

## چشم انداز انرژی جهان در دو دهه آینده

طی ۲۰ سال آینده چشم انداز انرژی جهان حاکی از تحولات اساسی در طرف عرضه و تقاضا است. از یکسو برقی کردن حمل و نقل و خودروها و توسعه انرژی های تجدید پذیر در راه است و از سوی دیگر تولید نفت و گاز از منابع غیر متعارف و جهانی شدن بازار گاز از طریق توسعه مصرف LNG شتاب خود را تشدید کرده اند. در تمامی مناطق و در عرصه تمامی سوخت ها، گزینه های سیاست گذاری دولت ها است که تعیین کننده نهایی مختصات سیستم انرژی جدید خواهد بود.

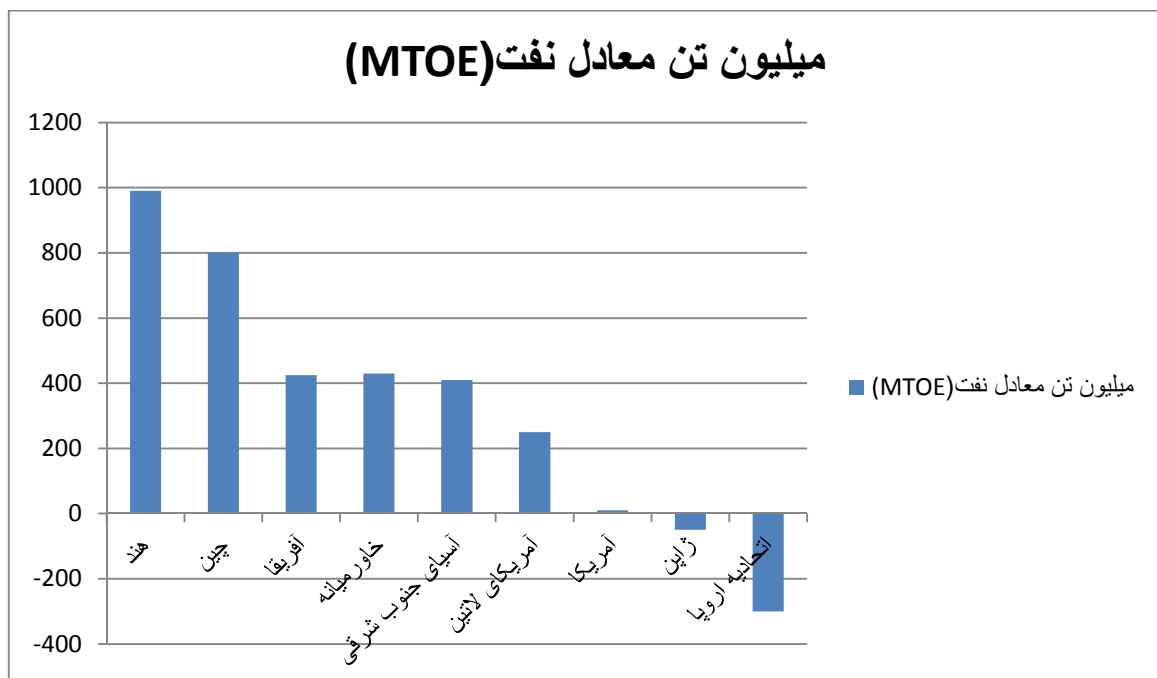
\*\*\*

دنیا به تدریج به طرف سیستم جدیدی از تولید و مصرف انرژی در حرکت است، لیکن در همه جوانب شاخص ها با ابهام و دشواری همراه است. از جمله شاخص های قابل اعتنا در این حوزه، سه شاخص کلی توانایی پرداخت، قابلیت پیش بینی و اتکا و بالاخره شاخص زیست محیطی است. در بخش توانایی پرداخت (affordability) هزینه های تولید انرژی خورشیدی و باد رو به کاهش است، ولی قیمت نفت در سطح ۶۰-۷۰ دلار هر بشکه در نوسان می باشد. در همین زمینه کماکان سوبسید های کلانی به سوخت های فسیلی تعلق می گیرد که البته به کاهش قیمت نفت و گاز در سالهای گذشته، سطح این سوبسید ها کاهش عمومی داشته است. شاخص قابلیت اتکا و پیش بینی (reliability) حاکی از آن است که عرضه و تولید نفت و گازهای متعارف با ریسک های بیشتری مواجه است. تولید نفت از ونزوئلا، ایران و لیبی با دشواری های سیاسی و فنی مواجه است. هنوز هم از هر ۸ نفر جمعیت جهان یک نفر دسترسی به برق ندارد و در بخش تولید الکتریسته، چالش های جدیدی حادث می شود که دامنه آن از انعطاف پذیری سیستم تا امنیت سایبری را در بر می گیرد. شاخص زیست محیطی (sustainability) نیز دچار دشواری اساسی است. پس از حدود سه سال که میزان انتشار CO2 ثابت بود، در سال ۲۰۱۷ میزان انتشار آن ۱/۶٪ در سطح جهان افزایش داشته و متاسفانه آمارهای اولیه حاکی از آن است که طی سال ۲۰۱۸ از این رقم نیز فراتر رفته که به معنی زیر پا گذاشتن اهداف مقابله با تغییر اقلیم و موافقت نامه پاریس می باشد. کماکان آلودگی های مربوط به انرژی در سطح جهان موجبات مرگ و میرهای زیاد و بیماری های مختلف می باشد. شاخص های سه گانه فوق الذکر، ارتباط و پیوستگی زیادی با یکدیگر دارند و (بده - بستان) (trade offs) بین آنها مستلزم نگاه جامع به سیاست انرژی است. دشواری کار زمانی بیشتر می شود که متوجه شویم روابط بین این شاخص ها ثابت نیست و دائم در حال تحول است. مثلاً گفته می شود که انرژی های باد و خورشید منبعی ارزان و کم انتشار CO2 هستند، لیکن به هیچ وجه نمی توان از این منابع به عنوان انرژی قابل اتکا برای تولید الکتریسیته یاد نمود، زیرا از یک سو انرژی باد و خورشید با نوسان همراه است و از سوی دیگر در بکار گیری آنها نیازمند سطح بالاتری از فن آوری نسبت به سوخت های فسیلی است. به همین ترتیب حرکت به سمت بهره گیری بیشتر از گاز طبیعی از طریق ازدیاد تجارت LNG و ایجاد بازار جهانی گاز، رقابت بین عرضه کنندگان را افزایش داده که منجر به کاهش قیمت این نوع انرژی شده است. ولی از سوی دیگر ممکن است کمبودهای عرضه به موقع این حامل انرژی مصرف کنندگان را دچار کمبود انرژی نماید. بر

این اساس است که کشورهای صنعتی جهان دیگر تلاش زیادی نمی کنند که آینده دنیای انرژی را پیش بینی کنند، بلکه حداکثر درصد هستند چند سناریوی محتمل برای آینده را با وزن های مختلف برای عوامل گوناگون و تعامل آنها با یکدیگر در نظر بگیرند. یکی از سناریوها، حالت (ادامه وضع موجود) Business As Usual (BAU) است که حاکی از فشار همه جانبه بر امنیت جهانی عرضه انرژی است. سناریوی دوم را می توان (سناریوی جدید) یا (سناریوی تجدیده نظر شده) نامگذاری کرد که تا حدی فشار سناریوی BAU را تعدیل می کند، لیکن هنوز با (سناریوی زیست محیطی) که بهترین حالت است و اهداف هوای پاک، مقابله با تغییر آب و هوا و دسترسی مناسب به انرژی برای همه را در نظر می گیرد، فاصله جدی دارد. ولی تاکید می شود هیچ یک از روند ها و سناریوهای ذکر شده دارای مسیر ثابت و جبری نیستند و این براین اقدامات دولت های کشورهای تولید کننده و مصرف کننده و نهادهای عمومی و خصوصی آنها است که شکل و مسیر آتی انرژی جهانی را شکل می دهد.

### چگونه دنیای انرژی در حال تغییر است ؟

در حالت (سناریوی جدید) فوق الذکر، اساس نظریه بر آن است که افزایش درآمد و افزایش ۱/۷ میلیارد نفر به جمعیت جهان که عمدتاً در کشورهای در حال توسعه خواهد بود، سبب می شود تا سال ۲۰۴۰ تقاضای جهانی انرژی بیش از ۲۵ درصد رشد کند. ولی باید توجه کرد که این رشد تقاضا در صورتی که هیچگونه اقدامی در زمینه ازدیاد (کارایی انرژی) Energy Efficiency و توجه به ملاحظات زیست محیطی صورت نگیرد، دو برابر خواهد بود. همه این رشد تقاضا در جوامع در حال توسعه خواهد بود که در راس آن هندوستان قرار می گیرد. تا سال ۲۰۰۰ میلادی، اروپا و آمریکای شمالی ۴۰ درصد تقاضای جهانی انرژی و جوامع رو به رشد آسیایی ۲۰ درصد آن را شامل می شدند. تا سال ۲۰۴۰، این حالت کاملاً معکوس می شود و ۴۰ درصد به کشورهای آسیایی در حال توسعه و ۲۰ درصد به اروپا و آمریکای شمالی می رسد. نمودار زیر بیانگر وضعیت مناطق مختلف در (سناریوی جدید) است:

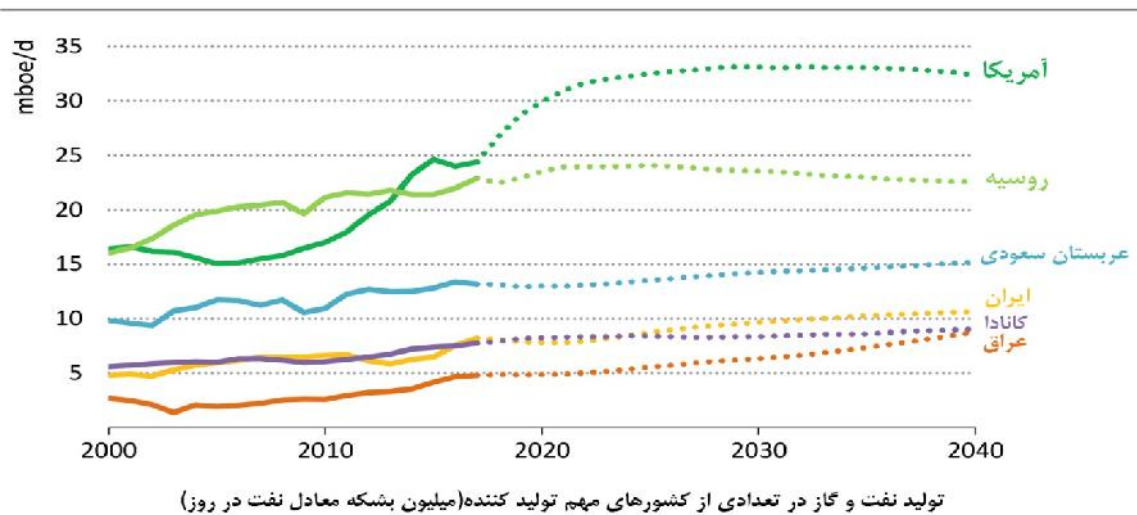


### تقاضای انرژی کشورها و مناطق مهم جهان در سال ۲۰۴۰

این شیفت عظیم به آسیا در سطح همه سوخت ها، همه فن آوری ها و کل سرمایه گذاری در زمینه انرژی صورت خواهد پذیرفت. طی این ۲۰ سال، نصف رشد مصرف گاز دنیا، ۶۰ درصد مصرف انرژی باد و خورشید، ۸۰ درصد رشد مصرف نفت و بیش از ۱۰۰ درصد رشد مصرف زغال سنگ و هسته ای (با توجه به کاهش مصرف در مناطق دیگر) در آسیا را خواهد داد. ۱۵ سال قبل شرکت های اروپایی در فهرست شرکت های اصلی تولید برق جهان بودند که بر حسب میزان توانایی تولید برق آنها سنجیده می شد، حال آنکه در حال حاضر ۶ شرکت از ۱۰ شرکت راس تولید کنندگان الکتریسته، چینی هستند. انقلاب نفت و گاز شیل کماکان عرضه نفت و گاز متعارف را دچار شوک می کند. این تحول باعث شده که ایالات متحده راه خود در زمینه امنیت دسترسی به انرژی را از شرکای سنتی خود به ویژه اروپا و ژاپن جدا نماید. سازمان اطلاعات انرژی آمریکا (EIA) اعلام کرده است که از سال ۲۰۲۰ ایالات متحده صادرکننده خالص نفت و گاز خواهد بود و این روند تا سی سال بعد از آن یعنی تا ۲۰۵۰ ادامه خواهد داشت. رشد تولید و صادرات نفت و گاز آمریکا می تواند فشار جدی بر قیمت جهانی انرژی و درآمد صادراتی کشورهای سنتی تولید کننده نفت و گاز که غالباً از کشورهای در حال توسعه هستند، وارد آورند و فرآیند رشد و توسعه آنها را مختل نماید. دنیای انرژی به سبب تحول در زمینه های عرضه، تقاضا و فن آوری های آن، پیوندهای جدیدی پیدا می کند. به واسطه رشد همه جانبه شاخص ها در آسیا، تجارت بین المللی بیش از پیش از مناطقی مثل خاورمیانه، روسیه، کانادا، برزیل و ایالت متحده راهی آسیا می شود به طوری که سهم این منطقه از ۵۰ درصد تجارت جهانی در حال حاضر، به حدود ۶۵ درصد در سال ۲۰۴۰ بالغ خواهد گردید. ولی در خود بازار مصرف آسیا نیز دیجیتالی شدن اقتصاد و توسعه فن آوری های انرژی های تجدید پذیر موجبات افزایش پتانسیل تولید و مصرف انرژی خواهد شد.

تا سال ۲۰۴۰، تولید نفت و گاز تا حد ۲۰ درصد رشد خواهد داشت. ایالات متحده که از سال ۱۹۷۴ میلادی و جرقه رویارویی اعراب و اسرائیل موسوم به شوک اول نفتی با تاسیس آژانس بین المللی انرژی (IEA) پرچم رهبری امنیت انرژی برای کشورهای صنعتی را بر شانه های خود حمل کرده، همزمان با افزایش مجدد تولید متعارف و غیر متعارف (عمدتاً "تولید نفت و گاز شیل) منابع نفت و گاز خود و تبدیل شدن به صادرکننده خالص این حامل ها، مایل نیست حجم عمده هزینه های تامین انرژی برای کشورهای پیشرفته را بپذیرد، به تدریج مانند سایر زمینه ها، رهبری خود را به سایر کشورهای آسیب پذیر نسبت به امنیت انرژی محول می کند. بنابراین جای شگفتی ندارد که در IEA به تدریج اعضا پیوسته و وابسته جدیدی نظیر کره جنوبی، مکزیک، ترکیه، برزیل، چین، هند، اندونزی، مراکش، سنگاپور، آفریقای جنوبی و تایلند را مشاهده میکنیم. تعدادی از این کشور ها نظیر اندونزی، چین، مکزیک و حتی برزیل در هنگام تاسیس IEA از جمله صادرکنندگان نفت اوپک و غیر اوپک بودند، لکن به تدریج به صورت واردکنندگان عمده نفت و گاز در آمدند. به هر حال تولید نفت و گاز شیل آمریکا عمر طولانی نخواهد داشت و پیش بینی می شود از اواسط دهه ۲۰۲۰ به اوج خود و رقمی حدود ۹ میلیون بشکه بالغ گردد، و سپس رو به کاهش بگذارد. پس از آن منابع نفت و گاز متعارف خاورمیانه و منابع غیر متعارف سایر مناطق جهان بایستی کمبود ناشی از کاهش تولید آمریکا را جبران کنند. با متداول شدن فناوری های استحصال نفت و گاز شیل و تایت، تولید از این منابع در کشورهایی نظیر آرژنتین، کانادا، چین، مکزیک و برخی کشورهای دیگر افزایش خواهد داشت. البته پیشرفت فناوری در زمینه ازدیاد برداشت از حوزه های متعارف نفت و گاز (EOR) نیز تا سال ۲۰۴۰، در حد ۲/۴ میلیون بشکه در روز تولید جهانی را افزایش خواهد داد. تولید نفت متعارف در جهان در سال ۲۰۰۸ در سطح ۶۹/۵ میلیون بشکه در روز بوده که طی ۱۰ سال گذشته به میزان ۲/۵ میلیون بشکه در روز کاهش داشته و پیش بینی میشود طی دو دهه آینده ۳ میلیون بشکه دیگر کاهش یابد و سهم نفت را در ترکیب تولید جهانی انرژی از ۷۲ درصد فعلی به ۶۲ درصد در سال ۲۰۴۰ کاهش دهد.

نمودار مقابل تولید نفت و گاز تعدادی از مهم ترین تولیدکنندگان این حامل های انرژی را در دو دهه گذشته و پیش بینی آن برای سال ۲۰۴۰ را نشان می دهد.



تولید نفت و گاز در تعدادی از کشورهای مهم تولیدکننده (میلیون بشکه معادل نفت در روز)

تقاضای جهانی نفت در ۵ سال آینده حدود ۱ میلیون بشکه در روز افزایش خواهد داشت و پس از آن متوسط تقاضای جهانی نفت سالانه حدود ۲۵۰ هزار بشکه در روز افزایش می یابد و انتظار میرود در سال ۲۰۴۰ به اوج خود برسد که بالغ بر ۱۲۰ میلیون بشکه در روز خواهد بود. همه این رشد در کشورهای در حال توسعه تحقق خواهد یافت حال آنکه از مصرف کشورهای مصرف کننده پیشرفته به طور متوسط سالانه ۴۰۰ هزار بشکه در روز تا سال ۲۰۴۰ کاسته خواهد شد و به رقم ۶۳ میلیون بشکه در روز بالغ خواهد گردید. چین در سال ۲۰۴۰ با ۱۳ میلیون بشکه در روز مصرف نفت، آمریکا را پشت سر خواهد گذاشت و در سال ۲۰۳۰ مصرف نفت هند و خاورمیانه هر یک بیش از مجموع کشورهای اتحادیه اروپا خواهد بود. طی دو دهه آینده به تدریج سهم مصرف نفت برای بخش های پتروشیمی، حمل و نقل تجاری زمینی و حمل و نقل هوایی رو به افزایش خواهد بود. در حوزه سوخت خودروها، علی رغم آنکه تعداد خودروهای دنیا در سال ۲۰۴۰ به ۲ میلیارد دستگاه خواهد رسید که قریب ۸۰ درصد از سطح فعلی بالاتر است، لکن مصرف نفت برای سوخت خودروها از اواسط دهه ۲۰ میلادی رو به کاهش خواهد گذارد. علت امر آن است که پیش بینی می شود در سال ۲۰۴۰، سیصد میلیون از خودروهای جهان (حدود ۱۵ درصد) الکتریکی شده باشند و مهم تر از آن اینکه بهینه سازی موتور سایر خودروها سبب می شود حدود ۹ میلیون بشکه در روز از مصرف نفت برای سوخت رسانی به آنها کاهش یابد. ولی این تحول چشم گیر در حوزه حمل و نقل بار رخ نخواهد داد. تا سال ۲۰۴۰، تقاضا برای حمل و نقل بار زمینی بیش از ۴ میلیون بشکه در روز افزایش خواهد داشت و البته این امر به شرطی است که انتظار ۵/۵ میلیون بشکه در روز بهینه سازی و کاهش مصرف در این بخش تحقق یابد. بیشترین رشد مصرف نفت در بخش پتروشیمی خواهد بود که انتظار میرود مصرف آن ۵ میلیون بشکه در روز زیاد شود. انتظار میرود تا سال ۲۰۴۰ حدود ۱۷ میلیون بشکه ظرفیت پالایشی در جهان ایجاد شود که عمدتاً در آسیا و خاورمیانه خواهد بود و این امر رقابت بین

ظرفیت پالایش این مناطق با آمریکا را فشرده تر می کند . در سال ۲۰۴۰ ، ظرفیت پالایشی چین در حد ظرفیت پالایشی آمریکا خواهد بود . در آینده نزدیک مقررات استاندارد سوخت دریایی که قرار است از ۲۰۲۰ عملیاتی شود فشار افزایشی بر قیمت های دیزل خواهد داشت و این فشار تا زمانی که فیلترهای ویژه بر روی کشتی ها قرارگیرد و هزینه های آن مستهلک شود ، ادامه خواهد داشت . جدول زیر تولید و تقاضای بخش های مختلف مصرف جهانی نفت را در دو دهه گذشته و پیش بینی آن برای دو دهه آینده را نشان می دهد .

## تقاضا

عنوان	دو دهه گذشته		پیش بینی ادامه وضع موجود (BAU)		پیش بینی بر حسب سناریو جدید	
	2000	2017	2025	2040	2025	2040
سال						
حمل و نقل جاده ای	30/1	41/2	46/2	53/6	44/7	44/9
سوخت هواپیما ها و کشتی ها	8/3	11/5	13/8	18/5	13/2	16/3
صنعت و پتروشیمی	14/5	17/8	20/9	23/8	20/7	23/3
ساختمان و پتروشیمی	14/3	12/5	11/8	10/9	11/2	9/2
سایر بخش ها	10/1	11/8	12/9	13/6	12/6	12/6
تقاضای جهانی نفت	77/3	94/8	105/5	120/5	102/4	106/3
درصد سهم آسیا - پاسفیک	%25	%32	%35	%37	%35	%37
بایوفیول	0/2	1/8	2/5	3/5	2/8	4/7
تقاضای جهانی مایعات	77/5	96/6	108/0	124/1	105/2	110/9

## تولید

عنوان	دو دهه گذشته		پیش بینی ادامه وضع موجود (BAU)		پیش بینی بر حسب سناریو جدید	
	2000	2017	2025	2040	2025	2040
سال						
تولید نفت متعارف	64/8	66/9	67/2	72/6	65/6	63/8
تولید نفت شیل	-	4/8	10/3	12/1	9/8	11/0
تولید NGL	8/9	16/7	19/8	22/9	19/0	21/1
نفت فوق سنگین و قیر	1/0	3/7	4/3	7/0	4/2	5/5
سایر تولیدات	0/5	0/7	1/4	2/7	1/3	2/1
تولید جهانی نفت	75/2	92/8	102/9	117/2	99/9	103/4
درصد سهم اوپک	%42	%43	%40	%45	%40	%45
ازدیاد پالایشی	1/8	2/3	2/6	3/3	2/5	2/9
عرضه جهانی نفت	77/0	95/1	105/5	120/5	102/4	106/3

تقاضا و تولید نفت در دو دهه گذشته و پیش بینی آن برای دو دهه آینده (میلیون بشکه در روز)

سناریو جدید : مشروط به رعایت بهینه سازی و سایر ملاحظات سیاستگذاری