فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال نوزدهم / شماره ۷۸/ پاییز ۱۴۰۲ / صفحات ۶۷-۴۱

مدل‌سازی تقاضای انرژی بخش کشاورزی ایران: رویکرد تابع انعطاف‌پذیر نرمال درجه دوم

زهرا خراتی
دانشجو دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران،
zkharrat@uwo.ca

علی جدیدزاده[1]
استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران،
jadidzadeh@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۵

چکیده

در این مقاله، با استفاده از تابع هزینه‌ی نرمال درجه دوم، تقاضای سه نهاده‌ی برق، نفت گاز و نفت سفید در بخش کشاورزی ایران را تخمین می‌زنیم. بدین منظور، از داده‌های قیمت و مقدار مصرفی این سه نهاده در بخش کشاورزی ایران در خلال سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۶ استفاده می‌کنیم. برای دستیابی به نتایج قابل اتکا از منظر تئوری‌های اقتصاد خرد، شرایط نظام‌مندی، شامل شروط مثبت بودن و یکنواختی را بررسی و شرط انحناء را به مدل تحمیل می‌کنیم. به صورت کلی نتایج نشان می‌دهد که کشش‌های خودقیمتی هر سه حامل انرژی منفی، کشش‌های درآمدی مثبت و کشش‌های جانشینی موریشیما مثبت و جملگی از نظر آماری معنادار هستند. در این میان نهاده‌ی برق استثناء است چرا که کشش‌های خودقیمتی و درآمدی معناداری ارائه نمی‌دهد و همچنین به راحتی با سایر نهاده‌ها قابل جایگزینی نیست.

طبقه‌بندی JEL: Q۱۰, Q۴۱, D۲۰

کلیدواژه‌ها: فرم‌های تبعی انعطاف‌پذیر، تابع هزینه نرمال درجه دوم، تقاضای انرژی، شرط انحناء.

۱. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

۱- مقدمه

ایران کشوری غنی از منابع انرژی است که با داشتن ۱۱ در صد از منابع نفت و ۱۵/۳ در صد از منابع گاز طبیعی جهان از صادرکنندگان بالقوه‌ی این منابع به شمار می‌آید. با این حال، روند مصرف داخلی منابع انرژی در کشور همواره به صورت افزایشی بوده است و این موجب گسترش نگرانی‌ها از کاهش توانایی دولت در صادرات این نهاده‌ها شده است. رشد اقتصادی، رشد جمعیت و وجود قیمت‌های دستوری برای این منابع از اصلی‌ترین دلایل رشد مصرف انرژی در ایران هستند (مشیری، ۲۰۱۳). مدیریت منابع انرژی در گروی داشتن اطلاعات دقیق و فهم عمیقی از رفتار مصرفی مصرف‌کنندگان انرژی در هر بخش اقتصادی است. برای مثال لازم است سیاست‌گذاران حساسیت‌های قیمتی و درآمدی مصرف‌کنندگان و امکان جانشینی هر یک از نهاده‌های انرژی با یکدیگر را در محاسبات خود در نظر گیرند. در این مطالعه، تمرکز خود را بر بخش کشاورزی ایران معطوف کرده و به مدل‌سازی تقاضای سه نهاده‌ی برق، نفت گاز و نفت سفید در این بخش در طول دوره‌ی ۱۳۵۰- ۱۳۹۶ می‌پردازیم. در این مسیر، از بررسی سایر نهاده‌های انرژی مصرفی در این بخش، شامل گاز طبیعی، ال‌پی‌جی (LPG)، بنزین و نفت کوره، به دلیل پایین بودن سهم مصرف آن‌ها در مصرف کل انرژی و یا عدم مصرف‌شان در تمام دوره، صرف نظر می‌کنیم. سپس، به محاسبه‌ی کشش‌های مورد نظر می‌پردازیم.

در این مطالعه، بر خلاف تعداد زیادی از مطالعات مشابه پیشین، شرایط نظام‌مندی اقتصاد خرد[1] نئوکلاسیک را در نظر گرفته و در صورت لزوم به مدل تحمیل می‌کنیم. چنانچه جدیدزاده و سرلتیس (۲۰۱۶)[2] عنوان کرده‌اند، مطالعات موجود در این زمینه را می‌توان به دو دسته‌ی کلی تقسیم کرد. دسته‌ی اول مطالعاتی هستند که از روش‌های هم‌انباشتگی[3] و تصحیح خطای برداری[4] برای تخمین کشش‌ها استفاده می‌کنند. این مطالعات معمولا بیشتر به مباحث اقتصادسنجی توجه کرده و فروض زیربنای اقتصاد خرد را در نظر نمی‌گیرند— برای مثال به مطالعات آماده (۱۳۹۲) در میان منابع داخلی

1. Microeconomics Regularity Conditions
2. Jadidzadeh & Serletis, 2016
3. Cointegration
4. Error Correction

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

و زیرامبا (۲۰۱۰)[1] و پارک و ژائو (۲۰۱۰)[2] در بین منابع خارجی رجوع کنید. دسته‌ی دوم مطالعاتی هستند که از توابع انعطاف‌پذیر[3] به عنوان توابع تجمیعی[4] استفاده کرده و تقاضا را در چارچوب سیستمی تخمین می‌زنند. مشکل این گونه مطالعات این است که با وجود اینکه از توابع انعطاف‌پذیر موضعی[5] استفاده می‌کنند شرایط انحناء را بررسی و به مدل اعمال نمی‌کنند– طبق مطالعه‌ی سرلتیس (۲۰۰۷)[6] توابع انعطاف‌پذیر موضعی شرایط انحناء را در تمامی نقاط برآورده نمی‌کنند و لذا لازم است این شرایط را به مدل تحمیل کرد. برای مثال مطالعات اعظم‌زاده‌شورکی و همکاران(۱۳۹۱)، علی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) و بخشایش و یزدانی (۱۳۹۴) در بین منابع داخلی و یا لین و استاگلی (۲۰۱۷) و زی و هاوک (۲۰۱۵) در میان منابع خارجی از این دسته‌اند.

البته استثناهایی چون سرلتیس و همکاران (۲۰۱۰ الف و ب، و ۲۰۱۱)[7]، چانگ و سرلتیس (۲۰۱۴)[8] و جدیدزاده و سرلتیس (۲۰۱۶) در میان منابع خارجی و منظور و جدیدزاده (۱۳۹۱) در بین منابع داخلی نیز وجود دارد که در کنار استفاده از توابع انعطاف‌پذیر موضعی، به برقراری شرایط نظام‌مندی اقتصاد خرد نیز توجه دارند. در این مقاله با بکارگیری تابع انعطاف‌پذیر نرمال درجه دوم[9]، معرفی شده توسط دیبورت و ولز (۱۹۸۷)[10]، به تخمین تقاضای برق، نفت گاز و نفت سفید در بخش کشاورزی ایران می‌پردازیم. در این مسیر شرایط نظام‌مندی اقتصاد خرد را در نظر می‌گیریم به نحوی که شرایط مثبت بودن ویکنواختی را بررسی و شرط انحناء را (در صورت لزوم) به مدل اعمال می‌کنیم. سپس، کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضا و کشش جانشینی موریشیما را هم در نقطه‌ی میانگین داده‌ها و هم در تمامی نقاط محاسبه و تفسیر می‌کنیم. به علاوه مزیت دیگر توابع انعطاف‌پذیر نسبت به توابعی همچون توابع کاب داگلاس که عموما در مطالعات از آن استفاده می‌شود در این است که با استفاده از این توابع خواهیم

1. Ziramba, 2010
2. Park and Zhao, 2010
3. Flexible Functional Forms
4. Aggregator Function
5. Locally Flexible Functional Forms
6. Serletis (2007)
7. Serletis et al., 2010 a & b, & 2011
8. Chang and Serletis, 2014
9. Normalized Quadratic (NQ) Flexible Cost Function
10. Diewert and Wales, 1987

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

توانست کشش‌ها را در هر نقطه داده به دست آورده و روند تغییرات آن‌ها در طول زمان را مشاهده کنیم.

این مقاله در هفت بخش نگارش شده است. بخش ۲ به ساختار تولید و ویژگی‌های نهاده‌های تولید می‌پردازد. بخش ۳ با معرفی تابع نرمال درجه دوم و استفاده از لم شفارد (۱۹۵۳)[1] در استخراج توابع تقاضا آغاز شده و در ادامه به چگونگی اعمال شرایط انحناء و محاسبه‌ی انواع کشش‌ها می‌پردازد. در بخش‌های ۴ و ۵ به ترتیب به ملاحظات اقتصادسنجی و معرفی داده‌های تحقیق می‌پردازیم. در بخش ۶ ابتدا کشش‌های خودقیمتی، درآمدی و موریشیمای به دست آمده در نقطه‌ی میانگین داده‌ها را ارائه می‌کنیم. سپس کشش‌های خودقیمتی برق، نفت گاز و نفت سفید و همچنین کشش‌های جانشینی موریشیما بین برق و هر یک از دو نهاده‌ی نفت گاز و نفت سفید را در کل دوره‌ی انتخابی ارائه و تفسیر می‌کنیم. بخش ۷ به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری مقاله اختصاص دارد.

۲- ساختار تولید

همان‌طور که در جدیدزاده و سرلتیس (۲۰۱۶) آورده شده است، فرض می‌کنیم تابع تولید به صورت زیر است:

$$y = f(E(x), M \qquad (۱)$$

که در آن y تولید ناخالص بخش کشاورزی، E(.) تابع کل n نهاده‌ی انرژی و M مجموعه‌ی سایر نهاده‌های تولیدی بخش (شامل نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و ...) است. فرض اصلی ما در این جا این است مجموعه‌ی n نهاده‌ی تولیدی که با E(.) نمایش داده‌ایم به صورت هموتتیک[2] از سایر نهاده‌ها (M) جداپذیر[3] است. در نظر گرفتن این فروض از این رو است که جداپذیر بودن نهاده‌های انرژی این امکان را به ما می‌دهد که بتوانیم مجموعه نهاده‌های انرژی را به صورت جداگانه از سایر نهاده‌های تولیدی این بخش مورد بررسی قرار دهیم و به امکان جانشینی بین اجزای این

1. Shephard, 1953
2. Homothetic
3. Weakly Separable

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

مجموعه، بدون در نظر گرفتن سایر نهاده‌های تولید، بپردازیم. فرض هموتتیک بودن تابع کل انرژی نیز به محقق کمک می‌کند تا بتواند از لحاظ ریاضی مقدار تولید یا میزان کل ارزش افزوده‌ی بخش مورد بررسی را از تابع هزینه‌ی کل تولید جدا کرده و به تابع هزینه واحد تولید[1] دست یابد. تابع هزینه واحد تولید نشان می‌دهد که برای تولید یک واحد محصول در بخش کشاورزی چه میزان هزینه صرف شده است.

۳- تابع هزینه نرمال درجه دوم

دییورت و ولز (۱۹۸۷) تابع هزینه نرمال درجه دوم را به صورت زیر تعریف کرده‌اند:

$$C(p,y) = y\left[\sum_{i=1}^{n} b_i p_i + \frac{1}{2}\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\beta_{ij}p_i p_j}{\sum_{i=1}^{n}\alpha_i p_i}\right] \quad (۲)$$

که در آن y تولید ناخالص بخش مورد بررسی، p_i قیمت نهاده‌ی iام از مجموع n نهاده‌ی تولید و ماتریس $B \equiv [\beta_{ij}]$ و بردارهای $b = [b_i]$ و $\alpha = [\alpha_i]$ و پارامترهای تخمینی مدل هستند.

با در نظر گرفتن فروضی که به آن اشاره شد، تابع هزینه واحد تولید نرمال درجه دوم را به صورت زیر خواهیم داشت:

$$UC(p,1) = \sum_{i=1}^{n} b_i p_i + \frac{1}{2}\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\beta_{ij}p_i p_j}{\sum_{i=1}^{n}\alpha_i p_i} \quad (۳)$$

از میان پارامترهای مدل، چنانچه دییورت و فاکس (۲۰۰۹)[2] اشاره کرده‌اند، پارامتر α عموما در مطالعات تجربی به صورت ثابت و از قبل معین تعریف می‌شود. در این راستا یکی از مقادیر پر تکراری که برای آن در نظر گرفته شده است $\alpha_i = 1$ است. لذا در این مطالعه نیز مقادیر α را برابر با واحد در نظر می‌گیریم.

به علاوه برای تامین ویژگی همگن خطی بودن تابع هزینه، دو محدودیت زیر را برروی ماتریس B اعمال خواهیم کرد:

B اتریسی متقارن است $B = B^T$ (۴)

$\forall i$ $\sum_{i=1}^{n}\beta_{ij}p_j^* = 0$ (۵)

1. Unit Cost Function
2. Diwert and Fox (2009)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

که در آن $p^* \gg 0$ بردار قیمت‌های نرمال شده به سال پایه است، به طوری که مجموع عناصر ماتریس B در هر سطر برابر با صفر است. بعد از در نظر گرفتن محدودیت‌های (۴) و (۵)، لم شفارد را در تابع هزینه‌ی واحد (۳) لحاظ کرده و به تابع شرطی تقاضا برای نهاده‌ی iام به صورت زیر دست می‌یابیم:

$$\frac{x_i}{y} = b_i + \sum_{j=1}^{n} \beta_{ij} \frac{p_i}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i p_i} - \frac{1}{2} \alpha_i \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \beta_{ij} \frac{p_i}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_i p_i} \frac{p_j}{\sum_{j=1}^{n} \alpha_j p_j} \qquad (۶)$$

با در نظر گرفتن لم شفارد برای هر یک از نهاده‌ها، سیستمی از n تابع تقاضای شرطی برای تخمین زدن خواهیم داشت.

سپس، با پیروی از مطالعاتی چون سرلتیس و همکاران (۲۰۱۰، الف و ب و ۲۰۱۱) چانگ و سرلتیس (۲۰۱۴) و جدیدزاده و سرلتیس (۲۰۱۶) وجود شرایط نظام‌مندی اقتصاد خرد نئوکلاسیک در این توابع را بررسی می‌کنیم.. در این جا منظور از شرایط نظام‌مندی، مجموعه ویژگی‌هایی است که در اقتصاد خرد برای یک تابع هزینه تعریف شده است. برای مثال تابع هزینه باید در رابطه با قیمت نهاده‌ها مثبت، اکیدا صعودی (یکنواخت) و مقعر باشد. شرط مثبت بودن تابع هزینه زمانی برقرار است که هزینه‌های به دست آمده از تخمین مدل بزرگتر از صفر و مثبت باشند. شرط یکنواختی نیز زمانی برقرار می‌شود که مقادیر تخمینی برای تقاضای نهاده‌ها، یا به عبارتی گرادیان اول تابع هزینه‌ی تخمینی نسبت به قیمت نهاده‌ها مثبت باشد. در آخر، تابع هزینه زمانی مقعر است که ماتریس هشین آن شبه‌معین منفی باشد.

چنانچه دییورت و ولز (۱۹۸۷) عنوان کرده‌اند، در توابع هزینه نرمال درجه دوم ممکن است شرط انحناء در تمامی نقاط برقرار نباشد. در واقع، با توجه به بارنت (۲۰۰۲)[1]، توابع تقاضای (۶) فقط در صورتی معتبر هستند که تابع تجمیعی شرایط مرتبه دوم بهینه‌یابی را داشته باشد. بنابراین، به منظور این که تابع تقاضای (۶) معتبر باشد، تابع هزینه تخمین زده شده باید در همه‌ی نقاط مقعر و یکنواخت باشد. به همین منظور در این جا ما از دییورت و ولز (۱۹۸۸) پیروی کرده و شرط انحناء را به صورت زیر اعمال می‌کنیم:

1. Barnett, 2002

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

$$B=-KK^T \qquad (۷)$$

که در آن $K = [k_{ij}]$ ماتریسی پایین مثلثی است به طوری که داشته باشیم:

$$\sum_{i=1}^{n} k_{ij}p_j^*=0 \qquad \forall i \qquad (۸)$$

در اینجا مجددا $p^* \gg 0_n$ برداری از قیمت‌های نرمال شده در سال پایه است، بنابراین معادله‌ی (۸) بیان می‌کند که جمع عناصر ماتریس K در هر سطر باید برابر با صفر باشد. لذا معادله‌ی (۷) را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$\begin{cases} \beta_{11}= -k_{11}^2= -(k_{21}+k_{31})^2 \\ \beta_{12}= -k_{11}k_{21}= (k_{21}+k_{31})k_{21} \\ \beta_{13}= -k_{11}k_{31}= (k_{21}+k_{31})k_{31} \\ \beta_{22}= -(k_{21}^2 + k_{22}^2) = -k_{21}^2-k_{32}^2 \\ \beta_{23}= -(k_{21}k_{31}+ k_{22}k_{32}) = k_{21}k_{31}+ k_{32}^2 \\ \beta_{33}= -(k_{31}^2 + k_{32}^2+k_{33}^2) = -(k_{31}^2+ k_{32}^2) \end{cases} \qquad (۹)$$

مزیت اصلی تابع هزینه نرمال درجه دوم، چنانچه دیبورت وفاکس (۲۰۰۹)[1] و سرلتیس و همکاران (۲۰۱۱) عنوان کرده‌اند، این است که در این نوع تابع می‌توان شرط انحناء را به طور کامل اعمال کرد به طوری که خاصیت انعطاف‌پذیری آن حفظ شود.

سپس، به محاسبه‌ی کشش‌ها می‌پردازیم. برای محاسبه‌ی کشش قیمتی تقاضا، η_{ij}، داریم:

$$\eta_{ij}=\frac{\partial x_i}{\partial p_j}\frac{p_j}{x_i} \qquad \forall i, j \qquad (۱۰)$$

1. Diwert and Fox, 2009

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

کشش‌های درآمدی، η_{iy}، را نیز با در نظر گرفتن ویژگی همگن درجه صفر بودن توابع تقاضای مارشالی در جفت مرکب‌های (p,y)، با استفاده از کشش‌های قیمتی (۱۰) به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\eta_{iy} = -\sum_{j=1}^{n} \eta_{ij} \qquad \forall i \qquad (۱۱)$$

در آخر از کشش‌های جانشینی آلن-اوزاوا[1] و موریشیما به منظور مشخص کردن رابطه‌ی جانشین یا مکمل بودن این نهاده‌ها کمک خواهیم گرفت. کشش جانشینی آلن-اوزاوا، σ_{ij}^{a}، چنانچه در مطالعه‌ی بلکوربی و راسل (۱۹۹۸) آمده است، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\sigma_{ij}^{a} = \frac{CC_{ij}}{C_i C_j} \qquad \forall i, j \qquad (۱۲)$$

که در آن C تابع هزینه کل در معادله‌ی (۲) است، C_i مشتق اول آن نسبت به قیمت نهاده‌ی iام و C_{ij} مشتق اول C_i نسبت به قیمت نهاده‌ی jام است.

همان طور که بلکوربی و راسل (۱۹۹۸)[2] عنوان کرده‌اند، کشش جانشینی آلن در مواردی که بیش از یک نهاده در حال بررسی هستند ممکن است حاوی اطلاعات دقیقی نباشد. در مواردی با بیش از یک نهاده‌ی تولید، رابطه‌ی بین این نهاده‌ها پیچیده است و رابطه‌ی جانشین یا مکمل بودن دو نهاده‌ی i وj با فرض یک درصد تغییر در قیمت نهاده‌ی i، به تغییرات تقاضای سایر نهاده‌ها در اثر این تغییر قیمت نیز ارتباط پیدا می‌کند. از این رو است که در چنین شرایطی استفاده از کشش جانشینی موریشیما به جای آلن پیشنهاد می‌شود. به همین دلیل اگرچه این کشش‌ها را به منظور دستیابی به کشش‌های موریشیما محاسبه کرده‌ایم، نتایج آن را ارائه نخواهیم کرد و به نتایج کشش موریشیما بسنده می‌کنیم.

کشش جانشینی موریشیما بین دو نهاده‌ی i و j به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\sigma_{ij}^{m} = s_i\left(\sigma_{ji}^{a} - \sigma_{ii}^{a}\right) \qquad \forall i, j \qquad (۱۳)$$

که در آن s_i سهم نهاده‌ی iام از کل مخارج انرژی است. لازم به ذکر است که کشش جانشینی موریشیما σ_{ij}^{m} به تاثیر افزایش قیمت نهاده‌ی jام بر روی نسبت تقاضای

1. Allen-Uzawa Elasticity of Substitution
2. Blackorby and Russel, 1998

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

نهاده‌ی i به j ($\frac{x_i}{x_j}$) می‌پردازد. به طوری که اگر این عدد مثبت باشد به این معنا است که افزایش قیمت نهاده‌ی jام باعث افزایش نسبت تقاضای نهاده‌ی i به j شده است، بنابراین این دو نهاده جانشین یکدیگر خواهند بود. و برعکس، اگر کشش به دست آمده منفی باشد به این معنی این که افزایش p_j، نسبت ($\frac{x_i}{x_j}$) را کاهش داده است، درنتیجه دو نهاده مکمل خواهند بود.

۴- ملاحظات اقتصادسنجی

برای تخمین معادلات تقاضای داده شده در معادله‌ی (۶) به صورت یک سیستم معادلات هم‌زمان با در نظر گرفتن جزء اخلال ε_t، این معادلات را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$q_t = \varphi(p_t, \theta) + \varepsilon_t \qquad (۱۴)$$

که در آن $q_t=(q_1,\ldots, q_n)'$ بردار مقادیر نرمال $\frac{x_i}{y}$ در معادله‌ی (۶)، p_t نشان‌دهنده‌ی بردار قیمت متناظر با آن و θ بردار پارامترهای مدل است. ε_t نیز بردار جملات اخلال است به طوری که از فرض زیر پیروی می‌کند:

$$\varepsilon_t \sim N(0, \Omega) \qquad (۱۶)$$

که در آن 0 ماتریس صفر و Ω ماتریس n×n کوواریانس خطا است که متقارن و معین مثبت است.

یکی از چالش‌های مدل‌سازی تقاضا در چارچوب سیستمی با استفاده از فرم‌های تابعی انعطاف‌پذیر آن‌چنان که جدیدزاده و سرلتیس (۲۰۱۶) عنوان کرده‌اند در این است که اگرچه با استفاده از این توابع می‌توان اصول مبنایی اقتصاد خرد را برقرار ساخت، نمی‌توان به اصول اقتصادسنجی در رابطه با مانایی و همبستگی سریالی جملات اخلال دست یافت. چراکه ترکیب داده‌های نامانا با تخمین غیرخطی در سیستم‌های تقاضای بزرگ مسأله‌ی بسیار مشکلی است که تاکنون در ادبیات آکادمیک به آن پرداخته نشده است.

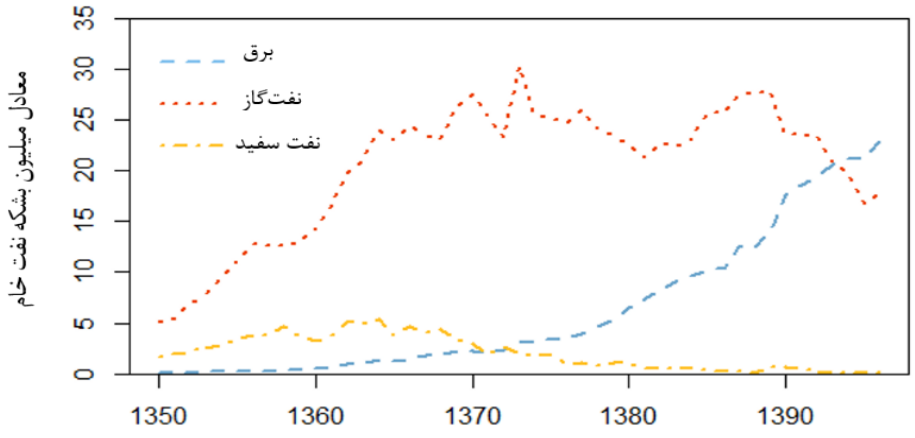
۵- داده‌های تحقیق

همان‌طور که قبلا اشاره شد برای انجام محاسبات از داده‌های سالانه‌ی قیمت و مقدار مصرف برق، نفت‌گاز و نفت سفید در بخش کشاورزی ایران در بازه‌ی زمانی ۱۳۵۰ تا

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

۱۳۹۶ (معادل ۴۷ مشاهده) استفاده می‌کنیم. این داده‌ها از دو منبع انتشارات وزارت نیرو و همچنین انتشارات شرکت پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران استخراج شده‌اند. قیمت و مقدار مصرفی برق به ترتیب با واحدهای ریال بر کیلووات ساعت و میلیون کیلووات ساعت همچنین قیمت و مقدار مصرف نفت‌گاز و نفت سفید به ترتیب با واحدهای ریال بر لیتر و هزار مترمکعب گزارش شده‌اند که به منظور جمع‌پذیر بودن آن‌ها می‌بایست از یک واحد یکسان برای هر سه نهاده استفاده کنیم. به این منظور از واحد معادل بشکه نفت خام[1] کمک گرفته و داده‌های قیمت و مقدار را به ترتیب به واحدهای ریال بر معادل بشکه نفت خام و معادل بشکه نفت خام تبدیل می‌کنیم. لازم به ذکر است که در این مطالعه از سایر نهاده‌های انرژی شامل گاز طبیعی، LPG، بنزین و نفت کوره، به دلیل پایین بودن سهم مصرف آن‌ها در مصرف کل انرژی و یا عدم استفاده از آن‌ها در تمام طول دوره، صرف نظر می‌کنیم. برای مثال گاز طبیعی تنها از سال ۱۳۸۵ و LPG از سال ۱۳۹۴ در بخش کشاورزی ایران مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین بنزین و نفت کوره به ترتیب از ۱۳۷۰ و ۱۳۷۵ به بعد در این بخش استفاده شده‌اند. از سوی دیگر تقریبا ٪۷۰ از مصرف کل نهاده‌های انرژی در بخش کشاورزی ایران را برق، نفت گاز و نفت سفید تشکیل می‌دهد. نمودار ۱ مقدار مصرف این نهاده‌ها را در طول دوره‌ی مورد بررسی نشان می‌دهد.

نمودار ۱. مصرف انواع نهاده‌های انرژی در بخش کشاورزی



منبع: داده‌های تحقیق

1. Barrels of Oil Equivalent (BOE)

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

همان‌طور که مشاهده می‌شود نهاده‌ی نفت‌گاز از دیرباز پرمصرف‌ترین نهاده‌ی انرژی در بخش کشاورزی بوده است. مصرف این نهاده در سال ۱۳۷۳ به اوج خود رسیده و پس از این سال وارد روند نزولی شده است. روند مصرف نهاده‌ی نفت سفید نیز بعد از سال ۱۳۶۴ نزولی بوده است به طوری که در سال‌های اخیر مصرف آن به شدت کاهش داشته است. اما مصرف نهاده‌ی برق از ابتدای دوره روند صعودی داشته و روز به روز به اهمیت آن در بخش کشاورزی افزوده شده است. تا جایی که در سال ۱۳۹۴ مصرف برق از مصرف نفت‌گاز در این بخش پیشی گرفته و برق به پرمصرف‌ترین نهاده‌ی انرژی در بخش کشاورزی تبدیل شده است.

۶- نتایج تحقیق

در این مطالعه به منظور تخمین توابع تقاضای نهاده‌های انرژی در بخش کشاورزی شامل برق، نفت‌گاز و نفت سفید، از روش حداکثر درستنمایی با اطلاعات کامل[1] استفاده و از این طریق این توابع را، که در رابطه‌ی (۶) داده شده‌اند، به صورت هم‌زمان برآورد می‌کنیم. سپس پیرو مطالعات فنگ و سرلتیس (۲۰۰۸)[2]، سرلتیس و همکاران (۲۰۱۰و ۲۰۱۱) و جدیدزاده و سرلتیس (۲۰۱۶) شرایط نظام‌مندی اقتصاد خرد را آن‌چنان که در بخش ۳ اشاره شد، بررسی و اعمال می‌کنیم.

نتایج تحقیق حاضر در دو مدل مجزا، قبل و بعد از اعمال شرایط انحناء، حاصل شده‌است که در ادامه به تفصیل به آن‌ها می‌پردازیم. برای تخمین مدل، بعد از اعمال محدودیت‌های ناظر بر ماتریس B در روابط (۴) و (۵) و در نظر گرفتن فروض طرح شده در بخش ۳، در مجموع شش پارامتر آزاد[3] برای تخمین در دست داریم. سایر پارامترها، شامل شش درایه از ماتریس B، به سادگی و با استفاده از مقادیر تخمین زده شده و جایگذاری آن‌ها در روابط (۴) و (۵) به دست می‌آیند. پس از برآورد مدل اولیه، به بررسی شرایط نظام‌مندی پرداخته و مشاهده می‌شود که علی‌رغم برقرار بودن شروط مثبت بودن و یکنواختی در تمامی نقاط، شرط انحناء در هیچ نقطه‌ای برقرار نیست (ستون دوم جدول ۱). بنابراین نتایج حاصل از این مدل غیرقابل استناد است. در قدم

1. Full Information Maximum Likelihood (FIML)
2. Feng and Serletis, 2008
3. Free parameter

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

بعدی اقدام به اعمال شرط انحناء مطابق روابط (۷) تا (۹) کرده و پس از اعمال این شرط مشاهده می‌شود که هر سه شرط مثبت بودن، یکنواختی و انحناء در تمامی نقاط (۴۷ مشاهده) برقرار است (ستون سوم جدول ۱). بنابراین این مدل مغایرتی با فروض مبنای اقتصاد خرد نداشته و نتایج آن قابل استناد است.

جدول ۱. نتایج حاصل از تخمین مدل، قبل و بعد از اعمال شرط انحناء

پارامترها	قبل از اعمال شرط انحناء	بعد از اعمال شرط انحناء
b_1	۰٫۱۴۴ (۰٫۰۰۰۰۵)*	۰٫۰۰۴۹ (۰٫۰۰۱۷)*
b_2	۰٫۶۵۴ (۰٫۰۰۰۳۸)**	۰٫۴۰۴۰ (۰٫۰۲۱۲)
b_3	۰٫۱۹۲ (۰٫۰۰۰۱۶)	۰٫۰۲۰۰ (۰٫۰۰۷۳)*
β_{11}	۰٫۵۹۷ (۰٫۰۰۰۰۱)*	-۰٫۰۰۰۳ (۰٫۰۰۰۲)
β_{12}	۰٫۴۴۹ (۰٫۰۰۰۰۳)	۰٫۰۰۱۰ (۰٫۰۰۰۴)*
β_{13}	-۰٫۶۴۲ (۰٫۰۰۰۰۴)	-۰٫۰۰۰۷ (۰٫۰۰۰۲)*
β_{21}	۰٫۴۴۹ (۰٫۰۰۰۰۳)	۰٫۰۰۱۰ (۰٫۰۰۰۴)*
β_{22}	۰٫۲۶۷ (۰٫۰۰۰۳۰)	-۰٫۰۰۳۶ (۰٫۰۰۰۹)*
β_{23}	-۰٫۳۱۲ (۰٫۰۰۰۳۱)	۰٫۰۰۲۵ (۰٫۰۰۰۶)*
β_{31}	-۰٫۶۴۲ (۰٫۰۰۰۰۴)	-۰٫۰۰۰۷ (۰٫۰۰۰۲)*
β_{32}	-۰٫۳۱۲ (۰٫۰۰۰۳۱)	۰٫۰۰۲۵ (۰٫۰۰۰۶)*
β_{33}	۰٫۹۵۴ (۰٫۰۰۰۳۳)	-۰٫۰۰۱۷ (۰٫۰۰۰۵)*
تعداد شرایط برقرار شده:		
مثبت بودن	۴۷	۴۷
یکنواختی	۴۷	۴۷
انحناء	۰	۴۷
L Log	۱۱۶۸٫۵۱	۸۶۳٫۹۶۴

جامعه‌ی آماری شامل داده‌های سالانه از ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۶ (معادل ۴۷ مشاهده) است. اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده‌ی خطای معیار[1] است. * نشان‌دهنده‌ی معناداری در سطح خطای ۵ درصد و ** در سطح خطای ۱۰ درصد است. اندیس‌های ۱، ۲ و ۳ در ستون اول به ترتیب بیانگر نهاده‌های برق، نفت‌گاز و نفت‌سفید هستند.

پس از تخمین پارامترها در مدل دوم، به محاسبه‌ی انواع کشش‌ها در نقطه‌ی میانگین داده‌ها و همچنین در تمامی نقاط مشاهده می‌پردازیم.

1. Standard Error

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

۶-۱- نتایج برآورد کشش‌ها در نقطه‌ی میانگین داده‌ها

در این بخش به بررسی انواع کشش‌های قیمتی، درآمدی و جانشینی موریشیمای محاسبه شده در نقطه‌ی میانگین داده‌ها می‌پردازیم. به منظور نمایش ساده‌تر هریک از این کشش‌ها نهاده‌ی برق را با عدد ۱، نفت‌گاز را با عدد ۲ و نفت‌سفید را با عدد ۳ نمایش می‌دهیم.

کشش‌های خودقیمتی

آرایه‌های قطری در سه ستون آخر جدول ۲ کشش‌های خودقیمتی برای هر سه نهاده‌ی برق، نفت‌گاز و نفت‌سفید در میانگین داده‌ها را نشان می‌دهد. تمامی کشش‌های خودقیمتی منفی و کوچکتر از واحد هستند. البته کشش خودقیمتی برق (۰/۰۲۳-) از لحاظ آماری معنادار نبوده و نشان می‌دهد که برق در بخش کشاورزی کاملا بی‌کشش است. این در حالی است که در مدل بدون اعمال شرایط انحناء این رقم معنی‌دار و فاقد پشتوانه نظری است. یکی از دلایل کاملا بی‌کشش بودن برق می‌تواند جانشینی ضعیف سایر نهاده‌های انرژی به جای برق باشد که صحت آن را با محاسبه‌ی کشش‌های جانشینی موریشیما بررسی خواهیم کرد. از طرف دیگر بی‌کشش بودن نهاده‌های نفت‌گاز و نفت‌سفید نیز نشان می‌دهد که تولیدکنندگان بخش کشاورزی نسبت به تغییرات قیمت این نهاده‌ها حساسیت اندکی دارند. البته این حساسیت در مورد نفت‌گاز بیشتر از نفت‌سفید است به طوری که افزایش یک درصدی در قیمت هریک از این نهاده‌ها، تقاضا برای نفت‌گاز را ۰/۲۵ درصد و تقاضا برای نفت‌سفید را ۰/۰۲ درصد کاهش می‌دهد. این ارقام نشان می‌دهد که استفاده از سیاست‌های قیمتی به منظور کاهش مصرف، درمورد نفت‌گاز موثرتر از نفت‌سفید است اما درمورد برق نمی‌تواند موثر واقع شود.

کشش‌های متقاطع تقاضا

کشش متقاطع تقاضای دو نهاده‌ی برق و نفت‌گاز مثبت (برابر با مقادیر ۰/۰۸۰ و ۰/۰۷۴)، برق و نفت‌سفید منفی (برابر با مقادیر ۰/۰۱۳- و ۰/۰۵۰-) و نفت‌سفید و نفت‌گاز مثبت (برابر با مقادیر ۰/۰۴۲ و ۰/۱۷۱) است. این نشان می‌دهد که دو نهاده‌ی برق و نفت‌گاز همچنین نفت‌سفید و نفت‌گاز جانشین، در حالی که نهاده‌های برق و نفت

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

سفید مکمل یکدیگرند. لازم به ذکر است که تمامی کشش‌های متقاطع تقاضای برآورد شده در نقطه‌ی میانگین به لحاظ آماری معنادار بوده و از نظر عددی نیز کوچکتر از واحد هستند. یکی از معایب کشش‌های متقاطع تقاضا در این است که جهت‌گیری رابطه‌ی جانشین یا مکمل بودن بین دو نهاده را مشخص نمی‌کند. برای مثال مثبت بودن این کشش صرفا رابطه‌ی جانشینی دو نهاده را مشخص می‌کند و اطلاعاتی درمورد این که کدام نهاده جایگزین دیگری شده است در اختیار ما قرار نمی‌دهد. این موضوعی است که کشش جانشینی موریشیما به آن می‌پردازد.

کشش‌های درآمدی

ستون دوم جدول ۲ کشش‌های درآمدی محاسبه شده در نقطه‌ی میانگین را نشان می‌دهد. هر سه نهاده‌ی برق، نفت‌گاز و نفت‌سفید در بخش کشاورزی نهاده‌هایی نرمال هستند، به طوری که با افزایش درآمد، تقاضای تولیدکنندگان این بخش از آن‌ها افزایش یافته است یا به عبارتی تمامی این کشش‌ها مثبت هستند. اما در این میان، کشش درآمدی برق (برابر ۱۰^-۱۶^ × ۰٫۱۳۸) از لحاظ آماری معنادار نیست و این باعث می‌شود تا برق را نهاده‌ای مستقل از درآمد بدانیم. به علاوه این اعداد برای دو نهاده‌ی نفت‌گاز و نفت‌سفید نیز اگرچه از لحاظ آماری معنا دار هستند، به لحاظ عددی بسیار نزدیک به صفر است. این نشان می‌دهد که هر سه‌ی این نهاده‌ها، نهاده‌هایی ضروری در بخش کشاورزی هستند.

جدول ۲. کشش‌های درآمدی و قیمتی برق، نفت‌گاز و نفت‌سفید در بخش کشاورزی در نقطه میانگین داده‌ها

نهاده‌ی iام	η_{iy}	η_{i1}	η_{i2}	η_{i3}
۱	۰٫۱۳۸ × ۱۰^-۱۶^ (۰٫۹× ۱۰^-۱۷^)	-۰٫۰۲۳ (۰٫۰۱۶)	۰٫۰۷۴ (۰٫۰۲۸)*	-۰٫۰۵۰ (۰٫۰۱۳)*
۲	۰٫۲۷۷ × ۱۰^-۱۶^ (۰٫۵ × ۱۰^-۱۷^)*	۰٫۰۸۰ (۰٫۰۳۱)*	-۰٫۲۵۱ (۰٫۰۶۸)*	۰٫۱۷۱ (۰٫۰۴۶)*
۳	۰٫۳۴۶ × ۱۰^-۱۷^ (۰٫۶ × ۱۰^-۱۸^)*	-۰٫۰۱۳ (۰٫۰۰۳)*	۰٫۰۴۲ (۰٫۰۱۱)*	-۰٫۰۲۸ (۰٫۰۰۸)*

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده‌ی خطای انحراف میانگین است. * نشان‌دهنده‌ی معناداری در سطح خطای ۵ درصد است. اعداد ۱، ۲ و ۳ به ترتیب بیانگر نهاده‌های برق، نفت‌گاز و نفت‌سفید هستند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

کشش‌های جانشینی موریشیما

همان‌طور که در قسمت‌های قبل توضیح داده‌شد، مثبت بودن کشش موریشیما نشان دهنده‌ی رابطه‌ی جانشینی و منفی بودن آن نشان دهنده‌ی رابطه‌ی مکمل بودن دو نهاده است. همچنین کشش‌های جانشینی موریشما مسیر تغییر قیمت را در محاسبه کشش متقاطع را در نظر می‌گیرند. مقادیر محاسبه شده کشش‌های جانشینی موریشیما در جدول ۳ آمده است. در نقطه‌ی میانگین داده‌ها، نهاده‌های برق و نفت‌گاز و همچنین نفت‌سفید و نفت‌گاز جانشین یکدیگر هستند. به طوری که با افزایش قیمت هر کدام از این نهاده‌ها، بنگاه‌های بخش کشاورزی نهاده انرژی دیگری را جایگزین می‌کنند. به علاوه تمامی کشش‌های موریشیمای آن‌ها معنادارند. با کمی دقت در مقدار عددی این کشش‌ها درمی‌یابیم که σ_{12}^{m} بزرگتر از σ_{21}^{m} است. این نشان می‌دهد که میزان جانشینی برق به جای نفت‌گاز بیشتر از جانشینی نفت‌گاز به جای برق است. به عبارتی اگر قیمت نفت‌گاز افزایش یابد، مصرف‌کنندگان با حساسیت بیشتری برق را جایگزین آن می‌کنند و این حساسیت در مورد افزایش قیمت برق به مراتب کمتر است. به طور مشابه درمورد رابطه‌ی دو نهادده‌ی نفت‌سفید و نفت‌گاز می‌توان گفت که اگرچه هر دو جایگزین دیگری می‌شوند، میزان جانشینی نفت‌سفید به جای نفت‌گاز بیشتر از نفت‌گاز به جای نفت‌سفید است. به عبارتی اگر قیمت نفت‌گاز افزایش یابد، مصرف‌کنندگان با حساسیت بیشتری نفت‌سفید را جایگزین آن می‌کنند و در هنگام افزایش قیمت نفت‌سفید این حساسیت جانشینی کمتر است. علت آن این دلیل است که کشش موریشیمای σ_{32}^{m} کمی بزرگتر از σ_{23}^{m} است.

اما رابطه‌ی برق و نفت‌سفید قدری پیچیده است. این پیچیدگی از این رو است که مقدار عددی σ_{13}^{m} منفی و در سطح معناداری ۱۰ درصد معنادار است، که نشان می‌دهد نهاده‌ی نفت‌سفید مکمل برق است. در حالی که کشش σ_{31}^{m} مثبت اما به لحاظ آماری بی‌معنی است. به این معنی که با افزایش قیمت برق، نسبت تقاضای نفت سفید به برق تغییری نمی‌کند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

جدول ۳. کشش‌های جانشینی موریشیما برق، نفت‌گاز و نفت‌سفید در بخش کشاورزی در نقطه میانگین داده‌ها

نهاده‌ی iام	σ_{i1}^{m}	σ_{i2}^{m}	σ_{i3}^{m}
۱		۰,۳۲۶ (۰,۰۹۳)*	−۰,۰۲۱ (۰,۰۱۱)**
۲	۰,۱۰۳ (۰,۰۴۷)*		۰,۲۰۰ (۰,۰۵۵)*
۳	۰,۰۱۰ (۰,۰۱۳)	۰,۲۹۴ (۰,۰۷۹)*	

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده‌ی خطای انحراف میانگین است. * نشان‌دهنده‌ی معناداری در سطح خطای ۵ درصد و ** در سطح خطای ۱۰ درصد است. اعداد ۱، ۲ و ۳ به ترتیب بیانگر نهاده‌های برق، نفت‌گاز و نفت‌سفید هستند.

۶-۲- نتایج برآورد کشش‌ها در هر نقطه داده

از جمله مزیت‌های استفاده از توابع انعطاف‌پذیر در این است که می‌توان انواع کشش‌ها را در هر نقطه داده محاسبه کرد. در این قسمت به بررسی روند کشش‌های خودقیمتی و همچنین کشش‌های جانشینی موریشیما برای هریک از نهاده‌ها در هر نقطه داده در طول زمان با ارائه‌ی نمودارهای مربوطه می‌پردازیم و بنا بر اهداف تحقیق از ارائه‌ی روند کشش‌های متقاطع تقاضا و کشش‌های درآمدی اجتناب می‌کنیم.

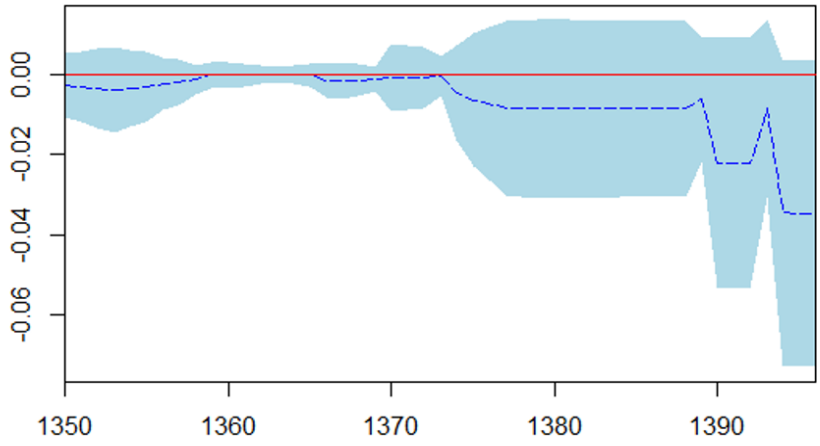
کشش‌های خودقیمتی

در بررسی روند *کشش خودقیمتی نهاده‌ی برق* در بخش کشاورزی، همانطور که در نمودار ۲مشاهده می‌شود، هرچند که خط افقی صفر به طور کامل در داخل بازه‌ی فواصل اطمینان قرار گرفته و باعث شده این کشش را در طول دوره‌ی مورد بررسی به لحاظ آماری متفاوت از صفر ندانیم، اما همین مقدار نیز نوساناتی داشته است. برای مثال مشاهده می‌کنیم که در سال ۱۳۹۰ و همزمان با اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، مقدار قدرمطلق این عدد افزایش داشته است که نشان می‌دهد متقاضیان این نهاده با افزایش قیمت آن، حساسیت مصرف خود را افزایش داده‌اند. همچنین روند تغییرات این

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

کشش بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، روند یکسان و با ثباتی نبوده است به طوری که از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ عدد مشخصی را نشان می‌دهد اما در ۱۳۹۳ نمودار روند صعودی به خود می‌گیرد که نشان دهنده‌ی کاهش حساسیت قیمتی است و از سال بعد به روند نزولی گذشته باز می‌گردد. به نظر می‌رسد که علت این تغییرات عدم افزایش تدریجی قیمت نهاده‌ها بعد از اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها است. طبق قانون، قیمت نهاده‌های انرژی می‌بایست طی پنج سال و تا پایان برنامه پنجم توسعه به تدریج افزایش می‌یافت به طوری که در انتهای سال پنجم این قیمت‌ها حداقل به اندازه‌ی ۹۰ درصد قیمت فوب[1] خلیج فارس باشد. اما در عمل افزایش همه‌ی قیمت‌ها به صورت تدریجی اتفاق نیفتاده است. در واقع قیمت نفت‌گاز و نفت‌سفید به صورت پلکانی افزایش یافته است؛ قیمت نفت‌سفید در بخش کشاورزی از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ و سپس از ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶ و همچنین قیمت نفت‌گاز سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ و بعد از آن از ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ ثابت بوده است. این در حالی است که قیمت برق مصرفی این بخش در دوره‌ی پس از هدفمندی یارانه‌ها، هرگز ثابت نبوده است. لذا یک دلیل برای رفتار این نمودار می‌تواند اثرات جانشینی بین این سوخت‌ها باشد که صحت آن را با در نظر گرفتن کشش‌های جانشینی موریشیما خواهیم سنجید.

نمودار ۲. کشش خودقیمتی برق در هر نقطه داده (η_{11})



توجه: خط افقی نشان‌دهنده‌ی خط صفر و مناطق هاشور خورده فضای فاصله اطمینانی با یک خطای معیار است.

1. Free On Board (FOB)

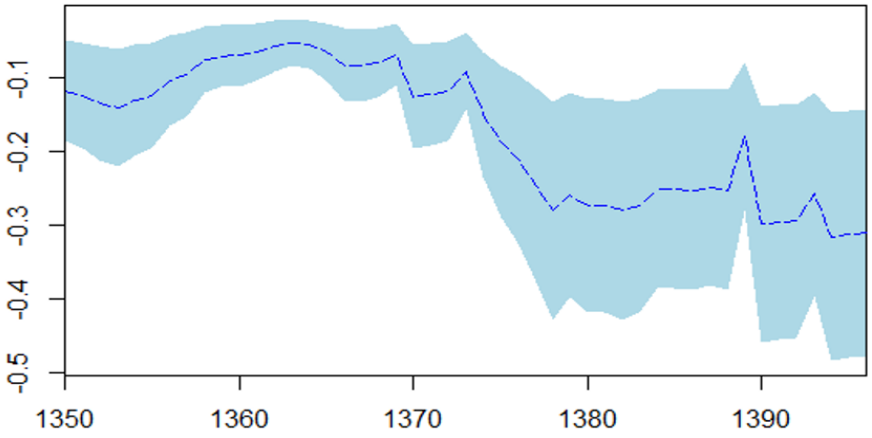
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

کشش خودقیمتی نهاده‌ی نفت‌گاز، همان‌طور که در نمودار ۳ مشاهده می‌کنید، در طول دوره‌ی مورد بررسی منحنی η_{22} و فواصل اطمینان آن هرگز خط افقی صفر را قطع نکرده‌اند که نشان می‌دهد مقادیر محاسبه شده برای این کشش در تمامی نقاط به لحاظ آماری معنادار هستند. با دنبال کردن روند این منحنی در می‌یابیم که مقدار قدرمطلق آن در دهه‌ی هفتاد افزایش چشمگیری داشته و روند نمودار نزولی بوده است. به عبارتی در این دهه، حساسیت مصرف‌کنندگان نفت‌گاز در بخش کشاورزی افزایش یافته است. در این دهه و همزمان با اجرای برنامه‌های اول و دوم توسعه بعد از انقلاب، توجه ویژه‌ای به بخش کشاورزی صورت گرفت و علاوه بر سرمایه‌گذاری دولت، تسهیلات و اعتبارات بانکی نیز به این بخش اعطا شد (افراخته و همکاران، ۱۳۹۲). به علاوه در اواخر دهه‌ی هفتاد سیاست صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی با برق‌دارکردن موتور تلمبه‌های چاه‌های آب کشاورزی که پیش از این از نفت‌گاز استفاده می‌کردند، اتخاذ شد (ترازنامه انرژی، ۱۳۸۰). این امر باعث کاهش مصرف نهاده‌ی نفت‌گاز و امکان جایگزینی بیشتر آن با برق و درنتیجه افزایش حساسیت متقاضیان نسبت به قیمت آن شده است.

به راحتی می‌توان اثرگذاری طرح هدفمندی یارانه‌ها را نیز در این نمودار مورد بررسی قرار داد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در سال ۱۳۹۰ مقدار عددی η_{22} به صورت قدرمطلق به بالاترین میزان خود تا آن زمان رسیده است. یعنی هدفمندی یارانه‌ها توانسته است حساسیت متقاضیان را تحریک کند و میزان مصرف آن‌ها و صرفه‌جویی حاصل از آن را تحت تاثیر قرار دهد. اما ادامه‌ی این سیاست به گونه‌ای بوده است که تداوم این روند نزولی در نمودار و افزایش در میزان حساسیت قیمتی را به دنبال نداشته است. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود کشش خودقیمتی نفت‌گاز از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ ثابت بوده و حتی در سال ۱۳۹۳ به لحاظ قدرمطلق کاهش داشته است. علت آن را می‌توان به سادگی در ثابت بودن قیمت این نهاده‌ها در این سال‌ها، برخلاف اصل سیاست هدفمندی، جست‌وجو کرد. مجددا در سال ۱۳۹۴ منحنی به افزایش قیمت نفت‌گاز واکنش نشان داده و شاهد افزایش حساسیت قیمتی هستیم.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

نمودار ۳. کشش خودقیمتی نفت‌گاز در هر نقطه داده (η_{22})



توجه: مناطق هاشور خورده فضای فاصله اطمینانی با یک خطای معیار است.

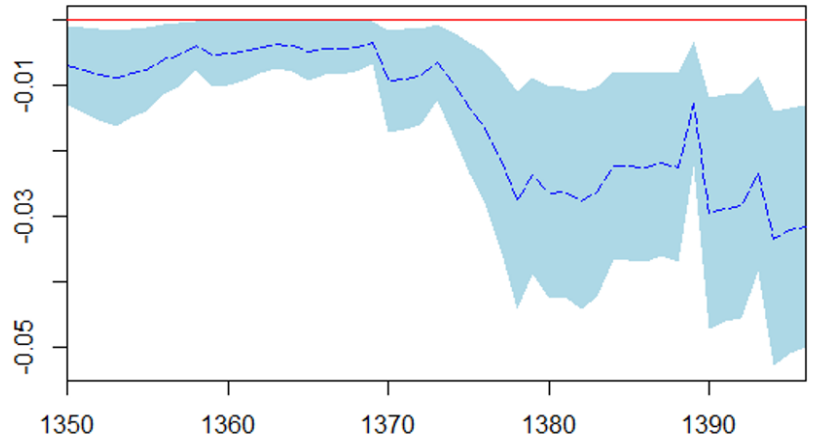
نمودار ۴ روند *کشش خودقیمتی نهاده‌ی نفت سفید* را به همراه فواصل اطمینان آن نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که فواصل اطمینان در بازه‌ی قبل از سال ۱۳۷۰ عموما مماس بر خط صفر هستند. این امر باعث شده است تا مقادیر کشش مربوط به سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۶۹ را از لحاظ آماری معنادار ندانیم. لذا در این بخش به بررسی روند این کشش در فاصله‌ی زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۶ می‌پردازیم.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، روند این نمودار در سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ نزولی بوده است که نشان می‌دهد در این سال‌ها مقدار عددی کشش خودقیمتی نفت سفید به صورت قدرمطلق افزایش داشته یا به عبارتی حساسیت متقاضیان بخش کشاورزی نسبت به قیمت این نهاده رو به افزایش بوده است. با مرور داده‌های مربوط به قیمت نفت سفید در بخش کشاورزی در می‌یابیم که قیمت این نهاده در این بازه به شدت افزایشی بوده است به طوری که از ۱۵ ریال به ازای هر لیتر در سال ۱۳۷۳ به ۱۰۰ ریال بر لیتر در سال ۱۳۷۸ رسیده است یعنی معادل ۵۶۶/۶ درصد افزایش. مشابه بازه‌ی قبل در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ نیز به دنبال افزایش ۴۵/۴ درصدی قیمت (از ۱۱۰ ریال بر لیتر در سال ۱۳۷۹ به ۱۶۰ ریال بر لیتر در سال ۱۳۸۳) شاهد افزایش حساسیت قیمتی و روند نزولی نمودار هستیم.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

در بازه‌ی بعدی یعنی در طول سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ ابتدا یک روند ثابت و سپس صعودی در سال ۱۳۸۹ دیده می‌شود. به این معنا که حساسیت قیمتی نفت سفید برای چهار سال تقریبا ثابت بوده و در سال ۱۳۸۹ کاهش یافته است. علت آن در این است که در این سال‌ها قیمت نفت سفید تغییری نکرده است و این باعث شده مصرف‌کننده بعد از چهار سال حساسیت خود را نسبت به قیمت این نهاده از دست بدهد. در انتها با در نظر گرفتن روند کشش خودقیمتی نفت سفید در بازه‌ی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶، به بررسی اثر هدفمندی یارانه‌ها بر حساسیت قیمتی این نهاده می‌پردازیم. همان‌طور که در نمودار ۳-۶ مشاهده می‌شود در سال ۱۳۹۰ همزمان با افزایش ۵۰۶ درصدی قیمت نفت سفید به بهانه‌ی هدفمندی یارانه‌ها، قدرمطلق کشش قیمتی این نهاده افزایش شدیدی داشته است. اما ملاحظه می‌شود که همانند آن‌چه در مورد دو نهاده‌ی دیگر نیز گفته شد، این روند نزولی در نمودار با ثبات نبوده و فراز و فرودهایی داشته است که علت آن نیز ثابت ماندن قیمت برخی نهاده‌ها و عدم تغییر تدریجی آن‌ها بوده است.

نمودار ۴. کشش خودقیمتی نفت سفید در هر نقطه داده (η_{33})



توجه: خط افقی نشان‌دهنده‌ی خط صفر و مناطق هاشور خورده فضای فاصله اطمینانی با یک خطای معیار است.

کشش‌های جانشینی موریشیما

در این قسمت به بررسی رابطه‌ی نهاده‌ی برق و هر یک از دو نهاده‌ی نفت گاز و نفت سفید در طول دوره‌ی ۱۳۵۰– ۱۳۹۶ می‌پردازیم. نمودار ۵ رابطه‌ی بین دو نهاده‌ی *برق و نفت گاز* را با استفاده از کشش‌های جانشینی موریشیما بین آن‌ها نشان می‌دهد. در سمت راست،

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

نمودار ۵-الف بیان می‌کند که کشش موریشیمای σ_{12}^{m} نشان می‌دهد که یک درصد تغییر در قیمت نفت‌گاز نسبت تقاضای برق به نفت‌گاز را چگونه تغییر می‌دهد. این کشش در طول بازه‌ی مورد بررسی همواره مثبت و از لحاظ آماری معنادار است. بنابراین مصرف‌کنندگان این بخش، برق را جایگزین مناسبی برای نفت‌گاز می‌دانند. به علاوه مشخص است که شدت این جانشینی در دوره‌ی ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ بیشتر شده است. علت این امر را می‌توان در سیاست‌های اتخاذ شده در این دوره جویا شد. در این دوره، همزمان با اجرای برنامه‌های اول تا سوم توسعه‌ی بعد از انقلاب، توجه ویژه‌ای به بخش کشاورزی صورت گرفت و علاوه بر سرمایه‌گذاری دولت، تسهیلات و اعتبارات بانکی نیز به این بخش اعطا شد (افراخته و همکاران ۱۳۹۲). به علاوه در اواخر دهه‌ی ۱۳۷۰ سیاست صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی با برق‌دارکردن موتور تلمبه‌های چاه‌های آب کشاورزی که پیش از این از نفت‌گاز استفاده می‌کردند، اتخاذ شد (ترازنامه انرژی،۱۳۸۰). این امر باعث کاهش مصرف نهاده‌ی نفت‌گاز و امکان جایگزینی بیشتر آن با برق و در نتیجه افزایش کشش جانشینی برق به جای نفت‌گاز شده‌است. از سویی دیگر افزایش قیمت این نهاده در بازه‌ی ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸ نیز بر روند کشش جانشینی برق به جای نفت‌گاز تاثیرگذار بوده و شاهد شدت گرفتن جانشینی برق و نفت‌گاز در این دوره هستیم.

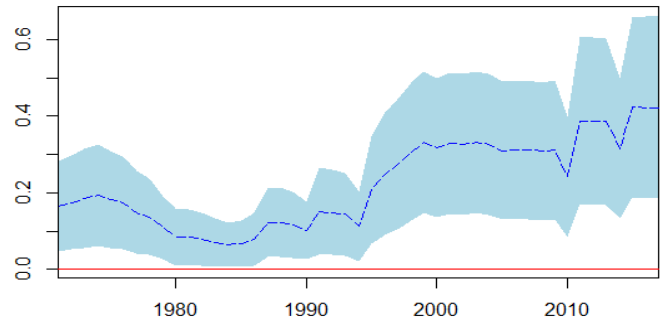
همچنین می‌توان اثر هدفمندسازی یارانه‌ها و تغییرات غیرهموار قیمت نهاده‌ها از سال ۱۳۹۰ به بعد را در این نمودار مشاهده کرد. مشخص است که این برنامه باعث افزایش جانشینی در سال ۱۳۹۰ شده است که به این معنا است که در این سال شدت جانشینی برق به جای نفت گاز افزایش یافته است. با این حال این شدت جانشینی بعد از سال ۱۳۹۰ به علت این که نسبت قیمت نفت گاز به برق بعد از سال ۱۳۹۰ همواره افزایشی نبوده است، قدری کمرنگ‌تر شده است.

منحنی ۵-ب اثر یک درصد تغییر در قیمت برق را بر نسبت تقاضای نفت گاز و برق(x_2/x_1) نشان می‌دهد. هرچند که این مقدار مثبت گویای تلاش برای جانشینی نفت گاز به جای برق است، اما از نظر آماری به جز در دو دوره‌ی ۱۳۹۰- ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴-۱۳۹۶ معنادار نیست. در آخر، با مقایسه‌ی نمودارهای الف و ب در می‌یابیم که برق جانشین بهتری برای نفت گاز است چرا که مقدار عددی σ_{12}^{m} در طول دوره همواره از مقدار عددی σ_{21}^{m} بزرگتر بوده است.

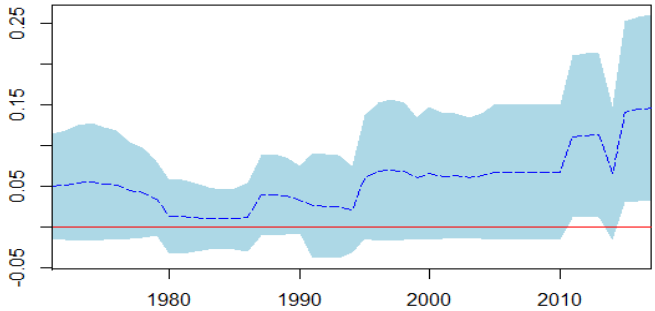
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

نمودار ۵. کشش‌های جانشینی موریشیما بین برق و نفت‌گاز در هر نقطه داده

۵-الف) کشش جانشینی موریشیما بین برق و نفت‌گاز σ_{12}^{m}



۵-ب) کشش جانشینی موریشیما بین نفت‌گاز و برق σ_{21}^{m}



توجه: خط افقی نشان‌دهنده‌ی خط صفر است و فضای هاشور خورده فضای فاصله اطمینانی با یک خطای معیار را نشان می‌دهد.

نمودار ۶ رابطه‌ی بین دو نهاده‌ی *برق و نفت سفید* را از طریق کشش جانشینی موریشیما نشان می‌دهد. قسمت الف این نمودار اثر تغییر قیمت نفت سفید بر نسبت تقاضای برق به نفت سفید (x_1/x_3) را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، این کشش (σ_{13}^{m}) در طول دوره رابطه‌ی مشخص و ثابتی را بین دو نهاده نمایش نمی‌دهد، به طوری که مقدار آن از ابتدای دوره تا سال ۱۳۷۵ مثبت است که نشان می‌دهد در این زمان برق جانشین خوبی برای نفت سفید بوده است، اما از این سال به بعد این عدد کوچکتر از صفر شده و این نهاده نقش مکمل در کنار نفت سفید را به خود می‌گیرد. همچنین نحوه‌ی قرارگیری خط افقی صفر و فواصل اطمینانی به گونه‌ای است که این کشش را تنها در بازه‌ی ۱۳۹۴-۱۳۹۶ معنادار بدانیم.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

اما علت این تغییر رفتار نمودار در سال ۱۳۷۵ در چیست؟ با نگاهی به میزان مصرف این دو نهاده در بخش کشاورزی در بازه‌ی تحقیق، آن‌چنان که در نمودار ۱ آمده است، درمی‌یابیم که از ابتدای دوره میزان مصرف برق همواره صعودی بوده اما میزان مصرف نفت سفید در سال ۱۳۶۴ به اوج خود رسیده و پس از آن روند نزولی خود را آغاز کرده است. رابطه‌ی مصرف این دو نهاده به نحوی است که از سال ۱۳۷۳ به بعد میزان مصرف نفت سفید کمتر از برق بوده است. در حوالی همین سال است که نقش برق در مقابل نفت سفید از جانشین بودن به مکمل بودن تغییر پیدا کرده است. نفت سفید یا پارافین عمدتا به منظور مصارف گرمایشی و روشنایی در مکان‌هایی که دسترسی به برق یا گاز طبیعی وجود ندارد استفاده می‌شود به علاوه این نهاده به عنوان سوخت ماشین‌آلات کشاورزی نیز کاربرد دارد. به نظر می‌رسد نزولی شدن مصرف نفت سفید در بخش کشاورزی با برق‌دار شدن این مصرف‌کنندگان مرتبط بوده است. به طوری که قبلا آن‌ها از نفت سفید به منظور روشنایی و گرمایش استفاده می‌کردند که در نتیجه برق کارکرد جانشینی برای این نهاده داشته است. اما در دهه‌ی هفتاد و همزمان با توجه برنامه‌های اول و دوم توسعه به بخش کشاورزی، بسیاری از مناطق روستایی دسترسی به برق پیدا کرده و حالا برق به جای این‌که جانشینی برای نفت سفید باشد، درکنار آن به صورت نهاده‌ی مکمل استفاده می‌شود.

نمودار ۶-ب جانشینی نفت سفید در برابر برق را از طریق کشش موریشمای σ_{31}^{m} نشان می‌دهد. با وجود این که این نمودار رابطه‌ی معناداری را به لحاظ آماری ارائه نمی‌دهد، بار دیگر شاهد تغییر رفتار مصرفی هستیم. تا قبل از سال ۱۳۷۵، نفت سفید به عنوان مکمل برای برق عمل می‌کند، چرا که کشش موریشیمای σ_{31}^{m} در این بازه کوچکتر از صفر است. اما پس از سال ۱۳۷۵، مقدار کشش مثبت شده و نقش مکملی نفت سفید برای برق به نقش جانشینی تبدیل می‌شود. مشابه قسمت قبل، می‌توان گفت که این تغییر نقش به علت افزایش دسترسی تولیدکنندگان بخش کشاورزی به برق در دهه‌ی ۱۳۷۰ بوده است. در بازه‌ی ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۵ تولیدکنندگانی که دسترسی به نهاده‌ی برق نداشته‌اند از نفت سفید برای مصارف روشنایی و گرمایش استفاده می‌کرده‌اند. لذا در این دوره برق و نفت سفید در کنار یکدیگر کل نیاز روشنایی و گرمایش در بخش کشاورزی را تأمین کرده و نفت سفید مکمل برق بوده است. اما با برق‌دار شدن این تولیدکنندگان، رابطه‌ی این دو نهاده نیز تغییر کرده است. به طوری که در سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۰ کشش موریشیمای σ_{31}^{m}

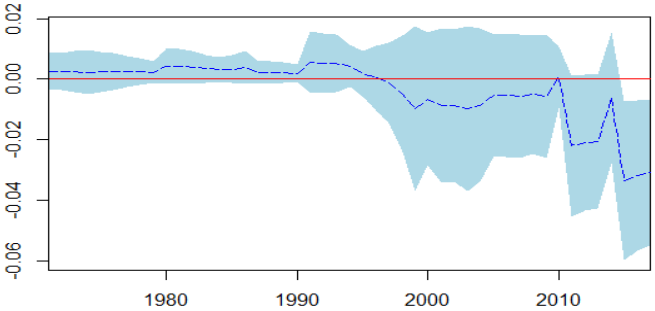
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

نشان‌دهنده‌ی نقش جانشینی نفت سفید برای برق است.علت این امر آن است که حالا تولیدکنندگان این بخش هم برق و هم نفت سفید در دسترس خود دارند و با تغییرات قیمت برق می‌توانند نفت سفید را جانشین آن کنند.

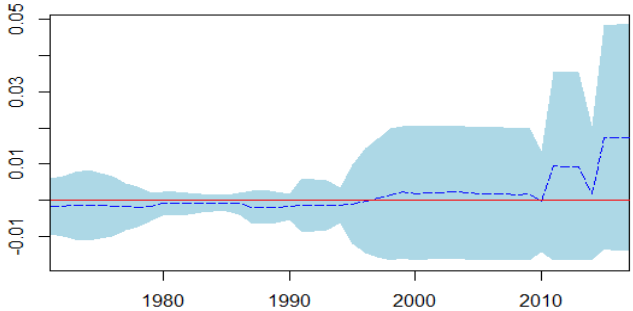
به علاوه اثر سیاست هدفمند کردن یارانه‌ها در سال ۱۳۹۰ را در هر دو نمودار الف و ب در نمودار ۶ می‌توان به وضوح دید. در واقع این سیاست در هر دو نمودار باعث تغییر ناگهانی و یا پرش، به صورت صعودی یا نزولی، شده است. همچنین اثر افزایش غیرهموار و پلکانی قیمت نهاده‌ها پس از سال ۱۳۹۰ را نیز می‌توان در هر دو نمودار به صورت از کاهش حساسیت مصرف‌کننده مشاهده کرد. در نهایت، با مقایسه‌ی دو نمودار می‌توان ادعا کرد که نهاده‌ی برق بیشتر نقش جانشینی برای نفت سفید را دارد، نه نقش مکملی.

نمودار ۶. کشش‌های جانشینی موریشیما بین برق و نفت سفید

۶-الف) کشش جانشینی موریشیما بین برق و نفت سفید σ_{13}^{m}



ب) کشش جانشینی موریشیما بین نفت سفید و برق σ_{31}^{m}



توجه: خط افقی نشان‌دهنده‌ی خط صفر است و فضای هاشور خورده فضای فاصله اطمینانی با یک خطای معیار را نشان می‌دهد.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

۷- نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از تابع هزینه‌ی نرمال درجه دوم و لم شفارد به مدل‌سازی توابع تقاضای برق، نفت‌گاز و نفت سفید در بخش کشاورزی پرداخته و پس از بررسی شرایط نظام‌مندی اقتصاد خرد و اعمال شرط انحناء، انواع کشش‌های قیمتی، درآمدی و جانشینی موریشیما را در نقطه‌ی میانگین داده‌ها و همچنین در هر نقطه داده طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۶ به‌دست آوردیم. نتایج ما نشان می‌دهد که برق نهاده‌ای کاملا ضروری در بخش کشاورزی است و جانشینی نفت‌گاز و نفت سفید به جای آن بسیار ضعیف است. در نتیجه تأمین برق برای این بخش بسیار مهم است. از طرفی این نهاده نسبت به قیمت کاملا بی‌کشش است. در نتیجه اجرای سیاست قیمتی نمی‌تواند باعث کاهش مصرف و افزایش چشمگیر صرفه‌جویی در مصرف آن شود.

نفت‌گاز نیز در بخش کشاورزی نهاده‌ای ضروری است که به خوبی می‌توان آن را با برق و یا نفت سفید جایگزین کرد. البته شدت جانشینی برق به جای نفت‌گاز بیشتر از نفت سفید به جای آن بوده است. از سوی دیگر این نهاده با وجود بی‌کشش بودن، بالاترین کشش قیمتی را بین این سه نهاده دارد که نشان می‌دهد سیاست قیمتی درمورد کاهش مصرف آن هرچند کم، اما می‌تواند موثر باشد. نفت سفید هم در این بخش نهاده‌ای ضروری محسوب می‌شود که می‌توان آن را با نفت‌گاز جایگزین کرد. این نهاده نیز بی‌کشش بوده و حساسیت قیمتی پایینی دارد. در نتیجه سیاست قیمتی نمی‌تواند باعث صرفه‌جویی چشمگیری در مصرف آن بشود.

در انتها با بررسی روند کشش‌های خودقیمتی و جانشینی موریشیما در بخش ۲-۶ دیدیم که چگونه سیاست هدفمندی یارانه‌ها توانسته تمامی حساسیت‌های قیمتی و جانشینی را افزایش دهد؛ اما نحوه‌ی اجرای آن باعث ایجاد نوساناتی در این حساسیت‌ها شده است. به طوری که وقتی برای چند سال متوالی قیمت یک نهاده ثابت می‌ماند حساسیت‌های قیمتی و جانشینی مربوط به آن نهاده و حتی نهاده‌های دیگر کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه محصول ثبات در قیمت نهاده‌ها چیزی جز بی‌توجهی به مصرف آن‌ها نیست و بهتر است که قیمت‌ها به قیمت‌های بازاری همگرا شوند تا مصرف این نهاده‌ها بهینه شود.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

منابع

- اعظم‌زاده‌شورکی، مهدی، خلیلیان، صادق و مرتضوی، ابوالقاسم (۱۳۹۱). بررسی کشش متقاطع و کشش جانشینی تقاضای نهاده‌ی انرژی در بخش کشاورزی. اقتصاد کشاورزی و توسعه، دوره ۲۰، شماره ۸۰.
- افراخته، حسن، حجبی‌پور، حسن، گرزین، مریم و نجاتی، بهناز (۱۳۹۲). جایگاه توسعه پایدار کشاورزی در برنامه‌های توسعه‌ی ایران (مورد: برنامه‌های پنج ساله پس از انقلاب). فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان. دوره ۱، شماره ۱، ۴۳-۶۲.
- آماده، حمید (۱۳۹۲). تحلیل تقاضای انرژی در بخش کشاورزی ایران. فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، دوره ۲، شماره ۸، ۲۱–۴۳.
- بخشایش، مطهره و یزدانی، سعید (۱۳۹۴). برآورد تابع تقاضای حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی ایران. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۴۶، شماره ۲، ۳۳۴–۳۲۷.
- علی‌پور، علی‌رضا، موسوی، سید حبیب‌الله و خلیلیان، صادق (۱۳۹۳). آزادسازی قیمت حامل‌های انرژی در ایران، یک تهدید یا فرصت برای بخش کشاورزی!؟ فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، دوره ۳، شماره ۱۱، ۲۳۸–۲۱۹
- منظور، داود و جدیدزاده، علی(۱۳۹۱). محدودیت های نظام مندی در سیستم های توابع تقاضای انعطاف پذیر: مطالعه ی موردی تقاضای انرژی بخش خانگی کشور. فصلنامه تحقیقات اقتصادی، دوره ۴۷، شماره ۳.
- Barnett, W.A. (2002). “Tastes and Technology: Curvature is not Sufficient for Regularity.” Journal of Econometrics, 108: 199–202
- Blackorby, C. and R.R. Russell (1989). Will the Real Elasticity of Substitution Please Stand Up? American Economic Review, 79, 882–888.
- Chang, D. & Serletis, A. (2014). The Demand for Gasoline: Evidence from Household Survey Data. Journal of Applied Econometrics, 29, 291–313 .
- Diewert, W. E. & Wales, T. J. (1987). Flexible Functional Forms and Global Curvature Conditions. Econometrica, 55(1), 43–68.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

- Diewert, W. E., & Fox, K. J. (2009). The normalized quadratic expenditure function. In quantifying consumer preferences. Emerald Group Publishing Limited.
- Feng, G. and A. Serletis (2008). Productivity Trends in U.S. Manufacturing: Evidence from the NQ and AIM Cost Functions. Journal of Econometrics 142, 281–311 .
- Jadidzadeh, A. & Serletis, A. (2016). Sectoral Interfuel Substitution in Canada: An Application of NQ Flexible Functional Forms. Energy Journal, 37(2), 181–199 .
- Lin, B., & Atsagli, P. (2017). Inter-fuel substitution possibilities in South Africa: A translog production function approach. Energy, 822–831 .
- Moshiri, S. (2013). Energy price reform and energy efficiency in Iran. SSRN.
- Park, S.Y. & Zhao, G. (2010). An Estimation of U.S. Gasoline Demand: A Smooth Time-varying Cointegration Approach. Energy Economics, 32(1), 110–120.
- Serletis, A. (2007). The demand for money: Theoretical and empirical approaches. Springer Science & Business Media.
- Serletis, A. Timilsina, G. R. & Vasetsky, O. (2010 a). Interfuel Substitution in the United States. Energy Economics, 32(3), 737–745 .
- Serletis, A. Timilsina, G. R. & Vasetsky, O. (2011). International Evidence on Aggregate Short-run and Long-run Interfuel Substitution. Energy Economics, 33(2), 209–216.
- Serletis, A., Timilsina, G. R., & Vasetsky, O. (2010 b). International evidence on sectoral interfuel substitution. The Energy Journal, 31(4).
- Shephard, R.W. (1953). Cost and Production Functions. Princeton: Princeton University Press.
- Xie, C., & Hawkes, A. D. (2015). Estimation of inter-fuel substitution possibilities in China’s transport industry using ridge regression. Energy, 88, 260–267 .

Ziramba, E. (2010). Price and Income Elasticities of Crude Oil Import Demand in South Africa: A Cointegration Analysis. Energy Policy, 38(12), 7844–7849.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-01-30]

Modeling Agricultural Sector Energy Demand in Iran: An Application of Normalized Quadratic Functional Form

Ali Jadidzadeh [1]
Assistant Professor, University of Tehran, jadidzadeh@ut.ac.ir

Zahra Kharrati
PH.D Student, Economic Faculty University of Tehran, zkharrat@uwo.ca

Received: 2023/06/14 Accepted: 2023/08/27

Abstract

In this paper, we employ the locally flexible normalized quadratic (NQ) cost function to estimate the demand for electricity, gasoil, and kerosene in the agricultural sector of Iran. We use the price and quantity of the forenamed energy resources being consumed in the agricultural sector between the years 1971 to 2017. To provide credible results, consistent with microeconomic theories, we examine and impose the regularity conditions, namely, we examine the positivity and monotonicity of the cost function and impose curvature. We find that own-price elasticities are negative, income elasticities are positive, and Morishima elasticities of substitution are in general positive, and all elasticities are generally statistically significant. An exception is electricity which does not provide statistically significant own-price and income elasticities and cannot easily be replaced by the other energy inputs.

JEL Classification: Q10, Q41, D20.
Keywords: Flexible Functional Forms, Normalized Quadratic Cost Function, Energy Demand, Curvature Conditions.

1. Corresponding Author

[Downloaded from iesj.ir on 2026-01-30]