛

- سهولت کاربرد این روش به همراه در نظر گرفتن نرخ سازگاری، احتمال خطا را کاهش و امکان پذیری پیاده سازی را افزایش می دهد.

معیارهای اولیه اولویت یابی با بررسی مقالات متعددی که از روش AHP در تعیین اولویت های فناوری در صنایع مختلف استفاده نموده اند [۱۰-۲] و معیارهای زیرشاخه ها با بررسی پروژه های تحقیقاتی داخل کشور که روش های تصمیم گیری چند معیاره را بکار برده اند [۱۱ و ۱۲] مشخص شدند. ملاحظات مربوط به صنایع بالادستی نفت نیز در مشخص کردن معیارهای اولیه لحاظ شده اند. معیارهای پیشنهادی شامل معیارهای شاخه اصلی (معیارهای کلان) و زیرشاخه ها، جهت ارزیابی به ۳۰ تن از کارشناسان و مدیران صنایع بالادستی نفت به صورت مصاحبه حضوری ارائه و پس از بحث و بررسی نظرات کارشناسان، معیارهای نهایی در خصوص ایران به شرح ذیل مشخص شدند (شکل ۱).

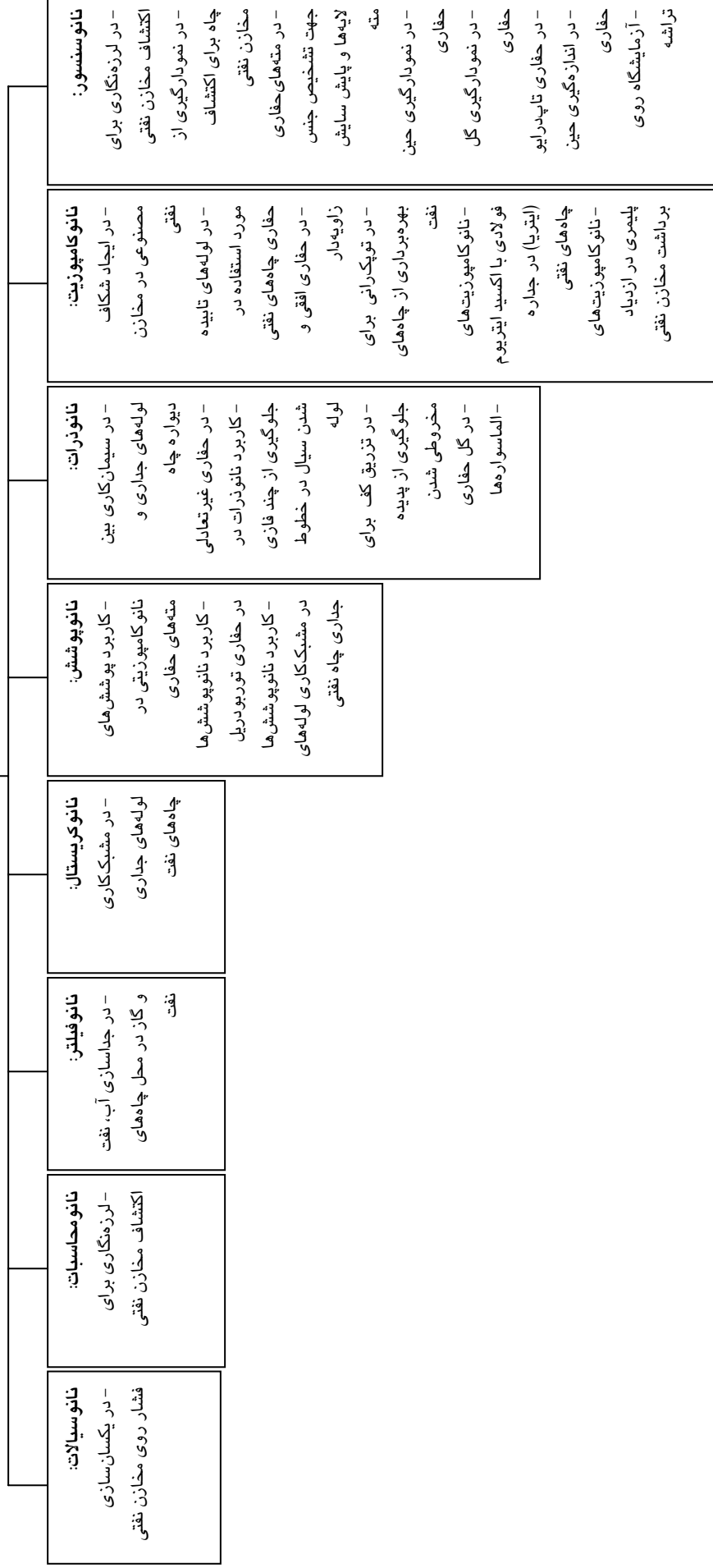


شکل ۱. درخت نهایی معیارهای تصمیم‌گیری در تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت در ایران

### ۳- زمینه‌های کاربردی فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت

مجموعه عملیاتی که از اکتشاف تا قبل از پالایشگاه در زمینه تولید و استخراج نفت انجام می‌گیرد، صنایع بالادستی گفته می‌شود که در این مقاله در ۸ دسته کلی شناسایی شده‌اند. این دسته‌ها عبارتند از نانوذرات با ۶ زمینه کاربردی، نانوسنسورها با ۸ زمینه کاربردی، نانوکامپوزیت‌ها با ۶ زمینه کاربردی، نانوپوشش‌ها با ۳ زمینه کاربردی، نانوکریستال، نانوفیلتر، نانومحاسبات و نانوسیالات. همچنین در خصوص کاربردهای فناوری نانو در دیگر بخش‌های صنعت نفت از بین دسته‌های فوق، نانوکامپوزیت (با ۲ زمینه کاربردی)، نانوذرات (با ۴ زمینه کاربردی)، نانوپوشش (با ۶ زمینه کاربردی)، نانوفیلتر (با ۳ زمینه کاربردی) و نانوسنسور در بخش پالایش نفت و نانوکامپوزیت (با ۱۰ زمینه کاربردی)، نانوذرات (با ۵ زمینه کاربردی) و نانوفیلتر نیز در بخش پتروشیمی نفت کاربرد دارند.

### کاربرد فناوری نانو در صنایع بالادستی

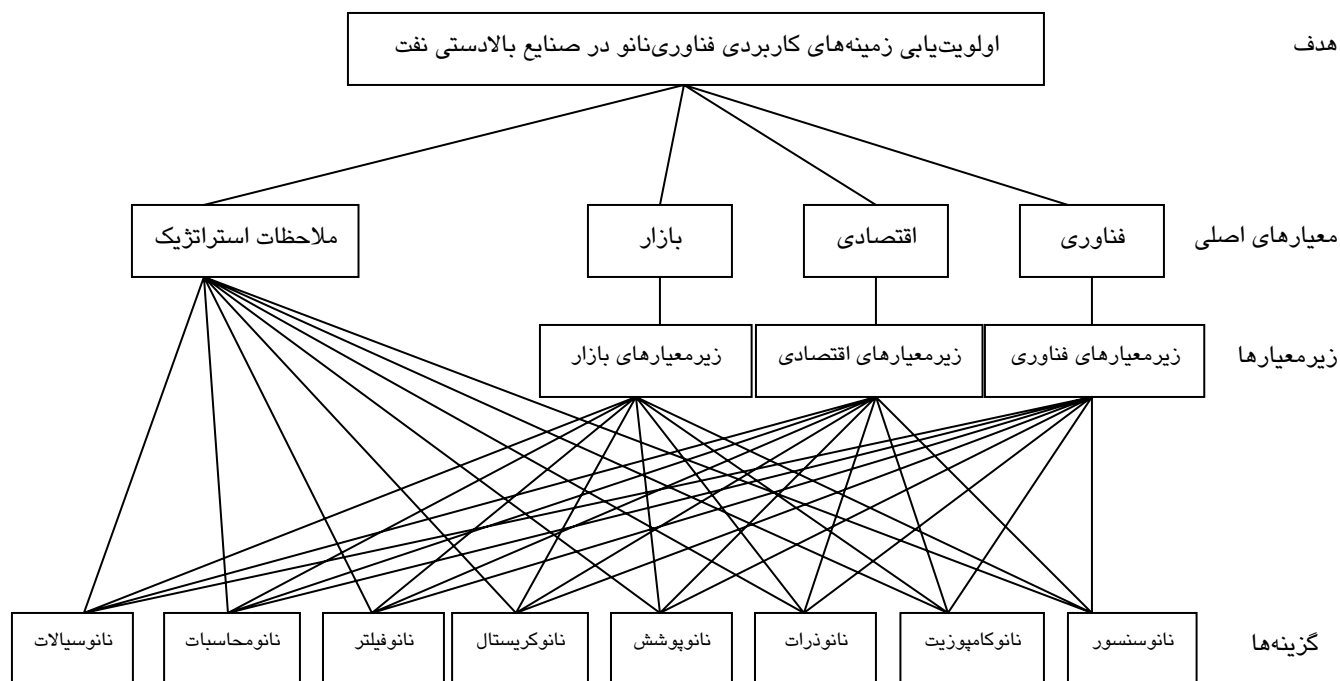


شکل ۲. نمودار تقسیم بندی زمینه های کاربردی فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت



#### ۴- اجرای تحقیق

از آنجا که AHP روشی شناخته شده برای پژوهشگران به شمار می‌رود، در این قسمت جهت اختصار از تشریح آن خودداری می‌شود<sup>۱</sup>. سلسله مراتب مورداستفاده در تصمیم‌گیری تحقیق حاضر در شکل ۳ آمده است.



شکل ۳. سلسله مراتب درخت تصمیم‌گیری تعیین اولویت‌های فناوری‌های نانو در صنایع بالادستی نفت ایران

جهت امتیازدهی به معیارهای نهایی، ۲۰ تن از کارشناسان صنایع بالادستی نفت انتخاب شدند و فرم مربوطه برای آنها ارسال شد. ۱۶ فرم امتیازدهی شده برگشت داده شد.

مقایسات زوجی معیارها در ۸ ماتریس تعریف و پس از اعمال نظرات کارشناسان و محاسبه نرخ ناسازگاری در هر ماتریس، نتایج مربوط به ماتریس مقایسات معیارها مشخص شد. همچنین واریانس امتیازات در مورد هر یک از

<sup>۱</sup> علاقمندان می‌توانند به منابع ذکر شده در بخش مراجع مقاله مراجعه نمایند.

معیارها حداکثر ۰/۵ در نظر گرفته شد و چنانچه واریانس بیش از این مقدار بوده، با امتیازدهی مجدد توسط کارشناسان مربوطه، این مورد مرتفع گردید. نتایج محاسبات در شکل ۴ آمده است.

۰.۳۲۴	میزان دانش فنی موجود در کشور	۰.۳۹۸	وضعیت ساخت محصولات فناوری در داخل کشور	فناوری
۰.۳۵۵	میزان دسترسی به تجهیزات مورد نیاز			
۰.۳۲۱	تعداد متخصصین موجود در داخل کشور			
۰.۶۶۶	وضعیت تولید نیمه صنعتی و صنعتی	۰.۳۱۳	وضعیت تحقیقات بر روی فناوری در داخل کشور	
	محصولات فناوری در کشور			
۰.۳۳۳	امکان انتقال فناوری به داخل کشور			
		۰.۲۸۹	قابلیت بکارگیری محصولات فناوری در صنعت نفت	اقتصادی
		۰.۳۱۵	صرفه اقتصادی و سود حاصله در بخش بهره‌برداری	
		۰.۲۸۲	صرفه اقتصادی و سود حاصله در بخش حفاری	
		۰.۲۴۵	صرفه اقتصادی و سود حاصله در بخش مدیریت مخازن	
		۰.۱۵۸	صرفه اقتصادی و سود حاصله در بخش اکتشاف	
۰.۶۰۳	داخلی	۰.۵۵۸	توانمندی بازاریابی و دسترسی به بازار	بازار
۰.۳۹۷	خارجی			
۰.۵۰۸	داخلی	۰.۴۴۲	حجم بازار پیش بینی شده و رشد	
۰.۴۹۲	خارجی			

شکل ۴. وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها در هر شاخه درخت تصمیم‌گیری

در مقایسه معیارهای شاخه بازار، توانمندی بازاریابی و دسترسی به بازار نسبت به حجم بازار پیش‌بینی شده و رشد آن در اولویت قرار دارد.

پس از تعیین وزن معیارها در سلسله مراتب تصمیم‌گیری، جهت وزندهی به گزینه‌ها (زمینه‌های کاربردی فناوری نانو در صنایع بالادستی نفت)، در مرحله اول با ارائه اطلاعات جمع‌آوری شده در مورد زمینه‌های کاربردی از حیث

معیارهای نهایی، اطلاعات کلی در این زمینه در اختیار ۴ تن از کارشناسان صنایع بالادستی نفت قرار گرفت. در مرحله بعدی، روش مورد استفاده در ارزیابی و تحلیل نتایج به کارشناسان معرفی و در مرحله نهایی وزندهی به گزینه‌ها به صورت توافقی و در ماتریس مقایسات مشخص شد. بدین صورت که با توجه به اطلاعات ارائه شده به کارشناسان و میزان تخصص آنها، هریک از کارشناسان نظر خود را در هر زمینه اعلام و پس از بحث و بررسی نظرات، یک تصمیم در مورد هر گزینه، نهایی شده است. پس از اعمال نظرات در مدل، چنانچه نرخ سازگاری خارج از حد قابل قبول بوده، گزینه‌ها مجدداً وزندهی شده‌اند.

#### ۵- بحث

بر اساس وزندهی به گزینه‌های رقیب توسط کارشناسان، اولویت‌ها مشخص شدند. در این اولویت‌دهی، نانوذرات، نانوکامپوزیت‌ها، نانوسنسورها و نانوپوشش‌ها در اولویت‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. نکته قابل توجه در مقایسه نتایج بدست آمده در این تحقیق با آمار جهانی در خصوص دسته‌بندی کاربردهای فناوری نانو بر اساس سهم استفاده از آنها در تحقیقات بر روی این فناوری، همسو بودن این نتایج با آمار جهانی است. به طوری که بر اساس آمار منتشره، نانوذرات، نانوسنسورها، نانوکامپوزیت‌ها و نانوپوشش‌ها بیشترین سهم را از کل زمینه‌های کاربردی فناوری نانو در تحقیقات جهانی از آن خود ساخته‌اند. و این سهم طی سال‌های آتی به سرعت افزایش خواهد یافت. همچنین سهم نانوذرات و نانوکامپوزیت‌ها در مقالات مربوط به فناوری نانو در بین دیگر زمینه‌های مورد بررسی در صنایع بالادستی نفت بیشترین میزان بوده است [۱۳].

#### ۶- نتیجه‌گیری

در حال حاضر پیشرفت‌های تحقیقاتی بر روی فناوری نانو در ایران فاصله چندانی با دستاوردهای جهانی ندارد، لیکن آهنگ رشد و توسعه این فناوری در کشورهای پیشگام بسیار بیشتر از آهنگ آن در ایران می‌باشد. البته جایگاه ایران از نظر ملاحظات رشد علمی در مورد فناوری نانو در سال ۲۰۰۵ بسیار چشمگیر بوده است، اما مشخص ساختن حوزه‌های با پتانسیل بیشتر در خصوص این فناوری در کشور بسیار ضروری است. خوشبختانه با تدوین سند راهبردی فناوری نانو در ایران، کلیات برنامه‌ریزی بر روی رشد و توسعه این فناوری در سال‌های آتی مشخص

شده است، لیکن باید محدودیت زمانی در تعیین جزئیات حوزه‌های مورد بررسی مد نظر قرار گیرد. به نظر می‌رسد که حساسیت این مهم در صنعت نفت، به‌عنوان یک صنعت استراتژیک، به‌خوبی احساس شده است و تعریف پروژه‌های اولویت‌دهی و تدوین برنامه‌های راهبردی در این صنعت از جمله نمودهای توجه به این امر می‌باشد. جهت بهره‌برداری هرچه بیشتر از پتانسیل‌های فناوری نانو در صنعت نفت، باید تلاش سنجیده‌ای برای آموزش و همکاری صورت پذیرد. در حال حاضر صنعت نفت نیازمند بهره‌گیری از محققان و توسعه‌دهندگان فناوری نانو در پویای راه‌حل برای چالش‌های جاری این صنعت می‌باشد که با استفاده از فناوری نانو مرتفع می‌گردند. این محققان باید نقش بالقوه فناوری نانو را به‌صورت عینی ارزیابی کنند. همچنین، متولیان توسعه فناوری نانو باید به‌صورت فعال، شرکت‌های استخراج و تولید نفت و گاز را برای تشخیص فرصت‌های کسب و کار مرتبط با فناوری نانو، درگیر سازند.

در خصوص صنایع بالادستی نفت نیز با توجه به اولویت‌های شناسایی شده در مورد زمینه‌های کاربردی فناوری نانو، توجه به سرمایه‌گذاری و توسعه تحقیقات بر روی نانوذرات، نانوکامپوزیت‌ها، نانو سنسورها و نانوپوشش‌ها در این صنعت باید مدنظر قرار گیرد. علاوه بر این، چنانچه شرکت‌های استخراج و تولید نفت خواهان تحت کنترل درآوردن پتانسیل فناوری نانو در زمینه‌های فوق هستند، باید مشوق‌های قابل توجهی را برای راه‌حل‌های حساس‌ترین مشکلاتشان ارائه دهند. این رویکرد در دیگر بخش‌ها به‌طور مؤثری اثبات شده است و به صنعت نفت اجازه می‌دهد تا با سایر صنایع در این عرصه رقابت کند. این مشوق‌ها باید برای جلب توجه و سرمایه‌گذاری فکری توسعه‌دهندگان فناوری نانو صرف شود.

## ۷- مراجع

- [۱] صالحی وزیری، حسین، اولویت‌های توسعه فناوری نانو، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ۱۳۸۲.
- [2] Raju KS, Pillai CRS., *Multicriterion decision making in performance evaluation of irrigation projects*, European Journal of Operational Research, 112(3), 1999, 479-88.
- [3] Mikhailov, L. and Singh, MG1., *Comparison analysis of methods for deriving priorities in the analytic hierarchy process*, Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1999, 1037-42.

- [4] Chang YH, Yeh CH, Evaluating airline competitiveness using multi-attribute decision making, *Omega*, 29(5), 2001 , 405–15.
- [5] Pohekar, S.D. and Ramachandran, M., *Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning-A review*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 8, 2004, 365–381.
- [6] Vaidya, Omkarprasad S. and Kumar, Sushil, *Analytic hierarchy process: An overview of applications*, *European Journal of Operational Research*, 169 (1), 2006, 1-29.
- [7] Srdjevic, Bojan, *Combining different prioritization methods in the analytic, hierarchy process synthesis*, *Computers & Operations Research* 32, 2005, 1897–1919.
- [8] Solnes, J., *Environmental quality indexing of large industrial development alternatives using AHP*, *Environmental Impact Assessment Review*, 23(3), 2003, 283–303.
- [9] Afgan, NH., Carvalho, MG. and Hovanov, NV., 2000, Sustainability assessment of renewable energy systems, *Energy Policy* 28, 603–12.
- [10] Mikhailov, L., *fuzzy programming method for deriving priorities in the analytic hierarchy process*, *Journal of Operational Research Society* 51, 2000, 341–9.
- [۱۱] آراستی، محمدرضا و بشارتی‌راد، زهره، تدوین استراتژی‌های توسعه تکنولوژی در صنعت برق ایران: یک ضرورت ملی، شانزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق، سازمان توانیر، ۱۳۸۰.
- [۱۲] هاشمی، سید جلال‌الدین و همکاران، پروژه مطالعات امکان سنجی-جذابیت پیل‌سوختی و تدوین استراتژی توسعه فناوری آن در کشور، مرکز گسترش فناوری اطلاعات، ۱۳۸۲.
- [۱۳] فناوری نانو و جایگاه آن در جهان امروز، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ۱۳۸۳.