شناسایی اولویت‌های پایداری در فازهای چرخه عمر پروژه‌های پالایشگاه نفت

سید حمیدرضا هاشمی نسب [۱]، یعقوب قلی پور *و[۲]، محمدرضا خرازی [۳]، علی‌اکبر خراسانی زاده [۴]

[۱] دانشکده مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

[۲] مدیر گروه تحقیقاتی بهینه‌سازی مهندسی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

[۳] محقق ارشد، دفتر توسعه پایدار، دانشگاه امیرکبیر

[۴] رئیس حفاظت محیط‌زیست شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران

نوع مقاله: **ترویجی**

دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۶ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۱۲

چکیده

با توجه به جایگاه پروژه‌های زیربنایی و انرژی به‌خصوص پروژه‌های پالایشگاه نفت در توسعه کشورها و همچنین تأثیرات مخرب زیست‌محیطی، اجتماعی و حتی اقتصادی آن‌ها در کوتاه‌مدت و بلندمدت، این تحقیق به دنبال شناسایی چارچوب ارزیابی بر مبنای ادبیات توسعه پایدار و سپس تطبیق آن با فازهای مختلف در چرخه عمر و بخش‌های مختلف پالایشگاه نفت است تا علاوه بر اطمینان از جامعیت چارچوب ارائه شده، تحلیل دقیقی از اولویت‌های پایداری در فازهای چرخه عمر انجام شود. دستاوردهای این تحقیق برای مدیران در لایه‌های مختلف مدیریتی تصمیم‌سازی نموده و در هر مرحله با کاهش ابهامات مسیر بحرانی تصمیم‌گیری را با دیدگاه بلندمدت نشان می‌دهد. لذا ابزار قدرتمندی در حوزه‌های مختلف تصمیم‌گیری در اختیار مدیران و صاحب‌نظران این صنعت خواهد بود.

کلمات کلیدی: توسعه پایدار، پالایشگاه نفت، چرخه عمر، اولویت‌های پایداری، چارچوب تصمیم‌گیری

* ygholipour@ut.ac.ir

۱- مقدمه

توسعه فرآیند تدریجی بزرگ شدن، بهتر شدن، قوی شدن و پیشرفته‌تر شدن است. در این میان توسعه و توسعه یافتگی سنتی مفهومی است که عمدتاً در مقابل توسعه پایدار تعریف می‌شود. در توسعه سنتی که تا اواسط دهه ۱۹۷۰ میلادی دیدگاه غالب بوده است، ایده و هدف توسعه تبدیل نمودن مواد خام به محصولات و کالای مصرفی بوده است. طی نیم‌قرن گذشته، جامعه جهانی مفهوم توسعه را مطابق زیر در چهار عامل تعریف نموده است [۱و۲]،

۱. صلح و امنیت
۲. توسعه اقتصادی
۳. توسعه اجتماعی
۴. حاکمیت ملی که متضمن صلح و توسعه است

سه مورد اول در تعریف توسعه به یکدیگر وابسته هستند. برای نمونه بدون صلح و امنیت، توسعه اقتصادی و اجتماعی ممکن نیست و بالعکس. ایده اصلی و فلسفه توسعه تأمین نیاز انسان است [۳]. لذا در مفهوم توسعه پایدار یکپارچگی میان توسعه اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی در کنار یکدیگر مطرح می‌شوند.

در سال ۱۹۸۷ کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه «آینده مشترک ما» را منتشر نمود؛ که مجدداً نیاز بشریت را در مرکزیت توسعه پایدار قرار داده بود. همچنین گزارش این کمیسیون به‌عنوان آغاز رسمی مفهوم توسعه پایدار در کتب و مقالات متعددی به کار گرفته شده است [۴].

بر اساس این تعریف توسعه پایدار توسعه‌ای است که موجب تأمین نیازهای کنونی بدون به خطر انداختن توانایی نسل آینده در تأمین نیازهای خود می‌شود.

در مفاهیم توسعه پایدار از ابتدای شکل‌گیری آن، رفع نیازهای انسان در مرکز توجه قرار گرفته است و به‌عنوان فصل مشترکی در کلیه تعاریف مطرح شده است. یکی از روش‌های مؤثر در رفع نیازهای انسان ایجاد توسعه در پروژه‌های زیربنایی است که پروژه‌های پالایشگاهی در حوزه زیرساخت‌های انرژی جایگاه ویژه‌ای دارند.

پروژه‌های زیر بنایی برای افزایش رشد اقتصادی و کاهش فقر لازم و ضروری هستند. انتخاب و تصمیم‌گیری در خصوص نوع و میزان سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها بر پایداری محیط‌زیستی تأثیرگذار است. بااین‌وجود در کشورهای درحال‌توسعه، دسترسی مناسبی به زیرساخت‌ها به وجود نیامده است [۵]. به‌علاوه توسعه زیرساخت‌ها خصوصاً در حوزه پروژه‌های وابسته به صنعت نفت، عموماً به قیمت آسیب رساندن به محیط‌زیست منطقه‌ای تمام می‌شود که باعث مواجهه مکرر با پیامدهای پیچیده بلندمدت مانند تغییرات آب‌وهوا و اقلیم می‌شوند. توجه به این مسائل بر اهمیت ارتقاء موضوعات اجتماعی- اقتصادی و پایداری محیط زیستی، در برنامه‌ریزی، ساخت و نگهداری این نوع زیرساخت‌ها تأکید می‌کند.

۲- ادبیات تحقیق

با توجه به ماهیت میان‌رشته‌ای مفاهیم توسعه پایدار، عموماً روش‌های ارزیابی مبتنی بر شاخص‌های توسعه پایدار توسعه داده شده‌اند. شاخص، ابزاری است که پدیده‌های فیزیکی و اجتماعی پیچیده را کمی ساخته و آن‌ها را به‌نحوی که قابل استفاده در فرآیند تصمیم‌گیری باشد، ارائه می‌نماید. درصورتی‌که شاخص‌ها به‌صورت مناسبی تعریف شده باشند، می‌توانند در فرآیند توسعه، توسط تعیین نمودن حرکت به سمت اهداف و یا به جهت مخالف آن‌ها به ما در

قضاوت کمک کند [۶].

شاخص‌های توسعه پایدار خصوصاً بعد از کنفرانس سازمان ملل در شهر ریو در سال ۱۹۹۲، عمدتاً در پایه‌های سه‌گانه توسعه پایدار (اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی) تعریف شده‌اند. ارزیابی پایداری با استفاده از روش‌های مبتنی بر شاخص‌های پایداری روشی است که موجب اطمینان از جامعیت ارزیابی می‌شود. تعداد تحقیقاتی که در آن‌ها شاخص-های توسعه پایدار شناسایی و تعریف شده‌اند قابل توجه است. تاکنون توسعه شاخص‌های پایداری در حوزه پروژه‌های زیربنایی موضوع تحقیقات زیادی بوده است [۷-۸-۹]. همچنین در زمینه پروژه‌های انرژی شاخص-های پایداری استفاده شده‌اند [۱۰-۱۱-۱۲-۱۳]. در این راستا پژوهش‌هایی نیز مبتنی بر تعریف و تحلیل شاخص‌ها در حوزه پروژه‌های صنعت نفت و گاز توسعه داده شده‌اند [۱۴].

توسعه پایدار در پروژه‌های صنعت نفت و گاز در حوزه‌ها و با دیدگاه‌های مختلف مورد توجه محققان بوده‌است [۱۵-۱۶]. در یکی از آخرین تحقیقات انجام گرفته موضوعات پایداری تلفیق شده و فرصت‌ها و تهدیدهای ورود مسائل پایداری در مناسبات و برنامه‌ریزی‌های یک شرکت در حوزه پروژه‌های صنعت نفت بررسی شده است [۱۷]. انتخاب سناریو بهینه کاهش SO_2 در یکی از تحقیقات با استفاده از یک مدل ریاضی در پروژه‌های پالایشگاه نفت بررسی شده است [۱۸]. همچنین در گزارشی افزایش پرداختن به مسائل مرتبط با پایداری مانند بازسازی محیط‌زیست و تأمین انرژی‌های صنعتی در میان شرکت‌های پتروشیمی در آمریکا بررسی شده است [۱۹]. علی‌رغم افزایش توجهات به مسائل پایداری در پروژه‌های صنعت نفت، این موضوع نشان‌دهنده یک عزم جهانی در راستای توسعه پایدار نیست؛ زیرا توسعه علم در زمینه روش‌های نوین و اقتصادی در برداشت و پالایش منابع نفت ادامه دارد و این مسئله همواره موجب کاهش قابلیت رقابت روش‌های تأمین انرژی پایدار و انرژی‌های تجدید پذیر بوده است [۲۰].

در سال‌های اخیر شرکت‌های وابسته به صنایع نفت متهم به تظاهر به پرداختن به پایداری[1] شده‌اند [۲۱]. همچنین شرکت‌های مذکور عموماً معتقدند پرداختن به مسائل پایداری و دیدگاه بلندمدت در ساخت و بهره‌برداری از پروژه‌های این صنعت، درآمد آن‌ها را در کوتاه‌مدت کاهش می‌دهد. لذا شرکت‌های بزرگ در این صنعت به‌جای یافتن راه‌های پایدار با دیدگاه بلندمدت بر یافتن روش‌های تمیزتر در استفاده از سوخت‌های فسیلی و استفاده از تکنولوژی‌های کاهش کربن تمرکز کرده‌اند [۲۲]. با توجه به وابستگی انسان به منابع تجدید ناپذیر انرژی که منجر به لزوم ادامه دادن به استفاده از سوخت‌های فسیلی می‌شود، هر تلاشی که منجر به کاهش اثرات منفی پروژه‌های این صنعت شود هرچند تأثیر آن جزئی باشد، نباید دست‌کم گرفته شود [۱۷]. ازجمله تحقیقاتی که باهدف ارزیابی پایداری در پروژه‌های صنعت نفت انجام شده است بررسی گزینه‌های کاهش تولید دی‌اکسید کربن به همراه برآورد میزان هزینه-های اضافی است [۲۳].

ارزیابی پایداری درصورتی‌که به‌صورت یکپارچه و با در نظر گرفتن سه پایه توسعه پایدار به‌صورت هم‌زمان انجام گیرد ابزار مفیدی برای تصمیم‌گیری در اختیار مدیران قرار می‌دهد [۲۴-۲۵]. همچنین با توجه به اینکه مراحل مختلف چرخه عمر پروژه پالایشگاه دارای تأثیرات تجمعی هستند، لازم است ارزیابی پایداری با دیدگاه چرخه عمر انجام گیرد. این مراحل شامل استخراج مواد خام، حمل‌ونقل، ساخت و تولید، بهره‌برداری و پایان عمر و تخریب هستند [۲۶].

ارزیابی یکپارچه پایه‌های پایداری در پروژه‌های صنعت نفت و خصوصاً پروژه‌های پالایشگاه نفت هم مورد بررسی

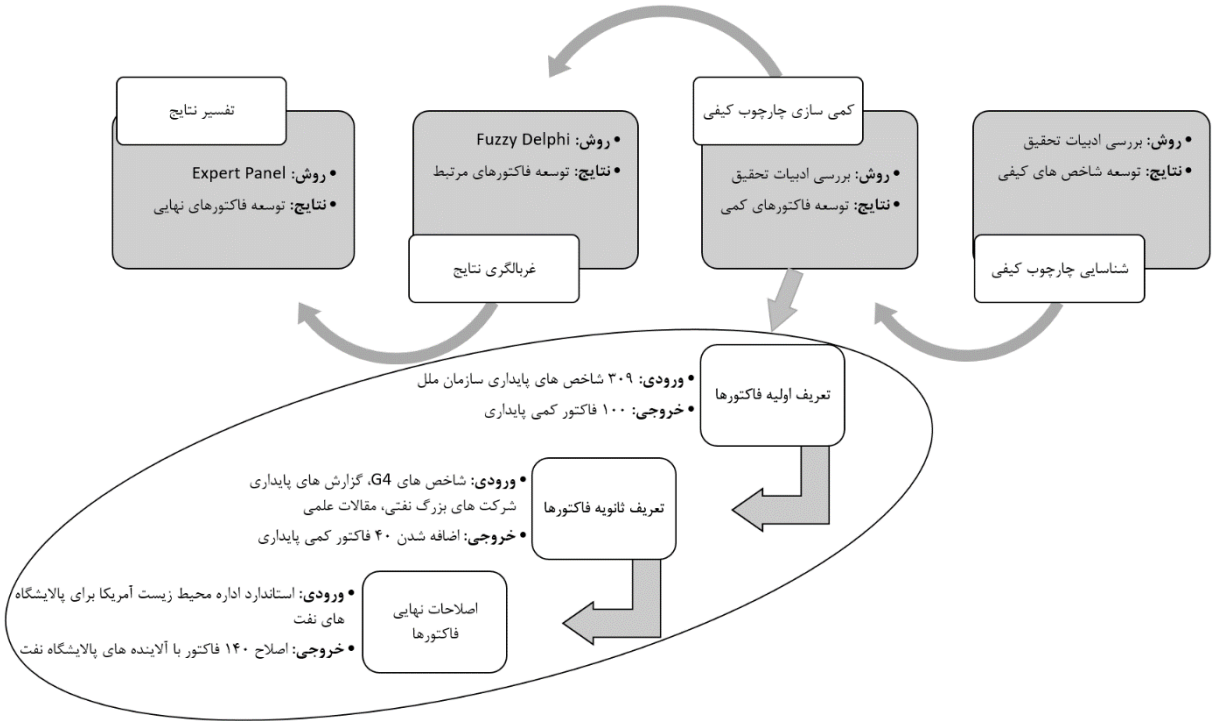
[1] Green Washing

محققان بوده است. یک گروه تحقیقاتی در این زمینه به ارائه چارچوب‌های تصمیم‌گیری و ارزیابی پایداری و دستیابی به انیس پایداری برای پروژه‌های پالایشگاه نفت پرداخته است [۲۷]. ازآنجایی‌که پروژه‌های پالایشگاه نفت میان‌رشته‌ای بوده، در ارتباط با ذی‌نفعان متفاوت است و بخش‌هایی از فرآیند آن با فن‌آوری بالا انجام می‌شود، دارای پیچیدگی‌ها و شرایط منحصر به فردی هستند، لذا به توسعه چارچوب‌های پویا در ارزیابی پایداری برای پروژه‌های این صنعت نیز در تحقیقات گذشته پرداخته شده است تا چارچوب ارائه شده برای شرایط خاص هر پروژه تغییر یافته و تطبیق نماید [۲۸]. به‌علاوه به دلیل پیچیدگی‌های ذاتی و شرایط متفاوت تصمیم‌گیری، گاهی اتخاذ تصمیم در زمان کوتاه برای پروژه‌های این صنعت مورد نیاز است. چارچوب تصمیم‌گیری سریع نیز در یکی دیگر از تحقیقات گروه مذکور مورد بررسی قرار گرفته است [۲۹]. موضوعات دیگری نیز در مطالعات این گروه تحقیقاتی درزمینه ارزیابی پایداری پروژه‌های پالایشگاه نفت مورد بررسی قرار گرفته است [۳۰-۳۱].

لذا در این تحقیق با استفاده از دو دیدگاه علمی و صنعتی، به کمک ادبیات تحقیق و متخصصین فعال در حوزه پروژه‌های پالایشگاه نفت، چارچوبی متشکل از شاخص‌های توسعه پایدار جهت ارزیابی پایداری پروژه‌های این صنعت ارائه گردیده است. در ادامه با بیان متدولوژی و مراحل کار، چارچوب مذکور توسعه داده شده است.

۳- روش‌شناسی

جهت بررسی و ارائه چارچوب ارزیابی پایداری مراحل مختلفی باید طی شوند از برداشت نگرانی‌های پایداری از منابع مختلف تا غربالگری شاخص‌ها برای دستیابی به فاکتورهای کمی مناسب و مرتبط و نهایتاً ترجمه شاخص‌های کلی ادبیات تحقیق به فاکتورهای قابل استفاده در پروژه‌های صنعت نفت. مراحل و روش‌های استفاده شده در شکل ۱ قابل مشاهده است.



شکل ۱- توالی متدولوژی‌ها و مراحل توسعه چارچوب ارزیابی پایداری

چارچوب ارزیابی پایداری باید شامل پایه‌های توسعه پایدار باشد، لذا در مرحله اول به سه بخش اقتصادی، اجتماعی

و محیط‌زیستی تقسیم می‌گردد. سپس با استفاده از ادبیات تحقیق، شاخص‌های توسعه پایدار برای هر پایه تعریف شد. جدول ۱ شاخص‌های انتخاب شده را به همراه منابع آن‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، این شاخص‌ها به‌کرات در تحقیقات استفاده شده‌اند.

جدول ۱- شاخص‌های توسعه پایدار مبتنی بر ادبیات تحقیق

پایه‌های توسعه پایدار	شاخص‌های توسعه پایدار	منابع						
		[۳۴]	[۳۳]	[۸]	[۲۵]	[۷]	[۱۴]	[۳۲]
اجتماعی	فقر و برابری	X	X		X		X	X
	سلامتی	X	X		X	X		X
	ایمنی و امنیت	X	X	X	X	X		X
	آموزش و تحصیلات	X	X		X			X
	رفاه	X			X	X	X	X
محیط زیستی	هوا	X	X	X	X	X	X	
	آب	X	X	X	X	X	X	
	زمین و خاک	X	X	X	X	X	X	
	منابع طبیعی	X		X	X	X	X	
	موجودات زنده	X	X	X		X		
اقتصادی	مصرف انرژی	X						
	مالی	X			X	X	X	
	بهره‌وری اقتصادی	X	X	X	X	X	X	
	اشتغال	X					X	
	درآمد	X					X	

سپس با استفاده از نگرانی‌های جهانی در حوزه توسعه پایدار [۳۴] و همچنین استانداردهایی که سازمان‌های بین‌المللی مستقل مانند GRI[۲] جهت ارزیابی پایداری ارائه کرده‌اند و شرکت‌های بزرگ نفتی مانند توتال و شل از آن‌ها در گزارش توسعه پایدار سالانه خود استفاده کرده‌اند [۳۵]، با استفاده از روش Fuzzy Delphi، فهرستی از فاکتورها توسعه یافت. سپس با استفاده از مدل چرخه‌عمر پالایشگاه نفت و با استفاده ازنظر متخصصان در حوزه پروژه‌های پالایشگاه نفت، چارچوب توسعه داده‌شده، با استفاده از روش Focus Group برای دیدگاه صنعتی نیز بررسی و تأیید گردید.

۳-۱- روش Fuzzy Delphi

روش دلفی به‌عنوان یکی از روش‌های پرکاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره از مقبولیت بالایی میان محققان برخوردار است. این روش در سال ۱۹۸۵ برای اولین بار با تئوری فازی ترکیب شد [۳۶] و موجب بهبود عملکرد این تکنیک قدیمی شد. این روش در سال‌های بعد نیز با اعمال تغییراتی استفاده شده است [۳۷]. با توجه به قدمت تکنیک دلفی، این روش دارای شکل‌ها و شاخه‌های مختلفی در تصمیم‌گیری در حوزه‌های مختلف است. در این تحقیق از روش زیر

[2] Global Reporting Initiative (GRI)

استفاده شده است:

مرحله اول: تولید مجموعه داده‌ها

گروهی از متخصصان نظراتشان را در مورد مسئله یا مسائل تحقیق با فرمت $[q_k^{(i)}.r_k^{(i)}]^{(p)}$ به‌صورت بازه‌ای از اعداد اعلام می‌کنند (مشابه اعداد خاکستری)؛ که در آن:

i معرف iامین متخصص

k معرف kامین تکرار

p معرف pامین سؤال

q, r معرف حد پایین و بالای تخصیص شده بر اساس نظر متخصص

مرحله دوم: تولید عدد فازی

فرض کنیم $U = [\gamma.\eta] \subset (-\infty.+\infty)$ محیط بی‌نهایت اعداد باشد. در این صورت این مجموعه به تعداد S افراز پیوسته $(I_1.\ldots.I_S)$ تقسیم می‌گردد. هر یک از افرازهای مجموعه بی‌نهایت دارای یک نقطه وسط است که با x_s نشان می‌دهیم. لذا تواتر نظر متخصصان بر اساس محدوده‌هایی که در بالا تعریف کردیم جهت به دست آوردن عددی فازی مطابق شکل ۲، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$y_s^{(p)} = \sum_{i=1}^{I} \delta_s^{(i.p)}$$

که در آن δ تابع تخصیص بوده و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

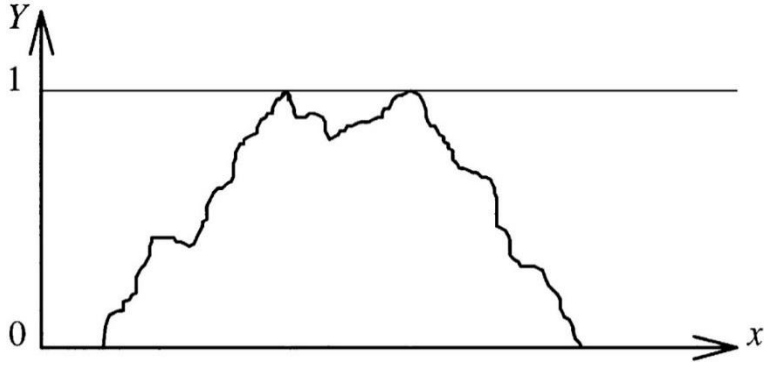
$$\delta_s^{(i.p)} = \begin{cases} 1 & if\ x_s \in [q_k^{(i)}.r_k^{(i)}]^{(p)} \\ 0 & Otherwise \end{cases}$$

جهت محاسبه عدد فازی متناظر هر سؤال از بیشترین مقدار برای سؤال به‌صورت زیر استفاده می‌شود:

$$y_*^{(p)} = \max_{s=1.\ldots.S} \left\{ y_s^{(p)} \right\}$$

بنابراین تابع عضویت برای عدد فازی مربوط به هر سؤال به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Y^{(p)}(x_s) = \frac{y_s^{(p)}}{y_*^{(p)}} \quad . \quad s = 1.\ldots.S$$



شکل۲- تابع عضویت برای روش فازی دلفی

مرحله سوم: تولید عدد حقیقی از عدد فازی

در این تحقیق برای تولید عدد حقیقی از عدد فازی از روش مرکز ثقل استفاده شده است

$$COG^{(p)} = \frac{\int Y^{(p)}(x_s) \times x_s \times d(x_s)}{\int Y^{(p)}(x_s) \times d(x_s)}$$

مرحله چهارم: ارزیابی اجماع نظرات

درصورتی‌که فاصله پاسخ متخصصین از میانگین کمتر از ۰/۷ شد، به معنی رسیدن به اجماع نظر بوده و تکرارها متوقف خواهند شد.

$$if\ \left(COG^{(i.p)} - \overline{COG^{(p)}} < 0.7 \qquad \forall i \in \{1. \ldots . 10\}\right) \Longrightarrow Stop$$

۳-۲- روش Focus Group

برای این منظور همان‌طور که بیان گردید، با استفاده ازنظر متخصصان ارتباط بخش‌های مختلف فاکتورهای پایداری با مراحل مختلف چرخه عمر پالایشگاه سنجیده شده و از جامعیت روش اطمینان حاصل شده است.

جدول ۲- جدول تصمیم جهت سنجش ارتباط میان مراحل چرخه عمر پالایشگاه و فاکتورهای پایداری

Factors	Cradle-to-Gate		Gate-to-Gate					Gate-to-Grave			
	Raw material		Pre-treatment	Distillations		Enhancers		Products			
	Crude oil	Procurement	De-salter	Atmospheric	Vacuum	De-sulfurization	Re-former	Light Distillate	Middle Distillate	Heavy Distillate	Further Products
F_i											

نهایتاً با استفاده از روش فوق، جدول ۲ لیست شاخص‌ها و فاکتورهای کمی توسعه پایدار را جهت استفاده در پروژه‌های پالایشگاه نفت نمایش می‌دهد.

۴- مطالعه موردی

همان‌طور که پیش‌تر در روش تحقیق و نمودار ۱ بیان گردید، توسعه شاخص‌های کمی و کیفی با بررسی ادبیات تحقیق انجام شده است. ازآنجایی‌که در شناسایی شاخص‌های جامع توسعه پایدار از ادبیات تحقیق در حوزه‌های مختلف علم، استفاده شده است، به دلیل ماهیت متفاوت و صنعتی پروژه‌های صنعت نفت، مرحله‌ای به‌منظور ترجمه و تفسیر اهداف پشتیبان معیارهای ادبیات تحقیق به شاخص‌های معنادار در حوزه پروژه‌های صنعت نفت و پالایشگاه‌های نفت اضافه گردید تا با استفاده ازنظر متخصصین این صنعت بر شاخص‌های کمی و کیفی صحه گذاشته شود.

در یک مطالعه موردی که بر روی پالایشگاه شیراز انجام شده است، با استفاده ازنظر متخصصین این واحد صنعتی ارزیابی و غربالگری‌ها انجام گرفته است. مشخصات متخصصینی که در این خصوص از نظراتشان استفاده شده است به شرح زیر در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- مشخصات متخصصین

میزان تحصیلات	لیسانس	فوق‌لیسانس	دکتری
تعداد متخصصین	۲	۵	۳
سوابق کاری	۰-۱۰	۱۰-۱۵	بالاتر از ۱۵
تعداد متخصصین	۱	۵	۴

با استفاده از منابعی که ذکر شد، تعداد ۱۴۰ فاکتورهای کمی در ساختار شاخص‌های کیفی جدل ۱ تعریف گردید. لذا مطابق توضیحات، با استفاده از روش Fuzzy Delphi میزان اهمیت فاکتورها و ارتباط آن‌ها با فازهای مختلف مدل چرخ عمر پالایشگاه (جدول ۲) بررسی شده است و طی ۳ مرحله کارشناسان در همه فاکتورها به جمع‌بندی رسیده‌اند. ارزیابی کارشناسان از طریق مقیاس لیکرت و تعاریف زیر انجام شده است:

۱- کاملاً نامربوط
۲- نامربوط
۳- نسبتاً مربوط
۴- مربوط
۵- کاملاً مربوط

نهایتاً فاکتورهایی که نامربوط تا کاملاً نامربوط شناسایی شده‌اند، در این مرحله حذف شدند. در جدول ۴ نمونه‌ای از تبدیل نظر متخصصان به عدد فازی و محاسبه عدد غیرفازی مجموع ارائه شده است.

جدول ۴- محاسبه عدد فازی و غیرفازی کردن نظر مجموع به‌عنوان نمونه

Expert (i)	$\delta_5^{(i.30)}$	$\delta_4^{(i.30)}$	$\delta_3^{(i.30)}$	$\delta_2^{(i.30)}$	$\delta_1^{(i.30)}$
1	1	1	0	0	0
2	1	1	0	0	0
3	1	1	0	0	0
4	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0
	$y_5^{(30)}$	$y_4^{(30)}$	$y_3^{(30)}$	$y_2^{(30)}$	$y_1^{(30)}$
	10	3	0	0	0
	$Y^{(30)}(x_5)$	$Y^{(30)}(x_4)$	$Y^{(30)}(x_3)$	$Y^{(30)}(x_2)$	$Y^{(30)}(x_1)$
	1	0.3	0	0	0
	$\overline{COG^{(30)}}$				
	4.77				

به‌عنوان نمونه در مورد مثالی که در جدول ۴ ارائه گردید، شرط همگرایی کنترل شده است و به دلیل اهمیت این فاکتور هم‌گرایی در مرحله اول اتفاق افتاد. لذا این فاکتور در مرحله دوم در نظرسنجی متخصصان شرکت نکرده است. بر این اساس همه فاکتورهای کمی حداکثر در ۳ مرحله هم‌گرا شده‌اند.

جدول ۵- محاسبه انحراف معیار و بررسی شرط همگرایی

Expert (i)	$COG^{(i.30)}$	$ABS(COG^{(i.30)} - \overline{COG^{(30)}})$
1	4.5	0.27
2	4.5	0.27
3	4.5	0.27
4	5	0.23
5	5	0.23
6	5	0.23
7	5	0.23
8	5	0.23
9	5	0.23
10	5	0.23

درنهایت از میان ۱۴۰ فاکتور شناسایی شده در مرحله اول تعداد ۱۰۱ فاکتور توسط متخصصان مرتبط تشخیص داده شد. ازآنجایی‌که این فاکتورها برگرفته از منابع مختلف بوده و تنها معرف یک نگرانی در حوزه پایداری بودند مستلزم بررسی و ترجمه و تفسیر به زبان پروژه‌های صنعت نفت و خصوصاً پالایشگاه نفت هستند. لذا ۱۰۱ فاکتور کمی حاصل غربالگری، در این مرحله توسط متخصصان و صاحب‌نظران حوزه نفت و گاز بررسی شده است و لیست فاکتورهای نهایی، در پیوست مقاله ارائه شده است.

همان‌طور که بیان شد، در این بخش از روش تحقیق چارچوب شاخص‌هایی که بر مبنای ادبیات تحقیق توسعه داده شده بود، بر مبنای دیدگاه صنعتی بررسی و نهایی شد. لذا در چارچوب مذکور رویکرد علمی و عملی و یا دانشگاهی و صنعتی به‌صورت هم‌زمان لحاظ شده است.

۵- نتایج

در بررسی نتایج این تحقیق، شاخص‌های کیفی و فاکتورهای کمی جهت ارزیابی پایداری پروژه‌های پالایشگاه نفت در کشور شناسایی شد. در این راستا شاخص‌ها و فاکتورها به‌صورت ساختارمند و سلسله مراتبی بر اساس تحقیقات پیشین پیشنهاد گردید. سپس فاکتورها با مدل چرخه عمر پالایشگاه تطبیق داده شد تا اطمینان از جامعیت و پوشش محدوده تحقیق علاوه بر رویکرد تحقیقاتی، با رویکرد صنعتی و زمانی (در فازهای مختلف چرخه عمر پروژه پالایشگاه) نیز مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از پالایشگاه شیراز به‌عنوان مطالعه موردی علاوه بر تقویت رویکرد صنعتی، موجب انطباق چارچوب ارزیابی توسعه داده شده با شرایط بومی پالایشگاه‌ها در کشور شد.

چارچوب ارائه شده در این تحقیق می‌تواند به مدیران در لایه‌های مختلف تصمیم‌گیری از سطوح استراتژیک و سیاست‌گذاری تا سطوح تاکتیکی کمک کند. شاخص‌های توسعه پایدار ارائه شده در این مقاله دارای کاربردهای وسیعی بوده که ازجمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ارزیابی پایداری پروژه‌های پالایشگاه و محاسبه اندیس پایداری
- ارزیابی پالایشگاه‌ها در زمان بهره‌برداری و کنترل تغییرات شاخص پایداری و تحلیل آن در طول زمان
- انتخاب بهینه پیمانکاران، سازندگان و تأمین‌کنندگان مبتنی بر شاخص‌های پایداری و با دیدگاه بلندمدت (از طریق آنالیز دروازه-تا-دروازه)
- انتخاب پایدارترین محل جهت اجرای پروژه پالایشگاه

چارچوب ارائه شده با توجه به در نظر گرفتن هم‌زمان ملاحظات علمی و صنعتی و اطمینان از جامعیت روش، ابزاری قابل‌اعتماد و مطمئن برای مدیران این صنعت فراهم می‌کند. شاخص‌ها و فاکتورهای پایداری حاکی از نگرانی‌های جهانی و صنعتی بوده و علاوه بر بررسی پالایشگاه‌ها با دیدگاه و به روش جامع، می‌تواند ابزاری برای ارزیابی موضعی نیز فراهم نماید. برای مثال ارزیابی اجتماعی اثرات پالایشگاه در فاز بهره‌برداری و یا تبعات بلندمدت انتشار گازهای گلخانه‌ای و غیره می‌توانند خروجی‌های دیگر شاخص‌های پایداری باشند.

همچنین شاخص‌های پایداری با توجه به محدودیت تحقیقات در این حوزه و اهمیت و جایگاه پایداری در پروژه‌های زیربنایی انرژی، حساسیت و اهمیت زیاد توسعه پروژه‌های صنایع وابسته به نفت و گاز در کشور، می‌توانند کمک شایانی به توسعه علم در این زمینه نموده و منشأ تحقیقات آتی باشد.

۶- منابع

[1] Dernbach, J. C. 1998. Sustainable development as a framework for national governance. Case W. Res. L. Rev., 49, 1.

[2] Dernbach, J. C. 2002. Making sustainable development happen: From Johannesburg to Albany. Alb. L. Envtl. Outlook, 8, 173.s

[3] Hall, R. P. 2006. Understanding and applying the concept of sustainable development to transportation planning and decision-making in the US. Massachusetts Institute of Technology.

[4] Bruntland, G. 1987. World Commission on Environment and Development (WCED, 1987): Our common future: Oxford: Oxford University Press.

[5] Fay, M., Toman, M., Benitez, D., & Csordas, S. 2011. Infrastructure and sustainable development. Postcrisis Growth and Development: A Development Agenda for the G, 20, pp. 329-382.

[6] (OECD), O. f. E. C.-o. A. D. 2003. OECD Environment Indicators: Development, Measurement, and Use. Paris: OECD.

[7] Shen, L., Wu, Y., & Zhang, X. 2010. Key assessment indicators for the sustainability of infrastructure projects. Journal of Construction Engineering and Management, 137(6), pp. 441-451.

[8] Ugwu, O., Kumaraswamy, M., Wong, A., & Ng, S. 2006. Sustainability appraisal in infrastructure projects (SUSAIP): Part 1. Development of indicators and computational methods. Automation in Construction, 15(2), pp. 239-251.

[9] Mihyeon Jeon, C., & Amekudzi, A. 2005. Addressing sustainability in transportation systems: definitions, indicators, and metrics. Journal of infrastructure systems, 11(1), pp. 31-50.

[10] Chong, Y. T., Teo, K. M., & Tang, L. C. (2016). A lifecycle-based sustainability indicator framework for waste-to-energy systems and a proposed metric of sustainability. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 56, pp. 797-809.

[11] Spalding-Fecher, R. 2003. Indicators of sustainability for the energy sector: a South African case study. Energy for Sustainable Development, 7 (1), pp. 35-49.

[12] Stamford, L., & Azapagic, A. 2011. Sustainability indicators for the assessment of nuclear power. Energy, 36(10), pp. 6037-6057.

[13] Stamford, L., & Azapagic, A. 2012. Life cycle sustainability assessment of electricity options for the UK. International Journal of Energy Research, 36(14), pp. 1263-1290.

[14] Heravi, G., Fathi, M., & Faeghi, S. 2015. Evaluation of sustainability indicators of industrial buildings focused on petrochemical projects. Journal of Cleaner Production, 109, pp. 92-107.

[15] Silvestre, B. S., & Gimenes, F. A. P. 2017. A sustainability paradox? Sustainable operations in the offshore oil and gas industry: The case of Petrobras. Journal of Cleaner Production, 142, pp. 360-370.
[16] Ahmad, W. N. K. W., Rezaei, J., de Brito, M. P., & Tavasszy, L. A. 2016. The influence of external factors on supply chain sustainability goals of the oil and gas industry. Resources Policy, 49, pp. 302-314.
[17] George, R. A., Siti-Nabiha, A., Jalaludin, D., & Abdalla, Y. A. 2016. Barriers to and enablers of sustainability integration in the performance management systems of an oil and gas company. Journal of Cleaner Production, 136, pp. 197-212.
[18] Ba-Shammakh, M. S. 2010. Generalized mathematical model for SO2 reduction in an oil refinery based on Arabian light crude oil. Energy & Fuels, 24(6), pp. 3526-3533.
[19] Verdantix. 2014. US oil and gas sustainable business spend 2012-2017. Retrieved from http://enablon.com/reports/us-oil-gas-sustainable-business-spend-2012-2017
[20] Lozanova, S. 2014. US oil and gas sustainability spending sluggish compared to extraction growth. Retrieved from https://www.triplepundit.com/2014/01/us-oil-gas-sustainability-spending-grow-sluggish-compared-extraction-growth/
[21] Pulver, S. 2007. Making sense of corporate environmentalism: an environmental contestation approach to analyzing the causes and consequences of the climate change policy split in the oil industry. Organization & Environment, 20 (1), pp. 44-83.
[22] Webb, T. 2009. Shell dumps wind, solar and hydro power in favour of biofuels. The Guardian, 17.
[23] Holmgren, K., & Sternhufvud, C. 2008. CO 2-emission reduction costs for petroleum refineries in Sweden. Journal of Cleaner Production, 16(3), pp. 385-394.
[24] Bansal, P., & DesJardine, M. R. 2014. Business sustainability: It is about time. Strategic Organization, 12 (1), pp. 70-78.
[25] Labuschagne, C., Brent, A. C., & Van Erck, R. P. 2005. Assessing the sustainability performances of industries. Journal of Cleaner Production, 13 (4), pp. 373-385.
[26] Cass, D., & Mukherjee, A. 2011. Calculation of greenhouse gas emissions for highway construction operations by using a hybrid life-cycle assessment approach: case study for pavement operations. Journal of Construction Engineering and Management, 137 (11), pp. 1015-1025.
[27] Hasheminasab, H., Gholipour, Y., Kharrazi, M., & Streimikiene, D. 2018. A novel Metric of Sustainability for petroleum refinery projects. Journal of Cleaner Production, 171, pp. 1215-1224.
[28] Hasheminasab, H., Gholipour, Y., Kharrazi, M., Streimikiene, D., & Hashemkhani, S. 2020. A dynamic sustainability framework for petroleum refinery projects with a life cycle attitude. Sustainable Development.
[29] Hasheminasab, H., Gholipour, Y., Kharrazi, M., & Streimikiene, D. 2018. Life cycle approach in sustainability assessment for petroleum refinery projects with fuzzy-AHP. Energy & Environment, 29 (7), pp. 1208-1223.
[30] Gholipour, Y., Hasheminasab, H., Kharrazi, M., & Streimikis, J. 2018. Sustainability criteria assessment for life-cycle phases of petroleum refinery projects by madm technique.
[31] Hasheminasab, H., Kharrazi, M., Gholipour, Y., & Streimikiene, D. 2019. A Sustainability Assessment Framework for Petroleum Refinery Projects with Multi-Criteria Decision-Making Techniques.

[32] Sierra, L. A., Pellicer, E., & Yepes, V. 2015. Social sustainability in the lifecycle of Chilean public infrastructure. Journal of Construction Engineering and Management, 142(5), pp. 05015020.
[33] (UNCSD), U. N. C. o. S. D. 2005. Indicators of Sustainable Development, CSD Theme Indicator Framework. Retrieved from New York.
[34] (UNSC), U. N. S. C. 2015. Technical report by the Bureau of the United Nations Statistical Commission on the process of the development of an indicator framework for the goals and targets of the Post-2015 Development Agenda. New York: Author. Retrieved July, 23, 2015.
[35] (GRI), G. R. I. 2013. Sustainability Reporting Guidelines (G4), Global Reporting Initiative.
[36] Murray, T. J., Pipino, L. L., & van Gigch, J. P. (1985). A pilot study of fuzzy set modification of Delphi. Human Systems Management, 5(1), pp. 76-80.
[37] Chang, P.-T., Huang, L.-C., & Lin, H.-J. 2000. The fuzzy Delphi method via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to the human resources. Fuzzy sets and Systems, 112(3), pp. 511-520.