



دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده علوم اداری و اقتصادی

پایان نامه کارشناسی ارشد

# پیش بینی روند تولید نفت در ایران با استفاده از الگوهای هابرت

شیر کو بهادری

استاد راهنما

دکتر محمد علی فلاحی

استاد مشاور

دکتر احمد سیفی

آذر ۱۳۹۰

## تعهد نامه

عنوان پایان نامه: پیش‌بینی روند تولید نفت در ایران با استفاده از الگوهای هابرت

اینجانب شیرکو بهادری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته اقتصاد انرژی دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی دکتر محمدعلی فلاحی متعهد می‌شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می‌گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد دیگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

تاریخ

نام و امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده:

ایران طی چند دهه اخیر همواره یکی از مهمترین تولید کنندگان و صادر کنندگان نفت خام دنیا بوده است. ایران بعد از عربستان سعودی و روسیه سومین صادرکننده بزرگ دنیا و دومین صادرکننده نفت آپک می‌باشد. وابستگی اقتصاد ایران به منابع ارزی ناشی از درآمدهای نفتی و در نقطه مقابل آن وابستگی دنیا به نفت خام ایران به دلیل نیاز روزافزون به منابع انرژی، نشان‌دهنده اهمیت ویژه تولید نفت خام ایران برای داخل کشور و دنیا می‌باشد. گواه این مدعی، رکود اقتصاد جهانی اوایل دهه هشتاد به دلیل افزایش قیمت‌های نفت خام، ناشی از کاهش تولید نفت خام ایران به دلیل انقلاب ۱۹۷۹ بود.

با توجه به اهمیت تولید نفت خام ایران، برای اقتصاد داخلی و جهانی، روند تولید نفت خام ایران در این مطالعه پیش‌بینی شده است. بر اساس ارقام برآورد شده برای کل نفت قابل استحصال با استفاده از الگوهای هابرت کلاسیک، هابرت اصلاح شده و لاجستیک، مقادیر ۱۵۰، ۱۷۰، ۱۹۰، ۲۰۵ و ۲۲۵ میلیارد بشکه کل نفت قابل استحصال برای پیش‌بینی روند تولید نفت ایران در نظر گرفته شده است.

پیش‌بینی روند تولید نفت با استفاده از دو الگوی هابرت اصلاح شده دوگانه و چهارگانه انجام پذیرفت. درحالت اول زمان رسیدن به نقطه اوج دوم برای مقادیر مختلف ۱۵۰، ۱۷۰، ۱۹۰، ۲۰۵ و ۲۲۵ میلیارد بشکه کل نفت قابل استحصال، به ترتیب سال‌های ۲۰۱۹، ۲۰۲۴، ۲۰۲۷، ۲۰۳۱ و ۲۰۳۳ به دست آمد. زمان رسیدن به نقطه چهارم اوج برای مقادیر کل نفت قابل استحصال فوق، در الگوی هابرت اصلاح شده چهارگانه، به ترتیب سال‌های ۲۰۵۸، ۲۰۶۱، ۲۰۶۳، ۲۰۶۴ و ۲۰۶۶ پیش‌بینی گردید.

**کلید واژه‌ها:** اوج تولید، کل ذخایر قابل استحصال، منحنی هابرت، برداشت ثانویه، برداشت ثالثیه

۱. فصل اول: کلیات تحقیق ..... ۱
- ۱-۱) مساله اصلی تحقیق ..... ۲
- ۲-۱) تشریح و بیان موضوع ..... ۲
- ۳-۱) ضرورت انجام تحقیق ..... ۴
- ۵-۱) فرضیه های تحقیق ..... ۵
- ۶-۱) اهداف اساسی از انجام تحقیق ..... ۵
- ۷-۱) روش انجام پژوهش ..... ۶
- ۱-۷-۱) روش تحقیق ..... ۶
- ۲-۷-۱) قلمرو تحقیق ..... ۶
- ۳-۷-۱) دوره زمانی انجام تحقیق ..... ۶
- ۴-۷-۱) مکان تحقیق ..... ۶
- ۵-۷-۱) روش های مورد نظر برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و آزمون فرضیه ها ..... ۶
- ۸-۱) تعاریف مربوط به نفت خام ..... ۹
- ۱-۸-۱) تعاریف مربوط به اندازه گیری مقدار نفت ..... ۹
- ۲-۸-۱) تعاریف مربوط به چگالی و غلظت نمک موجود در نفت خام ..... ۱۰
- ۳-۸-۱) تعاریف مربوط به زمین شناسی نفت خام ..... ۱۲
- ۴-۸-۱) تعاریف مربوط به ذخیره نفت خام ..... ۱۳
- ۵-۸-۱) تعاریف مربوط به تولید نفت خام ..... ۱۴
۲. فصل دوم: ادبیات موضوع ..... ۱۶
- ۱-۲) اهمیت نفت خام ..... ۱۷
- ۱-۱-۲) نقش سوخت های فسیلی در انقلاب صنعتی ..... ۱۷
- ۲-۱-۲) فواید نفت خام ..... ۱۸
- ۲-۲) ایران و نفت خام ..... ۲۰
- ۱-۲-۲) تاریخچه تولید نفت در ایران ..... ۲۰

۲۴	۲-۲-۲) مناطق نفت خیز ایران و میدان های نفتی و گازی.....
۲۷	۳-۲) تعریف پیش بینی .....
۲۸	۱-۳-۲) روش های پیش بینی .....
۲۸	۱-۳-۲) روش های کیفی پیش بینی .....
۲۹	۲-۳-۲) روش های کمی پیش بینی .....
۳۲	۴-۲) نظریه اوج تولید نفت خام.....
۳۵	۵-۲) سابقه تحقیقات و مطالعات انجام گرفته.....
۳۸	۶-۲) نظریه اوج تولید نفت خام برای ایران .....
۴۰	۳.فصل سوم: روش شناسی .....
۴۱	۱-۳) رگرسیون غیر خطی .....
۴۲	۱-۳-۱) تعیین برآوردهای کمترین مربعا .....
۴۴	۲-۳) پیش بینی کل نفت قابل برداشت ایران .....
۴۵	۳-۳) برآورد کل نفت قابل برداشت به روش هابرت کلاسیک .....
۴۹	۴-۳) برآورد کل نفت قابل برداشت به روش هابرت اصلاح شده .....
۵۱	۵-۳) برآورد کل نفت قابل برداشت به روش لاجستیک .....
۵۲	۶-۳) پیش بینی روند تولید نفت .....
۵۵	۴.فصل چهارم: نتایج .....
۵۶	۱-۴) برآورد کل نفت قابل برداشت (URR).....
۶۱	۲-۴) پیش بینی روند تولید نفت ایران بوسیله الگوی هابرت اصلاح شده با دو نقطه اوج .....
۶۴	۳-۴) پیش بینی روند تولید نفت ایران بوسیله الگوی هابرت اصلاح شده با چهار نقطه اوج .....
۶۹	۴-۴) برخی از کاربردهای پیش بینی روند تولید.....
۶۹	۱-۴-۴) مقایسه تولید و مصرف نفت خام و زمان رسیدن به نقطه سر به سر .....
۷۳	۲-۴-۴) سرمایه گذاری بهینه برای ازدیاد برداشت از مخازن .....
۷۸	۵.فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها .....

۷۹	..... نتیجه گیری
۸۱	..... پیشنهادهای
۸۱	..... (۱-۲-۵) کوتاه مدت
۸۲	..... (۲-۲-۵) میان مدت
۸۲	..... (۳-۲-۵) بلندمدت
۸۴	..... (۳-۵) مطالعات آینده:
۸۵	..... منابع و مأخذ
۹۰	..... ضمائم
۹۱	..... انواع معاملات مربوط به نفت خام
۹۲	..... معاملات آتی
۹۴	..... معاملات اختیاری
۹۵	..... معاملات فیزیکی
۹۶	..... انواع قراردادهای نفتی
۹۶	..... قراردادهای امتیازی
۹۸	..... قراردادهای مشارکتی
۹۸	..... قرارداد مشارکت در تولید
۹۸	..... قرارداد مشارکت در سرمایه گذاری
۹۹	..... قراردادهای خدماتی
۹۹	..... قراردادهای صرفاً خدماتی
۱۰۰	..... قراردادهای خدمات ریسکی
۱۰۰	..... قراردادهای بیع متقابل

## فهرست جداول

- جدول ۱-۳: دوره های مختلف تولید نفت در ایران ..... ۴۱
- جدول ۲-۳: پارامترهای برآورد شده برای رابطه هابرت کلاسیک ..... ۴۴
- جدول ۳-۳: تخمین انجام شده جهت برآورد الگوی هابرت کلاسیک به روش رگرسیون غیر خطی ..... ۴۸
- جدول ۴-۳: نمونه محاسبات انجام شده جهت برآورد الگوی هابرت اصلاح شده به روش رگرسیون غیر خطی ..... ۵۰
- جدول ۱-۴: مقادیر بدست آمده برای پارامترهای مربوط به نقطه اوج اول در پیش بینی با دو نقطه اوج ..... ۶۲
- جدول ۲-۴: مقادیر بدست آمده برای پارامترهای مربوط به نقطه اوج دوم به ازای مقادیر مختلف کل نفت قابل برداشت در پیش بینی با دو نقطه اوج ..... ۶۳
- جدول ۳-۴: مقادیر بدست آمده برای پارامترهای مربوط به پیش بینی روند تولید نفت ایران با استفاده از هابرت اصلاح شده با چهار نقطه اوج برای ۲۰۵ میلیارد بشکه کل نفت قابل برداشت ..... ۶۶
- جدول ۴-۴: پارامترهای محاسبه شده برای نقطه اوج چهارم در الگوی هابرت اصلاح شده با چهار نقطه اوج ..... ۶۷
- جدول ۵-۴: خالص صادرات نفت خام در حالت پیش بینی با دو نقطه اوج ..... ۷۱
- جدول ۶-۴: خالص صادرات نفت خام در حالت پیش بینی با چهار نقطه اوج ..... ۷۳
- جدول ۷-۴: محاسبه ارزش فعلی تنزیل شده برای افزایش ۱۵ میلیارد بشکه های در حالت پیش بینی با دو نقطه اوج ..... ۷۵

جدول ۴-۸: محاسبه ارزش فعلی تنزیل شده برای افزایش ۱۵ میلیارد بشکهای در حالت پیش بینی با چهار

نقطه اوج ..... ۷۶



## فهرست نمودارها

- نمودار ۱-۱: تقسیم بندی نفت خام بر اساس چگالی آن. .... ۱۱
- نمودار ۱-۲: میزان مصرف انرژی دنیا از سوخت های مختلف در سال ۲۰۰۹. .... ۲۰
- نمودار ۲-۲: تاریخچه تولید نفت خام ایران با توجه به منابع مختلف. .... ۲۳
- نمودار ۵-۲: روند کلی تولید نفت از یک میدان نفتی. .... ۳۳
- نمودار ۶-۲: بازه زمانی بین تولید و اکتشاف برای یک کشور، منطقه و یا دنیا. .... ۳۴
- نمودار ۷-۲: روند کلی تولید نفت برای یک میدان فوق عظیم نفتی ایران در شرایط کنونی. .... ۳۸
- نمودار ۱-۴: برآورد کل نفت قابل برداشت ایران به روش هابرت کلاسیک. .... ۵۷
- نمودار ۲-۴: برآورد کل نفت قابل برداشت ایران به روش هابرت اصلاح شده. .... ۵۸
- نمودار ۳-۴: برآورد کل نفت قابل برداشت ایران به روش لاجستیک (تولید تجمعی). .... ۶۰
- نمودار ۴-۴: برآورد کل نفت قابل برداشت ایران به روش لاجستیک (تولید سالیانه). .... ۶۰
- نمودار ۵-۴: پیش بینی روند تولید ایران با استفاده از الگوی هابرت اصلاح شده با دو نقطه اوج. .... ۶۲
- نمودار ۶-۴: پیش بینی روند تولید ایران با استفاده از الگوی هابرت اصلاح شده با چهار نقطه اوج برای ۲۰۵. .... ۶۵
- نمودار ۷-۴: پیش بینی روند تولید نفت ایران با استفاده از الگوی هابرت اصلاح شده با چهار نقطه اوج برای ۱۵۰ تا ۲۲۵ میلیارد بشکه کل نفت قابل برداشت. .... ۶۷
- نمودار ۸-۴: پیش بینی روند تولید نفت خام ایران با دو نقطه اوج و مقایسه آن با مصرف نفت خام داخلی برآوردی. .... ۷۰
- نمودار ۹-۴: پیش بینی روند تولید نفت خام ایران با دو نقطه اوج و مقایسه آن با مصرف نفت خام داخلی برآوردی. .... ۷۲

نمودار (ضمائم): مقایسه میزان معاملات نفتی در بازارهای مالی و فیزیکی ..... ۹۲

فصل اول:

کلیات تحقیق

## (۱-۱) مساله اصلی تحقیق

مساله اصلی تحقیق پیش بینی روند تولید نفت ایران و زمان رسیدن به نقطه اوج تولید، با توجه به سری زمانی تولید و کل ذخایر قابل استحصال نفت ایران است.

## (۲-۱) تشریح و بیان موضوع

ارتباط تنگاتنگی بین رشد اقتصادی کشورها و میزان مصرف انرژی وجود دارد. با صنعتی شدن کشورها و رشد جمعیت میزان وابستگی به منابع انرژی روز به روز بیشتر می شود. اکثر منابع کنونی انرژی از منابع پایان پذیر تأمین می شود. طبق آمار شرکت نفتی بی پی منابع پایان پذیر ۹۱٪ از انرژی سبد مصرفی انرژی دنیا را تشکیل می دهند. در بین منابع پایان پذیر نفت با سهم ۳۷٪ در صدر قرار دارد و زغال سنگ با ۲۵٪، گاز طبیعی با ۲۳٪ و انرژی هسته ای با ۶٪ در رده های بعدی قرار دارند (بی پی ۲۰۱۰).

در بین این منابع انرژی، اهمیت نفت علاوه بر سهم بالای آن، وجود بازار جهانی و همچنین قابلیت تبدیل آن به حامل های انرژی (همچون بنزین، گازوییل و نفت سفید) است که سهم بالایی در سبد مصرف انرژی کشورها دارند. نفت خام بر خلاف دیگر منابع انرژی با هزینه پایین نسبت به قیمت آن قابل انتقال به تمام نقاط جهان می باشد. به همین دلیل کشورهایی که فاقد منابع انرژی هستند اکثر منابع خود را توسط نفت خام تأمین می کنند. لذا پیش بینی روند تولید نفت خام جهت اتخاذ تصمیمات مناسب چه برای کشورهای تولید کننده و چه برای کشورهای مصرف کننده ضرورت می یابد.

هابرت<sup>۱</sup> در مقاله ای که در سال ۱۹۵۶ ارائه داد، اوج تولید امریکا را سال ۱۹۷۰ پیش بینی کرد. در ابتدا پیش بینی وی مورد استقبال قرار نگرفت ولی نظریه او در سال ۱۹۷۰ به واقعیت پیوست و منشأ تحقیقات تازه ای برای دیگر محققان شد.

---

<sup>۱</sup> Hubbert

الگوی هابرت بیشتر مبتنی بر قسمت عرضه نفت خام می باشد. تأکید این الگو بر طرف تولید را می توان اینگونه عنوان کرد که کشش عرضه نفت در کوتاه مدت تقریباً برابر با صفر است پس با کشش بودن تقاضا تأثیر چندانی بر روی مقدار تولید نفت نخواهد گذاشت. همچنان که با توجه به مقایسه سری زمانی تولید نفت با قیمت آن می توان به این نتیجه رسید که تولید این کالا از کاهش یا افزایش قیمت آن تأثیر پذیر نمی پذیرد. دلایل بی کشش بودن عرضه نفت را می توان به صورت زیر بیان کرد:

ا. اکثر کشورهای تولید کننده نفت وابسته به درآمد ارزی ناشی از فروش نفت هستند به طوری که عمده درآمد ارزی آنها از صادرات نفت خام تأمین می شود. در نتیجه در صورت کاهش قیمت نفت این کشورها به دلیل وابستگی به درآمد ارزی تولید خود را کاهش نخواهند داد. چنانکه در سال ۱۹۹۸ میلادی زمانی که میانگین قیمت نفت خام حتی تا ۱۲ دلار به ازای هر بشکه افت کرد تولید دنیا تغییر چندانی نکرد.

ب. سرمایه گذاری های کلان انجام شده در صنعت نفت توسط شرکت های بزرگ نفتی انجام می شود و قرارداد این شرکت ها (قراردادهای مشارکتی<sup>۱</sup> و یا بیع متقابل<sup>۲</sup>) به گونه ای است که هزینه های سرمایه گذاری و سود سرمایه، از نفت خام استحصالی تأمین می شود. در نتیجه تولید از میداین توسعه یافته توسط این شرکت ها حتی در صورت کاهش قیمت نفت جهت تأمین مبلغ سرمایه انجام می گردد.

ت. به دلیل آن که کشورهای تولید کننده نفت، اکثر کالاهای خود را از کشورهای مصرف کننده نفت تأمین می کنند و افزایش قیمت نفت به عنوان یک کالای اولیه باعث افزایش قیمت کالاهای وارداتی می شود، در نتیجه سیاست این کشورها حفظ قیمت نفت در حد بهینه می باشد. نمونه های نادری از کاهش تولید توسط کشورهای تولید کننده دیده می شود که دلایل آن بیشتر سیاسی بوده تا اقتصادی، مثل تحریم نفتی امریکا و غرب توسط اعراب در سال ۱۹۷۳ و کاهش تولید بعد از انقلاب ایران در سال ۱۹۸۰.

---

<sup>1</sup> Production Sharing

<sup>2</sup> Buy Back

ث. همچنین حتی چنانچه کشورها مایل به افزایش تولید و یا افزایش قیمت ها باشند، این سیاست باعث صدمه به مخازن و تولید غیر صیانتی خواهد شد، چون برنامه ریزی جهت تولید از میادین نفتی به صورت بلند مدت می باشد، به گونه ای که اگر تولید کنونی تولید بهینه و صیانتی باشد، هر گونه تغییر محسوس به مخزن آسیب وارد می کند. همچنین اتخاذ روش های ازدیاد برداشت مثل تزریق آب و یا گاز، اگر در زمان مناسب صورت نگیرد (زودتر یا دیرتر از زمان پیش بینی شده انجام گیرد) نه تنها باعث ازدیاد برداشت نخواهد شد بلکه به مخزن لطمه وارد می کند.

ج. تولید از مخازن معمولاً باید به صورت پایا انجام گیرد در غیر این صورت کاهش و یا افزایش های پی در پی و تغییر در تولید با هر تغییری در قیمت باعث صدمه زدن به مخزن و کاهش ضریب برداشت از مخزن خواهد شد.

تاکنون تحقیقات زیادی جهت پیش بینی روند تولید نفت دنیا انجام شده است که اکثر محققان اوج تولید نفت دنیا را دهه اول یا دوم قرن بیست یکم پیش بینی کرده اند. اهمیت پیش بینی اوج تولید با توجه به نیاز روز افزون به منابع انرژی، اتخاذ راه کاری جهت تأمین انرژی بوسیله سوخت های جایگزین می باشد. با پیش بینی روند تولید نفت، می توان دید مناسبی نسبت به مقدار انرژی های جایگزین مورد نیاز و در نتیجه میزان سرمایه گذاری لازم جهت تأمین آنها داشت.

علیرغم اهمیت موضوع اوج تولید نفت و توجه جهانی به آن تا کنون در ایران قدم جدی در این راه برداشته نشده است. لذا در مطالعه حاضر تلاش می شود با بهره گیری از الگوهای آرایه شده توسط دیگر محققین که متناسب با تاریخچه تولید نفت ایران باشد، روند تولید نفت ایران پیش بینی شود.

### ۱-۳) ضرورت انجام تحقیق

با توجه به آمار موجود اکثر منابع انرژی کنونی دنیا پایان پذیرند که این خود بیانگر لزوم توجه کافی به روند استخراج و مصرف این منابع است. با پیش بینی روند تولید این منابع و برآورد زمان رسیدن به مقدار

اوج می توان از قبل برنامه ریزی لازم را جهت جلوگیری از بحران های احتمالی با راه کارهایی همچون صرفه جویی در مصرف این منابع، افزایش بهره وری انرژی و تولید منابع جایگزین انجام داد. در غیر این صورت، کاهش ناگهانی منابع انرژی ممکن است که دنیا را با بحران جدیدی مواجه کند و لطمات جبران ناپذیری بر اقتصاد و امنیت دنیا بگذارد.

### ۱-۵) فرضیه های تحقیق

روند تولید نفت ایران دارای دو نقطه اوج است.

### ۱-۶) اهداف اساسی از انجام تحقیق

هدف اساسی از انجام این تحقیق پیش بینی روند تولید نفت ایران و زمان رسیدن به تولید اوج جهت کمک به اتخاذ تصمیم های کار آمدتر برای دستیابی و بهره گیری از انرژی های جایگزین جهت جلوگیری از بحران های احتمالی و انجام اقدامات پیشگیرانه جهت جلوگیری از آسیب رسیدن به بخش های حمل و نقل، تولید انرژی الکتریسیته و خدمات مالی و تجاری که بیشترین آسیب را از کاهش تولید نفت خواهند دید، می باشد.

همچنین با توجه به اینکه اکثر میادین بزرگ ایران (اهواز، مارون، آغاچاری، گچساران و کرنج) در نیمه دوم عمر خود بسر می برند و جهت حفظ نگه داشت تولید و افزایش ضریب برداشت<sup>۱</sup> آنها باید سرمایه گذاری های کلانی در صنعت نفت صورت پذیرد، در نتیجه یکی دیگر از اهداف اساسی این تحقیق برآورد مقدار بهینه سرمایه گذاری جهت انجام روش های برداشت ثانویه و ثالثیه<sup>۲</sup> می باشد. روش های ازدیاد برداشت ثانویه و ثالثیه به ترتیب به روش هایی اطلاق می گردد که در آن با انجام اقداماتی بر روی لایه گازی-آبی و نفتی مخزن، میزان برداشت نفت افزایش می یابد. از مهم ترین روش های روش های ثانویه می توان به روش

---

<sup>1</sup> Recovery Factor

<sup>2</sup> Secondary and Tertiary Recovery

تزریق آب به لایه آب و تزریق گاز به لایه گازی اشاره کرد. از روش‌های متدوال جهت ازدیاد برداشت ثالثیه می‌توان به کاشت میکروبی، استفاده از تعلیق شکن و احتراق درجا اشاره کرد.

## ۷-۱) روش انجام پژوهش

### ۱-۷-۱) روش تحقیق

روش تحقیق به صورت توصیفی-تحلیلی خواهد بود.

### ۲-۷-۱) قلمرو تحقیق

کشور ایران

### ۳-۷-۱) دوره زمانی انجام تحقیق

دوره زمانی تحقیق از سال ۱۹۱۳ تا سال ۲۰۰۹ میلادی می‌باشد ( ذکر دوره تحقیق به میلادی به این دلیل است که آمار گرفته شده از سازمان کشورهای صادر کننده نفت و شرکت نفتی بی پی بر اساس سال‌های میلادی می‌باشد).

### ۴-۷-۱) مکان تحقیق

کشور ایران

### ۵-۷-۱) روش‌های مورد نظر برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و آزمون فرضیه‌ها

ابتدا الگوی مناسب جهت پیش بینی روند تولید نفت خام ایران انتخاب می‌شود. چون تاریخچه تولید نفت ایران دارای بیش از یک چرخه است، در اینجا از دو الگو هابرت و لاجستیک اصلاح شده بهره گرفته شده است.



الف) الگوی هابرت اصلاح شده:

تابع الگوی هابرت اصلاح شده به شکل زیر می باشد:

$$P = \frac{2P_{M1}}{1 + \text{Cosh}[b_1(t-t_{M1})]} + \frac{2P_{M2}}{1+k \times \text{Cosh}[b_2(t-t_{M2})]} \quad (1-1)$$

که در این الگو منظور از COSH تابع کوسینوس هایپربولیک می باشد.

و تولیدهای بیشینه برابرند با:

$$P_{max1} = P_{M1} \quad (2-1)$$

$$P_{max2} = \frac{2P_{M2}}{(1+k)} \quad (3-1)$$

همچنین شیب ها برابرند با:

$$b1 = \frac{4P_{M1}}{U_1} \quad (4-1)$$

$$b2 = \frac{(4P_{M2}/U_2)[(\ln(1+(1-k_2)^{0.5}) - \ln k)]}{(1-k_2)^{0.5}} \quad (5-1)$$

و مقدار کل ذخایر قابل استحصال برابر خواهد بود با:

$$U_{tot} = U_1 + U_2 \quad (6-1)$$

که  $U_1$  و  $U_2$  مقدار ذخایر قابل استحصال دوره اول و دوم هستند که باید تخمین نسبتاً دقیقی از آن ها داشته باشیم.

سپس پارامترهای  $k, P_{M1}, P_{M2}, b_1, b_2, t_{M1}, t_{M2}$  بوسیله رگرسیون غیر خطی تخمین زده می شوند که این پارامترها به ترتیب عبارتند از:

پارامتری است که جهت اصلاح رابطه هابرت کلاسیک به آن اضافه شده است  $k$ :

پارامترهای برآوردی جهت محاسبه مقدار تولید در نقطه اوج بر اساس روابط (2-1) و (3-1):  $P_{M1}, P_{M2}$

شیب هر چرخه  $b_1, b_2$ :

زمان رسیدن به تولید بیشینه مربوط به هر کدام از چرخه‌ها  $t_{M1}, t_{M2}$ :

(ب) الگوی لاجستیک اصلاح شده:

برای تخمین روند تولید و برآورد زمان و مقدار اوج تولید بوسیله الگو لاجستیک اصلاح شده، ابتدا پیک اول را بوسیله الگوی هابرت کلاسیک پیش بینی می کنیم و مقدار تولید پیش بینی شده را از تولید واقعی کسر کرده و بوسیله ارقام جدید بدست آمده و فرمول تابع لاجستیک، روند تولید را پیش بینی می کنیم:

$$P(t) = \frac{K}{[1+(K/P_0-1)e^{-rt}]} \quad (7-1)$$

که در آن:

$P(t)$ : تولید تجمعی

$K$ : مقدار کل ذخایر قابل استحصال

$P_0$ : مقدار تولید در زمان صفر

$r$ : توان عدد نپر که رشد تولید را کنترل می کند:

$t$ : زمان (بر حسب سال)

در این الگو نیز مانند الگوی قبلی پارامترهای  $K, P_0, r$  بوسیله رگرسیون غیر خطی تخمین زده می شود. سپس با برآورد این پارامترها می توان تولید تجمعی در طول زمان را محاسبه نموده و بوسیله تولید تجمعی، روند تولید نفت برآورد می شود. سپس این مقادیر با مقادیر بدست آمده از الگوی هابرت کلاسیک جمع شده و روند تولید نفت کل تخمین زده می شود. با توجه به روند تولید نفت کل پیش بینی شده مقدار و زمان اوج نیز مشخص می گردد.

## ۱-۸) تعاریف مربوط به نفت خام

### ۱-۸-۱) تعاریف مربوط به اندازه گیری مقدار نفت

نفت خام بر اساس وزن و یا حجم اندازه گیری می شود. نفت خامی که از زمین استحصال می شود فقط یک عنصر خالص نیست بلکه با توجه به عمق، دما و مواد تشکیل دهنده آن مجموعه ای از هیدروکربورهای<sup>۱</sup> (زنجیره کربن و هیدروژن) سبک و سنگین را شامل می شود. نفت خام به غیر از هیدروکربورها دارای مقداری ناخالصی می باشد که اغلب آنها ترکیبات نیتروژن، گوگرد و اکسیژن می باشند. وانادیوم<sup>۲</sup> یکی دیگر از عناصری است که در نفت خام به مقدار کم یافت می شود. با توجه به اینکه ترکیبات انواع نفت خام با هم فرق دارند در نتیجه حجم مشابه از دو نوع نفت خام، ممکن است وزن متفاوتی داشته باشند.

با توجه به اینکه ایالات متحده آمریکا اولین کشور و پیشتاز تولید نفت در دنیا بوده است، بشکه<sup>۳</sup> که به عنوان واحد اندازه گیری حجمی در آن کشور متداول بود، اکنون در بازارهای بین المللی معیار اندازه گیری حجمی نفت می باشد (موزه دریک ول). در این مطالعه نیز همین معیار مورد استفاده قرار می گیرد. علامت اختصاری بشکه، "bbl" می باشد که از کلمه Barrel گرفته شده است و در کتاب های علمی از این علامت اختصاری استفاده می شود. هر بشکه برابر با ۱۵۹.۱ لیتر یا ۴۲ گالن امریکا می باشد. در این مطالعه از اختصارات Mbbbl و Gbbbl استفاده شده است که به ترتیب معادل با میلیون بشکه و میلیارد بشکه می باشند (طارق احمد، ۲۰۱۰).

در اروپا اندازه گیری نفت خام به صورت وزنی می باشد و معیار آن تن متریک<sup>۴</sup> می باشد. هر تن متریک برابر با هزار کیلوگرم می باشد. به دلیل اینکه انواع مختلف نفت خام با چگالی های متفاوت، با توجه

<sup>1</sup> Hydrocarbon

<sup>2</sup> Vanadium

<sup>3</sup> Barrel

<sup>4</sup> Metric tonnes

به ترکیبات تشکیل دهنده آن وجود دارد، مشکل اصلی در مورد این معیار، چگونگی تبدیل تن متریک به بشکه می باشد. برای حل این مشکل شرکت بریتیش پترولیوم<sup>۱</sup> عامل تبدیل زیر را در وب سایت خود جهت تبدیل تن متریک به بشکه اعلام کرده است که مورد اتفاق اکثر کارشناسان می باشد.

$$۱ \text{ تن متریک} = ۷/۳۳ \text{ بشکه} \quad (۱-۲)$$

### ۱-۸-۲) تعاریف مربوط به چگالی و غلظت نمک موجود در نفت خام

یکی از عامل‌های مهم در خصوص نفت خام چگالی آن می باشد که تاثیر به سزایی بر قیمت آن دارد. هر چه نفت خام سبک‌تر باشد قیمت آن بالاتر می باشد چون در فرآیند تقطیر آن به نسبت نفت های خام سنگین‌تر، مقدار بیشتری فرآورده های سبک با ارزش، مثل بنزین به دست می آید.

معمولاً چگالی اجسام به صورت واحد جرم در حجم بیان می گردد. به طور مثال گفته می شود که چگالی آب برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد. اما جهت سنجش سبکی و سنگینی نفت خام از واحدی به نام ای پی ای (API)<sup>۲</sup> استفاده می گردد. جهت محاسبه API ابتدا باید چگالی نفت خام نسبت به آب خالص در ۶۰ درجه فارنهایت محاسبه شود که به آن ثقل ویژه<sup>۳</sup> گفته می شود. به طور مثال ثقل ویژه نفت خامی با چگالی ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب برابر ۰/۸ می باشد. سپس API با توجه به رابطه زیر اندازه-گیری می گردد (مؤسسه نفت امریکا):

$$API = \frac{141.5}{SP.Gr.@ 60^{\circ}F} - 131.5 \quad (۲-۲)$$

که در رابطه فوق  $SP.Gr.@60^{\circ}F$  برابر چگالی ویژه در دمای ۶۰ درجه فارنهایت می باشد. با توجه به رابطه بالا، ای پی ای نفت خامی با چگالی ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب برابر با ۴۵/۳۷۵ خواهد بود. بین چگالی نفت خام و درجه ای پی ای نسبت عکس وجود دارد یعنی هر چه نفت خام سبک تر باشد در نتیجه درجه ای پی

<sup>۱</sup> BP

<sup>۲</sup> American Petroleum Institute

<sup>۳</sup> Specific Gravity