



۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - کنترل

مدل سازی دینامیک سیستم اقتصاد کلان برای کنترل تورم با در نظر گرفتن انتظارات عقلایی

توسط:

معین مصطفوی

اساتید راهنما:

دکتر علیرضا فاتحی

دکتر حامد شکوری گنجوی

استاد مشاور:

دکتر پیتر ون زور میوهلن

تابستان ۱۳۹۰

الله الرحمن الرحيم

تقدیم

روح استاد بزرگ مهندسی کنترل

مرحوم پروفیسور کارو لوکس

تأییدیه هیات داوران

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای معین مصطفوی را با عنوان " مدل سازی دینامیک سیستم اقتصاد کلان برای کنترل تورم با در نظر گرفتن انتظارات عقلایی " از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می کند.

| امضاء | رتبه علمی | نام و نام خانوادگی | اعضای هیئت داوران |
|-------|-----------|--------------------|---------------------------|
| | استادیار | علیرضا فاتحی | ۱- استاد راهنما |
| | دانشیار | حامد شکوری | ۲- استاد راهنما |
| | | پیتر ون زور میوهلن | ۳- استاد مشاور |
| | دانشیار | حمید خالوزاده | ۴- استاد ممتحن |
| | دانشیار | بابک نجارعرابی | ۵- استاد ممتحن |
| | | | ۶- نماینده تحصیلات تکمیلی |

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه:

مدلسازی دینامیک سیستم اقتصاد کلان برای کنترل تورم با در نظر گرفتن

انتظارات عقلایی

اساتید راهنما: جناب آقای دکتر فاتحی و جناب آقای دکتر شکوری

دانشجو: معین مصطفوی

شماره دانشجویی: ۸۷۰۰۶۹۴

اینجانب معین مصطفوی، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش کنترل دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می باشد. همچنین در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده ام.

معین مصطفوی

شهریور ماه سال ۹۰

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده می باشد. هر گونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

تشکر و قدردانی

بی‌شک آشنایی بنده با دکتر کارولوکس در آبان ماه سال چهارم دوره کارشناسی و گفتگوی کوتاه اما صمیمی با این مرد بزرگ عامل اصلی ادامه تحصیل بنده در رشته برق و روی آوردن به گرایش کنترل بود و پس از ورود به تهران و ارتباط بیش‌تر کنجکاو و روحیه پژوهش‌گری ایشان مرا به شدت تحت تاثیر قرار داد و پس از سال‌ها دوباره علاقه‌مند به علم آموزی کرد و عشق را در دلم زنده نمود. افتخار داشتم پروژه را با ایشان تعریف نمودم و تا حدود ۷ ماه پس از تدوین سمینار از حضورشان بهره بردم اما خورشید تابان حضورشان در ۱۸ تیرماه ۱۳۸۹ غروب نمود. آن‌چه به من انگیزه مجدد برای ادامه کار داد سخن پسر این استاد بزرگ بر مزارش بود که "از نظر من پدر این کالبدی نیست که در خاک قرار داده می‌شود، پدر من در وجود تک‌تک دانشجویان، همکاران و خانواده‌اش تجلی یافته و باید تلاش کنیم تا پدر مرا زنده نگهداریم". بی‌شک با هیچ‌واژه‌ای نمی‌توانم از این استاد بزرگ تشکر کنم که برای من تحولی بزرگ در زندگی‌ام ایجاد نمود، اما امیدوارم بتوانم راه ایشان را ادامه دهم.

پس از آن‌که رتبه‌های ارشد آمده بود همان‌طور که پیش‌بینی کرده بودم نمی‌توانستم به دانشگاه تهران بروم و برای مشورت به سراغ دکتر لوکس رفتم و ایشان دانشگاه خواجه نصیر و ۴ تن از اساتید را معرفی نمودند. در همان روز پس از کلاس کنترل صنعتی خدمت دکتر فاتحی رسیدم و انرژی فراوان و قدرت کلامشان مرا علاقه‌مند نمود اما پس از گفتگوی کوتاه ایشان گفتند موضوعات مورد علاقه شما گرچه برای من هم جالب هستند اما مدتی است در موضوعات دیگری دانشجوی برمی‌دارم اما چون از طرف دکتر لوکس آمده‌اید من باز با ایشان مشورت می‌کنم و بعد به شما جواب می‌دهم. دو روز بعد با ایشان تماس گرفتم و گفتند اگر شما به دانشگاه ما آمدید و علاقه‌مند به کار کردن با من بودید همکاری خواهیم کرد.

آشنایی با دکتر فاتحی و تعریف پروژه با ایشان چه از جهت علمی و چه از جهت معرفتی و روحیه برای بنده از بهترین دوره‌های آموزشی‌ام بوده است. انگیزه‌های فراوان و وجد و شغف وجودی ایشان برای همه دانشجویانشان تجربه بسیار دلنشینی می‌باشد.

پس از مشخص نمودن مسیر پروژه از طریق یکی از دوستان با دکتر شکوری گنجوی آشنا شدم. ایشان که اولین دانشجوی دکترای کنترل در داخل کشور هستند، اولین پروژه اقتصادی را در دپارتمان‌های کنترل کشور در مقطع دکترای خود تعریف نموده‌اند. آشنایی کامل ایشان با هر دو ادبیات مهندسی کنترل و اقتصاد کار را برای بنده بسیار تسهیل نمود و برخوردهای صمیمانه ایشان باعث شد در

مقطع سمینار به عنوان مشاور خدمتشان باشم و پس از فوت مرحوم دکتر لوکس به عنوان راهنمای پروژه مرا یاری نمودند. در همه مراحل آشنایی بنده با ایشان بیش از حد یک استاد با بنده همکاری داشتند که موجب امتنان بنده بود.

آشنایی بنده با دکتر میوهلن در پروژه درسی کنترل مقاوم بود که براساس یک مقاله از ایشان تعریف شده بود، آغاز شد و ایشان به عنوان یک اقتصاددان بازنشسته بانک فدرال با تجربه فراوان در بحث پروژه بنده بصورت کاملاً دوستانه جوابگوی سوالات بنده بودند. پاسخگویی ایشان به سوالات اقتصادی بنده بسیار دقیق و با منابع کاربردی بود که در صورت نیاز اسکن آن‌ها را برایم ارسال می‌کردند. کمک ایشان بسیار بیش از حد استاد مشاور بود.

از خانواده‌ام که زحمتهای زیادی در طول دوره تحصیل متحمل شدند و محبت، پشتیبانی و پی‌گیری مداومی را روا داشتند از صمیم قلب قدردانی می‌کنم. بی‌شک تشکر از خانواده از زبان قاصر بنده برنخواهد آمد.

فضای علمی و دوستانه در گروه کنترل دانشکده برق کاملاً قابل تحسین بوده و می‌باشد. فضای آرام، دوستانه، صمیمی و البته علمی آزمایشگاه اتوماسیون صنعتی برای دانشجویان بسیار موجب امتنان بود. باید از همه اساتید این گروه و دوستان عزیزم تشکر کنم.

چکیده

کنترل تورم از موضوعاتی است که در دودهمه اخیر مورد توجه خاص اقتصاددانان قرار گرفته است و در بیش از ۲۰ کشور دنیا جزء موضوعات تحقیقاتی اصلی اقتصاد کلان حساب می‌شود. برای این مهم نیاز به یک مدل دینامیکی توصیف‌گر سیستم اقتصادی می‌باشیم و در چنین مدل اقتصادی جزء لاینفکی برای مدلسازی انتظارات آینده خواهیم داشت. معنادارترین روش برای این مدلسازی شکل‌دهی انتظارات براساس مدل می باشد که در ادبیات اقتصادی به عنوان انتظارات عقلایی شناخته می‌شود. روش‌های رایج توصیف و مدلسازی انتظارات دارای اشکالاتی می‌باشند که در این پروژه ضمن بررسی آنها سعی در نشان دادن اشتباهات آنها و معرفی روشی جایگزین با ساختار پیش‌بین چندعاملی داریم. سپس با کمک ساختار معرفی شده جدید به مدلسازی مساله می‌پردازیم.

هر چند در ابتدای تعریف پروژه با مقالاتی روبرو بودیم که روش‌های پیشرفته کنترلی هم چون کنترل مقاوم را برای مدل‌های کنترل تورم به کار برده بودند اما ضعف مدل‌های موجود در شکل‌دهی انتظارات اعتبار آنها را کاملا مخدوش می‌نمود و استفاده از ابزارهای قوی کنترلی را بدون استفاده می‌گذاشت و از این جهت در این پایان‌نامه ساختاری تازه برای مدلسازی انتظارات در سیستم‌های اقتصادی ارائه می‌شود و با نگاه جدید مدلسازی دینامیک اقتصاد کلان صورت می‌گیرد.

کلید واژگان: انتظارات عقلایی، پیش‌بینی، پایداری، سیستم چندعاملی، یکتایی.

فهرست مطالب

| عنوان | صفحه |
|--|------|
| فهرست شکل‌ها | ه |
| فصل ۱- مقدمه | ۱ |
| ۱-۱- پیشگفتار | ۱ |
| ۲-۱- بررسی مفاهیم چالش برانگیز | ۲ |
| ۳-۱- انتظارات در سیستم‌های اقتصادی | ۵ |
| ۱-۳-۱- شکل دهی انتظارات | ۵ |
| ۲-۳-۱- چالش اصلی مسائل انتظاری اقتصادی و نوآوری پروژه | ۸ |
| ۴-۱- ساختار گزارش | ۹ |
| فصل ۲- معرفی کنترل پیش بین برای مدلسازی انتظارات | ۱۱ |
| ۱-۲- مقدمه | ۱۱ |
| ۲-۲- مقدمه ای بر کنترل تطبیقی و شناسایی سیستم | ۱۱ |
| ۱-۲-۲- آغاز کنترل تطبیقی | ۱۲ |
| ۲-۲-۲- بررسی تاریخچه کنترل تطبیقی | ۱۳ |
| ۳-۲-۲- انواع کنترل کننده تطبیقی | ۱۴ |
| ۴-۲-۲- شناسایی سیستم | ۱۶ |
| ۵-۲-۲- تقریب‌های مربعی و الزام استفاده از کنترل تطبیقی در مدلسازیهای اقتصادی | ۱۷ |
| ۳-۲- مبانی کنترل پیش بین مبتنی بر مدل | ۱۸ |
| ۱-۳-۲- ایده اصلی الگوریتم‌های پیش بین | ۱۸ |
| ۲-۳-۲- تاریخچه توسعه روش‌های پیش بین در علوم مهندسی | ۲۰ |

ب

- ۲۳-۳-۲ مهم ترین مزایای کنترل پیش بین به شرح ذیل است، ۲۳
- ۲۴-۲ ساختار کنترل پیش بین مبتنی بر مدل ۲۴
- ۲۷-۲ نکاتی در خصوص استفاده از کنترل پیش بین در سیستم های اقتصادی ۲۷
- 2-6- *استخراج بهره با کمک کنترل پیش بین ۲۸
- ۳۳-۲ جمع بندی ۳۳
- فصل ۳- انتظارات عقلایی..... ۳۵**
- ۳۶-۱-۳ مفهوم یکتایی جواب در سیستمهای انتظاری ۳۶
- ۳۶-۱-۱-۳ سوداگران در سیستم های اقتصادی ۳۶
- ۳۷-۱-۲-۳ مدل کیگن ۳۷
- ۳۸-۱-۳-۳ مدل نسل های هم پوشانی دار (OLG) به همراه پول ۳۸
- ۳۹-۱-۳-۴ حل برای حالتی که $|a| < 1$ ۳۹
- ۴۲-۱-۳-۵ مجموعه جواب، حباب ها ۴۲
- ۴۲-۱-۳-۵-۱ حباب همیشه انبساط یابنده ۴۲
- ۴۳-۱-۳-۵-۲ حباب ترکیدنی ۴۳
- ۴۳-۱-۳-۵-۳ حباب محوشدنی ۴۳
- ۴۴-۲-۳ انتقادات وارد بر نظریه ۴۴
- ۴۵-۳-۳ حل مساله با انتظارات عقلایی در حالت کلی ۴۵
- ۴۶-۱-۳-۳ روش بلانچارد - کاهن ۴۶
- ۴۶-۱-۳-۳-۱ مروری بر روش بلانچارد-کاهن ۴۶
- ۴۹-۲-۱-۳-۳ *بررسی دو مثال با روش بلانچارد-کاهن ۴۹
- ۵۲-۳-۱-۳-۳ *آنالیز مشکلات روش بلانچارد-کاهن ۵۲
- ۵۲-۴-۱-۳-۳ *کاربری واقعی روش بلانچارد-کاهن ۵۲
- ۵۴-۲-۳-۳ انتخاب جواب یکتای سیستم های با انتظارات عقلایی ۵۴

- ۵۵..... روش مک کالوم ۱-۲-۳-۲
- ۵۷..... *ضعف یافتن جواب یکتای سیستم های با انتظارات عقلایی بر پایه علیت ۲-۲-۳-۲
- ۵۹..... *تحلیل یکتایی جواب و پیشنهاد روش جدید ۳-۲-۳-۳
- ۶۲..... بکارگیری روش پیشنهاد شده در مدل کانونیکال نیوکنزی ۴-۲-۳-۳
- ۶۴..... جمع بندی و نتیجه گیری ۵-۲-۳-۳

فصل ۴- شکل دهی و مدلسازی انتظارات در سیستم های اقتصادی ۶۵.....

- ۶۵..... ۱-۴ *بازنویسی دینامیک یک مساله تصمیم گیری به فرم پیش بین ۱-۱-۴
- ۶۶..... *بازنویسی ساختار یک تصمیم گیری ساده بفرم پیش بین ۱-۱-۴
- ۶۶..... بدست آوردن معادلات دینامیک مساله ۱-۱-۴
- ۶۸..... بررسی حل مساله با روش بلانچارد-کاهن ۲-۱-۴
- ۶۹..... بررسی حل مساله با روش مک کالوم ۳-۱-۴
- ۷۰..... *بررسی یک به یک بودن بازنویسی شده ساختار تصمیم گیری بفرم انتظاری ۲-۱-۴
- ۷۱..... *تحلیل یک سیستم دو عاملی ساده با فرم انتظاری ۲-۴
- ۷۱..... *ساختار مدل ۱-۲-۴
- ۷۴..... شبیه سازی مساله ۲-۲-۴
- ۷۴..... حالت پیش بین ۱-۲-۲-۴
- ۷۵..... حالت شبیه ساز ۲-۲-۲-۴
- ۷۷..... *بهینه سازی های غیرخطی و ظهور معادلات انتظاری ۳-۴
- ۷۷..... حداقل سازی تابع هزینه خانوار و ظهور انتظارات ۱-۳-۴
- ۷۸..... *ظهور ترم انتظاری در حل مساله بهینه سازی یک معادله خطی ساده ۲-۳-۴
- ۷۹..... *رویکرد پیشنهادی برای حل مساله انتظاری هزینه خانوارها ۳-۳-۴
- ۸۲..... جمع بندی و نکاتی در خصوص سیستم های واقعی ۴-۴

فصل ۵- مدلسازی دینامیک اقتصاد کلان ۸۴.....

- ۱-۵ - ساختارهای مدل‌سازی اقتصاد کلان..... ۸۴
- ساختار چندعاملی و چند بخشی در اقتصاد کلان..... ۸۴
- ۲-۵ - *طراحی و ارائه مدل..... ۸۶
- ۱-۲-۵ - خانوارها..... ۸۶
- ۲-۲-۵ - بخش تولید..... ۸۸
- ۱-۲-۲-۵ - تولیدکنندگان گروه اول: کارآفرینان..... ۸۹
- ۲-۲-۲-۵ - تولیدکنندگان گروه دوم: تولیدکنندگان کالای سرمایه‌ای..... ۹۱
- ۳-۲-۲-۵ - تولیدکنندگان گروه سوم: خرده فروش‌ها..... ۹۲
- ۳-۲-۵ - دولت..... ۹۴
- ۴-۲-۵ - سیاستگذار پولی..... ۹۴
- ۵-۲-۵ - قید منابع کلی سیستم اقتصاد کلان..... ۹۵
- ۳-۵ - راهکار استفاده از مدل ارائه شده..... ۹۵
- فصل ۶ - جمع بندی و پیشنهادات..... ۹۷**
- ۱-۶ - جمع بندی پروژه انجام شده..... ۹۷
- ۲-۶ - پیشنهادات پروژه..... ۹۹
- ۱-۲-۶ - نکاتی کلی در مدل‌سازی‌های اقتصادی..... ۹۹
- ۲-۲-۶ - پیشنهادات برای پروژه‌های آینده..... ۱۰۰
- پیوست - روابط جبری مورد نیاز در سیستم تک متغیری ۳-۳-۱-۲..... ۱۰۲
- فهرست مراجع..... ۱۰۳**

فهرست شکل‌ها

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۹ | شکل ۱-۱ ساختار پیش بین چندعاملی برای مدل‌سازی و تحلیل انتظارات در سیستم های اقتصادی |
| ۱۴ | شکل ۱-۲ دیاگرام رگولاتورهای خودتنظیم غیرمستقیم |
| ۱۵ | شکل ۲-۲ دیاگرام رگولاتورهای خودتنظیم مستقیم |
| ۱۹ | شکل ۳-۲ تشابه ساختار کنترل پیش بین با تصمیم گیری در رانندگی [۳۱] |
| ۲۳ | شکل ۴-۲ نحوه توسعه الگوریتم های پیش بین صنعتی [۳۹] |
| ۲۵ | شکل ۵-۲ ساختار کنترل پیش بین. |
| ۲۷ | شکل ۶-۲ ساختار کلی کنترل پیش بین. |
| ۳۱ | شکل ۷-۲ پاسخ کنترل بهینه برای مدل مورد بررسی |
| ۳۱ | شکل ۸-۲ پاسخ کنترل پیش بین برای مدل مورد بررسی |
| ۳۲ | شکل ۹-۲ مقایسه پاسخ کنترل بهینه و پیش بین در دوره های فصلی با مقدار مطلوب تورم صفر. |
| ۴۰ | شکل ۱-۳ اثر پیش بینی افزایش در سطح نامی پول |
| ۷۲ | شکل ۱-۴ دینامیک رفتار دو عامل تصمیم گیر در یک سیستم |
| ۷۴ | شکل ۲-۴ ساختار پیش بین در تعیین رفتار عامل دیگر براساس مدل انتظاری و روش قانون حرکت ادراکی |
| ۷۵ | شکل ۳-۴ ساختار شبیه ساز در تعیین رفتار عامل دیگر براساس مدل انتظاری و روش قانون حرکت ادراکی |
| ۷۵ | شکل ۴-۴ ساختار شبیه ساز در تعیین رفتار عامل دیگر با دانستن مدل عامل دیگر |

فصل ۱ - مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

سابقه تضارب آرا در میان مهندسان و اقتصاددانان درباره الگوسازی برای اقتصاد به دهه‌های ۳۰ و ۴۰ میلادی باز می‌گردد که ساموئلسون^۱ در مقاله ۱۹۳۹ خود کاربرد تئوری دینامیک سیستم‌ها را برای اولین بار در اقتصاد جستجو می‌کرد [۱]. کندریک^۲ در بررسی تاریخیچه تحقیقات کاربردی کنترل در سیستم‌های اقتصادی [۲] اشاره می‌نماید که در ماه مه ۱۹۷۲ یک گردهمایی مشترک بین مهندسان کنترل و اقتصاددانان در دانشگاه پرینستون در مورد کاربرد نظریه کنترل در سیستم‌های اقتصادی برگزار شد و از آن زمان این پژوهش‌ها مورد استقبال پژوهشگران قرار گرفت. مراجع [۲، ۳] مروری بر این دست از پژوهش‌ها دارند. کتاب‌هایی نیز با چنین موضوعاتی چاپ شده‌اند که خلاصه‌ای از اصلی‌ترین کاربردها را سعی نموده‌اند پوشش دهند [۴-۶].

هرچند قلمرو اقتصاد خرد از سال ۱۷۵۰ با نظریات آدام اسمیت^۳ پایه‌گذاری شد، اما ساختار اقتصاد کلان به عنوان شاخه خاصی از علم اقتصاد توسط کینز^۴ (۱۸۸۳-۱۹۴۶) پایه‌گذاری شد [۷]. اقتصاد کلان در دهه ۱۹۳۰ چندان پایه‌های ریاضیاتی نداشت اما پس از ۱۹۴۰ ریچارد استون^۵ و جان تیمبرجن^۶ مفاهیم کمی را در اقتصاد کلان مطرح نمودند [۸].

امروزه مجلات معتبر بین‌المللی با عناوینی چون «دینامیک اقتصاد»^۷، «دینامیک و کنترل سیستم‌های اقتصادی»^۸ چاپ می‌شوند که منعکس‌کننده این‌گونه فعالیت‌های پژوهشی هستند. علاوه بر این با بررسی زمینه‌های تحقیقاتی نهادهای اقتصادی معتبر دنیا به کاربرد وسیع این روش‌ها در پژوهش‌های امروزین اقتصاد پی خواهیم برد.

البته ذکر این نکته نیز حائز اهمیت است که این رابطه یک‌طرفه نبوده و مباحثی چون عقلانیت کراندار^۹ و سیستم‌های تکین^{۱۰} که امروزه در سیستم‌های مهندسی کاربرد فراوان یافته‌اند بیشتر

¹ Paul Samuelson

² Kendrick

³ Adam Smith

⁴ John Maynard Keynes

⁵ Richard Stone

⁶ Jan Tinbergen

⁷ Economic modeling

⁸ Economic dynamics and control

⁹ Bounded rationality

¹⁰ Singular systems

خاستگاه اقتصادی داشته‌اند. نظریه بازی^۱ نیز هر چند در ابتدا از دیگر شاخه‌های علوم انسانی چون فلسفه و علوم سیاسی آغاز شد اما توسط اقتصاددانان توسعه یافت.

۱-۲- بررسی مفاهیم چالش برانگیز

تفاوت اصلی مدل‌سازی سیستم اقتصادی با یک سیستم فیزیکی در عناصر اصلی تشکیل دهنده آنها می‌باشد. برخلاف سیستم‌های فیزیکی، در اقتصاد چندین عامل دارای اختیار که وابسته به شرایط سیستم رفتار خود را تغییر می‌دهند وجود دارند. بحث اختیار را عده‌ای خصوصیت منحصربفرد سیستم‌های انسانی می‌دانند که در سیستم‌های طبیعی و مهندسی روشی برای مدل‌سازی آن وجود ندارد. از این رو بسیاری معتقدند که سیستم‌های اقتصادی و درحالت کلی تر سیستم‌های انسانی را نمی‌توان با روش‌های رایج برای سیستم‌های فیزیکی مدل نمود. موضوع دیگری که باعث می‌شود رای به عدم کاربرد روش‌های علوم طبیعی و مهندسی در علوم انسانی داده شود فقدان روشی برای مدل‌سازی پیش‌بینی افراد از وضعیت آتی و تغییر رفتار بر اساس این پیش‌بینی می‌باشد. به زبان دیگر عامل‌های اقتصادی نه تنها براساس شناخت‌های گذشته خود بلکه در اکثر موارد براساس پیش‌بینی‌های خود از وضعیت آینده سیستم رفتار خود را شکل می‌دهند.

هر چند امروزه دیگر بحث اختیار عامل‌های انسانی موضوعی چالش‌برانگیز در مدل‌سازی حساب نمی‌شود اما از آن‌جا که این پایان‌نامه در گروه مهندسی ارائه می‌شود به ذکر مثالی^۲ برای شفاف نمودن موضوع می‌پردازیم. در نظر بگیرید یک ذره مغناطیسی دارای اختیار است تا بتواند جهت خود را هرگونه دوست می‌دارد تعیین نماید اما تابع هزینه‌ای بر حسب نیروی وارد شده به ذره وجود دارد. قوانین فیزیک بیان می‌دارند که حداقل نیرو به ذره در شرایطی وارد خواهد شد که در جهت میدان مغناطیسی قرار گیرد. حال این ذره را در میدان مغناطیسی قرار می‌دهیم و مشاهده خواهیم کرد که اگر چه این ذره اختیار انتخاب دارد اما برای حداقل نمودن تابع هزینه خود بصورت منطقی در راستای میدان قرار خواهد گرفت.

پس در این مثال قدرت اختیار به کمک یک تابع هزینه و قوانین فیزیکی قابل مدل‌نمودن می‌باشد. گاه گفته می‌شود که اختیار بدان معنی است که خلاف تابع هزینه نیز می‌توان برخورد کرد، این نکته در زمانی قابل قبول است که پارامترهای دیگری نیز در تابع هزینه مطرح شوند و یا قوانین فیزیکی بیش‌تری مورد بحث قرار گیرند. بطور مثال برای ذره مغناطیسی اصطکاک با سطحی که روی آن قرار گرفته است

^۱ Game theory

^۲ این مثال را مرحوم پروفسور لوکس در درس علوم شناختی و رفتاری که در دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه تهران ارائه می‌شد به کار می‌بردند

نیز می‌تواند در قوانین لحاظ شود و در این صورت تصمیم ذره برای رفتار می‌تواند متفاوت باشد. در یک سیستم اجتماعی نیز هر فرد معیارهای متفاوتی در تابع هزینه خود دارد که در هر زمان وزن دهی او به هر یک از این معیارها می‌تواند تغییر کند و البته این وزن‌دهی از دید سایرین ممکن است غیرمنطقی دانسته شود. با توجه به این وزن دهی تصمیم نهایی گرفته می‌شود و در راستای آن حرکت صورت خواهد گرفت.

در بسیاری از روش‌های مدل‌سازی برای حذف اثرات پارامترهای لحاظ نشده در تابع هزینه، که سیستم را بسیار پیچیده‌تر از حالت قابل بررسی خواهد کرد، گفته می‌شود که رفتار عوامل^۱ اجتماعی توابع هزینه در نظر گرفته شده را بصورت میانگین کمینه می‌کند. بنابراین، هر عنصر ممکن است بنا بر شرایط خود از آن قانون تخطی کند.

ذکر این نکته حائز اهمیت است که در یک سیستم فیزیکی نیز ما سعی نخواهیم نمود که همه عوامل موثر در رفتار سیستم را مدل نماییم. در این مورد می‌توان مثال ساده‌ای را در نظر گرفت از کنترل یک توپ بر روی یک صفحه^۲ ما هرگز سعی نخواهیم کرد همه عوامل موثر چون تغییر ضریب اصطکاک صفحه، روشنایی محیط و جریان هوا را در مدل خود جای دهیم؛ بلکه عوامل اصلی را انتخاب نموده و بقیه را به عنوان اغتشاش در نظر خواهیم گرفت. در یک سیستم اقتصادی هم نیاز نخواهیم داشت همه عوامل را از اثرات روانی گرفته تا روابط بین الملل، ریز به ریز وارد مدل کنیم که در این صورت مدل کاملاً پیچیده^۳ و بدون کاربری بدست خواهیم آورد. تعیین ورودی‌های موثر و دینامیک‌های اصلی سیستم هنر طراح خواهد بود.

در سیستم‌های اقتصادی بسیاری از عوامل کیفی غیرقابل اندازه‌گیری وجود دارند که اثرشان بر متغیرهای کمی نیز قابل اندازه‌گیری دقیق نیست و با متغیرهای ساختگی نیز قابل مدل‌سازی نیستند. تغییرات تدریجی یا دفعی در فرهنگ اقتصادی جوامع، سیاست‌های مقطعی و ناگهانی، عوامل طبیعی و تحولات جهانی از این دست می‌باشند. اگر این عوامل اثرات پایداری بر اقتصاد بگذارند باید شناسایی شوند و حتی المقدور بصورت مستقیم و کمی در الگو وارد شوند اما عواملی که بصورت تصادفی در سیستم اثر گذاشته و اثر آنها محو می‌شود بصورت اغتشاش می‌توانند مورد بحث قرار گیرند. البته گاه بصورت افراطی با حذف ورودی‌ها تمامی عوامل موثر سیستم اقتصادی به عنوان شوک و اغتشاش در نظر گرفته می‌شوند که منجر به الگوهای سری زمانی خواهد شد [۱].

¹Agents

²Ball and plate

³Complex

طرح مساله مدلسازی و ارائه راهبرد در مسائلی که دخالت متغیرهای غیرکمی در آن چیرگی دارد مبتنی- بر برداشت و تحلیل شهودی اقتصاددانان خواهد شد که این موضوع مسبب توصیفی بودن مسائل در این حوزه می‌شود. به همین سبب در بیان توصیفی اقتصاددانان دیدگاه‌ها و نظرات کاملاً متضاد و حتی متناقض را نسبت به موضوع واحد می‌توان یافت. در این موضوعات در کنار نظریات احتمالی^۱ کاربرد نظریات امکانی^۲ و اعمال استدلال‌های مبتنی بر منطق چندمقداری که در علم فازی به آن پرداخته می‌شود می‌تواند کاملاً کاربردی باشد [۱]. امروزه مجلاتی با موضوع کاربرد فازی در اقتصاد نیز وجود دارد که از آن دست می‌توان به «مروری بر اقتصاد فازی»^۳ اشاره نمود.

در این پروژه چالش دوم مدل‌سازی سیستم‌های اقتصادی که مربوط به مدلسازی انتظارات می‌باشد را مورد نقد قرار خواهیم داد و نشان می‌دهیم که با مدلسازی اجزاء سیستم اقتصادی می‌توان انتظارات آینده را نیز به کمک توابع هزینه به کار رفته در تصمیم‌گیری لحاظ نمود. این چالش در متون روز اقتصادی هنوز مورد توجه فراوان است [۹].

اما آیا یک سیستم فیزیکی می‌تواند امکان پیش‌بینی داشته باشد؟ می‌توان چنین گفت که سیستم‌های فیزیکی قدرت پیش‌بینی ندارند اما در واقع سیستم کنترل یک دستگاه فیزیکی می‌تواند دارای قدرت پیش‌بینی باشد. این قدرت به علت توان پیش‌بینی در انسان طراح است که سیستم را در چارچوب یک تصمیم‌گیرنده فیزیکی تحقق می‌دهد. به عنوان مثال^۴ یک سیستم فیزیکی که دارای دو موتور است که هر دوی آنها نیازهای اساسی سیستم را برآورده می‌کنند در نظر بگیرید. یکی قابلیت‌های بسیار بالایی دارد و کارهای مختلفی را همزمان انجام می‌دهد و مصرف سوخت نسبتاً بالایی دارد اما موتور دوم قابلیت‌های کمتری دارد و مزیت اصلی آن مصرف سوخت پایین می‌باشد. سیستم به گونه‌ای طراحی شده است که بین این دو موتور می‌توان سوئیچ نمود. یک حسگر^۵ مقدار سوخت موجود را اندازه‌گیری می‌کند و سیستم کنترلی در صورتی که با ذخیره سوخت کم مواجه شود به موتور دوم سوئیچ می‌نماید تا قبل از رسیدن سوخت تازه نیازهای اولیه پروسه تولید برآورده شود. این جریان را می‌توان به گونه‌ای دیگر نیز بیان نمود و آن این است که توانسته‌ایم به دستگاه قدرت پیش‌بینی بدهیم که اگر پیش‌بینی

¹ Probability

² Possibility

³ Fuzzy economic review

^۴ این مثال به کمک یکی از دوستان در پاسخ به ادعای یکی از اقتصاددانان مبنی بر فقدان وجود پیش‌بینی در سیستم‌های صنعتی ساخته شده است و می‌تواند به نوعی بیانگر پیش‌بینی در یک سیستم صنعتی باشد. در اینجا لازم می‌دانم که از همه دوستان عزیز که نظراتشان مرا در پیشبرد پروژه یاری داد تشکر مجدد نمایم و چون ذکر تمامی اسامی مقدور نمی‌باشد در این قسمت از آقای مهندس علی رفان که در بحث‌های مفاهیم اولیه با بنده نکات بسیار ارزشمندی را متذکر شدند تشکر می‌نمایم.

⁵ Sensor

نمود که سوخت تمام خواهد شد به موتور دوم سوئیچ خواهد نمود. پس در یک سیستم فیزیکی نیز می-توان مفهومی دقیقاً مشابه بحث پیش‌بینی در سیستم‌های اجتماعی داشته‌باشیم. البته این مثال را تا جای ممکن ساده در نظر گرفتیم تا فقط بیان‌کننده مفهوم در حالت کلی باشد.

چنانچه در مثال فوق دیده می‌شود سیستم فیزیکی نه بر اساس پیش‌بینی بلکه بر اساس منطقی که بر آن حاکم است کار می‌کند و فرد طراح در تعیین این منطق می‌تواند پیش‌بینی را لحاظ کرده باشد.

۱-۳-۱ - انتظارات در سیستم‌های اقتصادی

۱-۳-۱-۱ - شکل دهی انتظارات

می‌توان گفت همواره افراد در جهت کسب منافع بیش‌تر تلاش می‌کنند هرچند تعریف منفعت برای افراد مختلف متفاوت است. از دیرباز بشر سعی در پیش‌بینی روند آتی و تغییر آن در جهت مورد نظر خود داشته است. در واقع آینده‌نگری و نگاه رو به جلو^۱ به عنوان جز تفکیک ناپذیر علوم اقتصادی از دیرباز مورد توجه بوده است تا جایی که می‌توان گفت نقش انتظارات^۲ یا پیش‌بینی^۳ آینده در آنالیز سیستم‌های اقتصادی به متون نوشته شده توسط تالس^۴ بازمی‌گردد. اما استفاده از مدل‌های محاسباتی که معادلات انتظاری داشته باشند در آغاز قرن نوزده میلادی صورت پذیرفته است [۹]. بحث پیش‌بینی آینده از مفاهیم بنیادین در برنامه‌ریزی اقتصادی، سرمایه‌گذاری و سایر تصمیم‌گیری‌های عوامل اقتصادی می‌باشد. نحوه ورود این پیش‌بینی‌ها در مدل‌های مختلف متفاوت بوده است. شاید بتوان گفت که اولین نظریه‌های حاوی این موضوع مربوط به نظریه عمومی کینز [۱۰] می‌باشد که در آن بر نقش محوری پیش‌بینی در تعیین مقدار سرمایه‌گذاری، اشتغال و موارد دیگر تاکید شده است. البته در نوشتارهای پیش از دهه ۵۰ کمتر به پیش‌بینی بر مبنای مدلسازی ریاضی پرداخته شده بود.

بیشتر روش‌های مدلسازی اقتصاد مبتنی بر توصیف‌های نقلی صرف و یا یک سری آنالیزهای هم‌بستگی آماری بوده است و در این موارد پیش‌بینی دقیق از فرآیندهای آتی کمتر مقدور است. گرچه در مورد شناخت و الگوسازی ریاضی سیستم‌های اقتصادی مقاومت‌هایی از سوی اقتصاددانان رخ می‌دهد اما خود آن‌ها ترجیح می‌دهند که تصمیمات اجرایی را نه بر اساس تجربه شفاهی صاحب‌نظران که براساس الگوهای ریاضی و کمی با نتایج و تحلیل روشن بنا نهند [۱]. از این‌رو استفاده از روش‌های کنترل بهینه

¹ Forward looking

² Expectation

³ Forecasts

⁴ Thales of Miletus

در چند دهه اخیر برای تعیین سیاست عوامل اقتصادی بسیار پرکاربرد شده است. امروزه در سطح اقتصاد خرد مسائل حداکثرسازی مطلوبیت یا حداقل سازی مخارج و در سطح کلان مسائلی چون تعیین نرخ بهره یا مالیات همگی با مبانی بهینه سازی مطرح می شوند.

هرچند اقتصاددانان معتقدند که انتظارات نقش بسیار مهمی را در مدل های اقتصاد کلان بازی می کنند و برنامه ریزی برای آینده نقش اساسی در سیستم های اقتصادی دارد اما در این که انتظارات بر چه پایه ای شکل می گیرند و به چه فرمی باید مدل شوند مناقشات فراوانی وجود دارد. در ساده ترین مثال، خرید فعلی افراد به برآورد آن ها از درآمد وابسته است اما این که برای رسیدن به این برآورد از چه اطلاعاتی استفاده می شود مورد بحث فراوان است [۱۱].

بسیاری از اقتصاددانان که روش های علوم طبیعی^۱ را قابل استفاده در اقتصاد نمی دانند معتقدند که در علوم طبیعی نگاه رو به جلو، که جز لاینفک سیستم های اقتصادی است، وجود ندارد و از این رو روش های این علوم نمی توانند جوابگوی نیاز علوم اقتصادی باشند [۹]. این دسته از اقتصاد دانان معتقدند که عوامل اقتصادی در تصمیم گیری خود از انتظارات مقادیر آتی متغیرهای اقتصادی استفاده می نمایند در حالی که در سیستم های فیزیکی چنین چیزی رخ نمی دهد.

یکی از راه های پیش بینی آینده با عنوان انتظارات تطبیقی^۲ شناخته می شود. مفهوم اصلی این روش چنین است که انتظارات افراد از آینده بر مبنای آن چیزی می باشد که در گذشته دیده اند. بطور مثال اگر تورم بیش از مقدار پیش بینی شده در گذشته باشد افراد در پیش بینی خود تجدید نظر خواهند کرد. این موضوع در مثال زیر به خوبی دیده می شود.

اگر فرض بگیریم p^e نشان دهنده نرخ تورم در سال آتی باشد که اکنون آن را پیش بینی می کنیم و p_{-1}^e بیانگر تورم پیش بینی شده در سال قبل برای سال جاری باشد و p_{-1} نیز نرخ تورم در سال جاری باشد خواهیم داشت:

$$p^e = p_{-1}^e + \lambda(p_{-1} - p_{-1}^e) \quad (1-1)$$

که در آن λ بین صفر و یک است. این عبارت بیان می دارد که پیش بینی فعلی از مقدار آینده تورم منعکس کننده پیش بینی گذشته و یک تنظیم خطا است که در آن انتظارات براساس فاصله بین مقدار واقعی تورم و مقدار پیش بینی شده در گذشته تغییر می کند. به این تنظیم خطا، تنظیم جزئی^۳ می گویند. افرادی چون جان موث^۴ این رویکرد پیش بینی آینده براساس گذشته را قبول نداشتند [۱۲]. انتظارات

¹ Natural sciences

² Adaptive expectation

³ Partial adjustment

⁴ John F. Muth