

اقتصاد کلان سنجی: الگوهای ساختاری DSGE

تألیف

حسین امیزی

عضو هیئت علمی دانشگاه خوارزمی

احمد ملابهرامی



دانشگاه خوارزمی

تهران ۱۴۰۲

سرشناسه	امیری، حسین، ۱۳۶۵ -
عنوان و نام پدیدآور	اقتصاد کلان‌سنجی: الگوهای ساختاری DSGE / تألیف حسین امیری، احمد ملابهرامی؛ ویراستار مهناز عابدی.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه خوارزمی، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	۳۲۰ ص.: جدول، نمودار.
شابک	۳۰۰۰۰۰۰۰ ریال ۸-۹۵-۹۵۸۷-۶۰۰-۹۷۸ : 978-600-8587-95-8
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	کتاب حاضر با عنوان "اقتصاد کلان‌سنجی ساختاری با رویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE)" توسط ترجمه در سال ۱۳۹۷ منتشر شده است.
یادداشت	چاپ دوم.
یادداشت	کتابنامه: ص. [۳۱۳] - ۳۲۰.
عنوان دیگر	الگوهای ساختاری. DSGE
عنوان دیگر	اقتصاد کلان‌سنجی ساختاری با رویکرد تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE).
موضوع	اقتصاد کلان — الگوهای اقتصادسنجی Macroeconomics — Econometric models اقتصاد کلان — الگوهای ریاضی Macroeconomics — Mathematical models اقتصادسنجی — الگوها Econometric models اقتصادسنجی — نرم‌افزار Econometrics — Software ایران — اوضاع اقتصادی — الگوهای اقتصادسنجی Iran -- Economic conditions -- Econometric models
شاسه افزوده	ملا بهرامی، احمد. دانشگاه خوارزمی
رده بندی کنگره	HB۱۸
رده بندی دیویی	۳۳۹
شماره کتابشناسی ملی	۹۵۳۴۹۸۹
اطلاعات رکورد کتابشناسی	فیا



عنوان کتاب	اقتصاد کلان‌سنجی: الگوهای ساختاری DSGE
نویسنده	حسین امیری، احمد ملابهرامی
ناشر	دانشگاه خوارزمی
چاپ و صحافی	دانشگاه خوارزمی
ویراستار	مهناز عابدی
صفحه آرا	صدیقه عرب
طراح جلد	فاطمه منظور
نوبت و سال چاپ	دوم، ۱۴۰۲
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۸۵۸۷-۹۵-۸
شمار	۵۰۰ نسخه
قیمت	۳۰۰۰۰۰۰ ریال همراه با CD

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به انتشارات دانشگاه خوارزمی است.

آدرس: تهران، خ شهید مفتح، شماره ۴۳، کدپستی ۱۴۹۱۱-۱۵۷۱۹ تلفن مرکز بخش: ۸۸۳۱۱۸۶۶

pub@khu.ac.ir

www.khu.ac.ir

یادداشت مؤلفان

کتاب حاضر یکی از اولین گام‌ها در جهت توسعه اقتصاد کلان‌سنجی ساختاری و مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) در ایران است. اقتصاد کلان تعادل عمومی پویا در سال‌های اخیر به عنوان یکی از آخرین مراحل در توسعه اقتصاد کلان گسترش پیدا کرده است. از دهه ۱۹۸۰ میلادی به بعد، اقتصاددانان در تحلیل‌های کلان اقتصادی توجه ویژه‌ای به مدل‌های پویا که دارای پایه‌های خرد اقتصادی هستند، داشته‌اند و این توجه و اقبال با گذشت زمان و گسترش ابزارهای ریاضی و محاسباتی رو به افزایش است. گسترش مکتب ادوار تجاری حقیقی (RBC) در دهه ۱۹۸۰ میلادی در واقع انقلابی در تحلیل‌های کلان اقتصادی به شمار می‌رود چرا که اولاً این مکتب با گسترش چهارچوب تحلیلی تعادل عمومی تصادفی پویا که در آن خانوارها و بنگاه‌ها و سایر کارگزاران اقتصادی اقدام به بهینه‌یابی می‌کنند پایه خرد برای تحلیل روابط کلان اقتصادی فراهم آورد که قبلاً نبود آن مورد انتقاد منتقدین اقتصاد کلان قرار داشت. ثانیاً به دلیل نیاز تکنیکی به ابزار ریاضی در حل این مدل‌ها، انبوهی از ابزارهای کمی محاسباتی از علم ریاضی وارد اقتصاد شده و گسترش یافته‌اند. ثالثاً برخلاف مکاتب پیشین اقتصادی که بر سیاست‌های پولی و مالی به عنوان دلیل نوسانات اقتصادی تأکید می‌کردند این مکتب با تکیه بر شوک‌های تکنولوژی امکان تبیین نوسانات اقتصادی با تکیه بر عوامل طرف عرضه را نیز به ادبیات اقتصادی معرفی کرد. همچنین مکتب کینزین‌های جدید با لحاظ دو ویژگی چسبندگی قیمت و دستمزد و معرفی بازارهای رقابت انحصاری سهم ویژه‌ای در توسعه روش‌شناسی مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی داشته است.

در واقع می‌توان گفت الگوهای تعادل عمومی پویای تصادفی یک مدل بهینه‌سازی اقتصاد خرد است که طی سال‌های اخیر در ادبیات اقتصاد کلان مطرح شده است. به عبارت دیگر این الگوها اقتصاد را به صورت یک کل و در طی تمامی دوره‌های زمانی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهند. این مدل‌ها ابزار مناسبی برای ایجاد چهارچوبی منسجم در بحث‌های سیاست‌گذاری و تحلیلی محسوب می‌شود. این مدل‌ها جنبه‌های مختلف اقتصاد کلان از جمله اقتصاد باز، مباحث مرتبط با نرخ ارز، سیاست‌های پولی و مالی و ... را دربرمی‌گیرد.

این کتاب در دوازده فصل تنظیم شده است. قبل از وارد شدن به موضوعات اصلی ابتدا در فصل اول توضیحاتی در مورد مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی ارائه می‌شود تا چشم‌انداز مناسبی از این مباحث در ذهن خوانندگان شکل بگیرد. در این فصل، به بیان مقدمه‌ای در خصوص مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی و تاریخچه شکل‌گیری و پیدایش این مدل‌ها در ادبیات اقتصاد کلان می‌پردازد.

فصل دوم، به ارایه مقدمه‌ای از مسایل بهینه‌سازی پویا در اقتصاد کلان و رویکردهای مختلف در این زمینه، اختصاص دارد. فصل سوم، به بیان روش‌های خطی‌سازی معادلات و روش‌های حل سیستم معادلات تعادل عمومی می‌پردازد. خطی‌سازی مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی به عنوان یکی از مراحل تجزیه و تحلیل تجربی این مدل‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فصل چهارم، روش‌های حل مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی (DSGE) را ارایه می‌دهد. فصل پنجم، به بیان اصول کالیبراسیون پارامترهای ساختاری در مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی اختصاص دارد. در فصل ششم، مهم‌ترین روش‌های فیلترینگ سری‌های زمانی مورد بررسی قرار می‌گیرد. فصل هفتم، به بیان مدل‌های حالت فضا و فیلتر کالمن می‌پردازد و شیوه تصریح مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی را به صورت مدل‌های حالت فضا، تبیین می‌کند. در فصل هشتم، مقدمه‌ای بر معادلات تفاضلی و مدل‌های خودرگرسیون برداری ارایه می‌شود. بررسی این مدل‌ها به دلیل اهمیت و جایگاه آن و به عنوان یکی از مهمترین مقدمات مدل‌های تعادل عمومی تصادفی پویا لازم و ضروری است به عبارت دیگر مدل‌های تعادل عمومی بر پایه معادلات دینامیک تصادفی بین دوره‌ای شکل می‌گیرند که فراگیری آن مستلزم آشنایی با مدل‌های تفاضلی تصادفی می‌باشد. در فصل نهم، ارتباط بین مدل‌های DSGE و مدل‌های خودرگرسیون برداری مورد مطالعه قرار می‌گیرد و چگونگی تبدیل مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی به صورت مدل‌های خودرگرسیونی برداری بررسی می‌شود. فصل دهم، شامل مقدمه‌ای بر آمار و اقتصادسنجی بیزی و کاربرد آن در تحلیل مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی است. در فصل یازدهم از کالیبراسیون به عنوان روشی به منظور مقداردهی پارامترهای مدل‌های DSGE استفاده گردید، اما به منظور تخمین پارامترهای مدل DSGE باید از یک سری تکنیک‌ها و روش‌های دقیق‌تر استفاده کرد. یکی از این روش‌ها استفاده از تخمین بیزین است که در فصل دهم در چهارچوب اقتصادسنجی بیزین ارایه شده است. یکی از ویژگی‌های متمایز این کتاب ارایه مباحث نرم‌افزاری مرتبط به مدل‌های DSGE است. در این راستا، در فصل یازدهم توضیحات نرم‌افزاری مدل‌های DSGE بیان شده است. یکی از مهمترین نرم‌افزارهایی که به منظور انجام کارهای تجربی مدل‌های DSGE مورد استفاده قرار می‌گیرد، نرم‌افزار داینار است. از این رو، فصل یازدهم راهنمای کاربری استفاده از نرم افزار داینار است.

در نهایت، در فصل دوازدهم کتاب، دو نمونه از مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی متناسب با اقتصاد ایران ارایه می‌شود که در فهم مطالب کتاب کمک بسیاری به خوانندگان می‌کند.

امید است انتشار این کتاب به عنوان یک منبع درسی مورد استفاده دانشجویان قرار گیرد و در عین حال مورد قبول اساتید اقتصاد کلان و اقتصادسنجی واقع شود و گلمی هر چند کوچک در جهت اعتلای

دانش اقتصادی در کشور باشد. در انتها برخورد لازم می‌دانیم از تمامی اساتید و دانشجویانی که در این کتاب ما را کمک نموده‌اند، تشکر و قدردانی نماییم. همان طور که اشاره شد این کتاب گامی اولیه در مباحث کلان‌سنجی و آرایه مدل‌های DSGE در ایران است. لذا از تمامی اساتید و دانشجویان محترم خواهشمندیم نظرات و انتقادات خود را با ما در میان بگذارند.

حسین امیری

احمد ملابهرامی

فهرست مطالب

فصل اول. مقدمه‌ای بر ادبیات مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی در اقتصاد کلان

مقدمه	۱۷
۱-۱ روند توسعه و گسترش مدل‌های تعادل عمومی تصادفی پویا	۱۹
۲-۱ علت نامگذاری مدل‌های تعادل عمومی تصادفی پویا	۲۴
پویایی (Dynamic)	۲۴
تصادفی (Stochastic)	۲۴
بهینه‌یابی و تعادل (Equilibrium)	۲۴
۳-۱ ویژگی‌های عمده مدل‌های DSGE	۲۷
۴-۱ مزایای الگوی DSGE نسبت به سایر مدل‌ها	۲۹
الگوی داده-ستانده (IO)	۲۹
الگوی ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM)	۳۰
الگوی خودرگرسیون برداری (VAR)	۳۰
الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر (CGE)	۳۰

فصل دوم. مسایل بهینه‌سازی پویا در اقتصاد کلان

مقدمه	۳۳
۱-۲ روش ضریب لاگرانژ	۳۴
۱-۲-۱ استخراج شرط بهینه مرتبه اول در شرایط اطمینان	۳۴
۲-۱-۲ شرط تراگردی	۳۷
۳-۱-۲ شرایط لازم برای حل مسأله بهینه‌سازی	۳۸
۴-۱-۲ طرح یونزی و شرایط تراگردی	۳۹
۵-۱-۲ به‌دست آوردن شرایط مرتبه اول: مورد نااطمینانی	۴۱
۲-۲ مجموعه اطلاعات و متغیرهای وضعیت	۴۳
۱-۲-۲ شروع دوره یا انتهای دوره برای متغیرهای ذخیره (انباشته)	۴۳
۳-۲ برنامه‌ریزی پویا	۴۴
۱-۳-۲ شرط تراگردی	۴۷

فصل سوم. خطی‌سازی و الگوهای حل مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی

۵۳	 مقدمه
۵۴	 ۱-۳ لگاریتم خطی‌سازی معادلات
۵۴	 ۱-۱-۳ روش خطی‌سازی تیلور مرتبه اول
۵۸	 ۲-۱-۳ روش خطی‌سازی لگاریتمی
۵۹	 ۳-۱-۳ روش اوهلیگ برای لگاریتم- خطی کردن معادلات
۶۱	 تمرین

فصل چهارم. روش‌های حل مدل‌های تعادل عمومی پویای تصادفی

۶۵	 مقدمه
۶۶	 ۱-۴ انتظارات عقلایی
۶۷	 ۲-۴ مدل بلانچارد-کان (۱۹۸۰)
۶۷	 ۱-۲-۴ حل مدل بلانچارد-کان در حالتی که ماتریس A نامنفرد باشد
۷۰	 ۱-۱-۲-۴ تعمیم راه حل بلانچارد-کان
۷۱	 ۲-۱-۲-۴ حل مدل بلانچارد-کان در حالت عمومی
۷۴	 ۳-۱-۲-۴ وجود و یکتایی پاسخ در مدل بلانچارد-کان
۷۵	 ۲-۲-۴ حل مدل بلانچارد-کان در حالتی که ماتریس ضرایب A منفرد باشد
۷۸	 ۳-۴ مدل سیمز (۲۰۰۲)
۸۱	 ۱-۳-۴ روش حل مدل سیمز
۸۱	 ۱-۱-۳-۴ حل مدل سیمز در صورتی که ماتریس A نامنفرد و بنابراین، معکوس‌پذیر باشد
۸۳	 ۲-۱-۳-۴ حل مدل سیمز در حالت عمومی
۸۵	 ۴-۴ روش ضرایب نامعین اوهلیگ
۸۹	 ۵-۴ روش کلاین (۲۰۰۰)
۹۱	 ۶-۴ روش کریستیانو (۲۰۰۲)

فصل پنجم. کالبراسیون و تعادل بلندمدت مدل‌های DSGE

۹۵	 مقدمه
۹۶	 ۱-۵ مفهوم کالبراسیون
۹۸	 ۲-۵ تفاوت کالبراسیون با تخمین
۱۰۰	 ۳-۵ محدودیت‌های کالبراسیون
۱۰۰	 ۴-۵ کالبراسیون در قالب یک مدل RBC

فصل ششم. فیلترینگ سری‌های زمانی

مقدمه	۱۰۷
۱-۶ انواع فیلترها به منظور تجزیه سری‌های زمانی	۱۰۹
۱-۱-۶ رویکرد نرخ ثابت رشد در روندزدایی سری‌های زمانی	۱۰۹
۲-۱-۶ روندزدایی براساس مدل‌های خودرگرسیون	۱۰۹
۳-۱-۶ فیلتر باکستر کینگ	۱۱۰
۴-۱-۶ فیلتر کریستیانو فیتز‌گاردل	۱۱۳
۵-۱-۶ فیلتر هدریک پرسکات	۱۱۴
۶-۱-۶ تفاضل مرتبه اول	۱۱۵
۷-۱-۶ روش تجزیه بوریچ و نلسون	۱۱۶
۲-۶ مانا کردن متغیرها از طریق روندزدایی	۱۲۰

فصل هفتم. مدل‌های حالت فضا و فیلتر کالمن

مقدمه	۱۲۱
۱-۷ فیلتر کالمن	۱۲۱
۲-۷ فروض فیلتر کالمن	۱۲۴
۱-۲-۷ سیستم دینامیک خطی	۱۲۴
۲-۲-۷ مشخصات آشوب	۱۲۴
۳-۷ چند مثال از آرایه یک سیستم پویا به صورت حالت-فضا	۱۲۸
۴-۷ استخراج فیلتر کالمن	۱۲۸
۵-۷ پیش‌بینی Y_t	۱۲۹
۶-۷ بهنگام کردن $\hat{Y}_t$	۱۳۰
۷-۷ پیش‌بینی $\hat{Y}_{t+1}$	۱۳۱
۸-۷ برآورد پارامترهای مدل به روش حداکثر درستنمایی	۱۳۳
۹-۷ پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP)	۱۳۳
۱۰-۷ مدل‌های رگرسیون خطی با ضرایب مختلف در زمان	۱۳۵
۱۱-۷ مدل‌های DSGE به‌عنوان یک مدل حالت-فضا	۱۳۶
۱۲-۷ محاسبه تابع راستنمایی در مدل‌های DSGE	۱۳۷

فصل هشتم. معادلات تفاضلی تصادفی و مدل‌های خودرگرسیونی برداری

مقدمه	۱۴۱
۱-۸ معادلات تفاضلی	۱۴۳

۱۴۳	۱-۱-۸ تک‌معادلات تفاضلی تصادفی
۱۴۴	۲-۱-۸ معادله تفاضلی مرتبه p ام
۱۴۸	۲-۸ مدل‌های خودرگرسیون برداری
۱۴۸	۱-۲-۸ نمایش مدل VAR به صورت عمومی
۱۵۰	۲-۲-۸ نمایش مدل VAR برحسب شوک‌ها
۱۵۱	۳-۲-۸ توابع ضربه واکنش
۱۵۲	۴-۲-۸ تجزیه واریانس شوک‌ها

فصل نهم. ارتباط بین مدل‌های DSGE و VAR

۱۵۵	مقدمه
۱۵۶	۱-۹ حرکت از مدل DSGE به مدل حالت-فضا
۱۶۱	۲-۹ حرکت از مدل حالت-فضا به مدل $VAR(\infty)$
۱۶۵	۳-۹ حرکت از $VAR(\infty)$ به $VAR(p)$
۱۶۸	۴-۹ خلاصه و نتیجه‌گیری

فصل دهم. اقتصادسنجی بیزین

۱۷۱	مقدمه
۱۷۲	۱-۱۰ اقتصادسنجی بیزی
۱۷۲	۱-۱-۱۰ مفاهیم و کلیات
۱۷۳	۲-۱-۱۰ تابع راستنمایی
۱۷۶	۳-۱-۱۰ تعیین نوع توزیع پیشین
۱۸۳	۴-۱-۱۰ تصریح شکل توزیع پسین
۱۸۶	۲-۱۰ تخمین بیزین
۱۹۰	۱-۲-۱۰ برآوردگر بیزی
۱۹۱	۲-۲-۱۰ فاصله اطمینان بیزی
۱۹۱	۳-۱۰ شبیه‌سازی مونت کارلو
۱۹۲	۱-۳-۱۰ تعریف مونت کارلو
۱۹۳	۲-۳-۱۰ اصل مونت کارلو
۱۹۳	۳-۳-۱۰ قانون قوی اعداد بزرگ
۱۹۴	۴-۳-۱۰ تولید متغیرهای تصادفی
۱۹۴	۵-۳-۱۰ الگوریتم مونت کارلو زنجیره مارکف (MCMC)
۱۹۷	۴-۱۰ کاربرد آمار بیزی در مدل‌های اقتصادسنجی کلان

فصل یازدهم. مقدمه‌ای بر محیط نرم‌افزار داینار

مقدمه	۱۹۹
۱-۱۱ نصب نرم‌افزار داینار و فراخوانی آن	۲۰۰
۲-۱۱ ساختار mod file	۲۰۱
۳-۱۱ تخمین مدل در داینار	۲۰۱
۴-۱۱ آرایه مدل RBC در قالب نرم‌افزار داینار	۲۰۲
۱-۴-۱۱ اعلام متغیرهای درونزا، برونزا، پارامترها و شوک‌ها	۲۰۳
۲-۴-۱۱ آرایه مدل	۲۰۴
۳-۴-۱۱ مقادیر باثبات مدل	۲۰۵
۴-۴-۱۱ حل کردن مدل	۲۰۵
۵-۴-۱۱ خروجی‌های مدل	۲۰۶
۶-۴-۱۱ تخمین مدل	۲۰۷
۱-۶-۴-۱۱ مجموعه داده‌ها	۲۰۷
۲-۶-۴-۱۱ توزیع پیشین پارامترها	۲۰۷
۳-۶-۴-۱۱ مسیر تخمین	۲۰۹
۴-۶-۴-۱۱ ایجاد و تفسیر نمودارها	۲۰۹
۵-۶-۴-۱۱ برخی دستورات مهم	۲۱۸
۷-۴-۱۱ چند نکته مفید در برنامه‌نویسی داینار	۲۱۹

فصل دوازدهم. آرایه دو مدل DSGE برای اقتصاد ایران

مقدمه	۲۲۱
۱-۱۲ آرایه یک مدل تعادل عمومی تصادفی پویای اقتصاد باز متناسب با شرایط اقتصاد ایران	۲۲۱
۱-۱-۱۲ بخش خانوارها	۲۲۲
۲-۱-۱۲ بنگاه‌ها	۲۲۸
۱-۲-۱-۱۲ بنگاه‌های داخلی	۲۲۸
۲-۲-۱-۱۲ واردکنندگان	۲۳۲
۳-۲-۱-۱۲ صادرکنندگان	۲۳۴
۳-۱-۱۲ دولت و بانک مرکزی	۲۳۶
۱-۳-۱-۱۲ قید بودجه دولت	۲۳۶
۲-۳-۱-۱۲ تلفیق قید بودجه دولت و تراز پرداخت‌های بانک مرکزی	۲۳۷
۴-۱-۱۲ بخش خارجی	۲۴۱
۵-۱-۱۲ شرط تسویه بازارها	۲۴۱

۲۴۲.....	۱-۵-۱-۱۲ شرط تسویه حساب تراز پرداخت‌ها.....
۲۴۲.....	۲-۵-۱-۱۲ قید کلی منابع.....
۲۴۲.....	۱-۱۲-۶ قیمت‌های نسبی، هزینه‌های نهایی و نرخ ارز حقیقی.....
۲۴۷.....	۱-۱۲-۷ کالیبره کردن مدل و به‌دست آوردن شرایط اثبات.....
۲۵۶.....	۱-۱۲-۸ لگاریتم- خطی کردن معادلات به‌دست آمده از بهینه‌سازی.....
۲۷۰.....	۱۲-۲-۱۲ ارایه یک مدل تعادل عمومی تصادفی پویا با اجزای مالی و بخش بانکی متناسب با شرایط اقتصاد ایران.....
۲۷۰.....	۱-۲-۱۲ بخش خانوار.....
۲۷۴.....	۱-۱-۲-۱۲ تقاضای وام و عرضه سپرده.....
۲۷۵.....	۲-۲-۱۲ بخش بنگاه.....
۲۷۵.....	۱-۲-۲-۱۲ بنگاه‌های واسطه‌ای.....
۲۷۶.....	۲-۲-۲-۱۲ بنگاه‌های تولیدکننده کالای نهایی.....
۲۷۸.....	۳-۲-۱۲ بخش بانکی.....
۲۸۰.....	۱-۳-۲-۱۲ ساختار رقابتی بخش بانکی.....
۲۸۲.....	۲-۳-۲-۱۲ مؤسسه‌های مالی سپرده‌گذار و سپرده‌پذیر.....
۲۸۳.....	۴-۲-۱۲ دولت و بانک مرکزی.....
۲۸۷.....	۵-۲-۱۲ محاسبه مقادیر تعادلی بلندمدت متغیرها.....
۲۹۳.....	۶-۲-۱۲ مدل لگاریتم خطی سازی شده.....
۳۰۹.....	پیوست.....
۳۱۳.....	منابع.....

فهرست جداول

جدول ۱-۱۱: دستورات داینار در مورد توزیع پیشین پارامترهای مدل ۱۷۶

فهرست نمودارها

- نمودار ۱-۶: تجزیه تولید ناخالص داخلی ایران براساس فیلتر هدریک پرسکات ۹۰
- نمودار ۱-۱۰: تابع ضرر درجه دوم خطا ۱۶۰
- نمودار ۲-۱۰: تابع ضرر صفر و یک ۱۶۱
- نمودار ۳-۱۰: مقایسه برآوردگر حداکثرسازی توزیع پسین (MAP) و تخمین زن حداقل مربعات بیزی (BLS) ۱۶۲
- نمودار ۴-۱۰: تابع ضرر قدرمطلق ۱۶۳
- نمودار ۱-۱۱: نمودار توزیع پیشین پارامترها ۱۸۲
- نمودار ۲-۱۱: نمودار کنترل مد ۱۸۴
- نمودار ۳-۱۱: توزیع پیشین در مقابل توزیع پسین پارامترها ۱۸۵
- نمودار ۴-۱۱: آماره همگرایی چندمتغیره بروک و گلמן ۱۸۶
- نمودار ۵-۱۱: آماره همگرایی یک متغیره بروک و گلמן ۱۸۷
- نمودار ۶-۱۱: توابع بیزین IRF ۱۸۸
- نمودار ۷-۱۱: متغیرهای فیلتر شده ۱۸۹
- نمودار ۸-۱۱: نمودار متغیرهای هموار شده ۱۹۰
- نمودار ۹-۱۱: نمودار شوک‌های هموار شده ۱۹۰
- نمودار ۱۰-۱۱: پیش‌بینی خارج از نمونه ۱۹۱