



مدل‌های پخش پرش چندعاملی برای قیمت‌های الکتریسیته

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

شبنم چمن‌پیرا

استاد راهنما: دکتر حسن داداشی‌آرانی

استاد مشاور: دکتر علی آقامحمدی

مهر ۱۳۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیمی ناقابل به

پدر و مادر عزیزم
و

شهدای ارجمند در هر زمان، مکان و از

هر مکتبی

که برای انسانیت جان دادند...

شکر و قدردانی

جمله‌ای را که همواره مادرم از صمیم قلب تکرار می‌کنند را هیچوقت فراموش نمی‌کنم
«خدایا از تو به اندازه علمت سپاسگزارم.»

و من اکنون می‌گویم

«خدایا از تو به اندازه‌ای که هستی سپاسگزارم.»

پدر و مادر فداکارم، دین شما بر من تمام نشدنی است. زبانم قاصر است از بیان آنچه که به من
بخشیده‌اید

رقیه، علی و فیروز عزیزم، وجودتان همیشه مایه دلگرمیم بوده و بسیار دوستان دارم
آقای دکتر داداشی و آقای دکتر آقامحمدی، استاد راهنما و استاد مشاور گرامیم، همواره مدیون درس‌های
بسیاری که از شما آموختم و دلگرمی‌هایی که به من داده‌اید هستم
آقای دکتر باستانی و آقای دکتر فهیم، همیشه مدیون زحمات شما هستم.

از مردم غمگین نمی‌توان امید بهروزی و پیشرفت کشور را داشت. پس شاد باید بود. اما شادی
کجاست؟

«جایی که همه ارزشمندند»

پس نخستین گام در راه پیروزی، آموختن ادب است و نکوداشت دیگران.

متشکرم از ابر و باد و مه و خورشید و فلک و تمام کسانی که در این راه همراهی‌ام نموده‌اند.

چکیده

در دو دهه اخیر، مقررات زدایی بازارهای الکتریسیته، منجر به ایجاد بورس‌های انرژی و معامله آزاد الکتریسیته شده است.

الکتریسیته به دلیل خصوصیات منحصر بفردی که دارد، به عنوان کالایی خاص در میان دیگر کالاها به شمار می‌رود. از مهمترین این خصوصیات، محدودیت در ذخیره‌سازی آن در مقیاس‌های بزرگ و نیاز به پیوستگی عرضه است. این دو ویژگی باعث بوجود آمدن پرش‌های ارتجاعی در حرکت قیمت الکتریسیته گردیده و تحلیل دینامیک قیمت را دشوار می‌سازد.

در این پایان‌نامه در ابتدا، به مطالعه ویژگی‌های کیفی و آماری قیمت الکتریسیته بویژه برای بورس انرژی اروپا پرداخته و در ادامه مدل مناسبی را به سری قیمت، برازش می‌کنیم.

این ویژگی‌ها می‌توانند به طور مناسب توسط مدل مجموع ارنشتین النبک بازساخت شوند. این مدل قیمت را به صورت مجموعی از فرآیندهای ارنشتین النبک مبتنی بر لوی نشان می‌دهد.

جهت تحلیل بهتر و برازش مناسب مدل، نیاز به پالایش مسیر پرش‌های ارتجاعی از سری قیمت می‌باشد. برای نیل به این هدف در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار MATLAB به پالایش مسیر پرش‌های ارتجاعی از سری قیمت پرداخته، سپس با یک رویکرد آماری، پارامترهای مدل مجموع ارنشتین النبک را از داده‌ها برآورد خواهیم کرد.

واژه‌های کلیدی: قیمت‌های الکتریسیته، مدل‌های چند عاملی، فرآیندهای ارنشتین النبک مبتنی بر لوی، تخمین آماری، پالایشگر غیرخطی.

فهرست

پنج	چکیده	.....
۱	پیش‌گفتار	.....
۶	۱ الکتریسیته کالایی منحصر بفرد	.....
۹	۱.۱ ویژگی‌های کیفی	.....
۹	۱.۱.۱ مرحله تولید	.....
۱۱	۲.۱.۱ مرحله انتقال	.....
۱۲	۳.۱.۱ مرحله توزیع	.....
۱۲	۴.۱.۱ مرحله مصرف	.....
۱۲	۲.۱ بازارهای الکتریسیته	.....
۱۹	۳.۱ مشتقات قابل معامله در بازارهای الکتریسیته بویژه EEX	.....
۱۹	۱.۳.۱ قراردادهای آتی	.....
۲۲	۲.۳.۱ اختیارات	.....
۲۴	۴.۱ مشتقات قابل معامله در دیگر بازارهای EEX	.....
۲۴	۱.۴.۱ آتی‌های قابل معامله در بازار حق انتشار	.....
۲۴	۲.۴.۱ مشتقات قابل معامله در OTC	.....

۲۶	تعاریف و مفاهیم اولیه	۲
۲۸	۱.۲ فرآیندهای تصادفی	
۳۰	۲.۲ فرآیندهای لوی	
۳۶	ویژگی‌های کیفی و خواص آماری حرکت قیمت الکتریسیته و انواع مدل‌های موجود	۳
۳۷	۱.۳ ویژگی‌های کیفی حرکت قیمت الکتریسیته	
۳۷	۱.۱.۳ الگوی فصلی	
۴۲	۲.۳ خواص آماری حرکت قیمت الکتریسیته	
۴۲	۱.۲.۳ مانایی و بازگشت به میانگین	
۴۲	۲.۲.۳ پرش‌های ارتجاعی	
۴۴	۳.۲.۳ توزیع غیر گاوسی بازده‌های قیمت الکتریسیته	
۴۶	۳.۳ انواع مدل‌ها	
۴۶	۱.۳.۳ حرکت براونی هندسی	
۴۷	۲.۳.۳ مدل بازگشت به میانگین ارنشتین النبک	
۴۸	۳.۳.۳ مدل دو عاملی شوآرتز-اسمیت	
۴۹	۴.۳.۳ مدل‌های پخش پرش	
۵۰	۵.۳.۳ مدل‌های نوسان تصادفی	
۵۲	۶.۳.۳ مدل‌های ساختاری	
۵۴	۷.۳.۳ مدل‌های مارکف	
۵۴	۸.۳.۳ مدل‌های تغییر رژیم	
۵۵	۹.۳.۳ مدل‌های چندعاملی	
۵۸	برازش مدل	۴
۵۹	۱.۴ مدل پخش پرش دو عاملی	

۶۱	..... تخمین $f(t)$	۱.۱.۴
۶۲	..... تخمین λ_1 و λ_2	۲.۱.۴
۶۳	..... تخمین μ و σ و $L(t)$	۳.۱.۴
۷۱	..... توزیع نموهای سیگنال پایه	۴.۱.۴
۷۴	..... توزیع سیگنال پرش‌های ارتجاعی	۵.۱.۴
۷۶	..... خلاصه کارهای انجام شده و نتایج به دست آمده به صورت زیر است:	۲.۴
۷۸	آ اثبات روابط بکار رفته در پایان نامه	
۷۸	..... ۱.آ اثبات روابط ۷.۴	۱.آ
۸۰	..... ۲.آ اثبات رابطه ۸.۴	۲.آ
۸۷	..... واژه‌نامه فارسی به انگلیسی	
۹۵	..... واژه‌نامه انگلیسی به فارسی	

لیست تصاویر

۸	.....	تقسیم‌بندی بازارها و انواع کالاها	۱.۱
۱۰	.....	انواع سوخت مصرفی برای تولید برق در جهان	۲.۱
۱۱	.....	انواع سوخت مصرفی برای تولید برق در ایران	۳.۱
۱۶	.....	چارت بورس انرژی اروپا و شاخص‌های آن	۴.۱
۳۴	.....	مثال‌هایی از فرآیندهای لوی	۱.۲
۳۷	.....	نمودار قیمت شاخص فلیکس بازار لحظه‌ای قدرت بورس انرژی اروپا	۱.۳
۳۸	.....	نمودار قیمت روز ۲۰۱۰/۴/۱۴	۲.۳
۳۹	.....	نمودار قیمت هفتگی از ۲۰۱۰/۴/۱۲ تا ۲۰۱۰/۴/۱۸	۳.۳
۴۰	.....	نمودار قیمت سالانه از ۲۰۱۱/۱/۱ تا ۲۰۱۲/۱/۱	۴.۳
۴۱	.....	برازش تابع فصلی $f(t)$ به لگاریتم داده‌های لحظه‌ای	۵.۳
۴۱	.....	نمودار قیمت لحظه‌ای تقلیل فصلی یافته	۶.۳
۴۳	.....	پرش ارتجاعی قیمت	۷.۳
۴۶	.....	نمودار QQ-plot	۸.۳
۶۱	.....	برازش تابع فصلی $f(t)$ به لگاریتم داده‌های لحظه‌ای	۱.۴
۶۲	.....	برازش مجموع دو تابع نمایی به تابع خودهمبستگی داده‌ها	۲.۴

۶۸	.....	نمودار قیمت، مسیر سیگنال پایه و مسیر پرش های ارتجاعی	۳.۴
۷۱	.....	نمودار قیمت و مسیر پالایش شده نهایی برای کل داده ها	۴.۴
۷۲	.....	نمودار مسیر پالایش شده نهایی برای کل داده ها	۵.۴

پیش‌گفتار

می‌توان گفت بزرگترین استفاده از الکتریسیته، با اختراع وسایل برقی، موتورهای الکتریکی، وسایل گرمایشی و روشنایی، از قرن هیجدهم آغاز شد. زمانیکه استفاده کاربردی از الکتریسیته توسعه یافته و همگانی شد، تقاضا برای تولید آن شروع شد و الکتریسیته به‌عنوان یکی از منابع بسیار مهم انرژی روش زندگیمان را دگرگون ساخت.

گذار صنعت برق از فضای انحصاری به فضای رقابتی به دو دهه اخیر می‌رسد. در این فرآیند که تحت عنوان کلی تجدید ساختار در صنعت برق پیگیری می‌شود، کشورهای مختلف با مدل‌های متفاوتی در جهت خصوصی‌سازی و رقابتی کردن این صنعت در حال حرکتند [۴۱].

در واقع تجدید ساختار و تجدید قانونگذاری در صنعت برق به دهه هشتاد میلادی که با خصوصی سازی صنعت الکتریسیته انگلستان آغاز شد، برمی‌گردد. از آن زمان تا کنون، کشورهای بسیاری از این مسأله تبعیت کرده‌اند. البته خروج صنعت برق از انحصار دولت در سال ۱۹۹۰، به موفقیت نفت و صنعت گاز طبیعی نبود ولی بالاخره منجر به تشکیل بازار آزاد شد. بازار الکتریسیته رقابتی شد و پیش‌بینی قیمت الکتریسیته یک ورودی لازم برای مدیریت ریسک و مدل‌های بودجه‌بندی سرمایه، برای تصمیم‌گیری و مدیریت استراتژی در شرکت‌های انرژی گردید [۲۶].

از ویژگی‌های اصلی الکتریسیته، محدودیت در ذخیره سازی آن است که اطمینان در برابر ریسک‌های قیمت را به سختی ممکن می‌سازد. یک افزایش ناگهانی در تقاضای الکتریسیته (بنابه شرایط آب و هوایی) یا کمبود در میزان تولید برق (به خاطر درست عمل نکردن یک کارخانه مولد)، ساختار عرضه و تقاضا را از تعادل خارج ساخته و باعث پرش در دینامیک قیمت می‌گردد. این نوع پرش‌های ارتجاعی (اسپایک‌ها)^۱، منحصر به قیمت‌های الکتریسیته بوده و به‌طور متناوب در سری زمانی قیمت دیده

می‌شوند.

از مهمترین ویژگی‌های سری‌های قیمت برق وجود تغییرات فصلی چندگانه، اثر تقویم (تعطیلات آخر هفته و رسمی)، نوسانات بالا، پرش‌های ارتجاعی و خصوصیت مانایی^۱ و بازگشت به میانگین^۲ است. بورس انرژی اروپا (EEX^۳) جزء بزرگترین و موفق‌ترین بورس‌های انرژی دنیا دارای بازارهای قدرت^۴، گاز طبیعی^۵، زغال سنگ^۶ و حق انتشار^۷ است. در این بورس شاخص‌های متنوعی تعریف شده است که شاخص فلیکس ویژه قیمت لحظه‌ای الکتریسیته است.

پر واضح است که جهت پیش‌بینی و اتخاذ تصمیمات مربوط به سرمایه‌گذاری و مدیریت ریسک، شناخت سری زمانی مربوط به سهم شرکتی خاص و یا کالایی مشخص ضروری است. البته برای سنجش نحوه کارکرد بورس، تحلیل رفتار شاخص‌های مطرح شرکت بورس و اینکه از چه مدلی پیروی می‌کنند بسیار مفید است.

مدل کردن مناسب پرش‌های ارتجاعی و همین‌طور قیمت الکتریسیته، به‌منظور تحلیل بهتر رفتار قیمت و همچنین قیمت‌گذاری مشتقات مرتبط با الکتریسیته، امری ضروری است. در واقع مسأله، تحلیل و بررسی رفتار سری قیمت لحظه‌ای شاخص فلیکس بورس انرژی اروپا و برازش مدل مناسب به آن است.

با توجه به دلایل گفته شده در بالا جهت حل مسأله نیاز به انجام مراحل زیر داریم:

- بررسی ویژگی‌های فصلی بودن، مانایی و بازگشت به میانگین و همین‌طور بررسی توزیع (غیر

^۱ Stationary

^۲ Mean Reversion

^۳ European Energy Exchange

^۴ Power

^۵ Natural Gas

^۶ Coal

^۷ Emission Allowances

گاوسی) بازده‌های قیمت الکتريسيته شاخص فليکس

- پالایش پرش‌های ارتجاعي موجود در سری قیمت جهت تحليل بهتر داده‌ها

- برازش مدل پخش پرش چندعاملی مبتنی بر فرآیندهای لوی؛

با توجه به ویژگی مهم بازگشت به میانگین قیمت الکتريسيته، مدل پیشنهادی، مدل پخش پرش دو

عاملی^۱ است. چراکه این مدل یکی از مدل‌های مناسب قیمت الکتريسيته در میان دیگر مدل‌ها

(ساختاری^۲، مارکف^۳، تغییر رژیم^۴ و...) است.

- تخمین پارامترهای مدل با استفاده از برنامه نویسی در محیط MATLAB و R .

لذا در این پایان‌نامه در فصل اول به ویژگی‌های منحصر بفردهای بازارهای الکتريسيته و معرفی بورس انرژی

اروپا و قراردادهای موجود در آن می‌پردازیم. در فصل دوم به تعاریف و مفاهیم اولیه مورد نیاز اشاره

خواهیم کرد و در فصل سوم ویژگی‌های کیفی دینامیک قیمت برق را بررسی می‌کنیم.

روش تحقیق به این صورت است که به دلیل خصوصیت مهم و بارز فصلی بودن قیمت برق، با برازش

یک تابع روند شش پارامتری به لگاریتم سری قیمت و تخمین پارامترهای موجود، سری زمانی قیمت

لحظه‌ای تقلیل فصلی یافته^۵ را به دست می‌آوریم. سپس با بکارگیری تستهای آماری موجود در نرم‌افزار

R به بررسی خواص آماری سری مزبور می‌پردازیم. در ادامه فصل در مورد انواع مدل‌های موجود برای

قیمت برق، صحبت خواهیم نمود.

در نهایت در فصل چهارم مطابق با ویژگی‌های حرکت قیمت، مدل مناسب را به سری زمانی برازش

می‌کنیم. در این رهیافت با برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار MATLAB به پالایش پرش‌های ارتجاعي

^۱ Two Factor Jump Diffusion Models

^۲ Structural

^۳ Markov

^۴ Regime Switching

^۵ Deseasonalized Spot Price Series

از سری قیمت و برازش توزیع پارتو^۱ به اندازه شدت پرش‌ها و همچنین مدل اتورگرسیو (AR)^۲ به سیگنال پایه می‌پردازیم. در پایان پارامترهای موجود در هر دو عامل را برآورد می‌کنیم.

هدف از انجام این پروژه بدین شرح است:

- آشنایی با نحوه عملکرد منحصر بفرد بازارهای الکتریسیته به عنوان زیرمجموعه‌ای از بازارهای مالی

- شناخت ویژگی‌های منحصر بفرد برق که در بسیاری از بازارهای الکتریسیته از جمله APX ، UKPX و غیره مشترک هستند، با نگاهی ویژه به بازار قدرت بورس انرژی اروپا (EPEX)^۳

- استفاده از مدلی انعطاف‌پذیر هم برای قیمت لحظه‌ای و هم قیمت‌گذاری قراردادهای بازارهای الکتریسیته

- تحلیل داده‌های بورس انرژی با استفاده از مباحث ریاضی مالی و بکارگیری نرم‌افزارهای مختلف در این رویکرد.

در ضرورت و توجیه انجام پروژه باید گفت، با توجه به اینکه بورس انرژی ایران در شرف تأسیس و راه‌اندازی است و برق به عنوان مهمترین کالای قابل معامله در این بورس مطرح می‌باشد جهت:

- آشنایی با انواع بازارهای فعال در بورس انرژی اروپا و نحوه عملکرد متفاوت بازار الکتریسیته

- آشنایی با انواع قراردادهای قابل معامله در این بازارها و نحوه قیمت‌گذاری آنها

- آشنایی با انواع مدل‌های قابل برازش به قیمت‌های الکتریسیته و ویژگی‌های منحصر بفرد این قیمت‌ها برای تحلیل عملکرد بازار برق

^۱ Pareto Distribution

^۲ Autoregressive Model

^۳ European Power Energy Exchange

- اهمیت آشنایی با چرخه تولید، انتقال و توزیع برق، به دلیل تأثیر این فاکتورها در قیمت گذاری برق

- بکارگیری مباحثی همچون شبیه سازی، آنالیز تصادفی، سری های زمانی و غیره جهت قیمت گذاری و مدیریت ریسک

انجام پروژه مذکور بسیار مفید خواهد بود.

وزارتخانه ها، سازمان ها، شرکت ها و سایر ارگان هایی که می توانند از نتیجه انجام این پروژه بهره مند گردند عبارتند از: وزارت نیرو (دفتر بازار برق)، شرکت بورس انرژی، کارگزاری ها و شرکت های سرمایه گذاری فعال در بازار سرمایه.

مراجع اصلی این پایان نامه برای فصل اول، [۱۳] و برای فصل های سوم و چهارم، [۲۳] است. از مراجع [۳۶، ۴۹] نیز جهت نوشتن معادل فارسی واژگان انگلیسی استفاده کرده ایم.

فصل اول

الکتريسيته كالايي منحصر بفرد

در اين فصل جهت يافتن ديد كلي نسبت به بورس انرژي و جايگاه آن در ميان ديگر بورس‌ها، در ابتدا به کلاس‌بندی بازارهای مالی و انواع بورس‌ها می‌پردازیم. در ادامه، نظری گذرا به ویژگی‌های کیفی و شناخت بازارهای الکتريسيته، بويژه بازار قدرت بورس انرژي اروپا (EPEX) داشته و درباره قراردادهای موجود در اين بازارها صحبت خواهيم کرد.

همانطور که در شکل (۱.۱) ملاحظه می‌کنید، در یک تقسیم‌بندی کلی، بازارها به دو بازار کالا و خدمات (بازار سنتی) و بازارهای مالی تقسیم می‌شوند. بازارهای مالی نیز براساس مدت زمان از دو بازار پول و بازار سرمایه (از جمله بورس و فرابورس (OTC)) تشکیل می‌گردند. در تمامی بازارها به طور کلی دو نوع دارایی، دارایی‌های واقعی و دارایی‌های مالی مورد معامله قرار می‌گیرند. دارایی‌های واقعی در واقع دارایی‌های فیزیکی مثل زمین، نفت، طلا، فلزات و غیره هستند اما دارایی‌های مالی دارایی‌های کاغذی و اگر بهتر بگوییم اسنادی همچون سهام، اوراق مشارکت و غیره هستند.

بورس بازاری است که در آن دارایی‌های مختلف مورد معامله قرار می‌گیرد. از این رو انواع بورس‌ها را

می‌توان به سه دسته کلی شرکت بورس اوراق بهادار، شرکت بورس کالا و شرکت بورس ارز طبقه‌بندی کرد (فعالاً بورس ارز در ایران راه‌اندازی نشده است) [۵۰]. تمامی شرکت‌ها نیز زیر نظر سازمان بورس و اوراق بهادار فعالیت می‌کنند. بورس انرژی نیز در ایران، به‌عنوان شرکتی مستقل، در ماه‌های آتی شروع بکار خواهد کرد. البته این بخش‌بندی در کشورهای مختلف متفاوت است. در حالت کلی بازارهای انرژی از جمله الکتریسیته در بین بازارهای کالای پیچیده قرار می‌گیرند [۱۹]. در شکل (۱.۱) می‌توانیم کلاس‌بندی انواع کالاها را ببینیم. لازم به یادآوری این نکته است که، جهت شفافیت بیشتر، در شکل مربوطه و همین‌طور شکل (۴.۱) مباحث بررسی شده در پایان‌نامه را با رنگ دیگری متمایز کرده‌ایم.

علاوه بر این تقسیم‌بندی، در تمامی بورس‌ها بسته به واگذاری فوری کالا یا واگذاری آینده کالا، بازار نقد^۱ و بازار مشتقه^۲ را خواهیم داشت.

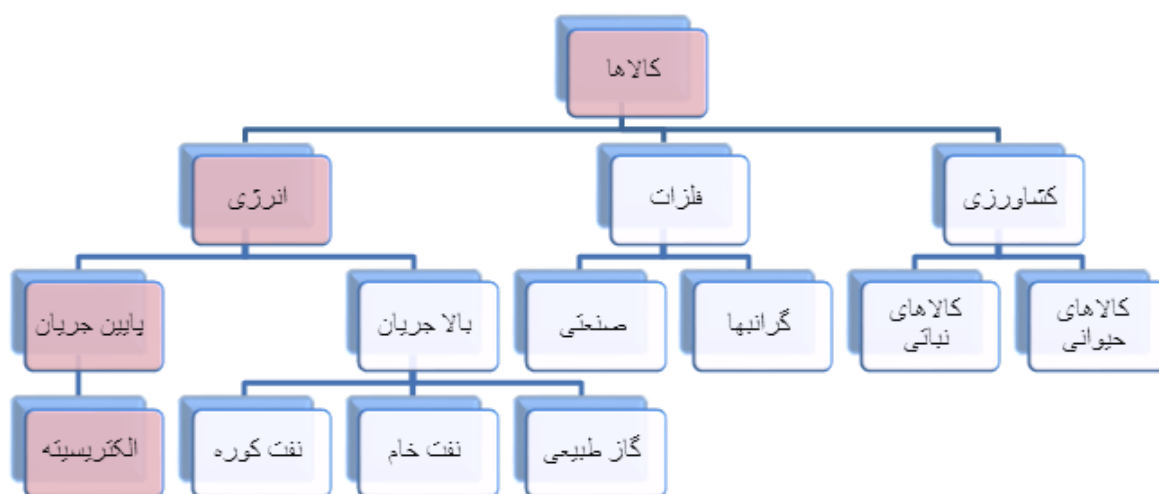
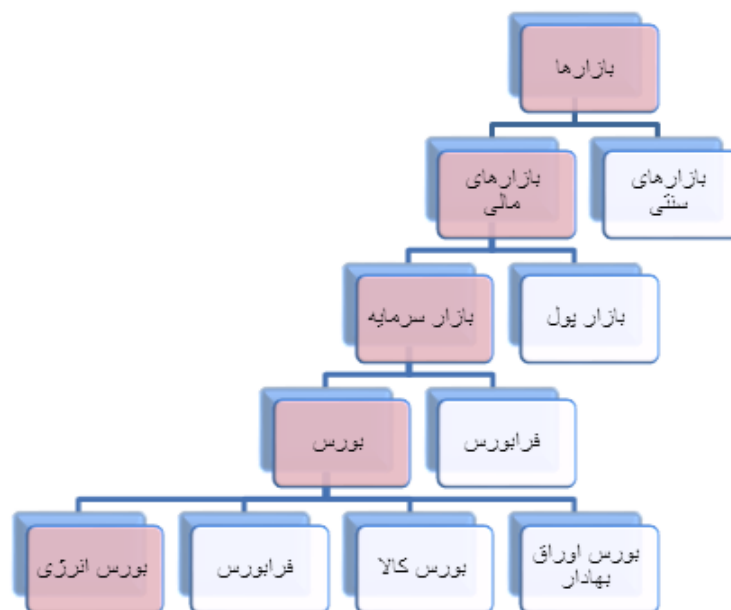
تعریف ۰.۱.۱. بازار نقد: بازاری است که کالا در زمان حال مبادله و فوراً یا با فاصله کمی تحویل داده شود.

تعریف ۰.۲.۱. بازار مشتقه: بازاری است که معامله در زمان حال انجام می‌گیرد اما تحویل کالا به آینده‌ای معین موکول می‌شود [۴۸].

از آنجائیکه ویژگی‌های کیفی منحصر‌بفرد الکتریسیته، به‌طور کاملاً محسوسی روی حرکت قیمت آن، تأثیر می‌گذارد، لذا جهت فهم هر چه بهتر رفتار قیمت، شناختن الکتریسیته به‌عنوان کالایی خاص در بین دیگر کالاها ضروری است. در این بخش از پایان‌نامه به بررسی ویژگی‌های کیفی الکتریسیته می‌پردازیم.

^۱ Spot Market

^۲ Derivative Market



شکل ۱.۱: تقسیم‌بندی بازارها و انواع کالاها

۱.۱ ویژگی‌های کیفی

برق کالایی حیاتی برای مصارف خانگی، صنعتی و ... است که همگان به آن نیاز مبرم داریم. اما به دلایل نداشتن جانشین در بسیاری از کاربردهای خود، عمومی بودن خدمات (استفاده در بخش‌های کشاورزی، صنعتی، آزمایشگاهی و ...)، زمان بر بودن برای به ثمر رسیدن سرمایه و نیاز به سرمایه‌گذاری بالا، لزوم ثبات قیمت برای مصرف کننده عادی و لزوم حفظ کیفیت (جهت جلوگیری از خسارت‌های وارده احتمالی به تجهیزات و وسایل برقی)، لزوم پیوستگی عرضه^۱ و از جمله تأمین در ساعات اوج مصرف و از همه مهم‌تر و اساسی‌تر، عدم انباشتگی^۲ (غیرقابل ذخیره بودن آن) چنانکه صنعت برق جهان روی این اصل بسیار مهم پایه‌گذاری شده است، باعث گردیده تا الکتریسیته به‌عنوان کالایی خاص و منحصر بفرد شناخته گردد.

وابستگی روز افزون بشر به این کالا و اطمینان از تأمین به موقع برق مورد نیاز از یک سو و غیر قابل ذخیره بودن آن از سوی دیگر که باعث پیوستگی و هم‌زمانی فرآیند تولید و مصرف می‌گردد، باعث افزایش ریسک خرید و فروش این کالا نسبت به کالاهای دیگر شده است. باید خاطر نشان کرد که جهت قیمت‌گذاری منصفانه و مدیریت ریسک بهتر این کالا، نمی‌توان نسبت به تأثیر فرآیند تولید تا مصرف برق بی‌تفاوت بود. فرآیند برق تولید شده تا مصرف را، می‌توان به چهار مرحله تقسیم نمود که عبارتند از: مراحل تولید، انتقال، توزیع و مصرف.

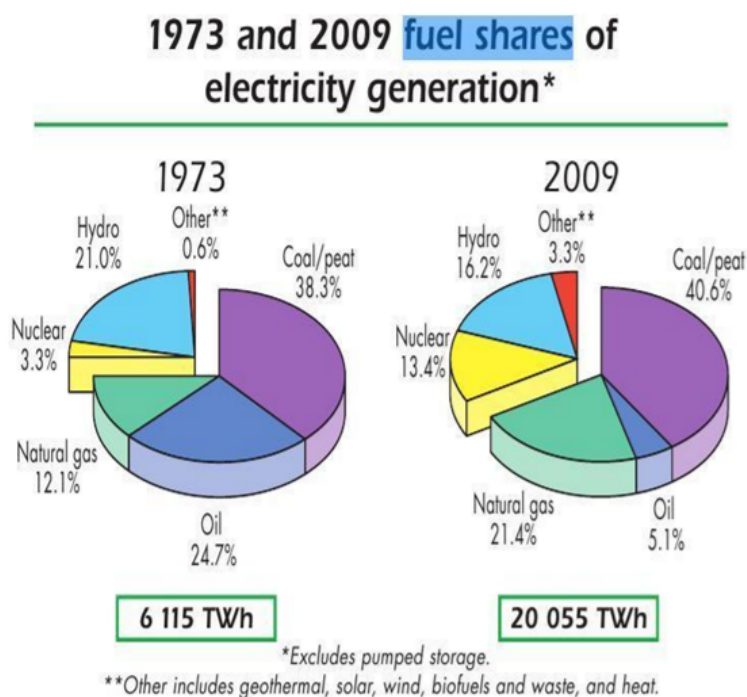
۱.۱.۱ مرحله تولید

همانطور که می‌دانیم برق با استفاده از منابع مختلفی تولید می‌گردد. از جمله منابع انرژی مورد نیاز برای تولید: نفت، گاز طبیعی، زغال سنگ، آب، اورانیوم و انرژی خورشیدی، بادی و ... هستند.

^۱ Supply

^۲ Non-Storability

در شکل‌های (۲.۱) از [۴۶] و (۳.۱) از [۳۸، ۳۷] نگاهی به میزان برق تولید شده از منابع مختلف در جهان و ایران می‌اندازیم. همانطور که می‌بینیم درصد بالایی از منابع مورد استفاده برای تولید برق



شکل ۲.۱: انواع سوخت مصرفی برای تولید برق در جهان

در جهان را، انرژی حرارتی به خود اختصاص داده است. در ایران نیز منابع غنی نفت و گاز به عنوان انرژی‌های اولیه، تأمین کننده سوخت مورد نیاز برای تولید برق هستند و تنها بخش کوچکی از نیروی برق به کمک منابع تجدیدپذیر و برق آبی تولید می‌شود. دلیل طرح این مسأله، تفاوت قیمت برق تولید شده از منابع مختلف است. برای مثال در کشوری مثل نروژ که سهم زیادی از تولید آن برق آبی است قیمت متفاوت از کشوری چون هلند که تنها ۱۷٪ درصد از برق آن هیدرو (آبی) است خواهد بود [۱۳].

علاوه بر نکته اشاره شده در بالا، در کشورها و نواحی مختلف بنابه شرایط آب و هوایی، صنعتی و غیره شاهد قیمت‌های متفاوتی (هم از لحاظ رفتار و هم از لحاظ مقدار قیمت) خواهیم بود.