

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس  
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت

برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال مبتنی بر ارزش شبکه از دیدگاه بازیگران شبکه برق

احمدعلی خطیبزاده

استاد راهنما:

دکتر محمد کاظم شیخ الاسلامی

تابستان ۱۳۹۰

این ناخیز را تقدیم می‌کنم

به یک نگاه مادرم

و

یک لبخند پدرم

اگر در خورت تقدیم باشد....

## تشکر و قدردانی

پیش از این، خاطر من خاند پر مشغله بود؛ با توپرداختش؛ وز همه عالم رفتم.

در ابتدا بر خود فرض می‌دانم از جناب آقای دکتر شیخ الاسلامی که در مقام استاد راهنمای پایان نامه با دقت و صبوری فراوان و ارائه نقطه نظرات سنجیده و راه‌گشای خود بستر انجام هرچه دقیق‌تر پژوهش حاضر را فراهم آوردند کمال تشکر را داشته باشم.

اساتید داور در این پروژه، جناب آقای دکتر پارسانقدم، جناب آقای دکتر سیفی و جناب آقای دکتر عبدی با تقدیمی عمیق و به جای خود در کمال هرچه بیشتر این تحقیق نقش عمده‌ای داشته‌اند که در همین جا برای اساتید محترم آرزوی بهروزی دارم.

در طی سال‌های تحصیل در دانشگاه، اساتید و دوستان بسیاری اینجانب را مومن الطاف و محبت‌های فراوان خود نموده‌اند که از تمامی آن بزرگواران صمیمانه تشکر نموده و برای یکایک آن‌ها از درگاه حضرت احدیت موفقیت و سعادت مسئلت می‌کنم.

قطعا انجام این پروژه بدون دگر می و پشتوانه خانواده، بویژه والدین دانش‌مدارم غیر ممکن می‌بود. قلم قاصر از بیان عمق سپاسگزاری حاضرانه من از این دو عزیز گران‌تر از جان است.

## چکیده

شبکه انتقال به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های صنعت برق، در هر دو حوزه بهره‌برداری و برنامه‌ریزی، مسائل و چالش‌های فراوانی پیش‌روی پژوهشگران ایجاد کرده است. از دیرباز، توسعه بهینه این شبکه به عنوان پل ارتباطی میان تولید و مصرف برق، با توجه به ویژگی‌های ذاتی این شبکه (پرهزینه بودن، حجیم بودن، زمان‌بر بودن، عمر طولانی تجهیزات و ...) مورد توجه برنامه‌ریزان قرار داشته است. با تجدید ساختار صنعت برق و شکل‌گیری رقابت در حوزه‌های تولید و مصرف، شبکه انتقال به دلیل انحصار طبیعی‌اش، همچنان به صورت تنظیمی مورد بهره‌برداری و به صورت متمرکز مورد برنامه‌ریزی قرار می‌گیرد.

این پایان‌نامه کوشیده است تا به عنوان یک گام کوچک، اثر تخصیص ارزش-محور هزینه‌های انتقال بر بازیگران بازار برق را برای توسعه این شبکه مورد بررسی قرار دهد. جهت نیل به این هدف، در گام نخست، روشی برای تقسیم هزینه‌های سرمایه‌گذاری میان بازیگرانی که از آن سود می‌برند ارائه، سپس اثرات این روش بر تصمیمات بازیگران در بازار انرژی مورد تحلیل قرار گرفته است. در این مسیر به عنوان یکی از نوآوری‌ها، معادلات بهینه‌سازی توصیف‌کننده مسئله، خطی‌سازی شده‌اند. سرانجام، روش پیشنهادی بر شبکه گارور مورد آزمون قرار گرفته و نتایج تحلیل شده‌اند.

**کلیدواژه:** برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال، بازار برق، خطی‌سازی، بهینه‌سازی

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست جدول‌ها.....	ج
فهرست شکل‌ها.....	د
<b>فصل ۱- مقدمه</b> .....	۱
<b>فصل ۲- فصل دوم</b> .....	۴
۱-۲- داد و ستد برق.....	۴
۱-۱-۲- انواع کالا.....	۴
۲-۲- مفاهیم تجدید ساختار.....	۶
۱-۲-۲- مفاهیم تجدید ساختار.....	۷
۳-۲- مدل‌های رقابت.....	۹
۱-۳-۲- انحصار.....	۹
۲-۳-۲- بنگاه خرید.....	۹
۳-۳-۲- رقابت عمده فروشی.....	۱۰
۴-۳-۲- رقابت خرده فروشی.....	۱۱
<b>فصل ۳- برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال</b> .....	۱۲
۱-۳- مقدمه.....	۱۲
۲-۳- برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال.....	۱۳
۳-۳- دسته بندی روش‌های برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال.....	۱۴
۱-۳-۳- برنامه‌ریزی در محیط مقرراتی.....	۱۴
۲-۳-۳- برنامه‌ریزی در محیط مقررات زدایی شده.....	۱۶
۱-۲-۳-۳- تأثیرات مقررات زدایی بر صنعت برق.....	۱۸
۳-۳-۳- توسعه شبکه بر اساس افق برنامه‌ریزی در سیستم قدرت.....	۱۹
۱-۳-۳-۳- برنامه‌ریزی ایستا.....	۱۹
۲-۳-۳-۳- برنامه‌ریزی پویا.....	۲۰
۴-۳-۳- برنامه‌ریزی بر اساس عدم قطعیت‌های سیستم قدرت.....	۲۱
۱-۴-۳-۳- پخش بار احتمالی.....	۲۲
۲-۴-۳-۳- معیار پایایی احتمالی.....	۲۲
۳-۴-۳-۳- تکنیک سناریو.....	۲۳
۴-۴-۳-۳- تصمیم‌گیری تحلیلی.....	۲۴
۵-۴-۳-۳- تصمیم‌گیری Fuzzy.....	۲۴
۴-۳- روش‌های حل ریاضی مسئله توسعه شبکه انتقال.....	۲۴
۵-۳- سرمایه‌گذاری در شبکه انتقال.....	۲۷

۲۸.....	توسعه انتقال مبتنی بر هزینه.....	۱-۵-۳
۲۹.....	ساختار پایه مسئله برنامه‌ریزی توسعه.....	۶-۳
۳۴.....	<b>فصل ۴ - روش پیشنهادی.....</b>	
۳۴.....	مقدمه.....	۱-۴
۳۴.....	برنامه‌ریزی ارزش-محور.....	۲-۴
۳۵.....	مدل بهره‌برداری از بازار برق.....	۱-۲-۴
۳۷.....	مدل پیشنهادی.....	۳-۴
۴۰.....	اطلاعات ورودی.....	۱-۳-۴
۴۰.....	مسئله توسعه شبکه انتقال.....	۲-۳-۴
۴۱.....	تابع هدف.....	۱-۲-۳-۴
۴۲.....	قیود مسئله توسعه شبکه انتقال.....	۲-۲-۳-۴
۴۳.....	خطی‌سازی معادلات بهینه‌سازی.....	۳-۲-۳-۴
۴۵.....	تعیین LMP بازار.....	۳-۳-۴
۴۵.....	رفتار بازیگران در بازار انرژی.....	۴-۳-۴
۴۵.....	تولیدکنندگان.....	۱-۴-۳-۴
۴۶.....	مصرف‌کنندگان.....	۲-۴-۳-۴
۴۷.....	مدل نهایی بهینه‌سازی توسعه شبکه انتقال.....	۵-۳-۴
۵۰.....	نشانه‌گذاری‌ها.....	۴-۴
۵۲.....	<b>فصل ۵ - نتایج عددی.....</b>	
۵۲.....	مقدمه.....	۱-۵
۵۲.....	شرح شبکه مورد بررسی.....	۲-۵
۵۷.....	شرایط شبکه در سال آغازین برنامه.....	۳-۵
۵۹.....	شرایط شبکه در سال برنامه‌ریزی.....	۴-۵
۶۱.....	توسعه شبکه انتقال در محیط بازار به صورت عادی.....	۵-۵
۶۳.....	توسعه ارزش محور شبکه انتقال با توجه به سرمایه‌گذاری.....	۶-۵
۶۶.....	مقایسه نتایج.....	۷-۵
۷۱.....	<b>فصل ۶ - نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....</b>	
۷۱.....	نتیجه‌گیری.....	۱-۶
۷۲.....	پیشنهادها.....	۲-۶
۷۳.....	<b>فهرست مراجع.....</b>	
۷۷.....	واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی.....	
۷۸.....	واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی.....	

## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۳۱	جدول ۱-۳ پژوهش‌های انجام شده
۵۴	جدول ۱-۵ اطلاعات الکتریکی شبکه گارور
۵۵	جدول ۲-۵ اطلاعات بارها و ژنراتورهای موجود در شبکه
۵۷	جدول ۳-۵ تغییر بار در سال مورد بررسی
۵۸	جدول ۴-۵ LMP شین‌ها در سال آغازین
۶۰	جدول ۵-۵ LMP شین‌ها در سطوح بار مختلف بدون TEP (\$/MWh)
۶۳	جدول ۶-۵ LMP شین‌ها در سطوح بار مختلف در سال پایانی برنامه در حالت TEP معمولی
۶۵	جدول ۷-۵ LMP شین‌ها در سطوح بار مختلف در سال پایانی برنامه در حالت سرمایه‌گذاری
۶۶	جدول ۸-۵ قیمت پیشنهادی جدید بارها در سال برنامه‌ریزی
۶۶	جدول ۹-۵ قیمت پیشنهادی جدید ژنراتورها در سال پایانی برنامه‌ریزی



## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲ دسته بندی انواع کالا.....	۵.....
شکل ۲-۲ روند تجدید ساختار.....	۸.....
شکل ۳-۲ مدل رقابت انحصاری.....	۹.....
شکل ۴-۲ مدل بنگاه خرید.....	۱۰.....
شکل ۵-۲ مدل عمده‌فروشی.....	۱۰.....
شکل ۶-۲ مدل خرده‌فروشی.....	۱۱.....
شکل ۱-۳ روش‌های توسعه شبکه انتقال.....	۱۴.....
شکل ۲-۳ برنامه‌ریزی توسعه انتقال در محیط سنتی.....	۱۵.....
شکل ۳-۳ برنامه‌ریزی توسعه انتقال در محیط تجدید ساختار.....	۱۷.....
شکل ۴-۳ مدل تجاری.....	۱۸.....
شکل ۵-۳ مدل برنامه‌ریزی ایستا.....	۲۰.....
شکل ۶-۳ مدل برنامه‌ریزی دینامیکی.....	۲۰.....
شکل ۷-۳ برنامه‌ریزی توسعه بر اساس عدم قطعیت‌ها.....	۲۲.....
شکل ۸-۳ روش‌های حل مسئله توسعه شبکه انتقال.....	۲۶.....
شکل ۹-۳ مبانی تعریف مسئله.....	۳۱.....
شکل ۱-۴ حقوق شبکه انتقال.....	۳۶.....
شکل ۲-۴ روندنمای توسعه ارزش-محور شبکه انتقال.....	۳۹.....
شکل ۳-۴ خطی‌سازی تلفات خط.....	۴۴.....
شکل ۴-۴ مقدار سود تولید کنندگان.....	۴۶.....
شکل ۵-۴ سود مصرف کنندگان.....	۴۷.....
شکل ۱-۵ شبکه گارور.....	۵۳.....
شکل ۲-۵ قیمت بر حسب توان برای بار ۱.....	۵۵.....
شکل ۳-۵ قیمت بر حسب توان برای بار ۲.....	۵۶.....
شکل ۴-۵ قیمت بر حسب توان برای بار ۳.....	۵۶.....
شکل ۵-۵ قیمت بر حسب توان برای بار ۴.....	۵۶.....
شکل ۶-۵ قیمت بر حسب توان برای بار ۵.....	۵۷.....
شکل ۷-۵ قیمت تسویه بازار در سال آغازین.....	۵۸.....
شکل ۸-۵ توان مصرفی در هر سطح بار در سال آغازین.....	۵۹.....
شکل ۹-۵ توان تولیدی در هر سطح بار و بدون TEP.....	۶۰.....
شکل ۱۰-۵ توان خریداری شده در هر سطح بار و بدون TEP.....	۶۰.....

- شکل ۵-۱۱ قیمت تسویه بازار در سال برنامه‌ریزی ..... ۶۱
- شکل ۵-۱۲ ساختار شبکه توسعه یافته به صورت ارزش محور معمولی ..... ۶۲
- شکل ۵-۱۳ توان تولید شده در سطوح مختلف بار در حالت TEP معمولی ..... ۶۲
- شکل ۵-۱۴ توان خریداری شده در سطوح مختلف بار در حالت TEP معمولی ..... ۶۳
- شکل ۵-۱۵ ساختار شبکه توسعه یافته با توجه به سرمایه‌گذاری ..... ۶۴
- شکل ۵-۱۶ توان تولید شده در سطوح مختلف بار در حالت سرمایه‌گذاری ..... ۶۴
- شکل ۵-۱۷ توان خریداری شده در سطوح مختلف بار در حالت سرمایه‌گذاری ..... ۶۵
- شکل ۵-۱۸ رفاه اجتماعی در سه حالت مختلف توسعه شبکه ..... ۶۷
- شکل ۵-۱۹ مصرف در سه حالت مختلف توسعه شبکه ..... ۶۸
- شکل ۵-۲۰ تولید در سه حالت مختلف توسعه شبکه ..... ۶۸
- شکل ۵-۲۱ قیمت شین ۶ ..... ۶۹
- شکل ۵-۲۲ قیمت شین ۲ ..... ۶۹
- شکل ۵-۲۳ قیمت شین ۳ ..... ۶۹
- شکل ۵-۲۴ قیمت پیشنهادی جدید مصرف‌کنندگان در بازار ..... ۷۰
- شکل ۵-۲۵ قیمت پیشنهادی جدید تولیدکنندگان در بازار برق ..... ۷۰

## فصل ۱ - مقدمه

با توسعه جامعه بشری، استفاده از انرژی برای انجام کارها افزایش یافت. یکی از منابع انرژی که در قرن اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است، انرژی الکتریکی است. انرژی الکتریکی در مقایسه با دیگر انرژی‌ها قابلیت تولید ساده‌تری داشته و همچنین به راحتی قابل انتقال است. از انرژی الکتریکی برای مصارف گوناگون انسانی از قبیل روشنایی، گرما، مکانیکی و حرکت می‌توان استفاده نمود. زیرا قابلیت تبدیل به انرژی‌ها دیگر را به راحتی دارا است. همچنین این تبدیل انرژی اقتصادی است. به دلیل مزایای بیان شده، سیستم برق رسانی در طول این سالیان از تأثیرگذارترین صنایع بر رشد، توسعه و رفاه اجتماعی شناخته شده است. با آنکه برق با دیگر کالاهای تجاری از دیدگاه اقتصادی تفاوتی ندارد، اما در طول سالیان گذشته، به عنوان یک خدمت و نه به عنوان یک کالا مورد توجه قرار گرفته است. هم اکنون، افزایش مصرف انرژی در جامعه، سیستم قدرتی که بخش‌های تولید انتقال و توزیع به عنوان بخش‌های اصلی آن به شمار می‌روند، وظیفه تأمین مطمئن و مطلوب انرژی را برای مصرف‌کنندگان بر عهده داشته است.

شبکه انتقال به عنوان یکی از بخش‌های سیستم قدرت، از اهمیت بالایی برای تحویل انرژی به سمت مصرف‌برخوردار بوده است. زیرا امکان تمرکز نیروگاه‌ها و ارسال توان از نیروگاه‌ها به سمت سیستم توزیع و مراکز بار را فراهم می‌آورد. تقویت و توسعه شبکه انتقال، برای رویارویی با رشد بار، امری حیاتی در فضای صنعت برق است. در ساختار متمرکز صنعت برق، توسعه شبکه انتقال به صورت متمرکز و هماهنگ با توسعه تولید انجام می‌پذیرفته است. وابسته بودن بخش‌های مختلف صنعت برق از یک سو و نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین بخش‌های گوناگون آن از سوی دیگر و در نهایت انتظار جوامع از دولت‌ها مبنی بر وظیفه تأمین برق به عنوان یک خدمت عمومی در سال‌های گذشته منجر شده که این صنعت به صورت یکپارچه و با سرمایه‌گذاری دولتی پایه‌گذاری گردد، که این ساختار به ساختار عمودی معرفی شده است. هدف برنامه‌ریزی در محیط سنتی، حداقل کردن هزینه‌ها، تأمین قیود فنی، کفایت و امنیت شبکه است.

چنانچه سخت‌افزار صنعت برق در ساختار سنتی برای توسعه شبکه انتقال به صورت بهینه طراحی شده باشد و شبکه در شرایط بهینه بهره‌برداری گردد، این توسعه به بیشینه شدن رفاه اجتماعی و رضایت عمومی خواهد انجامید. اما تجربه بیش از صد سال پایه‌گذاری این صنعت در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که حتی با وجود سیستم‌های نظارتی و تنظیم‌کننده، اهداف اقتصادی و اجتماعی به صورت بهینه و توأمان حاصل نخواهد شد؛ و همواره هدر رفت منابع مالی و انسانی را در پی خواهد داشت. حاصل این تجربیات منجر به تجدید ساختار در صنعت برق شده است. اما با تجدید ساختار صنعت برق و جدایی نهادهای تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی، سیستم انتقال به محلی جهت رقابت تولیدکنندگان برای تأمین نیاز مشتریان مبدل شده است که نقشی اساسی در دستیابی به یک بازار آزاد را ایفا می‌کنند.

در دو دهه اخیر با اجرایی شدن مقررات‌زدایی در صنعت برق، رقابت در بخش‌های تولید و مصرف توان به صورت فزاینده‌ای رشد کرده است، اما سیستم انتقال به صورت انحصاری باقیمانده است. ولی اهداف توسعه شبکه انتقال به گونه‌ای تغییر کرده که سود بازیگران و مسائل اقتصادی اهمیت فراوانی یافته‌اند. همچنین در این برنامه‌ریزی‌ها به علت تجدید ساختار، عدم قطعیت‌های شبکه و ریسک برنامه‌ریزی افزایش یافته است.

از یک دیدگاه اولیه، مسئله توسعه شبکه انتقال در محیط نوین را می‌توان در دو بخش سرمایه‌گذاری برنامه‌ریزی مورد توجه قرارداد. سرمایه‌گذاری انتقال، به صورت انحصاری و یا تحریک شده با بازار انجام می‌پذیرد. برنامه‌ریزی انتقال نیز با استفاده از ابزارهای تحلیلی، مدیریت می‌شود. که در این برنامه‌ریزی موضوعاتی چون پایایی، اقتصاد و قابلیت اطمینان از اهمیت بالایی برخوردار هستند.

هدف اصلی در این پایان‌نامه توجه به مسائل اقتصادی به همراه سرمایه‌گذاری به صورت تحریک شده با بازار است. همواره یکی از دغدغه‌های مسئولین در قسمت‌هایی که مسئولیت خود را به نهادهای خصوصی واگذار کرده‌اند، رضایتمندی مردم از خدمات است. یکی از شاخص‌هایی که در این زمینه به کار گرفته شده، رفاه اجتماعی است. هر چه این شاخص در بازار کالا، مقدار بیشتری به خود بگیرد نشان دهنده این است که تمامی افرادی که با بازار در ارتباط هستند رضایتمندی بیشتری پیدا کرده‌اند. در بازار انرژی نیز چون سیستم قدرت وارد عرصه رقابت و تجدید ساختار شده است، جهت‌گیری بهره‌برداران مستقل به سمت افزایش رفاه اجتماعی و کاهش قیمت برق با توجه به قیود فنی شبکه و سیستم انجام می‌پذیرد.

یکی از نوآوری‌های این پایان‌نامه، پیشنهاد نوع جدیدی برای سرمایه‌گذاری بر اساس شرایط بازار است. در این روش سرمایه‌گذاری، بازیگرانی که از توسعه شبکه انتقال سود برده‌اند، هزینه‌های سرمایه‌گذاری آن را تأمین خواهند کرد. در واقع هر بازیگر نسبت به سودی که می‌برد، سرمایه‌گذاری خواهد کرد. بدیهی است که در این صورت قیمت پیشنهادی بازیگران برای کالای انرژی نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت و موجب تغییر قیمت آن‌ها خواهد شد. رابطه این تغییر قیمت با مقدار سرمایه‌گذاری در این پایان‌نامه به شکل خطی مدل شده است. سپس مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال مجدداً با توجه به قیمت‌های جدید مورد بررسی قرار گرفته است.

در مجموعه کارهایی که در فضای تجدید ساختار با تابع هدف رفاه اجتماعی، به توسعه شبکه انتقال می‌پردازند، هیچکدام مسائل سرمایه‌گذاری را بررسی ننموده‌اند. به عبارت دیگر در روش پیشنهادی فرض شده است که بازیگران بازار می‌توانند در شبکه انتقال سرمایه‌گذاری کنند. در پی این سرمایه‌گذاری و با توجه به هزینه‌های پیش آمده، نحوه شرکت آن‌ها در بازار انرژی تغییر خواهد کرد. این امر باعث تغییر نقطه تعادل بازار می‌شود که خود به تغییر برنامه بهینه برای توسعه شبکه خواهد انجامید و این روند در فرآیندی تکراری به نقطه بهینه همگرا خواهد شد. نکته نهفته این روش آن است که جواب‌های این مدل به واقعیت نزدیک‌تر هستند و به نتایج آن برای توسعه شبکه بیشتر می‌توان اعتماد نمود.

این پایان‌نامه در پنج فصل به شرح زیر تدوین شده است  
در فصل اول این پایان‌نامه به صورت مختصر مبانی تجدید ساختار و شکل‌گیری بازارهای برق به  
اختصار توضیح داده شده است.

در فصل دوم ادبیات توسعه شبکه انتقال به طور کامل مورد بررسی قرار گرفته است. این فصل توابع  
هدف در فضای سنتی، تجدید ساختار شده و مقررات‌زدایی شده را مورد بررسی قرار داده است. علاوه بر  
مسائل بیان شده، متدلوژی حل مسئله نیز مورد توجه قرار گرفته است.

فصل سوم این پایان‌نامه به بررسی مدل پیشنهادی خواهد پرداخت. این مدل هم به صورت تئوری و  
هم ریاضی توضیح داده خواهد شد. همچنین خطی‌سازی مدل ریاضی و چگونگی انجام آن را به طور  
مفصل بررسی خواهیم نمود.

در فصل چهارم نیز نتایج عددی و اعمال روش ارائه شده در پایان‌نامه بر روی یک شبکه استاندارد،  
ارائه شده است. سرانجام در فصل نهایی نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای ادامه کار ارائه شده است.

## فصل ۲ - فصل دوم

### ۲-۱ - داد و ستد برق

امروزه، فضای صنعت برق دستخوش دگرگونی‌های فراوانی شده است. تا چند دهه پیش، برق به عنوان یک خدمت عمومی در نظر گرفته می‌شد و دولت‌ها ملزم بودند، خدمت رسانی به مصرف‌کنندگان، به صورتی یکپارچه، تولید، انتقال و توزیع برق را بر عهده گیرند. با این ساختار اطمینان داشتند که می‌توانند برق را در سطح معینی از پایایی به دست مصرف‌کننده نهایی برسانند. در ساختار سنتی، این دولت بوده است که تمام فعالیت‌های صنعت برق را بر عهده داشته و قوانین و مقررات را برای شرکت‌ها تعیین می‌کرده است. همچنین نرخ برق نیز توسط دولت تعیین می‌شده است. دولت برای هر شرکت بر اساس هزینه تولید برق سودی در نظر گرفته و بر قیمت برق اضافه می‌نمود تا شرکت‌ها نیز سود تضمینی خود را دریافت کنند.

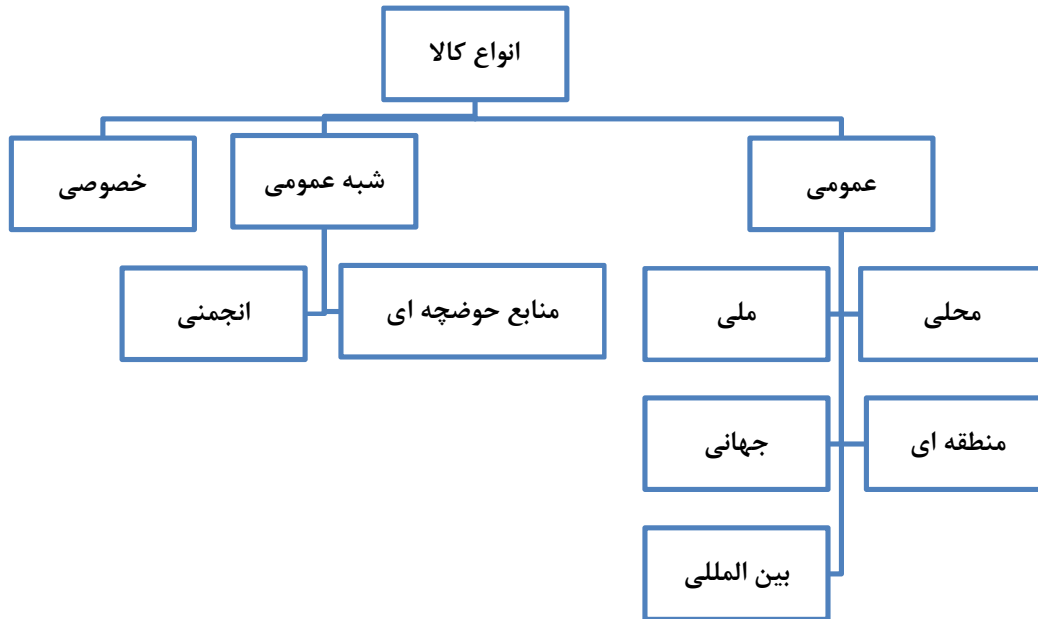
با توسعه فناوری‌های نوین در حوزه تولید برق و افزایش سطح مصرف در شبکه برق از یک سو و محدودیت دولت‌ها در تأمین منابع مالی لازم برای توسعه شبکه از سوی دیگر، همچنین تجربیات موفق رقابتی شدن در صنایعی مانند مخابرات و هواپیمایی، این ایده عمومی در سطح صنعت برق شکل گرفت که برق می‌تواند به عنوان یک کالا در نظر گرفته شود. بر پایه این نظریه دادوستد برق، قابلیت این را دارا است که در یک محیط رقابتی شکل گیرد.

با ظهور رقابت در معاملات برق به عنوان یک کالا، مشکلات و چالش‌های جدیدی در صنعت برق شکل گرفت. این امر باعث گردید بخشی از خدمات و کالاهای لازم برای رسانیدن برق از تولید به سمت مصرف، در زمره کالاهای عمومی دسته‌بندی و امکان راه‌اندازی بازاری مجزا برای آن‌ها به دلیل طبیعت انحصاریشان وجود نداشته باشد.

در بخش بعدی برای بیان دقیق‌تر شرایط برق به عنوان یک کالا، انواع کالاها از دیدگاه اقتصادی به طور مختصر تشریح شده است.

### ۲-۱-۱ - انواع کالا

از دیدگاه اقتصاددانان کالاها به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند که در آن سه دسته کالاهای عمومی و شبه‌عمومی به علت گستردگی و روش‌های تأمین مالی متفاوت با یکدیگر خود نیز به چند دسته تقسیم می‌شوند، که در شکل ۲-۱ قابل مشاهده است.



شکل ۱-۲ دسته بندی انواع کالا

با توجه به نظرات اقتصاددانان، بخش‌های مختلف صنعت برق را می‌توان در دسته‌های شبه‌عمومی و خصوصی قرار داد [۱]. در ادامه به بررسی کالاهای شبه‌عمومی خواهیم پرداخت.

### کالاهای انجمنی<sup>۱</sup>

این نوع کالاها تأمین مالی خود را به تنهایی انجام می‌دهند و نیازی به کمک از خارج نیست. زمانی که هزینه ممانعت از استفاده کم و استفاده کنندگان قابل ردیابی باشند (امکان حذف‌پذیری وجود داشته باشد)، مشترکین می‌توانند گروهی را تشکیل داده و هزینه‌های خود را تأمین کنند. افرادی که عضو نباشند به راحتی حذف می‌شوند و افراد عضو نیز هزینه استفاده را می‌پردازند که معادل هزینه تراکم ایجاد شده است. مثل پارک‌های حفاظت شده نمونه خوبی از این نوع کالاها به شمار می‌روند. انجمن‌ها گروه‌هایی هستند که به صورت اختیاری و داوطلبانه برای هدفی مشترک (سود مشترک) کنار هم جمع می‌شوند. از سوی دیگر، چون فعالیت آن‌ها نیاز به تجهیزات بیشتری دارد، هزینه این سرمایه‌گذاری می‌تواند از سرمایه‌گذاری تک تک اعضا تأمین شود. بنابراین امکانات ایجاد شده خاصیت حذفی دارد و استفاده افراد متناسب با پولی است که پرداخت کرده‌اند. این انجمن‌ها می‌توانند عضوگیری کرده و امکانات خود را به اعضا تخصیص دهند و هر کس به اندازه‌ی پول عضویت خود، از امکانات استفاده کند. در صنعت برق شرکت‌های توزیع برق نمونه‌ای از این نوع شرکت‌ها به شمار می‌روند که می‌توانند به صورت انجمنی اداره شوند.

1- Club good

## کالاهای با منابع حوضچه‌ای<sup>۱</sup>

این کالاها مشخصه حذف‌ناپذیری دارند. اما مشخصه غیر رقابتی را دارا نیستند. در واقع یک بنگاه ارائه‌دهنده، نمی‌تواند افراد را از استفاده آن منع کند. اما مصرف منبع، موجب کاهش آن و کاهش دسترسی دیگر افراد به آن خواهد شد. ماهی، آب، سوخت ذخیره شده. برق عبوری از خطوط انتقال نمونه‌ای از این دست هستند.

## ۲-۲- مفاهیم تجدید ساختار

دلایل حرکت به سوی تجدید ساختار در کشورهای مختلف با یکدیگر متفاوت بوده و افزایش رفاه اجتماعی و بهره‌وری به تنهایی نمی‌توانسته است که موجب چنین تحول عظیمی شود. تعدادی از این دلایل و اهداف اصلی را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- جبران کمبودهای سرمایه‌گذاری دولتی
- شفافیت هزینه‌ها
- ایجاد محیط رقابتی، جلوگیری از انحصار و افزایش بهره‌وری
- کاهش تصدی‌گری دولتی و ایجاد حق انتخاب برای مشتریان

کشورهای مختلف با توجه به شرایط اجتماع و اقتصادی و سیاسی با توجه به تعدادی از دلایل بالا به سمت تجدید ساختار حرکت کرده‌اند. به طور مثال در کشورهای در حال توسعه، علت اصلی برای تجدید ساختار به کمبودهای سرمایه‌گذاری و شفاف‌سازی هزینه‌ها بر می‌گردد.

کشورهای آمریکای جنوبی، جزو اولین کشورهایی هستند که به خصوصی سازی و ایجاد رقابت در صنعت برق اقدام نمودند. پس از این کشورها در اروپا در سال ۱۹۸۹ در پی تصویب قانون‌های مربوطه، صنعت برق این کشورها نیز به سمت تغییرات ساختاری عمده حرکت کرد. تجدید ساختار صنعت برق آمریکا، در سال ۱۹۹۲ به رسمیت شناخته شد. منشاء آن را می‌توان عواملی چون شوک نفتی و تأثیر آن بر بازار انرژی، نرخ‌های تورم بالا در سال‌های ابتدایی دهه ۸۰، دغدغه‌های زیست محیطی، مباحث مربوط به انرژی هسته‌ای و افزایش ظرفیت‌های تولیدی صورت گرفته در صنعت برق جستجو کرد [۲]. در کنار عوامل مذکور، تغییرات تکنولوژی نیز تأثیر فراوانی بر بازنگری در ساختار صنعت برق داشته است. به عنوان مثال، توسعه سریع فناوری اطلاعات و افزایش سرعت گردش اطلاعات، امکان ایجاد بازارهای پیچیده را فراهم آورده است. همچنین گسترش زیرساخت‌های مخابراتی، بستر را برای افزایش کشش قیمتی تقاضا افزایش داده است. پس از آمریکا، تحولات ساختاری صنعت برق به سراغ کشورهای استرالیا و کانادا و متعاقب آن اروپا و آسیا رفت.

---

1- Common-pool good



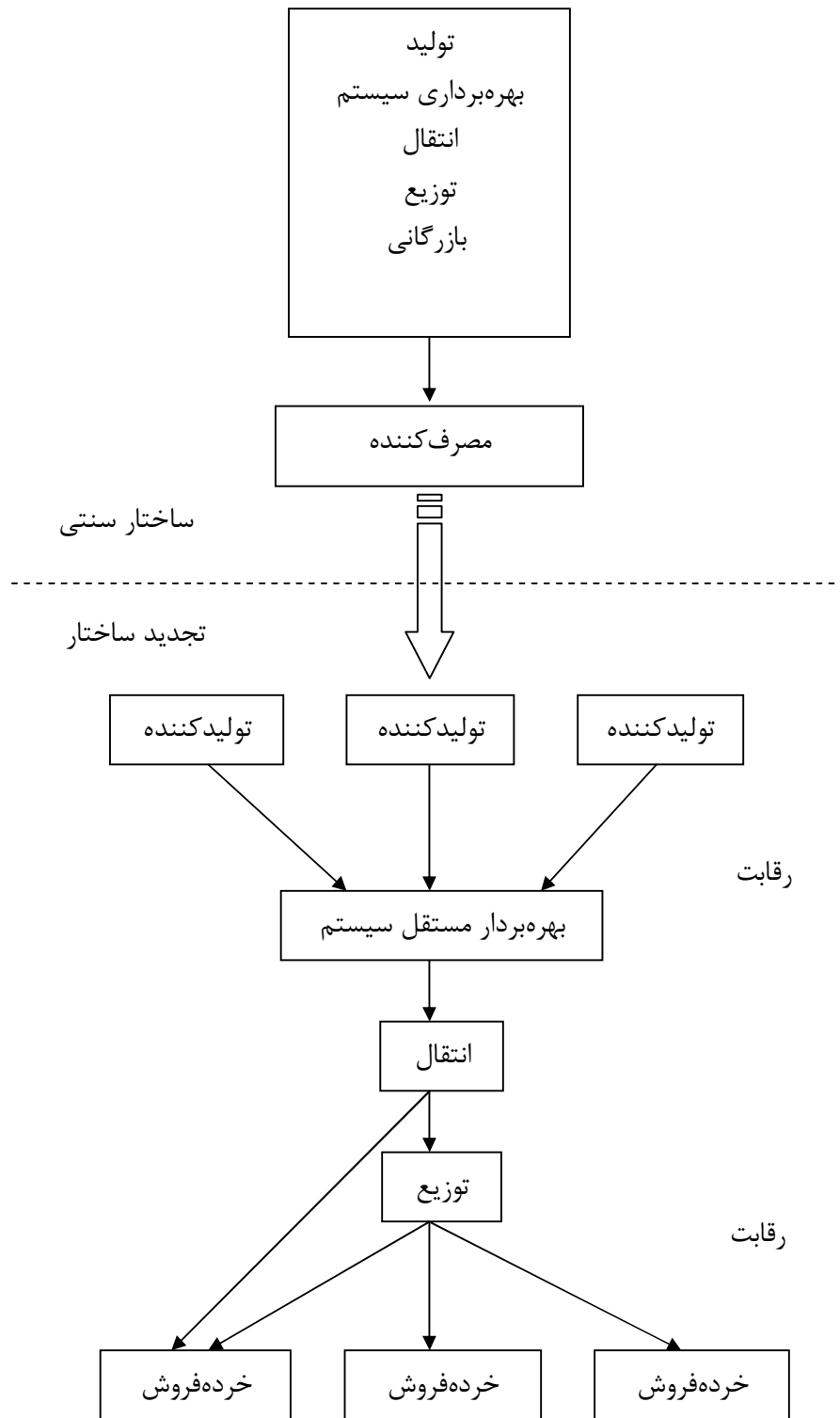
## ۲-۲-۱- مفاهیم تجدید ساختار

برخی از مفاهیم اولیه تجدید ساختار را در ادامه به اختصار توضیح داده خواهد شد. البته روند کلی تجدید ساختار نیز در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.

- **مقررات زدایی<sup>۱</sup>**: تعدیل یا حذف قوانین و یا مقررات زدایی در محیط تجدید ساختار صنعت برق به این مفهوم است که تنظیم قیمت برق بر اساس مقررات تدوین شده از سوی دولت‌ها یا نهادهای نظارتی دیگر انجام نمی‌شود، بلکه قیمت برق در بازارهای رقابتی تعیین خواهد شد. علاوه بر این، مقررات دست و پا گیر در جهت ورود به فضای صنعت
- **رقابت<sup>۲</sup>**: رقابت در صنعت برق تجدید ساختار شده در دو سطح کلان و خرد مطرح می‌گردد. همانطور که می‌دانید، در سطح کلان رقابت بین تولیدکنندگان صورت می‌پذیرد و در سطح خرد بین مصرف‌کنندگان انجام می‌شود. که به تفصیل توضیح داده خواهد شد.
- **خصوصی‌سازی<sup>۳</sup>**: به معنی واگذاری یا فروش اموال دولتی به شرکت‌های غیر دولتی و فعالان بخش خصوصی است.
- **دسترسی باز<sup>۴</sup>**: این مفهوم در صنعت تجدید ساختار شده عبارت است از ایجاد شبکه برقی که امکان دسترسی به خود سیستم و اطلاعاتش برای تمامی بازیگران به طور یکسان فراهم باشد.
- **تفکیک یا جداسازی<sup>۵</sup>**: مفهومی جداسازی بخش‌های انتقال و توزیع از تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان است. اعمال این تفکیک در کنار ایجاد سیستم دسترسی باز از مهم‌ترین اهرم‌ها و ساز و کارهای تحول در ساختار برق و بهره‌برداری نوین، رقابتی و دور از تباری است.

---

1- Deregulation  
2- Competition  
3- Privatization  
4- Open access  
5- Unbundling



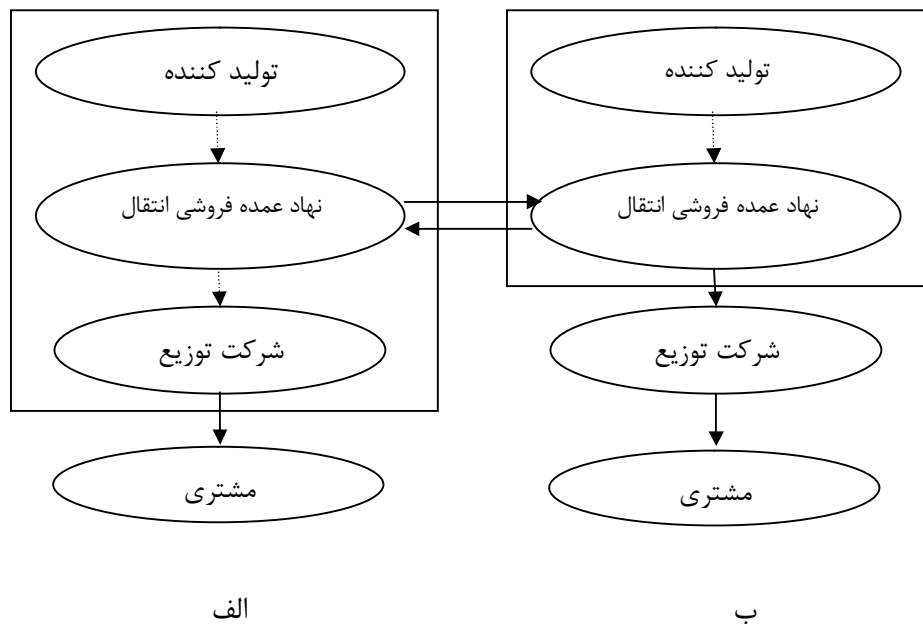
شکل ۲-۲ روند تجدید ساختار

## ۲-۳- مدل‌های رقابت

در ادبیات تجدید ساختار چهار مدل اصلی برای رسیدن به رقابت کامل پیشنهاد شده است. که در ادامه به صورت مختصر توضیح داده می‌شود [۳].

### ۲-۳-۱- انحصار

این انحصار دارای دو مدل است. که در مدل (الف) انحصار، متناظر با ساختار سنتی یا عمودی<sup>۱</sup> است. در این مدل تولید، انتقال و توزیع توسط شرکت برق انجام می‌گیرد. مدل (ب) انحصار حالتی را نشان می‌دهد که تولید و انتقال توسط شرکت برق انجام می‌شود و آن را به شرکت‌های توزیع انحصاری محلی می‌فروشد. شکل ۲-۳ این مدل‌های رقابت را نشان داده است.



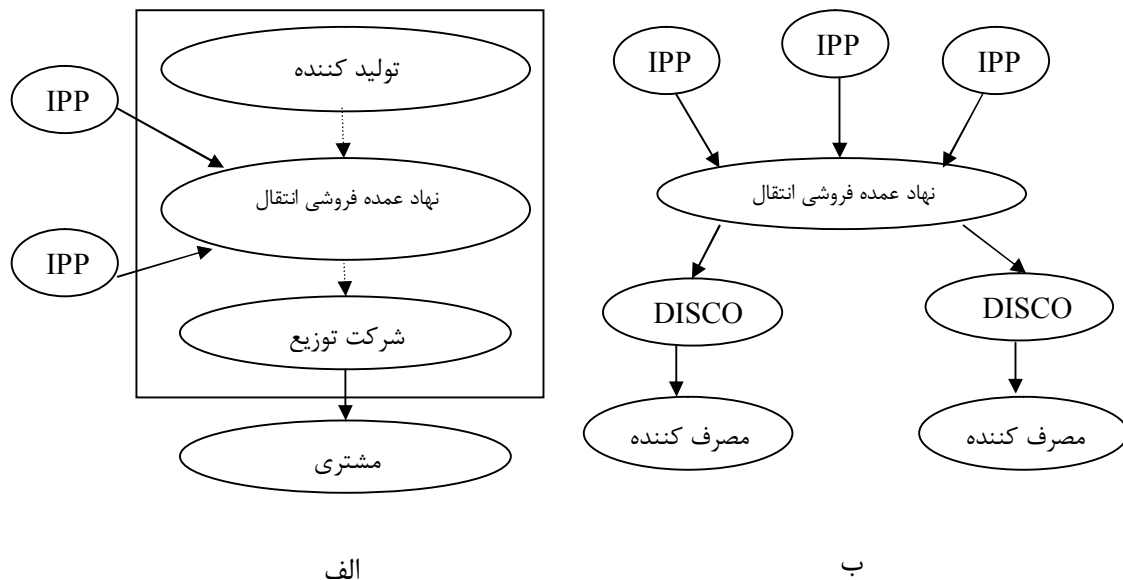
شکل ۲-۳ مدل رقابت انحصاری

### ۲-۳-۲- بنگاه خرید

این مدل اولین گام به سوی خصوصی سازی است (شکل ۲-۴). در حالت (الف) شرکت‌های مستقل تولیدکننده (IPP) نیز اجازه تولید توان همزمان با شرکت برق را دارا هستند. همچنین می‌توانند برق تولیدی خود را در بازار عمده فروشی، به فروش برسانند. در حالت (ب) که تکامل یافته مدل قبلی است،

1- Vertically

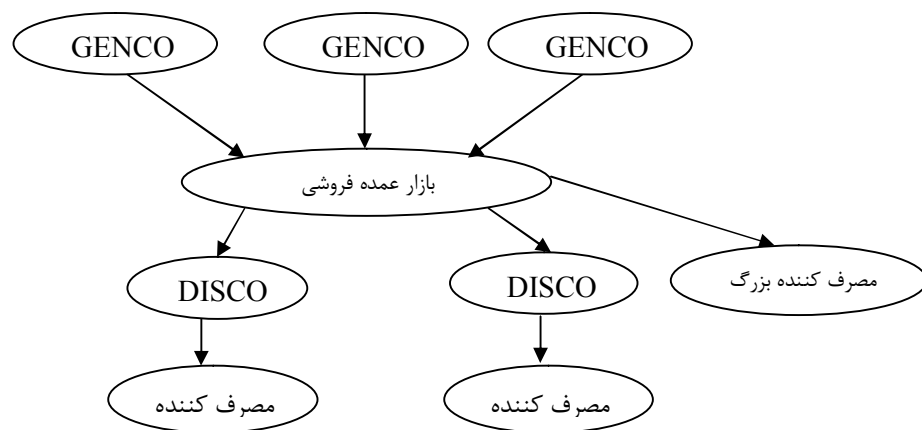
تمام تولیدات به صورت خصوصی انجام می‌شود. همچنین خرده‌فروشی نیز به صورت جداگانه انجام می‌شود.



شکل ۲-۴ مدل بنگاه خرید

### ۲-۳-۳- رقابت عمده فروشی

در این مدل دیگر نهاد مرکزی تولید، مسئولیت تهیه و تدارک انرژی الکتریکی را به عهده ندارد. همچنین DISCO ها این امکان را دارند که توان مورد نیاز خود را مستقیماً از تولیدکننده‌ها در بازار عمده فروشی برق خریداری کنند. همچنین مصرف‌کنندگان بزرگ برق نیز می‌توانند برای کاهش هزینه‌های خود، به صورت مستقیم و بدون واسطه برق خود را خریداری کنند. که در شکل ۲-۵ قابل مشاهده است. اما یکی از اشکالات این مدل در قسمت خرده‌فروشی است که مصرف‌کنندگان کوچک نمی‌توانند تأثیری در قیمت خرید برق داشته باشند.



شکل ۲-۵ مدل عمده‌فروشی