

اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال بیست و پنجم، شماره ۹۹، پاییز ۱۳۹۶

## تخمین مسائل بدفرم در حوزه اقتصاد کشاورزی با استفاده از رهیافت حداکثر بی‌نظمی تعمیم‌یافته

سید حبیب‌الله موسوی<sup>۱</sup>، نگار شهری<sup>۲</sup>، ایمان فیضی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۶

### چکیده

یکی از مهم‌ترین مشکلات روش‌های اقتصادسنجی موجود جهت تخمین پارامترهای مورد نظر به‌ویژه در تحقیقات اقتصاد کشاورزی، عدم وجود داده‌های لازم و لذا کاهش شدید و یا در برخی موارد منفی شدن درجه آزادی است که به آن مسئله بدفرم نیز اطلاق می‌شود. مسائل بدفرم تحقیقات اقتصادی را در بخش کشاورزی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه همانند ایران با محدودیت جدی همراه کرده است. این پدیده در مطالعات منطقه‌ای و استانی با شدت بیشتری نمایان است. با این رویکرد و برای ایجاد بستر مناسب در تحقیقات اقتصادی بخش کشاورزی، در مطالعه حاضر روش ماکزیمم آنتروپی تعمیم‌یافته (GME) مورد بحث قرار گرفت و با استفاده از آن، کشش‌های استانی عرضه و تقاضای گندم در شرایط عدم وجود

shamosavi@modares.ac.ir

۱. استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)

۲. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و پنجم، شماره ۹۹

داده‌های کافی محاسبه شد. یافته‌های مطالعه نشان داد که تحت شرایط ضعیف<sup>۴</sup> تخمین‌های ماکزیمم آنتروپی تعمیم‌یافته کاراتر از تخمین‌های حداقل مربعات معمولی است ولی در صورت وجود داده‌های کافی اولویت با روش‌های تخمین کلاسیک خواهد بود.

طبقه‌بندی JEL: Q1, Q17, D49, N50

#### کلیدواژه‌ها:

مسئله بدفرم، بیشترین بی‌نظمی، کشش تقاضا و عرضه

#### مقدمه

در بسیاری از مطالعات اقتصادی و آماری به‌ویژه مطالعه با سری‌های زمانی و یا داده‌های تابلویی، مشکل اساسی که در ارتباط با داده‌ها وجود دارد حجم نامناسب طولی داده‌هاست. این مسئله در تخمین پارامترها و مباحث پیش‌بینی باعث ایجاد مسئله ضعیف<sup>۵</sup> شده و معنی‌داری پارامترهای تخمینی را شدیداً تحت الشعاع خود قرار می‌دهد. مسئله بدفرم هنگامی رخ می‌دهد که شمار مشخصه‌های نامعلوم برای برآورد یک مدل بیشتر از مشاهدات باشند (۱۴). این مسئله یکی از محدودکننده‌ترین موانع در تحقیقات اقتصادی به‌ویژه در بخش کشاورزی کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران است. کوچک بودن اندازه مزارع، عدم وجود سیستم منظم داده برداری در مزارع، سابقه محدود تحقیقات اقتصادی در بخش کشاورزی، تقسیمات متوالی کشوری و مشکلات زیربنایی مشابه دیگر همگی باعث عدم وجود داده‌های کافی جهت تعیین روابط اقتصادی گردیده‌اند. از طرف دیگر، نیاز به حل مشکلات نوظهور بخش همانند مباحث مرتبط با تغییر اقلیم و نیز تحلیل‌های منطقه‌ای، مشکل عدم وجود اطلاعات کافی را بیش از پیش نمایان می‌کند. در چنین شرایطی بدون داشتن اطلاعات کافی در مورد متغیرها نمی‌توان از

۴. وقتی تعداد پارامترهای مجهول بیشتر از مشاهدات باشند به آن مسئله، مسئله با شرایط ضعیف گفته می‌شود.

5. Ill-Posed Problem

تخمین مسائل بدفرم در.....

روش‌های متداول اقتصادسنجی برای برآورد پارامترهای مدل استفاده نمود. بر این اساس مطالعه حاضر جهت ایجاد بستری مناسب در تحقیقات اقتصادی بخش کشاورزی به بحث در رابطه با روش بیشینه آنتروپی تعمیم یافته (GME)<sup>۶</sup> پرداخته است.

با پیدایش نظریه اطلاع<sup>۷</sup> در سال ۱۹۴۸ و تکامل تدریجی آن، این نظریه برای برآورد پارامترهای تخمینی در یک مسئله بد فرم از دهه ۱۹۹۰ به بعد به کار گرفته شد. این نوع برآوردگرها به خاطر سادگی و انعطاف پذیری و قابلیت کاربرد در هر شرایطی که بر مدل حاکم است، مورد توجه قرار گرفته‌اند. در کل، اطلاع بازتابی از کاهش ابهام درباره یک پدیده است. شانون با ارائه مقاله‌ای تحت عنوان «نظریه ریاضی ارتباطات» در سال ۱۹۴۸ به عنوان مؤسس سنت آمریکایی در نظریه اطلاع شناخته می‌شود. از دیدگاه شانون (۱۹۴۸)، آنتروپی یک معیار از عدم قطعیت برای یک متغیر تصادفی منفرد است. به طور مشابه اما در یک زمینه متفاوت، آنتروپی تقریباً میزان سنجش اختلال یک سیستم است. آنتروپی یک معیار برای تجدید کردن احتمالات پیشین با احتمالات پسین، وقتی اطلاع جدیدی در دسترس باشد، است (۲۲). اما در واقع همه این تعاریف به یک تعریف منطقی همگرا هستند و آن اینکه آنتروپی مقدار متوسط اطلاع است. در سال ۱۹۴۸، مفهوم آنتروپی به عنوان یک سنججه عدم اطمینان توسط شانون در زمینه نظریه ارتباطات ارائه شد (۲۲). یک دهه بعد در سال ۱۹۵۷ با روبه‌رو شدن با پرسش‌های اساسی در مورد استنباط از داده‌های ناکافی و محدود شده، جینس با پیشنهاد کردن اصل حداکثر آنتروپی (ME)<sup>۸</sup>، آنتروپی شانون را به عنوان روشی برای تخمین زدن و استنباط به‌ویژه برای مشکلاتی که به‌درستی مطرح نمی‌شوند فرموله کرد (۱۲). گولان و همکاران (۱۱) برآوردگر حداکثر آنتروپی تعمیم یافته (GME) را توسعه دادند و بحث جدیدی را در اقتصادسنجی آغاز کردند.

کاربردهای پرشماری از روش GME در حل مسائل وجود دارد که به چند مورد آن در اینجا اشاره شده است. گولان و همکاران (۱۰) روش بیشینه آنتروپی تعمیم یافته را برای

---

6. General Maximum Entropy

7. Information Theory

8. maximum entropy

بسیاری از مسائل اقتصادی بد فرم با مشخصه‌ای کردن<sup>۹</sup> دوباره مقدار واقعی مجهول‌ها در عبارت‌هایی از احتمال‌ها پیشنهاد کردند. دیدگاه اصلی این روش تبدیل همه مقادیر واقعی مشخصه‌ها به صورت احتمالی آنهاست. مارشا و همکاران (۱۵) از روش حداکثر آنتروپی تعمیم یافته برای برآورد یک سیستم معادلات هم‌زمان خطی استفاده نمودند. نتایج مطالعه تجربی آنها نشان داد که روش حداکثر آنتروپی تعمیم یافته نسبت به روش‌های سنتی مانند روش حداقل مربعات دو مرحله‌ای (2SLS)<sup>۱۰</sup> و حداقل مربعات سه مرحله‌ای (3SLS)<sup>۱۱</sup> دارای برتری است.

فریزر (۹) این روش را برای برآورد تابع تقاضای گوشت خانوارها در ایالات متحده آمریکا به کار گرفت. نتایج مطالعه وی نشان داد که روش GME یک روش توانمند برای برآورد روابط اقتصادی از جمله برآورد توابع تقاضا می‌باشد.

ژانگ و فن (۲۶) روش بیشینه آنتروپی تعمیم یافته را برای برآورد تابع تولید و به دست آوردن سهم نهاده‌ها به طور هم‌زمان در چین پیشنهاد کردند.

کمپل و هیل (۴) از روش ماکزیم آنتروپی برای تعیین عوامل مؤثر بر نرخ فقر در شهرهای ایالت کالیفرنیا استفاده نمودند. آنها در این مطالعه روش انتخاب بردارهای حمایت برآوردگرها و باقیمانده‌ها را تعیین کرده و حساسیت برآوردها را نسبت به انتخاب این بردارها اندازه‌گیری نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که حساسیت نتایج نسبت به چگونگی انتخاب بردارهای حمایت بسیار پایین است.

پیترز (۱۸) در مطالعه‌ای در رابطه با عوامل مؤثر بر درآمد زنان به مقایسه برآوردهای منتج از روش‌های حداقل مربعات، حداکثر راست‌نمایی و ماکزیم آنتروپی پرداخت و نشان داد که نتایج روش ماکزیم آنتروپی در نمونه‌های کوچک‌تر، بسیار نزدیک به نتایج حداقل مربعات است در حالی که روش حداکثر راست‌نمایی نتایج چندان منطقی ارائه نمی‌دهد.

9. Significant

10. Two Stage Least Squares

11. Three Stage Least Squares

تخمین مسائل بدفرم در.....

آرفینی و همکاران (۱) توابع تقاضای سطح مزرعه و تابع هزینه را با استفاده از روش حداکثر آنتروپی تعمیم یافته برآورد نمودند.

پایرز و همکاران (۱۹) برای یافتن روش بهتر برای برآورد توابع مطلوبیت، دو روش حداکثر آنتروپی تعمیم یافته و حداقل مربعات معمولی (OLS)<sup>۱۲</sup> را با یکدیگر مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که تفاوت میان دو برآورد اندک است و این تفاوت هنگامی که تعداد نقاط پشتیبان زیادتر می شود کاهش می یابد. به علاوه برآوردگر حداکثر آنتروپی تعمیم یافته دقیق تر از حداقل مربعات معمولی است. به طور کلی، نتایج تحقیق آنها نشان داد هنگامی که داده ها با روش های استنباطی به دست می آید، حداکثر آنتروپی تعمیم یافته یک جایگزین مناسب برای حداقل مربعات معمولی در زمینه برآورد تابع مطلوبیت است.

فریرا و همکاران (۸) از روش GME به منظور برآورد تابع مطلوبیت استفاده کردند. آنها تابع مطلوبیت را با استفاده از دو روش OLS و GME برآورد کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که روش GME به منظور برآورد تابع مطلوبیت بسیار دقیق تر و کاراتر از روش OLS می باشد.

میتل هامر و همکاران (۱۶) رهیافت حداکثر آنتروپی تعمیم یافته را در زمان محدودیت داده به منظور برآورد مدل های خطی عمومی<sup>۱۳</sup> پیشنهاد دادند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که برآوردگر GME به منظور برآورد مدل های عمومی خطی بسیار دقیق و معتبر می باشد.

کاولینو و همکاران (۵) از روش GME به منظور برآورد مدل رگرسیون فازی<sup>۱۴</sup> استفاده کردند. آنها در مطالعه خود مشکلات مدل های رگرسیون فازی را بیان کرده که از آن جمله می توان به بدفرم بودن این رگرسیون ها اشاره کرد. سپس آنها به معرفی برآوردگر GME برای حل مشکلات مدل های رگرسیون فازی پرداختند. سپس برای رسیدن به نتایج بهتر در راستای

---

12. Ordinary Least Squares

13. General Linear Model

14. Fuzzy Regression Model

اهداف تحقیق از مطالعات مونت کارلو استفاده کردند و یک مطالعه موردی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند.

صبوچی و احمد پور (۲۱) با استفاده از روش حداکثر آنتروپی تعمیم یافته کشتش قیمتی خودی و متقاطع ۳۵ محصول عمده کشاورزی را در قالب ۱۴ گروه کالایی در سطح کشور برآورد نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که مقدار تقاضای بیشتر گروه‌ها نسبت به تغییرات قیمت کم کشتش است. مقایسه نتایج به دست آمده در مطالعه آنها با نتایج بررسی‌های پیشین در ایران، استفاده از روش بیشترین بی‌نظمی برای برآورد توابع را به عنوان گزینه‌ای مناسب در کنار روش‌های اقتصادسنجی جای می‌دهد.

یوسفی متقاعد و مقدسی (۲۵) جهت بررسی انتقال قیمت از بازارهای جهانی به بازار داخلی در مورد محصولات گندم، جو و برنج، کشتش جانشینی میان محصولات وارداتی با محصولات تولید داخل (کشتش آرمینگتون) را با استفاده از روش حداکثرسازی آنتروپی برآورد نمودند. نتایج مطالعه آنها حاکی از آن است که کشتش آرمینگتون در بلندمدت بسیار بیشتر از این کشتش در کوتاه‌مدت است به این معنی که نوسان قیمت‌های جهانی در بلندمدت بیشتر از کوتاه‌مدت به بازار داخلی این محصولات انتقال می‌یابد.

اسکندرزاده و راسخ (۶) با استفاده از روش بیشینه آنتروپی تعمیم یافته به برآورد کشتش نهادهای زمین، نیروی کار، کود شیمیایی و ماشین آلات برای دو گروه غلات (گندم، جو و برنج) و حبوبات (نخود و عدس) در سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۴ برای چندین استان پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که کشتش‌ها در سطح محصولات غلات و حبوبات در طول زمان تغییر می‌کند و تنها در سطح محصولات غلات کشتش نهاده ماشین‌ها در دو سال ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ ثابت و برابر ۰/۰۷۳ است.

صبوچی و آزادگان (۲۰) تابع عرضه پویای محصولات سالانه عمده دشت مشهد چناران را با استفاده از روش حداکثر آنتروپی تعمیم یافته و مسئله تعادل مثبت پویا برآورد

تخمین مسائل بدفرم در.....

نمودند. نتایج نشان داد که توابع عرضه پویای برآورد شده، میزان عرضه محصولات را در هر سال به طور دقیق واسنجی می نماید.

سلطانی و موسوی (۲۳) با استفاده از روش ماکزیمم آنتروپی تعمیم یافته، حساسیت عملکرد محصولات زراعی دشت همدان نسبت به انتشار کربن دی اکسید، دما و بارش را برآورد نمودند. سپس با به کارگیری رهیافت برنامه ریزی ریاضی و تدوین مدل PMP، شرایط الگوی کشت منطقه را شبیه سازی کردند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که افزایش سطح انتشار دی اکسید کربن و تغییرات اقلیمی ناشی از آن دارای آثار منفی بر الگوی کشت است.

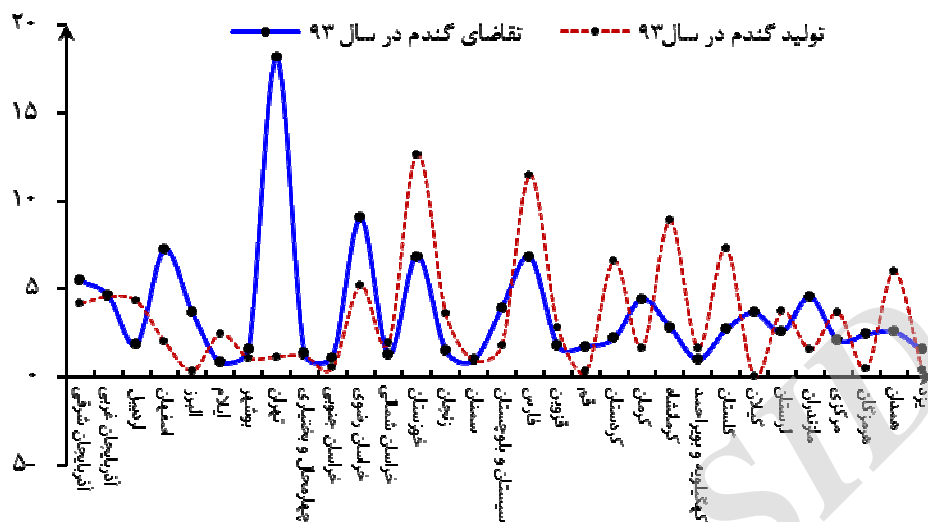
بنابراین، مطالعات پیشین نیز شاهد بر این مدعاست که در بخش کشاورزی داده های زیادی وجود ندارد. در نتیجه، مطالعات در زمینه های کشاورزی نیازمند یک روش تخمین قدرتمند است که پاسخگویی مسائل و تحقیقات این بخش باشد و همان گونه که در مسئله تحقیق بیان شد، روش OLS بهترین رهیافت جهت برخورد با مسائل بدفرم در شرایط ضعیف می باشد. لذا در مطالعه حاضر جهت تبیین نتایج و نیز ایجاد بستری عملیاتی، کشش های عرضه و تقاضای گندم به تفکیک استان های کشور برآورد شد. تخمین کشش های عرضه و تقاضای گندم در راستای ایجاد پایگاه اطلاعاتی معتبر جهت تحقیقات آتی در بازار گندم است، چرا که ایجاد پایگاه اطلاعاتی مناسب از کشش های عرضه و تقاضای محصولات کشاورزی همانند سایر کشورهای جهان، نیاز آینده تحقیقات در این بخش خواهد بود. علت انتخاب محصول گندم جایگاه استراتژیک آن، هم در الگوی کشت و هم در تغذیه خانوارها است به طوری که بیش ۶۰ درصد زمین های اختصاص یافته به کشت غلات را شامل شده و نیز حدود ۴۸ درصد از کالری روزانه خانوارهای ایرانی از مصرف نان و سایر مشتقات گندم حاصل می شود (۱۷). بر این اساس تأمین غذای مورد نیاز مردم و انگیزه رسیدن به خودکفایی در تولید این محصول همواره دولت را ملزم به انجام مداخلات گسترده در بازار گندم نموده است. بدون تردید اتخاذ سیاست های صحیح و تصمیم های مستدل و اثر بخش در این زمینه، مستلزم شناخت بازار و

کشف قیمت صحیح این محصول است. در این راستا دانش کافی از ساختار بازار نیازمند تخمین دقیق توابع عرضه و تقاضای این محصول است چرا که دو جزء اولیه و زیر بنایی در ساختار بازار عرضه و تقاضای محصول هستند.

علاوه بر این توجه به این نکته ضروری است که ایران کشوری چند اقلیمی است به طوری که متوسط بارندگی سالیانه آن از ۶۰/۸ میلی متر در استان یزد تا ۱۳۵۹ میلی متر در استان گیلان متفاوت است. این تفاوت اقلیم و عدم تقارن بارندگی سبب شده است که محصولات کشاورزی از جمله گندم در استان‌های مختلف عملکرد و بازار متفاوتی داشته باشند (۱۷ و ۲۴). جدایی و اهمیت تحقیق در مناطق مختلف از این روست که تصمیمات متمرکز کشاورزی اتخاذ شده برای کل کشور می‌تواند آثار متفاوتی در مناطق مختلف و نیز استان‌های مختلف کشور داشته باشند. علت این امر یا در تفاوت‌های اقلیمی و تکنولوژیک است که عرضه محصول را متأثر می‌کنند و یا عادات و رفتارهای مصرفی است که می‌تواند منشأ تغییر در سمت تقاضای بازار باشد (۲ و ۱۷). علاوه بر این دوری و یا نزدیکی مناطق مختلف به بازارهای بزرگ و نیز بندرهای تجاری نیز می‌تواند از طریق کاهش و یا افزایش هزینه‌های حمل و نقل بر ساختار بازار و کارایی سیاست‌های متمرکز دولت تأثیر گذار باشد. با این توصیف مطالعات منطقه‌ای نیازمند یافتن پارامترهای معتبری برای این بازارها است. نمودار ۱ میزان تولید و مصرف محصول گندم را در سال ۱۳۹۳ ارائه می‌دهد.



تخمین مسائل بدفرم در.....



نمودار ۱. میزان تولید و تقاضای گندم در سال ۱۳۹۳ به تفکیک استان (هزار تن)

با توجه به این نمودار می‌توان دریافت که بازار گندم در استان‌های کشور متفاوت از هم است و بعضی از استان‌های کشور با مازاد تقاضا و بعضی با مازاد عرضه مواجهند. با وجود چنین شرایط متفاوتی در بین استان‌های کشور ارائه سیاست‌های کشاورزی به صورت یکسان برای استان‌های مختلف می‌تواند اثرات متفاوتی ایجاد نماید. بر این اساس دستیابی به رفتار تولیدکننده و مصرف‌کنندگان در بازار محصول گندم و اتخاذ تصمیمات مستدل و سیاست‌های اقتصادی مطلوب در این زمینه، نیازمند برآورد کشتش قیمتی تقاضا و عرضه محصول گندم به تفکیک استان‌های کشور است. علی‌رغم این مطلب، نظر به تفکیک‌های مکرر استانی انجام شده در سال‌های اخیر، اطلاعات کافی جهت تخمین این پارامترها برای بسیاری از استان‌های کشور از جمله البرز، قم، قزوین، خراسان‌های شمالی، جنوبی و رضوی، اردبیل و سایر استان‌های مشابه موجود نیست و استراتژی تخمین با مشکل وضعیت ضعیف روبه‌روست. در این شرایط چنانچه پیشتر بیان شد، روش حداکثر آنتروپی تعمیم یافته می‌تواند راهگشا باشد و پارامترهایی مناسب فراهم آورد.

## مبانی نظری و روش تحقیق

اگر  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$  یک مجموعه متناهی و  $P$  تابع احتمال مناسب برای این مجموعه باشد به صورتی که همه مؤلفه‌ها غیر منفی و جمع روی  $k$  عضو برابر یک باشد شانون (۲۲) مقدار اطلاع در رابطه با همه مشخصه‌های این مجموعه گسسته  $k$  عنصری را به صورت رابطه ۱ تعریف کرد:

$$\sum_{k=1}^K p_k \ln \frac{1}{p_k} = - \sum_{k=1}^K p_k \ln p_k \quad (1)$$

این معیار عدم قطعیت یا میزان اطلاعی را می‌سنجد که فضای احتمالاتی  $p$  ایجاد می‌کند. رابطه فوق ماکزیمم مقدار خود را به ازاء  $(p_1 = p_2 = \dots = p_k = \frac{1}{k})$  و مینیمم مقدار خود را هنگامی که مجموعه فقط شامل یک عنصر باشد اتخاذ می‌کند.  $H(P)$  را با  $H(X)$  نیز نشان می‌دهند.  $H(X)$  زمانی که  $X$  گسسته باشد دارای خواص زیر است:

۱.  $H(X) \geq 0$  و  $H(X) = 0$  اگر و فقط اگر توزیع تباهیده (توزیع ثابت و دارای واریانس صفر) باشد.

۲.  $H(X) \leq \log M$  تساوی برقرار است اگر و فقط اگر  $X$  دارای توزیع یکنواخت گسسته باشد.

۳.  $H(X)$  بر حسب  $P$  مقارن است.

حال اگر  $X$  و  $Y$  دو متغیر تصادفی گسسته به ترتیب با مقادیر متمایز  $(x_1, x_2, \dots, x_k)$  و  $(y_1, y_2, \dots, y_j)$  با احتمال‌های متناظر  $(p_1, p_2, \dots, p_k)$  و  $(q_1, q_2, \dots, q_j)$  باشند  $(p[x = x_k, y = y_j] = p_{kj})$  احتمال توأم  $x$  و  $y$  است) در این صورت آنتروپی توأم  $X$  و  $Y$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$H(X, Y) = H(Y, X) = - \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J p_{kj} \ln p_{kj} \quad (2)$$

اگر  $x$  و  $y$  مستقل باشند آنگاه رابطه ۳ برقرار خواهد بود:

$$H(X, Y) = H(X) + H(Y) \quad (3)$$

همچنین اندازه اطلاع شرطی  $y$  به شرط  $x$  به صورت زیر خواهد بود:

تخمین مسائل بدفرم در.....

$$H_{y_j}(y) = H(Y|X) = -\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J P(X=x_k, Y=y_j) \log P(Y=y_j|X=x_k)$$

$H(Y) \geq H(Y|X) \geq 0$  و تساوی زمانی برقرار است که  $X$  و  $Y$  مستقل از هم باشند (شانون)، (۱۹۴۸).

جینس (۱۲) در مواجهه با داده‌های غیر کافی و محدود شده، اصل ماکزیمم آنتروپی را ارائه داد که بر پایه معیار آنتروپی شانون است. بر این اساس اگر فضای احتمالاتی  $(X, F, P)$  با مجهول  $P$  در نظر گرفته شود و  $T$  قید اساسی در شکل گشتاورهای داده‌ها یا توزیع در دست باشد، روش ماکزیمم آنتروپی به صورت انتخاب توزیعی که  $H(P)$  را نسبت به  $T$  ماکزیمم کند تعریف می‌شود. بنابراین با فرض  $A = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$  و احتمالات مجهول  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ ؛ اگر اطلاعات حاشیه‌ای به فرم تعدادی از گشتاورها  $\Psi_t$  تعریف گردد به طوری که  $(t = 1, 2, \dots, T)$  و  $T > K$  باشد، مسئله بدفرم است و لذا اصل ماکزیمم آنتروپی حکم می‌کند که  $P(X=x_k)$  طوری انتخاب شود که  $H(P)$  را ماکزیمم کند. این قیده‌ها می‌توانند به عنوان قوانین شرایط گشتاوری که تنها اطلاعات قابل دسترس هستند بیان شوند. بر این اساس رابطه ۴ با توجه به فیود مطرح شده ۶ و ۵ به شرح زیر حداکثر می‌شود:

$$\text{Max } H(P) = -\sum_{k=1}^K p_k \log p_k \quad (۴)$$

s. t

$$\sum_{k=1}^K p_k = 1 \quad (۵)$$

$$\sum_{k=1}^K p_k f_t(x_k) = E(f_t(x)) = y_t \quad (۶)$$

جهت محاسبه بردار احتمالی  $p$  می‌توان از ضرایب لاگرانژ استفاده نمود (۱۲):

$$L = -\sum_{k=1}^K p_k \log p_k + \sum_{t=1}^T \lambda_t [y_t - \sum_{k=1}^K p_k f_t(x_k)] + \mu(1 - \sum_{k=1}^K p_k) \quad (۷)$$

که نهایتاً با استفاده از شرایط مرتبه اول و حل کردن  $K + T + 1$  معادله،  $P_k$  به شرح رابطه ۸ حاصل خواهد شد (۱۲).

$$P_k = \frac{1}{\Omega(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_T)} * \exp[-\sum_{t=1}^T \lambda_t f_t(x_k)] \quad (۸)$$

گولان و همکاران (۱۰) با اضافه کردن عامل نویز به مسئله گشتاوری و تعمیم دادن این مدل، ابداع کننده برآوردگر حداکثر تعمیم یافته هستند. برای درک بهتر، مدل ۹ در نظر گرفته می‌شود:

$$Y = XB + \varepsilon \quad (9)$$

در این مدل  $Y$  یک بردار  $T$  بعدی از متغیر تصادفی مشاهده شده،  $X$  یک ماتریس  $T \times K$  از متغیرهای توضیحی،  $B$  یک بردار  $K$  بعدی از پارامترهای مجهول (که قصد داریم با استفاده از داده‌های موجود آن را برآورد کنیم) و  $\varepsilon$  یک بردار  $T$  بعدی از خطاهای تصادفی غیر قابل مشاهده است. در اینجا با فرض کراندار بودن مجموعه پارامترها، به بیان این روش پرداخته می‌شود. همچنین می‌توان چهارچوب را برای حالت‌های پیوسته و غیر کراندار نیز در نظر گرفت. با این توضیح فرض بر این است که  $\beta \in B$  و  $B$  مجموعه بسته محدب است که تعدادی محدودیت (اطلاعات) را برای  $\beta$  در نظر می‌گیرد. همچنین هر عضو از  $B$  از پایین به وسیله  $Z_k$  و از بالا به وسیله  $\bar{Z}_k$  کراندار است به گونه ای که (۱۰):

$$B = \{\beta \in R^k \mid \beta_k [Z_k, \bar{Z}_k]\} \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (10)$$

جهت برآورد پارامترهای رگرسیون با استفاده از اصل حداکثر آنتروپی جینس، پارامترهای  $\beta$  باید براساس احتمالات نوشته شوند چون تابع حداکثر آنتروپی شانون بر احتمالات استوار است. اگر  $M \geq 2$  پروفایل احتمالی مورد نظر باشد، می‌توان هر پارامتر  $\beta_k$  را به مانند رابطه ۱۱ بازنویسی نمود (۱۰):

$$\beta_k = \sum_{m=1}^M Z_{km} \times P_{km} \quad \text{where } M \geq 2 \quad \text{for } k = 1, 2, 3, \dots, K \quad (11)$$

$Z_{km}$  به عنوان تحقق احتمالی  $\beta_k$  با احتمالات مشابه  $P_{km}$  است. بردار  $M$  بعدی نقاط گسسته را که به یک اندازه با هم فاصله دارند دارند نقاط گسسته (فضای پوششی) می‌نامند آن گونه که  $Z'_k = [z_{k1}, z_{k2}, \dots, z_{kM}]$  و بردار  $M$  بعدی مرتبط احتمالات به عنوان  $P_k = [p_{k1}, p_{k2}, \dots, p_{kM}]$  تعریف می‌شود. حال  $\beta$  به صورت زیر بازنویسی می‌گردد:

تخمین مسائل بدفرم در.....

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_k \end{bmatrix} \beta = Z \times P = \begin{bmatrix} z'_1 & 0 & 0 \\ 0 & z'_2 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & z'_k \end{bmatrix} \quad (12)$$

در این حالت  $\beta_k$  به صورت زیر است:

$$P_k Z'_k = \sum_{m=1}^M Z_{km} \times P_{km} = \beta_k \quad \text{for } k = 1, 2, 3, \dots, K$$

$$m = 1, 2, \dots, M \quad (13)$$

که در آن بردار احتمال مناسب  $M$  بعدی مطابق با بردار وزن های  $M$  بعدی  $Z_k$  است. بر این اساس  $Z_k$  فضای پوششی  $\beta_k$  را تعریف می کند. به این شیوه، هر پارامتر به یک مجموعه احتمالات تبدیل خواهد شد. با توجه به روش حداقل مربعات برای برآورد نقطه ای  $\beta$  خواهیم داشت:

$$\beta_{OLS} = (X'X)^{-1}(X'Y) \quad (14)$$

در اینجا هر  $\beta_k$  همانند یک مقدار میانگین متغیر تصادفی  $z$  و بردار خطای غیر قابل مشاهده نیز مجموعه ای دیگر از مجهولات در نظر گرفته می شود که در ادامه به آن پرداخته شده است (۱۰).

حداکثر آنتروپی به پارامترهای نامحدود اجازه می دهد با انتخاب یک مجموعه نقاط گسسته توسط محقق براساس اطلاعات قبلی وی در مورد ارزش پارامترهایی که باید برآورد شوند تخمین زده شوند. این مجموعه نقاط گسسته فضای حمایتی برای پارامترها نامیده می شود. در بیشتر موارد که به محققان نسبت به علامت و بزرگی  $\beta_k$  نامعلوم هیچ گونه اطلاعی داده نمی شود، باید یک فضای پوششی مشخص شود که به صورت یکنواخت با نقاط انتهایی وسیع اطراف صفر متقارن باشد. به عنوان مثال برای  $M = 5$  و  $C$  مقیاس  $Z'_k$  به صورت رابطه ۱۵ تعریف می شود:

$$Z'_k = \begin{bmatrix} -C & \frac{-C}{2} & 0 & \frac{C}{2} & C \end{bmatrix} \quad (15)$$

به طور مشابه می توان نویزها را به مانند زیر به  $\varepsilon$  تبدیل کرد (۱۰):

$$\varepsilon_t = \sum_{j=1}^J V_{tj} \times W_{tj} \quad \text{for } t = 1, 2, \dots, T \text{ where } J \geq 2 \quad (16)$$

تبدیل فوق نتایج احتمالی برای  $\varepsilon_t$  را به بازه (۰ و ۱) پیشنهاد می‌دهند و یک مجموعه نقاط پوششی گسسته را تعریف می‌کنند.  $v'_t = [v_{t1}, v_{t2}, \dots, v_{tj}]$  به صورت یکنواخت و مساوی اطراف صفر توزیع شده است و بردار احتمالات ناشناخته مشابه آن  $w_t = [w_{t1}, w_{t2}, \dots, w_{tj}]$  با  $J \geq 2$  است. حال می‌توان  $\varepsilon$  را از معادله ۹ به صورت زیر بازنویسی نمود:

$$\varepsilon = VW = \begin{bmatrix} v'_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & v'_T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_T \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$w_t v'_t = \sum_{j=1}^J v_{tj} \quad \text{for } t = 1, 2, \dots, T \text{ and } j = 1, 2, \dots, J \quad (18)$$

در معادله ۱۷ و ۱۸ فضای پوششی  $Z_k$  و  $v_t$  برای تحت پوشش قرار دادن فضاهای پارامتر مربوط به ترتیب برای هر  $(\beta_k)$  و  $(\varepsilon_t)$  انتخاب شده‌اند.

در مورد تعیین مرزهای پوششی برای اختلالات، گولان و همکاران (۱۰) استفاده از  $3\sigma$  پوکلاشیم (۱۹۹۴) را برای پایه گذاری کران‌ها در مؤلفه‌های خطا توصیه کردند:

کران پایین  $v_l = -3\sigma_v$  و کران بالا  $v_u = 3\sigma_v$  است و  $\sigma$  انحراف معیار (تجربی) از نمونه  $y$  است. برای مثال اگر  $J = 5$  آنگاه  $v_t$  به صورت زیر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد:

$$v_t = [-3\sigma_v \quad -1.5\sigma_v \quad 0 \quad 1.5\sigma_v \quad 3\sigma_v] \quad (19)$$

و لذا خواهیم داشت:

$$Y = X\beta + u = XZp + Vw \quad (20)$$

بنابراین برآوردگر GME از طریق ماکزیمم کردن تابع آنتروپی توأم توزیع‌های سیگنال و نویز نسبت به داده‌ها و احتمالات، قابل محاسبه خواهد بود (۱۰):

$$\text{Max } H(p, w) = - \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M p_{km} \ln p_{km} - \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J w_{tj} \times \ln w_{tj} \quad \text{for } t = 1, 2, \dots, T \quad (21)$$

s. t

$$\sum_{m=1}^M p_{km} = 1 \quad \text{for } k = 1, 2, \dots, K \quad (22)$$

$$\sum_{j=1}^J w_{tj} = 1 \quad \text{for } t = 1, 2, \dots, T \quad (23)$$

تخمین مسائل بدفرم در.....

$$P_{km}, w_{tj} \geq 0 \quad (24)$$

معادله ۲۱ قید ثبات داده‌هاست (محدودیت‌های داده‌ای) و معادله‌های ۲۲ و ۲۳ قیدهای مورد نیاز برای اضافه کردن به ترتیب توزیعات احتمال  $P_{km}$  و  $w_{tj}$  را ارائه می‌دهند (محدودیت‌های عددی).

راه حل  $P_{km}$  به صورت معادله زیر است:

$$P_{km}^{GME} = \frac{e^{-\sum_{t=1}^T \lambda_t z_{km} v_{tj}}}{\sum_{m=1}^M e^{-\sum_{t=1}^T \lambda_t z_{km} v_{tj}}} \quad \text{where } \Omega_k^P(\lambda_t) = \sum_{m=1}^M e^{-\sum_{t=1}^T \lambda_t z_{km} v_{tj}} \quad (25)$$

$$\equiv \frac{e^{-\sum_{t=1}^T \lambda_t z_{km} v_{tj}}}{\Omega_k^P(\lambda_t)}$$

$$w_{tj}^{GME} = \frac{e^{-\lambda_t v_{tj}}}{\sum_{j=1}^J e^{-\lambda_t v_{tj}}} \equiv \frac{e^{-\lambda_t v_{tj}}}{\Omega_t^W(\lambda_t)} \quad \text{where } \Omega_t^W(\lambda_t) = \sum_{j=1}^J e^{-\lambda_t v_{tj}} \quad (26)$$

جایگزینی راه حل‌های  $P_{km}$  و  $w_{tj}$  در داخل معادله‌های ۱۱ و ۱۶، برآوردهای GME از  $\beta_k$  و  $u_t$  را به مانند معادله ۲۷ و ۲۸ ارائه می‌دهد. برآورد نقطه‌ای پارامترها در حالت GME برابر است با:

$$\beta_k^{GME} = \sum_{m=1}^M P_{km} Z_{km} \quad \text{for } k = 1, 2, \dots, k \quad (27)$$

$$u_t^{GME} = \sum_{j=1}^J w_{tj} v_{tj} \quad \text{for } t = 1, 2, \dots, T \quad (28)$$

آن گونه که دیده می‌شود برآوردهای GME به ضریب فزاینده‌های بهینه  $\lambda$  برای محدودیت‌های مدل وابسته هستند. هیچ راه حل بسته‌ای برای  $\lambda$  وجود ندارد و از این رو هیچ راه حل شکل بسته‌ای برای  $\beta, w, p, \epsilon$  و نیز وجود ندارد. پس باید تکنیک‌های بهینه‌سازی عددی برای به دست آوردن راه حل‌ها مورد استفاده قرار گیرد و راه حل‌ها باید به صورت عددی یافت شوند (۱۰).

با توجه به آنچه گفته شد، هدف برآورد کردن بردارهای نامعلوم وزنی  $P$  و  $W$  است. با توجه به مباحث آنتروپی و ماکزیمم آنتروپی، وزن‌ها طوری انتخاب می‌شوند که تابع آنتروپی توأم سیگنال و نویز ماکزیمم شود. یعنی تابع آنتروپی توأم (۲۹) نسبت به محدودیت‌های زیر ماکزیمم می‌شود.

$$\text{Max } H(p, w) = -p' \ln(p) - w' \ln(w) \quad (29)$$

$$Y = X\beta + \varepsilon = XZp + Vw \quad (30)$$

$$1_k = (I_k \otimes 1'_M)F \quad (31)$$

$$1_T = (I_T \otimes 1'_J)W \quad (32)$$

معادله ۳۰ معرف داده‌ها و مدل است و معادله ۳۱ و ۳۲ نشان دهنده توابع احتمال بودن توزیع‌هاست یا به عبارتی محدودیت‌های اضافی مورد نیاز برای P و W است. علامت  $\otimes$  نشان‌دهنده ضرب کرونگر و  $1_T$  بردار T بعدی واحد است. با توجه به اینکه تابع آنتروپی  $H(P, W)$  تابعی محدب است، برآورد و تخمین P و W (معادله ۲۵ و ۲۶) تابع آنتروپی را نسبت به محدودیت‌های ذکر شده ماکزیمم می‌کند. با پیدا کردن P و W پارامترهای نامعلوم سیگنال و خطا به صورت زیر برآورد می‌شوند (۱۰):

$$\beta = Zp, \varepsilon = Vw \quad (33)$$

همان‌گونه که ذکر شد، در برآورد ماکزیمم آنتروپی، توزیع اولیه توزیع یکنواخت گسسته در نظر گرفته می‌شود.

#### توابع تقاضا و عرضه گندم

توابع تقاضا و عرضه مستقیم برای محصول گندم به صورت زیر است:

$$\ln Q_i = a_i + \sum_{j=1}^J B_{ij} \ln p_j + u_i \quad (34)$$

لازم به ذکر است که تصریح توابع عرضه و تقاضا بر اساس تئوری انجام گرفت. تابع عرضه به صورت نرلاو است و تابع تقاضا از قیمت‌ها و درآمد تصریح شد و سپس مورد تخمین قرار گرفت. جهت رعایت اختصار در متن صرفاً کشش‌های قیمتی ارائه گردید. مهم‌ترین معیار صحت سنجی یافته‌ها توانایی عرضه و تقاضای حاصل شده در بازتولید مقادیر مشاهده شده عرضه و تقاضا در سال پایه است. با این توضیح، در تصریح توابع عرضه و تقاضا در این مطالعه هیچ متغیر اساسی از قلم نیافتاده است.



تخمین مسائل بدفرم در.....

به منظور جلوگیری از بازنویسی مجدد روابط، علامت  $\pm$  در تصریح مدل به کار گرفته شد که علامت  $+$  جهت تصریح تابع عرضه و علامت  $-$  جهت تصریح تابع تقاضا است. مدل حداکثر آنتروپی تعمیم یافته برای برآورد پارامترهای توابع تقاضا و عرضه به صورت زیر قابل تصریح است:

$$\begin{aligned} \text{Max } H(p) = & - \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T p_{a_{it}} \ln p_{a_{it}} - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T p_{y_{ijt}} \ln p_{y_{ijt}} \\ & - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T p_{h_{ijt}} \ln p_{h_{ijt}} - \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T p_{u_{it}} \ln p_{u_{it}} \end{aligned} \quad (35)$$

s. t

$$Q_i = \sum_{t=1}^T z_{u_{it}} p_{u_{it}} + \sum_{t=1}^T z_{a_{it}} p_{a_{it}} \pm \sum_{j=1}^J R_{ij} R_{jt} P_j \quad \forall i \quad (36)$$

$$R_{ij} = \left( \sum_{t=1}^T z_{y_{ijt}} p_{y_{ijt}} \right) \times \left( \sum_{t=1}^T z_{h_{ijt}} p_{h_{ijt}} \right)^{1/2} \quad \forall i, j \quad (37)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T p_{u_{it}} z_{u_{it}} = 0 \quad \forall i \quad (38)$$

$$\sum_{i=1}^I p_{a_{it}} = 1 \quad \forall i \quad (39)$$

$$\sum_{i=1}^I p_{h_{ijt}} = 1 \quad \forall i \quad (40)$$

$$\sum_{i=1}^I p_{u_{it}} = 1 \quad \forall i \quad (41)$$

$$\sum_{i=1}^I p_{y_{ijt}} = 1 \quad \forall i \quad (42)$$

رابطه ۳۵ بیانگر تابع هدف بیشینه آنتروپی، ۳۶ تابع تقاضا و عرضه گندم، ۳۷ فاکتورگیری چلوسکی و ۳۸ مبین صفر بودن میانگین مورد انتظار برای جملات خطا است. بر اساس روابط ۳۹ تا ۴۲ نیز مجموع احتمالات نقاط پشتیبان برابر ۱ است. محدودیت‌های عددی نیز شامل مثبت بودن احتمال‌ها و برابر یک بودن مجموع احتمال‌های هر یک از ضرایب و جملات خطا است. داده‌های مورد استفاده شامل قیمت تضمینی گندم در سال ۹۳ و درآمد کشاورزان به تفکیک استان‌ها می‌باشد. اطلاعات مورد استفاده از طریق گزارش‌های آماری وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۳) و مرکز آمار ایران (۱۳۹۳) جمع آوری شد.

## نتایج و بحث

جهت تبیین مفهوم کاربردی روش ماکزیمم آنتروپی تعمیم یافته تلاش گردید که پارامترها با تعداد متفاوتی از داده‌ها مورد تخمین واقع شوند، چرا که از این طریق امکان مقایسه با سایر روش‌های متداول تخمین فراهم می‌گردد. در مطالعه حاضر برای آن تعداد از استان‌هایی که داده‌های کافی در موردشان موجود بود، کشش‌های عرضه و تقاضا در دو حالت مختلف داده‌های کمتر از ۳۰ و بیشتر از ۳۰ با دو روش حداکثر آنتروپی تعمیم یافته (GME) و حداقل مربعات معمولی (OLS) تخمین زده شدند. پس از آن از طریق شاخص‌های جمع میانگین مجذور خطای ریشه (SRMSE) و قدر مطلق اریب (SABIAS) پارامترهای تخمین زده شده از دو روش GME و OLS مورد مقایسه قرار گرفتند. با این حال جهت اختصار صرفاً نتایج حاصل از روش GME در دو جدول ۲ و ۱ گزارش گردید چرا که تخمین‌های GME از اعتبار بالاتری برخوردار بودند. لازم به ذکر است که کشش‌های گزارش شده تنها با داشتن یک مشاهده برای هر استان محاسبه گردیدند. در مورد تعیین مرزهای پوششی برای اختلالات نیز مطابق با توصیه گولان و همکاران (۱۰) از روش 30 پوکلشایم (۱۹۹۴) استفاده گردید. در ادامه رفته رفته تعداد مشاهدات تا رسیدن به مرز ۳۰ مشاهده افزوده شد و بستری جهت مقایسه روش GME و OLS در شرایط برقراری قضیه حد مرکزی و نیز تأیید وجود توزیع نرمال در اجزای اخلاص فراهم گردید.

تخمین مسائل بدفرم در.....

جدول ۱. کشش تابع تقاضای گندم در سال ۱۳۹۳ به تفکیک استان

استان	کشش تابع تقاضا	شیب تابع تقاضا	عرض از مبدأ تابع تقاضا
آذربایجان شرقی	-۰/۱۳۱	-۰/۰۰۶	۳۹۷۸/۴
آذربایجان غربی	-۰/۱۳۰	-۰/۰۰۸	۴۰۱۰/۵
اردبیل	-۰/۱۲۱	-۰/۰۲۱	۴۲۷۲/۵
اصفهان	-۰/۱۳۲	-۰/۰۰۵	۳۹۵۲/۸
البرز	-۰/۱۲۳	-۰/۰۱۰	۴۱۹۱/۱
ایلام	-۰/۱۱۵	-۰/۰۴۸	۴۴۷۰/۲
بوشهر	-۰/۱۲۱	-۰/۰۲۴	۴۲۵۷/۳
تهران	-۰/۱۵۵	-۰/۰۰۲	۳۴۷۲/۸
چهارمحال و بختیاری	-۰/۱۲۰	-۰/۰۲۹	۴۳۰۱/۴
خراسان جنوبی	-۰/۱۱۹	-۰/۰۳۶	۴۴۱۲/۶
خراسان رضوی	-۰/۱۳۳	۰/۰۰۴	۳۹۰۷/۱
خراسان شمالی	-۰/۱۱۸	-۰/۰۳۰	۴۳۶۴/۹
خوزستان	-۰/۱۳۱	-۰/۰۰۵	۳۹۶۱/۶
زنجان	-۰/۱۴۹	-۰/۰۲۰	۳۵۵۴/۲
سمنان	-۰/۱۲۰	-۰/۰۴۰	۴۲۸۹/۱
سیستان و بلوچستان	-۰/۱۳۵	-۰/۰۰۹	۳۸۶۱/۱
فارس	-۰/۱۳۲	-۰/۰۰۵	۳۹۴۰/۵
قزوین	-۰/۱۲۳	-۰/۰۲۱	۴۱۹۴/۸
قم	-۰/۱۲۴	-۰/۰۲۱	۴۱۹۶/۷
کردستان	-۰/۱۲۳	-۰/۰۱۷	۴۲۱۲/۳
کرمان	-۰/۱۲۸	-۰/۰۰۸	۴۰۶/۱
کرمانشاه	-۰/۱۲۴	-۰/۰۱۳	۴۱۶۲/۷
کهگیلویه و بویراحمد	-۰/۱۱۶	-۰/۰۴۰	۴۴۳۴/۱
گلستان	-۰/۱۲۵	-۰/۰۱۴	۴۱۵۲/۷
گیلان	-۰/۱۲۷	-۰/۰۱۰	۴۰۷۶/۸
لرستان	-۰/۱۲۴	-۰/۰۱۴	۴۱۶۰/۹
مازندران	-۰/۱۳۰	-۰/۰۰۸	۳۹۹۵/۲
مرکزی	-۰/۱۳۲	-۰/۰۱۵	۴۱۹۹/۶
هرمزگان	-۰/۱۲۳	-۰/۰۱۴	۴۱۹۰/۷
همدان	-۰/۱۲۴	-۰/۰۲۲	۴۱۶۶/۶
یزد	-۰/۱۳۸		۳۸۰۸/۳

منبع: یافته‌های مطالعه

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال بیست و پنجم، شماره ۹۹

جدول ۲. کشش تابع عرضه گندم در سال ۱۳۹۳ به تفکیک استان

استان	کشش قیمتی عرضه	شیب تابع عرضه	عرض از مبدأ تابع عرضه
آذربایجان شرقی	۰/۱۶۰	۰/۰۱۵	-۵۲۴۱/۳
آذربایجان غربی	۰/۱۶۳	۰/۰۱۴	-۵۲۹۳/۱
اردبیل	۰/۱۶۳	۰/۱۵۰	-۵۲۸۱/۴
اصفهان	۰/۱۵۱	۰/۰۳۴	-۵۹۰۵/۹
البرز	۰/۱۲۸	۰/۲۲۷	-۷۱۱۹/۷
ایلام	۰/۱۴۹	۰/۰۲۹	-۶۰۶۲/۲
بوشهر	۰/۱۴۱	۰/۰۶۹	-۶۴۴۰/۴
تهران	۰/۱۲۹	۰/۰۷۰	-۷۱۱۵/۹
چهارمحال و بختیاری	۰/۱۴۲	۰/۰۶۱	-۶۱۹۴/۱
خراسان جنوبی	۰/۱۳۲	۰/۱۵۰	-۶۹۶۸/۷
خراسان رضوی	۰/۱۲۹	۰/۰۱۶	-۷۰۹۴/۵
خراسان شمالی	۰/۱۴۸	۰/۰۳۷	-۶۰۶۴/۰
خوزستان	۰/۱۷۷	۰/۰۰۵	-۴۸۶۷/۳
زنجان	۰/۱۸۳	۰/۰۱۶	-۴۵۸۴/۱
سمنان	۰/۱۴۱	۰/۰۸۱	-۶۳۸۴/۲
سیستان و بلوچستان	۰/۱۵۰	۰/۰۳۷	-۵۵۹۶/۸
فارس	۰/۱۷۳	۰/۰۰۵	-۵۰۰۶/۶
قزوین	۰/۱۵۶	۰/۰۲۳	-۵۵۸۶/۵
قم	۰/۱۲۳	۰/۲۵۹	-۷۰۹۲/۱
کردستان	۰/۱۶۵	۰/۰۰۹	-۵۲۱۷/۳
کرمان	۰/۱۴۹	۰/۰۴۲	-۵۹۴۸/۱
کرمانشاه	۰/۱۶۴	۰/۰۰۷	-۵۳۶۸/۲
کهگیلویه و بویراحمد	۰/۱۳۹	۰/۰۴۵	-۶۴۸۳/۸
گلستان	۰/۱۶۹	۰/۰۰۹	-۵۲۸۰/۷
گیلان	۰/۱۰۴	۱/۲۱۵	-۸۸۳۴/۴
لرستان	۰/۱۳۹	۰/۰۲۰	-۶۵۳۱/۷
مازندران	۰/۱۴۲	۰/۰۴۵	-۶۱۵۹/۰
مرکزی	۰/۱۵۹	۰/۰۱۸	-۵۵۴۵/۲
هرمزگان	۰/۱۳۱	۰/۱۲۹	-۵۳۱۳/۵
همدان	۰/۱۶۴	۰/۰۱۰	-۵۲۴۵/۷
یزد	۰/۱۴۸	۰/۱۵۰	-۵۶۶۱/۲

منبع: یافته‌های مطالعه

تخمین مسائل بدفرم در.....

با توجه به کشتش برآورد شده استان‌های کشور می‌توان دریافت که استان تهران دارای بالاترین کشتش قیمتی تقاضا (۰/۱۵۵-) و استان ایلام دارای پایین‌ترین کشتش قیمتی تقاضا (۰/۱۱۵-) است. در رابطه با کشتش قیمتی عرضه گندم نیز استان گیلان دارای پایین‌ترین کشتش قیمتی عرضه (۰/۱۰۴) و استان زنجان دارای بالاترین کشتش قیمتی عرضه است (۰/۱۸۳). همچنین در استان‌های گیلان، خراسان رضوی، قم و تهران کشتش قیمتی تقاضای گندم در مقایسه با کشتش عرضه آن بیشتر است و در سایر استان‌های کشور کشتش عرضه نسبت به تقاضا در حد بالاتری قرار دارد. علاوه بر این بهترین دلیل جهت اعتبارسنجی کشتش‌ها و نیز سایر پارامترهای عرضه و تقاضای ارائه شده در دو جدول ۱ و ۲ این است که توابع برآوردشده دقیقاً توانمندی بازتولید مقادیر مشاهده شده در سال ۱۳۹۳ یعنی سال پایه لحاظ شده در مدل را دارا می‌باشند. در صورتی که قیمت گندم تقاضا شده در هر استان در تابع تقاضای آن به جای پارامترهای جدول ۱ قرار گیرد، دقیقاً مقدار تقاضای آن استان مطابق با آمار موجود کشور بازتولید خواهد شد. به همین صورت اگر در توابع تقاضای فوق مقدار مصرف هر استان جاگذاری شود، قیمت گندم دقیقاً مطابق با واقعیت گزارش شده آن در آمارنامه‌های رسمی تعیین خواهد گردید. به همین شکل توابع عرضه استانی نیز قابلیت صحت‌سنجی را خواهند داشت.

از این رو کشتش‌ها و متعاقب آن عرض از مبدأ و ضریب زاویه‌های گزارش شده، پایگاه داده‌ای معتبر و جامعی را جهت تحلیل‌های بازاری و رفاهی در خصوص بازار گندم به تفکیک استان‌های مختلف ارائه می‌کند که می‌تواند راهگشای محققین در مطالعات آتی در این زمینه باشد.

در ادامه تخمین پارامترهای مذکور برای استان‌های مختلف با استفاده از روش OLS نیز انجام گرفت. از آزمون دیکی فولر تعمیم یافته جهت بررسی مانایی متغیرها استفاده شد. نتایج نشان داد که متغیرها مانا می‌باشند. مقایسه ماکزیمم آنتروپی تعمیم یافته و روش برازش حداقل مربعات معمولی نشان داد که در نمونه‌های بزرگ رفتارهای برآوردکنندگان OLS و GME

براساس جمع میانگین مجذور خطای ریشه (SRMSE) و قدر مطلق اریب (SABIAS) از الگوهای بسیار مشابهی تبعیت می‌کند. همچنین جمع میانگین مجذور خطای ریشه‌ها با افزایش اندازه نمونه کاهش می‌یابد و این ثبات برآوردگرها را نشان می‌دهد. اما در نمونه‌های کوچک، استفاده از روش حداکثر آنتروپی همواره مجذور خطای کمتر برای ریشه‌ها را ایجاد می‌کند. این موضوع با افزایش اندازه نمونه به حدود ۳۰ و یا بیشتر شکلی متفاوت به خود گرفت به طوری که جمع میانگین مجذور خطای ریشه در روش OLS کمتر از GME به دست می‌آید. این موضوع سبب می‌گردد که بر خلاف انتظار، روش آنتروپی تعمیم یافته در مقایسه با سایر روش‌های سنتی برآورد مدل منتج به نتایج غیر قابل استناد گردد (۱۳).

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه به منظور ایجاد بستر مناسب در تحقیقات اقتصادی بخش کشاورزی، روش ماکزیمم آنتروپی تعمیم یافته مورد بحث قرار گرفت و با استفاده از آن کشش‌های استانی عرضه و تقاضای گندم در شرایط عدم وجود داده‌های کافی محاسبه گردید. در بسیاری از مطالعات اقتصادی بخش کشاورزی بالاخص در ایران، مشکل اساسی، عدم وجود داده‌های کافی جهت تخمین روابط است. چنان که بیان شد، این مسئله در تخمین پارامترها باعث بروز مسئله بدفرم شده و معنی داری پارامترهای تخمینی را شدیداً تحت الشعاع خود قرار می‌دهد. روش GME بر پایه نظریه اطلاع، دیدگاهی جدید جهت تخمین مدل‌ها در شرایط بدفرم را معرفی می‌نماید. به بیان دیگر، زمانی که داده‌های کافی در اختیار نیست و یا جمع آوری داده‌های آماری کافی به صرف وقت و هزینه بالا نیاز دارد، از این روش می‌توان استفاده نمود. بر این اساس در مطالعه حاضر پس از تشریح کامل روش GME، این روش جهت برآورد کشش‌های قیمتی تقاضا و عرضه استانی گندم به عنوان مثال کاملی از یک مسئله بدفرم به کار گرفته شد و نتایج آن با روش OLS مقایسه گردید. نتایج نشان داد که قدر مطلق کشش قیمتی تقاضای محصول گندم در تمامی استان‌های کشور، پایین‌تر از ۱ است. به بیان دیگر نتایج

تخمین مسائل بدفرم در.....

گویای ضروری بودن محصول گندم در تمامی استان‌های کشور است و تا حدود زیادی با نتایج به دست آمده از مطالعات پیشین مانند صبحی و برازجانی (۲۱)، باریکانی و همکاران (۳) و فرج زاده و نجفی (۷) همخوانی دارد. کشش قیمتی عرضه گندم نیز پایین تر از ۱ و بی کشش برآورد شد. به بیان دیگر می‌توان بازار عرضه و تقاضای گندم را در بین استان‌های کشور متمایز دانست. همچنین توابع عرضه و تقاضای تخمینی از قدرت بالای کالیبراسون بر خوردار هستند و امکان بازتولید مشاهدات دنیای واقعی به خوبی با آنها وجود دارد. نتایج نشان داد که دقت نتایج حاصل از روش GME همگام با افزایش تعداد مشاهدات کاهش می‌یابد و بر این اساس پیشنهاد می‌شود زمانی که تعداد مشاهدات برای استفاده در روش‌های کلاسیک همانند OLS مناسب است از این روش‌ها برای برآورد ضرایب توابع استفاده شود. با این حال چنان که پیش‌تر نیز بیان شد، در نمونه‌های کوچک، روش ماکزیمم آنتروپی در مقایسه با روش OLS به واقعیت نزدیک تر است. همچنین استفاده از متغیرهای اثر گذار در این روش بدون هراس از هم‌خطی امکانپذیر است و در مسائل بدفرم، موجب به دست آوردن نتایج منحصر به فرد می‌شود.

#### منابع

- 1.Arfini, F., Donati, M., Grossi, L. and Paris, Q. (2008). Revenue and cost functions in PMP: A methodological integration for a territorial analysis of CAP. 107th EAAE Seminar Modelling of Agricultural and Rural Development Policies. Sevilla, Spain, January.
- 2.Azhdari, S., Mortazavi, S. A., Mosavi, S. H. and Vakilpour, M. H. (2013). Investigation the bread waste reduction on the Iranian's consumer's welfare. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 21(82): 69-89. (Persian)

3. Barikani, A., Shajari, Sh. and Amjadi, A. (2007). Evaluating the price and income elasticity of food's demand in Iran using almost ideal demand system. *Journal of Agricultural Economic and Evelopment*, (6): 125-145. (Persian)
4. Campbell, R. C. and Hill, R. C. (2001). Maximum entropy estimation in economic models with linear inequality restrictions. Department of economics, Louisiana State University, working paper (11).
5. Ciavolino, E. and Calcagni, A. (2015). A generalized maximum entropy (GME) estimation approach to fuzzy regression model. *Applied Soft Computing*, 38: 51-63.
6. Eskandarzadeh, M. and Rasekh, A. A. (2013). Estimating crop-specific production function in Iran agriculture: a generalized maximum entropy approach. *Journal of Agricultural Economics*, (4): 105-116.
7. Farajzadeh, Z. and Najafi, B. (2004). Iran's urban and rural consumer behavior: case study subsidized essential products. *Journal of Agricultural Economic and Development*, 47:103-123. (Persian)
8. Ferreira, P. (2012). An application of general maximum entropy to utility. *CEFAGE-UE Working-Papers*, 18.
9. Fraser, I. (2000). An application of maximum entropy estimation: the demand for meat in the United Kingdom. *Applied Economics*, 32(1): 45-59.
10. Golan, A., Judge, G. and Miller, D. (1996). Maximum entropy econometrics: Robust estimation with limited data. New York: Wiley.



تخمین مسائل بدفرم در.....

11. Golan, A. (2008). Information and entropy econometrics, A review and synthesis. Department of Economics. American University, NW Washington, USA, 1-145.
12. Jaynes, E. T. (1957). Information theory and statistical mechanics. *Physical Review*. 106, p.620.
13. Khajeh Roshanayi, N., Daneshvar Kakhaki, M. and Mohtashami, Gh. R. (2010). Estimating the economic value of water in production function methods, applying classic and entropy approaches: case study wheat in Mashhad. *Journal of Economics and Agricultural Development*, 24(1):113-119. (Persian)
14. Lence, S.H. and Miller, D.J. (1998). Recovering output-specific inputs from aggregate input data: a generalized cross-entropy approach. *American Journal of Agricultural Economics*, 80(4): 852-867.
15. Marsha, T.L., Mittelhammer, R.C. and Cardell, N.S. (1998). A Structural-equation GME estimator. Selected paper 1998 AAEA Annual meeting, Salt Lake city.
16. Mittelhammer, R., Scott Cardell, N. and Marsh, T. L. (2013). The data-constrained generalized maximum entropy estimator of the GLM: Asymptotic theory and inference. *Entropy*, 15: 1756-1775.
17. Mosavi, S. H. (2016). Energy price reform and food markets: the case of bread supply chain in Iran. *Agricultural Economics*, 47: 169-179. (Persian)

18. Peeters, L. M. (2004). Estimating a random-coefficients sample-selection model using generalized maximum entropy. *Economics Letters*, 84(1): 87-92.
19. Pires, C., Dionísio, A. and Coelho, L. (2010). GME versus OLS-Which is the best to estimate utility functions?. *CEFAGE-UE Working-Papers*, 2.
20. Sabouhi, M. and Azadegan, E. (2014). Estimation of dynamic supply functions of agricultural products and analyze the impacts of irrigation water pricing policies: the case study of Mashhad-Chenaran plain. *Journal of Economics and Agricultural Development*, 28(2): 185-196. (Persian)
21. Sabouhi Sabouni, M. and Ahmadpour Borazjani, M. (2012). Estimation of Iran agricultural products demand functions using mathematical programming (Application of maximum entropy method). *Journal of Agricultural Economics*, 6(1): 71-91. (Persian)
22. Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bulletin System Technol*, 27: 379-423.
23. Soltani, Sh. and Mosavi, S. H. (2015). Evaluating the potential effects of climate changes on yield and value - added in the agricultural sector in Hamedan - Bahar plain. *Journal of Agricultural Economics*, 9(1) : 95-115. (Persian)
24. Taali Moghaddam, A., Shahnoushi Froshani, N., Mosavi, S. and Dourandish, A. (2015). The impacts of wheat's guaranteed price on it's production in Iran. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 23(90): 113-142. (Persian)
25. Yousefi, M. H. and Moghaddasi, R. (2013). Investigating the transmission of international prices to the domestic market of agricultural products (wheat,

تخمین مسائل بدفرم در.....

barley and rice) – application of maximum entropy method. *Journal of Agricultural Economics*, 5(1): 81-99. (Persian)

26. Zhang, X. and Fan, S. (2001). Estimating crop-specific production technologies in Chinese agriculture: a generalized maximum entropy approach.

*American Journal of Agricultural Economics*, 83(2): 378-388.

Archive of SID