تحقیقات اقتصادی / دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵ / ص ۷۰۷-۶۸۳

# ارزیابی آسیب پذیری بخش‌های کلیدی اقتصاد در شرایط ریسک غیرعملیاتی (مطالعه موردی: استان تهران)

**عبدالرسول قاسمی*[۱]، علی اصغر بانویی[۲]، نیره روزبهانی[۳]**

۱. استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، ghasemi.a@hotmail.com

۲. استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، banouei7@yahoo.com

۳. کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، nayere.rouzbahani.nr@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۳ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۵

## چکیده

پیشرفت‌های فناوری در بخش‌های مختلف و در نظر گرفتن سرعت و دقت به عنوان بخشی جدانشدنی از فرایند تصمیم‌گیری در عصر اقتصاد دانایی محور، سبب شده است تا اقتصاد سوانح نیز به منظور ارزیابی ریسک و مدیریت آن در برنامه‌ریزی‌های ملی و منطقه‌ای، از اهمیت ویژه‌ای برخودار شود. توسعهٔ مدل‌های مورد استفاده در این بخش، موجب شده که علاوه بر توجه به آثار مستقیم وقوع سوانح در اقتصاد، به پیامدهای غیرمستقیم آن نیز توجه شود.

هرچند مطالعاتی در این عرصه در ابعاد بین‌المللی انجام شده، اما این مطالعه از نظر قلمرو موضوعی و مکانی، دارای نوآوری‌هایی است که آن را از سایر مطالعات انجام گرفته متمایز می‌کند. این پژوهش با توجه به جایگاه استان تهران در تولید ناخالص داخلی و نیز آسیب‌پذیری آن در وقوع سوانحی همچون زلزله، با استفاده از جدول داده-ستاندهٔ استانی (۱۴ بخشی) استخراج شده به روش FLQ تعمیم‌یافته از جدول داده-ستاندهٔ ملی به هنگام شده با روش راس سال ۱۳۹۰ (فعالیت در فعالیت با فرض تکنولوژی فعالیت) مرکز پژوهش‌های مجلس، به محاسبه آسیب‌پذیری این استان در شرایط ریسک غیرعملیاتی می‌پردازد. نتایج حاصل از انجام پژوهش نشان می‌دهد که بخش‌های صنعت، عمده فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و بخش حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات بخش‌های با اولویت سرمایه‌گذاری پس از سانحه نسبت به سایر بخش‌ها می‌باشند.

**طبقه‌بندی JEL:** H54, R15, R58

**واژهای کلیدی:** آسیب‌پذیری، زلزله، داده- ستاندهٔ غیرعملیاتی، تاب‌آوری، تهران

---

*- نویسنده مسئول، ۸۸۷۲۵۴۰۰

## ۱. مقدمه

یکی ازشاخه‌های علم اقتصاد، اقتصاد سوانح است. سوانح خود شامل پدیده‌های طبیعی چون سیل، خشکسالی، زلزله، ... و پدیده‌های غیرطبیعی مانند اقدامات تروریستی، جنگ، تحریم و سایر عوامل غیرطبیعی است. با وجود تلاش‌ها برای پیاده‌سازی اقدامات کنترل ریسک مانند اصول بیشتر ساخت‌وساز و امکانات ایمنی بیشتر و پیش‌بینی و دیگر اقدامات، مناطقی که در معرض خطرات فاجعه قرار می‌گیرند؛ همچنان آسیب‌پذیر هستند. این مساله گرایش افزایش نیاز به مدیریت یکپارچهٔ ریسک فاجعه را توضیح می‌دهد؛ که می‌تواند خسارت‌های بالقوه در اقتصاد را کاهش دهد. در نتیجه سیاست‌گذار به منظور توسعهٔ نظام پایش و مدیریت آسیب‌پذیری به دنبال پیش‌بینی پیامدهای اقتصادی مستقیم و غیرمستقیم مخاطرات بالقوهٔ پیش روی نظام است. یکی از مفاهیم ارائه شده در این زمینه، مفهوم تاب‌آوری اقتصادی است. تیمرمن (۱۹۸۱)، آسیب‌پذیری[1] را به عنوان اندازه‌ای که یک سیستم به صورت منفی به وقوع یک سانحهٔ خطرناک واکنش نشان می‌دهد؛ تعریف و بیان می‌کند که میزان و کیفیت عوارض سوانح به تاب‌آوری سیستم (یعنی اندازهٔ ظرفیت آن برای جذب و بازیابی ازآن رویداد) مشروط می‌باشد.

با توجه به این‌که استان تهران نقش مهمی در ایجاد ارزش افزوده، انتقال منابع، جمعیت و مدیریت برنامه‌ریزی دارد، و بنابر سالنامهٔ آماری مرکز آمار در بخش حساب‌های منطقه‌ای در سال ۱۳۹۰ ، ۲۳.۰۷ درصد سهم از تولید ناخالص داخلی کشور به قیمت جاری را دارا بوده و با تراکم ۸۹۰ نفر در کیلومترمربع متراکم‌ترین استان کشور در سال ۱۳۹۰ می‌باشد (مرکز آمار، ۱۳۹۲، ۱۳۹۱). از نظر سیاسی نیز از منظر اقدامات انسانی (مانند تحریم)، اقتصاد این استان بسیار آسیب‌پذیر است و همچنین با توجه به این که لرزه‌شناسان اعتقاد دارند که ۸۰ تا ۹۰ درصد از زلزله‌های بسیار قدرتمند در ۵۰ سال آینده رخ می‌دهد و استان تهران نیز از نظر جغرافیایی بر روی گسل قرار گرفته است، لذا، وقوع زلزله‌ای مهیب در تهران دور از انتظار نیست (افضلی و حسینی، ۱۳۸۶) بنابر این بررسی آسیب‌پذیری و در نتیجه تاب‌آوری بخش‌های اقتصادی این استان حائز

1. Timmerman (1981) defined vulnerability as thedegree to which a system reacts adversely totheoccurrence of a hazardous event. Thedegree and quality of the adverse reaction areconditioned by the resilience of the system (ameasure of its capacity to absorb and recover from the event ).

اهمیت بوده و وجود یک ابزار برای سیاست‌گذار به‌منظور تعیین اولویت‌بندی بخش‌های اقتصادی پس از یک رویداد، فوق‌العاده مهم است. از سوی دیگر به دلیل این که پیامدهای اقتصادی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم بستگی دارد؛ در مدل‌سازی این که چگونه حوادث منجر به اختلال اقتصادی می‌شوند، باید پیوند ساختاری سیستم‌های اقتصادی را مدنظر قرار گیرد، در نتیجه در این مقاله به منظور به‌کارگیری شاخصی برای آسیب‌پذیری و در پی آن توزیع بهبود رفاه در سراسر بخش‌های اقتصادی پس از وقوع حادثه، شاخص سه مؤلفه‌ای بسط داده شده توسط یو و همکاران[1] (۲۰۱۴) به‌کار گرفته می‌شود. شاخص آسیب‌پذیری پیشنهادی از نظر سه مؤلفه‌ی اساسی (۱) تأثیراقتصادی[2]، (۲) طول انتشار، (۳) اندازه‌ی بخش فرمول‌بندی شده است که تأثیر سرمایه‌گذاری بر بخش‌های مختلف را بعد از وقوع سانحه به منظور به دست آوردن حداکثر منافع برای کل اقتصاد نشان می‌دهد. ویژگی این شاخص این است که با استفاده از مفهوم غیرعملیاتی[3] که مفهومی مشابه با انعطاف‌پذیری اقتصادی است (Anderson et al,2007) و به‌کاربردن آن در مدل اقتصادی غیرعملیاتی داده - ستانده (IIM)[4] به عنوان ابزار مدیریت و ارزیابی ریسک، قادر است در مؤلفه تأثیر اقتصادی ظرفیت بهبود افزایش تولید در شرایط نرمال را نسبت به خطر در شرایط ویژه برای بخش‌های اقتصادی محاسبه کند. یک بخش ممکن است سطح بالایی از بهبود ریسک را نسبت به سایر بخش‌ها داشته باشد، اما چون پیوند کمی با سایر بخش‌ها به عنوان عرضه‌کنندهٔ نهاده و مصرف‌کنندهٔ ستانده داراست، بنابراین سبب کاهش توزیع بهبود می‌شود. مؤلفهٔ طول انتشار دارای این ویژگی است که علاوه بر اندازهٔ ارتباط بین بخشی، فاصلهٔ بین آن‌ها را نیز تعیین می‌کند. سومین مؤلفه یعنی مؤلفه اندازهٔ بخش نیز می‌تواند میزان سهم هر بخش در اقتصاد را درنظر بگیرد، لذا این مقاله به منظور اولویت‌بندی بخش‌های اقتصادی به محاسبهٔ شاخص مذکور با سه مؤلفه با استفاده از جدول داده - ستاندهٔ استان تهران ۱۳۹۰ استخراج شده به روش FLQ از جدول ملی همین سال مرکز پژوهش‌های مجلس تعدیل شده با روش راس، می‌پردازد.

1. Yu et al
2. Economic Impact
3. Inoperability
4. Inoperability Input–Output Model

## ۲. پیشینهٔ نظری و تجربی تحقیق

تا سال ۱۹۹۰ اثرات اقتصادی از سوانح و بلایای طبیعی کم‌تر مورد توجه جوامع تحقیقاتی بوده است و سوانح بزرگی در اواسط دههٔ ۱۹۹۰ مانند زلزلهٔ نورتیج در سال ۱۹۹۴ و زلزله کوبه در سال ۱۹۹۵، که در مناطق شهری توسعه یافته رخ دادند، خسارات و آسیب‌های قابل توجهی را بر این جوامع تحمیل کرده است (اوکایاما[1]، ۲۰۰۷). پیشرفت در فن‌آوری اطلاعات به‌طور قابل توجهی ارتباط و وابستگی متقابل ما به زیرساخت‌های حیاتی مانند مخابرات، سیستم‌های نیروی برق، ذخیره نفت وگاز، امور مالی و بانکی، حمل و نقل و ... را افزایش داده، به‌طوری‌که افزایش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی، یک نیاز ضروری به فهم و درک بهتر و پیشبرد فن و علم دشوار مدل‌سازی و سیستم‌های پیچیدهٔ پیوستهٔ بزرگ مقیاس را روشن کرده است (هایمز و جیانگ[2]، ۲۰۰۱) و سال‌هاست که تلاش برای درک وابستگی متقابل تمامی اجزای حیاتی دارای وابستگی متقابل و پیوند بین مؤلفه‌های این زیرساخت‌ها و رسیدن به یک رویکرد جامع یکنواخت به چالش کشیده شده است.

خسارت‌های ناشی از حوادث که به محیط‌های ساخته‌شده و شبکه‌ها (از جمله شبکهٔ ارتباطی) وارد می‌شود، خسارت‌های مستقیم نامیده شده و سبب ایجاد وقفه در فعالیت‌های اقتصادی تولید و یا مصرف می‌شود که این خسارت‌های ناشی از وقفهٔ کسب‌وکار بیشتر اثرات غیرمستقیم سانحه نامیده می‌شود. این تأثیرات غیرمستقیم شامل زنجیرهٔ گسترده‌ای از تبعاتی است که در اثر خسارت مستقیم ایجاد می‌شوند که به منظور پرهیز از تداخل با واژگان مورد استفاده در مدل‌های اقتصادی و به‌ویژه مدل داده- ستانده، از واژهٔ تأثیرات مرتبهٔ بالاتر[3] استفاده می‌شود (رز[4]، ۲۰۰۴). زیان و اثر مرتبهٔ بالاتر مقیاس‌های جریان هستند، در نتیجه نمی‌توانند به خسارت که مقیاسی از نوع انباره است؛ اضافه شوند. زیان و اثر مرتبهٔ بالاتر می‌توانند به شکل کلی (جریان) تأثیر یک سانحهٔ خاص اضافه شوند (اوکایاما و سانتوز[5]، ۲۰۱۴).

چارچوب مدل‌سازی اقتصادی مختلفی به منظور برآورد اثرات غیرمستقیم سانحه استفاده شده است، اما اوکایاما (۲۰۰۷) بیان می‌کند که چارچوب مدل‌سازی استفاده

1. Okuyama
2. Haimes and Jiang
3. Higher order
4. Rose
5. Okuyama & Santos

شده به صورت گستردهٔ مدل داده – ستانده (IO) است (به عنوان مثال کوکران[۱]، ۱۹۷۴، ویلسون[۲]، ۱۹۷۹، کواشیما[۳] و همکاران، ۱۹۸۲، ...، رز و بناویدز[۴]، ۱۹۹۸، اوکایاما[۵] و همکاران ، ۱۹۹۹...). قدمت استفادهٔ کاربردی مدل IO برای سوانح، به مطالعات استراتژیک بمب‌گذاری در جنگ جهانی دوم برمی‌گردد (رز، ۲۰۰۴). محبوبیت مدل‌های IO برای پژوهش‌های مرتبط با سانحه براساس توانایی آن برای انعکاس وابستگی در اقتصاد منطقه‌ای با جزئیات، برای استخراج اثرات غیرمستقیم و تا حدی سادگی آن موجب شد روش‌های یکپارچه‌ای ایجاد شوند که در آن مدل IO همراه با مدل‌ها و یا داده‌های مهندسی ترکیب می‌شوند. که از آن جمله می‌توان به پیوند IO با مدل‌های شبکه حمل‌ونقل مانند گوردون[۶] و همکاران ، پیوند IO با مدل‌های شبکه ارتباطی مانند رز و مدل‌های ارزیابی جامع، به‌نام Hazus[۷] مانند کوکران و همکاران اشاره کرد (اوکایاما، ۲۰۰۷).

از آن‌جا که مدل IO دارای مجموعه‌ای از محدودیت‌ها مانند فروض نامحدود بودن عرضه، عدم جایگزینی نهاده‌ها و واردات، عدم حساسیت آن به تغییرات قیمتی و خطی بودن (رز، ۲۰۰۴) آن است؛ برای برون‌رفت از این محدودیت‌ها، تلاش‌های متعددی برای اصلاح و تعمیم چارچوب IO پیشنهاد شده است. به عنوان مثال محدودیت طرف عرضه به دلیل خسارت به امکانات تولید توسط استینبک[۸](۲۰۰۴) تنها با افزودن اثرات پیوندی پسین اصلاح شد (اوکایاما، ۲۰۰۷). به عنوان یک روش جایگزین قابل توجه برای سازگار کردن ویژگی‌های سانحه درچارچوب IO ، مدل غیرعملیاتی[۹]داده – ستانده (IIM) مطرح و استفاده شده است (هایمز و جیانگ، ۲۰۰۱). چون غیرعملیاتی شدن تولید در شرایط ویژه اقتصادی بر ساختار اقتصاد تحمیل می‌شود می‌توان این مدل را مدل ویژه داده – ستانده نامید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

---

5. Cochrane
2. Wilson
3. Kawashima
4. Rose and Benavides
5. Okuyama
6. Gordon
7. Hazus is a geographic information system-based natural hazard developed and freely distributed by the Federal Emergency Management Agency (FEMA)
8. Steinback
9. Inoperability

اما مشکل عدم پاسخ به تغییرات قیمتی، به مدل‌های محاسبهٔ تعادل عمومی CGE منتقل شده است. این مدل‌ها برخلاف مدل‌های IO غیرخطی هستند و مشکلات ناشی از مدل‌های IO را برطرف می‌کنند. به عنوان یک مدل شبیه‌سازی، مدل CGE می‌تواند ویژگی‌های خاص سانحه، از قبیل تاب‌آوری را به عنوان یک تابع درونزا ادغام کند (اوکایاما و سانتوز، ۲۰۱۴). برخلاف مدل IO که به دلیل ساختار غیرقابل انعطاف، تأثیرات خطر را بزرگنمایی می‌کند مدل‌های CGE بیش از حد منعطف بوده و اثرات خطر را کم‌تر از واقعیت تخمین می‌زنند (رز، ۲۰۰۴)، همچنین رز (۲۰۰۱) بیان می‌کند با فرض رفتار بهینه‌سازی CGE می‌تواند در شرایط فاجعه سئوال برانگیز در نظر گرفته شود، تا حدی یک سویه بودن روابط علی و معلولی در مدل‌ها به‌طوری‌که افزایش عدم قطعیت را در آیندهٔ نزدیک و دور به وجود می‌آورد. البته نیاز به اطلاعات گسترده‌تر نیز برای مدل‌سازی CGE یک نقطه ضعف بزرگ برای تجزیه‌وتحلیل از حوادث ارائه می‌کند (اوکایاما، ۲۰۰۷).

همچنین ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM) برای سنجیدن اثرات غیرمستقیم عوامل مختلف اجتماعی و اقتصادی، فعالیت‌ها و موسسات استفاده شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات کول[1] (۱۹۹۵، ۱۹۹۸، ۲۰۰۴) اشاره کرد. این مدل نیز با توجه به ساختار غیرقابل انعطاف خود منجر به حد بالای تخمین اثرات می‌شود. گرچه مدل‌های اقتصاد سنجی از نظر آماری دقیق هستند، می‌توانند برآورد تصادفی را محاسبه کنند و دارای قابلیت پیش‌بینی می‌باشند، اما نیاز به یک مجموعهٔ وسیع داده‌ها (سری‌زمانی و همچنین مقطعی) دارند و نمی‌توانند به راحتی بین اثرات مستقیم و غیرمستقیم تمایز قائل شوند. از سویی نسبت به مدل سنجی دیگر چارچوب‌های SAM، مدل‌های IO تعمیم‌یافته و همچنین مدل‌های CGE، می‌توانند اثرات توزیعی از یک فاجعه را به منظور سنجش موجودی برای سیاست‌های عمومی در برابر حوادث به دست‌آورند (اوکایاما، ۲۰۰۷).

توجیه تجزیه‌وتحلیل تأثیر سانحه، به خصوص برآورد خسارات و تأثیر کل، تقریبا می‌تواند به دو دلیل باشد: (۱) برآورد پس از خطر تأثیر سانحه برای بهبود و بازسازی برنامه‌ها و امور مالی و (۲) برآورد فرضی خطر طبیعی قبل از رخداد خطر به منظور ارزیابی استراتژی‌های آمادگی و کاهش آسیب (اوکایاما و سانتوز، ۲۰۱۴).

1. Cole

به‌طور کلی هر سانحه دارای سه بعد است: زمان، مکان و اثر متقابل، توجه به این ویژگی‌ها به منظور بیان هرچه با وضوح‌تر آنچه که در یک فاجعه رخ می‌دهد، یعنی شوک‌های منفی (مانند تخریب) و در ادامه مثبت (بهبود و بازسازی) مدنظر قرار می‌گیرد. اثرات متقابل ساخته‌شده (به عنوان یک بعد مهم سانحه) به اصطلاح تاب آوری اقتصادی است که توانایی ذاتی و پاسخ سازگار بخش‌ها و مناطق را به منظور جلوگیری از حداکثر ضرر و زیان بالقوه ایجاد می‌کند (اوکایاما، ۲۰۰۷). برای برآورد خسارت باید توجه داشت در حالی که آسیب‌پذیری اثر توانمندسازی روابط علت و معلولی میان شوک و نتایج منفی را داراست، انعطاف پذیری اثر ناتوان‌سازی و یا تبدیل آن روابط علی را دارد و با توجه به تعریف دو واژهٔ انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری، انعطاف پذیری صرفا معکوس آسیب‌پذیری نیست. اما با توجه به مشاهدات در مورد ارتباط موجود و به دست‌آمده میان انعطاف‌پذیری و آسیب‌پذیری، اصل نهم برای اندازه‌گیری تاب‌آوری در نشست مشترک سازمان غذا و کشاورزی[1] و برنامهٔ غذای جهانی[2] بیان می‌کند "اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری باید براساس دانش به دست آمده از مطالعات آسیب‌پذیری و محتویات اندازه‌گیری آسیب‌پذیری‌های موجود بنا شده و برای ساختن اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری باید از اندازه‌گیری‌های به دست آمده به‌عنوان نکات کلیدی مرجع استفاده کرد (برنامهٔ محیط‌زیست سازمان ملل متحد[3]، ۲۰۰۲).

کارهای قابل توجهی در گسترش شاخص آسیب‌پذیری اقتصادی انجام شده است. کاتر یک مدل خطرات مکانی را که ترکیبی از قرار گرفتن در معرض بالقوهٔ خطر و شرایط اجتماعی است بسط داده است که می‌تواند پاسخ به خطر را تحت تأثیر قرار دهد (کاتر[4]، ۱۹۹۶). این مدل به‌عنوان پایه در توسعهٔ شاخص آسیب‌پذیری اجتماعی (SOVI)[5] عمل می‌کند (کاتر و همکاران[6]، ۲۰۰۳). SOVI، ترکیبی از عوامل اجتماعی - اقتصادی مانند درآمد، قدرت سیاسی، جنسیت، بیکاری، نژاد و دیگر متغیرهاست که ممکن است در خسارت‌ها و زیان‌های بالقوه از یک فاجعهٔ طبیعی مؤثر باشند. کار تجربی با استفاده از SOVI برای اندازه‌گیری آسیب اجتماعی در ایالت‌های ایالات متحده (کاتر

1. Food and Agriculture Organization (FAO)
2 .World Food Programme (WFP)
3. Nations United Environment Programme(UNEP)
4. Cutter
5. Social vulnerability index
6. Cutter et al

و همکاران، ۲۰۰۳) و شهرستان‌های نروژ توسط هولاند[1] و همکاران (۲۰۱۱) انجام شده است. این شاخص، اطلاعاتی مبنی بر اینکه کدام مناطق یا استان‌ها نسبت به دیگر مناطق آسیب‌پذیرتر هستند، در اختیار سیاست‌گذاران قرار می‌دهد. ساختار تکمیلی بر حسب SOVI توسط بوردن[2] و همکاران (۲۰۰۷) به صورت ترکیبی از شاخص آسیب‌پذیری اجتماعی شهرستان‌های ایالات متحده به کار برده شده است. این آسیب‌پذیری مکانی، عوامل دیگری چون تراکم شهری، نقاط دیدنی، زیرساخت‌ها، تلفات انسانی و غیره را به شمار می‌آورد. این شاخص این امکان را برای سیاست‌گذاران به‌منظور تجزیه‌و تحلیل بیشتر آسیب‌پذیری از مناطق به دلیل بلایای طبیعی و همچنین عملکردهای ایجاد شده توسط انسان مانند تروریسم فراهم می‌کند. جوزف[3] (۲۰۱۳)، آسیب‌پذیری را به‌عنوان تابعی از ریسک فاجعه و احتمال خطر برآورد می‌کند، شاخصی که می‌تواند شهرستان‌ها را مورد مقایسه قرار دهد. مدل‌های بهینه‌سازی در چارچوب IO نیز ارائه شده‌اند. برای مثال کانانن[4] و همکاران (۱۹۹۰)، یک مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه برای تخصیص تولید پس از فاجعه، در اقتصاد فنلاند ارائه کرده‌اند. مدل آن‌ها با ایجاد سرحد بهینهٔ پارتو، بهینهٔ منحصر به فردی را به منظور ساختار اولویت‌بندی مناسب برای سیاست‌گذار مشخص می‌کند. همچنین این مدل برای تجزیه‌وتحلیل هزینه- فایده برای اقدامات پیشگیرانه مفید می‌باشد (یو و همکاران[5]، ۲۰۱۴). با وقوع یک سانحه، استفاده از این مدل‌ها اهمیت مجموعه‌ای از سیاست‌های بعد از وقوع را مشخص می‌کند. سیاست‌هایی که اثرات بسیار متفاوتی را در سراسر بخش‌های اقتصادی به همراه دارند و به طور ایده‌آل سیاست‌گذاران باید قادر به اولویت‌بندی بخش‌های آسیب‌پذیرتر باشند. بررسی مطالعات انجام شده در ایران نشان می‌دهد که مدل‌های موجود در برآورد آسیب‌پذیری بیشتر، مربوط به آسیب‌پذیری مکانی بوده است و مطالعات انجام شده مربوط به برآورد خسارت‌های اقتصادی ناشی از عوامل طبیعی و غیرطبیعی به‌صورت موردی و یا برای یک ساختمان خاص و بیشتر به دلیل زلزله توسعه داده شده‌اند. انتخاب زلزله به دلیل زلزله‌خیز بودن وآسیب‌پذیری ایران است. در مدل‌های به‌کارگرفته شده تنها رحیمی آلوقره (۱۳۹۲)، اهمیت ارتباط و وابستگی بین

1. Holand
2. Borden
3. Joseph
4. Kananen
5 .Yu et al

بخش‌ها را در نظر می‌گیرد وی با استفاده از مدل داده- ستانده به تدوین روشی یکپارچه برای برآورد خسارات کلان اقتصادی ناشی از زلزله در یک منطقه، بر پایهٔ سناریوهای اختلال در کسب‌وکار بخش‌های اقتصادی پرداخته است. در چهارچوب این مدل با روش مهندسی ابتدا به برآورد خسارت بخش‌های اقتصادی پرداخته و نتایج را به عنوان ورودی به مدل تعادل محور IO اعمال می‌کند. به این ترتیب نشان می‌دهد خسارات به دست آمده تنها ناشی از اثرات از زمان توقف نبوده و به عوامل متنوعی از قبیل میزان وابستگی بخش‌های اقتصادی نیز وابسته است (رحیمی آلوقره، ۱۳۹۲).

این مطالعه ضمن آنکه وابستگی متقابل و اثرات غیرمستقیم را به عنوان یک موضوع مهم در مدیریت سیستم‌های اقتصادی پس از سانحه در نظر می‌گیرد و با استفاده از مؤلفهٔ طول انتشار بر اهمیت پیوندهای بین بخشی از نظر اندازه و فاصله تأکید دارد، همچنین با استفاده از مفهوم مشابه ارائه شده برای تاب‌آوری اقتصادی با نام غیرعملیاتی شدن تولید یعنی تولید از دست رفتهٔ نرمالیزه شده، به بررسی اثرات مرتبهٔ بالاتر[1] در سراسر سیستم‌های اقتصادی وابسته در اثر یک شوک خارجی می‌پردازد. ضمن آن که به اهمیت اندازه‌ی بخش در مدیریت تأثیر سوانح نیز توجه می‌کند.

## ۳. روش شناسی و پایه‌های آماری

شاخص به کارگرفته شده توسط یو و همکاران (۲۰۱۴) به وسیلهٔ ترکیبی از عوامل آسیب‌پذیری و میزان وزن‌دهی به این عوامل تعریف می‌شود. عوامل آسیب‌پذیری شامل ۱. تأثیر اقتصادی ($P_{i1}$) ۲. طول انتشار ($P_{i2}$) ۳. اندازهٔ بخش ($P_{i3}$) است. میزان وزن‌دهی($w_i$) نیز از عوامل برون‌زا است که توسط سیاست‌گذاران تعیین می‌شود. به‌طوری‌که نمایش فرمول آن به صورت زیر است:

$$V_i = w_1 P_{i1} + w_2 P_{i2} + w_3 P_{i3} \quad (۱)$$

$$0 \leq w_1, w_2, w_3 \leq 1 \quad (۲)$$

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1 \quad (۳)$$

$V_i$ شاخص آسیب‌پذیری بخش i ام است. هرچه مقدار $V_i$ به ۱ نزدیک‌تر شود، اولویت بیشتری به بخش iام تخصیص داده شده است. $P_{ik}$ مقدار عملکرد بخش iام برحسب مؤلفهٔ k ام می‌باشد. برای مثال، $P_{i1}$ ارزش عملکرد بخش iام با توجه به مؤلفهٔ

1. Higher order

اول شاخص است. به علاوه $w_k$ وزن ترجیحی داده شده به مؤلفهٔ iام شاخص می‌باشد. در این مقاله با این فرض که تصمیم‌گیرنده اولویت یکسانی را برای همهٔ مؤلفه‌ها در نظر می‌گیرد، به اولویت‌بندی بخش‌های اقتصادی پرداخته می‌شود. این مطالعه بر مبنای جدول ملی به‌هنگام شده با روش راس سال ۱۳۹۰ (فعالیت در فعالیت با فرض تکنولوژی فعالیت) مرکز پژوهش‌های مجلس، جدول داده - ستاندهٔ استان تهران با استفاده از روش FLQ تعمیم یافته محاسبه می‌شود. قبل از استخراج جدول استانی، تفکیک واردات جدول ملی به صورت سطری صورت می‌گیرد. قبل از استخراج جدول استانی، تفکیک واردات جدول داده - ستاندهٔ ملی به صورت سطری و بر حسب واسطه‌ای، مصرفی و سرمایه‌ای انجام می‌گیرد. علت این تفکیک آن است که چون این مطالعه به بررسی ساختار منطقه‌ای می‌پردازد، ابتدا مستلزم آن است که جریان ورودی-های واسطه‌ای از خارج از ایران را شامل نشود و از سویی دیگر به دلیل فقدان اطلاعات دقیق فرض می‌شود که تمام واردات از سایر استان‌ها به استان تهران رقابتی هستند، یعنی بین تولید داخلی این استان و واردات از سایر استان‌ها امکان جایگزینی وجود دارد. از این‌رو، با این فرض می‌توان گفت که تمام مبادلات استان تهران منشأ داخلی دارند. لازم به ذکر است تعداد۷۱ بخش جدول استان تهران به ۱۴ بخش تجمیع شده است.

### ۳.۱. مؤلفهٔ اول: تأثیر اقتصادی

به منظور نشان دادن وابستگی‌های بین بخشی در شرایط سانحه بسط‌های مختلفی در مدل داده- ستاندهٔ لئونتیف صورت گرفته است. هایمز و جیانگ مدل IO را با در نظر گرفتن پیوندهای درونی زیرساخت‌های حیاتی و ارتباطات متقابل بین آن‌ها بر مبنای فیزیکی، بسط داده و مدل غیرعملیاتی داده - ستانده (IIM) را طراحی کرده‌اند. این مدل می‌تواند غیرعملیاتی شدن بخش‌های مختلف را در نتیجهٔ یک فاجعه اندازه‌گیری کند. آن‌ها غیرعملیاتی شدن را در یک دامنهٔ عددی بین صفر و یک تعریف کرده‌اند، که مقدار صفر بیانگر حالت نرمال آن بخش در سیستم و عدد یک نشان‌دهندهٔ شکست کامل آن بخش (یعنی از دست دادن کامل ستاندهٔ آن بخش)، و عدد بین آن‌ها منعکس‌کنندهٔ نارسایی نسبی بخش است. هایمزوجیانگ (۲۰۰۱)، پایهٔ مفهومی و نظری برای IIM گذاشته‌اند، درحالی که سانتوز و هایمز (۲۰۰۴) این مدل را بر اساس یک مدل مبتنی بر تقاضا بسط داده‌اند که در آن غیرعملیاتی شدن تولید به عنوان تولید از

دست رفتهٔ نرمالیزه شده در اثر یک شوک خارجی بررسی اثر بالاتر در سراسر سیستم‌های اقتصادی وابسته تعریف می‌شود. این بسط، محدودیت مدل فیزیکی در امکان استفاده از آمار اقتصادی را از بین می‌برد.

اندرسون[1] و همکاران (۲۰۰۷)، در یک مطالعهٔ موردی برای خاموشی شمال شرق انگلستان سال ۲۰۰۳، از طریق مدل (IIM)، مفهوم غیرعملیاتی[2] را برای محاسبهٔ اینکه تا چه حد یک سیستم از عملکرد تعیین شده و یا برنامه‌ریزی شده‌اش منحرف می‌شود شبیه به مفهوم عدم اطمینان توصیف کرده و نشان داده‌اند که تقریبا دوسوم از اثرات غیرمستقیم در نتیجهٔ اختلال نیروی کار بوده، در حالی که یک سوم به دلیل کاهش تولید برق بوده است. IIM در چارچوب مدیریت ریسک برای تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران بسط داده شده است، به‌طوری‌که می‌تواند برای ارزیابی موارد کاهش‌دهندهٔ هزینه‌های سرمایه‌گذاری و متناظر با آن کاهش زیان پتانسیل‌ها در محاسبهٔ شاخص آسیب‌پذیری مورد استفاده قرار گیرد. این مدل قادر است اثرات آسیب تنوع ساختاری اقتصاد را اندازه‌گیری کند (اوکایاما، ۲۰۰۷).

به منظور تخمین تأثیر اقتصادی، از نسبت فایده - زیان استفاده می‌کنیم:

$$P_{i1} = \frac{O_i}{\gamma_i} \qquad (۴)$$

این معادله نشان‌دهندهٔ نسبت فایده - زیان بخش در رابطه با کل اقتصاد می‌باشد. مقدار این معادله از صفر تا یک است. هرچه به یک نزدیک‌تر شویم آسیب‌پذیری کم‌تر است. $O_i$ نشان‌دهندهٔ ضریب تولید و منعکس‌کنندهٔ تولید بخش در حالت منفعت است که به وسیلهٔ ماتریس معکوس لئونتیف و مجموع آن اندازه‌گیری می‌شود.به همین‌ترتیب $\gamma_i$ نشان‌دهندهٔ مقدار تولید بخش در حالت زیان‌دهی است که در اثر غیرعملیاتی شدن در شرایط ویژهٔ تولید به صورت زیر به‌دست می‌آید:

مدل IIM بر اساس تجزیه‌و تحلیل IO مرسوم با معرفی مفهوم ضمنی غیرعملیاتی، برای تولید با تعریف هایمز و جیانگ (۲۰۰۱)، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{تولید از دست رفته نرمالیزه شده} = \frac{\text{تولید از بین رفته} - \text{تولید برنامه ریزی شده}}{\text{تولید اسمی}}$$

$$q_i = \frac{x_i - \tilde{x}_i}{x_i} \qquad (۵)$$

1. Anderson
2. Inoperability

که در آن $x_i$ با فرض برابری تولید برنامه‌ریزی شده و تولید اسمی، در مطالعه‌ی تجربی برابر با میزان تولید در حالت نرمال است. $\tilde{x}_i$ سطح مختل تولید است که در مطالعات تجربی بعد از سانحه با استفاده از آمار موجود به‌دست می‌آید و در مطالعات قبل از سانحه می‌تواند با استفاده از روش‌های تکنیکی کمی بر پایه‌ی سناریوهای مختلف برای همه‌ی بخش‌ها یا بخش‌های خاصی محاسبه شود.

با استفاده از بسط مدل داده - ستاندهٔ لئونتیف براساس یک مدل مبتنی بر تقاضا، می‌توان وابستگی متقابل را در مدل‌سازی فاجعه به‌کار برد (هایمز و سانتوز، ۲۰۰۴).

$$x = Ax + c \qquad (۶)$$

که در آن $x$ بردار تولید، $A$ ماتریس ضرایب فنی لئونتیف و $c$ بردار تقاضای نهایی می‌باشد. همچنین می‌توان چنین رابطه‌ای را مبتنی بر معادلهٔ فوق برای غیرعملیاتی شدن تولید به صورت ماتریسی زیر نشان داد:

$$\left(X - \tilde{X}\right) = A(X - \tilde{X}) + (c - \tilde{c}) \qquad (۷)$$

در مرحلهٔ بعد ماتریس قطری تولید به دست آمده از بردار تولید در معادلهٔ پیش‌ضرب می‌شود:

$$\hat{X}^{-1}\left(X - \tilde{X}\right) = \hat{X}^{-1}A\left(X - \tilde{X}\right) + \hat{X}^{-1}(c - \tilde{c}) \qquad (۸)$$

معادلهٔ نشان داده شدهٔ (۸) معادل با معادلهٔ IIM به صورت زیر است:

$$q = A^*q + c^* \qquad (۹)$$

که در آن:

$$q = \hat{X}^{-1}(X - \tilde{X}) \qquad (۱۰)$$

$$c^* = \hat{X}^{-1}(c - \tilde{c}) \qquad (۱۱)$$

$$A^* = \hat{X}^{-1}A(\hat{X}) \qquad (۱۲)$$

$c^*$ نشان‌دهندهٔ اختلال برون‌زای اولیه در بخش ام است.

$A^*$ ماتریس وابستگی متقابل یک ماتریس مربع می‌باشد که روابط دو به دوی بخش‌ها را در حالت غیرعملیاتی تولید نشان می‌دهد. هر درایهٔ $A^*$ به صورت عددی به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$a_{ij} *= a_{ij}\left(\frac{x_j}{x_i}\right) \qquad (۱۳)$$

که $a_{ij} *$ نشان‌دهندهٔ میزان تولید غیرعملیاتی شده اضافی (الحاقی) است که از بخش $i$ به بخش $j$ توزیع می‌شود.

معادلهٔ (۹) به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$q = (I - A^*)^{-1}c^* \qquad (۱۴)$$

مجموع ستونی $(I - A^*)^{-1}$ با $v_j$ نشان داده می‌شود که به ضریب کل غیرعملیاتی دلالت دارد و می‌تواند به عنوان غیرعملیاتی کل در تمام بخش‌های اقتصاد به علت اختلال در تقاضای نهایی بخش jام در نتیجهٔ یک شوک خارجی تفسیر شود. این ضریب مشابه ضریب تولید می‌باشد که از معکوس لئونتیف به دست می‌آید.

### ۳.۲. مؤلفهٔ دوم: طول انتشار

این مؤلفه وابستگی متقابل ساختار تولید را در نظر می‌گیرد. اندازهٔ پیوندهای پسین و پیشین برای تجزیه‌وتحلیل فعالیت‌ها و بخش‌های کلیدی از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اینکه در یک ساختار اقتصادی تولید در هر بخش به طور مستقیم و غیرمستقیم به سایر بخش‌ها بستگی دارد. ادبیات گسترده‌ای در پاسخ به اندازه‌گیری میزان این وابستگی موجود است. به طور کلی می‌توان روش‌هایی را که فقط به محاسبهٔ میزان اندازهٔ پیوندها می‌پردازند به دو دستهٔ روش سنتی و روش نوین طبقه‌بندی کرد. روش سنتی مانند استفاده از ضرایب نهاده‌ها توسط چنری و واتانابه[1] درسال ۱۹۸۵ که بعدا با بسط توسط راسموسن[2] به ماتریس معکوس لئونتیف معروف شد و روش نوین مانند روش حذف فرضی که به وسیلهٔ استراسرت[3] در سال ۱۹۶۸ معرفی شد. در این شاخص از مؤلفه طول انتشار که توسط دایزنباخر و دیگران در سال ۲۰۰۵ مطرح شد استفاده شده است (دایزنباخر و همکاران[4]، ۲۰۰۵).

مزیت روش به کارگرفته شده برای این مؤلفه نسبت به سایر تکنیک‌های پیشنهادی برای اندازه‌گیری وابستگی متقابل این است که نه تنها اندازهٔ ارتباط بین دو بخش مهم است، بلکه فاصلهٔ اقتصادی بین دو بخش نیز مهم می‌باشد. هنگامی که این دو عنصر(یعنی اندازه و فاصلهٔ ارتباط) با هم ترکیب می‌شوند، در واقع ساختار تولید در قالب یک زنجیرهٔ تولید نمایان می‌شود. یعنی اگر بخش i تا حد زیادی بستگی به بخش j دارد، لازم است دانسته شود که آیا این وابستگی مستقیم است یا اینکه از طریق بخش

1. Chenery and Watanabe
2. Rasmussen
3. Strassert
4. Dietzenbacher et al

دیگر و به طور غیرمستقیم و حتی از طریق دو(یا بیشتر) بخش‌های دیگر این وابستگی وجود دارد. به منظور شناسایی زنجیرهٔ تولید، روشی برای تعیین فاصلهٔ اقتصادی بین دو بخش بسط داده شده است. برای این منظور، انتقال میان بخشی که در جداول IO منتشر شده‌اند، به یک ماتریس متوسط طول انتشار (APLs) بین بخشی تبدیل می‌شوند که درایه‌های هر ماتریس متوسط تعداد مراحلی را نشان می‌دهد که طول می‌کشد فشار هزینه در صنعت iام قیمت تولید صنعت jام را تحت تأثیر قرار دهد در نظر گرفت یا به‌طور مشابه، عناصر ماتریس را می‌توان به عنوان میزان متوسط تعداد مراحلی که طول می‌کشد کشش تقاضا در صنعت jام، تولید در بخش iام را تحت تأثیر قرار دهد.طبق این تعریف، باید چگونگی انتشارفشار هزینه یا کشش تقاضا در صنایع اقتصاد و درنتیجهٔ تقاضای نهایی‌اش مورد تجزیه‌و تحلیل قرار گیرد (در اینجا تجزیه‌و تحلیل APLs بر اساس فشار هزینه بیان می‌شود و باید توجه داشت که نتایج آن با روش طرف تقاضا یکسان می‌باشد).

چون ساختار اقتصاد به اثرات اولیه بستگی ندارد و در نتیجه برای تجزیه‌وتحلیل APLs نیز لازم نیست؛ بنابراین اثرات اولیه در نظرگرفته نمی‌شود. براین اساس با یک فشار هزینهٔ اولیه در صنعت iام ، ارزش ستانده در صنعت jام به اندازهٔ $g_{ij}-\delta_{ij}$ (حذف اثر اولیه) افزایش می‌یابد؛ که در آن $g_{ij}$ درایهٔ ماتریس معکوس گش و $\delta_{ij}$ دلتای کرونکر است، یعنی اگر i=j، $\delta_{ij}=1$ می‌باشد و در غیراین‌صورت یعنی $i\neq j$ ، $\delta_{ij}=0$ است، که از این میزان افزایش، به اندازهٔ $b_{ij}/g_{ij}-\delta_i$ میزان سهم افزایش ستانده در دورهٔ اول است. سهم میزان افزایش ستانده در دورهٔ دوم به اندازهٔ $[B^2]_{ij}/g_{ij}-\delta_i$ است (توجه شود که $[B^2]_{ij}$ نشان‌دهندهٔ درایهٔ (ij) ام از ماتریس $B^K$ است). با توجه به اینکه $[B^2]_{ij}=\sum_k b_{ik}b_{kh}$ است بدان معنی است که این اثرات از یک صنعت دیگر می‌گذرد، میزان سهم $[B^3]_{ij}/g_{ij}-\delta_{ij}$ نیازمند سه دور است که از دو صنعت دیگر می‌گذرد، به طوری‌که $[B^3]_{ij}=\sum_k \sum_h b_{ik}b_{kh}b_{hj}$ می‌باشد. میزان سهم اثر نهایی که نیازمند k دور است برابر با $[B^k]_{ij}/g_{ij}-\delta_{ij}$ است. باید توجه داشت که میزان هر سهم غیرمنفی است و مجموع آن‌ها برابر با یک می‌شود.

متوسط تعداد دورهایی که نیاز است تا فشار هزینهٔ ایجاد شده توسط صنعت iام از صنعت jام بگذردبرابر است با:

$$V_{ij}=\{1b_{ij}+2[B^2]_{ij}+3[B^3]_{ij}+\dots\}/(gij-\delta ij) \qquad (۱۵)$$

اگر صورت معادلهٔ فوق را با hij نشان دهیم به‌طوری که $H \equiv \sum_{k=1}^{\infty} kB^k$. آنگاه hij به آسانی به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$H = \sum_{k=1}^{\infty} kB^k = G(G-1) \qquad (۱۶)$$

بنابراین ماتریس برای متوسط طول انتشار(APLs) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$v_{ij} = \begin{cases} h_{ij}/(gij - \delta ij) & \text{if} \quad g_{ij} - \delta ij > 0 \\ 0 & \text{if} \quad g_{ij} - \delta ij = 0 \end{cases} \qquad (۱۷)$$

اما چون در این معادله APLs اهمیت یا اندازهٔ اثر کل بخش را درنظر نمی‌گیرد؛ این مسئله سبب می‌شود تنها در مواردی که اندازهٔ ارتباط بسیار بزرگ باشد این رابطه برقرار شود، بنابراین با توجه به این نکته برای به دست آوردن APLs باید دو مرحله را اجرا کرد. ابتدا باید مقیاسی مناسب برای پیوندها انتخاب و سپس زمانی که پیوند به اندازهٔ کافی بزرگ است، شاخص طول انتشار تعریف شود.

در راستای بسط APLs، مقیاس مناسب برای نوع پیوند، مقیاسی است که مبتنی بر میزان کل اثر فشار هزینه و کشش تقاضا است. بدون درنظرگرفتن اثر اولیه این اثرات توسط (L-I) و (G-I) مشخص می‌شوند. در اینجا از میانگین این دو (به جای درنظرگرفتن یکی از آن‌ها) استفاده شده است.

$$F = {}^{1}/_{2}\,[(L-I) + (G-I)] \qquad (۱۸)$$

$f_{ij}$ بیانگر اندازهٔ پیوند و برابر با میانگین اثر رو به جلو فشار هزینهٔ بخش iام بر ستاندهٔ بخش jام و اثر رو به عقب کشش تقاضای بخش jام بر ستاندهٔ بخش iام است.

بین $f_{ij}$ و APLs رابطهٔ معکوس وجود دارد. یعنی هرچه اندازهٔ پیوند بزرگ‌تر باشد; شاخص طول انتشار کوچک‌تر است و بیانگر این است که این اثر بیشتر به صورت اثر مستقیم است (و برعکس). بیشترین تأثیرات میان بخشی، بین دو بخشی است که دارای اثر مستقیم هستند.

برای محاسبهٔ APLs در صورتی که اندازهٔ ارتباط بسیار بزرگ باشد باید مقداری را به‌عنوان مقدار آستانه درنظرگرفت. مقدار آستانه برابر با ۰.۰۳ با توجه به آزمون و خطا در نظر گرفته شده است.[1] به اضافه اینکه مقدار محاسبه شده به نزدیک‌ترین عدد گرد می‌شود.

1. Dietzenbacher et al, 2005

با توجه به ماتریس $v_{ij}$ برای APLs و ماتریس F برای پیوندها، ماتریس جدید به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$s_{ij} = \begin{cases} \text{int}(v_{ij}) & \text{if } f_{ij} > a \\ 0 & \text{if } f_{ij} < a \end{cases} \quad (۱۹)$$

برای استفاده از APLs به عنوان یکی از عوامل آسیب‌پذیری، این شاخص به طریق زیر تعریف می‌شود:

$$P_{i2} = (\sum_{l=1}^{n} s_{li} + \sum_{l=1}^{n} s_{il} - 2s_{ii}) \quad (۲۰)$$

که $\sum_{l=1}^{n} s_{li}$ نشان‌دهندهٔ APLs به عقب (پیشین) از بخش i یا تعدادی از عکس‌العمل‌های درونی در نتیجهٔ تغییر در تقاضای نهایی در بخش i می‌باشد، در حالی‌که $\sum_{l=1}^{n} s_{il}$ نشان‌دهندهٔ APLs به جلو (پسین) از بخش i یا به‌عبارتی تعداد عکس‌العمل‌های درون صنعت در نتیجهٔ یک تغییر در هزینهٔ اولیه در بخش iام است و $2s_{ii}$ دوباره شماری درایه در راستای قطر ماتریس APLs و n تعداد بخش‌ها در اقتصاد است. کم کردن عنصر دوباره شماره شده در قطر (یعنی $2s_{ii}$) اثر اولیهٔ تغییر برون‌زا به بخش iام را برای اجتناب از محاسبهٔ ارتباط یک بخش با خودش کم می‌کند، صرف نظر از اینکه آیا این تغییر روبه جلو (پسین) یا رو به عقب (پیشین) است.

از طریق این مؤلفه، می‌توان تعداد صنایعی را که یک بخش با آن‌ها به عنوان مصرف‌کننده و یا تولیدکنندهٔ کالاهای واسطه پیوند دارد، محاسبه کرد. این شاخص قادر به توزیع اثر تخصیص منابع مالی به اقتصاد از طریق یک بخش خاص است. از این‌رو، داشتن تعداد ارتباط بیشتر یک بخش موجب بالاتر رفتن سطح اولویت آن بخش خواهد شد.

### ۳.۳. مؤلفهٔ سوم: اندازهٔ بخش

این مطالعه از ستانده ($x_i$) برای اندازه‌گیری اندازهٔ بخش نسبت به کل اقتصاد به‌صورت زیر استفاده می‌کند:

$$P_{i3} = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i} \quad (۲۱)$$

هرچه ارزش این متریک به واحد می‌رسد، این بخش از لحاظ اقتصادی بیشتر قابل توجه و مهم است. از این‌رو این شاخص می‌تواند نشان‌دهندهٔ بخش‌هایی باشد که اولویت بیشتری برای دریافت سرمایه‌گذاری درجهت تقویت اقتصاد دارند.

### ۳.۴. مؤلفه ترکیبی (شاخص کل)

آنچه تاکنون برای محاسبه آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف اقتصادی استفاده شده شاخص‌های مؤلفه است. در این بخش از پژوهش باید از یک شاخص ترکیبی برای نشان دادن میزان آسیب پذیری بخش‌های مختلف اقتصادی، بهره گرفت. برای استفاده از سه مؤلفه در یک شاخص، لازم است ابتدا بی‌مقیاس سازی صورت گیرد روش به کارگرفته شده بی‌مقیاس‌سازی خطی است، چون مؤلفه‌های این شاخص با جنبهٔ مثبت هستند برای بی‌مقیاس سازی کافی است به صورت زیر عمل شود:

$$N_{IJ} = \frac{A_{IJ}}{MAX\, A_J} \qquad (۲۲)$$

روشن است که $0 \leq N_{IJ} \leq 1$ بوده و مزیت این بی‌مقیاسی آن است که خطی بوده و کلیهٔ نتایج تبدیل به نسبت خطی می‌شوند، در نتیجه ترتیب نسبی از نتایج موجود یکسان باقی می‌ماند (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۷).

در نهایت با استفاده از فرمول اول، شاخص کل محاسبه می‌شود.

## ۴. تحلیل نتایج

در این بخش برای جدول داده - ستانده تجمیع شده ۱۴ بخشی اقتصاد استان تهران سال ۱۳۹۰ شاخص آسیب‌پذیری برای هر مؤلفه و بر حسب شاخص کل محاسبه شده است.

### ۴.۱. ارزیابی آسیب‌پذیری مؤلفه‌ای بخش‌های اقتصادی

#### ۴.۱.۱. ارزیابی آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی از منظر تأثیر اقتصادی

نتایج مربوط به آسیب‌پذیری مؤلفهٔ تأثیر اقتصادی براساس اولویت جذب سرمایه برای بخش‌های اقتصادی استان تهران در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به اینکه این نتایج با استفاده از فرمول تأثیر اقتصادی (فرمول ۴ ) با به‌کارگیری از ضرایب تولید در حالت نرمال و ویژه به دست آمده، لازم به یادآوری این نکته است که با توجه به فرمول ۱۲ و ۱۳ و اثبات آن در بخش قبل نیازی به آمار و داده‌ها درشرایط مختل شده نیست.

نتایج حاصل از مؤلفه تأثیر اقتصادی نشان می‌دهد که بخش‌های کشاورزی، شکار و جنگل‌داری، ماهی‌گیری؛ هتل و رستوران و بخش معدن کم‌ترین آسیب‌پذیری را در نتیجهٔ خطر خواهند داشت، یعنی بخش‌های کلیدی برای ظرفیت ایجاد منفعت بیشتر

در حالت نرمال نسبت به زیان آن‌ها در شرایط ویژه هستند و در نتیجه بیشترین اولویت ظرفیت جذب برای سرمایه‌گذاری پس از فاجعه را دربرمی‌گیرند. بخش صنعت بیشترین آسیب‌پذیری را دارد و این آسیب‌پذیری بسیار قابل توجه است ($P_{i1}$=0/49188)، به‌طوری‌که کم‌ترین منفعت را نسبت به خطر دارا می‌باشد. بر این اساس تقاضا برای بخش‌های با اولویت بیشتر، بهبود بیشتری را در ستاندهٔ نهایی به وجود می‌آورد. اگرچه این استراتژی همیشه نشان‌دهندهٔ بیشترین تأثیر نیست، چون این بخش‌ها تنها میزان مشخصی از افزایش تقاضا را جذب می‌کنند.

**جدول ۱. ارزیابی آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی از منظر تأثیر اقتصادی**

| بخش‌های اقتصادی | مؤلفه تأثیر اقتصادی |
|---|---|
| کشاورزی، شکار و جنگل‌داری ، ماهی‌گیری | ۱ |
| هتل و رستوران | ۰.۹۶۶۱۱ |
| معدن | ۰.۹۱۴۶۱ |
| اداره امور عمومی، و خدمات شهری | ۰.۸۷۷۱۶ |
| آموزش | ۰.۸۷۶۴۳ |
| سایر خدمات عمومی، اجتماعی شخصی و خانگی | ۰.۸۶۹۷۷ |
| بهداشت و مددکاری اجتماعی | ۰.۸۶۴۹۶ |
| تأمین آب، برق و گاز طبیعی | ۰.۸۳۸۴۷ |
| ساختمان | ۰.۸۳۳۱۶ |
| واسطه گری‌های مالی | ۰.۸۲۵۸۸ |
| حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات | ۰.۷۷۸۵۹ |
| مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار | ۰.۷۷۶۰۸ |
| عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها | ۰.۷۶۷۶۴ |
| صنعت | ۰.۴۹۱۸۸ |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

### ۴.۱.۲. ارزیابی آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی از منظر طول انتشار

یک بخش ممکن است از نظر اثر اقتصادی دارای نسبت بالایی از منفعت-زیان باشد، اما پیوندهای کمی به لحاظ عرضه‌کنندهٔ نهاده و یا مصرف‌کنندهٔ ستانده داشته

باشد، بنابراین اثر کاهشی در بهبود رفاه خواهد داشت. مؤلفهٔ دوم شاخص این مسئله را درنظرمی‌گیرد (فرمول ۲۰). نتایج برای مؤلفه دوم در جدول ۲ حاکی از آن است که بخش صنعت، عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و ساختمان دارای بیشترین پیوند بین بخشی هستند و در نتیجه بیشترین اولویت را برای جذب سرمایه برای بازسازی دارند. بعد از آن‌ها بخش‌های ۱. حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات ۲. کشاورزی، شکار و جنگل‌داری ۳. تأمین آب، برق و گاز طبیعی قرارگرفته‌اند. یعنی بیشترین وابستگی متقابل را با سایر بخش‌ها دارند. بخش‌های بهداشت و مددکاری اجتماعی، آموزش، ادارهٔ امور عمومی و خدمات شهری و سایر خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی دارای کم‌ترین پیوند هستند.

**جدول ۲ . ارزیابی آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی از منظر طول انتشار**

| بخش‌های اقتصادی | مؤلفه تأثیر اقتصادی |
|---|---|
| صنعت | ۱ |
| عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها | ۰.۵٤٥٤٥ |
| ساختمان | ۰.٤٥٤٥٥ |
| حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات | ۰.۳٦۳٦٤ |
| تأمین آب، برق و گاز طبیعی | ۰.۲۷۲۷۳ |
| کشاورزی، شکار و جنگل‌داری، ماهیگیری | ۰.۲۷۲۷۳ |
| هتل و رستوران | ۰.۱۸۱۸۲ |
| واسطه گری‌های مالی | ۰.۱۸۱۸۲ |
| مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار | ۰.۰۹۰۹۱ |
| معدن | ۰.۰۹۰۹۱ |
| اداره امور عمومی، و خدمات شهری | ۰ |
| آموزش | ۰ |
| بهداشت و مددکاری اجتماعی | ۰ |
| سایر خدمات عمومی، اجتماعی شخصی و خانگی | ۰ |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

### ۴.۱.۳. ارزیابی آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی از منظر اندازهٔ اقتصادی

با توجه به جدول ۳، بخش صنعت از نظر اندازهٔ اقتصادی در رتبهٔ اول قرار گرفته است، یعنی این بخش بیشترین سهم را در تولید دارد. بخش‌های ۱. مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار ۲. حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات ۳. عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. میزان پراکندگی سهم تولید بخش‌ها در استان به نحوی است که تقریبا ۶۵٪ از تولید در اختیار ۴ بخش صنعت، مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار، حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات و عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها قرار گرفته است.

**جدول ۳. ارزیابی آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی از منظر اندازهٔ اقتصادی**

| بخش‌های اقتصادی | مؤلفه تأثیر اقتصادی |
|---|---|
| صنعت | ۱ |
| مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار | ۰.۵۹٤۳۰ |
| حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات | ۰.۵۰۰٦۲ |
| عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها | ۰.٤۵۲۰۰ |
| ساختمان | ۰.۳۵۲٦۲ |
| واسطه گری‌های مالی | ۰.۲۵۰۳۸ |
| اداره امور عمومی، و خدمات شهری | ۰.۱٦۱۰٤ |
| تأمین آب، برق و گاز طبیعی | ۰.۱٤۲۰۱ |
| بهداشت و مددکاری اجتماعی | ۰.۱۰۷۳۵ |
| سایر خدمات عمومی، اجتماعی شخصی و خانگی | ۰.۱۰۳۱۵ |
| آموزش | ۰.۰۹۸۰۵ |
| کشاورزی، شکار و جنگل‌داری ، ماهی‌گیری | ۰.۰٦۰۷۵ |
| هتل و رستوران | ۰.۰٤۳۸۹ |
| معدن | ۰.۰۰۸۳۳ |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

متفاوت بودن رتبه‌بندی از نظر سه مؤلفه نیاز به وجود یک شاخص که دربردارندهٔ هر سه باشد را مشخص می‌کند. قسمت بعد به برطرف کردن این نیاز می‌پردازد.

با به دست آمدن نتایج برای هر مؤلفه، با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون، میزان همبستگی این مؤلفه‌ها به صورت دو به دو محاسبه شده است.

**جدول ۴. ضریب همبستگی بین سه مؤلفه**

| | $P_1,P_2$ | $P_1,P_3$ | $P_3,P_2$ |
|---|---|---|---|
| ضریب همبستگی پیرسون | -۰,۷۳۵ | -۰,۸۷۳ | ۰,۸٤ |
| | در هر سه حالت همبستگی در سطح ۰.۰۱ معنی دار است | | |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌طورکه مشاهده می‌شود در سطح معنی داری مؤلفه تأثیر اقتصادی با دو مؤلفهٔ دیگر دارای همبستگی منفی است و همبستگی مثبت دو مؤلفهٔ طول انتشار و اندازهٔ اقتصادی به معنی این است که تغییرات دو متغیر به طور هم جهت اتفاق می‌افتد، یعنی با افزایش در هر متغیر، متغیر دیگر نیز افزایش می‌یابد.

### ۴.۲. ارزیابی آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی از منظر شاخص کل

با استفاده از فرمول‌های (۳-۱) و با درنظرگرفتن حالتی که سیاست‌گذار وزنی برابر را برای سه مؤلفه درنظرمی‌گیرد رتبه‌بندی بخش‌های مختلف استان تهران برای دریافت کمک در حوادث شدید (مانند زلزله) فراهم می‌شود (جدول ۵).

**جدول ۵. شاخص آسیب‌پذیری کل (با وزن یکسان برای هر مؤلفه)**

| بخش‌های اقتصادی | مؤلفه تأثیر اقتصادی |
|---|---|
| صنعت | ۰.۸۳۰٦۳ |
| عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها | ۰.۵۸۸۳۷ |
| حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات | ۰.۵٤۷٦۲ |
| ساختمان | ۰.۵٤٦۷۸ |
| مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار | ۰.٤۸۷۱۰ |
| کشاورزی، شکار و جنگل‌داری، ماهی‌گیری | ۰.٤٤٤٤۹ |
| واسطه‌گری‌های مالی | ۰.٤۱۹۳٦ |
| تأمین آب، برق و گاز طبیعی | ۰.٤۱۷۷٤ |
| هتل و رستوران | ۰.۳۹۷۲۷ |
| اداره امور عمومی، و خدمات شهری | ۰.۳٤٦۰۷ |
| معدن | ۰.۳۳۷۹۵ |
| آموزش | ۰.۳۲٤۸۳ |
| سایر خدمات عمومی، اجتماعی شخصی و خانگی | ۰.۳۲٤۳۱ |
| بهداشت و مددکاری اجتماعی | ۰.۳۲٤۱۰ |

ماخذ: یافته‌های تحقیق

بر این اساس بخش صنعت بخش کلیدی اقتصاد استان تهران است. همان‌طورکه مشاهده شد این بخش در دو مؤلفهٔ اندازهٔ بخش و طول انتشار نیز در رتبهٔ اول قرار دارد، اما از نظر تأثیر اقتصادی، زیان در حالت غیرعملیاتی تولید نسبت به منفعت آن بیشتر است و در آخرین رتبه قرار می‌گیرد. بخش‌های بعدی عمده فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات هستند. این دو بخش تقریبا نهاده‌های حیاتی را برای سایر بخش‌های اقتصادی فراهم می‌کنند. به‌ویژه بخش صنعت در صورتی که دو بخش فوق قادر به ارائهٔ خدمات نباشند، متوقف خواهد شد. می‌توان اولویت این بخش‌ها بعد از بخش صنعت را به دلیل خدمات محور بودن اقتصاد این استان درنظرگرفت.

## ۵. خلاصه و نتیجه‌گیری

با وجود تلاش‌های بسیار، جلوگیری از سوانح طبیعی تقریباً غیرممکن است. نیاز فوری برای تجزیه‌وتحلیل تأثیر سانحه با افزایش وقوع سوانح به خصوص سوانح طبیعی در چند دههٔ اخیر افزایش یافته است. مدل‌های اقتصاد کلان، مانند مدل داده- ستانده، ماتریس حسابداری اجتماعی و مدل تعادل عمومی قابل محاسبه، برای تجزیه‌وتحلیل اثرات مستقیم و غیرمستقیم بلایای سانحه‌بار استفاده شده‌اند. ارائهٔ چنین مدل‌هایی می‌توانند به‌منظور عرضهٔ سریع یک تخمین تقریبی از تأثیر گسترده سیستم امور مالی و طرح احیا و یا ارزیابی اقدامات متقابل سانحه در دورهٔ قبل و بعد از رویداد استفاده شوند. این مقاله ضمن برشمردن اهمیت مدیریت ریسک برای کاهش خسارت‌های بالقوه اقتصادی ناشی از سوانح (طبیعی یا انسانی) و با توجه به این که پیامدهای اقتصادی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم بستگی دارد؛ به یکی از مفاهیم ارائه شده در این خصوص یعنی مفهوم تاب‌آوری اقتصادی می‌پردازد. در حقیقت نوع دیگری از اثرات متقابل ساخته شده به اصطلاح تاب‌آوری اقتصادی است که با توانایی‌های ذاتی و پاسخ سازگار موجب جلوگیری از حداکثر ضرر و زیان بالقوه می‌شود. بر این اساس برای درنظرگرفتن پیوند ساختاری سیستم‌های اقتصادی در مدل‌سازی شاخص آسیب‌پذیری (یو و همکاران، ۲۰۱۴) مورد استفاده در این مقاله، دو مؤلفه درنظرگرفته شده است:۱. به عنوان یک روش جایگزین قابل توجه برای سازگار کردن ویژگیهای سانحه درچارچوب IO، مدل غیرعملیاتی داده-ستانده (IIM) در قالب مؤلفه تأثیر اقتصادی به کارگرفته شده است که نشانگر ظرفیت بهبود افزایش تولید در شرایط نرمال نسبت به خطر در شرایط ویژه برای بخش‌های اقتصادی است ۲. برای در نظرگرفتن چگونگی توزیع بهبود

و ارزیابی توانایی یک بخش برای نفوذ در بخش‌های دیگر براساس اندازه و فاصلهٔ پیوند از مؤلفه طول انتشار استفاده شده است. ۳. همچنین با توجه به اهمیت میزان سهم هر بخش در اقتصاد مؤلفهٔ اندازهٔ بخش، به‌عنوان سومین مؤلفه در تعیین این شاخص آسیب‌پذیری مدنظرگرفته شده است.

نتایج به دست آمده با استفاده از جدول داده - ستاندهٔ تجمیع شدهٔ ۱۴بخشی استان تهران ۱۳۹۰، برای شاخص آسیب‌پذیری کل نشان داده که بخش صنعت کلیدی‌ترین بخش برای تأثیر سرمایه‌گذاری بر بخش‌های مختلف بعد از وقوع فاجعه به منظور به دست آوردن حداکثر منافع برای کل اقتصاد این استان است. بخش‌های خدمات محور عمده فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و بخش حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات دیگر بخش‌های کلیدی این استان هستند. هرچند نتایج حاکی از آن است که بخش صنعت براساس شاخص تأثیر اقتصادی بیشترین آسیب‌پذیری و درنتیجه بیشترین زیان را نسبت به منفعت دارد، اما اهمیت این بخش براساس پیوندهای آن با سایر بخش‌ها و سهم تولید آن در اقتصاد استان تهران این بخش را در اولویت اول برای سیاست‌گذاری‌های سرمایه‌گذاری قرار می‌دهد. چون شاخص کل با فرض برابری یکسان وزن‌دهی به مؤلفه‌ها محاسبه شده است و در نتیجه وزن‌های متفاوت برای هر مؤلفه براساس سیاست‌های تصمیم‌گیری می‌تواند بر نتایج تأثیربگذارد، بنابراین مطالعات بعدی می‌توانند با تعیین وزن بر اساس تکنیک‌های تصمیم‌گیری کمی و کیفی این نقیصه را به نوعی برطرف کنند. همچنین با توجه به همبستگی میان مؤلفه‌ها و اضافه کردن مؤلفه‌های تأثیرگذار در تعیین آسیب‌پذیری، می‌توان زمینهٔ بیشتر شدن دقت محاسبهٔ شاخص را فراهم کرد و از آنجا که برای گنجاندن مفهوم تاب‌آوری در تعیین شاخص از مفهوم داده-ستانده استفاده شده است با توجه به محدودیت این مدل به ویژه در عدم جایگزینی نهاده‌ها و واردات می‌توان مدل CGE را به کاربرد.

## منابع

۱. آذر، عادل و رجب‌زاده، علی (۱۳۸۷). تصمیم‌گیری کاربردی (رویکرد MADM). تهران: نگاه دانش.

۲. افضلی، رسول و حسینی، مجید (۱۳۸۶). آسیب‌شناسی و مدیریت سیاسی زلزلهٔ احتمالی تهران: فصلنامهٔ علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، شمارهٔ ۱۴و ۱۵، ۱۴۹-۱۶۸.
۳. رحیمی آلوقره، ایمان (۱۳۹۲). تدوین روش برآورد خسارات کلان اقتصادی ناشی از زلزله در یک منطقه - مطالعهٔ موردی تهران. رسالهٔ دکتری. رشتهٔ مهندسی عمران. گرایش زلزله. واحد علوم تحقیقات. تهران.
۴. مرکز آمار ایران (۱۳۹۲). سالنامهٔ آماری استان تهران، جمعیت ۱۳۹۰.
۵. مرکز آمار ایران (۱۳۹۱). سالنامهٔ آماری کشور، حساب‌های ملی ۱۳۹۰.
۶. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۳). جدول داده - ستانده بهنگام شده اقتصاد ایران سال ۱۳۹۰، تهران.
7. Anderson, Ch.W., Santos, J.R., & Haimes, Y.Y. (2007). A Riskbased Input–Output Methodology for Measuring the Effects of the August 2003 Northeast Blackout. Economic Systems Research, 19:2, 183-204.
8. Cutter, S. (1996). Vulnerability to Environmental Hazards. Progress in Human Geography, 20, 529–539.
9. Cutter, S.L., Boruff B.J., & Shirley W.L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. Social ScienceQuarterly, 84, 242–261.
10. Dietzenbacher, Erik., Luna, I.R., & Bosma, N.S. (2005). Using Average Propagation Lengths to Identify Production. Estuios De Economia Aplicada, 23-2,422-405.
11. Haimes,Y.Y., & Jiang, P. (2001). Leontief-Based Model of Risk in Complex Interconnected Infrastructures. Journal of Infrastructure Systems , 7,1–12
12. Okuyama, Y. (2007). Economic Modeling for Disaster Impact Analysis: Past, Present, and Futur.Economic Systems Research, 115-124.
13. Okuyama, Y., & Santos, J.R . (2014). DisasterI Impact And Input–Output Analysis. Economic Systems Research, 26:1, 1-12.
14. Rose, A. (2004). Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation, in: Y. Okuyama and S.E. Chang (Eds), Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters, (pp.13-36). New York: Springer.
15. Santos, J.R., & Haimes, Y.Y. (2004). Modeling the Demand Reduction Input–Output (I–O) Inoperability Due to Terrorism of Interconnected Infrastructures. Risk Analysis, 24, 1437-1451.
16. Timmerman, P. (1981). Vulnerability, Resilience and the collapse of the society, Environmental monograph 1, Toronto: Institute of Environmental Studies, University of Toronto.

17. United Nations Environment Programme (UNEP). (2002). Assessing Human Vulnerability to EnvironmentalChange: Concepts, Issues, Methods and Case Studies.
18. World Food Programme (WFP). (2014). Resilience Measurement Principles, Toward An Agenda For Measurement Design. Technical Series No. 1.
19. Yu, Krista. Danielle. S., Tan, Raymond. R., Kathleen, B. Aviso., Promentilla, Michael. Angelo. B., & Santos, Joost. R. (2014). A Vulnerability Index For Post-Disaster Key Sector Prioritization. Economic Systems Research, 26:1, 81-97.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی