

سید محمد علی حسینی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۴۴۴ھ



دانشگاه تربیت معلم تهران (خوارزمی)

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد

تعیین سیاست سفارش اقتصادی تحت شرایط تورم فازی

استاد راهنما

دکتر ابوالفضل میرزازاده

استاد مشاور

دکتر محسن اکبرپور شیرازی

نگارنده

مریم عاملی

۱۳۸۹/۸/۲

مهر ۱۳۸۸

۱۴۴۳۹۶

السلام على المصطفى الذي ملئت الارض قسطا بعد ما ملئت ظلما و جورا

به پدرم عزیزم

که برای رشد و ترقی ام رنج و محنت گردش ایام را به جان خریدم،

و

به مادر مهربانم

نازنینی که آغوش پر مهر و حمایت‌های بی‌دریغش

پشتوانه من بود در رسیدن به آن چه بدان

می‌اندیشیدم.

و به برادران عزیزم

سپاس و ستایش پروردگاری راست که اثر  
معرفه ثنایش و آیین سپاسگزاریش را از بندگانش  
دریغ کرده بود و به آنان، رسم سپاس و ستایش  
نمی‌آموخت تا در برابر انبوه نعمتهای  
وزین و ارجمندهش و نیکی‌ها و حمش‌های پی  
در پی‌اش او را بستایند، در نعمتهایش تصرف می‌کردند  
و از ثنای او لجب فرو می‌بستند، و در روزی‌هایش  
دسته می‌بردند و او را پاس نمی‌داشتند.

صدیقه سجادیه

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر میرزازاده که  
صمیمانه و خالصانه زحمت زیادی را متحمل شده‌اند  
و راهنمایی‌های لازم و اطلاعات ارزشمندی را که  
راهگشای اصلی این تحقیق بود، در اختیار گذاشتند،  
صمیمانه قدردانی و تشکر می‌نماید.

همچنین از استاد ارجمند و گران قدر جناب آقای دکتر اکبرپور  
که در تکمیل این رساله از تجربیات ارزشمند ایشان بهره مند  
بودم، صمیمانه سپاسگزارم.

## چکیده

تحولات اقتصادی و بروز پدیده تورم، فصل جدیدی از مسائل موجودی را مطرح نموده است که در آن هزینه‌ها در طول افق زمانی متأثر از این پدیده تغییر نموده به تبع آن سیاست سفارش اقتصادی نیز تغییر می‌نماید. از سال ۱۹۷۵ که نخستین مدل کنترل موجودی تورمی ارائه شد، تا کنون مقالات مختلفی در این زمینه ارائه شده که در اغلب آن‌ها نرخ تورم افق زمانی ثابت و شناخته شده در نظر گرفته می‌شود، به جز موارد معدودی که این نرخ به صورت احتمالی و سه مورد که به صورت فازی در نظر گرفته شده است. پیش بینی دقیق نرخ تورم بسیار مشکل است، به علاوه تحولات و تغییرات غیرقابل پیش بینی در رژیم‌های سیاست گذاری می‌تواند باعث مبهم بودن این نرخ شود. از طرفی اغلب به علل گوناگون از قبیل عوامل تولیدی، حمل و نقل و ... سفارش دریافتی شامل کالاهایی است که کیفیت خود را از دست داده‌اند. این امر باعث شده است که در سال‌های اخیر بحث اقلام دارای دو کیفیت کامل و غیر کامل در مدل‌های تولیدی-موجودی مطرح شود. بر این اساس در این تحقیق مدل‌های کنترل موجودی تورمی اقلام دارای کیفیت غیر کامل مورد بررسی قرار گرفته است. در مدل اول نرخ تورم، بهره و درصد اقلام دارای کیفیت غیر کامل به صورت فازی در نظر گرفته شده‌اند. در مدل دوم علاوه بر فرض تورم فازی، نرخ تقاضا وابسته به قیمت بوده هزینه آنتروپی در مدل سازی در نظر گرفته شده از رویکرد ترمودینامیکی جهت مدل سازی مسأله استفاده شده است. جهت مدل سازی هر دو مسأله از تحلیل رفتار سیستم موجودی در افق زمانی با روش ارزش فعلی استفاده است. مدل‌های ارائه شده در طول افق زمانی محدود، تعداد بهینه سفارش را تعیین می‌نماید. نتایج تئوریک به دست آمده با استفاده از مثال‌های عددی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

واژگان کلیدی: سیستم موجودی، تورم فازی، اقلام دارای کیفیت غیر کامل، رویکرد ترمودینامیکی، آنتروپی

## فهرست مطالب

| صفحه                                    | عنوان | ردیف   |
|---|-------|--|
| <b>فصل اول: هدف و ساختار پایان نامه</b> |       |  |
| ۲                                       |       | ۱-۱ مقدمه  |
| ۳                                       |       | ۱-۲ هدف تحقیق  |
| ۴                                       |       | ۱-۳ ساختار پایان نامه  |
| <b>فصل دوم: ادبیات موضوع</b>            |       |  |
| ۷                                       |       | ۲-۱ مقدمه  |
| ۷                                       |       | ۲-۲ تعریف تورم   |
| ۸                                       |       | ۳-۲ مرور مدل‌های موجودی تورمی اقلام معمولی                           |
| ۱۴                                      |       | ۴-۲ مرور مدل‌های موجودی تورمی اقلام فاسد شدنی                        |
| ۱۴                                      |       | ۱-۴-۲ طبق بندی مسائل موجودی اقلام فاسد شدنی                          |
| ۱۷                                      |       | ۲-۴-۲ مرور مدل‌های کنترل موجودی تورمی اقلام فاسد شدنی یا منسوخ شونده |
| ۲۲                                      |       | ۵-۲ مرور مدل‌های موجودی اقلام دارای دو کیفیت کامل و غیر کامل         |
| ۲۴                                      |       | ۶-۲ مرور مدل‌های موجودی آنتروپیک                                     |
| ۲۶                                      |       | ۷-۲ بررسی و تحلیل تحقیقات انجام شده                                  |

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان   | ردیف |
|------|---|------|
|      | فصل سوم: طرح مسأله                                    |      |
| ۲۹   | ۱-۳ مقدمه   |      |
| ۲۹   | ۲-۳ نگاهی به پدیده تورم پس از بحران دهه ۱۹۷۰ تا کنون  |      |
| ۳۱   | ۳-۳ علل عدم قطعیت تورم                                |      |
| ۳۳   | ۵-۳ قوانین ترمودینامیک                                |      |
| ۳۹   | ۶-۳ به کارگیری قوانین ترمودینامیک در سیستم‌های موجودی |      |
| ۳۹   | ۱-۶-۳ سیستم و حالت آن                                 |      |
| ۳۹   | ۲-۶-۳ قانون اول ترمودینامیک                           |      |
| ۴۰   | ۳-۶-۳ بازده و قانون دوم ترمودینامیک                   |      |
| ۴۲   | ۴-۶-۳ آنتروپی   |      |
| ۴۴   | ۵-۶-۳ کاربرد در سیستم جریان کالا                      |      |
| ۴۶   | ۷-۳ نحوه مدل سازی و تابع هدف                          |      |
| ۴۶   | ۸-۳ نوع سیستم موجودی مورد بررسی                       |      |
| ۴۷   | ۱-۸-۳ سیستم فاصله سفارش ثابت                          |      |
| ۴۷   | ۲-۸-۳ سیستم اندازه سفارش ثابت                         |      |

## فهرست مطالب

| صفحه  | عنوان | ردیف  |
|---|-------|---|
| ۴۸  |       | ۹-۳ فرضیات اصلی                                     |
| ۴۸  |       | ۱۰-۳ نحوه فساد کالا طی زمان                         |
| ۴۹  |       | ۱۱-۳ نحوه تغییر هزینه‌ها طی زمان با نرخ تورم و بهره |
| <b>فصل چهارم: مدل سفارش اقتصادی در شرایط تورم فازی با اقلام دارای کیفیت غیرکامل</b> |       |   |
| ۵۲  |       | ۱-۴ مقدمه   |
| ۵۴  |       | ۲-۴ نمادهای مورد استفاده                            |
| ۵۵  |       | ۳-۴ سیستم موجودی                                    |
| ۵۶  |       | ۴-۴ مدل ریاضی مسأله                                 |
| ۵۷  |       | ۱-۴-۴ تابع درآمد کل افق برنامه ریزی                 |
| ۵۸  |       | ۲-۴-۴ توابع هزینه کل افق زمانی                      |
| ۶۰  |       | ۳-۴ تابع سود کل افق زمانی                           |
| ۶۰  |       | ۴-۴ روش حل  |
| ۶۴  |       | ۱-۴-۴ الگوریتم حل مسأله                             |
| ۶۵  |       | ۶-۴ مثال عددی                                       |



## فهرست مطالب

| ردیف | عنوان   | صفحه |
|------|---|------|
|      | <b>فصل پنجم: مدل سفارش اقتصادی اقلام دارای کیفیت غیر کامل و تقاضای وابسته به قیمت با رویکرد ترمودینامیکی در شرایط تورم فازی</b> |      |
|      | <b>۱-۵ مقدمه</b>  |      |
| ۶۹   |   |      |
|      | <b>۲-۵ نمادهای مورد استفاده</b>   |      |
| ۶۹   |   |      |
|      | <b>۳-۵ سیستم موجودی</b>   |      |
| ۷۱   |   |      |
|      | <b>۴-۵ مدل ریاضی مسأله</b>  |      |
| ۷۲   |   |      |
|      | <b>۱-۴-۵ تغییرات سطح موجودی نسبت به متغیر زمان</b>  |      |
| ۷۳   |   |      |
|      | <b>۲-۴-۵ ارزش فعلی مجموع هزینه‌های خرید در افق زمانی</b>  |      |
| ۷۵   |   |      |
|      | <b>۳-۴-۵ ارزش فعلی مجموع هزینه‌های نگهداری در افق زمانی</b>   |      |
| ۷۶   |   |      |
|      | <b>۴-۴-۵ ارزش فعلی مجموع هزینه‌های سفارش دهی در افق زمانی</b>   |      |
| ۷۸   |   |      |
|      | <b>۵-۴-۵ ارزش فعلی مجموع هزینه‌های آنتروپی در افق زمانی</b>   |      |
| ۷۸   |   |      |
|      | <b>۶-۴-۵ ارزش فعلی مجموع هزینه‌های بازرسی در افق زمانی</b>  |      |
| ۷۹   |   |      |
|      | <b>۷-۴-۵ ارزش فعلی مجموع درآمدهای حاصل از اقلام با کیفیت کامل در افق زمانی</b>  |      |
| ۸۰   |   |      |
|      | <b>۸-۴-۵ ارزش فعلی مجموع درآمدهای حاصل از اقلام با کیفیت غیر کامل در افق زمانی</b>  |      |
| ۸۰   |   |      |
|      | <b>۹-۴-۵ ارزش فعلی سود کل در افق زمانی</b>  |      |
| ۸۱   |   |      |
|      | <b>۵-۵ روش حل</b>   |      |
| ۸۱   |   |      |
|      | <b>۱-۵-۵ روش حل مسأله به صورت فازی</b>  |      |
| ۸۲   |   |      |

## فهرست مطالب

| ردیف | عنوان   | صفحه |
|------|---|------|
|      | ۲-۵-۵ روش حل مسأله به صورت دفازی                                  | ۸۵   |
|      | ۶-۵ مثال عددی   | ۸۸   |
|      | <b>فصل ششم: جمع بندی نتایج و ارائه پیشنهاد برای مطالعات آینده</b> |      |
|      | ۱-۶ مرور نتایج به دست آمده  | ۹۶   |
|      | ۲-۶ پیشنهاد برای مطالعات آینده                                    | ۱۰۰  |
|      | <b>فهرست مراجع</b>  | ۱۰۴  |

فهرست جدول‌ها

| صفحه | عنوان   |
|------|---|
| ۶۶   | جدول (۱-۴): نتایج حل مسأله برای $\bar{R} = (0.07, 0.08, 0.11, 0.12)$    |
| ۶۶   | جدول (۲-۴): نتایج حل مسأله برای $\bar{R} = (0.03, 0.04, 0.05, 0.06)$    |
| ۸۹   | جدول (۱-۵): نتایج در حالت فازی با $\bar{R} = (0.11, 0.12, 0.13, 0.14)$  |
| ۹۱   | جدول (۲-۵): نتایج در حالت دفازی با $\bar{R} = (0.11, 0.12, 0.13, 0.14)$ |
| ۹۲   | جدول (۳-۵): نتایج در حالت قطعی $R=0.12$                                 |
| ۹۲   | جدول (۴-۵): نتایج مدل فازی برای $\bar{R}(0.02, 0.03, 0.05, 0.06)$       |
| ۹۳   | جدول (۵-۵): نتایج مدل دفازی برای $\bar{R}(0.02, 0.03, 0.05, 0.06)$      |
| ۹۳   | جدول (۶-۵): نتایج حالت فازی برای $\bar{R}(0.05, 0.1, 0.12, 0.15)$       |
| ۹۴   | جدول (۷-۵): نتایج حالت دفازی برای $\bar{R}(0.05, 0.1, 0.12, 0.15)$      |

## فهرست شکل‌ها

| صفحه | عنوان   |
|------|---|
| ۴۱   | شکل (۱-۳): سیستم در بین دو چشمه قیمت          |
| ۴۳   | شکل (۲-۳): سیستم ترکیبی                       |
| ۵۵   | شکل (۱-۴): شکل شماتیک سیستم موجودی در یک سیکل |
| ۷۱   | شکل (۱-۵): تصویر سیستم موجودی                 |

## فصل اول

### هدف و ساختار پایان نامه

۱-۱ - مقدمه

تا قبل از دهه هفتاد، به علت پایین بودن نرخ تورم جهانی، در توسعه مدل‌های ریاضی کنترل موجودی هزینه‌ها طی دوره برنامه‌ریزی ثابت فرض می‌شد. نرخ تورم جهانی آن دوره از حدود چهار درصد در سال فراتر نمی‌رفت. اما تحولات اقتصادی اوایل دهه هفتاد و به دنبال آن افزایش نرخ تورم و کاهش ارزش زمانی پول در بیشتر کشورها، عاملی شد تا محققان مختلف، با در نظر گرفتن شرایط جدید به توسعه مدل‌های کنترل موجودی بپردازند. سؤال اصلی این بود که در شرایطی که قدرت خرید پول به طور مداوم در حال کاهش است، مدیریت سیستم موجودی باید چه واکنشی از خود نشان دهد. پس از آن مقالات متعددی در این زمینه ارائه شده که در فصل بعد مرور خواهد شد.

از طرفی اخیراً مفاهیم پایه ترمودینامیک کاربرد وسیعی در حوزه‌هایی غیر از انرژی یافته‌اند: قوانین اول و دوم ترمودینامیک به وسیله‌ی برخی از محققان برای بهبود عملکرد سیستم‌های موجودی به کار رفته‌اند. با رقابتی‌تر شدن بازارها، بی‌نظمی به یکی از خصوصیات غیر قابل اجتناب در سیستم‌های تولیدی که در شرایط محیطی پیچیده، پویا و نامعلوم عمل می‌کنند، تبدیل شده است. بسیاری از این محققان از مفهوم آنتروپی مورد استفاده در تئوری اطلاعات در علم مدیریت و تحقیق در عملیات استفاده کرده‌اند و تنها معدودی از آنان مفاهیم ترمودینامیک کلاسیک را در این زمینه به کار گرفته‌اند که در فصل بعد به آن‌ها اشاره خواهد شد.

مدل سفارش اقتصادی کلاسیک به علت فرضیات زیادی که در مدل‌سازی در نظر می‌گیرد و ساده بودن به کارگیری آن در سیستم‌های موجودی بسیار پر کاربرد است اما این فرضیات زیاد باعث می‌شود سیستم مدل‌سازی شده از شرایط واقعی دور باشد. یکی از فرضیات مدل سفارش اقتصادی این است که تمامی اقلام موجود در سفارش دریافتی دارای یک کیفیت هستند. اما واضح است که این فرضی نیست که همیشه در واقعیت اتفاق می‌افتد. به علل مختلفی از قبیل فرآیند تولید غیرکامل، آسیب‌های ناشی از حمل و نقل و ... در

اکثر موارد سفارش دریافتی شامل اقلامی با کیفیت غیر کامل و یا اقلام معیوب می‌باشد. با در نظر گرفتن این فرض در مسائل موجودی، مدل‌های جدیدی توسعه داده شده است. یکی از فرضیات اصلی این تحقیق نیز فرض وجود اقلام دارای کیفیت غیر کامل در سفارش دریافتی می‌باشد. منظور از اقلام دارای کیفیت غیر کامل، لزوماً اقلام معیوب نمی‌باشد، بلکه اقلامی هستند که کیفیت آن‌ها برای استفاده در سیستم و منظور مورد نظر ما مناسب نیست اما همین اقلام می‌توانند برای تولید اقلام دیگر یا به منظورهای دیگر مورد استفاده قرار گیرند. به همین جهت هنگام دریافت سفارش اقلام با کیفیت پایین‌تر جداسازی می‌شوند و با قیمت کمتر به فروش می‌رسند. مدل‌های توسعه داده شده در این زمینه در فصل بعد مرور خواهد شد.

#### ۲-۱- هدف تحقیق

هدف اصلی این تحقیق بررسی مدل‌های توسعه داده شده کنترل موجودی تورمی از ابتدا تا کنون و توسعه این مدل‌ها با فرض عدم قطعیت نرخ تورم و نرخ بهره است. در اکثریت قریب به اتفاق مدل‌های ارائه شده تا کنون نرخ تورم ثابت فرض شده است. در صورتیکه این نرخ در عمل با عدم قطعیت روبرو است. تنها در چند مورد معدود مدل‌هایی با نرخ تورم به صورت احتمالی ارائه شده است. در این تحقیق با تغییر در این فرض، نرخ‌های تورم و بهره به صورت غیر قطعی (مبهم) مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است و دو مدل جدید توسعه داده شده است: در مدل اول سیستم موجودی با اقلام دارای کیفیت غیر کامل در شرایط تورمی فازی ارائه شده است که درصد اقلام غیر کامل نیز به صورت فازی در نظر گرفته شده است، در مدل دوم نیز اقلام دارای کیفیت غیر کامل، فساد کالا، تقاضای وابسته به قیمت و شرایط تورمی فازی از فرضیات اصلی مسأله می‌باشند ضمن اینکه برای مدل سازی از رویکرد ترمودینامیک کلاسیک استفاده شده است.

در بررسی‌های انجام شده تا کنون لحاظ کردن فرض ارقام دارای کیفیت غیر کامل در شرایط تورمی فازی و نیز نرخ تورم و بهره به صورت فازی با استفاده از رویکرد ترمودینامیکی در مدل‌های قبلی دیده نشده است.

### ۳-۱- ساختار پایان نامه

این مجموعه در شش فصل تدوین شده است. فصل اول به بیان مقدمه و هدف مسأله می‌پردازد. در فصل دوم به تعریف تورم پرداخته سپس مدل‌های کنترل موجودی در شرایط تورمی از سال ۱۹۷۵ تا کنون، مدل‌های موجودی ارقام فاسد شونده تورمی، مدل‌های مربوط به ارقام با دو کیفیت کامل و غیر کامل و مسائل مربوط به رویکرد ترمودینامیکی در مدل‌سازی مسائل موجودی مرور خواهد شد. در فصل سوم پدیده تورم پس از بحران دهه ۱۹۷۰ تا کنون مورد بررسی قرار گرفته سپس دلایل عدم قطعیت تورم ذکر می‌گردد، به طور مختصر قوانین ترمودینامیک کلاسیک و تناسب آن با مدل‌های موجودی بیان می‌گردد. سپس نحوه مدل‌سازی و تعریف تابع هدف مطرح می‌شود. در ادامه انواع سیستم‌های موجودی رایج و نوع سیستم مورد مطالعه در این تحقیق ذکر شده مفروضات اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در آخر این فصل روابط مربوط به فساد کالا و نحوه تغییر پیوسته جریان‌های مالی با نرخ‌های تورم و بهره بیان می‌شود.

فصل‌های چهارم و پنجم مسائل توسعه داده شده و در حقیقت بخش اصلی این تحقیق می‌باشند. در هر فصل نخست مسأله مورد بررسی تشریح شده فرضیات و نمادهای به کار گرفته شده ارائه می‌گردد. تصویر سیستم موجودی نشان دهنده تغییرات سطح موجودی در طول افق زمانی ارائه شده است. سپس مدل‌سازی مسأله انجام گرفته روش حل آن تعیین می‌گردد. در پایان فصل نیز مثال عددی حل شده نتایج به دست آمده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.



در فصل ششم که فصل پایانی این تحقیق می‌باشد، نتایج به دست آمده در فصل‌های قبل جمع بندی

شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ضمن اینکه برای مطالعات آینده در این زمینه پیشنهاداتی ارائه شده است.

فصل دوم

ادبیات موضوع

۱-۲- مقدمه

در ابتدای این فصل به مفهوم تورم، تعریف آن و علل عدم قطعیت در نرخ تورم می‌پردازیم. در ادامه مطالعات انجام شده در زمینه مسائل موجودی تورمی، مسائل موجودی تورمی با اقلام فاسد شونده، مدل‌های مربوط به اقلام دارای دو کیفیت کامل و غیر کامل و مطالعات مربوط به رویکرد ترمودینامیکی در مدل‌سازی سیستم‌های موجودی (مدل‌های موجودی آنتروپیک) مرور می‌شود. در پایان فصل نیز به تحلیل و بررسی تحقیقات انجام شده پرداخته شده است.

۲-۲- تعریف تورم

برای تورم تعاریف گوناگونی بیان شده است. از جمله می‌توان به این موارد اشاره نمود:

- فزونی تقاضا بر عرضه
- میزان بیش از اندازه پول و سپرده نسبت به حجم عملیات اقتصادی
- افزایش قیمت‌ها و کاهش ارزش پول با گذشت زمان
- انتشار بیش از حد پول
- افزایش غیرمترقبه در حجم پول به نسبت قیمت خرید، در شرایط انتشار اسکناس بدون پشتوانه
- حالتی که در آن قدرت خرید جامعه به طور طبیعی افزایش می‌یابد

در مجموع می‌توان تورم را حالتی دانست که در آن قیمت‌ها دائم در حال افزایش‌اند، نه این که صرفاً قیمت‌ها بالا هستند. یکی از تعاریفی که بیشتر مورد قبول اقتصاددانان واقع شده است، عبارت است از: افزایش قیمت‌ها و کاهش قدرت خرید با گذشت زمان. این پدیده که در برخی موارد اجتناب ناپذیر است، در اغلب

کشورها و در مقاطع زمانی مختلف رخ داده است. به عنوان نمونه می‌توان از تورم بعد از جنگ جهانی دوم در آلمان و تورم دهه هشتاد در آمریکای لاتین یاد کرد. گرچه وجود تورم در تهیه مایحتاج زندگی نگران کننده است ولی به نظر می‌رسد غیر قابل اجتناب باشد. مخصوصاً اگر خرید بیشتر و در فواصل زمانی طولانی‌تر صورت پذیرد. در این تحقیق منظور از تورم همان افزایش هزینه‌ها و درآمدهای سیستم موجودی در طول افق زمانی است.

«اگر افزایش نرخ دستمزدها با روند افزایش قیمت‌ها هماهنگ نباشد تورم باعث فرسایش قدرت خرید، پس انداز و درآمدها می‌گردد. به همین ترتیب تورم بر دولت‌ها نیز اثر می‌گذارد. بنابراین لازم است اثرات تورم در تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی در نظر گرفته شود.

هنگامی که نرخ تورم کم و بین ۲ تا ۴ درصد در سال باشد در محاسبات اقتصادی وارد نمی‌شود، زیرا همه پروژه‌ها به طور یکسان با تغییر قیمت‌ها مواجه می‌باشند و تفاوت بین هزینه‌های فعلی و آتی بسیار اندک است. اما با افزایش نرخ تورم، اثر آن بر فرصت‌های سرمایه‌گذاری و بررسی‌های اقتصادی مشهود است و باید به عنوان یک عامل تعیین کننده در نظر گرفته شود» [۱].

## ۲-۳- مرور مدل‌های موجودی تورمی اقلام معمولی

بوزاکات [۱۲] در سال ۱۹۷۵ نخستین شخصی بود که مدل‌های کنترل موجودی را با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول مورد مطالعه قرار داد. انگیزه اصلی وی نرخ تورم بالای کشورهای غربی در آن زمان بود و در مدل نسبتاً ساده خود فرض نمود: همه هزینه‌ها با نرخ تورم یکسان و ثابت و به صورت پیوسته در طی

<sup>1</sup> Buzacott J. A.