

## تخمین کَشش قیمتی تقاضای برق خانگی بروش ناپیوستگی رگرسیون: مطالعه موردی استان فارس

محمد وصال

استادیار، دانشکده اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف (نویسنده مسئول)

m.vesal@sharif.edu

مهندس افشین چراغی

کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف

afsh.ci@gmail.com

محمدحسین رحمتی

دانشیار دانشکده اقتصاد، دانشگاه صنعتی شریف

rahmati@sharif.edu

کَشش قیمتی تقاضای برق درصد تغییر مصرف به ازای یک درصد تغییر قیمت برق را نشان می‌دهد. مشابه سایر کَشش‌های قیمتی عوامل متعددی همزمان بر کَشش مؤثرند و لذا معمولاً برآورد این پارامتر می‌تواند اریب و تورش‌دار باشد. با عنایت به اهمیت کَشش قیمتی برق در سیاست‌گذاری و ادبیات اقتصادی، تخمین نااریب آن می‌تواند استفاده قرار گیرد. شرکت توانیر تعرفه‌های قیمتی برق را بر اساس ماه‌های مختلف و مناطق گرمسیری به‌صورت سالانه تعیین می‌کند. این تعرفه‌های قیمتی برای شهرستان‌های مختلف و ماه‌های مختلف سال وضع می‌شود. در موارد متعددی شهرستان‌های همسایه و از نظر شرایط جغرافیایی مشابه در ماه‌هایی از سال تعرفه‌های قیمتی متفاوت را داشته‌اند. در این پژوهش با استفاده از داده مصرف قبوض خانوارهای شهرستان‌های استان فارس، با علم به تغییرات برونزای قیمت و عدم امکان ذخیره‌سازی برق، شناسایی علی کَشش قیمتی برق خانگی با روش ناپیوستگی رگرسیون انجام شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که یک درصد افزایش قیمت برق، به‌طور متوسط منجر به کاهش مصرف برق به میزان حدود ۰/۴ تا ۰/۷ درصد می‌شود.

طبقه‌بندی JEL: Q40, Q41, Q48, Q49

واژگان کلیدی: اقتصاد انرژی، کَشش قیمتی، تقاضای برق، ناپیوستگی رگرسیون.

## ۱. مقدمه

کشش قیمتی تقاضای برق همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای قیمت‌گذاری برق در سراسر جهان در نظر گرفته می‌شود. این پارامتر بیان می‌کند که به‌طور متوسط به ازای یک درصد افزایش قیمت برق چند درصد مصرف برق تغییر می‌کند. با توجه به اینکه در کشورهای مختلف، در حوزه مصرف انرژی برق سیاست‌های متنوعی اجرا شده است، ارزیابی این سیاست‌ها که اجرای آن‌ها عمدتاً منجر به تغییراتی در قیمت‌های برق شده است بدون داشتن تخمین درست از کشش قیمتی تقاضای برق امری غیرممکن است. تخمین کشش قیمتی در بخش‌های مختلف از جمله بخش مشترکین خانگی و مشترکین صنعتی انجام می‌پذیرد. مدیریت مصرف معمولاً مهم‌ترین هدف کشورهای مختلف در قیمت‌گذاری برق بوده و از این جهت بررسی پاسخ مصرف‌کنندگان به قیمت‌های برق امری ضروری است. در کشورهایی مانند ایران، از آن جهت که عرضه برق توسط دولت تضمین می‌شود، امنیت تأمین انرژی و هزینه‌های تولید انرژی برق موضوعی حیاتی برای دولت است. با توجه به اینکه در کشور ایران تقاضای برق میزان تولید انرژی برق را مشخص می‌کند، با داشتن تخمینی درست از کشش قیمتی تقاضای برق می‌توان باقیمت‌گذاری مناسب اهداف فوق را برآورده کرد. مطالعات انجام‌شده در زمینه تخمین کشش قیمتی تقاضای برق دارای نقاط ضعفی شامل در دسترس نبودن اطلاعات و اعوجاجات قیمتی<sup>۱</sup> است که سبب مشکل شدن بررسی پاسخ تقاضا به سیگنال‌های قیمتی می‌شود.<sup>۲</sup> به همین جهت پژوهش حاضر سعی در تخمین علی این پارامتر مهم با روشی مناسب دارد.

### 1. Price distortions

۲. بورنستین (Borenstein 2009) بحث می‌کند که استفاده از داده‌های کلان شده در سطح جغرافیایی و یا زمانی می‌توان همراه با تغییرات قیمتی در سطح جغرافیا و یا زمان را از بین ببرد و در نتیجه کشش قیمتی که تخمین زده می‌شود، اریب خواهد بود. همچنین بوشنل و منسور (۲۰۰۵) نیز به اعوجاجات قیمتی و سیگنال قیمت‌های برق و تاثیر آن بر تورش برآوردها اشاره کرده‌اند.

پیش‌بینی می‌شود بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۰ مصرف انرژی در سطح جهانی به میزان ۵۵٪ افزایش یابد که در این میان، مصرف انرژی برق دو برابر می‌شود. سه‌چهارم این افزایش مصرف انرژی در کشورهای در حال توسعه رخ می‌دهد و تقریباً نیمی از آن مربوط به کشورهای چین و هند است (خانا و راثو (۲۰۰۹)<sup>۱</sup>). آژانس بین‌المللی انرژی<sup>۲</sup> در سال ۲۰۰۷ سرمایه‌گذاری سالانه‌ی لازم جهت تأمین تقاضای برق در کشورهای در حال توسعه را برابر با ۱۶۵ میلیارد دلار برآورد کرد. با توجه به افزایش چشمگیر مصرف انرژی، محدودیت منابع مالی و نگرانی‌هایی که پیرامون تغییرات آب‌وهوای کره زمین ناشی از روند صعودی مصرف انرژی به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه وجود دارد، درک عوامل مؤثر در تقاضای برق، از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین بررسی رفتار مصرف‌کننده نسبت به ساختار قیمت‌گذاری می‌تواند توصیه‌های مهم سیاستی جهت قیمت‌گذاری و اعمال مالیات به همراه داشته باشد.<sup>۳</sup>

انرژی به‌عنوان یک مؤلفه‌ی کلیدی برای تولید کالا و خدمات شناخته می‌شود؛ درعین‌حال، انرژی یکی از منابع اصلی رفاه برای افراد جامعه است. به همین دلیل، با توجه به پویایی بازار و سیاست‌های بخش عمومی مربوط به انرژی، دانستن چگونگی اثرگذاری تغییرات قیمت بر تقاضای انرژی مصرف‌کننده و تولیدکننده از اهمیت زیادی برخوردار است. صرفه‌جویی در حوزه‌ی انرژی، نقش مهمی در برآورده شدن اهداف مربوط به تغییرات اقلیمی ایفا می‌کند (هیئت بین دولتی در مورد تغییرات اقلیمی، ۲۰۱۴). بنابراین نیاز به بررسی دقیق توانایی کم کردن تقاضای انرژی و بهینه کردن مصرف انرژی به‌شدت حس می‌شود. شواهد پایدار در مورد کشش قیمتی تقاضای انرژی منجر به درک بهتر از نتایج محیط زیستی، اقتصادی و توزیعی حاصل از قیمت‌های مختلف انرژی

1. Madhu Khanna & Narasimha D. Rao

2. International Energy Agency

۳. مقالات متعددی نشان داده‌اند قیمت‌گذاری بلوکی که نوعی تنبیه مصرف بالاتر می‌باشد بر مصرف خانوار مؤثر است.

برای مثال ایبو (۲۰۱۴)، نشان داده است میانگین قیمت بر مصرف خانوار مؤثر است. مثال دیگر از مقالات اخیر که اثر قیمت بر مصرف را در کشورهای توسعه یافته مطالعه کرده بی-ک، چ-ژنگ (۲۰۱۸) است که اثر قیمت برق بر مصرف آن را در آفریقای جنوبی نشان داده است.

می‌شود و جوامع را جهت تصمیم‌گیری پیش‌بینی‌شده<sup>۱</sup> در مورد مسائل محیط زیستی و انرژی یاری می‌کند (بورنستین-بوشنل (۲۰۱۹)، هولند و دیگران (۲۰۲۰)).

با توجه به اینکه در هر کشوری اطلاعات در دسترس و بازار برق متفاوت با کشوری دیگر است، روش‌های بررسی تقاضای برق نیز در مطالعات گوناگون، متفاوت است. در ایران تعرفه‌های برق بدین گونه است که هر سال توسط شرکت توانیر که وابسته به وزارت نیرو است، تعرفه‌های برق خانگی را برای تمامی شهرستان‌های کشور و برای تمامی ماه‌های سال اعلام می‌کند. با توجه به این تعرفه‌ها، در برخی از شهرستان‌ها علی‌رغم مجاورت جغرافیایی و برخورداری از شرایط تقریباً یکسان، قیمت برق متفاوت است. در این پژوهش قصد داریم با علم به موضوع گفته‌شده و با استفاده از روش ناپیوستگی رگرسیون<sup>۲</sup> کشش قیمتی تقاضای برق خانگی را شناسایی کنیم.

در بخش دوم، سؤال پژوهش و ضرورت آن طرح می‌شود؛ با نشان دادن آمارهایی از روند مصرف برق در ایران و به‌خصوص در بخش خانگی، اهمیت بررسی موضوع این پژوهش را روشن می‌کنیم. همچنین هزینه‌هایی که ناشی از عدم شناخت تقاضای برق است، پژوهشگران را به بررسی این موضوع ترغیب می‌کند. در بخش سوم، به‌طور خلاصه ادبیات موجود مرتبط با تقاضای برق، روش‌ها، داده‌ها و نتایج و نقاط ضعف و قدرت مطالعات مربوط به این حوزه و همچنین تمایز و برتری پژوهش حاضر نسبت به مطالعات گذشته موردبررسی قرار می‌گیرد. در بخش چهارم، داده‌ی مورد استفاده در این پژوهش، چگونگی استخراج داده و نظم‌های آماری مرتبط بررسی می‌شود. در بخش پنجم، روش تجربی مورد استفاده توضیح داده می‌شود و فروض لازم جهت شناسایی کشش قیمتی تقاضای برق بحث می‌شود. بخش ششم به نتایج به‌دست‌آمده از روش تجربی گفته‌شده، اختصاص می‌یابد و ضرایب به‌دست‌آمده از مدل‌های رگرسیونی موردبررسی قرار می‌گیرند. در بخش هفتم، نکاتی را به‌منظور جمع‌بندی و پیشنهاد پژوهشی برای مطالعات آینده عنوان می‌کنیم.

---

1. Ex ante

2. Regression Discontinuity Design

## ۲. سؤال پژوهش و ضرورت آن

با توجه به توضیحات بخش قبل در این پژوهش، سؤال اصلی این است که به ازای یک درصد تغییر قیمت‌های برق، به‌طور متوسط چند درصد مصرف برق در سطح مشترکین خانگی تغییر می‌کند؟ تخمین کشتش قیمتی تقاضای برق منجر به پاسخ این سؤال می‌شود. پیش از پاسخ به این سؤال لازم است اهمیت و ضرورت پرداختن به این مسئله به‌طور کامل روشن شود. به همین منظور در این بخش، جنبه‌هایی از مصرف انرژی برق که به‌طور مستقیم با کشتش قیمتی برق ارتباط دارند، موردبررسی قرار می‌گیرند.

هرچند که ادبیات اقتصاد در مورد تقاضای انرژی به چنددهه قبل برمی‌گردد (هوتاکر ۱۹۵۱)<sup>۱</sup>، تعداد زیادی از پژوهش‌های تحقیقاتی اخیر روش‌هایی را جهت تخمین بلندمدت و کوتاه‌مدت کشتش قیمتی تقاضا برای محصولات مختلف انرژی در کشورهای مختلف استفاده کرده‌اند و در نتیجه شواهد زیادی در این حوزه به وجود آمده است. با توجه به اهمیت تخمین کشتش قیمتی تقاضای منابع مختلف انرژی، شناسایی اثر تعرفه‌های قیمت برق بر تقاضای برق موردعلاقه‌ی بسیاری از سیاست‌گذاران است. در کشوری مانند آمریکا، بسیاری از مطالعات اقتصادسنجی تقاضای برق خانگی در دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی و اوایل دهه‌ی ۱۹۸۰ میلادی پس از بالا رفتن سریع قیمت انرژی و همچنین پیرو نگرانی‌ها در مورد صرفه‌جویی در مصرف انرژی، انجام شد. در سال‌های گذشته، مقررات زدایی، تجربه‌ی دماهای بسیار پایین در زمستان، ناپایداری قیمت نفت و افزایش نگرانی‌ها در مورد گرم شدن کره‌ی زمین انگیزه‌ی جدیدی را در شناخت بهتر تقاضای برق و به‌طور مشخص تخمین اثر تغییرات قیمت بر مصرف برق، ایجاد کرده است. با توجه به وجود منابع متنوع انرژی جهت تولید برق شناخت چگونگی پاسخ مصرف‌کنندگان برق به تغییرات قیمت برق به شرکت‌های توزیع برق، دولت‌های محلی و سیاست‌گذاران از جهت پیش‌بینی نیاز به انرژی در آینده و طراحی سیاست‌های مربوط به قیمت‌گذاری منابع انرژی و سیاست‌های مالیاتی، کمک می‌کند. (بورنستین و بوشنل (۲۰۱۹))

گزارش‌هایی که در مورد وضعیت صنعت برق ایران نیز منتشر شده است، گویای شرایط تولید و مصرف برق است؛<sup>۱</sup> تولید سرانه‌ی برق کشور در سال ۱۳۹۸ با ۶ درصد افزایش نسبت به سال ۱۳۹۷ به ۲۶۴ میلیون مگاوات ساعت رسیده است (متوسط رشد سالانه ۲/۷ درصد نسبت به سال ۱۳۸۶). تعداد روستاهای برق‌دار شده در پایان سال ۱۳۹۶ به ۵۷۰۳۰ روستا رسید (متوسط رشد سالانه ۰/۶ درصد نسبت به سال ۱۳۸۶).<sup>۹</sup> تعداد مشترکین برق کشور در سال ۱۳۹۸ با رشد ۱/۵ درصد نسبت به سال قبل به ۳۶ میلیون مشترک رسید (متوسط رشد سالانه ۴/۹ درصد نسبت به سال ۱۳۸۶).<sup>۹</sup>

در بخش توزیع برق، فروش انرژی برق و مشترکین انرژی برق به تفکیک نوع مصرف در جدول شماره‌ی ۱ نمایش داده شده است. همان‌طور که مشخص است، مصارف خانگی بخش قابل توجهی از مصرف انرژی برق را به خود اختصاص داده است و جالب‌تر اینکه در سال‌های اخیر رشد مصرف انرژی برق در بخش خانگی بسیار فراوان بوده است. برای مثال مصرف خانگی که ۸۳ میلیارد کیلووات ساعت در سال ۱۳۹۶ بوده است در سال ۱۳۹۸ به ۸۸ میلیارد کیلووات ساعت افزایش یافته است. بنابراین بخش خانگی حدود ۳۳ درصد از کل مصرف را پوشش می‌دهد. در رتبه بعدی بخش صنعتی است که حدود ۳۲ درصد از کل تولید برق را شامل می‌شود. البته بخش صنعت بخشی از انرژی الکتریکی خود را از محل گاز طبیعی و نیروگاه‌های درون واحد تأمین می‌کند. در این میان رشد بخش صنعتی بیشتر از بخش خانگی ولی بخش کشاورزی به عنوان سومین بخش مصرف‌کننده برق دارای رشد منفی بوده است. جالب آنکه در بخش تعداد مشترکین رشد بخش صنعتی تقریباً صفر و عمده رشد تعداد مشترک مربوط به بخش خانگی و کشاورزی بوده است.

۱. آمار تفصیلی صنعت برق ایران-روند ۱۰ ساله‌ی صنعت برق ایران ۱۳۸۶-۱۳۹۶

جدول ۱. خلاصه‌ی وضعیت بخش توزیع برق

شرح	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۶	رشد ۹۸ به ۹۷ (درصد)	رشد ۹۷ به ۹۶ (درصد)
فروش انرژی برق	۱۰۰۰۰۰۰ کیلووات ساعت	۸۸۲۵۸	۸۵۱۸۴	۸۳۶۲۵	۳/۶
		۲۵۴۰۰	۲۴۱۰۸	۲۴۳۵۰	۵/۴
		۳۸۷۴۸	۳۸۰۲۹	۳۹۰۷۵	۱/۹
		۸۶۸۱۶	۷۸۰۰۲	۷۵۰۱۰	۱۱/۳
		۱۹۹۸۴	۱۸۹۹۲	۱۸۷۳۲	۵/۲
		۴۹۹۵	۴۹۹۳	۵۱۰۷	۰/۱
		۲۶۴۲۰۲	۲۴۹۳۰۷	۲۴۵۸۹۸	۶
مشترکین انرژی برق	۱۰۰۰ مشترک	۲۸۸۹۹	۲۸۵۹۳	۲۶۶۹۸	۱/۱
		۱۷۹۸	۱۶۷۵	۱۵۶۴	۷/۳
		۴۵۰	۴۳۹	۳۹۷	۲/۷
		۲۴۸	۲۳۸	۲۴۵	۳/۹
		۴۶۱۹	۴۵۲۲	۴۲۰۹	۲/۲
		۳۶۰۱۴	۳۵۴۶۷	۳۳۱۱۴	۱/۵
		جمع			
فروش انرژی برق	۱۰۰۰۰۰۰ کیلووات ساعت	جمع			
		روشنایی معابر			
		سایر مصارف			
		صنعتی			
		کشاورزی			
		عمومی			
		خانگی			
مشترکین انرژی برق	۱۰۰۰ مشترک	جمع			
		سایر مصارف			
		صنعتی			
		کشاورزی			
		عمومی			
		خانگی			
		جمع			

توضیحات: وضعیت صنعت برق ایران در بخش‌های مختلف از نظر فروش انرژی برق و تعداد مشترکین انرژی برق. اطلاعات این جدول از وبسایت شرکت توانیر مادر گرفته شده است

با توجه به افزایش هزینه‌های تولید انرژی و هوشیاری روزافزون جامعه‌ی جهانی نسبت به خطر تغییرات اقلیمی کره‌ی زمین، سیاست‌گذاران به این نتیجه رسیده‌اند که باید قیمت‌های خرده‌فروشی منابع انرژی را جهت بازتاب هزینه‌ی کامل مصرف انرژی (هزینه‌های مربوط به تولید، انتقال و توزیع انرژی به مصرف‌کننده)، بالا برد. درعین حال، نگرانی‌هایی از بابت افزایش قیمت‌های برق وجود دارد (چه آن دسته افزایش قیمتی که ناشی از سیاست‌های مربوط به کنترل گازهای گلخانه‌ای است و چه آن دسته افزایش قیمتی که ناشی از کمبود منابع یا قدرت بازار فروشندگان است)؛ در رأس آن‌ها می‌توان به اثرگذاری قیمت‌های بالا بر قشر کم‌درآمد جامعه اشاره کرد. در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ میلادی این نگرانی‌ها منجر به وضع تعرفه‌های افزایشی<sup>۱</sup> بر روی مصرف برق گردید (مانند کشور ایران). موافقان این تعرفه‌ها اعتقاد داشتند که این قیمت‌ها با وضع قیمت حاشیه‌ای بالا برای بیشتر مصرف‌کنندگان صرفه‌جویی را تشویق می‌کند و درعین حال رفاه مصرف‌کنندگانی که به‌واسطه‌ی درآمد پایین، انرژی برق کمتری مصرف می‌کنند، در نظر گرفته می‌شود (با پایین نگه داشتن قیمت برای سطح مصرف استاندارد).<sup>۲</sup>

بدون در نظر گرفتن دیدگاه‌های مختلف در مورد هزینه‌های خارجی<sup>۳</sup> مصرف برق، موضوع مهم این است که تعرفه‌های افزایشی مصرف برق قیمت‌های حاشیه‌ای نسبی را برای مصرف‌کنندگان مختلف مغشوش می‌کند و این موضوع هم منجر به عدم شناخت مصرف‌کنندگان از قیمت‌های واقعی می‌شود و هم تخمین اثر این قیمت‌ها بر مصرف برق مشترکین را مشکل می‌کند.<sup>۴</sup> لازمه‌ی تعیین اثرات توزیعی حاصل از این تعرفه‌ها و اثر این تعرفه‌ها بر تقاضای برق، شناخت دقیق تقاضای

---

1. Increasing block pricing (IBP)

2. Baseline level of consumption

3. Externality costs

۴. برخی مطالعات نشان داده است که مصرف‌کنندگان خانگی که مصرف برق زیادی دارند، هزینه‌ی بالایی را بر واحد

مصرف به بخش انرژی، وارد می‌کنند. این نتایج بر اساس همبستگی بین زمان‌بندی مصرف و مصرف کل است ولی

تعرفه‌های افزایشی زمان‌بندی مصرف را در نظر نمی‌گیرند بنابراین ارتباط گفته‌شده غیرمستقیم است (مارکوس ۲۰۰۷)



برق مصرف کنندگان است و از این رو استفاده از اندازه‌ی صحیح کشش قیمتی تقاضای برق در تحلیل آثار توزیعی تعرفه‌های غیرخطی از اهمیت زیادی برخوردار است.

نکته‌ی دیگر، تغییرات شدیدی است که بعضاً در قیمت‌های بازارهای برق رخ می‌دهد. در هنگام وقوع چنین تغییراتی و تشنج بازار اگر شناخت دقیقی از واکنش مصرف کننده به قیمت‌های برق وجود نداشته باشد هر نوع استراتژی با شکست روبه‌رو می‌شود. بازارهای انرژی معمولاً شوک‌هایی را تجربه می‌کنند که نیاز به تغییر سریع قیمت‌ها یا مصرف دارد. مثال‌هایی در این مورد به‌وفور یافت می‌شود؛ دهه‌ی ۱۹۷۰ و شوک‌های نفتی و بحران برق کالیفرنیا و کمبود عرضه‌ی بنزین در اواسط دهه‌ی دو هزار میلادی همگی مثال‌هایی از این جنس هستند (ایتو ۲۰۱۴). در عمل، تصمیم‌گیران نسبت به آزاد گذاشتن تغییرات طبیعی قیمت مردد بوده و در عوض، سعی در پایین نگه داشتن قیمت‌ها نسبت به حالت طبیعی که بازار تسویه شود، دارند. مؤثر واقع شدن چنین استراتژی‌هایی نیازمند درک وجود و چگونگی پاسخ مصرف کنندگان به شوک‌های قیمتی و فشارهای عموم دارد؛ از همین رو درک رفتار مصرفی مشترکین برق نسبت به تغییرات قیمت می‌تواند سیاست‌گذاران را در اتخاذ تصمیمات مناسب یاری کند.

در این پژوهش تقاضای برق خانگی با توجه به تعرفه‌های مناطق گرمسیری که در کشور ایران وجود دارد، بررسی می‌شود. بررسی چگونگی اثر تعرفه‌های مختلف بر رفتار مصرف کننده و همچنین به دست آوردن ناهمگنی کشش قیمتی تقاضای برق در مناطق جغرافیایی مختلف و در فصول مختلف می‌تواند توصیه‌های سیاستی مهمی را به همراه داشته باشد. به‌عنوان مثال، دولت‌ها در وضع مالیات بر مصرف برق نیاز به اطلاع از کشش قیمتی تقاضای برق داشته تا با وضع مالیات مناسب رفاه جامعه را بیشینه کنند. هم‌چنین تشویق مصرف کنندگان به خریدن تجهیزات بهینه در مصرف انرژی از طریق قیمت گذاری انرژی برق، نیاز به بررسی رفتار مصرف کنندگان نسبت به بهینه بودن تجهیزات برقی و همچنین نسبت به سیگنال‌های قیمتی دارد.

### ۳. مرور ادبیات

در ادبیات اقتصاد انرژی، مطالعه تقاضای برق و به‌طور خاص کشش قیمتی برق عمدتاً بر پایه داده‌های کلان انجام شده است. در این مطالعات نوع مصرف انرژی و به‌طور خاص مصرف برق برای پخت و پز، گرمایش و سرمایش و روشنایی مورد نظر بوده است. برای مثال از مطالعات اخیر می‌توان به لیدله و هانتیونتون (۲۰۲۱)<sup>۱</sup> اشاره کرد که تقاضای برق برای سرمایش و کشش قیمتی را بر حسب سطح درآمدی هر کشور برآورد کرده‌اند. البته با دسترسی به اطلاعات ساعتی مصرف/قیمت بر اساس کنتورهای هوشمند مطالعات این حوزه با همان روش‌های تخمین گذشته اثرات خانوار و همچنین قیمت‌گذاری را بر روی مصرف مطالعه کرده‌اند. اندرسون و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از اطلاعات کنتورهای هوشمند در دانمارک مشاهده کرده‌اند که ساختار قیمت برق بلوکی و ثابت به صورت مؤثر مصرف خانوار را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در کنار روش‌های برآورد متداول که اشاره شد، به مقتضای روش تخمین جدید این مقاله ادبیات پژوهشی بررسی تقاضای برق در سطح خانوار و همچنین با استفاده از روش آزمایشی<sup>۲</sup> مورد توجه بوده است. پس از بحران انرژی کالیفرنیا در سال ۲۰۰۰ و خاموشی گسترده اوایل دهه‌ی دو هزار میلادی، سیاست‌گذاران تصمیماتی اخذ کردند که بنوعی محیط آزمایشگاهی برای بررسی رفتار مصرف‌کنندگان به شمار می‌رود. یکی از مهم‌ترین تغییراتی تغییر تعرفه‌های غیرخطی و به‌طور خاص افزایش تعداد پلکان قبوض برق پس از بحران کالیفرنیا است. ایتو (۲۰۱۴) از این تغییر غیرخطی استفاده کرد و نشان داد که مصرف‌کنندگان به متوسط قیمت در مقابل قیمت حاشیه‌ای پاسخ می‌دهند.

در مقاله‌ی بونشل و منصور (۲۰۰۵)<sup>۳</sup> پاسخ مصرف‌کنندگان نسبت به قیمت‌های زمان بحران کالیفرنیا از این جهت که چنین قیمت‌هایی همراه با نوبت است، مورد بررسی قرار گرفته است. این مقاله از طریق اندازه‌گیری اثر نرخ‌های تعرفه‌ای که بعد از برداشتن محدودیت‌های قانونی<sup>۴</sup> وضع شده‌اند به

1. Liddle & Huntington

2. Experimental studies

3. Bunshell & Mansur

4. Deregulated

چگونگی رفتار مصرف کنندگان تحت قیمت‌های همراه با نویز پاسخ می‌دهد. نتایج مقاله نشان می‌دهد که مصرف کنندگان هنگامی که نرخ‌های تعرفه در سال ۲۰۰۰ دو برابر شد بیشتر به قبوض گذشته نسبت به قیمت‌های فعلی پاسخ می‌دادند. مقاله نشان می‌دهد که در انتهای تابستان، مصرف ۶٪ کاهش پیدا کرده است در حالی که قیمت‌های گذشته<sup>۱</sup> زیاد شده است و بعد از برقراری تعرفه‌های قبل از بحران مصرف کنندگان همچنان مصرف خود را کاهش داده‌اند. نتیجه‌ی اصلی مقاله این است که نرخ‌های تعرفه که بر اساس قیمت متوسط گذشته‌ی بازار عمده‌فروشی وجود دارند منجر به پاسخ تأخیر یافته‌ی مصرف کنندگان نسبت به هزینه‌ی بالا یا کمبود ظرفیت می‌شود. روش تجربی مقاله در دو قدم ارائه شده است؛ در قدم اول پاسخ مصرف کنندگان نسبت به قیمت‌ها در قالب یک مدل تقاضای خطی بررسی شده است و در قدم دوم با استفاده از روش تفاضل در تفاضل<sup>۲</sup> اثرات متوسط ماهانه بررسی شده است که گروه درمان خانوارهای سن دیگو می‌باشند و گروه کنترل سایر خانوارها در همسایگان این شهر در کالیفرنیا جنوبی می‌باشند. کشش قیمتی تقاضا نسبت به قیمت گذشته از آخرین قبض<sup>۳</sup> برابر ۰.۱- تخمین زده شده است.

یکی از مثال‌های استفاده از روش رگرسیون ناپیوستگی در تخمین کشش قیمت برق مقاله ژنگ، کای، فنگ (۲۰۱۷)<sup>۴</sup> است. سؤال تحقیق ایشان اثر معرفی قیمت‌گذاری بلوکی در مصرف خانوار است. ناپیوستگی مطالعه مورد نظر افراد در محل شکستگی قیمت‌گذاری پله‌ای است. با توجه به درون‌زایی افراد در خصوص قرارگیری بر توزیع مصرف مقاله تنها افراد در حول وحوش شکستگی را بای یکدیگر مقایسه کرده است. این روش عملاً رگرسیون ناپیوستگی فازی خوانده می‌شود به این معنی که بر اساس مصرف تصادفی در پله بالا و پایین قرار گرفته‌اند ولی در هر صورت قرارگیری در گروه شاهد و کنترل تا حدی درون‌زایی دارد. ناپیوستگی در تحلیل این مقاله کاملاً برون‌زا و مستقل از میزان مصرف خانوار است. کیفر و روستاموف (۲۰۱۸)<sup>۵</sup> نیز در مطالعه داده‌های قبوض برق کالیفرنیا و با استفاده از روش ناپیوستگی رگرسیون فازی تحلیل کردند که تغییر خانوار به صورت

---

1. Lagged

2. Difference-in-Difference

3. Lagged price from last bill

4. Zhang, Cai, Feng

5. Keefer, Rustamov

تصادفی به پله بالاتر در قیمت گذاری بلوکی منجر به کاهش مصرف در قبض بعدی خواهد شد. با فرض رفتار داده شده، ایشان به بحث در خصوص سؤال مهم شدت «عدم توجه» به نرخ نیز پرداختند. البته روش‌های تخمین تقاضای برق در نقاط شکستگی محدود به روش ناپیوستگی نیست و مقالاتی مانند شفر (۲۰۲۰)<sup>۱</sup> از روش دسته کردن<sup>۲</sup> نیز استفاده کرده‌اند.

## ۴. داده‌ها و حقایق آماری

### ۴-۱. تعرفه گذاری برق در ایران

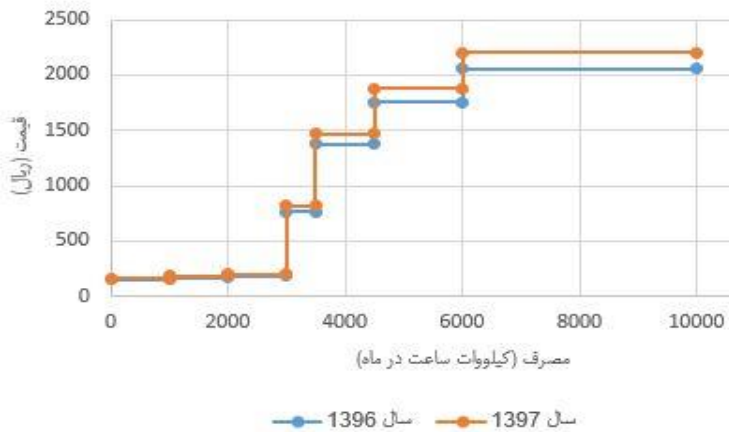
در این بخش به معرفی داده‌ی مورد استفاده در پژوهش و چگونگی استخراج این داده می‌پردازیم. با توجه به آنچه در مقدمه گفته شد، شهرستان‌هایی که در مجاورت جغرافیایی قرار دارند، علی‌رغم داشتن شرایط نسبتاً مشابه با تعرفه‌های متفاوت روبه‌رو هستند. در کشور ایران هر سال وزارت نیرو از طریق شرکت توانیر، تعرفه‌های مناطق گرمسیری را اعلام می‌کند بدین‌صورت که برای مناطق مختلف پنج گونه تعرفه تعریف می‌شود؛ تعرفه‌ی عادی و ماه‌های غیرگرم مناطق گرمسیر، تعرفه‌ی ماه‌های گرم در مناطق گرمسیر ۱، تعرفه‌ی ماه‌های گرم در مناطق گرمسیر ۲، تعرفه‌ی ماه‌های گرم مناطق گرمسیر ۳، تعرفه‌ی ماه‌های گرم در مناطق گرمسیر ۴. برای هر تعرفه‌ی منطقه‌ای، تابع قیمت به شکل پله‌ای اعمال می‌شود که به‌صورت سالانه تغییر می‌کنند. به‌عنوان مثال در شکل شماره‌ی ۱ تعرفه‌های مذکور برای سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ نشان داده شده‌اند. در این پژوهش با استفاده از اطلاعات قبوض شهرستان‌های مجاور و تغییرات تعرفه‌ها در این شهرستان‌ها و در طول زمان اثر قیمت بر مصرف برق مشترکین خانگی را شناسایی می‌شود. با توجه به تمرکز این تحقیق بر اطلاعات قبوض برق ۱۶ شهرستان استان فارس (استهبان، نورآباد، کازرون، فیروزآباد، خنج، گراش، لارستان، داراب، زرین‌دشت، فسا، رستم، لامرد، مهر، فراش بند، جهرم و قیرو کارزین) ناپیوستگی تعرفه‌ای که در استان فارس وجود دارد، در ماه‌های مختلف نمایش داده شده است.

---

1. Shaffer

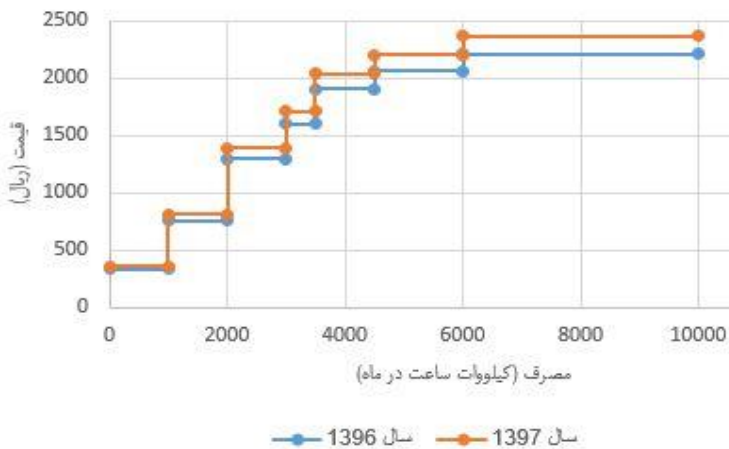
2. Bunching

تعرفه ی ماه های گرم مناطق گرمسیری ۱

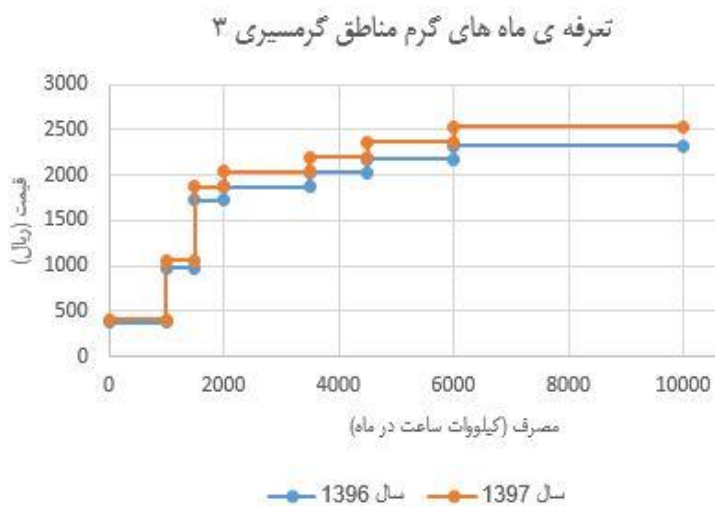


الف) تعرفه ی ماه های گرم مناطق گرمسیری ۱

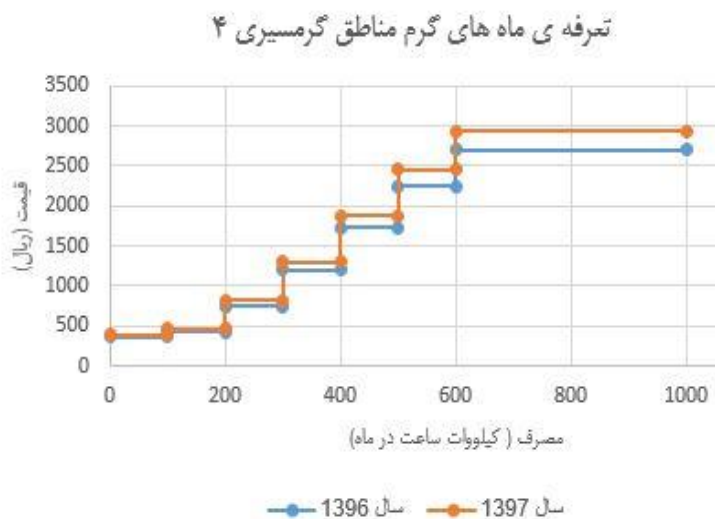
تعرفه ی ماه های گرم مناطق گرمسیری ۲



ب) تعرفه ی ماه های گرم مناطق گرمسیری ۲



ج) تعرفه ی ماه‌های گرم مناطق گرمسیری ۳



د) تعرفه ی ماه‌های گرم مناطق گرمسیری ۴

شکل ۱. تعرفه‌های برق ماه‌های گرم مناطق گرمسیر

توضیحات: اطلاعات استفاده‌شده در نمودار فوق از وبسایت شرکت توانیر گرفته‌شده است. نمودار فوق پله‌های قیمتی تعرفه ی ماه‌های گرم مناطق گرمسیری چهارگانه که توسط شرکت توانیر تعیین‌شده است نشان می‌دهد.

Map of Mazandaran province showing counties and major cities. The map is color-coded by county: Gilan (light blue), Gilan-e Gharb (light green), Gilan-e Shargh (light orange), Mazandaran (light yellow), and Gilan-e Kharb (light purple). Major cities are marked with red dots, and the provincial capital, Mazandaran, is marked with a red square. The map includes a legend in the bottom left corner and a logo in the top right corner.

Legend:

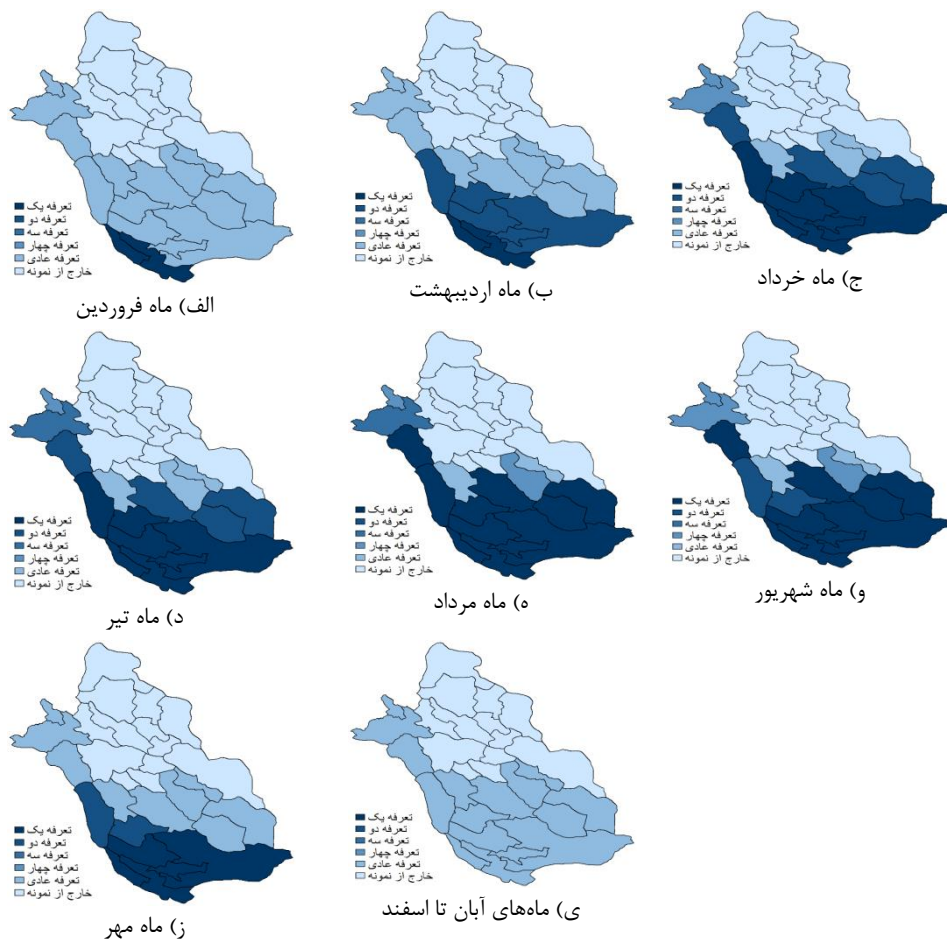
- مرکز استان
- مرکز شهرستان
- مرز شهرستان
- مرز استان

Counties and Major Cities:

- آبادیه (Abadeh)
- اقلید (Aqlid)
- بوانات (Bوانات)
- خرم بید (Khorram Bid)
- باسراکان (Basrakan)
- مرودشت (Mroodsh)
- سپیدان (Sepidan)
- اردکان (Ardekan)
- نورآباد (Norbadeh)
- ممسنی (Mamseni)
- کازرون (Kazeroon)
- شیراز (Shiraz)
- ارستان (Ardestan)
- مرودشت (Mroodsh)
- خرامه (Khorram)
- کوار (Kavar)
- فیروزآباد (Firozabad)
- فراسیند (Frasind)
- فرشبند (Fashband)
- قبروکارزین (Qabrokarzin)
- خنج (Khaj)
- مهر (Meh)
- لامرد (Lamard)
- گراش (Ghash)
- لازمرد (Lazmard)
- چهرم (Chaharmahal)
- فسا (Fasa)
- استهبان (Estehban)
- نیریز (Niriz)
- داراب (Darab)
- حاجی آباد (Hajiabad)
- زربین دشت (Zarbin Dast)
- لارستان (Larstan)

همان‌طور که گفته شد از شهرستان‌هایی که در مجاورت جغرافیایی یکدیگر قرار دارند ولی تعرفه‌ی برق در این مناطق متفاوت است، در این پژوهش استفاده شده است. شکل ۲ به‌طور خلاصه ناپیوستگی‌های جغرافیایی تعرفه‌های برق را به تفکیک تعرفه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در ماه‌های آبان تا اسفند تعرفه‌ی تمامی شهرستان‌های استان فارس عادی می‌باشد و هیچ‌گونه ناپیوستگی جغرافیایی در این تعرفه‌ها وجود ندارد. در ماه‌های گرم سال که به‌طور ویژه فصل‌های بهار و تابستان را دربرمی‌گیرد، شهرستان‌هایی وجود دارند که علی‌رغم هم‌جوار بودن، تعرفه‌های

برق خانگی در این شهرستان‌ها تفاوت دارد. این تفاوت در تعرفه‌ها که عمدتاً توسط شرکت توانیر که یک شرکت دولتی می‌باشد، ایجاد شده است، زمینه‌ی خوبی را برای بررسی پاسخ مصرف‌کنندگان به تعرفه‌های قیمتی فراهم می‌کند.



شکل ۳. ناپیوستگی جغرافیایی تعرفه‌های برق در استان فارس در ماه‌های مختلف



توضیحات: نقشه‌ی ناپیوستگی جغرافیایی تعرفه‌های برق در شهرستان‌های استان فارس در ماه‌های مختلف سال در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷. اطلاعات لازم از وب‌سایت شرکت توانیر و تقسیمات سیاسی کشور از وب‌سایت سازمان آمار گرفته شده است.

## ۲-۴. داده‌ها

این بخش به معرفی داده‌های مورد استفاده در این پژوهش و چگونگی آماده‌سازی آن‌ها جهت انجام تحقیق می‌پردازد. داده‌ی اولی که مورد استفاده قرار گرفته قبوض برق مشترکین خانگی در ۱۶ شهرستان استان فارس است. از هریک از شهرستان‌ها، یک نمونه‌ی ۱۰ درصدی از جمعیت مشترکین خانگی به‌طور تصادفی انتخاب شده است. اطلاعات قبوض در دسترس شامل شناسه‌ی منحصر به فرد هر مشترک، تاریخ قرائت قبلی کنتور مشترک، تاریخ قرائت فعلی کنتور، دوره‌ی قبض، میزان مصرف گرمسیری و غیر گرمسیری، هزینه‌ی پرداختی در طول ۱۲ دوره در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ است.

در مدل رگرسیونی خود از لگاریتم قیمت حاشیه‌ای و لگاریتم قیمت متوسط به‌عنوان متغیر مستقل استفاده می‌شود. جهت استفاده از لگاریتم قیمت حاشیه‌ای، دوره‌ی قبوض به‌صورت ۶۰ روزه استاندارد می‌شود. این اقدام بدین صورت انجام شده که اگر مشترکی قبضی با دوره‌ی ۷۰ روزه دارد،  $\frac{60}{70}$  از مصرف را برای این دوره در نظر گرفته‌ایم و  $\frac{10}{70}$  از مصرف را به مصرف دوره‌ی بعد منتقل تا قبوض ۶۰ روزه و هماهنگ با یکدیگر شوند.

همچنین برای کنترل شرایط آب و هوایی، از معیار آب و هوایی<sup>۱</sup> را که در ادبیات تخمین تقاضای برق مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده شده است. این معیار آب و هوایی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید (در این روابط  $\bar{T}_t$  میانگین دما در روز  $t$  می‌باشد و  $TotalDays$  تعداد کل روزهای دوره‌ی قبض مورد نظر می‌باشد):

$$CDD_t = 1\{\bar{T}_t > 18^{\circ}\text{C}\} \times (\bar{T}_t - 18^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

$$CDD = \sum_t CDD_t / TotalDays \quad (2)$$

این روابط بیان می‌کند که ابتدا اختلاف دما نسبت به دمای ۱۸ درجه‌ی سانتیگراد برای هر روزی که دمای آن بالاتر از این مقدار است، به دست می‌آید و در طول دوره‌ی قبض این مقادیر برای

1. Cooling degree days

روزهای واقع شده در دوره‌ی قبض، جمع می‌شوند و در نهایت مقدار حاصل شده بر کل تعداد روزهای دوره‌ی قبض تقسیم می‌گردد. در ادبیات، این دما به عنوان دمایی در نظر گرفته می‌شود که خانوار شروع به استفاده از وسایل سرمایشی می‌کند. برای به دست آوردن این معیار از داده‌ی هواشناسی که از سازمان هواشناسی گرفته شده است، استفاده شده است. در این داده برای بعضی از شهرستان‌ها، در بعضی روزها داده‌ای وجود ندارد. به همین دلیل برای به دست آوردن دمای این روزها از روش‌های درونیابی مرسوم در ادبیات بررسی آب‌وهوا، استفاده شده است.

حاصل نهایی فرآیند آماده‌سازی داده‌ی قبوض برق و آب‌وهوا، اطلاعات قبوض برق مشترکین خانگی شهرستان‌های استان فارس به همراه تعداد روزهای گرم در هر دوره برای هر مشترک می‌باشد. هزینه‌ی پرداختی، میزان مصرف در پله‌ی گرمسیری، میزان مصرف در پله‌ی غیر گرمسیری، دوره و معیار آب‌وهوا برای هر مشترک در هر دوره به دست آمده است.

لازم به ذکر است در فرآیند آماده‌سازی داده، میزان مصرف گرمسیری و میزان مصرف غیر گرمسیری مشترک در دوره‌هایی که هم شامل تعرفه‌های گرمسیری و هم شامل تعرفه‌های عادی می‌شوند، در نظر گرفته شده است. بدین منظور در فرایند استاندارد کردن دوره‌های قبوض مشترکین، چنانچه ماه‌های گرم و غیرگرم در یک دوره‌ی قبض مشترک وجود داشته باشند، این بخش‌ها از هم جدا شده و به عنوان مثال به نسبت تعداد روزهای غیر گرمسیری به کل روزهای دوره، مصرف ماه غیرگرم به مصرف دوره‌ی بعدی یا قبلی که تماماً شامل ماه‌های غیرگرم هست، اضافه می‌شود.

### خلاصه‌ی آماری داده‌ها

در این بخش خلاصه‌ی آماری داده‌ها بیان می‌شود و متغیرهای مورد نیاز شامل قیمت پایه (قیمت پله‌ی اول تعرفه‌ی مصرف برق مشترک) قیمت متوسط (نسبت هزینه‌ی پرداختی به کل مصرف برای هر دوره‌ی مصرف مشترک) قیمت حاشیه‌ای (قیمت مربوط به پله‌ی مصرف نهایی مشترک) مصرف کل دوره (تعداد روزهای قبض قبل از استاندارد شدن) مصرف روزانه (نسبت کل مصرف به تعداد روزهای دوره) و کل هزینه‌ی قبض دوره تحلیل می‌شود. لازم به ذکر است که کل هزینه‌ی پرداختی

مصرف کننده برحسب ریال و مصرف برحسب کیلووات ساعت می باشد. جدول ۲ و جدول ۳ به ترتیب خلاصه‌ی آماری داده‌ی موجود را هم برحسب تعرفه و هم برحسب فصل سال نمایش می دهند.

در جدول (۲) مشاهده می شود که تعرفه گرمسیری (۱) تقریباً نصف تعرفه عادی می باشد. این نسبت هم در قیمت متوسط و هم قیمت حاشیه‌ای قابل مشاهده است. در مقابل مصرف خانوارهای گرمسیری (۱) بیش از سه برابر خانوارهای عادی است. خانوارهای گرمسیری (۲) و (۳) نیز بینایی بوده ولی فرق چندانی میان گرمسیری (۴) و عادی مشاهده نمی شود. همین رفتار تخفیف بسیار زیاد در گرمسیری باعث شده متوسط قیمت برق در کل کشور (جدول «۳») در تابستان ۳۵ درصد کمتر از زمستان باشد. به عبارت دیگر قیمت در زمان محدودیت منابع باید بنحوی عمل کند که مصرف کاهش یابد، ولی در نمونه مورد مطالعه این گزارش بنحوی عمل کرده است که مصرف در تابستان افزایش یابد.

جدول ۲. خلاصه‌ی آماری داده به تفکیک تعرفه‌ی ماه‌های گرم مناطق گرمسیری

کل نمونه	تعرفه عادی	تعرفه گرم ۱	تعرفه گرم ۲	تعرفه گرم ۳	تعرفه گرم ۴
قیمت پایه (ریال)	۳۷۲	۲۴۰	۳۳۲	۳۹۵	۴۱۲
(۱۱۶)	(۷۴)	(۸۶)	(۹۲)	(۱۹)	(۳۵)
قیمت متوسط (ریال)	۶۹۲	۴۱۹	۵۸۰	۷۰۷	۸۴۲
(۱۲۹۹)	(۱۳۳۲)	(۱۲۱۴)	(۱۲۹۵)	(۱۳۳۲)	(۱۳۸۱)
قیمت حاشیه‌ای (ریال)	۶۷۰	۳۶۶	۵۳۲	۷۰۸	۹۷۴
(۵۵۷)	(۵۶۸)	(۳۳۶)	(۴۴۵)	(۴۳۷)	(۶۰۶)
مصرف (کیلووات‌ساعت)	۹۴۸	۵۶۵	۱۱۵۸	۷۰۲	۵۸۳
(۱۱۷۱)	(۵۶۸)	(۱۵۲۳)	(۱۰۸۱)	(۴۴۶)	(۳۸۷)
تعداد روزهای قبض	۶۱	۶۱	۶۱	۶۱	۶۱
(۵/۰۰۶)	(۵/۱۵۹)	(۴/۳۳۵)	(۴/۵۳۸)	(۴/۸۹۸)	(۴/۰۸۶)
مصرف روزانه (کیلووات‌ساعت)	۱۵,۴۷	۹/۲۰۶	۲۹/۷	۱۱/۳۹	۹/۵۲۳
(۱۹,۰۰۸)	(۹/۳۱۳)	(۲۴/۷۵)	(۱۷/۵۴)	(۷/۲۶۴)	(۶/۲۹۴)
کل هزینه‌ی قبض (ریال)	۴۱۵۲۱۲	۳۵۸۱۲۰	۵۱۸۰۶۶	۴۶۷۱۱۵	۴۷۶۳۹۲
(۴۸۰۳۴۱)	(۴۳۴۹۶۲)	(۵۰۷۴۷۵)	(۵۱۶۶۲۵)	(۵۲۱۱۹۴)	(۶۰۶۲۹۲)
تعداد مشاهدات	۸۸۳۱۵	۶۷۱۰۱	۳۲۴۸۳	۱۹۲۰۳	۲۰۴۴
					۸۰۳۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

توضیحات: خلاصه‌ی آماری فوق با استفاده از داده‌ی قبوض ۱۶ شهرستان استان فارس برحسب تفکیک تعرفه‌ی گرمسیری به‌دست آمده است. کل هزینه‌ی قبض برحسب ریال می‌باشد. قیمت پایه قیمتی است که مصرف کننده در پله‌ی اول مصرفی پرداخت می‌کند. قیمت متوسط از تقسیم کل هزینه‌ی پرداختی در دوره‌ی قبض بر کل مصرف برق به دست می‌آید و قیمت حاشیه‌ای قیمتی است که مصرف کننده دران پله‌ی قیمتی قرار گرفته است. مصرف روزانه از تقسیم کل مصرف بر تعداد روزهای دوره‌ی قبض به‌دست آمده است. تمامی قیمت‌ها و هزینه اسمی می‌باشند.

جدول ۳. خلاصه‌ی آماری داده به تفکیک فصل

زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
۴۴۸	۳۹۱	۲۹۳	۳۶۶	قیمت پایه (ریال)
(۴۵)	(۱۰۸)	(۱۱۹)	(۱۱۴)	
۸۶۳	۷۲۰	۵۳۹	۶۸۴	قیمت متوسط (ریال)
(۱۴۴۹)	(۱۲۸۴)	(۱۱۷۳)	(۱۳۶۵)	
۸۰۲	۷۱۵	۵۳۳	۶۵۵	قیمت حاشیه‌ای (ریال)
(۵۷۶)	(۵۶۲)	(۵۲۱)	(۵۴۷)	
۴۱۴	۷۹۴	۱۴۹۹	۱۰۱۴	مصرف (کیلووات ساعت)
(۳۴۸)	(۹۸۳)	(۱۴۸۱)	(۱۲۰۲)	
۶۲/۸۱	۶۰/۶۳	۶۱/۵۱	۶۳/۲۳	تعداد روزهای قبض
(۶/۰۷۲)	(۳/۳۵۵)	(۳/۷۴)	(۵/۳۵۵)	
۶/۵۵۲	۱۲/۹۹	۲۴/۳۹	۱۶/۳۲	متوسط مصرف روزانه (کیلووات ساعت)
(۵/۳۲)	(۱۵/۸۴)	(۲۴/۰۱)	(۱۹/۴۶)	
۳۲۰۵۵۹	۳۸۴۲۰۷	۵۱۲۳۲۹	۴۴۲۰۲۰	کل هزینه‌ی پرداختی (ریال)
(۴۱۵۵۶۳)	(۴۶۷۵۸۹)	(۵۳۳۹۰۸)	(۴۹۱۸۳۲)	
۳۲۳۵۵	۳۶۶۱۶	۳۹۴۳۲	۳۹۶۱۵	تعداد مشاهدات

مأخذ: یافته‌های پژوهش

توضیحات: خلاصه‌ی آماری فوق با استفاده از داده‌ی قبوض ۱۶ شهرستان استان فارس برحسب تفکیک فصل سال به‌دست آمده است. کل هزینه‌ی قبض برحسب ریال می‌باشد. قیمت پایه قیمتی است که مصرف کننده در پله‌ی اول مصرفی پرداخت می‌کند. قیمت متوسط از تقسیم کل هزینه‌ی پرداختی در دوره‌ی قبض بر کل مصرف برق به دست می‌آید و قیمت حاشیه‌ای قیمتی است که مصرف کننده دران پله‌ی قیمتی قرار گرفته است. مصرف روزانه از تقسیم کل مصرف بر تعداد روزهای دوره‌ی قبض به دست آمده است. تمامی قیمت‌ها و هزینه اسمی می‌باشند.

درروش طراحی ناپیوستگی رگرسیون، مهم‌ترین فرض شناسایی اثر علی، متعادل بودن متغیرهای مؤثر در مصرف برق در دو طرف مرز ناپیوستگی است. برای نشان دادن این موضوع متغیرهای قابل مشاهده را بررسی شده و صحت این فرض تصدیق شده است. همان‌طور که پیشتر

مشاهده شد در فصول گرم سال تعرفه‌ها در شهرستان‌های مجاور استان فارس تفاوت دارد ولی در فصول سرد چنین تفاوتی دیده نمی‌شود. اگر متغیرهای تأثیرگذار در رفتار مصرف‌کنندگانی که در شهرستان‌های مجاور زندگی می‌کنند، تفاوت داشته باشد، این تفاوت باید در تمامی طول سال دیده شود، حال آنکه همان‌طور که از جداول شماره‌ی ۴ و شماره‌ی ۵ مشخص است در فصول گرم به خاطر تفاوت قیمت در دو شهرستان مجاور رفتار مصرف‌کنندگان تفاوت می‌کند ولی در فصول سرد سال این تفاوت دیده نمی‌شود و در نتیجه می‌توان گفت فرض شناسایی گفته‌شده برقرار است و با یک آزمایش شبه تصادفی روبه‌رو هستیم و می‌توان از طریق روش تجربی گفته‌شده کشش قیمتی تقاضای برق را به دست آورد.

جدول زیر متغیرهای قابل‌مشاهده را برحسب شهرستان نشان می‌دهد؛ همان‌طور که از جدول مشخص است شهرستان‌هایی که در مجاورت یکدیگر قرار گرفته‌اند از نظر متغیرهای قابل‌مشاهده در فصولی که تعرفه‌ی گرمسیری متفاوت در آن‌ها برقرار است بسیار تفاوت دارند ولی در فصول سرد سال که تعرفه‌های این مناطق مجاور یکسان است تفاوت معناداری بین آن‌ها مشاهده نمی‌شود و همین امر سبب مناسب بودن روش تجربی ما جهت شناسایی علی‌کشش قیمتی تقاضای برق خانگی می‌شود.

جدول ۴. مقایسه‌ی متغیرهای قابل مشاهده در فصل زمستان برحسب تفکیک شهرستان

	استهبان	داراب	فسا	زرین دشت	جهرم	لار	گراش	خنج
مصرف (کیلووات ساعت)	۲۶۲	۳۴۹	۲۶۰	۲۹۰	۲۹۸	۵۲۶	۵۱۲	۵۰۶
	(۱۴۹)	(۲۰۵)	(۱۴۵)	(۱۷۲)	(۱۸۵)	(۳۳۲)	(۳۸۰)	(۳۸۶)
تعداد روزها	۵۸/۳۷	۵۹/۷۴	۵۸/۵	۵۸/۶۹	۵۹/۱۴	۵۹/۰۸	۵۸/۷	۵۸/۹۹
	(۳/۷۱۴)	(۲/۸۷۶)	(۵/۰۰۲)	(۴/۱۷۲)	(۳/۰۰۹)	(۴/۵۲۸)	(۴/۵۴۹)	(۴/۵۲۱)
کل هزینه (ریال)	۱۹۵۸۷۲	۲۹۸۷۰۱	۱۹۳۶۷۹	۲۲۶۲۷۶	۲۴۳۹۰۵	۴۰۴۷۷۷	۴۰۹۷۰۸	۴۰۷۲۰۰
	(۱۷۴۱۸۵)	(۳۴۳۴۶۶)	(۱۸۶۹۰۶)	(۲۰۸۹۹۱)	(۲۶۲۷۷۸)	(۳۸۷۰۲۱)	(۵۷۷۶۸۶)	(۴۹۹۴۹۷)
معیار آب و هوا	۰/۳۶۱	۰/۵۱۴	۰/۱۴۲	۱/۰۱۱	۰/۸۰۹	۰/۷۱۵	۰/۷۵۷	۱/۲۵۴
	(۰/۵۳۶)	(۰/۸۲۱)	(۰/۳۶۸)	(۱/۱۹۷)	(۰/۸۸۱)	(۰/۹۹۱)	(۰/۹۵۵)	(۱/۴۱۶)
تعداد مشاهدات	۱۷۶۰	۱۵۲۳	۱۵۳۰	۱۶۵۴	۱۴۴۸	۱۵۴۹	۱۴۸۶	۱۵۳۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ادامه‌ی جدول ۴. مقایسه‌ی متغیرهای قابل‌مشاهده در فصل زمستان برحسب تفکیک شهرستان

	قیروکارزین	لامرد	مهر	فیروزآباد	کازرون	فراشبند	نورآباد	رستم
مصرف (کیلووات‌ساعت)	۳۸۳	۶۷۶	۶۳۱	۲۷۶	۳۴۸	۳۵۷	۳۰۴	۳۰۰
	(۲۸۲)	(۵۷۵)	(۴۸۷)	(۱۷۰)	(۱۹۹)	(۲۵۸)	(۱۷۵)	(۱۵۵)
تعداد روزها	۵۸/۶۵	۵۸/۹۵	۵۹/۵	۵۸/۴۲	۵۸/۹۴	۵۸/۴۷	۵۸/۵۶	۵۸/۹۱
	(۴/۱۴۴)	(۳/۲۷۶)	(۴/۰۴۷)	(۴/۰۶۵)	(۳/۶۴۵)	(۴/۹۶۳)	(۳/۷۸۶)	(۳/۵۶۴)
کل هزینه (ریال)	۲۷۳۵۷۳	۵۳۶۲۴۸	۴۹۸۳۳۵	۲۱۴۵۶۶	۲۹۰۴۳۶	۲۵۳۵۶۳	۲۳۹۳۱۷	۲۱۹۷۳۰
	(۳۰۷۸۶۹)	(۶۶۴۰۲۰)	(۶۴۶۳۵۰)	(۲۸۷۹۲۰)	(۳۱۰۰۶۰)	(۲۴۴۸۵۴)	(۲۴۹۸۲۳)	(۱۸۱۷۳۱)
معیار آب‌وهوا	۱/۵۹۷	۲/۰۳۴	۲/۴۱۵	۰/۳۱۸	۱/۱۴۶	۰/۶۵۹	۰/۶۳۶	۰/۸۵۶
	(۱/۶۲۳)	(۱/۸۰۳)	(۱/۷۴)	(۰/۶۳۹)	(۱/۴)	(۱/۰۰۷)	(۰/۹۲۹)	(۰/۹۴)
تعداد مشاهدات	۱۶۷۹	۱۶۴۰	۱۵۱۰	۱۵۸۷	۱۵۷۷	۱۵۶۹	۱۶۹۰	۱۵۳۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش

توضیحات: در این جدول متغیرهای قابل‌مشاهده در فصل زمستان به تفکیک شهرستان نشان داده شده‌اند. مصرف برابر با کل مصرف برق قبوض مشترکین در فصل زمستان است. تعداد روزها برابر با تعداد روزهای قبوض برق که در فصل زمستان واقع شده‌اند است و هزینه‌ی پرداختی قبوض برق در متغیر کل هزینه دیده می‌شود. همچنین معیار آب و هوایی مطابق با آنچه پیش‌تر تعریف شد، در نظر گرفته می‌شود. تمامی قیمت‌ها و هزینه اسمی می‌باشند.



جدول ۵. مقایسه‌ی متغیرهای قابل‌مشاهده در فصل تابستان برحسب تفکیک شهرستان

	استهبان	داراب	فسا	زرین‌دشت	فسا	لار	گراش	خنج
مصرف (کیلووات‌ساعت)	۳۶۴	۶۹۶	۴۱۸	۸۰۷	۶۰۴	۲۰۲۲	۱۴۷۸	۱۹۵۳
	(۲۰۱)	(۶۰۵/۱)	(۲۶۸)	(۷۵۲)	(۴۸۹)	(۱۵۰۰)	(۱۱۷۹)	(۱۵۳۵)
تعداد روزها	۶۲/۸۱	۶۲/۰۴	۶۲/۲۱	۶۲/۷	۶۲/۵۴	۶۲/۱	۶۲/۳۵	۶۲/۴۵
	(۴/۵۴۷)	(۵/۲۳۹)	(۵/۳۰۴)	(۴/۲۷۷)	(۴/۳۴)	(۵/۲۸)	(۵/۰۲۲)	(۴/۶۲۱)
کل هزینه (ریال)	۳۰۰۳۴۴	۳۴۱۸۸۸	۳۵۱۲۶۳	۳۶۷۴۵۰/۲	۲۷۸۲۴۵	۶۴۵۷۲۷	۴۸۵۵۹۴	۶۲۷۳۹۸
	(۲۸۷۰۱۹)	(۳۸۰۰۶۶)	(۴۶۷۶۱۴)	(۳۸۴۷۲۵/۱)	(۲۶۴۷۳۹)	(۵۳۷۶۷۷)	(۴۸۵۵۲۳)	(۵۵۴۶۳۶)
معیار آب‌وهوا	۴/۳۴۹	۶/۴۰۲	۴/۵۳۴	۶/۶۹۳	۵/۹۴۴	۶/۵۸	۶/۳۲۹	۷/۸۳۶
	(۲/۹۲۶)	(۳/۶۳۵)	(۲/۹۴۲)	(۳/۱۷۷)	(۲/۹۰۹)	(۳/۴۸۳)	(۳/۴۴۹)	(۳/۳۹۶)
تعداد مشاهدات	۳۸۷۰	۴۰۲۷	۳۹۲۱	۳۹۸۲	۳۷۸۷	۴۱۰۴	۳۹۷۳	۳۸۴۹

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ادامه جدول ۵. مقایسه‌ی متغیرهای قابل مشاهده در فصل تابستان برحسب تفکیک شهرستان

	قیروکارزین	لامرد	مهر	فیروزآباد	کازرون	فراشبند	نورآباد	رستم
مصرف (کیلووات ساعت)	۱۳۴۲	۲۸۵۸	۲۳۶۱	۴۲۸	۸۳۴	۱۴۴۶	۵۵۴	۵۳۷/
	(۱۲۹۱)	(۱۸۹۵)	(۱۶۴۳)	(۲۵۵)	(۷۶۹)	(۱۳۹۰)	(۳۹۱)	(۳۸۲)
تعداد روزها	۶۲/۷۶	۶۱/۸	۶۲/۳۵	۶۲/۸۶	۶۲/۵۵	۶۲/۳۷	۶۲/۶۵	۶۲/۵۱
	(۴/۵۹۳)	(۵/۵۱۴)	(۶/۰۷۲)	(۴/۴۳۱)	(۴/۷۰۶)	(۵/۳۷۷)	(۵/۴۱۵)	(۴/۴۱۷)
کل هزینه (ریال)	۴۹۵۶۹۷	۷۰۵۳۴۷	۵۶۶۶۸۲	۳۹۱۸۴۲	۳۸۲۵۷۸	۵۳۱۶۰۲	۳۹۹۳۶۳	۴۶۷۹۶۲
	(۵۱۴۲۹۹)	(۶۸۴۳۰۸)	(۵۰۵۹۰۸)	(۵۰۴۰۳۷)	(۳۷۶۷۳۵)	(۵۳۱۹۴۲)	(۴۷۲۵۵۶)	(۶۵۴۶۳۱)
معیار آب و هوا	۸/۳۲۴	۸/۵۶۷	۷/۲۹۶	۵۰۴۲۳	۶/۵۷۹	۶/۳۱۱	۶/۸۲۳	۵/۹۷
	(۴/۱۱۹)	(۳/۵۷۳)	(۲/۹۴۵)	(۳/۰۷۲)	(۳/۶۴۸)	(۳/۲۷۹)	(۴/۰۳۴)	(۳/۴۰۲)
تعداد مشاهدات	۳۹۷۰	۳۹۹۵	۳۸۸۰	۳۹۴۹	۳۹۷۰	۳۸۱۸	۳۹۶۲	۳۹۹۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

توضیحات: در این جدول متغیرهای قابل مشاهده در فصل تابستان به تفکیک شهرستان نشان داده شده‌اند. مصرف برابر با کل مصرف برق قبوض مشترکین در فصل تابستان است. تعداد روزها برابر با تعداد روزهای قبوض برق که در فصل تابستان واقع شده‌اند است و هزینه‌ی پرداختی قبوض برق در متغیر کل هزینه دیده می‌شود. همچنین معیار آب و هوایی مطابق با آنچه پیش‌تر تعریف شد، در نظر گرفته می‌شود. تمامی قیمت‌ها و هزینه اسمی می‌باشند.

همان طور که در جدول (۴) و (۵) مشاهده می شود بین متغیرهای قابل مشاهده‌ی شهرستان‌های هم‌جوار در فصل سرد سال که تفاوت تعرفه‌ای در آن‌ها وجود ندارد، تفاوت قابل ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود. به عنوان مثال شهرستان‌های فسا و زرین دشت هم‌جوار هستند و در فصل سرد سال که تعرفه‌های مقرر در آن‌ها یکسان است، تفاوت مصرف و سایر متغیرهای قابل مشاهده ناچیز است و این موضوع دقیقاً برخلاف آن چیزی است که در فصول گرم که تعرفه‌های آن‌ها متفاوت است رخ می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت از تفاوت تعرفه‌های گرمسیری می‌توان کشش قیمتی برق را به‌طور علی‌شناسایی کرد.

## ۵. روش پژوهش

در این قسمت روش تجربی به کار رفته در این پژوهش که ناپیوستگی رگرسیون نام دارد، بررسی می‌شود. این روش هنگامی که متغیر دودویی درمان، به‌طور ناپیوسته در یک مرز بین واحدهای جغرافیایی نظیر استان، شهر یا شهرستان تغییر می‌کند و در نتیجه یک گروه درمان و یک گروه کنترل ایجاد می‌شود، کاربرد دارد. این نوع ناپیوستگی جغرافیایی متغیر درمان را می‌توان در صورت مشخص بودن مکان جغرافیایی هر مشاهده در داده، در چارچوب روش ناپیوستگی رگرسیون استاندارد تحلیل شود. چنین اطلاعاتی معمولاً به دلیل محرمانه بودن و رعایت نکات امنیتی و یا مشکلات اندازه‌گیری به‌ندرت یافت می‌شود. بنابراین، در صورت نبود اطلاعات دقیق جغرافیایی در سطح مشاهدات فردی، دو سناریو با توجه به اطلاعات در دسترس مطرح می‌شود. اگر اطلاعات مکانی مشاهدات فردی در یک سطح کلی وجود دارد ولی همچنان این سطح کلی جغرافیایی نسبتاً کوچک باشد، روش ناپیوستگی رگرسیون تغییر یافته قابل اعمال است که در آن متغیر تغییر یافته به‌صورت گسسته به‌جای پیوسته در نظر گرفته می‌شود. اگر چنین اطلاعاتی نیز در دسترس نباشد و تنها اطلاعات جغرافیایی مشاهدات فردی در یک سطح جغرافیایی وسیع در اختیار باشد، روش ناپیوستگی رگرسیون استاندارد قابل استفاده نیست و اطلاعات جغرافیایی موجود را می‌توان جهت ساخت یک نوار حول مرز استفاده کرد و در تحلیل خود تنها مشاهداتی را که در این ناحیه

قراری گیرند، استفاده کرد. هر کدام از سناریوهای یادشده فروض مخصوص به خود را دارند و چالش‌های در روش‌های مربوط به هر سناریو در این قسمت بررسی می‌شود. طراحی یک پژوهش بر اساس وجود ناپیوستگی جغرافیایی در یک متغیر امری رایج است زیرا بسیاری از قوانین دولتی بر اساس مناطق جغرافیایی است. روش ناپیوستگی رگرسیون جغرافیایی<sup>۱</sup> حالت خاصی از روش ناپیوستگی رگرسیون است که در آن متغیر درمان چندبعدی است که شامل طول و عرض جغرافیایی است. علیرغم دقت بالای این روش در تخمین کشش، محدودیت اصلی روش مذکور عدم قابلیت تعمیم نتایج به گستره بزرگ‌تر است. لذا نتایج این تحقیق که محدود به استان فارس می‌باشد، صرفاً برای همین استان قابل اتکا بوده و برای تعمیم به سایر استان‌ها باید با دقت تحلیل انجام شود.

### ۱-۵. متغیر درمان ناپیوسته در یک مرز جغرافیایی

در این قسمت مسئله‌ی مطالعه‌ی اثر یک درمان دودویی را هنگامی که (۱) درمان به تمامی اعضای یک منطقه‌ی جغرافیایی داده شده است و (۲) از تمامی اعضای یک منطقه‌ی جغرافیایی مجاور دریغ شده است، بررسی می‌شود. به عبارت دیگر، مرز بین مناطق درمان و کنترل مرزی است که در آن متغیر درمان به شکل ناپیوسته از صفر به یک تغییر می‌کند. متغیر درمان را برابر با  $T$  در نظر گرفته می‌شود و فرض شده  $n$  مشاهده‌ی تصادفی که با  $i = 1, 2, \dots, n$  شماره گذاری می‌شود. درمان برای اعضای که در یک طرف مرز در منطقه‌ی  $A^t$  قرار دارند وجود دارد ( $T_i = 1$ ) و برای اعضای که در منطقه‌ی  $A^c$  قرار دارند ( $T_i = 0$ ). همچنین فرض می‌شود هیچ گونه سازگاری<sup>۲</sup> وجود ندارد بدین معنا که برای تمامی اعضا متغیر درمان واقعی دریافت شده<sup>۳</sup> با درمان در نظر گرفته شده<sup>۴</sup> یکسان است. در این قسمت از چارچوب نتایج بالقوه<sup>۵</sup> استفاده می‌شود بدین صورت که فرض شده هر فرد دو نتیجه‌ی بالقوه دارد؛  $Y_{i0}$  و  $Y_{i1}$  و هر کدام به ترتیب مربوط به  $T_i = 1$  و  $T_i = 0$  است. نتیجه‌ی مشاهده شده برابر با  $Y_i = T_i Y_{i1} + (1 - T_i) Y_{i0}$  است. در اینجا فرض مقدار واحد درمان پایدار<sup>۶</sup> برقرار

- 
1. Geographic regression discontinuity (GRD)
  2. Compliance
  3. Actual treatment received
  4. Treatment assignment
  5. Potential outcomes
  6. Stable Unit Treatment Value Assumption

است. این فرض بیان می کند که اولاً هیچ گونه درمان پنهان وجود ندارد و به عبارت دیگر برای فرد  $i$ ام تحت  $T_i = t$ ،  $Y_{it} = Y_i$  خواهد بود و ثانیاً درمان یک فرد وابسته به درمان سایرین نیست. در قالب این چارچوب، درمان تابع مشخصی از مرز جغرافیایی است و در نتیجه طراحی پژوهش بسته به اینکه مکان دقیق افراد معلوم است، می تواند متفاوت باشد.

## ۲-۵. طراحی ناپیوستگی رگرسیون جغرافیایی زمانی که مکان دقیق مشاهدات معلوم است

در این حالت فرض می شود که مکان جغرافیایی هر فرد، کاملاً معلوم است و توسط مختصات جغرافیایی قابل شناسایی است. متغیر دویبعدی  $S_i = (S_{i1}, S_{i2})$  به عنوان متغیر موردنظر اطلاعات جغرافیایی مشاهده‌ی  $i$ ام را در بردارد. مجموعه‌ی افرادی که روی مرز جغرافیایی قرار دارند برابر با  $B$  است و یک نقطه روی مرز با  $b$  نشان داده شده که  $b = (S_1, S_2) \in B$ . بنابراین  $A^c$  و  $A^t$  مجموعه‌ی مناطقی می باشند که گروه‌های درمان و گروه‌های کنترل را شامل می شوند. همچنین فرض می شود، چگالی  $s_i$  در یک همسایگی  $B$  مثبت و پیوسته است. با توجه به این فروض، پارامتر موردنظر برابر با  $\tau(b) \equiv E[Y_{i1} - Y_{i0} | S_i = b]$  برای  $b \in B$ . چون برای هر نقطه‌ی  $b$  اثر درمان  $\tau(b)$  می تواند متفاوت باشد معادله‌ی بالا یک منحنی اثر درمان را نشان می دهد. همچنین می توان با میانگین گیری اثر درمان را از طریق  $\tau(b) \equiv E[\tau(b) | b \in B]$  به دست آورد. شناسایی  $\tau(b)$  با توجه به تعمیم دادن روش ناپیوستگی رگرسیون برای متغیر دویبعدی حاصل می شود. بنابراین تنها فروض دیگر برای شناسایی پیوستگی تابع‌های رگرسیون  $E[Y_{i1} | s]$  و  $E[Y_{i0} | s]$  برای تمام نقاط مرزی است. زمانی که فروض پیوستگی گفته شده برقرار باشد اثر درمان متوسط در نقطه‌ی ناپیوستگی با استفاده از حد دو تابع رگرسیون شرطی برای مشاهدات شناسایی می شود. به عبارت دیگر برای تمامی مقادیر  $b \in B$  بدست می آید:

$$\tau(b) = \lim_{s^t \rightarrow b} E[Y_i | S_i = s^t] - \lim_{s^c \rightarrow b} E[Y_i | S_i = s^c]$$

و در نتیجه کاملاً مشابه روش استاندارد ناپیوستگی رگرسیون، پارامتر موردنظر شناسایی می شود. داشتن اطلاعات دقیق جغرافیایی این اجازه را می دهد که تابع رگرسیون برای نقاط به دلخواه نزدیک به مرز تخمین زده شود (البته با فرض اینکه چگالی داده همه جا مثبت است). به طور مشخص

روش‌های چندجمله‌ای محلی<sup>۱</sup> به‌طور وسیعی در تخمین پارامترها در روش ناپیوستگی رگرسیون مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای یک نقطه‌ی مشخص  $b$  روی مرز، فاصله‌ی بین نقطه‌ی  $S_i$  از نقطه‌ی مرزی  $b$  محاسبه و این فاصله  $d_{ib} := d(b, S_i)$  تعریف می‌شود. در این صورت:

$$\mu(b)^c \equiv \lim_{s^c \rightarrow b} E[Y_{i0} | d_{ib} = d(b, s^c)] \quad (۳)$$

$$\mu(b)^t \equiv \lim_{s^t \rightarrow b} E[Y_{i1} | d_{ib} = d(b, s^t)] \quad (۴)$$

تابع‌های بالا را می‌توان به‌وسیله‌ی رگرسیون خطی محلی تخمین زد. برای این کار خواهیم داشت:

$$(\alpha_b^c, \beta_b^c) = \arg \min_{\alpha_b^c, \beta_b^c} \sum_{i \in A^c} \{Y_i - \alpha_b^c - \beta_b^c d_{ib}\}^2 w_{ib} \quad (۵)$$

$$(\alpha_b^t, \beta_b^t) = \arg \min_{\alpha_b^t, \beta_b^t} \sum_{i \in A^t} \{Y_i - \alpha_b^t - \beta_b^t d_{ib}\}^2 w_{ib} \quad (۶)$$

که در اینجا

$$w_{ib} = \frac{1}{h_b} K\left(\frac{d_{ib}}{h_b}\right) \quad (۷)$$

وزن‌های اعمال‌شده در معادلات بالا می‌باشند که  $K(\cdot)$  تابع وزن دهی کرنل است و  $h_b$  برابر با پهنای باند است. توجه کنید که پهنای باند مختص به هر نقطه‌ی مرزی است. جواب‌های مسائل بهینه‌سازی بالا منجر به تخمین اثر درمان به شکل زیر می‌شود:

$$\tau(b) = \mu^t(b) - \mu^c(b) = \alpha_b^t - \alpha_b^c \quad (۸)$$

در عمل، چون مرز متشکل از بی‌نهایت نقطه‌ی مرزی است، تعداد نقاط محدودی شامل  $G$  نقطه انتخاب می‌شود  $(b_1, b_2, \dots, b_G)$ . برای این نقاط سری اثرات درمان  $\tau(b_g)$  برای  $g = 1, 2, \dots, G$  تشکیل می‌شود و در نهایت این اثرات درمان در طول مرز متغیر خواهند بود و منحنی اثرات درمان به دست می‌آید.

### ۳-۵. روش ناپیوستگی رگرسیون جغرافیایی زمانی که اطلاعات دقیق مکانی در دسترس نیست

در سناریوی اول، اطلاعات جغرافیایی هر مشاهده به طور دقیق در دسترس نیست ولی نسبتاً محدودی جغرافیایی مشاهدات معلوم است. با توجه به این اطلاعات می توان برای هر مشاهده مختصات محدوده جغرافیایی را در نظر گرفت و مختصات این مناطق جغرافیایی را به عنوان متغیر اجرایی<sup>۱</sup> در نظر گرفت. این روش مشکلاتی به همراه دارد از جمله اینکه برای تمامی مشاهدات واقع شده در یک محدوده مختصات یکسانی در گرفته می شود و این امر منجر به وجود نقاط جرمی<sup>۲</sup> در متغیر اجرایی می شود. این امر منجر به عملی نبودن روش گفته شده در بالا می شود؛ به همین منظور متغیر اجرایی را در این حالت گسسته در نظر می گیریم. یک راه این است که به جای استفاده از فروض پیوستگی که در بالا گفته شد، از فروض مربوط ناپیوستگی رگرسیون شبه تصادفی بهره ببریم بدین صورت که فرض کنیم حول مرز، پنجره ای وجود دارد که در آن متغیر درمان گویی به صورت تصادفی تعیین می شود. در عمل باید دقت داشت که در پنجره ای انتخاب شده این فرض برقرار باشد، که با توجه به ویژگی های متغیرهای قابل مشاهده ای افراد می توان چنین فرضی را بررسی کرد. این روش فرضی قوی تر از آنچه در فروض پیوستگی گفته شد، نیاز دارد. راه دیگر آن است که تابع نامعلوم رگرسیون را با وصل کردن نقاط جرمی متغیر اجرایی تخمین بزنیم که در این صورت، اختلاف بین خروجی مشاهده شده و خروجی انتظاری را می توان به صورت خطای تصادفی<sup>۳</sup> تصریح مدل کرد. در عمل لازمه ای این روش سازگار کردن<sup>۴</sup> یک مدل چند جمله ای از خروجی بر روی متغیر اجرایی و خوشه بندی جملات خطای استاندارد با توجه به مقادیر گسسته ای متغیر اجرایی است. برخلاف روشی که بر پایه ی شبه تصادفی بودن مشاهدات است، در این روش نیاز به فرض قوی عمود بودن جملات خطای تصریح بر متغیر اجرایی است.

---

1. Running variable

2. Mass points

3. Error specification model

4. Fitting

در سناریوی دوم که اطلاعات جغرافیایی که از مشاهدات خودداریم بسیار کم است فروض دیگری برای شناسایی پارامتر موردنظر لازم است. سناریوی دوم زمانی رخ می‌دهد که داده‌ی موجود فقط اطلاعاتی در مورد واحدهای جغرافیایی بزرگ داشته باشد که در نتیجه این داده را نمی‌توان در چارچوب ناپیوستگی رگرسیون تحلیل کرد. زمانی این اتفاق می‌افتد که پژوهشگران اطلاعات جغرافیایی درشت<sup>۱</sup> در اختیاردارند و قادرند مشاهدات موجود را تنها در تعداد دسته‌های اندکی دسته‌بندی کنند (ازنظر فاصله از مرز ناپیوستگی). یکی از راه‌حل‌های موجود در مورد این مسئله استفاده از تخصیص ناپیوسته‌ی درمان از نظر جغرافیایی در قالب یک آزمایش طبیعی<sup>۲</sup> است بدین صورت که از اطلاعات جغرافیایی درشت موجود جهت تمرکز بر تحلیل مناطق درمان شده و کنترل شده که به اندازه‌ی کافی در طول مرز به یکدیگر نزدیک می‌باشند، استفاده شود. در بعضی از پژوهش‌ها که مناطق درمان شده و کنترل شده از نظر جغرافیایی مجاور هستند و در ابعاد دیگر نیز بسیار به یکدیگر شبیه می‌باشند، معقول بودن تحلیل در این چارچوب نسبت به مقایسه‌ی گروه‌های درمان شده و کنترل شده که بر مبنای اطلاعات جغرافیایی نیست، بسیار بیشتر است.

در سناریوی دوم، از اطلاعات جغرافیایی موجود می‌توان در دو جهت استفاده کرد؛ اول، از این اطلاعات می‌توان در جهت انتخاب بخش‌هایی از مرز که گروه‌های درمان شده و کنترل قابل مقایسه هستند، استفاده کرد. این روش مخصوصاً زمانی که مرز ناپیوستگی بسیار طولانی است و بخش‌هایی از مرز فاقد جمعیت یا توسط کوه و رودخانه پوشانده شده است و سبب جدا شدن و تمایز شدید جمعیت درمان شده و کنترل می‌شود، بسیار کاربرد دارد. راه دوم، استفاده از اطلاعات جغرافیایی واقع در فاصله‌ای مشخص از مرز، جهت معقول بودن طراحی روش تجربی است. پژوهشگران معمولاً از این فرض که مشروط بر واقع بودن در این فاصله از مرز تخصیص درمان و نتایج بالقوه نامرتبط به یکدیگر هستند، استفاده می‌کنند. برای هر واحد  $i$  در داده، نقطه‌ای روی مرز که نزدیک‌ترین فاصله را با مکان  $i$ ،  $S_i$  دارد،  $b_i^*$  می‌نامیم و فاصله‌ی بین  $b_i^*$  و  $S_i$  را برابر با  $d(b_i^*, S_i) := d_i^*$  تعریف می‌کنیم؛ بنابراین  $d_i^*$  برابر با فاصله‌ی عمودی مکان  $i$  با مرز است. فرض اینکه مقایسه‌ی مشاهدات درمان شده

---

1. Coarse geographic information

2. Natural experiment



با کنترل که به مقدار کافی به مرز نزدیک هستند منجر به استنتاج درست در مورد اثر موردنظر می شود به شکل زیر بیان می شود. باید توجه داشت که فروض عنوان شده در زیر فروض لازم جهت شناسایی اثر علی است و همان طور که در پژوهش حاضر به دنبال اثر تعرفه های گرمسیری بر میزان مصرف مشترکین خانگی در مناطق جغرافیایی مجاور هستیم، فروض زیر در شناسایی این اثر به ما کمک می کند.

**فرض اول:** نتایج بالقوه  $Y_{i0}$  و  $Y_{i1}$  در یک محدوده به فاصله  $D$  از مرز به طور متوسط مستقل از تخصیص درمان  $T_i$  می باشند.

$$E[Y_{i1}|d_i^* < D, T_i] = E[Y_{i1}|d_i^* < D] \quad (9)$$

$$E[Y_{i0}|d_i^* < D, T_i] = E[Y_{i0}|d_i^* < D] \quad (10)$$

به عبارت دیگر، با تمرکز بر مشاهدات به اندازه ی کافی نزدیک به یکدیگر، تفاوت های گمراه کننده<sup>۱</sup> که از قبل بین واحدهای درمان شده و کنترل وجود داشته است، قابل حذف شدن است. این فرض در بسیاری از پژوهش ها که اثرات مداخله های رسمی و غیررسمی که به طور ناپیوسته در مناطق جغرافیایی تفاوت می کند، استفاده می شود. به طور طبیعی آزمون فرض اول قابل انجام نیست ولی پژوهشگران می توانند شواهدی غیرمستقیم که با این فرض سازگار هستند، ارائه کنند. همانند آزمایش های تصادفی، این فرض بیان می کند که مشاهدات درمان شده و کنترل در محدوده ی مشخص، از جهت ویژگی های قابل مشاهده که بر روی نتایج بالقوه اثر می گذارند، مشابه می باشند. بنابراین، پژوهشگران باید شواهدی ارائه کنند که نشان می دهد مشاهدات کنترل و درمان شده در محدوده ی تعیین شده از حیث ویژگی های قابل مشاهده که قبل از تخصیص درمان، شکل گرفته اند، مشابه می باشند.

البته در بسیاری از پژوهش ها اصلاً بعید نیست که حتی در یک محدوده ی کوچک پیرامون مرز ویژگی های قابل مشاهده ی مشاهدات کنترل و درمان شده تفاوت معنادار با یکدیگر داشته باشد و

---

1. Confounding differences

چنین مسئله‌ای برقراری فرض اول را زیر سؤال می‌برد. در این حالت پژوهشگر باید در مورد چگونگی تحلیل نتایج تصمیم‌گیری کند؛ یک احتمال این است که تفاوت‌های قابل مشاهده را نشانه‌ای بر تفاوت‌های حل نشدنی بین این گروه‌ها قلمداد کرد و در چنین حالتی این تفاوت‌ها به دلیل درون‌زایی<sup>۱</sup> و مرتب شدن<sup>۲</sup> پیرامون مرز جغرافیایی است و به احتمال زیاد این مسئله نه تنها باعث تفاوت ویژگی‌های قابل مشاهده می‌شود بلکه ویژگی‌های غیرقابل مشاهده نیز به طور نظام‌مند متفاوت خواهند بود. در این حالت اثرات درمان تخمین زده شده بر اساس ناپیوستگی جغرافیایی تخصیص درمان فاقد اعتبار لازم است.

یک احتمال دیگر آن است که فرض شود که ویژگی‌های قابل مشاهده‌ای از پیش تعیین شده به اندازه‌ی کافی سازوکار تخصیص درمان را توضیح می‌دهند و در نتیجه مشروط بر این ویژگی‌ها مقایسه‌ی بین گروه درمان شده و کنترل امکان‌پذیر خواهد بود.

**فرض دوم:** امید ریاضی نتایج بالقوه  $Y_{i0}$  و  $Y_{i1}$  مشروط بر متغیرهای توضیحی قابل مشاهده‌ی  $X_i$  در یک محدودی  $D$  پیرامون مرز ناپیوستگی تخصیص درمان مستقل از تخصیص درمان می‌باشند.

$$E[Y_{i1}|d_i^* < D, X_i, T_i] = E[Y_{i1}|d_i^* < D, X_i], \quad (11)$$

$$E[Y_{i0}|d_i^* < D, X_i, T_i] = E[Y_{i0}|d_i^* < D, X_i] \quad (12)$$

در معادلات بالا  $X_i$  متغیرهای قابل مشاهده برای هر فرد است که مشروط به این متغیرها تابع رگرسیون شرطی مستقل از سازوکار درمان خواهد بود. با توجه به واژه‌شناسی استفاده شده در مقاله‌ی گالیانی، مک اوآن و کوئیزتورف (۲۰۱۷)<sup>۳</sup>، روش تجربی که بر پایه‌ی فرض اول یا دوم است به شبه آزمایش جغرافیایی<sup>۴</sup> معروف است.

---

1. Endogeneity

2. Sorting

3. Galiani, McEwan and Quistorff

4. Geographic quasi-experiments (GQE)

فروض مهم جهت شناسایی پارامتر موردنظر که همان کشش قیمتی است، پیوستگی تابع رگرسیون‌های گفته‌شده در بالا است که یکی از راه‌های ارزیابی این فروض استفاده از متغیرهای قابل مشاهده و بررسی پیوستگی آن‌ها است. مثلاً می‌توان شرایط محیطی مانند شرایط اقلیمی را در نظر گرفت و پیوستگی آن را در فواصل مختلف از مرز ناپیوستگی بررسی کرد یا مثلاً پیوستگی متغیرهایی نظیر قیمت زمین نیز می‌تواند ضامن صحت فروض گفته‌شده باشد.

#### ۴-۵. ویژگی‌های خاص تخصیص درمان بر اساس جغرافیا

در این قسمت، برخی از چالش‌هایی را که در تحلیل اثرات درمان که بر اساس ناپیوستگی جغرافیایی می‌باشند، وجود دارند و در تمام سناریوهای گفته‌شده در بخش قبل نیز مشترک می‌باشند، بررسی می‌کنیم. همان‌طور که اشاره خواهیم کرد، بسیاری از این چالش‌ها مختص به تحلیل درمان مربوط به ناپیوستگی جغرافیایی می‌باشند و در مواردی که ناپیوستگی از جنس جغرافیا نیست چنین چالش‌هایی به‌ندرت دیده می‌شوند.

#### ۵-۵. درمان‌های مرکب<sup>۱</sup>

در مطالعه‌ی تخصیص درمان که به‌صورت ناپیوسته در یک مرز جغرافیایی تغییر می‌کند، این موضوع که مرزهای سیاسی یا اداری با مرز ذکرشده یکی باشد، بسیار رایج است. هنگامی که هرکدام از مرزهای یادشده به نحوی موجب تغییری می‌شود که به‌طور جداگانه بر روی متغیر وابسته اثر می‌گذارد، با مشکل درمان مرکب مواجه هستیم (شرایطی که در آن دو یا چند اثر درمان به‌طور هم‌زمان بر متغیر وابسته اثر می‌گذارند). هرچند این پدیده در طراحی‌های رایج ناپیوستگی رگرسیون نیز اتفاق می‌افتد (مثلاً فردی که به سن ۶۵ سالگی می‌رسد هم‌زمان واجد شرایط چندین برنامه‌ی حمایتی خواهد بود)، در موضوع تخصیص درمان بر اساس جغرافیا بسیار به چشم می‌خورد زیرا مرزی که منشأ تخصیص ناپیوسته‌ی درمان است معمولاً مرز شهری است که به‌عنوان مرز برای سایر مداخلات سیاسی و دولتی نیز شناخته می‌شود. برای مثال در پژوهش حاضر، ناپیوستگی موردنظر مرز بین شهرستان‌ها است.

---

1. Compound treatments

به دلیل اینکه پژوهشگر به دنبال شناسایی اثر یک مداخله‌ی سیاستی است، مسئله‌ی درمان مرکب چالش جدی ایجاد می‌کند و قسمت سازگاری فرض مقدار درمان پایدار واحد<sup>۱</sup> مشاهده را به خطر می‌اندازد. هنگامی که چندین مرز همپوشانی داشته باشند، بدون در نظر گرفتن فروض و محدودیت‌های اضافی، جدا کردن اثرات درمان موردنظر از اثرات سایر درمان‌های نامربوط که به‌طور هم‌زمان بر متغیر وابسته اثر می‌گذارند، امری غیرممکن است. کیلی و تیتونیک (۲۰۱۵)<sup>۲</sup>، فرض عدم ارتباط اثرات درمان مرکب را معرفی می‌کنند؛ فرض می‌کنیم  $K$  درمان دودویی که همگی در یک مرز جغرافیایی اتفاق می‌افتند، داریم. این اثرات درمان را با  $T_{ij}$  نشان می‌دهیم که  $j = 1, 2, \dots, K$  برای هر فرد  $i$  و  $T_{ij} = \{0, 1\}$  است. تنها اثر درمان  $K$  ام موردنظر است؛ نمادگذاری نتایج بالقوه را می‌توان طوری تعمیم داد که  $K$  نوع اثر درمان قادر به اثرگذاری بر روی نتایج بالقوه باشند.  $Y_{iT_i}$  نتیجه‌ی بالقوه‌ی فرد  $i$  است و  $T_i = (T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{ik}, \dots, T_{iK})'$  است. برای جدا کردن اثر درمان  $T_{ik}$  بر متغیر وابسته فرض زیر را در نظر می‌گیریم:

**فرض سوم:** (نامرتب بودن درمان مرکب). فرض کنید درمان موردنظر  $K$  امین درمان باشد. برای

$$\text{هر } i \text{ و برای تمامی جفت‌بردارهای درمان } T_i \text{ و } T_i', Y_{iT_i} = Y_{iT_i'}, T_{ik} = T_{ik}'$$

زمانی که فرض سوم برقرار باشد، نتایج بالقوه تنها تابعی از درمان موردنظر می‌باشند و  $Y_{iT_i} = Y_{iT_{ik}}$  و نمادگذاری قبلی معتبر خواهد بود که در این صورت  $Y_{i0}$  و  $Y_{i1}$  مربوط به  $T_{ik} = 0$  و  $T_{ik} = 1$  خواهند بود. در بسیاری از موارد، نتایج بالقوه تحت تأثیر هر یک از درمان‌های هم‌زمان قرار می‌گیرند و جداسازی اثر  $T_{ik}$  امکان‌پذیر نخواهد بود. حالت ایده آل زمانی اتفاق می‌افتد که فرض سوم به کلی موردنیاز نباشد و تنها درمان موردنظر در مرز جغرافیایی تغییر کند. در برخی موارد تحلیلگران می‌توانند از تغییرات در سایر ابعاد مانند زمان جهت جداسازی درمان مرکب استفاده کنند. راه دیگر آن است که تخمین گر را به‌عنوان اثر درمان مرکب تعریف کنیم که شامل اثرات مختلف است ولی برای سیاست‌گذار جداسازی اثرات درمان حائز اهمیت است بنا براین این راه اصلاً مناسب نیست.

## ۵-۶. تخصیص درمان ناپیوسته‌ی جغرافیایی و اعتبار داخلی<sup>۱</sup>

روش ناپیوستگی رگرسیون معمولاً از نظر اعتبار داخلی در سطح بالایی قرار دارد (لی، ۲۰۰۸)<sup>۲</sup>. یکی از نشانه‌های معتبر بودن روش ناپیوستگی رگرسیون زمانی اتفاق می‌افتد که این روش در چند مرحله آزمون ساختگی<sup>۳</sup> موفق عمل کند. تحت یکی از شکل‌های آزمون‌های ساختگی، پژوهشگر این موضوع را که آیا گروه‌های درمان شده و کنترل در نزدیک مرز از نظر متغیرهای از پیش تعیین شده مشابه می‌باشند یا خیر، بررسی می‌کند و به عبارتی عدم وجود اثرات ناپیوستگی رگرسیون بر این متغیرها را آزمون می‌کند. آزمون ساختگی در صورت اینکه فرضیه‌های بالا رد نشود موفق بوده است. این نوع از آزمون‌های ساختگی برای ناپیوستگی رگرسیون جغرافیایی و شبه آزمایش جغرافیایی نیز کاربرد دارد و انتظار می‌رود که مشاهدات نزدیک به مرز در دو طرف آن با یکدیگر مشابه باشند که این به معنای آزمون تفاوت در متغیرهای قابل مشاهده در مرز است. در برخی موارد، علی‌رغم مشاهده‌ی این موضوع که تفاوت متغیرهای قابل مشاهده با نزدیک شدن به مرز کاهش می‌یابد، ولی این اختلافات حتی برای مشاهدات بسیار نزدیک به مرز همچنان پابرجا باقی می‌ماند. به‌طور کلی این موضوع که این تفاوت‌ها حاصل عدم توانایی در مشخص کردن مکان دقیق مشاهدات فردی نیست بلکه نشانه‌های مشخصی از درون‌زا و گمراه کننده بودن فرآیند انتخاب داده است، بسیار محتمل است.

خطراتی که متوجه اعتبار داخلی روش ناپیوستگی رگرسیون جغرافیایی می‌شود ناشی از طبیعت خاص قانون تخصیص درمان است. همان‌طور که در مقاله‌ی لی و لیمیو (۲۰۱۰)<sup>۴</sup> اشاره شده است، روش ناپیوستگی رگرسیون هنگامی که یک قانون تخصیص درمان مشخص بر شرکت کنندگان اعمال می‌شود که در آن شرکت کنندگان هیچ‌گونه کنترل کامل بر قانون اعمال شده ندارند، بهترین عملکرد را دارد ولی در روش‌های مبتنی بر ناپیوستگی جغرافیایی معمولاً این مسئله وجود ندارد و درمان بر اساس مرزی که در حال حاضر وجود دارد و مرتب شدن ساکنین منطقه طی سال‌ها، دهه‌ها

---

1. Internal validity

2. Lee

3. Falsification tests

4. Lee & Lemieux

و حتی قرن‌ها پیرامون مرز اتفاق افتاده است، تخصیص می‌یابد. روش ناپیوستگی رگرسیون جغرافیایی در حالتی که مرز جغرافیایی برای تخصیص درمان ایجاد شده باشد و نه تخصیص درمان بر اساس مرز جغرافیایی موجود اعمال شود، اعتبار داخلی بالایی دارد.

مهم‌تر از همه، در ارزیابی معقول بودن طراحی پژوهش بر اساس ناپیوستگی درمان در یک مرز جغرافیایی، یادآوری این نکته که بیشتر واحدهای مشاهده در علوم پزشکی و اجتماعی قادر به انتخاب محل سکونت خود در دو طرف مرز می‌باشند، از اهمیت زیادی برخوردار است. در شبه آزمایش جغرافیایی، پژوهشگران بر مشاهدات درمان شده و کنترل که به یکدیگر نزدیک هستند، تمرکز می‌کنند زیرا نزدیکی جغرافیایی تفاوت در ویژگی‌های قابل مشاهده را کاهش می‌دهد و این خود دلیلی بر باور این ادعاست که نزدیکی جغرافیایی تفاوت در متغیرهای غیرقابل مشاهده را نیز کاهش می‌دهد. با این حال همان‌طور که در گالیانی، مک اوآن و کوئیزتورف (۲۰۱۷) اشاره شده است، توانایی افراد در انتخاب دقیق محل سکونت خود به معنای این است که فروض لازم در شبه آزمایش جغرافیایی نسبت به روش ناپیوستگی رگرسیون غیرجغرافیایی کمتر معقول است. دلیل اصلی این مسئله هم این است که در پژوهش‌هایی که بر اساس روش ناپیوستگی رگرسیون غیرجغرافیایی می‌باشند، کنترل دقیق متغیر اجرایی (مرتب شدن پیرامون آستانه)<sup>۱</sup> بسیار سخت است. در مقابل، خانوارها و بنگاه‌های اقتصادی به راحتی قادر به انتخاب دقیق محل سکونت خود جهت بهینه کردن دسترسی به تحصیلات، حمل و نقل، نرخ‌های تعرفه‌ی مطلوب و... هستند.

با در نظر گرفتن این مشکلات، هنگامی که با درمان ناپیوسته در یک مرز جغرافیایی مواجه هستیم، پژوهشگران معمولاً استراتژی ساده‌ی انتخاب روی متغیرهای قابل مشاهده<sup>۲</sup> را برمی‌گزینند و فاصله از مرز را به‌طور کلی نادیده می‌گیرند. چنین استراتژی‌ای در برخی موارد کاملاً اشتباه است؛ اگر مشابه بودن متغیرهای قابل مشاهده هم‌زمان با نزدیک شدن به مرز بهبود پیدا کند، این موضوع که نزدیکی جغرافیایی برخی از تفاوت‌های غیرقابل مشاهده را دربرمی‌گیرد، کاملاً محتمل است.

---

1. Sorting around the threshold

2. Selection-on-observables

به عبارت دیگر، عدم قرار دادن جغرافیا در مجموعه‌ی متغیرهایی شرطی، فرض انتخاب روی متغیرهای قابل مشاهده را تضعیف می‌کند.

مشکل بودن استفاده از فرضی مانند فرض دوم در این است که آزمون ساختگی در این گونه موارد به سختی یافت می‌شود. چون قبل از مقایسه، مشاهدات باید بر متغیرها مشروط شوند، آزمون‌های ساختگی نمی‌توانند متکی بر آزمون‌های عدم تفاوت متغیرهای قابل مشاهده باشند و در نتیجه باید از آزمون‌های دیگر استفاده کرد. برای مثال، جهت ارزیابی روش تجربی می‌توان فرض صفر را مبنی بر اینکه بعد از مشروط کردن به متغیرهای مرتبط، آیا اثر درمان بر نتایج قبل از درمان وجود داشته است یا خیر، آزمون کرد. برای پژوهش‌هایی که نتایج متغیر بازمان در دسترس است، آزمون‌های دیگر بر روی نتایج گذشته می‌تواند بسیار مفید باشد. به طور خاص، اثر درمان روی نتایج گذشته باید مانند نتایج واقعی مورد ارزیابی قرار گیرد بدین صورت که مشروط به متغیرهای یکسان و در محدوده‌ی یکسان پیرامون مرز مورد بررسی قرار گیرند.

به طور خلاصه، پژوهشگرانی که از تخصیص درمان به طور ناپیوسته در یک مرز جغرافیایی استفاده می‌کنند باید فروض خود را با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار دهند. بیشتر پژوهش‌های مبتنی بر تخصیص ناپیوسته‌ی درمان در مرز جغرافیایی در علوم اجتماعی، در قالب شبه آزمایش جغرافیایی نسبت به قالب ناپیوستگی رگرسیون معمولی با متغیر اجرایی دوبعدی (جغرافیایی) بهتر و دقیق‌تر ارزیابی و تحلیل می‌شوند.

## ۵-۲. تداخل<sup>۱</sup>

تا به اینجا، فرض کردیم که قسمت عدم تداخل فرض مقدار درمان پایدار واحد مشاهده برقرار است که بدین معناست که واحدهای درمان شده هیچ گونه تداخلی با واحدهای کنترل ندارند و درمان از هیچ طریقی به گروه‌های کنترل نمی‌رسد. در پژوهش‌هایی که مربوط به ناپیوستگی رگرسیون غیرجغرافیایی است، این مسئله به ندرت دیده می‌شود ولی در تخصیص درمان ناپیوسته بر اساس مرز جغرافیایی این موضوع رایج است و می‌تواند مشکل ساز شود. علت این امر این است که روش تجربی

---

1. Interference

بر اساس مقایسه‌ی مشاهداتی است که از نظر فاصله نزدیک به یکدیگر می‌باشند و می‌توانند از راه‌های مختلف با یکدیگر در ارتباط باشند. بنابراین، ارزیابی شکل‌های گوناگون تداخل یک بخش کلیدی تمام پژوهش‌هایی است که بر اساس تخصیص ناپیوسته‌ی درمان در یک مرز جغرافیایی هستند. البته ذکر این نکته ضروری است که احتمال وجود تداخل در پژوهش‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است؛ به‌عنوان مثال در مقاله‌ی سالازار و همکاران (۲۰۱۶)<sup>۱</sup>، که اثرات برنامه‌ی از بین بردن حشرات مربوط به میوه‌ها در مناطق ساحلی پرو بر بخش کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است، درمان شامل دو بخش آزاد کردن حشرات استریل میوه<sup>۲</sup> و استفاده از سم‌پاشی است. درمان در مناطق مشخصی صورت گرفته است و روش تجربی بر پایه‌ی مقایسه‌ی مناطق جغرافیایی مجاور است. در این حالت، اثرگذاری راه‌حل‌های از بین بردن حشرات میوه مانند سم‌پاشی بر مناطق کنترل به‌راحتی قابل‌تصور است. بنا بر این هنگامی که تداخل مناطق درمان شده و مناطق کنترل وجود دارد، پژوهشگران باید نسبت به آن با دقت بیشتری عمل کنند.

## ۸-۵. طبیعت محلی بودن اثرات

تخمین اثرات درمان در روش ناپیوستگی رگرسیون استاندارد محلی قلمداد می‌شوند، زیرا این تخمین‌ها اثر درمان در مرز را نشان می‌دهد. این مسئله در مورد روش‌های مبتنی بر ناپیوستگی جغرافیایی نیز صدق می‌کند؛ زیرا چنین روش‌هایی بر اثرات درمان برای واحدهای مشاهده‌ای که در محدوده‌ی اندکی پیرامون مرز مورد نظر قرار گرفته‌اند، تمرکز می‌کنند. این جمعیت ممکن است نماینده‌ی خوبی برای جمعیت بزرگ‌تر جامعه نباشد.

تخمین اثرات درمان در تخصیص ناپیوسته‌ی درمان بر اساس مرز جغرافیایی در بعد دیگر نیز محلی است؛ معمولاً در تخمین اثر درمان از کل طول مرز ناپیوستگی استفاده نمی‌کنیم. این موضوع از به دو دلیل درست است: اول، بیشتر قسمت‌های مرز از مناطق روستایی که چگالی اطلاعات اندک

1. Salazar et al.

2. Sterile male fruit flies



دارند یا اصلاً اطلاعاتی ندارند، تشکیل شده است. دوم، معمولاً روش تجربی بر اساس آزمون‌های ساختگی که با توجه به قسمت‌های دیگر مرز انجام می‌شوند، تأیید می‌شود.

البته باید توجه داشت که در پژوهش‌هایی که از شبه آزمایش جغرافیایی استفاده می‌کنند و چنین روشی درست به نظر می‌رسد و مرز ناپیوستگی طولانی است، ناهمگنی در جمعیت در طول مرز می‌تواند این امکان را فراهم کند که اثرات درمان را برای زیرگروه‌هایی بر اساس ویژگی‌های جمعیتی، اقتصادی-اجتماعی و سایر ویژگی‌ها تخمین زد. این موضوع می‌تواند در شناخت بهتر و پیش‌بینی اثرات احتمالی سیاست موردبررسی در جمعیت‌های جدید کمک‌کننده باشد.

## ۹-۵. اثرات درمان فاصله‌ای<sup>۱</sup>

آخرین بحث در مورد ویژگی‌های روش‌های تجربی که بر پایه‌ی درمان ناپیوسته در یک مرز جغرافیایی هستند مربوط به این است که در هر دو روش ناپیوستگی رگرسیون جغرافیایی و روش شبه آزمایش جغرافیایی، اثرات تخمین زده‌شده می‌تواند بر اساس فاصله تعیین شوند. این مسئله به‌وضوح در ناپیوستگی رگرسیون جغرافیایی مشهود است که در آن روش تجربی منجر به ایجاد یک منحنی یا مجموعه‌ای از اثرات درمان در طول مرزی که گروه کنترل و درمان شده را جدا می‌کند، می‌شود. این مسئله منجر به ایجاد اثرات تخمینی فاصله‌ای می‌شود که در نتیجه یک ناهمگنی در اثرات درمان به وجود می‌آید.

اثرات درمان فاصله‌ای در روش‌های تجربی مبتنی بر شبه آزمایش جغرافیایی نیز رایج است؛ در این روش‌ها تمرکز بر محدوده‌ی مشخصی پیرامون مرز ناپیوستگی است و در صورتی که مرز به چند قسمت مختلف تقسیم‌بندی شود و هر قسمت به‌طور جداگانه تحلیل شود، اثرات درمان به‌صورت فاصله‌ای پدید خواهد آمد. بنابراین، با توجه به آنچه در مورد روش‌های تخمین اثرات درمان هنگامی که درمان به‌صورت ناپیوسته در مرز جغرافیایی اتفاق می‌افتد، گفته شد، اثرات درمان را می‌توان به مناطق جغرافیایی مشخص نگاشت و مشاهده کرد که آیا اثر درمان در طول مرز جغرافیایی موردنظر تغییر می‌کند یا خیر؟

## ۶. تصریح و نتایج

در این بخش روش شناسایی علی و تصریح مرتبط با آن و نتایج را ارائه می‌دهیم. در ابتدا توضیحی بر روش مدنظر و تصریحی که قصد تخمین آن را داریم مطرح می‌کنیم و سپس نتایج آن را بررسی خواهیم کرد. همان‌طور که در بخش روش تجربی بیان شد روش اصلی شناسایی علی استفاده از تفاوت تعرفه‌های گرمسیری در شهرستان‌های استان فارس می‌باشد. بدین منظور ابتدا با توجه به درون‌زایی قیمت متوسط و قیمت حاشیه‌ای تصریح اولیه را به شکل زیر بررسی می‌کنیم و سپس با توجه به تعیین تعرفه‌ها از سوی دولت، از روش دومرحله‌ای زیر استفاده می‌کنیم.

### ۱-۶. تصریح اولیه

تصریح اولیه که در آن متغیر وابسته لگاریتم متوسط مصرف روزانه و متغیر توضیحی آن لگاریتم قیمت متوسط یا لگاریتم قیمت حاشیه‌ای است، به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\log(q_{i,t}) = \alpha_0 + \alpha \log(p_{i,t}) + \gamma CDD_{i,t} + HH_i + City_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (۱۳)$$

در این تصریح متغیر  $CDD_{i,t}$  تعداد روزهای گرم دوره  $t$  برای مشترک  $i$  محاسبه شده است، متغیر  $HH_i$  اثرات ثابت خانوار می‌باشد که به صورت متغیر مجازی برای هر خانوار است، متغیر  $City_{i,t}$  متغیرهای ثابت زمان شهر را کنترل می‌کند که برای هر شهر یک متغیر مجازی متفاوت است،  $p_{i,t}$  نیز قیمت مشترک  $i$  در زمان  $t$  است. همان‌طور که در این تصریح مشاهده می‌شود، رگرسیون حداقل مربعات به عنوان مدل اصلی در نظر گرفته شده است. در بخش‌های قبلی گفتیم، چنین تصریحی از مشکل درون‌زایی برخوردار است زیرا تعرفه‌های قیمتی به شکل پلکانی می‌باشند و مصرف‌کننده‌ای که در پله‌ی بالاتر قرار گرفته است، قیمت حاشیه‌ای بالاتری هم تجربه می‌کند که از این رو می‌توان گفت علیت معکوس برقرار است و ضرایب تخمین زده شده دارای اریب می‌باشند. به هر ترتیب، به عنوان مدل اولیه نتایج اولیه را بر اساس آن گزارش می‌کنیم.

در ستون اول جدول شماره‌ی ۶ هیچ‌یک از متغیرهای تعداد روزهای گرم دوره، اثرات ثابت خانوار و اثرات ثابت شهر-دوره در رگرسیون قرار داده نشده است و صرفاً مقدار متوسط مصرف

روزانه بر روی لگاریتم قیمت متوسط رگرس شده است. در ستون دوم جدول شماره ۶ متغیر تعداد روزهای گرم دوره قرار داده شده است و ضریب کشش قیمتی کاهش پیدا کرده است. در ستون سوم متغیرهای تعداد روزهای گرم دوره و اثرات ثابت خانوار در مدل رگرسیون قرار داده شده است. در ستون چهارم متغیرهای گفته شده به همراه اثرات ثابت شهرستان در هر دوره در رگرسیون در نظر گرفته شده است. به منظور کاهش اربیب ناشی از تعرفه های پلکانی می توان متغیر حاصل ضرب متوسط کل مصرف خانوار در دوره ی قبض را به عنوان کنترل کننده ی الگوی مصرفی خانوار در مدل در نظر گرفت. نتایج حاصل از این مدل در ستون پنجم جدول نشان داده شده است. نتایج رگرسیون شماره ی ۲۰ در جدول شماره ی ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶: تصریح اولیه تخمین کشت قیمتی تقاضای برق خانگی بر اساس قیمت متوسط

متغیر وابسته: لگاریتم متوسط مصرف روزانه					
لگاریتم قیمت متوسط	-۱/۲۵۳***	-۰/۹۰۷***	-۰/۸۶۴***	-۱/۰۹۸***	-۰/۷۷۱***
	(۰/۰۰۹۲۸)	(۰/۰۱۶۲)	(۰/۰۱۰۷)	(۰/۰۱۴۴)	(۰/۰۱۲۸)
تعداد مشاهدات	۸۸۳۱۵	۸۸۳۱۵	۸۸۳۱۵	۸۸۳۱۵	۸۸۳۱۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۷: تصریح اولیه تخمین کشت قیمتی تقاضای برق خانگی بر اساس قیمت حاشیه‌ای

متغیر وابسته: لگاریتم متوسط مصرف روزانه					
لگاریتم قیمت حاشیه‌ای	-۰/۴۲۹***	۰/۰۲۱۷***	-۰/۰۰۲۶۳	۰/۵۶۴***	۰/۱۹۸***
	(۰/۰۰۷۰۸)	(۰/۰۰۵۹۲)	(۰/۰۰۴۵)	(۰/۰۰۶۵۹)	(۰/۰۰۴۳)
تعداد مشاهدات	۸۸۳۰۲	۸۸۳۰۲	۸۸۳۰۲	۸۸۳۰۲	۸۸۳۰۲
تعداد روزهای گرم	خیر	بله	بله	بله	بله
اثرات ثابت خانوار	خیر	خیر	بله	بله	بله
اثرات ثابت شهرستان-دوره	خیر	خیر	خیر	بله	بله
متوسط کل مصرف-دوره	خیر	خیر	خیر	خیر	بله

مأخذ: یافته‌های پژوهش

توضیحات: در رگرسیون اول هیچ‌یک از اثرات ثابت در نظر گرفته نشده است. در رگرسیون دوم متغیر تعداد روزهای گرم که در بخش‌های قبلی تعریف شد، به‌عنوان متغیر کنترلی قرار داده شده است. در رگرسیون سوم اثرات ثابت خانوار اضافه شده است و در رگرسیون چهارم اثرات ثابت شهرستان دوره نیز اضافه گردیده است و در انتها متغیر دیگری که برهم کنش متوسط کل مصرف مشترک در طول دو سال و دوره‌ی مصرفی وی است قرار داده شده است. مقادیر خطای استاندارد در داخل پرانتز نوشته شده است.

جدول شماره ۷ مشابه جدول شماره ۶ می باشد با این تفاوت که در این جدول متغیر مستقل لگاریتم قیمت حاشیه ای می باشد.

همان طور که مشاهده می شود به وضوح درون زایی قیمت حاشیه ای و قیمت متوسط مشخص است لذا جهت تخمین درست و علی کشش قیمتی تقاضای برق نیاز به استفاده از تفاوت تعرفه های گرمسیری است و تصریح های شماره ۱۲ و ۱۳ پیشنهاد می شود. همان طور که مشخص است در صورت استفاده از تصریح فوق و بدون در نظر گرفتن تفاوت تعرفه های گرمسیری کشش قیمتی تقاضای برق خانگی بین ۰/۷۷ تا ۱/۲۵۳- قرار می گیرد. چنین مقدار کشش قیمتی بیانگر یک نسبت یک به یک بین قیمت و مصرف برق است بدین معنی که به ازای افزایش یک درصدی قیمت برق مصرف آن به میزان یک درصد کاهش می یابد.

## ۲-۶. استفاده از تفاوت تعرفه های گرمسیری

در این روش ابتدا در تصریح اول از قیمت متوسط یا قیمت حاشیه ای به عنوان متغیر وابسته و تعرفه های گرمسیری به عنوان متغیر ابزاری استفاده کرده و در مرحله دوم از متوسط مصرف روزانه به عنوان متغیر وابسته و از مقادیر پیش بینی شده ی رگرسیون اول به عنوان متغیر توضیحی استفاده می کنیم. در مرحله اول متغیر قیمت  $p_{i,t}$  را به صورت لگاریتمی بر روی متغیرهای مجازی تعرفه های گرمسیری (به ترتیب برای گرمسیری ۱ تا ۴ داریم  $Tariff1_{i,t}$  و  $Tariff2_{i,t}$  و  $Tariff3_{i,t}$  و  $Tariff4_{i,t}$ ) و سایر متغیرهای استفاده شده در تصریح های قبلی رگرس می کنیم و سپس در مرحله دوم متغیرهای پیش بینی شده ی قیمت را در رگرسیون اصلی قرار می دهیم. توجه کنید که نرخ تعرفه هر مشترک مجدد منحصر به آن فرد اعم از میزان مصرف و منطقه جغرافیایی وی و همچنین زمان مصرف است. در این رگرسیون متغیر مقدار برق مصرف شده را روی متغیر قیمت و سایر متغیرهای گفته شده رگرس می کنیم. مرحله اول:

$$\log(p_{i,t}) = \alpha_0 + \alpha_1 Tariff1_{i,t} + \alpha_2 Tariff2_{i,t} + \alpha_3 Tariff3_{i,t} + \alpha_4 Tariff4_{i,t} + \alpha_5 NoTariff_{i,t} + \gamma CDD_{i,t} + HH_i + City_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (14)$$

مرحله‌ی دوم:

$$\log(q_{i,t}) = \alpha_0 + \alpha \log(\widehat{p_{i,t}}) + \gamma CDD_{i,t} + HH_i + City_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (15)$$

در مرحله‌ی اول مطابق معادله‌ی (۱۴) لگاریتم قیمت را در دوره‌ی  $t$  و برای مصرف‌کننده‌ی  $i$  روی مقدار تعرفه‌ای که در همین دوره مصرف‌کننده با آن مواجه است (هر یک از تعرفه‌های گرمسیری با توجه به شهرستان و ماهی که مصرف‌کننده در آن قرار گرفته است تغییر می‌کند لذا برای هر کدام از متغیرهای تعرفه‌ای اندیس  $i$  و  $t$  قرار داده‌ایم.) و سایر متغیرهای توضیحی جهت کنترل متغیرهای غیرقابل مشاهده در سطح خانوار و شهرستان شامل تعداد روزهای گرم در دوره‌ی  $t$  که مصرف‌کننده‌ی  $i$  تجربه کرده است و همین‌طور اثرات ثابت مصرف‌کننده‌ی  $i$  و اثرات ثابت شهرستان در دوره‌ی  $t$  رگرس کرده‌ایم.

همانند قسمت قبل، اثرات ثابت زمان، خانوار، شهر و حاصل ضرب متوسط مصرف در کل دوره و دوره را در ستون‌های مختلف جدول شماره‌ی ۸ در نظر گرفته‌ایم که همگی به صورت متغیر مجازی می‌باشد. با توجه به مشکلات درون‌زایی گفته‌شده به نظر می‌رسد بهترین تصریح رگرسیونی استفاده از تغییرات تعرفه‌ها در شهرستان‌های مجاور و قرار دادن اثرات ثابت مربوط به شهرستان در هر دوره و مربوط به خانوار می‌باشد. از این‌رو، کشش قیمتی تقاضای برق بر حسب این مدل رگرسیون قابل شناسایی است.

ضمن اینکه، بسته به اینکه مصرف‌کنندگان به کدام یک از قیمت‌های حاشیه‌ای یا متوسط پاسخ می‌دهند هر کدام از مدل‌های زیر را می‌توان در نظر گرفت. بیاد بیاورید که ایتو (۲۰۱۴) نشان داد که خانوار به متوسط قیمت و نه قیمت حاشیه‌ای حساس بوده و به همین دلیل هر دو تصریح لحاظ شده است. با توجه به اینکه تعرفه‌های قیمتی برق از نظر نوع تعرفه مدت‌ها در استان فارس دست‌نخورده باقی مانده است، به نظر می‌رسد مشترکین خانگی از این تعرفه‌ها به‌خوبی آگاهی دارند و فرض پاسخ مشترکین به قیمت‌های حاشیه‌ای فرض قابل قبولی هست. از این‌رو بسته به در نظر گرفتن ملاحظات فوق کشش قیمتی تقاضای برق بیم حدود ۰/۴ تا ۰/۷- برآورد می‌شود و این بدین معناست که با افزایش یک درصدی قیمت برق بین ۰/۴ تا ۰/۷ درصد مصرف برق کاهش پیدا می‌کند.

جداول شماره‌ی ۸ و شماره‌ی ۹ به ترتیب نتایج حاصل از رگرسیون‌های معادلات شماره‌ی (۱۴) و (۱۵) را نشان می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد که ضرایب کشتش قیمتی تقاضای برق در مرحله‌ی دوم همگی در سطح یک درصد معنی‌دار هستند. همچنین نتایج مراحل اول و مراحل دوم با توجه به تصریح رگرسیونی در ستون‌های مختلف جداول شماره‌ی ۸ و شماره‌ی ۹ نشان داده شده‌اند.

جدول ۸. تخمین کشتش قیمتی تقاضای برق با استفاده از تفاوت تعرفه (قیمت متوسط به عنوان متغیر توضیحی)

(۴)	(۳)	(۲)	(۱)	
مرحله اول	مرحله اول	مرحله اول	مرحله اول	
-.۰/۲۲۹***	-.۰/۵۷۱***	-.۰/۵۷۴***	-.۰/۷۱۲***	تعرفه ۱
(۰/۰۱۲۵)	(۰/۰۰۳۹۴)	(۰/۰۰۳۸۵)	(۰/۰۰۳۴۱)	
.۰/۰۵۰۱***	.۰/۱۳۳***	.۰/۱۳***	.۰/۰۶۳۶***	تعرفه ۲
(۰/۰۱۵۶)	(۰/۰۰۳۲۸)	(۰/۰۰۳۲۱)	(۰/۰۰۳۱۶)	
.۰/۰۰۸۸۲	-.۰/۰۴۶۸***	-.۰/۰۵۲***	-.۰/۱۲۱***	تعرفه ۳
(۰/۰۰۸۰۱)	(۰/۰۰۹۷۲)	(۰/۰۰۹۵۱)	(۰/۰۰۹۷۳)	
.۰/۰۵۷۱***	.۰/۲۶۷***	.۰/۲۶۲***	.۰/۰۷۷***	تعرفه ۴
(۰/۰۱۸۲)	(۰/۰۰۶۱۲)	(۰/۰۰۵۹۳)	(۰/۰۰۵۴۶)	
.۰/۰۳۵۸***	.۰/۱۳۴***	.۰/۱۳۶***	.۰/۲۷***	تعرفه عادی
(۰/۰۱۲۵)	(۰/۰۰۳۸۸)	(۰/۰۰۳۸۴)	(۰/۰۰۳۴۳)	
مرحله دوم	مرحله دوم	مرحله دوم	مرحله دوم	
-.۰/۰۶۷***	-.۰/۵۹۵***	-.۰/۰۶۴***	-۱/۳۴۸***	لگاریتم قیمت متوسط
(۰/۰۱۱۱)	(۰/۰۱۲۵)	(۰/۰۱۲۲)	(۰/۰۰۸۷۴)	
۸۸۳۱۵	۸۸۳۱۵	۸۸۳۱۵	۸۸۳۱۵	تعداد مشاهدات
بله	بله	بله	خیر	تعداد روزهای گرم سال
بله	بله	خیر	خیر	اثرات ثابت خانوار
بله	خیر	خیر	خیر	اثرات ثابت شهر-دوره
بله	خیر	خیر	خیر	متوسط کل مصرف-دوره

مأخذ: یافته‌های پژوهش

توضیحات: در مرحله اول، قیمت متوسط به‌عنوان متغیر وابسته و تعرفه‌های پنج‌گانه به‌عنوان متغیرهای ابزاری استفاده شده است و در مرحله دوم مقادیر پیش‌بینی شده از این رگرسیون به‌عنوان متغیر توضیحی و متغیر لگاریتم متوسط مصرف روزانه به‌عنوان متغیر وابسته استفاده شده است. رگرسیون اول بدون اثرات ثابت است. رگرسیون دوم متغیر تعداد روزهای گرم، به‌عنوان متغیر کنترلی قرار داده شده است و در رگرسیون سوم اثرات ثابت شهرستان دوره نیز اضافه گردیده است و در انتها متغیر دیگری که برهم‌کنش متوسط کل مصرف مشترک در طول دو سال و دوره‌ی مصرفی وی است قرار داده شده است.

جدول ۹. تخمین کشش قیمتی تقاضای برق با استفاده از تفاوت تعرفه (قیمت حاشیه‌ای به‌عنوان متغیر توضیحی)

	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)
	مرحله اول	مرحله اول	مرحله اول	مرحله دوم
تعرفه ۱	-.۵۸۷***	-.۵۲۶***	-.۵۳۸***	-.۱۶۲***
	(۰/۰۰۴۳۸)	(۰/۰۰۵۰۷)	(۰/۰۰۵۲۲)	(۰/۰۱۵۱)
تعرفه ۲	۰/۱۴۸***	۰/۱۷۷***	۰/۱۹***	۰/۰۶۶۲***
	(۰/۰۰۴۰۶)	(۰/۰۰۴۲۳)	(۰/۰۰۴۳۴)	(۰/۰۱۸۹)
تعرفه ۳	-.۱۲۳***	-.۰۹۲۳***	-.۰۷۵۷***	۰/۰۲۹۵
	(۰/۰۱۲۵)	(۰/۰۱۲۵)	(۰/۰۱۲۹)	(۰/۰۰۹۷)
تعرفه ۴	۰/۴۲۷***	۰/۵۰۹***	۰/۵۳۲***	۰/۱۴***
	(۰/۰۰۶۹۶)	(۰/۰۰۷۷۵)	(۰/۰۰۸۰۹)	(۰/۰۰۲۲)
تعرفه عادی	۰/۶۲***	۰/۵۶***	۰/۵۵۹***	۰/۳۰۹***
	(۰/۰۰۴۴۵)	(۰/۰۰۵۱۱)	(۰/۰۰۵۱۳)	(۰/۰۱۵۲)
	مرحله دوم	مرحله دوم	مرحله دوم	مرحله دوم
لگاریتم قیمت حاشیه‌ای	-۱/۰۵۹***	-۰/۴۴۱***	-۰/۴۲۳***	-۰/۲۹۴***
	(۰/۰۱۰۲)	(۰/۰۱۰۲)	(۰/۰۱۰۲)	(۰/۰۰۷۶۹)
تعداد مشاهدات	۸۸۳۰۲	۸۸۳۰۲	۸۸۳۰۲	۸۸۳۰۲
تعداد روزهای گرم سال	خیر	بله	بله	بله
اثرات ثابت خانوار	خیر	خیر	بله	بله
اثرات ثابت شهر-دوره	خیر	خیر	خیر	بله
متوسط کل مصرف-دوره	خیر	خیر	خیر	بله

مأخذ: یافته‌های پژوهش



توضیحات: در مرحله اول، قیمت متوسط به عنوان متغیر وابسته و تعرفه های پنج گانه به عنوان متغیرهای ابزاری استفاده شده است و در مرحله دوم مقادیر پیش بینی شده از این رگرسیون به عنوان متغیر توضیحی و متغیر لگاریتم متوسط مصرف روزانه به عنوان متغیر وابسته استفاده شده است. در رگرسیون اول هیچ یک از اثرات ثابت در نظر گرفته نشده است. در رگرسیون دوم متغیر تعداد روزهای گرم که در بخش های قبلی تعریف شد، به عنوان متغیر کنترلی قرار داده شده است و در رگرسیون سوم اثرات ثابت شهرستان دوره نیز اضافه گردیده است و در انتها متغیر دیگری که برهم کنش متوسط کل مصرف مشترک در طول دو سال و دوره ی مصرفی وی است قرار داده شده است. مقادیر خطای استاندارد در داخل پراتز نوشته شده است.

نتایج جدول (۸) و (۹) بسیار آموزنده است. تصریح مورد نظر همواره ستون آخر می باشد که اثرات ثابت خانوار، شهر-دوره، کل مصرف-دوره را لحاظ کرده است و در نتیجه توانسته درون زایی که از محل رفتار مصرفی متفاوت خانوار (مانند درآمد)، درون زایی از روندهای متفاوت مصرف شهری (مثلا دسترسی به برق) و همچنین روندهای متفاوت مصرف را نیز کنترل کند. زمانی که متوسط قیمت لحاظ می شود کشش قیمت ۰/۶۷- بوده که بسیار پرکشش تر از زمانی است که قیمت پله آخر مصرف خانوار با کشش ۰/۲۹- لحاظ شده است. گرچه این نتیجه نمی تواند بین تمیز متوسط قیمت و قیمت حاشیه ای معیار باشد ولی آنچه مشخص است بخش مهمی از اثرات قیمتی در خصوص پله های اول قیمتی است که در متوسط قیمتی آمده است.

## ۷. جمع بندی

تخمین کشش قیمتی برق در حوزه ی اقتصاد انرژی از اهمیت بالایی برخوردار است که می تواند در برنامه های سیاستی دولت مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش با استفاده از تفاوت تعرفه های گرمسیری در شهرستان های مجاور استان فارس، اثر تعرفه های قیمتی را بر مصرف مشترکین برق خانگی بررسی کرده ایم.

با توجه به نتایج این پژوهش می توان گفت کشش قیمتی تقاضای برق با توجه به مدل های رگرسیونی استفاده شده در این پژوهش بین ۰/۴- تا ۰/۷- برآورد شده است. این بدین معنی است که با افزایش ۱ درصدی قیمت های برق به طور متوسط، حدود ۰/۴ درصد تا ۰/۷ درصد مصرف برق کاهش می یابد. لازم به ذکر است، نتایج تحقیق با نتایج پژوهش های مشابه در سایر کشورها،

به خصوص کشورهای در حال توسعه مطابقت دارد. البته این نتایج به مقادیر کَشش قیمت که با استفاده از داده‌های کلان بدست می‌آید اختلاف داشته و نشان از تورش تخمین‌های مذکور دارد.

به عنوان پیشنهاد پژوهشی آتی چند مورد را می‌توان برجسته کرد؛ اول اینکه ناهمگنی در کَشش قیمتی تقاضا همواره مورد توجه بوده است، به عنوان مثال در ماه‌های مختلف کَشش قیمتی تقاضا می‌تواند تفاوت داشته باشد یا در گروه‌های درآمدی مختلف کَشش قیمتی تقاضا متفاوت است. ضمن اینکه به طور سنتی هر ساله افزایش قیمت تعرفه‌های برق در کشور ایران بدین صورت است که تمامی پله‌ها با یک نرخ ثابت (مثلاً ۱۰ درصد) افزایش پیدا می‌کند در حالی که با شناسایی مصرف‌کنندگان در پله‌های قیمتی مختلف می‌توان کَشش قیمتی را برای هریک تخمین زد. دومین نکته این است که ناپیوستگی تعرفه‌های برق در شهرستان‌های مجاور در سراسر ایران امری رایج است، از این رو با در اختیار داشتن متوسط مصرف و متوسط درآمد شهرستان‌های این چنینی می‌توان کَشش درآمدی را نیز هم‌زمان با کَشش قیمتی تخمین زد.

به عنوان پیشنهاد پژوهشی آتی و در صورت دسترسی به اطلاعات کلیه قبوض کشوری، با توجه به گستردگی کشور ایران و تنوع آب و هوایی در نقاط مختلف ایران می‌توان به تخمین درست‌تری از کَشش قیمتی با در نظر گرفتن کلیه شهرستان‌های واجد شرایط (شهرستان‌هایی که در مجاورت یکدیگر قرار دارند ولی تعرفه‌ی برق در آن‌ها متفاوت است) به دست آورد. به طور خاص چنین مطالعاتی می‌تواند اثرات فناوری‌های مختلف در سرمایش و اثرات غیرخطی کَشش قیمتی به عنوان تابعی از دما و یا قیمت را پاسخ دهد.

## منابع

- Andersen F. M., Gunkel P. A., Jacobsen H.K. and L. Kitzing (2021). "Residential Electricity Consumption and Household Characteristics: An Econometric Analysis of Danish smart-meter data". *Energy Economics*.
- Bushnell J.B. and E.T. Mansur (2005). "Consumption under Noisy Price Signals: a Study of Electricity Retail rate Deregulation in San Diego". *The Journal of Industrial Economics*.

- Borenstein S.** (2009). "To what Electricity Price do Consumers Respond? Residential Demand Elasticity under Increasing-block Pricing". *Preliminary manuscript*, Berkeley University
- Borenstein S. and J. Bushnell** (2019). "Do Two Electricity Pricing Wrongs Make a Right? Cost Recovery, Externalities, and Efficiency." Working paper, NBER
- Galiani S., P. J. McEwan and B. Quistorff** (2017). "External and Internal Validity of a Geographic Quasi-experiment Embedded in a Cluster-randomized Experiment." *Advances in Econometrics*
- Holland S.P., Mansur E.T., Muller N.Z. & A.J. Yates** (2020). "Decompositions and Policy Consequences of an Extraordinary decline in air Pollution from Electricity Generation". *American Economic Journal: Economic Policy*,
- Houthakker H. S.** (1951). "Some Calculations on Electricity Consumption in Great Britain." *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*
- Ito K.** (2014). *Do Consumers respond to Marginal or Average price? Evidence from nonlinear Electricity pricing*. *American Economic Review*.
- Keele L.J. and R. Titiunik** (2015). "Geographic Boundaries as Regression discontinuities." *Political Analysis*
- Keefer Q. and G. Rustamov** (2018). "Limited Attention in Residential Energy markets: a Regression Discontinuity Approach". *Empirical Economics*
- Khanna M. and N.D. Rao.** (2009). "Supply and Demand of Electricity in the Developing World". *Annual Review of Resource Economics*
- Lee D. S.** (2008). "Randomized Experiments from non-random Selection in US House elections". *Journal of Econometrics*.
- Lee D. S. and T. Lemieux** (2010). "Regression Discontinuity designs in Economics". *Journal of Economic Literature*.
- Liddle B. and H. Huntington** (2021). "How Prices, Income and Weather shape household Electricity Demand in high-income and middle-income countries". *Energy Economics*.
- Salazar V.S., Gamer L.W. and V. Rosen** (2016). "BMP Signalling in Skeletal Development, Disease and Repair". *Nature Reviews Endocrinology*.
- Shaffer B.** (2020). "Misunderstanding Nonlinear Prices: Evidence from a Natural Experiment on Residential Electricity Demand". *American Economic Journal: Economic Policy*.
- Ye Y., Koch S.F. and J. Zhang** (2018). "Determinants of Household Electricity Consumption in South Africa". *Energy Economics*.
- Zhang Z., Cai W. and X. Feng** (2017). "How do urban Households in China Respond to Increasing Block Pricing in Electricity? Evidence from a fuzzy regression discontinuity approach". *Energy Policy*.