مجله‌ی بررسی‌های آمار رسمی ایران
سال ۳۶، شماره‌ی ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، صص ۴۳۹ –۴۷۸

نحوه محاسبه فرض واردات رقابتی و غیر رقابتی در سنجش ردپای آب در بخش‌های مختلف اقتصاد

حبیب انصاری سامانی[†,*]، فرشته نفر[†] و امیر حسین خطائی داینی[‡]

[†] دانشگاه یزد

[‡] دانشگاه علامه طباطبائی

چکیده. کشور ایران با قرارگرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک اقلیمی، سال‌های طولانی است که با کمبود منابع آب مواجه است. این موضوع در دهه‌های گذشته با افزایش برداشت منابع آبی تجدیدپذیر، به یک مساله جدی تبدیل شده و ضرورت برنامه‌ریزی و سیاستگذاری صحیح حوزه آب را بیش از پیش نمایان ساخته است. به منظور اتخاذ سیاست‌های بهینه در این حوزه لازم است که درک صحیح و روشن‌بینانه‌ای از منابع و مصارف آب در کشور ایجاد شود. بر این اساس از آنجا که حجم قابل ملاحظه‌ای از این منبع طبیعی برای تولید محصولات اقتصادی استفاده می‌شود، بررسی چگونگی مصرف آب در سیستم اقتصادی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این راستا پژوهش حاضر به بررسی نحوه محاسبه فرض واردات رقابتی و غیر رقابتی در سنجش ردپای آب در بخش‌های مختلف اقتصاد پرداخته است بدین منظور ابتدا مبانی نظری الگوهای واردات رقابتی و واردات غیررقابتی به طور مقایسه‌ای مورد بررسی قرار گرفت سپس متناسب با آن و به منظور شناخت بیشتر از کارکردهای دو الگوی رقابتی و غیررقابتی در سیاستگذاری و برنامه‌ریزی، مثال عددی فرض سه بخشی به صورت گام به گام مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج حاصله مقادیر مربوطه جهت مصرف آب مستقیم و مستقیم و غیرمستقیم هریک از بخش‌های اقتصادی در دو الگوی واردات رقابتی و غیررقابتی را نشان داد. میزان مصرف آب داخلی کل اقتصاد (با تفکیک واردات در الگوی غیررقابتی با روش فرض تناسبی) در هر دو الگوی رقابتی و غیررقابتی یکسان شد. در الگوی

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۴، پذیرش:۱۴۰۴/۹/۱۶.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

غیررقابتی، واردات به دو جزء واردات نهایی و واردات واسطه‌ای تجزیه شد که واردات واسطه‌ای خود به دو جزء واردات واسطه‌ای در تأمین تولید داخل و واردات واسطه‌ای در تأمین صادرات تجزیه گردید. در الگوی غیررقابتی نشان داده شد که مصرف آب در تأمین صادرات در الگوی رقابتی تماماً منشأ داخلی ندارد؛ بلکه بخشی از آن را مصرف آب داخلی در تأمین صادرات و بخش دیگری از آن را مصرف آب واردات واسطه‌ای در تأمین صادرات تشکیل می‌دهد.

واژگان کلیدی: جدول داده-ستانده متعارف، واردات رقابتی، جدول داده-ستانده داخلی، واردات غیررقابتی، ردپای آب، تجارت در کارکرد.

۱- مقدمه

شاخص‌های سنتی که به منظور بیان وضعیت منابع آب و میزان کمبود آن در یک منطقه به کار می‌روند شامل مواردی از جمله کل حجم و سرانه منابع آب تجدیدپذیر، درصد برداشت از این منابع در یک دوره خاص، آب مورد نیاز برای تولید کالای(کالاهای) خاص و سایر موارد مشابه هستند. این شاخص‌ها عمدتا بر میزان ذخایر آب داخلی یک کشور تاکید کرده و حجم آبی که به واسطه تجارت کالاها و خدمات را که بین یک کشور و سایر مناطق جهان مبادله می‌شود، نادیده می‌گیرند. این نوع استفاده از آب توسط مفهومی موسوم به آب مجازی بیان می‌شود. در سال‌های اخیر پژوهشگران با کاربرد مدل داده-ستانده در سنجش ردپای آب، توانسته‌اند اثرات غیرمستقیم مصرف بر روی منابع آب را نیز به حساب آورده و از این طریق گام دیگری در تکمیل ویژگی‌های مثبت این شاخص برداشته‌اند. از جنبه نظری، مفهوم ردپای آب نشان داده است که مدل‌های داده-ستانده ظرفیت قابل ملاحظه‌ای در تکمیل سایر روش‌های محاسباتی و توسعه قابلیت‌هایی از جمله محاسبه حجم تبادل آب مجازی بین مناطق دارند؛ لذا در این پژوهش به بررسی نحوه محاسبه فرض واردارت رقابتی و غیر رقابتی در سنجش ردپای آب در بخش‌های مختلف اقتصاد می‌پردازیم.

مطالب این پژوهش در پنج بخش سازماندهی شده است. پس از بیان مقدمه، در بخش دوم مبانی نظری، شامل جایگاه واردات در نظام حسابداری کلان و بخشی و تفکیک واردات در جداول داده- ستانده تشریح شده است. بخش سوم به تشریح روش‌شناسی پژوهش که ساختار کلی جداول رقابتی و غیررقابتی در سنجش ردپای آب را مورد بررسی

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

قرار می‌دهد؛ پرداخته شده است. سپس به منظور فهم بیشتر روش‌شناسی بیان شده، مثال عددی در قالب یک اقتصاد فرضی سه بخشی در بخش چهارم ارائه شده و در انتها به جمع‌بندی و مشاهدات حاصل از پژوهش پرداخته شده است.

۲- مبانی نظری

۲-۱- جایگاه واردات در نظام حسابداری کلان

در طرف تولید حساب‌های ملی، **GDP** را می‌توان به عنوان مخارج کل انجام شده روی محصول نهایی اندازه گرفت، که عبارتند از: مصرف (فروش کالاها و خدمات نهایی به مصرف‌کنندگان)، سرمایه‌گذاری (فروش کالاها و خدمات نهایی به بنگاه‌ها برای سرمایه‌گذاری (به عنوان کالای واسطه و مواد اولیه مورد استفاده قرار نمی‌گیرد))، خریدهای دولت (واگذاری فروش کالاها و خدمات نهایی به دولت)، واردات و صادرات (تفاوت خرید و فروش از خارجیان)، که واردات در نظام حسابداری ملی با علامت منفی منظور می‌شود. براساس سیستم حساب‌های ملی (**SNA**)، واردات (**M**) شامل مخارج مصرف‌کننده(**C**)، خریدهای تجهیزات (**I**) و خریدهای دولت (**G**) می‌باشد.

$$GDP = C_d + I_d + G_d + X \qquad (۱)$$

خریدهای مصرف کنندگان از محصولات داخلی(**Cd**) ، معادل کل مخارج مصرف کننده (**C**)، منهای واردات کالاهای مصرفی (**Mc**) است. خریدهای سرمایه‌ای بنگاه‌ها از کالاهای سرمایه‌ای داخلی(**Id**)، معادل کل خریدهای تجهیزات (**I**)، منهای واردات کالاهای سرمایه‌ای (**Mi**) است و خریدهای دولت از محصولات داخلی (**Gd**) معادل کل خریدهای دولت (**G**) منهای خرید کالاها و به ویژه خدمات خارجی (نظیر هزینه سفارت‌خانه‌ها در خارج، هزینه نیروهای نظامی در خارج و ...)، **Mg**، است. همچنین صادرات (**X**) می‌تواند شامل مقادیری از واردات باشد که تحت عنوان صادرات مجدد طبقه‌بندی می‌شود. تولیدکنندگان، مواد اولیه و کالاهای واسطه‌ای را که خریداری می‌نمایند (چه در داخل و چه از طریق واردات) به کالایی برای مصرف نهایی یا فروش تبدیل کرده و ارزش مواد اولیه در کالای ساخته شده مستتر می‌شود، بنابراین واردات مواد اولیه و

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

کالاهای سرمایه‌ای برای تولید این کالاها در محاسبه تولید ناخالص ملی لحاظ نمی‌شوند. با توجه به قواعد حاکم بر اندازه‌گیری تولید ناخالص ملی، در نظام حسابداری کلان جایگاه واردات واسطه‌ای بیان نشده است (تنها شامل فروش کالاها و خدمات نهایی می‌باشد)، در حالی که نظام حسابداری بخشی در سطح بخش‌های اقتصادی مبادلات واسطه‌ای ذکر شده است. همچنین جدول‌های داده–ستانده ماهیت داخلی یا خارجی مبادلات واسطه‌ای و اجزای تقاضای نهایی برای هر دوی بخش‌های تولیدی و خدماتی را با در برگرفتن اطلاعات مربوط به تمام بخش‌های تولیدی و خدماتی، متمایز نموده است که در ادامه به طور مفصل ذکر شده است.

با توجه به توضیحات، می‌توان تخصیص دیگری از تولید کل را به صورت زیر ارائه نمود:

$$GDP = (C - M_c) + (I - M_i) + (G - M_g) + X = C + I + G + (X - M) \quad (۲)$$

که در آن **M** واردات کل است که از جمع **Mi**، **Mc** و **Mg** به دست می‌آید. بنابراین، با توجه به این که هدف محاسبه تولید ملی در سطح کلان است، مشخص نمی‌شود میزان **Mi**، **Mc** و **Mg** چقدر است و ماهیت و نوع واردات (**M**) چیست (شاکری، ۱۳۸۸).

۲-۲- جایگاه واردات در نظام حسابداری بخشی

در نظام حسابداری بخشی در مقایسه با صادرات در چارچوب جدول داده- ستانده، واردت به دو دلیل زیر پیچیده‌تر است، نخست آنکه ماهیت و جایگاه واردات در نظام حسابداری بایستی مشخص گردد واردات از نظر ماهیت به دو نوع رقابتی و غیر رقابتی تقسیم می‌شود. دوم با توجه به تمرکز در نظام حسابداری جدول داده – ستانده، با تفکیک وارداتی، واردات به دو گروه واردات واسطه‌ای و سایر واردات تقسیم می‌شود. در این نظام حسابداری جامعه دارای پنج حساب تولید، عوامل تولید، نهادها، انباشت و حساب دنیای خارج می‌باشد. سازماندهی و نحوه لحاظ کردن واردات به چهار شکل انجام می‌شود که عبارت است از:

حالت اول؛ واردات به صورت یک بردار ستونی با علامت منفی در ناحیه تقاضای نهایی: تفاسیر متفاوتی در این خصوص توسط پژوهشگران ارائه شده است که عبارتند از: الف)

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

ایجاد سازگاری و هماهنگی و ب) لحاظ کردن واردات به روش ضمنی با علامت منفی به معنی کسر میزان وارداتی می‌باشد که در ناحیه اول (ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی) و ناحیه دوم (تقاضای نهایی) جدول داده–ستانده وجود دارد. این کسر با فرض این که تمامی واردات رقابتی هستند امکان‌پذیر است. به این صورت کاملا جایگزین تولید داخلی می‌باشد. در چنین شرایطی در زمینه‌های مختلف اقتصادی تفکیک و تشخیص نقش واردات و مبادلات واسطه‌ای داخلی بی‌معنی است، چرا که چنین پایه‌های آماری ضرایب فزاینده تولید را جدا ار این که ماهیت داخلی یا وارداتی دارند استخراج می‌نمایند. اگر چه در چنین جداولی ماهیت واردات مشخص می‌شود اما همان‌گونه که در جدول ۱ مشخص است قابلیت طبقه‌بندی واردات واسطه‌ای، سرمایه‌ای و مصرفی را ندارد.

جدول ۱- واردات به صورت یک بردار ستونی با علامت منفی [۳]

تولید(ستانده)	منهای واردات	صادرات	تقاضای نهایی	مبادلات واسطه‌ای بین بخشی داخلی و واردات واسطه‌ای
				ارزش افزوره تولید (ستانده)

حالت دوم؛ واردات به صورت یک بردار سطری و با علامت مثبت: در مقایسه با حالت اول دو تفاوت اساسی وجود دارد. ۱) حالت اول: تراز براساس تقاضای داخلی (ستانده) و عرضه داخلی (ستانده) است، حالت دوم: تراز براساس تقاضای کل (ستانده کل) و عرضه کل (عرضه داخلی به علاوه واردات) است. ۲) ضرایب مستقیم و ضرایب فزاینده در دو جدول متفاوت محاسبه می‌شوند به صورتی که در حالت اول بر مبنای عرضه داخلی (ستانده)، مستقل از نقش واردات در عوامل تولید محاسبه می‌شوند و در حالت دوم بر مبنای عرضه کل محاسبه می‌گردند. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در چنین شرایطی واردات را در تابع تولید، مستقل از ترکیب (واسطه‌ای، سرمایه‌ای و مصرفی) و ماهیت (رقابتی و غیررقابتی) در نظر می‌گیرند.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

جدول ۲- واردات به صورت یک بردار سطری با علامت مثبت [۴]

تقاضای کل	صادرات	تقاضای نهایی	مبادلات واسطه‌ای بین بخشی داخلی و واردات واسطه‌ای
			ارزش افزوده
			تولید (ستانده)
			واردات
			عرضه کل

حالت سوم؛ تفکیک واردات واسطه‌ای و درج آن به صورت یک بردار سطری با علامت مثبت در ناحیه سوم (ارزش افزوده) جدول ۳: تفاوت این حالت با حالت اول و دوم بدین صورت است: ۱) تمامی اجزای تقاضای نهایی منشا داخلی داشته و فعالیت‌های تولیدی فقط در فرآیند تولید خود نیازمند به واردات هستند. این گونه جداول فقط واردات واسطه‌ای را بدست می‌دهد و ماهیت آن واردات رقابتی است. ۲) در عمل ناحیه اول جدول حاوی دو ماتریس جدا از هم (مبادلات واسطه‌ای بین بخشی داخلی و واردات واسطه‌ای بین بخشی) می‌باشد. جمع سطری این ماتریس که به صورت بردار ستونی با علامت مثبت است میزان واردات مبدا به مقصد را نشان می‌دهد. در ناحیه ۲ جدول ارقام بدست اومده از بردار ذکر شده با ارقام بردار واردات با علامت منفی، در سطوح بخش‌ها و کل اقتصاد باهم برابر بوده و باعث خنثی شدن یکدیگر می‌شوند. بنابراین در دنیای خارج فقط بردار صادرات کالا و خدمات (نه بردار خالص صادرات کالاها و خدمات) باقی می‌ماند. جمع ستونی ماتریس مذکور که در ناحیه ارزش افزوده به صورت یک بردار سطری ظاهر می‌گردد نشان دهنده میزان واردات واسطه‌ای انواع کالاها توسط بخش‌های مختلف اقتصادی است. ۳) در تاب تولید واردات ذکر شده مانند عوامل اولیه تولید (نیروی کار و سرمایه) جزء عوامل تولیدی در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۳- تفکیک واردات واسطه‌ای و درج آن به صورت یک بردار سطری با علامت مثبت [۴]

تولید(ستانده)	تقاضای نهایی بدون واردات	مبادلات واسطه‌ای بین بخشی داخلی
		ارزش افزوده و واردات واسطه‌ای
		تولید (ستانده)

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

حالت چهارم؛ تفکیک واردات واسطه‌ای، مصرفی و سرمایه‌ای و درج آن به صورت برداری در ناحیه سوم جدول ۴: این جدول با توجه به نقش و اهمیت واردات، از نظر سازماندهی و به کارگیری پایه‌های آماری نسبت به جداول پیشین انعطاف‌پذیری بیشتری دارد. در تهیه و تدوین چنین جداولی فرض بر این است که علاوه بر فعالیت‌های اقتصادی، تقاضای نهایی نیز در ناحیه اول جدول شامل واردات می‌شود. واردات را در تقاضای نهایی به دو صورت در نظر می‌گیرند. ۱) مستقل از اینکه نوع واردات مصرفی و یا سرمایه‌ای است واردات از کل تقاضای نهایی بخش‌ها تفکیک می‌گردد. ۲) واردات از تک تک اجزای تقاضای نهایی شامل واردات مصرفی خانوارها و دولت، واردات کالاهای سرمایه‌ای و صادرات مجدد واردات تفکیک می‌شود. ناحیه اول و دوم چنین جداولی ماهیت داخلی دارند. حاصل جمع سطری ماتریس واردات بین بخشی و واردات اجزای تقاضای نهایی مساوی است با ستونی واردات هر بخش، که برابر با بردار ستونی واردات (با علامت منفی) بوده و یکدیگر را خنثی می‌کنند. جمع ستونی آن‌ها در قالب یک بردار سطری، شامل واردات برحسب واردات واسطه‌ای بخش‌ها، واردات مصرفی خانوارها و دولت و واردات سرمایه‌ای می‌باشد. همچنین ماهیت واردات در این نوع جداول، رقابتی است.

جدول ۴- تفکیک واردات واسطه‌ای، مصرفی و سرمایه‌ای [۳]

تولید- (ستانده)	صادرات	تقاضای نهایی داخلی بدون واردات	مبادلات واسطه‌ای بین بخشی داخلی
جمع واردات	واردات برای صادرات	واردات مصرفی و سرمایه‌ای	ارزش افزوده واردات واسطه‌ای
			تولید (ستانده)

همان گونه که در حالت سوم و چهارم مشاهده می‌شود، به‌کارگیری نظام حسابداری بخشی و الگوهای مرتبط با آن از این قابلیت برخوردارند که بر مبنای فرض‌های مشخص و روش‌های متداول ــ از طریق تفکیک واردات واسطه‌ای، واردات سرمایه‌ای و واردات نهایی در سطح بخش‌های مختلف ــ امکان رفع نارسایی‌های مطرح شده در زمینه تعیین میزان واردات ادغام شده در مبادلات واسطه‌ای و اجزای تقاضای نهایی را فراهم آورند.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

۲-۳- تفکیک واردات در جداول داده- ستانده

در خصوص تفکیک واردات روش‌های مشخصی در مطالعات وجود دارد که پژوهشگران قلمرو داده- ستانده آن را پذیرفته‌اند و برخی از کشورها آن را مبنایی برای محاسبه جداول داخلی خود قرار داده‌اند. در این پژوهش علاوه بر واردات متعارف، واردات به صورت واردات واسطه‌ای در سطح بخش‌های مختلف اقتصادی، سایر واردات (واردات نهایی خانوارها و واردات نهایی دولت) و واردات سرمایه‌ای طبقه‌بندی می‌شود که در این قسمت و در ادامه مختصری از روابط ریاضی برای تفکیک انواع واردات تراز تولیدی مورد بررسی قرار گرفته است [۵] و [۶].

رابطه تراز تولیدی مبتنی بر ساختار کلی جدول‌ها به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$\boldsymbol{x = ze + fh + e - m} \quad (۳)$$

$$\boldsymbol{z} = [z_{ij}].\boldsymbol{e} = \begin{bmatrix} ۱ \\ \vdots \\ ۱ \end{bmatrix}, \qquad \boldsymbol{z = D + M} \quad (۴)$$

در رابطه بالا (رابطه ۴)، ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی (**Z**) از دو جزء مستقل ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی داخلی (**D**) و ماتریس مبادلات واسطه‌ای واردات (**M**) تشکیل شده است. ذکر این نکته حائز اهمیت است که بردار واردات (**m**) در بیشتر جداول داده- ستانده دنیا از جمله ایران همواره مشخص و در دسترس بوده است. با بهره گیری از روش فرض تناسب واردات، بر اساس رابطه (۳) از رابطه زیر برای تفکیک واردات استفاده می‌گردد:

$$\boldsymbol{x = ze + fh + e - m}$$
$$\boldsymbol{x - e = ze + fh - m}$$
$$\boldsymbol{fh = c + g + c} \quad (۵)$$
$$\boldsymbol{d} = \frac{\boldsymbol{x-e}}{\boldsymbol{z_e+fh}} = \mathbf{1} - \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{z_e+fh}} \quad (۶)$$

نسبت **d** منشاء داخلی داشته و برای بخش‌های مختلف بین دو حد صفر و یک قرار می‌گیرد. در صورت ضرب نسبت **d** در هر متغیر، ماهیت داخلی آن متغیر مشخص می‌شود.

$$\boldsymbol{x - e = dze + dfh} \quad (۷)$$
$$\boldsymbol{dze = \bar{\bar{D}}e\ ,\bar{\bar{M}}e = ze - \bar{\bar{D}}e}$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

$$dfh = d(c + g + cf)$$
$$dc = ch\,, dg = gh\,, dcf = cfh$$
$$mc = c - ch\,, mg = g - gh\,, mcf = cf - cfh \quad (۸)$$

در رابطه (۸)، بردارهای **c**، **g** و **cf** به ترتیب نشان دهنده مصرف خانوارها، دولت و تشکیل سرمایه (شامل واردات) است و بردارهای **mg**،**mc** و **mcf** به ترتیب مصرف واردات خانوارها، دولت و واردات سرمایه‌ای می‌باشند. تفاضل هریک از بردارها مصرف داخلی خانوارها و بردار مصرف داخلی دولت و بردار سرمایه داخلی را بدست می‌دهد. همچنین پس از آن که نسبت **d** برآورد شد و به صورت ماتریس قطری (عناصر غیرقطر اصلی صفر و عناصر قطر اصلی ارقام **d**) درآمد، از ضرب این ماتریس در ماتریس مبادلات واسطه‌ای بین بخشی، ماتریس مبادلات داخلی واسطه‌ای بدست می‌آید. ماتریس واردات واسطه‌ای نیز حاصل کسر ماتریس مبادلات داخلی واسطه‌ای از ماتریس مبادلات واسطه‌ای جدول داده ستانده است. رابطه تراز تولیدی با منشا داخلی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$X = (\bar{\bar{D}}e + \bar{\bar{M}}e) + [(ch + mc) + (gh + mg) + (cfh + mcf)] + e - m \quad (۹)$$

در رابطه (۹)، m برابر است با جمع سطری ماتریس$\bar{\bar{M}}e$ با جمع سطری واردات در تقاضای نهایی یعنی **mc**، **mg** و **mcf** در سطح بخش‌ها و کل اقتصاد. جمع ستونی$\bar{\bar{M}}e$ و جمع ستونی بردارهای **mc**، **mg** و **mcf** در ناحیه ارزش افزوده و ناحیه **IV** منظور می‌شوند، بنابراین:

$$x = \bar{\bar{D}}\,e + (ch + gh + ch) + e \quad (۱۰)$$
$$x = (1 - A^d)^{-1}[(ch + gh + cfh) + e] \quad (۱۱)$$

رابطه (۱۱) پایه محاسبه محتوای سنجش ردپای آب در بخش‌های مختلف اقتصادی در الگوی غیررقابتی قرار می‌گیرد که به کمک آن به مقایسه نتایج بین دو الگوی رقابتی و غیررقابتی و تحلیل نتایج می‌پردازیم. همچنین به کمک بهره گیری از الگوی غیررقابتی می‌توانیم محتوای ردپای آب داخلی و وارداتی را در مبادلات واسطه‌ای، تقاضای نهایی و صادرات از یکدیگر تفکیک نماییم.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

همان گونه که قابل مشاهده است چارچوب فرض واردات رقابتی در محاسبه محتوای سنجش ردپای آب در بخش‌های مختلف اقتصادی چهار نارسایی مهم دارد که بایستی مورد توجه قرار گیرد:

اولاً در جداول متعارف، محتوای آب مجازی مبادلات واسطه‌ای داخلی از واردات واسطه‌ای قابل تفکیک نیست و هر دو ذیل ماتریس مبادلات واسطه‌ای قرار می‌گیرند؛ واردات واسطه‌ای نیاز به مصرف آب داخلی ندارد و لحاظ نکردن تفکیک این دو، باعث بیش برآوردی در محاسبه محتوای مصرف آب در مبادلات واسطه ای می‌شود.

ثانیاً در جدول متعارف، فرض یکسانی تکنولوژی تولید میان داخل و خارج مستتر است؛ بعبارتی فرض می‌شود کالایی که در داخل تولید می‌شود، اگر در خارج از کشور نیز تولید گردد به همان میزان مصرف مستقیم و غیرمستقیم آب خواهد داشت که با وجود بهره‌وری متفاوت در مصرف آب کشورهای مختلف این فرض واقعی نیست.

ثالثاً تقاضای نهایی (مصرف خانوار، دولت و تشکیل سرمایه) شامل واردات مصرفی و سرمایه‌ای است و لذا عدم تفکیک واردات، منجر به بزرگنمایی محتوای مصرف آب تقاضای نهایی بخش‌ها خواهد شد.

رابعاً جدول متعارف قادر به تفکیک سهم محتوای وارداتی آب مجازی و محتوای داخلی آب مجازی در صادرات نیست، در صورتی که در جداول غیررقابتی این موضوع رفع می‌گردد و دو منشأ وارداتی و داخلی برای صادرات محاسبه می‌گردد. بعبارتی، جدول رقابتی برای سنجش محتوای آب مجازی صادرات دچار بیش برآوردی می‌شود که این موضوع در جدول غیررقابتی مرتفع می‌گردد. لذا در این پژوهش به بررسی نحوه محاسبه فرض واردارت رقابتی و غیر رقابتی در سنجش ردپای آب در بخش‌های مختلف اقتصاد می‌پردازیم.

۳- روش تحقیق

۳-۱- الگوی داده-ستانده رقابتی و پیوند آن با ردپای آب

جدول داده-ستانده متعارف یا واردات رقابتی (جدول ۵)، واردات واسطه‌ای را از مبادلات داخلی واسطه‌ای تفکیک نمی‌کند و همه را به صورت یک ماتریس تحت عنوان مبادلات واسطه‌ای نشان می‌دهد.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

جدول ۵- جدول داده-ستانده متعارف یا واردات رقابتی [۱]

ستانده کل	واردات کل	مصرف نهایی		بخش‌ها			بخش
		صادرات	تقاضای نهایی	بخش ۳	بخش ۲	بخش ۱	
X۱	-Ym۱	Ye۱	Yf۱	Z۱۳	Z۱۲	Z۱۱	بخش ۱
X۲	-Ym۲	Ye۲	Yf ۲	Z۲۳	Z۲۲	Z۲۱	بخش ۲
X۳	-Ym۳	Ye۳	Yf ۳	Z۳۳	Z۳۲	Z۳۱	بخش ۳
				V۳	V۲	V۱	ارزش افزوده
				X۳	X۲	X۱	ستانده کل
				$\acute{C}$۳	$\acute{C}$۲	$\acute{C}$۱	مقدار آب مصرفی (میلیون متر مکعب)

توضیح نمادهای جدول:

Zij = Zd + Zi: ماتریس کل مبادلات واسطه‌ای (**Zi** ماتریس واردات واسطه‌ای)

yfi = yd + yi: بردار مصرف نهایی (**yi** بردار واردات برای مصرف نهایی)

yei : بردار صادرات نهایی

Xi : بردار ستانده کل

Vj : بردار ارزش افزوده

Cj : بردار مقدار آب مصرفی

گروهی از پژوهشگران، ساختار کلی جدول ۵ را مبنای محاسبه سنجش ردپای آب برای کل تولید، صادرات و واردات قرار داده‌اند که در مراحل زیر نشام داده می‌شود:

گام اول: محاسبه ماتریس ضرایب فنی تولید

نقطه شروع محاسبه سنجش ردپای آب برای تولید، صادرات و واردات، بکارگیری رابطه تراز تولیدی کلی است:

$$Xi = \sum Zij + Yi \quad (۱۲)$$

$$Yi = yfi + yei - ymi \quad (۱۳)$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

در روابط (۱۲) که به رابطه تراز تولیدی معروف است، ستانده کل (**Xi**) برابر با مجموع مبادلات واسطه‌ای (**Zij**)و تقاضای نهایی (**Yi**)، شامل تقاضای نهایی کل بعلاوه صادرات منهای واردات کل است.

رابطه (۱۴) محاسبه ضرایب فنی تولید را در یک اقتصاد فرضی ۳ بخشی نشان می‌دهد.

(۱۴) **Aij =Zij /Xj**

$$A=\begin{bmatrix}\frac{z_{11}}{X_1} & \cdots & \frac{z_{13}}{X_3}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ \frac{z_{31}}{X_1} & \cdots & \frac{z_{33}}{X_3}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}A_{11} & \dots & A_{13}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ A_{31} & \dots & A_{33}\end{bmatrix}$$

Aij به ماتریس ضرایب مستقیم داده – ستانده معروف است. تفسیر این ماتریس بدین گونه است که : بخش **j** ام (بخش تقاضاکننده) به ازای ارزش یک واحد تولید خود چه میزان از کالاها یا خدمات بخش **i** ام (بخش عرضه کننده) را به عنوان کالاها و خدمات واسطه‌ای در فرآیند تولید خود استفاده می‌کند.

سپس ماتریس معکوس لئونتیف[1]، در رابطه (۱۵) نشان داده شده که با محاسبه $(I-A)^{-1}$حاصل می‌شود:

(۱۵)
$$L=(I-A)^{-1}=\left\{\begin{bmatrix}1 & \dots & 0\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ 0 & \dots & 1\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}A_{11} & \dots & A_{13}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ A_{31} & \dots & A_{33}\end{bmatrix}\right\}^{-1}=\begin{bmatrix}L_{11} & \dots & L_{13}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ L_{31} & \dots & L_{33}\end{bmatrix}$$

ماتریس فوق ضرایب فزاینده تولید را نشان می‌دهد. جمع ستونی ماتریس مذکور بیان می‌کند که افزایش یک واحدی تقاضای نهایی بخشی چه میزان منجر به افزایش تولید آن بخش به طور مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد می‌گردد.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

گام دوم: محاسبه ضرایب مستقیم آب مورد نیاز برای افزایش تولید

$$\acute{F} = [\acute{c}_1 \quad \dots \quad \acute{c}_3] \begin{bmatrix} \frac{1}{X_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1}{X_3} \end{bmatrix} = [\acute{F}_1 \quad \dots \quad \acute{F}_3] \qquad (۱۶)$$

ارقام $\acute{F}$ نشان می‌دهد به ازای ارزش یک واحد تولید در یک بخش چه میزان نیاز مستقیم به آب است. بردار $\acute{c}_j$ بردار مصرف آب بخش‌های مختلف اقتصادی است. با ضرب ضرایب مستقیم آب مصرفی در ماتریس ضرایب فزاینده تولید، ماتریس ضرایب فزاینده آب مصرفی محاسبه می‌گردد:

$$\beta = \begin{bmatrix} \acute{F}_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \acute{F}_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{11} & \dots & L_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{31} & \dots & L_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \cdots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \cdots & \beta_{33} \end{bmatrix} \qquad (۱۷)$$

ماتریس ضرایب فزاینده آب مصرفی β بیان می‌کند به ازای افزایش یک واحد به ارزش یک میلیون ریال تقاضای نهایی، چه میزان آب به صورت مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد مصرف می‌شود.

گام سوم: محاسبه محتوای آب مصرفی در اثر تأمین تقاضای نهایی

با پیش ضرب نمودن ماتریس حاصل از رابطه (۱۷) در ماتریس قطری تقاضای نهایی، ماتریسی بدست می‌آید که جمع عناصر سطری آن، میزان محتوای آب را که به طور مستقیم و غیرمستقیم در اثر تأمین تقاضای نهایی (مصرف خانوارها، مصرف دولت و تشکیل سرمایه ثابت) مصرف شده است ، نشان می‌دهد. بعبارتی حاصل $\sum \beta_{ii} * Y_{f_i}$ نشان می‌دهد به ازای افزایش یک واحد به ارزش یک میلیون ریال تقاضای نهایی در بخش i ام ، چه مقدار مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد افزایش می‌یابد.

$$\bar{C}_f = \left\{ \begin{bmatrix} \beta_{11} & \cdots & \beta_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{31} & \cdots & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{f_1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & Y_{f_3} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{c}_{f_1} \\ \vdots \\ \bar{c}_{f_3} \end{bmatrix} \qquad (۱۸)$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

پیوند ردپای آب با واردات و صادرات

در صورتی که با یک اقتصاد بسته روبرو باشیم تحلیل فوق برای محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تولید کالا و خدمات کافیست، زیرا کاملا برای تأمین مصرف داخلی است و منشأ بومی دارد. اما در یک اقتصاد باز، تجارت بین‌الملل به شکل صادرات و واردات کالا و خدمات نقش کلیدی را در میزان مصرف آب ایفا می‌کند. بنابراین لازم است میزان محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در اثر تولید کالا و خدمات صادراتی و وارداتی نیز منظور گردد.

گام چهارم: الف) محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین صادرات

رابطه (۱۹) میزان آب را که به طور مستقیم و غیرمستقیم در جهت تأمین تقاضای نهایی خارجی در اثر تولید کالا و خدمات صادراتی مصرف می‌شود با نماد $[\overline{\boldsymbol{c}_e}]$ نشان می‌دهد، در واقع همان محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین صادرات است که با پیش ضرب نمودن ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب در ماتریس قطری صادرات هر بخش محاسبه می‌شود. در حقیقت هر درایه ماتریس ستونی نهایی، محتوای مستقیم و غیرمستقیم آب مصرف شده در تأمین کالاها و خدمات صادر شده هر بخش و مجموع این مقادیر محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب کل کالاها و خدمات صادراتی می‌باشد. بعبارتی حاصل $\sum \boldsymbol{\beta_{ii}}^{*}\boldsymbol{Y_{e_i}}$ نشان می‌دهد به ازای افزایش یک واحد به ارزش یک میلیون ریال تقاضای صادراتی در بخش $\boldsymbol{i}$ ام ، چه مقدار مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد افزایش می‌یابد.

$$(۱۹) \quad \overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{e}} = \left\{ \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta_{11}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{13}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{\beta_{31}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{33}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{Y_{e_1}} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \cdots & \boldsymbol{Y_{e_3}} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} \mathbf{1} \\ \vdots \\ \mathbf{1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{\boldsymbol{c}}_{e_1} \\ \vdots \\ \overline{\boldsymbol{c}}_{e_3} \end{bmatrix}$$

ب) محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین کل واردات

با استفاده از رابطه (۲۰)، و با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب در ماتریس قطری واردات کل، به طور مستقیم و غیرمستقیم میزان مصرف آب ناشی از تولید این نوع محصولات که برای تأمین تقاضای نهایی منتشر شده است، محاسبه می‌گردد که

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

همان محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب واردات کل است. در الگوی رقابتی، واردات با علامت منفی لحاظ می‌گردد و چون فرض یکسانی تکنولوژی بین داخل و خارج وجود دارد، بعبارتی می‌توان گفت: حاصل $\sum \boldsymbol{\beta_{ii}}^{*}\boldsymbol{Y_{m_i}}$ نشان می‌دهد به ازای افزایش یک واحد به ارزش یک میلیون ریال واردات در بخش $\boldsymbol{i}$ ام ، باعث می‌شود چه مقدار مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد کاهش یابد.

$$\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{m}} = \left\{ \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta_{11}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{13}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{\beta_{31}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{33}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{Y_{m_1}} & \cdots & \boldsymbol{0} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{0} & \cdots & \boldsymbol{Y_{m_3}} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} \boldsymbol{1} \\ \vdots \\ \boldsymbol{1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{m_1}} \\ \vdots \\ \overline{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{m_3}} \end{bmatrix} \quad (۲۰)$$

گام پنجم: محاسبه میزان مصرف آب داخلی

در این مرحله طبق نظریه واردات رقابتی فرض بر این است که تکنولوژی تولید میان کشورهای مختلف یکسان است. از این رو با کسر مصرف آب واردات از حاصل جمع مصرف نهایی آب و آب صادرات، مصرف آب داخلی بدست می‌آید. تقاضای واسطه و تقاضای نهایی، هر کدام از دو طریق عرضه داخلی و واردت تأمین می‌شوند. در الگوی رقابتی ، برای هر کدام از این موارد (تقاضای واسطه و تقاضای نهایی) واردات از مصرف داخلی تفکیک نشده و با فرض اینکه تکنولوژی بین داخل و خارج یکسان است واردات را به صورت یکجا با علامت منفی در نظر گرفته‌اند. بعبارتی فرض شده است که کالای واردتی (که برای تولید آن در خارج آب مصرف شده است.) اگر در داخل تولید می‌شد نیز همان مقدار آب برای تولیدش مصرف می‌شد.

$$\boldsymbol{C} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{c_{f_1}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{c_{f_3}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{c_{e_1}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{c_{e_3}} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \boldsymbol{c_{m_1}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{c_{m_3}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{c_1} \\ \vdots \\ \boldsymbol{c_3} \end{bmatrix} \quad (۲۱)$$

چارچوب فرض واردات رقابتی علاوه بر ناتوانی در تجزیه واردات به واردات واسطه‌ای و نهایی، نارسایی مهمی دارد که به لحاظ سیاستگذاری بایستی مورد توجه قرار گیرد. در الگوی واردات رقابتی فرض می‌شود که صادرات تماماً منشأ داخلی دارد و منشأ وارداتی برای آن در نظر گرفته نمی‌شود؛ در صورتیکه که در واقعیت همواره مقداری از صادرات

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

منشأ وارداتی دارد که بایستی در چارچوب محاسباتی لحاظ شود. به همین علت چارچوب الگوی رقابتی در محاسبه تجارت آب دچار بیش برآوردی می‌شود. همچنین مصرف آب تقاضای نهایی (c_{f_i})، بعلت آنکه دارای دو منشأ وارداتی و داخلی است و هدف ما برآورد مصرف آب داخلی است، دچار بیش برآوردی مصرف آب نسبت به مصرف آب داخلی تقاضای نهایی می‌شود.

۳-۲- الگوی داده-ستانده واردات غیررقابتی و پیوند آن با ردپای آب

در الگوی غیررقابتی، جدول داده - ستانده متعارف با تفکیک واردات به جدول داخلی تبدیل می‌گردد و تقاضای نهایی برای واردات از تقاضای نهایی برای تولید داخل و ماتریس واردات واسطه‌ای از ماتریس مبادلات داخلی واسطه‌ای تفکیک می‌گردد. بنابراین در الگوی غیررقابتی، واردات، چه در مبادلات واسطه‌ای و چه تقاضای نهایی، از تولید و مصرف داخل تفکیک می‌گردد. همچنین در چارچوب این الگو ثابت می‌شود که صادرات تماماً منشأ داخلی ندارد بلکه قسمتی از آن منشأ داخلی و قسمتی دیگر منشأ وارداتی دارد. مقدار این منشأ وارداتی، همان مقدار بیش برآوردی است که در الگوی رقابتی وجود دارد و در الگوی غیررقابتی این مقدار مشخص می‌گردد.

در مجموع، الگوی غیررقابتی نسبت به الگوی رقابتی در بحث محاسبه تجارت آب، هم دارای انعطاف در تجزیه واردات است و هم مشکل بیش برآوردی مصرف آب الگوی رقابتی را برطرف می‌کند.

همان گونه که مشاهده شد جدول واردات رقابتی (جدول ۵)، در کنار روابط ریاضی به دلایل متعدد نمی‌تواند محتوای واردات در تأمین تقاضای نهایی داخلی و همچنین در صادرات و به تبع آن محتوای ردپای آب را در سطح بخش‌های اقتصادی مورد سنجش قرار دهد. برای برون رفت از این مسئله جدول داخلی از نوع واردات غیررقابتی (جدول ۶) استفاده می‌شود.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

جدول ۶- جدول داده-ستانده واردات غیررقابتی (رابطه تراز تولیدی بدون واردات) [۱]

ستانده کل	مصرف نهایی		بخش‌ها			
	صادرات	تقاضای نهایی	بخش ۳	بخش ۲	بخش ۱	بخش
X۱	Ye۱	Yd۱	Z_d13	Z_d12	Z_d11	بخش ۱
X۲	Ye۲	Yd۲	Z_d21	Z_d21	Z_d21	بخش ۲
X۳	Ye۳	Yd۳	Z_d31	Z_d31	Z_d31	بخش ۳
Ym۱	۰	Yi۱	Z_i13	Z_i12	Z_i11	واردات بخش ۱
Ym۲	۰	Yi۲	Z_i21	Z_i21	Z_i21	واردات بخش ۲
Ym۳	۰	Yi۳	Z_i31	Z_i31	Z_i31	واردات بخش ۳
Ym	۰	Yi	Ym۳	Ym۲	Ym۱	واردات
			V۳	V۲	V۱	ارزش افزوده
			X۳	X۲	X۱	ستانده کل
			$\acute{C}3$	$\acute{C}2$	$\acute{C}1$	مقدار آب مصرفی (میلیون متر مکعب)

توضیح نمادهای جدول:

X: بردار ستانده کل

Vj: بردار ارزش افزوده

$\acute{\boldsymbol{C}}\boldsymbol{j}$: بردار مقدار آب مصرفی

$\boldsymbol{Z_{d_{ij}}}$: ماتریس مبادلات واسطه‌ای داخلی

$\boldsymbol{Z_{i_{ij}}}$: ماتریس واردات واسطه‌ای

Yi: بردار مصرف نهایی وارداتی

Yd: بردار مصرف نهایی داخلی

Ye: بردار صادرات تولید داخل

$\boldsymbol{Y_m = Z_{i.}1 + y_i}$ ($\boldsymbol{Z_i = \sum Ym_j}$) : بردار واردات کل

برعکس جدول ۵ (واردات رقابتی)، جدول ۶ (واردات غیررقابتی) دو نوع رابطه تراز تولیدی را بدست می‌دهد، در ادامه هر دو رابطه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

گام اول: محاسبه ماتریس ضرایب مسقیم داخلی

نقطه شروع محاسبات ، ابتدا رابطه تراز کلی در جدول غیررقابتی است که به شکل زیر محاسبه می‌گردد.

$$\boldsymbol{X_i = \sum Zd_{ij} + yd_i + ye_i} \qquad (۲۲)$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

رابطه فوق رابطه تراز تولیدی در جدول غیررقابتی است که در آن ستانده کل برابر است با حاصل جمع مبادلات واسطه داخلی و تقاضای نهایی داخلی و تقاضای صادراتی است.

$$\boldsymbol{Y_m = Z_{i.}1 + y_i} \qquad (۲۳)$$

در جدول غیررقابتی، واردات، در تقاضای نهایی و مبادلات واسطه ای، از تقاضای نهایی داخلی و مبادلات واسطه داخلی تفکیک می‌شود و به صورت بردار جداگانه بالای ارزش افزوده قرار می‌گیرد. بنابراین مقدار کل واردات (**Ym**، واردات محاسبه شده در الگوی رقابتی) برابر با مجموع واردات واسطه ای (**Zi.**۱) و واردات نهایی (**yi**) می‌شود.
رابطه (۲۴) محاسبه ضرایب فنی تولید داخلی را در یک اقتصاد فرضی ۳ بخشی نشان می‌دهد.

$$\boldsymbol{A_d = \begin{bmatrix} \frac{z_{d11}}{X_1} & \cdots & \frac{z_{d13}}{X_3} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{z_{d31}}{X_1} & \cdots & \frac{z_{d33}}{X_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{d11} & \cdots & A_{d13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{d31} & \cdots & A_{d33} \end{bmatrix}} \qquad (۲۴)$$

Adij به ماتریس ضرایب مستقیم داخلی داده – ستانده معروف است. تفسیر این ماتریس بدین گونه است که: بخش **j** ام (بخش تقاضاکننده) به ازای ارزش یک واحد تولید خود چه میزان از کالاهای داخلی یا خدمات داخلی بخش **i** ام (بخش عرضه کننده) را به عنوان کالاها و خدمات واسطه‌ای در فرآیند تولید خود استفاده می‌کند.
سپس ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخلی (ماتریس معکوس لئونتیف) ، در رابطه (۲۵) نشان داده شده که با محاسبه $\boldsymbol{(I - A_d)^{-1}}$ حاصل می‌شود:

$$\boldsymbol{L_d = (I - A_d)^{-1} = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} A_{d11} & \cdots & A_{d13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{d31} & \cdots & A_{d33} \end{bmatrix} \right\}^{-1} = \begin{bmatrix} L_{d11} & \cdots & L_{d13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{d31} & \cdots & L_{d33} \end{bmatrix}} \qquad (۲۵)$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

ماتریس فوق ضرایب فزاینده تولید داخلی را نشان می‌دهد جمع ستون ماتریس مذکور بیان می‌کند که افزایش یک واحدی تقاضای نهایی داخلی و یا صادرات هر بخش، چه میزان منجر به افزایش تولید آن بخش به طور مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد می‌گردد.

گام دوم: محاسبه مصرف آب در اثر افزایش تقاضای نهایی داخلی و یا ضرایب فزاینده

مصرف آب است به این منظور نیاز است که ضرایب مستقیم مصرف آب محاسبه گردد.

$$\acute{\boldsymbol{F}} = [\acute{\boldsymbol{c}}_1 \quad \dots \quad \acute{\boldsymbol{c}}_3] \begin{bmatrix} \frac{1}{X_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1}{X_3} \end{bmatrix} = [\acute{\boldsymbol{F}}_1 \quad \dots \quad \acute{\boldsymbol{F}}_3] \qquad (۲۶)$$

ارقام $\acute{\boldsymbol{F}}$ نشان می‌دهد به ازای ارزش یک واحد تولید در یک بخش چه میزان آب به طور مستقیم مصرف می‌شود. از آنجا که بردار آب مصرفی $(\acute{\boldsymbol{c}})$ و ستانده کل در هردو الگوی رقابتی و غیررقابتی یکسان هستند، بنابراین بردار $\acute{\boldsymbol{F}}$ در هر دو الگو یکسان است. با ضرب ضرایب مستقیم مصرف آب در ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخلی، ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب داخلی محاسبه می‌گردد:

$$\boldsymbol{\beta_d} = \begin{bmatrix} \acute{\boldsymbol{F}}_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \acute{\boldsymbol{F}}_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{d11} & \cdots & L_{d13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{d31} & \cdots & L_{d33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{d11} & \cdots & \beta_{d13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{d31} & \cdots & \beta_{d33} \end{bmatrix} \qquad (۲۷)$$

ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب داخلی $(\boldsymbol{\beta_d})$ بیان می‌کند به ازای افزایش یک واحد به ارزش یک میلیون ریال تقاضای نهایی داخلی و یا صادرات، چه میزان آب به صورت مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد مصرف می‌شود.

گام سوم: محاسبه محتوای آب مصرفی در تأمین تقاضای نهایی داخلی

با پیش ضرب نمودن ماتریس حاصل از رابطه (۲۷) در ماتریس قطری تقاضای نهایی داخلی، ماتریسی بدست می‌آید که جمع عناصر سطری آن، میزان آب را که به طور مستقیم و غیرمستقیم در اثر تأمین تقاضای نهایی داخلی (شامل مصرف داخلی خانوارها، مصرف داخلی دولت و تشکیل سرمایه داخلی) مصرف شده است، نشان می‌دهد. بعبارتی حاصل

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

$\sum\boldsymbol{\beta_{dii}}^{*}\boldsymbol{Y_{d_i}}$ نشان می‌دهد به ازای افزایش یک واحد به ارزش یک میلیون ریال تقاضای نهایی داخلی در بخش $\boldsymbol{i}$ ام، چه مقدار مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد افزایش می‌یابد.

$$\boldsymbol{C_d} = \left\{\begin{bmatrix}\boldsymbol{\beta_{d11}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{d13}}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ \boldsymbol{\beta_{d31}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{d33}}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\boldsymbol{Y_{d_1}} & \cdots & \mathbf{0}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ \mathbf{0} & \cdots & \boldsymbol{Y_{d_3}}\end{bmatrix}\right\}\begin{bmatrix}\mathbf{1}\\ \vdots\\ \mathbf{1}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\boldsymbol{c_{d_1}}\\ \vdots\\ \boldsymbol{c_{d_3}}\end{bmatrix} \quad (۲۸)$$

گام چهارم: محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین صادرات ناخالص

رابطه (۲۹) بردار صادرات ناخالص است که تماماً منشا داخلی دارد. این بردار میزان آب را که به طور مستقیم و غیرمستقیم در جهت تأمین تقاضای نهایی خارجی (صادرات کالاها و خدمات) مصرف می‌شود، با نماد $[\boldsymbol{C_e}]$ نشان می‌دهد، در واقع همان محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب صادراتی است که با پیش ضرب نمودن ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب داخلی در ماتریس قطری صادرات هر بخش محاسبه می‌شود. در حقیقت هر درایه ماتریس **Ce**، محتوای مستقیم و غیرمستقیم آب مصرف شده در اثر تولید کالاها و خدمات صادر شده هر بخش و مجموع این مقادیر محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب کل در تأمین صادرات ناخالص بخش‌ها می‌باشد. بعبارتی حاصل $\sum\boldsymbol{\beta_{dii}}^{*}\boldsymbol{Y_{e_i}}$ نشان می‌دهد به ازای افزایش یک واحد به ارزش یک میلیون ریال تقاضای نهایی صاداراتی در بخش $\boldsymbol{i}$ ام ، چه مقدار مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد افزایش می‌یابد.

$$\boldsymbol{C_e} = \left\{\begin{bmatrix}\boldsymbol{\beta_{d11}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{d13}}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ \boldsymbol{\beta_{d31}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{d33}}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\boldsymbol{Y_{e_1}} & \cdots & \mathbf{0}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ \mathbf{0} & \cdots & \boldsymbol{Y_{e_3}}\end{bmatrix}\right\}\begin{bmatrix}\mathbf{1}\\ \vdots\\ \mathbf{1}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\boldsymbol{c_{e_1}}\\ \vdots\\ \boldsymbol{c_{e_3}}\end{bmatrix} \quad (۲۹)$$

گام پنجم: محاسبه میزان مصرف آب در تأمین تقاضای نهایی داخلی بعلاوه میزان مصرف آب در تأمین صادرات ناخالص

مجموع میزان محتوای مستقیم و غیر مستقیم مصرف آب در تأمین تقاضای نهایی و صادرات، نشان دهنده میزان مصرف آب داخلی در الگوی غیررقابتی در بخش‌های

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

مختلف است. مجموع درایه‌های ماتریس $\boldsymbol{C}$ مصرف آب داخلی در کل اقتصاد را نشان می‌دهد.

$$\boldsymbol{C} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{c_{d_1}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{c_{d_3}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{c_{e_1}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{c_{e_3}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{c_1} \\ \vdots \\ \boldsymbol{c_3} \end{bmatrix} \qquad (۳۰)$$

۳-۳- محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در اثر واردات کالا و خدمات

همانطور که در دو بخش قبل بررسی گردید، الگوی واردات رقابتی بعلت لحاظ کردن واردات به صورت یکجا و عدم تفکیک آن از مبادلات واسطه و تقاضای نهایی، در محاسبه مصرف آب این بخش‌ها دچار بیش برآوردی می‌شود؛ همچنین بعلت آنکه برای محتوای مصرف آب در تأمین صادرات، تماماً منشأ داخلی در نظر می‌گیرد و از تجزیه منشأ واردتی در صادرات ناتوان است، در سنجش محتوای مصرف تجارت آب نیز دچار بیش برآوردی می‌شود. الگوی غیررقابتی با تفکیک واردات، مبادلات واسطه داخلی را از واردات واسطه و تقاضای نهایی برای واردات را از تقاضای نهایی برای کالاها و خدمات داخلی تفکیک می‌کند. همچنین منشأ وارداتی در محتوای مصرف آب صادرات را دقیقاً محاسبه می‌کند در صورتی که در واردات رقابتی منشا وارداتی به صورت کلی محاسبه می‌شود. بنابراین، مشکل بیش برآوردی در سنجش محتوای مصرف آب در تأمین تقاضای نهایی برای بخش‌های مختلف اقتصاد ، سنجش محتوای مصرف آب در تأمین صادرات و سنجش محتوای تجارت آب را نیز حل می‌نماید.

گام اول: محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین واردات کالا و خدمات

مطابق روابط (۱۷) و (۲۰) ، محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب واردات به شکل زیر محاسبه می‌گردد:

$$\bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{m}} = \boldsymbol{\beta} \boldsymbol{y}_{\boldsymbol{m}}$$

همچنین مطابق رابطه (۲۳) ، می‌توان رابطه را بدین شکل بازنویسی کرد :

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

$$\bar{\mathbf{c}}_{\mathbf{m}} = \boldsymbol{\beta}(\mathbf{Zi.\,1} + \mathbf{yi}) = \boldsymbol{\beta}(\mathbf{Zi.\,1}) + \boldsymbol{\beta}\mathbf{yi} = \bar{\mathbf{c}}_{\mathbf{iz}} + \bar{\mathbf{c}}_{\mathbf{if}} \quad (۳۱)$$

$\bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{if}}$ محتوای مصرف آب در تأمین واردات کالا و خدماتی نهایی و $\bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{iz}}$ محتوای مصرف آب در تأمین واردات واسطه‌ای است.

گام اول: محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین واردات کالا و خدمات نهایی

با استفاده از رابطه (۱۷) و با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب در واردات در ماتریس قطری واردات نهایی، به طور مستقیم و غیرمستقیم میزان مصرف آب ناشی از تولید این نوع محصولات که برای تأمین تقاضای نهایی داخلی منتشر شده است، محاسبه می‌گردد که همان محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب واردات نهایی است. بعبارتی حاصل $\sum\boldsymbol{\beta_{ii}}^{*}\boldsymbol{Y_{i_i}}$ نشان می‌دهد به ازای افزایش یک واحد به ارزش یک میلیون ریال تقاضای نهایی برای واردات در بخش $\boldsymbol{i}$ ام ، چه مقدار آب به طور مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد مصرف می‌شود.

$$\bar{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{if}} = \left\{ \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta_{11}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{13}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{\beta_{31}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{33}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{Y_{i_1}} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \cdots & \boldsymbol{Y_{i_3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{1} \\ \vdots \\ \mathbf{1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{if}} \\ \vdots \\ \bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{if}} \end{bmatrix} \right\} \quad (۳۲)$$

گام دوم: محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین واردات واسطه‌ای

با فرض اینکه پس از تفکیک واردات واسطه‌ای و واردات نهایی، ماتریس مبادلات واردات واسطه‌ای بین بخشی بدست آمده به صورت زیر حاصل شده باشد، به‌طوری که سطرها مربوط به عرضه کنندگان خارجی و ستون‌ها نیز مربوط به تقاضا کنندگان داخلی باشد:

$$\boldsymbol{Z_i} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{Z_{i_{11}}} & \cdots & \boldsymbol{Z_{i_{13}}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{Z_{i_{31}}} & \cdots & \boldsymbol{Z_{i_{33}}} \end{bmatrix} \quad (۳۳)$$

برای محاسبه آب وارداتی که در اثر تولید کالای واسطه‌ای منتشر شده است و برای تولید در هر بخش به کار برده می‌شوند، با پیش‌ضرب نمودن ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب در ماتریس واردات رابطه (۱۷)، در ماتریس قطری واردات بین بخشی بدست می‌آید:

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

$$\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz}} = \left\{ \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta}_{11} & \cdots & \boldsymbol{\beta}_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{\beta}_{31} & \cdots & \boldsymbol{\beta}_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{Z}_{i_{11}} & \cdots & \boldsymbol{Z}_{i_{13}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{Z}_{i_{31}} & \cdots & \boldsymbol{Z}_{i_{33}} \end{bmatrix} \right\} \begin{bmatrix} \mathbf{1} \\ \vdots \\ \mathbf{1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz}} \\ \vdots \\ \overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz}} \end{bmatrix} \quad (۳۴)$$

از حاصل جمع $\overline{\boldsymbol{C}_{\boldsymbol{iz}}}$ و $\overline{\boldsymbol{C}_{\boldsymbol{if}}}$ ، $\overline{\boldsymbol{C}_{\boldsymbol{m}}}$ محاسبه شده در واردات رقابتی بدست می‌آید. رابطه (۳۵) مشخص می‌کند که بر خلاف الگوی واردات رقابتی، محتوای مصرف آب واردات به دو جزء واردات نهایی و واردات واسطه قابل تفکیک است :

$$\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{m}} = \begin{bmatrix} \overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{if}} \\ \vdots \\ \overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{if}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz}} \\ \vdots \\ \overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{im}} \\ \vdots \\ \overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{im}} \end{bmatrix} \quad (۳۵)$$

نکته مهمی که در رابطه (۳۵) باید به آن توجه ویژه کرد این است که . $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz}}$ خود به دو جزء تقسیم می‌شود. $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{izd}}$ مربوط به آن قسمت از واردات واسطه‌ای است که در تأمین مصرف داخلی استفاده می‌شود. و $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{ize}}$ مربوط به آن قسمت از واردات واسطه‌ای است که صرف صادرات می‌شوند. حال آنکه الگوی واردات رقابتی فاقد این نوع انعطاف پذیری در سیاستگذاری و برنامه ریزی مسائل تجارت آب است.

همانطور که پیشتر ذکر شد، برای محاسبه محتوای مصرف آب در الگوی واردات غیررقابتی، محتوای مصرف آب واردات به محتوای مصرف آب واردات واسطه‌ای و محتوای مصرف آب واردات نهایی تفکیک می‌گردد. **Ai** ماتریس ضرایب مستقیم وارداتی داده – ستانده است که حاصلضرب ماتریس واردات واسطه در معکوس ستانده کل می‌باشد.

$$\boldsymbol{A}_{\boldsymbol{i}} = \begin{bmatrix} \frac{\boldsymbol{Z}_{i_{11}}}{\boldsymbol{X}_1} & \cdots & \frac{\boldsymbol{Z}_{i_{13}}}{\boldsymbol{X}_3} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\boldsymbol{Z}_{i_{31}}}{\boldsymbol{X}_1} & \cdots & \frac{\boldsymbol{Z}_{i_{33}}}{\boldsymbol{X}_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{A}_{i_{11}} & \cdots & \boldsymbol{A}_{i_{13}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{A}_{i_{31}} & \cdots & \boldsymbol{A}_{i_{33}} \end{bmatrix} \quad (۳۶)$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

تفسیر این ماتریس بدین گونه است که : بخش **j** ام (بخش تقاضاکننده) به ازای ارزش یک واحد تولید خود چه میزان از کالاهای وارداتی یا خدمات وارداتی بخش **i** ام (بخش عرضه کننده) را به عنوان کالاها و خدمات واسطه‌ای در فرآیند تولید خود استفاده می‌کند.
با لحاظ رابطه فوق و مطابق رابطه (۳۴) می‌توان با بسط دادن رابطه به شکل زیر آن را بازنویسی کرد:

$$\begin{aligned}(۳۷) \qquad \bar{\mathbf{c}}_{\mathbf{iz}} &= \boldsymbol{\beta}(\mathbf{Zi.\,1}) = \boldsymbol{\beta}(\boldsymbol{A_i}.\boldsymbol{x}) = \boldsymbol{\beta A_i}.\boldsymbol{L_d}(\boldsymbol{y_d}+\boldsymbol{y_e}) \\ &= \boldsymbol{\beta Ai}.\boldsymbol{L_d}.\boldsymbol{y_d} + \boldsymbol{\beta Ai}.\boldsymbol{L_d}.\boldsymbol{y_e} = \bar{\mathbf{c}}_{\mathbf{iz,d}} + \bar{\mathbf{c}}_{\mathbf{iz,e}}\end{aligned}$$

همانطور که در رابطه (۳۷) مشاهده می‌شود، ستانده کل $(\boldsymbol{x})$ در الگوی غیرقابتی، بسط داده شده و در نهایت، می‌توان محتوای مصرف آب واردات واسطه‌ای $(\bar{\mathbf{c}}_{\mathbf{iz}})$ را به دو جزء محتوای مصرف آب واردات واسطه‌ای جهت تولید کالا برای مصرف داخل $(\bar{\mathbf{c}}_{\mathbf{iz,d}})$ و محتوای مصرف آب واردات واسطه‌ای جهت تولید کالای صادراتی $(\bar{\mathbf{c}}_{\mathbf{iz,e}})$ تجزیه می‌گردد. بعبارتی هر آنچه که بعنوان کالای واسطه‌ای وارد می‌شود در نهایت یا صرف تولید کالاهایی می‌شود که در داخل کشور مصرف می‌شوند و یا صرف تولید کالاهایی می‌شود که صادر می‌گردند؛ بنابراین محتوای مصرف آب برای واردات واسطه‌ای نیز به دو جزء مذکور تجزیه می‌گردد.
برای محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم آب ناشی از واردات واسطه‌ای که در تأمین تقاضای نهایی داخلی مصرف شده است، ماتریس حاصل از رابطه (۱۷) را در ماتریس حاصل از نسبت واردات هر بخش $(\boldsymbol{Z_i})$ به ستانده هر بخش پیش‌ضرب می‌کنیم، سپس ماتریس حاصل در ماتریس ضرایب فزاینده تولید بخش غیررقابتی ضرب و نتیجه حاصل در تقاضای نهایی داخلی $(\boldsymbol{y_d})$ ضرب می‌شود.

$$\bar{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz.d}} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta_{11}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{13}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{\beta_{31}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{33}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dfrac{\boldsymbol{Z_{i_{11}}}}{\boldsymbol{x_1}} & \cdots & \dfrac{\boldsymbol{Z_{i_{13}}}}{\boldsymbol{x_3}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \dfrac{\boldsymbol{Z_{i_{31}}}}{\boldsymbol{x_1}} & \cdots & \dfrac{\boldsymbol{Z_{i_{33}}}}{\boldsymbol{x_3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{L_{d_{11}}} & \cdots & \boldsymbol{L_{d_{13}}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{L_{d_{31}}} & \cdots & \boldsymbol{L_{d_{33}}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{y_{d_1}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y_{d_3}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{iz.d_1}} \\ \vdots \\ \bar{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{iz.d_3}} \end{bmatrix}$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

برای محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم آب ناشی از واردات واسطه‌ای که صرف صادرات شده است، ماتریس حاصل از رابطه (۱۷) را در ماتریس حاصل از نسبت واردات هر بخش ($\boldsymbol{Z_i}$) به ستانده هر بخش پیش‌ضرب می‌کنیم، سپس ماتریس حاصل در ماتریس ضرایب فزاینده تولید بخش غیررقابتی ضرب و نتیجه حاصل در صادرات ($\boldsymbol{y_e}$) ضرب می‌شود.

$$\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz.e}} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\beta_{11}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{13}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{\beta_{31}} & \cdots & \boldsymbol{\beta_{33}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\boldsymbol{Z_{i_{11}}}}{\boldsymbol{x_1}} & \cdots & \frac{\boldsymbol{Z_{i_{13}}}}{\boldsymbol{x_3}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\boldsymbol{Z_{i_{31}}}}{\boldsymbol{x_1}} & \cdots & \frac{\boldsymbol{Z_{i_{33}}}}{\boldsymbol{x_3}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{L_{d_{11}}} & \cdots & \boldsymbol{L_{d_{13}}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{L_{d_{31}}} & \cdots & \boldsymbol{L_{d_{33}}} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{y_{e_1}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y_{e_3}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{iz.e_1}} \\ \vdots \\ \overline{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{iz.e_3}} \end{bmatrix} \quad (۳۸)$$

الگوی رقابتی به دلیل عدم توانایی در تفکیک واردات، در محاسبه $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz.e}}$ ناتوان است؛ بعبارتی یکی از نارسایی‌های مهم الگوی واردات رقابتی ، عدم توانایی تشخیص منشأ وارداتی در صادرات است. به همین علت برای صادرات، تماماً منشأ داخلی در نظر می‌گیرد. حال می‌توان گفت که $\overline{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{e}}$ محاسبه شده در فرض واردات رقابتی، خود از دو جزء تشکیل می‌شود. جزء اول آب مصرف شده در صادرات محصولات داخلی تولید شده با امکانات واسطه‌ای داخلی یا همان **ce** محاسبه شده در فرض واردات غیررقابتی و جزء دوم هم آب مصرف شده در صادرات محصولات داخلی تولید شده با امکانات واسطه‌ای وارداتی یعنی $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz_e}}$ (سو و انگ ،۲۰۱۳). بنابراین از حاصل جمع **Ce** و $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{e}}$، $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz_e}}$ بدست می‌آید[۲].

$$\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{e}} = \begin{bmatrix} \overline{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{iz.e_1}} \\ \vdots \\ \overline{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{iz.e_3}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \boldsymbol{c_{e_1}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{c_{e_3}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{e_1}} \\ \vdots \\ \overline{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{e_3}} \end{bmatrix} \quad (۳۹)$$

بر خلاف الگوی واردات رقابتی، رابطه (۳۹) مشخص می‌کند که نخست، این فرض که صادرات تماماً منشأ داخلی دارد به دور از واقعیت است و در ثانی، محتوای مصرف آب صادرات در الگوی رقابتی، خود از دو جزء تشکیل شده است: $\boldsymbol{c_{e_i}}$ بعنوان محتوای مصرف آب منشأ داخلی صادرات و $\overline{\boldsymbol{c}}_{\boldsymbol{iz.e_i}}$ بعنوان محتوای مصرف آب منشأ وارداتی صادرات.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

۴- تجزیه و تحلیل دادها (یک مثال عددی)

به منظور شناخت بیشتر از مطالب بخش پیشین و همچنین کارکردهای روابط آن، مثال عددی سه بخشی در دو الگوی رقابتی و غیررقابتی ارائه می‌گردد. در این راستا اقتصاد سه بخشی شامل بخش کشاورزی، صنعتی و خدمات برای محاسبه سنجش محتوای ردپای آب فرض می‌شود. مقدار آب مصرفی نیز در این سه گروه، در سه گروه مصرف آب بخش کشاورزی، مصرف آب بخش صنعت و مصرف آب در بخش خدمات در جدول فرضی داده- ستانده وارد می‌شود.

با توجه به ساختار معرفی شده، جدول داده – ستانده رقابتی مناسب جهت برای برآورد سنجش محتوای ردپای آب در جدول ۷ آورده شده است.

در ابتدا بایستی توجه شود که رابطه تراز تولید در جدول برقرار باشد. یعنی سرجمع سطری مبادلات واسطه‌ای، تقاضای نهایی و صادرات منهای واردات برابر با ستانده (عرضه کل) در هر بخش باشد. همچنین سرجمع ستونی مجموع هزینه‌های واسطه‌ای و ارزش افزوده در هر بخش بایستی برابر با ستانده (تقاضای کل) گردد. همچنین مقدار عرضه کل و تقاضای کل در جدول با یکدیگر برابر باشد که در جدول فوق این موارد رعایت گردیده است.

جدول ۷- جدول داده- ستانده فرضی سه بخشی رقابتی

	Z = Zd + Zi			yf = yd + yi	ye	ym	x
	کشاورزی	صنعت	خدمات	تقاضای نهایی	صادرات	منهای واردات	ستانده
کشاورزی	۵۶	۱۹	۱۴	۵۹	۳۵	۳۳	۱۵۰
صنعت	۲۹	۳۵	۴۸	۴۳	۱۰	۲۵	۱۴۰
خدمات	۲۰	۳۱	۲۳	۵۳	۱۵	۳۷	۱۰۵
جمع هزینه واسطه ای	۱۰۵	۸۵	۸۵				
ارزش افزوده	۴۵	۵۵	۲۰				
ستانده	۱۵۰	۱۴۰	۱۰۵				
مقدار آب مصرفی (میلیون متر مکعب)	۱۰	۶۵	۱۰۰				

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

گام اول: محاسبه ماتریس ضرایب مستقیم داده - ستانده

جهت بدست آوردن ضرایب فزاینده تولید جدول داده ـ ستانده، ابتدا ضرایب فنی (مستقیم) تولید محاسبه می‌شود که درواقع، نسبت به‌کارگیری نهاده‌های تولیدی در تولید هر بخش (به‌جز عوامل اولیه) را نشان می‌دهد.

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{0.373} & \mathbf{0.136} & \mathbf{0.133} \\ \mathbf{0.193} & \mathbf{0.250} & \mathbf{0.457} \\ \mathbf{0.133} & \mathbf{0.221} & \mathbf{0.219} \end{bmatrix} \quad (۴۰)$$

در ادامه، ماتریس معکوس لئونتیف (ماتریس ضرایب فزاینده تولید) مربوط به ماتریس فوق استخراج می‌شود؛ ماتریس معکوس لئونتیف بر اساس فرض ثابت بودن ضرایب فنی، ثابت است و تغییرات در تقاضای نهایی که منجر به تغییر تولید می‌شود را نشان می‌دهد.

$$\boldsymbol{L} = (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A})^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{0.373} & \mathbf{0.136} & \mathbf{0.133} \\ \mathbf{0.193} & \mathbf{0.250} & \mathbf{0.457} \\ \mathbf{0.133} & \mathbf{0.221} & \mathbf{0.219} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{1.894} & \mathbf{0.530} & \mathbf{0.663} \\ \mathbf{0.828} & \mathbf{1.844} & \mathbf{1.221} \\ \mathbf{0.558} & \mathbf{0.613} & \mathbf{1.735} \end{bmatrix} \quad (۴۱)$$

ماتریس فوق ضرایب فزاینده تولید را نشان می‌دهد. سرجمع ستونی ماتریس مذکور بیان می‌کند، افزایش یک واحدی تقاضای نهایی یک بخش به چه میزان منجر به افزایش تولید در کل اقتصاد می‌گردد. به عنوان مثال، افزایش یک واحد تقاضای نهایی در بخش صنعت، به طور مستقیم و غیرمستقیم منجر به افزایش ۹۸۷.۲ واحد تولید در کل اقتصاد خواهد شد.

گام دوم: محاسبه ضرایب مستقیم مصرف آب

ضرایب مذکور از تقسیم مقدار مصرف آب هر بخش به کل ستانده آن بخش به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$\hat{\boldsymbol{F}} = [\mathbf{10} \quad \mathbf{65} \quad \mathbf{100}] \begin{bmatrix} \mathbf{150} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{140} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{105} \end{bmatrix}^{-1} = [\mathbf{0.067} \quad \mathbf{0.464} \quad \mathbf{0.952}] \quad (۴۲)$$

عناصرماتریس $\hat{\boldsymbol{F}}$سطری نشان می‌دهد، به ازای ارزش هر واحد تولید دریک بخش به طور مستقیم چه میزان آب مصرف می‌شود. به عنوان مثال، در بخش کشاورزی برای ارزش

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

یک واحد تولید به طور مستقیم ۰.۰۶۷ میلیون متر معکب آب مصرف می‌شود. با ضرب ماتریس قطری ضرایب مستقیم مصرف آب در ماتریس ضرایب فزاینده تولید، ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب بدست می‌آید:

$$\beta = \begin{bmatrix} 0.067 & 0 & 0 \\ 0 & 0.464 & 0 \\ 0 & 0 & 0.952 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.894 & 0.530 & 0.663 \\ 0.828 & 1.844 & 1.221 \\ 0.558 & 0.613 & 1.735 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.126 & 0.035 & 0.042 \\ 0.385 & 0.856 & 0.567 \\ 0.532 & 0.584 & 1.652 \end{bmatrix} \quad (۴۳)$$

سرجمع ستونی این ماتریس که به صورت بردار سطری نشان داده می‌شود برابر است با:

$$[1.043 \quad 1.475 \quad 2.561]$$

ارقام بردار فوق نشان می‌دهند که به ازای افزایش یک واحد در تقاضای نهایی، چه میزان مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد افزایش می‌یابد. به عنوان مثال به ازای افزایش یک واحد در تقاضای نهایی بخش کشاورزی، **1.043** واحد معادل میلیون متر مکعب، مصرف آب به صورت مستقیم و غیرمستقیم در کل اقتصاد افزایش می‌یابد.

گام سوم: محاسبه محتوای مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم در تأمین تقاضای نهایی

برای محاسبه میزان محتوای مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم در تأمین تقاضای نهایی، ماتریس فزاینده مصرف آب در ماتریس قطری تقاضای نهایی ضرب می‌شود و در پایان سرجمع سطری هر بخش؛ محتوای مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم بخش مذکور را نشان می‌دهد. به عنوان مثال، محتوای مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم بخش خدمات در تأمین تقاضای نهایی ، برابر ۴۳.۱۴۴ واحد معادل میلیون مترمکعب است.

$$[\overline{C}_f] = \begin{bmatrix} 0.126 & 0.035 & 0.042 \\ 0.385 & 0.856 & 0.567 \\ 0.532 & 0.584 & 1.652 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 59 & 0 & 0 \\ 0 & 43 & 0 \\ 0 & 0 & 53 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.206 \\ 89.538 \\ 144.043 \end{bmatrix} \quad (۴۴)$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

گام چهارم: محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین صادرات ناخالص

با ضرب ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب در ماتریس قطری صادرات، محتوای مصرف آب در تأمین صادرات کالا و خدمات در بخش‌های مختلف اقتصاد به دست می‌آید. به عنوان مثال، محتوای مصرف آب در تأمین صادرات ناخالص در بخش کشاورزی، ۴۰۶.۵ واحد معادل میلیون مترمکعب است.

$$(۴۵) \quad [\overline{C}_e] = \begin{bmatrix} 0.126 & 0.035 & 0.042 \\ 0.385 & 0.856 & 0.567 \\ 0.532 & 0.584 & 1.652 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 35 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 15 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.406 \\ 30.524 \\ 49.231 \end{bmatrix}$$

گام پنجم: محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین واردات

با ضرب ماتریس ضریب فزاینده مصرف آب در ماتریس قطری واردات، محتوای مصرف آب در تأمین واردات کالاها و خدمات بدست می‌آید. به عنوان مثال، در بخش صنعت، مقدار مصرف آب وارداتی در تأمین کالاها و خدمات نهایی، معادل ۰۶۲.۵۵ واحد معادل میلیون مترمکعب است.

$$(۴۶) \quad [\overline{C}_m] = \begin{bmatrix} 0.126 & 0.035 & 0.042 \\ 0.385 & 0.856 & 0.567 \\ 0.532 & 0.584 & 1.652 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 33 & 0 & 0 \\ 0 & 25 & 0 \\ 0 & 0 & 37 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6.612 \\ 55.062 \\ 93.274 \end{bmatrix}$$

گام ششم: محاسبه میزان مصرف آب داخلی در الگوی واردات رقابتی

در الگوی واردات رقابتی فرض می‌شود که تکنولوژی تولید یک کشور با سایر کشورها یکسان است. از این رو با کسر محتوای مصرف آب واردات از حاصل جمع مصرف آب در تأمین تقاضای نهایی و محتوای مصرف آب در تأمین صادرات، مصرف آب داخلی در اقتصاد $(\boldsymbol{C})$ بدست می‌آید.

$$(۴۷) \qquad \boldsymbol{C} = \begin{bmatrix} 11.206 \\ 89.538 \\ 144.043 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 5.406 \\ 30.524 \\ 49.231 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 6.612 \\ 55.062 \\ 93.274 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 65 \\ 100 \end{bmatrix}$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

ارقام فوق حاکی از آن است که میزان کل مصرف آب در بخش کشاورزی برابر ۱۰ واحد معادل میلیون مترمکعب، بخش صنعت ۶۵ واحد معادل میلیون مترمکعب و بخش خدمات ۱۰۰ واحد معادل میلیون مترمکعب می‌باشد. به طور کلی مصرف کل آب ایران در این مدل سه بخشی برابر با ۱۷۵ میلیون مترمکعب است.

همانطور که پیشتر بیان شده است در بردار $[\overline{C}_f]$ بعلت آنکه در مقادیر این بردار، تقاضای نهایی برای تولید داخل از تقاضای نهایی برای واردات تفکیک نشده است و اعداد نشان داده شده برای سه بخش شامل هردو (تقاضای نهایی برای تولید داخل و تقاضای نهایی برای واردات) می‌باشند، بنابراین مقادیر مذکور دارای بیش برآوردی نسبت به مصرف آب داخلی در تأمین تقاضای نهایی می‌باشند.

همچنین بردار $[\overline{C}_e]$ نیز حاصل ضرب بردار مصرف آب بخش‌های مختلف(**F'**) در ماتریس معکوس لئونتیف(**L**) در بردار صادرات (**ye**) است. از آنجا که ماتریس معکوس لئونتیف، از ماتریس مبادلات واسطه (که مبادلات واسطه‌ای داخلی از واردات واسطه ای در آن تفکیک نشده است.) حاصل شده است، بنابراین مقادیر این بردار نیز دارای بیش برآوردی مصرف آب در تأمین صادرات می‌باشند.

برای برون رفت از مسئله بیش برآوردی مصرف آب، در الگوی واردات غیررقابتی، واردات در مبادلات واسطه و تقاضای نهایی، از مبادلات واسطه‌ای داخلی و تقاضای نهایی برای تولید داخل تفکیک می‌گردد. سپس با لحاظ مبادلات واسطه‌ای داخلی و تقاضای نهایی داخلی در محاسبه محتوای آب، مسئله بیش برآوردی در محتوای مصرف آب داخلی حل می‌شود. همچنین با پیش ضرب کردن ماتریس معکوس لئونتیف داخلی (**Ld**) بجای ماتریس معکوس لئونتیف (**L**) ، مقدار محتوای مصرف آب در تأمین صادرات نیز بدست می‌آید که مقدار آن کمتر از محتوای مصرف آب در تأمین صادرات در الگوی رقابتی است. میزان بیش برآوردی مصرف آب در تأمین صادرات در الگوی رقابتی نیز مشخص می‌گردد که ناشی از منشأ وارداتی صادرات است و مقدار دقیق آن محاسبه می‌گردد.

شایان ذکر است فرایند محاسبه فرض واردات غیر رقابتی همانند فرایند محاسبه فرض واردات رقابتی می‌باشد با این تفاوت که به جای ضرایب فنی تولید کل از ضرایب فنی تولید داخلی و به جای تقاضای نهایی کل از تقاضای نهایی داخلی استفاده می‌شود،

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

همچنین واردات به واردات نهایی و واسطه‌ای تقسیم می‌شود. برای محاسبه جدول واردات غیر رقابتی از جدول ۷ استفاده شده است نتیجه در جدول ۸ قابل مشاهده است.

جدول ۸- جدول داده-ستانده واردات غیررقابتی (رابطه تراز تولیدی بدون واردات)

	z_d			y_d	y_e	X
	کشاورزی	صنعت	خدمات	تقاضای نهایی داخلی	صادرات	ستانده
کشاورزی	۴۳.۵۱۴	۱۴.۷۶۴	۱۰.۸۷۸	۴۵.۸۴۵	۳۵	۱۵۰
صنعت	۲۴.۳۲۳	۲۹.۳۵۵	۴۰.۲۵۸	۳۶.۰۶۵	۱۰	۱۴۰
خدمات	۱۴.۱۷۳	۲۱.۹۶۹	۱۶.۲۹۹	۳۷.۵۵۹	۱۵	۱۰۵
	Z_i			y_i	y_e	X
واردات بخش ۱	۱۲.۴۸۶	۴.۲۳۶	۳.۱۲۲	۱۳.۱۵۵	۰	۳۳
واردات بخش ۲	۴.۶۷۷	۵.۶۴۵	۷.۷۴۲	۶.۹۳۵	۰	۲۵
واردات بخش۳	۵.۸۲۷	۹.۰۳۱	۶.۷۰۱	۱۵.۴۴۱	۰	۳۷
واردات	۲۲.۹۹۱	۱۸.۹۱۳	۱۷.۵۶۴	۳۵.۵۳۲		
جمع هزینه واسطه ای داخلی	۸۲.۰۰۹	۶۶.۰۸۷	۶۷.۴۳۶	۱۱۹.۴۶۸		
ارزش افزوده	۴۵	۵۵	۲۰			
داده کل (میلیون ریال)	۱۵۰	۱۴۰	۱۰۵			
مقدار آب مصرفی (میلیون متر مکعب)	۱۰	۶۵	۱۰۰			

۴-۱- مراحل محاسبه رابطه تراز تولیدی بدون واردات

پس از تفکیک واردات و تبدیل جدول متعارف به داخلی، در ابتدا بایستی توجه شود که رابطه تراز تولید در جدول برقرار باشد. یعنی سرجمع سطری مبادلات واسطه‌ای داخلی، تقاضای نهایی داخلی و صادرات برابر با ستانده (عرضه کل) در هر بخش باشد. همچنین سرجمع ستونی مجموع هزینه‌های واسطه‌ای و ارزش افزوده در هر بخش بایستی برابر با ستانده (تقاضای کل) گردد. همچنین مقدار عرضه کل و تقاضای کل در جدول با یکدیگر برابر باشد که در جدول فوق این موارد رعایت گردیده است.

گام اول: محاسبه ماتریس ضرایب مستقیم داخلی

جهت بدست آوردن ضرایب فزاینده تولید جدول داده ـ ستانده جدول ۸، ابتدا ضرایب مستقیم داخلی محاسبه می‌شود که درواقع، نسبت به‌کارگیری نهاده‌های داخلی در تولید هر بخش (به‌جز عوامل اولیه) را نشان می‌دهد.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

$$A_d = \begin{bmatrix} 0.290 & 0.105 & 0.104 \\ 0.162 & 0.210 & 0.383 \\ 0.094 & 0.157 & 0.155 \end{bmatrix} \quad (۴۸)$$

در ادامه، ماتریس معکوس لئونتیف مربوط به ماتریس فوق استخراج می‌شود؛ ماتریس معکوس لئونتیف بر اساس فرض ثابت بودن ضرایب فنی، ثابت است و تغییرات در تقاضای نهایی که منجر به تغییر تولید می‌شود را نشان می‌دهد.

$$L_d = (I - A_d)^{-1} = \left[\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.710 & -0.105 & -0.104 \\ -0.162 & 0.790 & -0.383 \\ -0.094 & -0.157 & 0.845 \end{bmatrix}\right]^{-1}$$
$$= \begin{bmatrix} 1.509 & 0.262 & 0.304 \\ 0.430 & 1.465 & 0.718 \\ 0.249 & 0.301 & 1.351 \end{bmatrix} \quad (۴۹)$$

ماتریس فوق ضرایب فزاینده تولید داخلی را نشان می‌دهد. سرجمع ستونی ماتریس مذکور بیان می‌کند، افزایش یک واحدی تقاضای نهایی یک بخش به چه میزان منجر به افزایش تولید در کل اقتصاد می‌گردد. به عنوان مثال، افزایش یک واحد تقاضای نهایی در بخش صنعت، به طور مستقیم و غیرمستقیم منجر به افزایش ۰۲۸.۲ واحد تولید در کل اقتصاد خواهد شد.

با توجه به اینکه $\acute{F}$ (ماتریس ضرایب مستقیم مصرف آب) برابر با حاصل ضرب بردار مصرف آب در ماتریس معکوس ستانده کل است و هردو (بردار مصرف آب و ستانده کل) در هر دو جدول متعارف و داخلی، یکسان هستند، به همین دلیل، بردار $\acute{F}$ در هر دو الگوی رقابتی و غیررقابتی برابر است. با ضرب ماتریس قطری ضرایب مستقیم مصرف آب در ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخلی، ماتریس ضرایب فزاینده تولید داخلی مصرف آب بدست می‌آید:

$$\beta_d = \begin{bmatrix} 0.067 & 0 & 0 \\ 0 & 0.464 & 0 \\ 0 & 0 & 0.952 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.509 & 0.262 & 0.304 \\ 0.430 & 1.465 & 0.718 \\ 0.249 & 0.301 & 1.351 \end{bmatrix} \quad (۵۰)$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

$$= \begin{bmatrix} 0.101 & 0.017 & 0.020 \\ 0.200 & 0.680 & 0.333 \\ 0.237 & 0.287 & 1.287 \end{bmatrix}$$

سرجمع ستونی این ماتریس که به صورت بردار سطری نشان داده می‌شود برابر است با:

$$[0.537 \quad 0.985 \quad 1.640]$$

ارقام بردار فوق نشان می‌دهند که به ازای افزایش یک واحد در تقاضای نهایی داخلی هر بخش، چه میزان مصرف مستقیم و غیرمستقیم آب در کل اقتصاد افزایش می‌یابد. به عنوان مثال به ازای افزایش یک واحد در تقاضای نهایی داخلی بخش کشاورزی، ۰.۵۳۷ میلیون مترمکعب مصرف مستقیم و غیرمستقیم آب در کل اقتصاد افزایش می‌یابد.

گام سوم: محاسبه محتوای مصرف آب در اثر تأمین تقاضای نهایی داخلی

برای محاسبه میزان محتوای مصرف آب ناشی از تقاضای نهایی، ماتریس فزاینده مصرف آب داخلی در ماتریس قطری تقاضای نهایی ضرب می‌شود و در پایان جمع سطری هر بخش، محتوای مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم بخش مذکور را در تأمین تقاضای نهایی داخلی نشان می‌دهد. به عنوان مثال، محتوای مصرف مستقیم و غیرمستقیم داخلی آب بخش خدمات در تأمین تقاضای نهایی داخلی همه بخش‌ها، برابر ۶۹.۵۳۹ واحد معادل میلیون مترمکعب است.

$$C_d = \begin{bmatrix} 0.101 & 0.017 & 0.020 \\ 0.200 & 0.680 & 0.333 \\ 0.237 & 0.287 & 1.287 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 45.845 & 0 & 0 \\ 0 & 36.065 & 0 \\ 0 & 0 & 37.559 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6.001 \\ 46.208 \\ 69.539 \end{bmatrix} \quad (۵۱)$$

سرجمع ستونی ماتریس C_d نشان دهنده محتوای مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم در تأمین تقاضای نهایی داخلی کل اقتصاد است.

گام چهارم: محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین صادرات ناخالص

با ضرب ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب داخلی در ماتریس قطری صادرات، محتوای مصرف آب در تأمین صادرات ناخالص در بخش‌های مختلف اقتصاد به دست می‌آید. به

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

عنوان مثال، محتوای مصرف آب داخلی کالاها و خدمات صادراتی در بخش کشاورزی، معادل ۳.۹۹۹ میلیون مترمکعب است.

$$C_e = \begin{bmatrix} 0.101 & 0.017 & 0.020 \\ 0.200 & 0.680 & 0.333 \\ 0.237 & 0.287 & 1.287 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 35 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 15 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.999 \\ 18.792 \\ 30.461 \end{bmatrix} \quad (۵۲)$$

گام پنجم: محاسبه میزان مصرف آب در چارچوب الگوی واردات غیررقابتی

در این مرحله میزان مصرف کل آب طبق نظریه واردات غیر رقابتی (رابطه تراز تولیدی بدون واردات) از حاصل جمع مصرف نهایی داخلی آب و صادرات بدست می‌آید.

$$c = \begin{bmatrix} 6.001 \\ 46.208 \\ 69.539 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 3.999 \\ 18.792 \\ 30.461 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 65 \\ 100 \end{bmatrix} \quad (۵۳)$$

ارقام فوق حاکی از آن است که میزان کل مصرف آب در بخش کشاورزی برابر ۱۰، بخش صنعت ۶۵ و بخش خدمات ۱۰۰ میلیون مترمکعب می‌باشد به طور کلی مصرف کل آب ایران در این مدل سه بخشی برابر با ۱۷۵ میلیون مترمکعب است.

همانطور که مشاهده می‌شود ارقام بردار مصرف آب داخلی در دو فرض واردات رقابتی و غیررقابتی یکسان می‌شود؛ بنابراین از نظر برآورد مصرف آب داخلی کل اقتصاد هردو الگو مشابه عمل می‌کنند، در اینجا توجه به دو نکته مهم ضروری است:

یک. در الگوی واردات رقابتی، بردار واردات به صورت یکجا و با علامت منفی لحاظ می‌شود. با مقایسه بردار **Cd** با $\overline{C}_f$ و همچنین **Ce** با $\overline{C}_e$ متوجه میزان بیش برآوردی $\overline{C}_f$ و $\overline{C}_e$ نسبت به **Cd** و **Ce** می‌شویم. بعبارتی $\overline{C}_f$ مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم تقاضای نهایی کل (با فرض یکسانی تکنولوژی بین داخل و خارج) می‌باشد اما **Cd** مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم تقاضای نهایی داخلی است. همچنین برآورد محتوای مصرف آب صادرات در فرض رقابتی دارای بیش برآوردی نسبت به فرض غیررقابتی است که علت آن عدم تفکیک واردات واسطه از مبادلات داخلی در ماتریس مبادلات واسطه است. بنابراین در $\overline{C}_f$ و $\overline{C}_e$ واردات نیز مستتر است؛ در صورتی که هدف، برآورد محتوای مصرف آب داخلی در بخش‌های مختلف اقتصاد است. لذا الگوی واردات

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

غیررقابتی نسبت به واردات رقابتی دارای ارجحیت است؛ چرا که علاوه بر برآورد مصرف آب داخلی کل اقتصاد، برآورد درستی از مصرف آب داخلی تقاضای نهایی و صادرات بدست می‌دهد؛ اما الگوی واردات رقابتی علیرغم اینکه در برآورد مصرف آب داخلی کل اقتصاد، مقادیر مشابه الگوی واردات غیررقابتی بدست می‌دهد، در برآورد مصرف آب تقاضای نهایی و صادرات، دچار بیش برآوردی می‌شود.

دو. در الگوی واردات رقابتی، میزان $\overline{C}_e$ نسبت به مقدار محتوای مصرف آب داخلی صادرات دچار بیش برآوردی است. در واقع در الگوی واردات رقابتی فرض می‌شود مصرف آب صادرات تماماً منشأ داخلی دارد؛ در حالیکه در الگوی غیررقابتی اثبات می‌شود که محتوای مصرف آب صادرات محاسبه شده در الگوی رقابتی، تماماً منشأ داخلی ندارد بلکه دارای دو منشأ داخلی و وارداتی است. تفکیک این دو و بدست آوردن مقدار منشأ وارداتی در صادرات در الگوی غیررقابتی، گام بسیار مهمی است که نشان دهنده بیش برآوردی فرض واردات رقابتی در محاسبه محتوای مصرف تجارت آب می‌باشد و این مسئله در الگوی غیررقابتی حل شده است.

گام اول: تجزیه محتوای مصرف واردات آب به واردات نهایی و واردات واسطه‌ای

الف) محتوای مصرف آب در تأمین واردات نهایی

با استفاده از رابطه (۴۳)، و با پیش‌ضرب ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب در واردات در ماتریس قطری واردات نهایی، به طور مستقیم و غیرمستقیم میزان مصرف آب ناشی از تولید این نوع محصولات که برای تأمین تقاضای نهایی داخلی منتشر شده است، محاسبه می‌گردد که همان محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب واردات نهایی است. ارقام ماتریس $\overline{c_{if}}$ نشان می‌دهد محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب برای هر بخش در تأمین واردات نهایی چه میزان بوده است. بعنوان مثال محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین واردات نهایی بخش کشاورزی برابر با ۴.۰۵۴ واحد معادل میلیون مترمکعب است.

$$\overline{c_{if}} = \begin{bmatrix} 0.126 & 0.035 & 0.042 \\ 0.385 & 0.856 & 0.567 \\ 0.532 & 0.584 & 1.652 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 13.155 & 0 & 0 \\ 0 & 6.935 & 0 \\ 0 & 0 & 15.441 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.054 \\ 35.314 \\ 56.719 \end{bmatrix} \quad (۵۴)$$

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

ب) محتوای مصرف آب در تأمین واردات واسطه‌ای

برای محاسبه محتوای مصرف آب واردات واسطه‌ای از ماتریس واردات واسطه‌ای در جدول (۸) استفاده می‌شود.

$$Z_i = \begin{bmatrix} 12.486 & 4.236 & 3.122 \\ 4.677 & 5.645 & 7.742 \\ 5.827 & 9.031 & 67.01 \end{bmatrix} \quad (۵۵)$$

برای محاسبه آب وارداتی که در اثر تولید کالای واسطه‌ای منتشر شده و برای تولید در هر بخش به کار برده می‌شوند، با پیش‌ضرب نمودن ماتریس ضرایب فزاینده مصرف آب واردات رقابتی رابطه (۳۳)، در ماتریس قطری واردات بین بخشی بدست می‌آید. ارقام ماتریس $\overline{C_{iz}}$ نشان می‌دهد محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب برای هر بخش در تأمین واردات واسطه‌ای چه میزان بوده است. بعنوان مثال محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب در تأمین واردات واسطه‌ای بخش خدمات برابر با ۳۶.۵۵۵ معادل میلیون مترمکعب ساست.

$$\overline{C_{iz}} = \begin{bmatrix} 0.126 & 0.035 & 0.042 \\ 0.385 & 0.856 & 0.567 \\ 0.532 & 0.584 & 1.652 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 12.486 & 4.236 & 3.122 \\ 4.677 & 5.645 & 7.742 \\ 5.827 & 9.031 & 6.701 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.558 \\ 19.748 \\ 36.555 \end{bmatrix} \quad (۵۶)$$

از حاصل جمع $\overline{C_{iz}}$ و $\overline{C_{if}}$ ، $\overline{C_m}$ محاسبه شده در واردات رقابتی بدست می‌آید:

$$\overline{C}_m = \begin{bmatrix} 4.054 \\ 35.314 \\ 56.719 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2.558 \\ 19.748 \\ 36.555 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6.612 \\ 55.062 \\ 93.274 \end{bmatrix} \quad (۵۷)$$

یکی از محاسن استفاده از الگوی غیررقابتی این است که می‌توان واردات را به دو جزء واردات نهایی $(\overline{C_{if}})$ و واردات واسطه‌ای$(\overline{C_{iz}})$ تجزیه کرد. $\overline{C}_{iz}$ خود به دو جزء تقسیم می‌شود. $\overline{C}_{izd}$ مربوط به آن قسمت از واردات واسطه‌ای است که صرف مصرف داخلی می‌شود. و $\overline{C}_{ize}$ مربوط به آن قسمت از واردات واسطه‌ای است که صرف صادرات می‌شوند.

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

برای محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم آب ناشی از واردات واسطه‌ای که به مصرف تقاضای نهایی داخلی رسیده است، ماتریس حاصل از رابطه (۴۳) را در ماتریس ضرایب مستقیم واردات هر بخش ($\boldsymbol{Z_i}$) به ستانده هر بخش ($\mathbf{X}$) پیش‌ضرب می‌کنیم، سپس ماتریس حاصل در ماتریس ضرایب فزاینده تولید بخش غیررقابتی ضرب و نتیجه حاصل در تقاضای نهایی داخلی ($\boldsymbol{y_d}$) ضرب می‌شود.

ارقام ماتریس $\overline{\boldsymbol{C_{IZ,d}}}$ نشان دهنده محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب هر بخش در واردات واسطه‌ای در تأمین تقاضای نهایی داخلی است. بعبارتی ارقام ماتریس $\overline{\boldsymbol{C_{IZ,d}}}$ نشان دهنده مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم آن قسمت از واردات واسطه‌ای است که صرف تأمین تقاضای نهایی داخلی گردیده است. بعنوان مثال محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب واردات واسطه‌ای در تأمین تقاضای نهایی داخلی برای بخش کشاورزی برابر با ۲.۶۴۷ معادل میلیون مترمکعب است.

$$\bar{C}_{iz_d} = \begin{bmatrix} 0.126 & 0.035 & 0.042 \\ 0.385 & 0.856 & 0.567 \\ 0.532 & 0.584 & 1.652 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.083 & 0.030 & 0.030 \\ 0.031 & 0.040 & 0.074 \\ 0.039 & 0.065 & 0.064 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.509 & 0.262 & 0.304 \\ 0.430 & 1.465 & 0.718 \\ 0.249 & 0.301 & 1.351 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 45.845 \\ 36.65 \\ 37.559 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 2.647 \\ 23.583 \\ 37.949 \end{bmatrix} \quad (۵۸)$$

برای محاسبه محتوای مستقیم و غیرمستقیم آب ناشی از واردات واسطه‌ای که صرف صادرات شده است، ماتریس حاصل از رابطه (۳۳) را در ماتریس ضرایب مستقیم واردات ضرایب هر بخش پیش‌ضرب می‌کنیم، سپس ماتریس حاصل در ماتریس ضرایب فزاینده تولید بخش غیررقابتی ضرب و نتیجه حاصل در صادرات ($\boldsymbol{y_e}$) ضرب می‌شود.

ارقام ماتریس $\overline{\boldsymbol{C_{IZ,e}}}$ نشان دهنده محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آبی هر بخش در واردات واسطه‌ای در تأمین صادرات است. بعبارتی ارقام ماتریس $\overline{\boldsymbol{C_{IZ,e}}}$ نشان دهنده مصرف آب مستقیم و غیرمستقیم آن قسمت از واردات واسطه‌ای است که صرف تأمین صادرات گردیده است. بعنوان مثال محتوای مستقیم و غیرمستقیم مصرف آب واردات واسطه‌ای در تأمین صادرات برای بخش کشاورزی برابر با ۱.۴۰۷ معادل میلیون مترمکعب است.

(۵۹)

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

$$\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz_e}} = \begin{bmatrix} 0.126 & 0.035 & 0.042 \\ 0.385 & 0.856 & 0.567 \\ 0.532 & 0.584 & 1.652 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.083 & 0.030 & 0.030 \\ 0.031 & 0.040 & 0.074 \\ 0.039 & 0.065 & 0.064 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.509 & 0.262 & 0.304 \\ 0.430 & 1.465 & 0.718 \\ 0.249 & 0.301 & 1.351 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 45.845 \\ 36.65 \\ 37.559 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.407 \\ 11.731 \\ 18.770 \end{bmatrix}$$

حال می‌توان گفت که $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{e}}$ محاسبه شده در فرض واردات رقابتی، خود از دو جزء تشکیل می‌شود. اول آب مصرف شده در صادرات محصولات داخلی تولید شده با امکانات واسطه‌ای داخلی یا همان **ce** محاسبه شده در فرض واردات غیررقابتی و دوم هم آب مصرف شده در صادرات محصولات داخلی تولید شده با امکانات واسطه‌ای وارداتی یعنی $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz_e}}$. بنابراین از حاصل جمع **ce** و $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{iz_e}}$، $\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{e}}$ بدست می‌آید.

$$\overline{\boldsymbol{C}}_{\boldsymbol{e}} = \begin{bmatrix} 1.407 \\ 11.731 \\ 18.770 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 3.999 \\ 18.792 \\ 30.461 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.406 \\ 30.524 \\ 49.231 \end{bmatrix} \qquad (۶۰)$$

در جدول متعارف و الگوی واردات رقابتی فرض می‌شود که صادرات تماماً منشأ داخلی دارد و منشأ وارداتی برای آن لحاظ نمی‌شود؛ در حالی که در جدول داخلی و الگوی واردات غیررقابتی این فرض نقض می‌شود. نکته مهمی که ارقام فوق نشان می‌دهند این است که مصرف آب در تأمین صادرات در الگوی رقابتی تماماً منشأ داخلی ندارد، یعنی هر مقداری که مصرف آب در صادرات در الگوی رقابتی دارد، بخشی از آن را مصرف آب داخلی در تأمین صادرات تشکیل می‌دهد و بخش دیگری از آن را مصرف آب واردات واسطه‌ای در تأمین صادرات.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا مبانی نظری الگوهای واردات رقابتی و واردات غیررقابتی به طور مقایسه ای مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده نمودیم که بکارگیری الگوی واردات غیررقابتی نسبت به واردات رقابتی در تجزیه و سنجش محتوای واردات آب دارای انعطاف پذیری بیشتری است. متناسب با آن و به منظور شناخت بیشتر از کارکردهای دو الگوی رقابتی و غیررقابتی در سیاستگذاری و برنامه ریزی، مثال عددی فرض سه بخشی مبنای محاسبه گام به گام قرار گرفت. نتایج حاصله مقادیر مربوطه جهت مصرف آب

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

مستقیم و مستقیم و غیرمستقیم هریک از بخش‌های اقتصادی در دو الگوی واردات رقابتی و غیررقابتی را نشان داد. میزان مصرف آب داخلی کل اقتصاد (با تفکیک واردات در الگوی غیررقابتی با روش فرض تناسبی) در هر دو الگوی رقابتی و غیررقابتی یکسان شد. در الگوی غیررقابتی، واردات به دو جزء واردات نهایی و واردات واسطه‌ای تجزیه شد که واردات واسطه‌ای خود به دو جزء واردات واسطه‌ای در تأمین تولید داخل و واردات واسطه‌ای در تأمین صادرات تجزیه گردید. در الگوی غیررقابتی نشان داده شد که مصرف آب در تأمین صادرات در الگوی رقابتی تماماً منشأ داخلی ندارد؛ بلکه بخشی از آن را مصرف آب داخلی در تأمین صادرات و بخش دیگری از آن را مصرف آب واردات واسطه‌ای در تأمین صادرات تشکیل می‌دهد.

توضیحات

1. Leontief Inverse Matrix

۲. اثبات ریاضی این موضوع در پیوست شماره ۱ و ۲ مقاله (سو و انگ، ۲۰۱۳) تصریح گردیده است.

مرجع‌ها

[۱] بانویی، علی اصغر (۱۳۹۱). ارزیابی شقوق مختلف نحوه منظورکردن واردات و روش‌های تفکیک آن با تأکید بر جدول متقارن سال ۱۳۸۰، مجله علمی-پژوهشی سیاستگذاری اقتصادی، سال چهارم، شماره هشتم، صص ۳۱-۷۳.

[۲] برانسون، ویلیام. اچ. (۱۳۸۸). تئوری و سیاست‌های اقتصاد کلان، ترجمه عباس شاکری، چاپ سیزدهم، تهران، نشر نی.

[۳] فریدزاد، علی؛ مهاجری، پریسا (۱۳۹۵). بررسی آثار و تبعات اقتصادی و اجتماعی ناشی از محدودیت عرضه در زیربخشهای صنعت بر سایر بخشهای اقتصادی با استفاده از الگوی اصلاح شده ماتریس حسابداری اجتماعی عرضه محور .مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، دوره ۵، شماره ۱۹، صص ۱۵۵-۱۸۵.

[٤] مهاجری، پریسا؛ بانویی، علی اصغر؛ فراست، زهره؛ مومنی، لیلا (۱۳۹۵). سنجش وابستگی بخش‌های اقتصادی به واردات از بعد مبدأ، مقصد و سیاستی با استفاده از

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]

جدول داده - ستانده تک‌منطقه‌ای؛ مطالعه موردی استان مازندران .تحلیل های اقتصادی توسعه ایران. دوره ۴، شماره ۳، صص ۹-۴۰، doi: 10.22051/edp.2017.14554.1082.

[5] Oosterhaven, J. (2008). A new approach to the selection of Key sectors: net forward and net backward linkages. In paper of the International Input-Output Meeting on Managing the Environment: Input-Output & Environment, 9-11.

[6] Pei, J., Oosterhaven, J., Dietzenbacher, E., and Yang, C. (2008). Export-driven Growth Pattern Rediscovery.

[7] Su, B., and Ang, B.W. (2013). Input–output analysis of CO2 emissions embodied in trade: competitive versus non-competitive imports. *Energy Policy*, **56**, 83-87.

حبیب انصاری سامانی
دکتری اقتصاد و دانشیار دانشگاه یزد
یزد، دانشگاه یزد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، گروه اقتصاد.
رایانشانی: h.samani@yazd.ac.ir

فرشته نفر
دانشجوی دکتری اقتصاد
یزد، دانشگاه یزد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، گروه اقتصاد.
رایانشانی: misha.nafar178@gmail.com

امیر حسین خطائی داینی
دکتری اقتصاد انرژی
تهران، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد.
رایانشانیamirho3in3008@gmail.com

[Downloaded from ijoss.srtc.ac.ir on 2026-10-13]