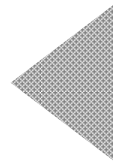


# سقف تولید نفت در جهان

## آیا از این سقف و مقدار بیشینه گذر کرده‌ایم؟



یوسف عزیزی<sup>۱</sup>

دکتر عباس ملکی<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت ۸۹/۷/۱۱ - تاریخ تصویب ۸۹/۱۱/۱)

### چکیده

اقتصاد جهانی وابستگی شدیدی به منابع فسیلی دارد، لذا همواره این سؤال مطرح است که منابع فسیلی و به طور مشخص نفت، تا چه زمانی می‌توانند نیاز فزاینده اقتصاد جهانی به انرژی را تأمین کنند. در این راستا و با توجه به تجربه تاریخی تولید نفت آمریکا و نظریه معروف هوبرت، مؤسسات و متخصصان حوزه انرژی تخمینی برای زمان رسیدن تولید نفت جهانی به نقطه ماکزیمم خود زده‌اند. این تخمین‌ها با توجه به مواردی چون رشد تقاضای انرژی در جهان، میزان مخازن متعارف و نامتعارف، تکنولوژی‌های برداشت نفت، روند افزایش قیمت جهانی نفت و ... دارای مقادیر متفاوتی در گزارش‌های مختلف است. در این گزارش ضمن بررسی تاریخچه طرح این موضوع، به نظرات مختلف دانشمندان و گزارش‌های موجود در این زمینه پرداخته، آن‌ها را با هم مقایسه می‌کنیم و نقاط ضعف و قوت هر کدام را مطرح خواهیم کرد. در نهایت عوامل اصلی مؤثر بر زمان رسیدن تولید نفت به نقطه اوج خود و راه‌حل‌های به تعویق انداختن آن و همچنین اقدامات تسکین‌دهنده در حین وقوع این رخداد جهت مقابله با پیامدهای آن بر اقتصاد جهانی را

۱ - کارشناسی ارشد مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف، yousof\_azizi@alum.sharif.edu

۲ - دانشیار دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی شریف

بررسی خواهیم کرد.

**واژگان کلیدی:** پیک تولید نفت، نظریه هوبرت، تولید نفت آمریکا، اقتصاد جهانی.

## ۱- مقدمه

نفت خون حیاتی تمدن جدید است، شاید این سخن صحیح باشد که اگر نفت نبود، توسعه خیره کننده جهان در قرن اخیر رخ نمی داد. این توسعه اقتصادی مرهون نفت ارزان قیمت به عنوان منبع اصلی انرژی جهان است. نفت، سوخت اصلی در حمل و نقل عمومی، تجهیزات کشاورزی و صنایع نظامی است. همچنین نفت خوراک اولیه برای بسیاری از مواد شیمیایی است. به دلیل محدود بودن میزان نفت متعارف جهان و رشد روز افزون تقاضا، ما با پدیده کمبود نفت متعارف جهان درگیر خواهیم بود. بر این اساس، زمین شناسان معتقدند که در موقعیتی از زمان آینده، عرضه نفت متعارف جهان دیگر قادر به برآوردن تقاضای جهانی نیست. در آن نقطه مقدار تولید نفت جهان به حداکثر خود رسیده و شروع به کاهش می کند. این مسئله ریسک مدیریتی شدیدی را بر جهان تحمیل می کند، زیرا قیمت های سوخت های مایع بطور چشمگیری افزایش خواهند یافت و اگر به موقع کاهش نیابد، هزینه های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی شدیدی را بر کل جهان وارد می کند. برای کاهش و تسکین این خطرات باید در هر دو طرف عرضه و تقاضای انرژی اقداماتی را انجام داد، اما این نکته حائز اهمیت است که اگر می خواهیم این اقدامات تأثیرگذار باشند، باید یک دهه قبل از رسیدن به نقطه پیک آنها را شروع کنیم. عملی که به نظر خیلی متخصصان همین حالا هم دیر شده است.

در سال ۲۰۰۳، مصرف جهانی نفت کمتر از ۸۰ میلیون بشکه در روز بود، ۲۰ میلیون بشکه از آن را آمریکا مصرف می کرد که دو سوم آن در بخش حمل و نقل ایالات متحده به مصرف می رسید. ناوگان حمل و نقل آمریکا دارای ۲۱۰ میلیون خودرو شخصی و کامیون سبک است، متوسط سن خودرو در آمریکا ۹ سال می باشد و در شرایط عادی بین ۱۰ تا ۱۵ سال زمان نیاز است تا نیمی از این خودروها جایگزین شوند. همچنین متوسط سن کامیون های سبک در آمریکا ۷ سال است و ۹ تا ۱۴ سال زمان نیاز است تا نیمی از آنها تعویض گردند. با توجه به اینکه هر ساله در بهره وری موتور خودروها پیشرفت صورت می گیرد، بیش از ده سال برای رسیدن به بهبود قابل توجه کارایی کلی سوخت در موتور خودروهای آمریکا طول خواهد

کشید(هرش<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵:۴).

یکی از اولین مسائلی که باعث شد تا بحث قله تولید نفت جهانی<sup>۲</sup> یا پیک نفت برای دانشمندان و کارشناسان انرژی اهمیت پیدا کند، نظریه معروف "ماریون کینگ هوبرت"<sup>۳</sup> زمین‌شناس آمریکایی بود. در واقع آنچه به ادعای مدعیان به اوج رسیدن تولید نفت اعتبار می‌دهد، ماجرای مشهور در تاریخ نفت است. در سال ۱۹۵۶ میلادی کینگ هوبرت پیش‌بینی کرد که تولید نفت آمریکا در سال‌های دهه ۱۹۷۰ به اوج خود خواهد رسید. مدیران وی در شرکت شل بهت زده شده بودند. آنها حتی کوشیدند آقای هوبرت را متقاعد کنند که از اظهار علنی این ادعا منصرف شود، اما حق با وی بود. تولید نفت آمریکا در سال ۱۹۷۰ میلادی به نقطه اوج رسید و از آن زمان مرتباً کاهش یافته است.

نکته مهمی که در اینجا وجود دارد این است که زمانیکه هوبرت نظریه خود را علنی کرد، هرکس چه در داخل صنعت نفت و چه در خارج آن و حتی سیاسیون، نظریه هوبرت را رد کردند، اما این پیش‌بینی به حقیقت پیوست؛ اینک ما هم در چنین شرایطی قرار گرفته‌ایم. متأسفانه بسیاری از سیاسیون و رؤسای کمپانی‌ها و ... صحبت‌های دانشمندان و کارشناسان بخش انرژی و زمین‌شناسی را در زمینه نزدیک بودن زمان پیک نفتی باور نمی‌کنند و با ساده‌انگاری از کنار آن می‌گذرند. در ادامه بیشتر به این موضوع خواهیم پرداخت.

اما هوبرت بر چه اساسی نظریه خود را مطرح کرد. او با مطالعه روند کشف و تولید اکثر مواد معدنی و زیرزمینی به این نتیجه رسید که آنها از یک منحنی زنگوله شکل پیروی می‌کنند. لذا مدل خود را بر اساس دو فرضیه زیر در مورد تولید نفت شکل داد:

- تاریخچه تولید بصورت منحنی زنگوله شکل باشد.
- سمت نزولی منحنی تصویر آینه‌ای از سمت صعودی منحنی باشد.

همانطور که در شکل (۱) می‌بینید، منحنی نقطه‌چین زیری در سمت راست، بر اساس تخمین هوبرت از نرخ تولید نفت آمریکاست در شرایطی که حد نهایی استحصال نفت که در واقع سطح

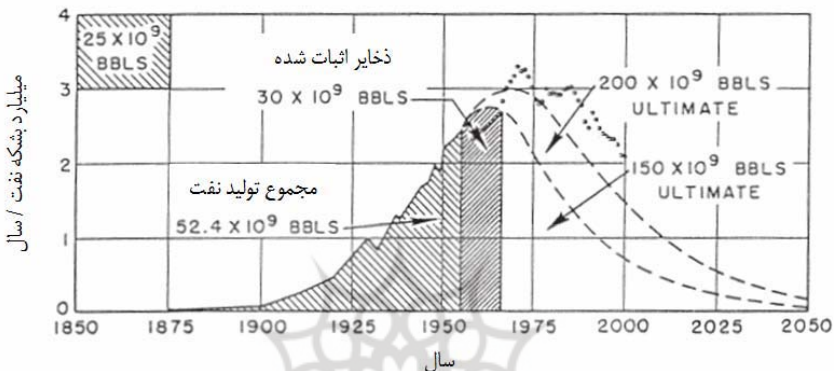
۱- Robert L. Hirsch

۲- Peaking of World Oil Production

۳- Marion King Hubbert

زیر منحنی است، ۱۵۰ میلیارد بشکه باشد. خط‌چین بالایی برای ۲۰۰ میلیارد بشکه است که پیش‌بینی مشهور هوبرت بر اساس آن شکل گرفت و نقطه قله تولید نفت امریکا در ۱۹۷۰ میلادی رخ داد.

شکل (۱): نمودار اصلی هوبرت در سال ۱۹۵۶ میلادی



منبع: (هوبرت، ۱۹۵۶: ۲۲)

میزان واقعی تولید نفت امریکا از ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۰ بصورت نقطه‌های کوچک در شکل مشخص است. تقریباً این میزان با پیش‌بینی هوبرت همخوانی دارد؛ با توجه به این نکته که در سال‌های بعد از ۱۹۷۰، مخازن عظیم نفت در آلاسکا و در فاصله دور از ساحل خلیج مکزیک و در اعماق آن کشف شد.

سعی ما در این گزارش بررسی تحقیقات صورت گرفته روی زمان رسیدن به قله تولید نفت جهانی، تأثیرات آن بر جهان و راه‌های تسکین مشکلات ناشی از این پدیده می‌باشد.

## ۲- قله تولید نفت جهان

### افزایش تقاضای انرژی در جهان

رشد اقتصاد و رشد جمعیت جهان سبب افزایش مداوم تقاضا برای انرژی می‌شود. کشورهای در حال توسعه و به خصوص اقتصادهای نوظهور نظیر چین، هند، برزیل و ... در سال‌های آینده با

رشد زیاد تقاضای انرژی مواجه خواهند بود. از سویی رشد اقتصادی و جمعیتی کشورهای تولیدکننده نفت خام هم سبب مصرف مقادیر زیادی از نفت تولیدی این کشورها برای مصارف داخلی می‌شود.

همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، گزارش دپارتمان انرژی آمریکا نشان می‌دهد در مجموع، مصرف جهانی نفت از حدود ۷۵ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۰۳ به ۱۲۱ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۲۵ میلادی افزایش خواهد یافت، که میانگین رشد سالانه مصرف جهانی نفت ۱٫۹٪ می‌باشد. این در حالیست که در سال ۲۰۱۰ میلادی، مصرف جهانی نفت بالغ بر ۸۵ میلیون بشکه در روز بوده است.

جدول ۱: پیش‌بینی نرخ‌های رشد جمعیت، تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی در جهان

پیش‌بینی روندهای مرجع در چشم انداز ۲۰۲۵-۲۰۰۱ میانگین درصد تغییرات سالانه			
	مصرف نفت	GDP	جمعیت
آمریکا	1.5	3.0	0.8
اروپای غربی	0.5	2.0	0.1
چین	4.0	6.1	0.5
اتحاد شوروی سابق	2.1	4.2	-0.2
ژاپن	0.3	1.7	-0.1
دیگر کشورها	2.0	4.0	1.3
جهان	1.9	3.0	1.0

منبع: (وزارت انرژی آمریکا، چشم‌انداز بین‌المللی انرژی، ۲۰۰۴)

اکثر مناطق و کشورهای دنیا تا سال ۲۰۳۰ میلادی دارای رشد مصرف نفت و مشتقات آن خواهند بود به جز منطقه اروپا و ژاپن که با قوانین سخت‌گیرانه در حوزه‌های محیط‌زیستی و تنوع‌سازی<sup>۱</sup> در استفاده از منابع مختلف انرژی مخصوصاً انرژی‌های تجدیدپذیر، سعی در کم

کردن سهم نفت خام در سبد انرژی خود دارد، اما همانطور که قبلاً هم عنوان شد، در کل جهان شاهد رشد مصرف نفت خام و وابستگی بیشتر به این محصول مهم و استراتژیک خواهد بود.

### ویژگی منابع نفتی

نفت خام را می‌توان به دو نوع متعارف و نامتعارف<sup>۱</sup> یا مرسوم و غیر مرسوم تقسیم بندی کرد. نفت متعارف، نفتی است که دارای کیفیت بالا و سبک باشد و به راحتی از مخازن نفتی قابل استحصال باشد. نفت نامتعارف سنگین است و شبیه قیر. نفت نامتعارف به راحتی نفت متعارف تولید نمی‌شوند مگر سرمایه‌گذاری هنگفتی برای آنها شود. به همین دلیل در حال حاضر بیشتر تولید نفت جهانی از منابع نفتی متعارف صورت می‌پذیرد. بیشتر منظور پیک نفت، نفت متعارف است.

در دنیا منابع عظیم هیدروکربوری قرار دارد که به صورت غیر مایع می‌باشند و با تکنولوژی‌هایی که نفت خام متعارف استخراج می‌شود قابل برداشت نیستند. مهمترین منابع نفت نامتعارف، شن‌های آغشته به نفت کانادا و مخازن نفت فوق سنگین و رسوبات قیری ونزوئلا می‌باشند. برداشت از این نوع منابع نیازمند داشتن تکنولوژی پیشرفته و هزینه‌های بسیاری است، از این رو در مواقعی که به صرفه باشند، استخراج می‌شوند.

تمام نفت درجا را به نام منابع نفت<sup>۲</sup> می‌شناسیم، با این حال به خاطر پیچیدگی‌های زمین‌شناسی و محدودیت‌های اقتصادی فقط بخشی از منابع قابلیت تولید را دارند. آن مقداری که بصورت واقعی قابلیت بازیابی را دارد به نام ذخایر نفت<sup>۳</sup> شناخته می‌شود که بر اساس قیمت نفت و میزان پیشرفت فناوری تولید نفت مشخص می‌گردد.

منابع متعارف نفت جهان را در نظر بگیرید. در گذشته، قیمت‌های بالاتر منجر به افزایش تخمین ذخایر نفت متعارف می‌شد، اما این رابطه بین قیمت و ذخایر محدودیت‌های خودش را دارد. در برخی قیمت‌ها، به خاطر مبانی زمین‌شناسی و محدودیت‌های منابع نفت، میزان ذخایر قابل

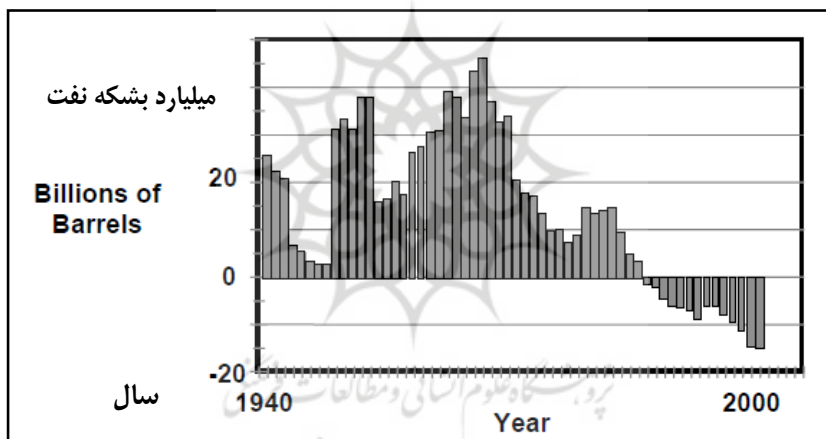
۱- Conventional and Unconventional

۲ - Oil Resources

۳ - Oil Reserves

استحصال نفت متعارف به حد ماکزیمم خود می‌رسد، بعد از این نقطه و ناکافی بودن نفت متعارف نسبت به تقاضای بازار، مابقی نفت متعارف با هر قیمت واقعی بازایی خواهد شد. در دهه اخیر به علت بالا بودن قیمت نفت، شرکت‌های نفتی اکتشافات گسترده‌ای را انجام دادند، اما نتایج کار آن‌ها ناامید کننده بود. اگر این روند بخواهد ادامه پیدا کند، امید کمی برای پیدا کردن منابع مطمئن نفتی در آینده وجود دارد. این مسئله در شکل (۲) نشان داده شده است. بوضوح مشخص است که بعد از دورانی که میزان ذخایر جدید کشف شده و اضافه شده به ذخایر کلی نفت جهان نسبت به میزان مصرف نفت بیشتر بوده است، اکنون این روند معکوس شده است و میزان ذخایر جدید اضافه شده، بسیار کاهش یافته است.

شکل (۲): اختلاف خالص سالانه بین ذخایر اضافه شده و میزان مصرف نفت خام جهان



منبع: (الکلت، ۲۰۰۳: ۶)

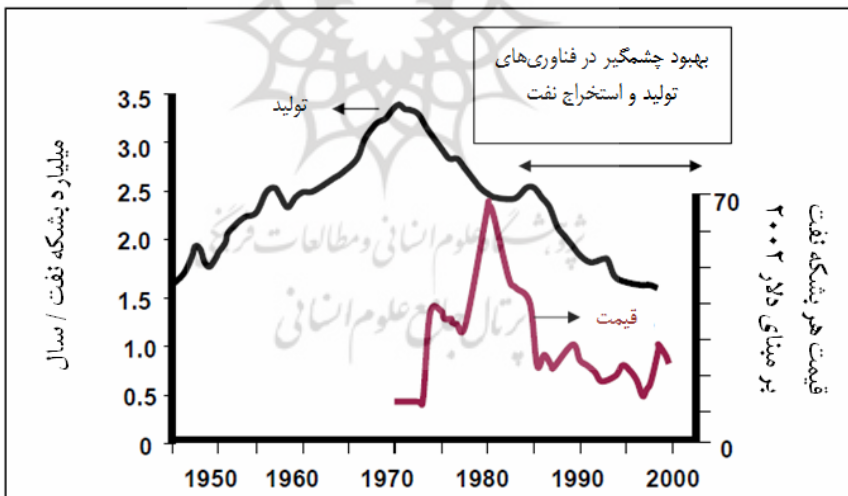
حقیقتی که در این بخش قابل ذکر است یکی از روندهایی است که ما را بیشتر به فکر حادث شدن پیک نفتی و کاهش ناگهانی نفت جهانی سوق می‌دهد.

### قیمت‌های بالا و فناوری‌های نو

تاریخ تولید نفت آمریکا (غیر از آلاسکا) به همراه روند قیمت‌های نفت و فناوری‌های مربوطه در شکل (۳) نشان داده شده است. قیمت نفت در سال‌های ۷۵-۷۴ حدود چهار برابر شد. این به خاطر تحریم نفتی غرب از سوی کشورهای عرب عضو اوپک بود. در سال ۸۰-۷۹ به دلیل اعتصابات صنعت نفت ایران و انقلاب اسلامی در ایران، صادرات نفت ایران موقتاً قطع شد و قیمت‌ها در حدود دو برابر افزایش یافتند. افزایش تولید بسیار اندک در خلال سال‌های دهه ۸۰ و ابتدای دهه ۹۰ احتمالاً پاسخی بود به افزایش ناگهانی قیمت در دو شوک نفتی قبلی، در هر حال هردوی آنها باعث افزایش سرمایه‌گذاری در بخش اکتشاف و تولید نفت شد.

دهه‌های ۸۰ و ۹۰ دوره طلایی توسعه فناوری میادین نفتی بود که شامل لرزه‌نگاری سه بعدی، حفاری افقی چاه‌ها، کشفیات زمین‌شناسانه بهبود یافته می‌شد. با این حال همانطور که در شکل ۳ دیده می‌شود، تولید نفت آمریکا روند نزولی خود را بدون هیچگونه واکنشی به میزان قیمت و فناوری ادامه داد.

شکل ۳: روند تولید نفت آمریکا (غیر از آلاسکا) و قیمت‌های نفت



منبع: (هرش، ۲۰۰۵: ۱۷)

بر اساس این تجربه است که انتظار می‌رود وضعیت مشابهی بعد از پیک نفتی جهان بوجود آید: بعید به نظر می‌رسد که قیمت‌های بالا و فناوری‌های پیشرفته، بتواند افزایش چشمگیری در تولید نفت متعارف داشته باشد.



### ۳- پیش‌بینی‌های انجام گرفته

تمام پیش‌بینی‌های انجام گرفته دربرگیرنده دو نکته می‌باشند: اول. در نظر گرفتن مصرف کلی نفت تا به حال و مخازنی که از تولید باز ایستاده‌اند، سپس مخازن نفتی که در حال حاضر در مراحل مختلف توسعه‌شان در حال تولید می‌باشند. دوم. تمام مخازنی که در تمام کشورهای دنیا ممکن است از این به بعد کشف شوند.

این کار، به دلیل تنوع بسیار زیاد و گستردگی داده‌ها و اطلاعات و همچنین تعصبات احتمالی برخی کشورها و شرکت‌ها در ارائه اطلاعات، یک جمع‌بندی بسیار پیچیده است. در عمل، برآوردکنندگان از تخمین‌های مختلف برای پیش‌بینی آینده تولید نفت جهان استفاده می‌کنند. این پیچیدگی‌ها به راحتی منجر به ارائه نتایج نادرست و گوناگون می‌شود. افراد و گروه‌های مختلف از اطلاعات در دسترس و تخمین‌های زمین‌شناسی برای بهبود پیش‌بینی‌هایشان در مورد زمان ممکن رسیدن به قله تولید نفت استفاده کرده‌اند. جدول (۲) پیش‌بینی‌های اخیر را دسته‌بندی کرده است.

#### جدول ۲: پیش‌بینی‌های انجام شده در مورد زمان رسیدن تولید نفت جهان به قله آن

پیشینه	منبع پروژه	زمان پیش‌بینی شده
از مدیران اسبق شرکت ملی نفت ایران	علی سمسام بختیاری	۲۰۰۶-۲۰۰۷
شرکت مشاوره سرمایه‌گذاری در انرژی	مِثیو سایمنز	۲۰۰۷-۲۰۰۹
سرمدیر نشریه در امور نفت	اسکرُبوسکی	بعد از ۲۰۰۷
زمین‌شناس شرکت نفت	کنث دیفیز	قبل از ۲۰۰۹
معاون رییس انستیتو فناوری کالیفرنیا (کلنک)	دیوید گودشتاین	قبل از ۲۰۱۰
زمین‌شناس شرکت نفت	کولین کمپل	حدود ۲۰۱۰
سازمان جهانی غیر دولتی	شورای جهانی انرژی	بعد از ۲۰۱۰
مشاور و مهندس نفت	ژان لاهِر	۲۰۱۰ - ۲۰۲۰
وزارت انرژی آمریکا	اداره اطلاعات انرژی آمریکا	۲۰۱۶
مشاوران انرژی	مؤسسه پژوهشی انرژی کمبریج	بعد از ۲۰۲۰
شرکت بزرگ نفتی	شرکت شل	۲۰۲۵ یا دیرتر

منبع: (هرش، ۲۰۰۵: ۱۹)

#### ۴- پیش بینی کنث اس دیفیز

پروفسور دیفیز<sup>۱</sup> در کتاب خودش تحت عنوان «قله هوبرت، قریب الوقوع بودن کمبود نفت جهانی»، ضمن تشریح نحوه عمل و پیش بینی هوبرت در مورد قله تولید نفت آمریکا، بیان می کند که می توان همان کار را با کل تولید نفت جهان انجام داد. حدود سال ۱۹۹۵ میلادی، تعدادی از کارشناسان روش هوبرت را در تولید جهانی نفت اعمال کردند، و اکثر آنها تخمین زدند که پیک نفتی جهان بین سال های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ میلادی واقع خواهد شد.

یک تحقیق دانشگاهی در سال ۱۹۹۷ میلادی توسط کولین جی. کمپل نشان می دهد که حد نهایی بازیافت جهانی نفت، ۱/۸ تریلیون بشکه می باشد (کمپل<sup>۲</sup>، ۱۹۹۷: ۲۰۱). در سال ۱۹۸۲ میلادی، هوبرت در آخرین مقاله چاپ شده اش تخمین ۲/۱ تریلیون بشکه را زده بود (هوبرت، ۱۹۸۱: ۸). روش ۱۹۵۶ هوبرت به ما می گوید که پیک نفتی برای تخمین ۱/۸ تریلیون بشکه در سال ۲۰۰۳ میلادی و برای تخمین ۲/۱ تریلیون بشکه در سال ۲۰۰۸ یا ۲۰۰۹ میلادی خواهد بود.

دیفیز برای اطمینان از عملکرد خودش ابتدا داده های واقعی میزان تولید نفت آمریکا را در مقایسه با روش هوبرت، تا سال ۲۰۰۰ میلادی روی نمودار رسم کرد. این روند که در شکل (۴) نشان داده شده است، بصورت خوبی با توزیع گوسی شکل<sup>۳</sup> همپوشانی پیدا می کرد.

در شکل (۴) تولید نفت از مخازن آلاسکا و مخازن دور از ساحل هم نشان داده شده است. می بینیم که پیک نفتی آمریکا در سال ۱۹۷۰ میلادی شکل گرفته است و بصورت نسبتاً خوبی با منحنی توزیع تطبیق دارد.

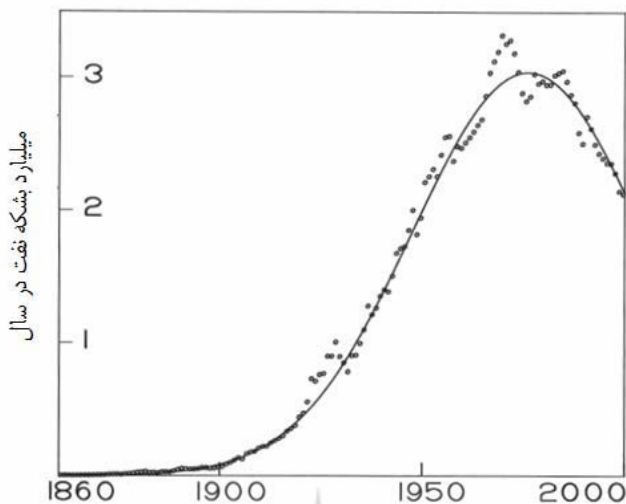
در شکل (۵)، او با استفاده از روش هوبرت، توزیع گوسی شکل و داده های واقعی میزان تولید نفت جهان، برای دو تخمین حد نهایی بازیافت جهانی نفت، یعنی ۱/۸ و ۲/۱ تریلیون بشکه، توانسته است نقطه اوج تولید نفت جهان را بین سال های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹ میلادی تخمین بزند.

۱- Kenneth S. Deffeyes

۲- Colin J. Campbell

۳- Gaussian Distribution

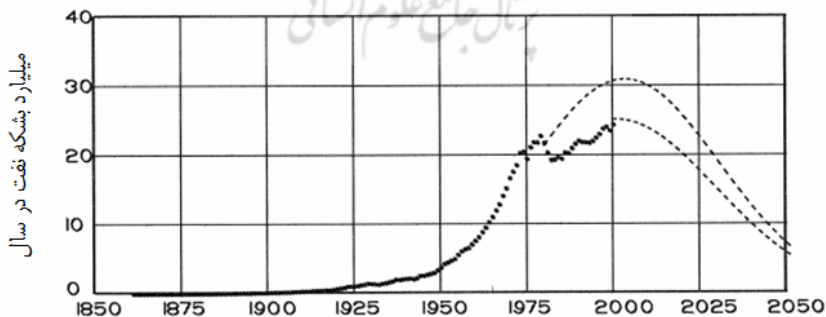
شکل ۴: تولید سالانه نفت خام آمریکا (نقاط) به همراه بهترین منحنی توزیع گوسی تطبیق داده شده با آن



منبع: (دیفیز، ۲۰۰۸: ۱۴۳)

تولید جهانی نفت تا سال ۲۰۰۰ از داده‌های حقیقی، با نقاط پرننگ در شکل (۵) مشخص شده است. منحنی‌های خط‌چین سمت راست نشان‌دهنده نرخ تولید ممکن نفت می‌باشند. سطح زیر منحنی پایین، حدنهایی برداشت نفت به میزان  $1/8$  تریلیون بشکه و سطح زیر منحنی بالا معرف میزان ذخایر قابل استحصال به میزان ۲٫۱ تریلیون بشکه نفت خام می‌باشد.

شکل ۵: تولید سالانه نفت خام جهان تطبیق داده شده با دو تخمین حد نهایی بازیافت



منبع: (دیفیز، ۲۰۰۸: ۵)

## ۵- یک پیش‌بینی خوش‌بینانه

در سال ۲۰۰۰ میلادی، اداره اطلاعات انرژی آمریکا<sup>۱</sup>، ۱۲ سناریو برای پیک تولید نفت جهان توسعه داد. در این سناریوها از سه تخمین اداره زمین‌شناسی آمریکا در مورد میزان منابع نفت متعارف و همچنین چهار نرخ رشد تقاضای جهانی نفت (۰، ۱، ۲ و ۳ درصد در سال) استفاده شد.

در اینجا به دو سناریو آن‌ها می‌پردازیم که بر اساس تخمین حد نهایی بازیافت نفت به میزان ۳/۰۰۳ تریلیون بشکه به همراه رشد سالانه تقاضا به میزان ۲٪ می‌باشد.

شکل (۶) نشان‌دهنده این فرضیات است. تفاوت دو نمودار براساس میزان کاهش تولید نفت بعد از رسیدن به قله تولید می‌باشد. در یکی نسبت ذخیره به تولید<sup>۲</sup> با مقدار ۱۰ کاهش می‌یابد و در دیگری میزان تولید سالانه ۲٪ کاهش می‌یابد. چون مساحت زیر دو نمودار باید یکسان و برابر ۳/۰۰۳ تریلیون بشکه باشد، نموداری که با سرعت بیشتری در نهایت کاهش می‌یابد، در زمان دیرتری به نقطه اوج خود خواهد رسید.

سناریویی که سال پیک نفتی را ۲۰۱۶ میلادی نشان می‌دهد، دارای حالت متقارن است که با نمودار تولید نفت آمریکا (شکل ۳) همخوانی دارد. اما سناریویی که در آن پیک نفتی در ۲۰۳۷ میلادی رخ می‌دهد، نه تنها منطبق بر تجربیات تاریخی تولید نفت آمریکا نیست، بلکه با تجربیات رفتار یک چاه نفت هم متفاوت است که معمولاً پروفایل تولیدشان بصورت متقارن است. در نهایت به نظر می‌رسد که زمان پیک نفتی ۲۰۱۶ قابل قبول‌تر از تخمین ۲۰۳۷ میلادی باشد.

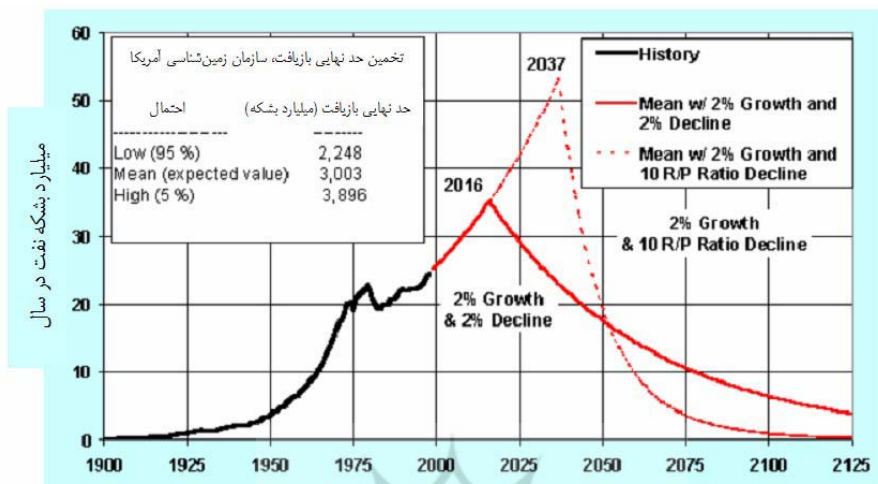
شایان ذکر است که متأسفانه تخمین اداره زمین‌شناسی آمریکا از میزان نهایی بازیافت نفت جهانی، بسیار فراتر از دیگر تخمین‌هاست که توسط اکثر متخصصین و دانشمندان مستقل انجام می‌شود. لذا اگر با تخمین‌های کمتری از میزان ذخایر نفتی جهان بسنجیم، زمان پیک تولید نفت زودتر از سال ۲۰۱۶ میلادی رخ خواهد داد (هرش، ۲۰۰۵: ۶۹).

۱ - U.S. Department of Energy (DOE). The Energy Information Administration (EIA)

۲ - R/P

### شکل (۶): دو سناریوی پیش‌بینی شده برای زمان پیک تولید نفت جهان

هر دو دارای ۲٪ رشد سالانه تولید نفت و دو روش متفاوت کاهش بعد از نقطه اوج



منبع: (وزارت انرژی آمریکا، عرضه جهانی بلند مدت نفت، ۲۰۰۰)

### ۶- نظرات متوسایمنز

در این بخش به عمده‌ترین نظرات متوسایمنز<sup>۱</sup> در باب احتمال شوک نفتی می‌پردازیم. این نظرات از مجموع کتاب مهم او درباره وقوع شوک نفتی عربستان و تأثیرات آن بر اقتصاد جهانی<sup>۲</sup> و اسلایدها و سخنرانی‌هایش که بصورت مکتوب در وبسایت شرکتش<sup>۳</sup> قرار دارد، برداشت شده‌اند:

- چه زود چه دیر، جهان با یک پیک نفتی بزرگ مواجه خواهد شد، زیرا نفت مانند دیگر سوخت‌های فسیلی نظیر زغال‌سنگ و گاز، با این سرعت برداشت و مصرف، غیر قابل تجدید هستند.

۱- Matthew R. Simmons

۲- Simmons, Matthew R. (2005), "Twilight in the Desert, the Coming Saudi Oil Shock and the World Economy", John Wiley and Sons.

۳- Simmons & Company International; <http://www.simmonsco-intl.com>

- در ۳۰ سال گذشته، مصرف روزانه نفت هر ساله افزایش یافته و تقریباً ۳۳ میلیون بشکه در روز افزایش را نشان می‌دهد، بیش از نیمی از این افزایش مربوط به تقاضای کشورهای آسیایی بوده است.
- آخرین سطح تقاضاها نشان می‌دهد که حداکثر زمان تأمین نفت جهانی تا سال ۲۰۴۵ میلادی خواهد بود.
- بزرگترین تولیدکنندگان نفت در جهان، عربستان با ۱۳ درصد و روسیه ۱۲ درصد می‌باشند.
- خلیج مکزیک که حدود ۲۹ درصد از تولید نفت آمریکا را تأمین می‌کند، در سال ۲۰۰۵ به خاطر طوفان‌های کاترینا و ریتا<sup>۱</sup>، از چرخه تولید خارج شد که ضربات سختی را به اقتصاد آمریکا وارد کرد. همچنین این خلیج دچار افت شدید تولید شده است و در قوس نزولی تولید قرار دارد.
- خروجی میدان کانترال مکزیک در حال کاهش است و مکزیک تا چند سال آینده مجبور به توقف صادرات نفت خام به آمریکا می‌شود.
- اعضای گروه ۲۰<sup>۲</sup> که شامل دو تولیدکننده بزرگ جهان - روسیه و عربستان - و همچنین پنج کشور بزرگ مصرف کننده نفت جهان - آمریکا، چین، ژاپن، کره جنوبی و هند - باید راه کارهایی را برای جلوگیری از شوک نفتی در آینده و مصرف بهینه نفت در جهان در پیش بگیرند.
- با مطالعه بیش از ۵۰۰ مقاله انجمن مهندسان نفت<sup>۳</sup> مشخص شده که عربستان در طی ۴۰ سال اخیر با حداکثر ظرفیتش تولید کرده، تولیدش به هیچ عنوان صیانتی نبوده، ۵ مخزن بسیار عظیم<sup>۴</sup> عربستان که عهده‌دار تولید ۹۰٪ نفت این کشور هستند در قوس نزولی تولید قرار دارند و بسیار پیر شده‌اند.

۱- Hurricanes Katrina and Rita

۲- The Group of Twenty Finance Ministers and Central Bank Governors (the G20 or Group of Twenty)

۳- Society of Petroleum Engineering, (SPE)

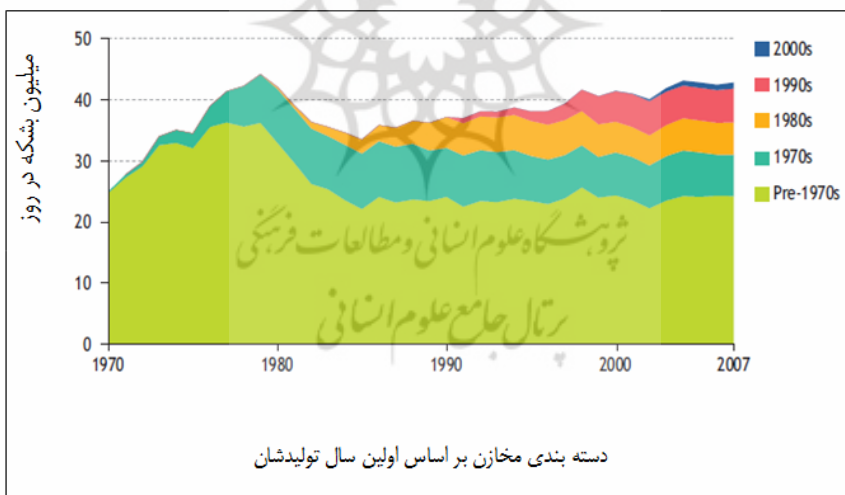
۴- Super Giant Oil Fields

• با توجه به اینکه مصرف داخلی عربستان در طی این سال‌ها، هر سال حدود ۶ درصد رشد داشته و به نظر می‌رسد مصرف داخلی این کشور در ۵ سال آینده به دو برابر میزان فعلی برسد، و با توجه به عمر بالای چاه‌های نفتی عربستان و روند کاهشی تولید و استخراج نفت از مخازن عظیم آن، به زودی شاهد شوک نفتی بزرگی از سوی عربستان خواهیم بود که هیچ جایگزینی برای آن وجود ندارد.

• نباید صرفاً به حرف حاکمان عربستان سعودی و مسئولین شرکت سعودی آرامکو اعتماد کرد، بلکه جهان و مخصوصاً غرب باید به دنبال جایگزین‌های مناسبی برای خطر شوک نفتی عربستان باشند.

اکثر میدان‌های عظیم نفتی عربستان، بیش از ۴۰ سال است که از آنها در حال برداشت هستیم، این مخازن به دوران رکود خود رسیده‌اند (شکل ۷). اگر مخازن عظیم نفتی خاورمیانه دیگر کشف تولید بیشتر از این را نداشته باشند، چه اتفاقی خواهد افتاد؟

شکل (۷): تولید جهانی نفت خام از مخازن بسیار عظیم به مرور زمان



منبع: (آژانس بین‌المللی انرژی، چشم انداز جهانی انرژی، ۲۰۰۸)

## ۷- عوامل مؤثر بر پیک نفتی

عواملی موجود است که بر روی نقطه اوج تولید نفت در جهان تاثیر زیادی دارد. در اینجا لیستی

از تشدید دهنده‌ها و تسکین دهنده‌ها ارائه می‌شود (هرش، ۲۰۰۵: ۳۷).

### الف) تسکین دهنده‌ها

عواملی که باعث کاهش مشکلات ناشی از نقطه اوج تولید نفت در جهان می‌شوند و یا زمان آن را به تأخیر می‌اندازند:

- پیش‌بینی‌های بدبینانه اشتباه کنند و نقطه اوج تولید دهه‌های متوالی اتفاق نیافتد؛
- ذخایر نفت خاورمیانه بسیار بیشتر از آن چیزی باشد که به صورت عمومی اعلام می‌شود؛
- تعداد زیادی از میدان‌های جدید نفتی بسیار بزرگ کشف شود و به مرحله بهره‌برداری برسد؛
- قیمت زیاد نفت در جهان در طول یک دوره معین (یک دهه یا بیشتر)، سطح بالاتری از حفاظت بنیادی و راندمان انرژی را القا کند؛
- ایالات متحده آمریکا و سایر کشورها، قبل از نقطه پیک جهانی نفت تصمیم به بنیان نهادن استانداردهای مهم و سختگیرانه در ارتباط با بهینه‌سازی سوخت بگیرند؛
- رشد اقتصادی و جمعیت در جهان کند شود و تقاضا در آینده بسیار کمتر از پیش‌بینی‌ها باشد؛
- چین و هند تصمیم به وضع استانداردهای جدید در خصوص راندمان وسایل نقلیه و سایر ملزومات بهره‌وری انرژی به منظور کاهش نرخ رشد نفت مورد نیازشان بگیرند؛
- قیمت‌های نفت به اندازه کافی در سطح بالایی بماند تا صنایع شروع به تغییرات اساسی در کارخانه‌های خود برای جایگزینی سوخت‌های دیگر به جای نفت و فرآورده‌هایش بکنند؛
- ذخایر بزرگ جدید گاز طبیعی کشف شود و قسمتی از آن تبدیل به سوخت مایع شود؛
- برخی از انواع پیشرفت‌های علمی در زمینه انرژی‌های جایگزین قبل از رسیدن به پیک نفتی، به مرحله استفاده صنعتی و تجاری برسند تا از میزان تقاضای نفت کاسته شود.

### ب) تشدید کننده‌ها

عواملی که باعث جلو افتادن زمان رسیدن به نقطه اوج تولید نفت در جهان می‌شوند:



- ذخایر نفتی خاورمیانه بسیار کمتر از آنچه که گفته می‌شود، باشد؛
- تروریسم در سطح کنونی باقی بماند و یا در تولید نفت، تصفیه و توزیع آن اختلال ایجاد کند؛
- بی‌ثباتی سیاسی در کشورهایی که تولیدکننده عمده نفت هستند، باعث غیر قابل پیش‌بینی بودن میزان ذخایر جهانی نفت شود؛
- سیگنال‌های بازار و تروریسم در واقعی‌سازی نقطه اوج ایجاد تأخیر کنند که همین امر موجب تأخیر در عوامل تسکین‌دهنده می‌شود؛
- در مقیاس بزرگ، عدم ثبات سیاسی در خاورمیانه مانع تولید نفت شود؛
- حتی با تقاضای زیاد مشتریان برای استفاده از خودروهای شخصی، اقدام جدی برای بهره‌وری و بازده مناسب موتور خودروها صورت نگیرد؛
- بی‌اعتنایی به چالش‌ها و پروتکل‌های زیست‌محیطی منجر به گسترش تولید و استفاده از انرژی می‌شود، که کمبودهای آن با سوخت‌های مایع جبران شود.

## ۸- نتایج

از مجموع مباحثی که در این نوشتار به آن‌ها پرداختیم، موارد زیر نتیجه‌گیری می‌شوند:

۱. قله اوج نفتی جهان به زودی رخ می‌دهد؛  
تولید جهانی قراردادی نفت به بیشترین مقدار خواهد رسید و از آن نقطه به بعد کاهش خواهد یافت. این نقطه بیشینه، نقطه اوج خوانده می‌شود. پیش‌بینی قله نفتی به خاطر عواملی از قبیل پیچیدگی‌های زمین‌شناسی، مشکلات اندازه‌گیری، تغییرات قیمت، حساسیت تقاضا و تأثیرات سیاسی، بسیار بسیار مشکل است.
۲. پیک نفتی برای اقتصاد ایالات متحده هزینه‌بر است؛  
در طول قرن گذشته اقتصاد مستقل ایالات متحده و سبک زندگی، به طور اساسی بوسیله نفت فراوان و ارزان قیمت شکل گرفته است. کمبود نفت و افزایش قیمت با توجه به پیک جهانی تولید نفت، می‌تواند تأثیرات غم‌انگیزی در پی داشته باشد. یک دهه پس از آغاز پیک نفتی شبیه به دوره تحریم نفت ۷۴-۱۹۷۳ میلادی خواهد بود، بدین ترتیب ایالات متحده ضرر اقتصادی در مقیاس تریلیون دلار خواهد داشت.

در ضمن این نکته مهم است که برخی کارشناسان اعلام کرده‌اند با پیشرفت تکنولوژی و افزایش قیمت‌های نفت، استخراج از مخازن نفت نامتعارف هم اقتصادی می‌شود، پس به این زودی‌ها به نقطه اوج تولید نفت نخواهیم رسید. دو نکته حائز اهمیت است؛ یکی اینکه اطلاعات و فناوری‌ها هنوز در بخش نفت‌های نامتعارف به حد عالی نرسیده است و نکته مهمتر اینکه دنیا دیگر باید با نفت ارزان قیمت خداحافظی کند و پایه‌های اقتصادیش را بر مبنای نفت گران قیمت پی‌ریزی کند.

۳. پیک نفتی یک چالش منحصر به فرد است:

جهان هیچ وقت با چنین مشکلی رو به رو نبوده است. دوره گذار در سایر منابع انرژی (از چوب به زغال‌سنگ و از زغال‌سنگ به نفت) کاملاً تدریجی بوده است، در حالیکه پیک نفتی ناگهانی خواهد بود.

۴. مشکل، سوخت‌های مایع است:

تقاضای جهانی برای نفت به میزان دو درصد در سال در چند دهه آینده افزایش خواهد یافت. این رشد به خصوص توسط قسمت حمل و نقل صورت می‌گیرد. عمر فیزیکی و اقتصادی تجهیزات حمل و نقلی موجود، در مقیاس دهه اندازه‌گیری می‌شود.

پیک نفتی باعث نمایش مشکلات سوخت مایع می‌شود، نه به عنوان بحران انرژی که قبلاً گفته می‌شد. وسایل نقلیه موتوری، هواپیما، قطار و کشتی جایگزین آماده دیگری برای سوخت مایع ندارند. منابع انرژی غیر هیدروکربنی، همانند انرژی خورشیدی، باد، فتوولتائیک، انرژی هسته‌ای، انرژی حرارتی زمین، گداخت هسته‌ای و ... الکتریسیته تولید می‌کنند نه سوخت مایع. بنابراین تسکین کاهش تولید جهانی نفت باید به دقت مورد توجه قرار گیرد.

۵. تلاش‌های تسکین‌دهنده نیازمند زمان قابل توجهی است:

تسکین و تخفیف نیازمند تلاش شدیدی در طول چندین دهه است. نتایج غیر قابل اجتناب بر مبنای زمان مورد نیاز برای جایگزین کردن تعداد زیادی وسیله نقلیه مصرف‌کننده سوخت مایع می‌باشد و همچنین نیازمند زمان مورد نیاز برای ساختن تعداد قابل توجهی از تسهیلات تولیدکننده سوخت جانشین است.

سناریوی آنالیز شده توسط هرش اینگونه است (هرش، ۲۰۰۵: ۶۵):

✓ در صورتی که اقدامات تسکین‌دهنده پیک نفتی نزدیک به زمان رخ دادن پیک نفتی آغاز شود، حدود دو دهه طول می‌کشد تا اقتصاد جهانی به ثبات برسد.

✓ در صورتی که اقدامات تسکین‌دهنده یک دهه پیش از پیک نفتی آغاز شود، مؤثر نخواهد بود.

✓ بهترین زمان برای آغاز اقدامات تسکین‌دهنده، دو دهه پیش از رخ دادن پیک نفتی است که فرصت کافی برای انجام اقدامات همه‌جانبه را خواهیم داشت.

۶. عرضه و تقاضا، هر دو نیازمند توجهند:

کشورهای مصرف‌کننده نفت که عمدتاً دارای فناوری‌های نوین هستند، باید به کشورهای تولیدکننده نفت و همچنین کشورهای در حال توسعه کمک کنند تا نرخ مصرف جهانی نفت کاهش یابد و تولید نفت به صورت صیانتی انجام گیرد و مقدار نفت قابل استحصال از منابع نفتی افزایش یابد. رشد اقتصاد جهانی و مقابله با مشکلات ناشی از پیک نفتی نیازمند همکاری دوجانبه کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده می‌باشد.

۷. این موضوع از جنس مدیریت ریسک است:

پیک تولید جهانی نفت در واقع یک نوع مسأله کلاسیک مدیریت ریسک می‌باشد.

✓ تلاش‌های تخفیف‌دهنده که زودتر از وقت نیاز شروع شده‌اند، در صورتیکه پیک نفتی تأخیر زیادی داشته باشد، ممکن است نابهنگام و نارس باشند.

✓ از طرف دیگر، اگر پیک نفتی قریب‌الوقوع باشد، شکست در شروع تسکین می‌تواند مخرب باشد. از همین رو احتیاط در مدیریت ریسک نیازمند برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی تسکین درست پیش از پیک نفتی می‌باشد. البته تسکین زود هنگام بسیار کم هزینه‌تر و با خطر کمتری نسبت به تسکین دیر هنگام برای اقتصاد جهانی است.

۸. مداخله دولت نیاز خواهد بود:

مداخله دولت مورد نیاز است، چرا که مسائل اقتصادی و اجتماعی ناشی از پیک نفتی در هر حال باعث بی‌نظمی خواهد شد.

۹. انقلاب اقتصادی اجتناب‌ناپذیر نیست:

بدون تسکین، مسلماً پیک تولید جهانی نفت باعث انقلاب اقتصادی خواهد شد، اگرچه با داشتن زمان کافی برای پیشگیری، مشکلات با تکنولوژی کنونی نیز قابل حل می‌باشد. به طور تقریبی مدیریت ریسک اعمال شده، قادر است پیشامدهای مخرب را به کمترین حد ممکن برساند.

۱۰. اطلاعات بیشتری مورد نیاز است:

لازمه برخورد مؤثر با رخداد پیک نفتی، شناسایی و درک بهتر همه عوامل مرتبط می‌باشد. آیا داشتن نشانه‌های نسبتاً روشن برای مشخص کردن زمان رخ دادن پیک نفتی کافی است؟ در واقع داشتن تسکین‌دهنده‌های بالقوه با توجه به زمان‌بندی و صرف هزینه، بسیار مطلوب می‌باشد.

## ۹-پیشنهادات

متأسفانه اکثر مطالعات و ادبیات موجود در زمینه زمان رسیدن به نقطه قله تولید نفت در جهان، توسط کارشناسان و متخصصان کشورهای مصرف‌کننده نوشته شده است. آن‌ها به چالش‌های پیش‌روی کشورهای مصرف‌کننده در این زمینه پرداخته‌اند. جای خالی تحقیقات مستقل در مورد کشورهای تولیدکننده نفت، مخصوصاً ایران، در زمینه زمان وقوع این پدیده برای هر کشور با توجه به اکتشافات جدید و فناوری‌های جدید و همچنین تأثیراتی که این کشورها از زمان رسیدن تولید نفت به اوج خود به بعد خواهند دید، وجود دارد. مسلماً نفت در آینده نه چندان دور بسیار از زمان حال و حتی گذشته، کالایی استراتژیک‌تر خواهد بود که نیازمند برنامه‌ریزی دقیق کشورهای تولیدکننده نفت و کشورهای دارای مازاد تولید یا ظرفیت مازاد و هماهنگی آن‌ها با هم دارد.

در مورد ایران به نظر می‌رسد نمی‌توان خیلی دقیق اظهار نظر کرد. یکی از دلایل مهم این امر عدم بررسی و آمایش همه جانبه کل کشور از نظر میزان مخازن نفتی قابل استحصال است. مسلماً این کار باید در آینده نزدیک به طور دقیق انجام شود. در واقع دانستن زمان پیک نفتی ایران به ما این کمک را خواهد کرد تا برای استفاده از منابع فسیلی و همچنین جایگزینی آن‌ها با انرژی‌های نو برنامه‌ریزی دقیقی داشته باشیم. در ضمن مسئولان کشور باید برای زمانی که جهان دچار مشکل کمبود عرضه نفت می‌شود هم برنامه داشته باشند و از نفت به عنوان یک ابزار استراتژیک نهایت

بهره را ببرند. یکی از مسائلی که به این امر کمک می‌کند، مازاد ظرفیت تولید کشور است. در واقع ما باید تمام سعی خود را برای ایجاد ظرفیت اضافی در تولید نفت به کار ببندیم، البته این مسئله به معنای تولید نفت بیش از حد نیاز بودجه کشور نیست، بلکه صرفاً ایجاد ظرفیت بالای تولید نفت جهت استفاده از نفت در مواقع حساس و به عنوان یک کالای استراتژیک مد نظر است.

شایان ذکر است اخیراً در تحقیقی که از سوی دکتر بهداد کیانی و همکارانش در دانشگاه علم و صنعت انجام شده، با سناریوهای مختلف، زمانی بین سال‌های ۱۴۲۰ و ۱۴۳۰ به عنوان زمان پیک نفتی در ایران پیش‌بینی شده است (کیانی و دیگران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹: ۹)، که البته نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد.

## منابع

- Aleklett, K. and Campbell, C.J. (2003) "The Peak and Decline of World Oil and Gas Production", *Minerals & Energy*, Vol. 18, No.1, pp. 5-20. ASPO web site.
- Campbell, C. J.(1997), *The Coming Oil Crisis*, Multi-Science Publishing Company and Petro Consultants, S. A., Essex, England.
- Deffeyes, Kenneth S (2008), *Hubert's Peak: the Impending World Oil Shortage*, Princeton Univ. Press.
- Hubbert, Marion King(June 1956), "Nuclear Energy and the Fossil Fuels, Drilling and Production Practice", Spring Meeting of the Southern District, Division of Production, *American Petroleum Institute*, San Antonio, Texas: Shell Development Company. pp. 22-27.
- Hubbert, M. K. (1981), "The World's Evolving Energy System", *American Journal of Physics*, 49:1007-29.
- International Energy Agency(2008), *World Energy Outlook 2008*; <http://www.worldenergyoutlook.org/index.asp>
- Kiani, B., Hosseini, S. H. and Amiri, R. H. (2009), "Examining the Hubbert Peak of Iran's Crude Oil: A System Dynamics Approach", *European Journal of Scientific Research*, Vol.25 No.3 (2009), pp.437-447.
- Matthew R. Simmons(2005), *Twilight in the Desert, the Coming Saudi Oil Shock and the World Economy*, John Wiley and Sons.

- Robert L. Hirsch, Roger Bezdek, Robert Wendling (Feb 2005), "**Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management**", **U.S. Department of Energy**,
- Simmons & Company International; <http://www.simmonsco-intl.com>
- U.S. Department of Energy (DOE), the Energy Information Administration (EIA) (2004), **The International Energy Outlook 2004** (IEO2004); <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html>
- U.S. Department of Energy (DOE), the Energy Information Administration (EIA)(2000), "**Long Term World Oil Supply**", April 18.
- [www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/oil\\_peaking\\_netl.pdf](http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/oil_peaking_netl.pdf)

