



ضرورت مدل‌سازی و محاسبه هزینه‌های اقتصادی سوانح طبیعی



لیلی نیاکان، هیات علمی پژوهشکده بیمه

مهر ۱۴۰۴

مقدمه

- ❖ **سوانح طبیعی** (مانند زلزله، سیل، طوفان، خشکسالی و...):
 - یکی از مهم‌ترین چالش‌ها برای دولت‌ها، جوامع و اقتصادها؛ یکی از تهدیدات جدی برای توسعه پایدار، امنیت اقتصادی و ثبات اجتماعی جوامع؛ یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد توجه در سیاست‌گذاری عمومی، برنامه‌ریزی مالی و تحلیل ریسک به دلیل شدت، گستره، و اثرات چندلایه این پدیده‌ها
 - افزایش خسارات با رشد شهرنشینی، تراکم سرمایه‌گذاری در مناطق پرریسک، و تغییرات اقلیمی
- ❖ **برآوردها:** متوسط سالانه خسارت اقتصادی ناشی از بلایا در جهان، بیش از ۲۰۰ میلیارد دلار طی دو دهه اخیر (Swiss Re (Institute, 2020).
- ❖ **وضعیت در کشورهای در حال توسعه:** این خسارات می‌توانند رشد اقتصادی را تا سال‌ها متوقف کنند، به‌ویژه زمانی که زیرساخت‌ها، خدمات عمومی و منابع مالی محدود هستند (Hallegatte et al., 2017).
- ❖ **ایران:** از جمله کشورهای در معرض مخاطرات متعدد طبیعی و طبق آمارهای بین‌المللی، در میان ۱۰ کشور نخست از نظر بیشترین خسارات انسانی و اقتصادی ناشی از سوانح طبیعی
- ❖ **ضرورت** درک عمیق از ابعاد اقتصادی سوانح طبیعی و بهره‌گیری از مدل‌های تحلیلی و پیش‌بینی‌کننده برای سنجش هزینه‌ها، ارزیابی اثرات و تخصیص منابع

تهدید سوانح طبیعی برای اقتصاد

❖ **سوانح طبیعی:** پدیده‌هایی محیط‌زیستی یا فنی؛ رویدادهایی اقتصادی-اجتماعی با اثرگذاری چندبعدی و بلندمدت.

❖ **آثار اقتصادی سوانح طبیعی:** (۱) خسارات فیزیکی مستقیم؛ (۲) تبعات اقتصادی، اجتماعی و روانی بلندمدت

❖ **ابعاد اقتصادی سوانح طبیعی:** افت شدید درآمد خانوارها، اختلال در زنجیره تأمین و کاهش شاخص‌های کلان اقتصادی؛ عدم کفایت رویکرد امدادی و سنتی؛ خسارات اقتصادی فراتر از بودجه‌های عمومی کشورها.

ضرورت وجود سازوکارهای مالی مکمل از جمله بیمه، حمایت‌های بین‌المللی و بازتخصیص منابع داخلی

❖ **توسعه رویکردهای تحلیلی و مدل‌سازی اقتصادی:** درک بهتر از پیامدهای کلان و بخشی سوانح، تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر در حوزه‌های بیمه، بازسازی، برنامه‌ریزی شهری، تخصیص منابع و اقدامات پیشگیرانه

❖ **ضرورت بهره‌گیری از مدل‌سازی اقتصادی در کشورهایی مانند ایران:** فقدان پوشش بیمه‌ای گسترده و نظام‌های کارآمد جبران خسارت، که شدت و تداوم اثرات سوانح را افزایش می‌دهد.

نمونه‌هایی از اثرات اقتصادی سوانح طبیعی

رخداد	سال	نوع سانحه	میزان خسارت (تقریبی)	ویژگی‌ها
زلزله متجیل	۱۳۶۹	زلزله	بیش از ۸۰۰ میلیون دلار	اثر بر شبکه برق، جاده‌ها، اقتصاد گیلان
زلزله بم	۱۳۸۲	زلزله	حدود ۱ میلیارد دلار	تخریب ۷۰٪ زیرساخت‌ها، از بین رفتن ۳۰ هزار نفر
زلزله سرپل‌ذهاب	۱۳۹۶	زلزله	حدود ۵ میلیارد دلار	خسارات سنگین به مسکن روستایی، بیمارستان‌ها
سیل ۱۳۹۸ ایران	۱۳۹۸	سیل	حدود ۸ میلیارد دلار	تخریب زیرساخت‌های حمل‌ونقل، روستاها و کشاورزی
زلزله فوکوشیما، ژاپن	۲۰۱۱	زلزله+سوتامی	بیش از ۲۳۵ میلیارد دلار	فاجعه هسته‌ای، اثرات چندده‌ساله
زلزله کرایسچرچ، نیوزیلند	۲۰۱۱	زلزله	حدود ۴۰ میلیارد دلار	برهم خوردن جریان‌های مالی بیمه، تضعیف GDP
سیل پاکستان	۲۰۲۲	سیل	بیش از ۳۰ میلیارد دلار	از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، مهاجرت وسیع

تعریف مدل سازی اقتصادی سوانح طبیعی

فرآیند طراحی، تدوین و تحلیل چارچوب های مفهومی و ریاضی، که امکان برآورد و تحلیل ابعاد مختلف خسارات اقتصادی ناشی از سوانح را (چه پیش و چه پس از وقوع) فراهم می سازد:

- برآورد خسارات مستقیم و غیرمستقیم،
- تحلیل اثرات میان بخشی و بلندمدت،
- سنجش توان بازسازی اقتصادی،
- پیش بینی سناریوهای آینده در صورت تکرار حادثه،
- تحلیل هزینه-فایده اقدامات کاهش ریسک.

تعریف مدل سازی اقتصادی سوانح طبیعی

سطوح کاربرد مدل های اقتصادی سوانح :

- ✓ سطح ۱: پیش بینی و آمادگی: ارزیابی ریسک و تدوین استراتژی های پیشگیرانه پیش از بحران.
- ✓ سطح ۲: پاسخ فوری: ارزیابی سریع و دقیق خسارات وارده پس از وقوع سانحه.
- ✓ سطح ۳: بازیابی بلندمدت: پشتیبانی از تخصیص بهینه منابع برای بازسازی و بازیابی اقتصادی.

تعریف سازمان همکاری اقتصادی و توسعه از مدل های اقتصادی سوانح (OECD, 2021):

«ابزاری کلیدی برای درک پیامدهای کلان، بخشی و منطقه ای مخاطرات طبیعی که می توانند در طراحی سیاست های اقتصادی مقاوم، کارایی فوق العاده ای داشته باشند.»

اهمیت مدل سازی اقتصادی در سوانح طبیعی

(الف) شناخت کمّی از خسارات و پیامدها:

- مواجهه با ابهام: مدل ها برآوردهای معتبر از کل خسارت وارده به اقتصاد ملی ارائه می دهند.
- ارزش گذاری دقیق: سنجش ارزش واقعی خسارات وارد شده به زیرساخت ها، سرمایه انسانی و بخش تولید.
- تخصیص بهینه منابع: کمک به سیاست گذاران برای تخصیص مؤثرتر منابع امدادی و بازسازی در شرایط بحرانی.

(ب) کمک به تصمیم سازی در نبود داده های کامل:

- بهره گیری از شبیه سازی و داده های مشابه در شرایط فقدان شواهد تجربی از یک حادثه خاص (مانند زلزله در یک منطقه مشخص)،
- طراحی سناریوهای محتمل خسارات آتی، تحلیل حساسیت نسبت به متغیرهای کلیدی مانند شدت حادثه یا تراکم جمعیتی، پیش بینی آثار سیاست های جایگزین مدیریت ریسک،
- اهمیت راهبردی در طراحی پوشش های بیمه ای مناسب و تعیین حق بیمه های دقیق برای حوادث طبیعی نادر اما پرخطر (Rose)

(& Liao, 2005)

اهمیت مدل سازی اقتصادی در سوانح طبیعی

(ج) پشتیبانی از طراحی نظام های بیمه ای و تأمین مالی ریسک:

- امکان محاسبه خسارات احتمالی بر اساس شاخص های احتمال وقوع، شدت حادثه و میزان تاب آوری توسط صنعت بیمه،
- طراحی نرخ حق بیمه بر اساس پرو فایل ریسک واقعی هر منطقه،
- ارزیابی توان مالی شرکت های بیمه در پرداخت خسارات تحت سناریوهای بحرانی،
- تدوین سیاست های بهینه برای انتقال ریسک به بازارهای بین المللی، مدیریت ریسک های سوانح طبیعی و حفظ ثبات مالی صنعت بیمه (Swiss Re Institute, 2023).

(د) ارزیابی هزینه - فایده اقدامات پیشگیرانه:

- اثبات توجیه پذیری سرمایه گذاری در اقدامات پیشگیرانه و کاهش ریسک، نظیر:
 - ✓ مقاومت سازی مدارس - که منجر به صرفه جویی بلندمدت در خسارات جانی و مالی می شود؛
 - ✓ اجرای طرح های مدیریت سیلاب - که خسارات مکرر سالانه را کاهش می دهد.
- امکان پذیری طراحی محصولات بیمه ای نوین مانند بیمه کشاورزی مبتنی بر پارامترهای اقلیمی، که به کاهش ریسک درآمدی کشاورزان و افزایش تاب آوری اقتصادی آنها منجر می شود.
- کمک به تصمیم گیران برای درک روشن از بازده سرمایه گذاری و تخصیص بهینه منابع در اقدامات کاهش ریسک (GFDRR, 2021).

اهمیت مدل سازی اقتصادی در سوانح طبیعی

(ه) به روزرسانی مداوم برنامه های ملی مدیریت بحران:

- به روزرسانی نتایج و سیاست ها با دریافت داده های جدید
- ابزاری ضروری برای طراحی برنامه های ملی بازسازی پس از بحران، چارچوب های بودجه ریزی اضطراری و اسناد راهبردی بلندمدت مقابله با تغییرات اقلیمی و مدیریت فجایع طبیعی
- کمک به تصمیم گیران، برای اتخاذ سیاست های کارآمدتر در مواجهه با بحران های احتمالی و تخصیص بهینه منابع مالی، با در نظر گرفتن آخرین اطلاعات و شاخص ها
- ضرورت انکارناپذیر برای کشورهایی که با ریسک های بالا و منابع محدود مواجه اند.
- تصمیم سازی پیش نگرانه، تاب آور و پاسخگو.

انواع هزینه‌های اقتصادی ناشی از سوانح طبیعی

(۱) **هزینه‌های مستقیم (Direct Costs):** هزینه‌های مستقیم و فیزیکی ناشی از وقوع حادثه، که در مراحل اولیه سانحه قابل اندازه‌گیری‌اند؛ به‌طور نسبی قابل برآورد مالی‌اند، و پایه اصلی پرداخت‌های بیمه‌ای یا تخصیص منابع اضطراری دولت را شکل می‌دهند.

مثال: زلزله کرایسچرچ (۲۰۱۱)؛ بخش عمده خسارت ۴۰ میلیارد دلاری ناشی از آسیب به ساختمان‌های شهری، شبکه برق، آب و فاضلاب بود (New Zealand Treasury, 2012).

نمونه‌ها	توضیح
تخریب ساختمان‌ها و منازل	فروریختن یا آسیب جدی به واحدهای مسکونی، تجاری یا اداری
خسارات زیرساختی	جاده‌ها، پل‌ها، شبکه برق و آب، مدارس، بیمارستان‌ها
از بین رفتن دارایی‌های فیزیکی	وسایل نقلیه، ماشین‌آلات، تجهیزات کشاورزی و صنعتی
آسیب به شبکه توزیع و حمل‌ونقل	قطع ارتباط زمینی یا هوایی در مناطق آسیب‌دیده

انواع هزینه‌های اقتصادی ناشی از سوانح طبیعی

(۲) **هزینه‌های غیرمستقیم (Indirect Costs):** در نتیجه‌ی اختلال در عملکرد اقتصادی و اجتماعی پس از سانحه؛ به‌مراتب پیچیده‌تر، پنهان‌تر و گسترده‌تر از هزینه‌های مستقیم؛ در نبود مدل‌سازی اقتصادی مناسب، اغلب نادیده گرفته می‌شوند.
مثال: سیل ۱۳۹۸ ایران، علاوه بر تخریب فیزیکی، اختلال گسترده در حمل‌ونقل کالاهای کشاورزی منجر به تورم منطقه‌ای و کاهش تولید ناخالص داخلی بخش کشاورزی شد (UNDP, 2019).

نمونه‌ها

توضیح

وقفه در کسب و کارها

تعطیلی یا اختلال در فعالیت بنگاه‌های اقتصادی

بیکاری موقت یا بلندمدت

ناشی از تخریب محیط کار یا رکود تقاضا

کاهش تولید ناخالص داخلی (GDP)

کاهش تولید صنعتی، صادرات، مصرف داخلی

فشار بر بودجه عمومی

افزایش هزینه‌های امداد، بازسازی و جبران خسارات

اختلال در زنجیره تأمین

تأخیر در تحویل کالاها، افزایش قیمت مواد اولیه

اثرات تورمی

افزایش قیمت کالاها و خدمات در مناطق آسیب‌دیده

انواع هزینه‌های اقتصادی ناشی از سوانح طبیعی

(۳) هزینه‌های نامحسوس یا نامرئی (Intangible Costs): تأثیرات روانی، اجتماعی و فرهنگی ناشی از سوانح طبیعی که به سختی قابل برآورد مالی هستند، اما در بلندمدت نقش مهمی در توسعه انسانی و تاب‌آوری اجتماعی دارند. مثال: در پی زلزله بم، میزان ابتلا به اختلالات روانی میان بازماندگان به بیش از ۴۰ درصد رسید و نیاز به مداخلات بلندمدت روان‌پزشکی ایجاد شد.

نمونه‌ها

آسیب روانی به بازماندگان

کاهش کیفیت زندگی

مهاجرت یا جابجایی اجباری جمعیت

کاهش اعتماد اجتماعی

فرسایش سرمایه اجتماعی و همبستگی

توضیح

اضطراب، افسردگی، PTSD، سوگ طولانی مدت

اختلال در آموزش، بهداشت، امنیت، آرامش روانی

ترک مناطق آسیب‌دیده، تخلیه روستاها

احساس رهاشدگی، بی‌اعتمادی به نهادها و دولت

تضعیف مشارکت جمعی و حس همدلی اجتماعی



نمونه‌های تطبیقی از انواع هزینه‌های اقتصادی ناشی از سوانح طبیعی

ساحه و کشور	هزینه‌های مستقیم	هزینه‌های غیرمستقیم	هزینه‌های نامحسوس / پنهان
زلزله ۲۰۱۱، فوکوشیما، ژاپن	حدود ۲۱۰ میلیارد دلار خسارت به ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها	افت تولید صنعتی، تعطیلی گسترده نیروگاه‌ها، کاهش صادرات، رشد منفی GDP	اضطراب اجتماعی، مهاجرت جمعیت، افزایش اختلالات روانی
سیل ۲۰۱۰، پاکستان	حدود ۱۰ میلیارد دلار خسارت مستقیم به کشاورزی و خانه‌ها	کاهش شدید تولیدات کشاورزی، تورم مواد غذایی، آسیب به زنجیره تأمین	کاهش سرمایه اجتماعی، گسترش بیماری‌ها، اختلال در آموزش میلیون‌ها کودک
زلزله ۱۳۹۶، سرپل ذهاب، ایران	تخریب بیش از ۷۰٪ خانه‌های مسکونی در مناطق شهری و روستایی	تعطیلی خدمات شهری، افت اشتغال منطقه‌ای، هزینه‌های بالای بازسازی	افزایش فشار روانی، نارضایتی اجتماعی، کاهش کیفیت زندگی منطقه‌ای
طوفان کاترینا ۲۰۰۵، آمریکا	حدود ۱۲۵ میلیارد دلار خسارت مستقیم	کاهش شدید GDP ایالت لوئیزیانا، افزایش بیکاری، جابجایی شغلی	بی‌خانمانی گسترده، فشار بر سیستم سلامت روان، ناامیدی اجتماعی بلندمدت
زلزله ۲۰۱۱، کرایسچرچ، نیوزیلند	حدود ۴۰ میلیارد دلار خسارت	کاهش رشد اقتصادی کشور در دو سال، فشار بر بودجه عمومی	بحران هویت شهری، مهاجرت نیروی کار، افسردگی در میان جوانان
سیل ۱۳۹۸، ایران	تخریب زیرساخت‌های عمومی در ۲۵ استان، آسیب به منازل	توقف تولیدات صنعتی، خسارت به کشاورزی، کاهش تولید ناخالص داخلی منطقه‌ای	بی‌اعتمادی به نهادها، افزایش نرخ فقر در مناطق سیل زده

ضرورت‌های مدل‌سازی اقتصادی سوانح طبیعی

(۱) تصمیم‌گیری مبتنی بر مدل در شرایط عدم قطعیت و نبود شواهد تاریخی:

- دشواری تصمیم‌گیری در شرایط فقدان تجربه‌های پیشین یا داده‌های مستند از وقوع سوانح
- مدل‌های اقتصادی به‌عنوان ابزارهای شبیه‌سازی سناریو، امکانی برای تصمیم‌سازی بر پایه برآوردها، احتمالات و تحلیل ریسک

مثال: برای ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های تهران در برابر زلزله، نمی‌توان تنها به تجربیات بم یا سرپل ذهاب اکتفا کرد؛ بلکه باید با استفاده از مدل‌های سناریو محور و تحلیل ریسک منطقه‌ای، هزینه‌های بالقوه پیش‌بینی شوند (UNDRR, 2023; Daniell et al., 2014).

ضرورت‌های مدل‌سازی اقتصادی سوانح طبیعی

(۲) طراحی نظام‌های بیمه‌ای و جبران خسارت کارآمد:

- پشتیبانی از نظام‌های مالی جبران خسارت نظیر بیمه
- امکان برآورد دقیق از خسارات محتمل در آینده، و به دنبال آن طراحی نرخ‌های بیمه‌ای منصفانه، ذخایر فنی کافی و سازوکارهای پرداخت خسارت

مثال: در ترکیه، مدل HAZTURK به‌عنوان پایه طراحی بیمه زلزله اجباری (DASK) استفاده شد که امکان تعیین نرخ‌های متناسب با ریسک مکانی و ساختاری ساختمان‌ها را فراهم کرده است (Gurenko et al., 2006; World Bank, 2021). در ایران، با تأسیس صندوق بیمه همگانی حوادث طبیعی ساختمان، تأکید بر استفاده از مدل‌های ارزیابی اقتصادی سوانح طبیعی جهت تعیین حق بیمه عادلانه، برآورد توان مالی صندوق و تحلیل هزینه-فایده پوشش‌های پیشنهادی مطرح شده است (بیمه مرکزی، ۱۴۰۰).

- **کاربردها:**

- ✓ تعیین نرخ‌های مبتنی بر ریسک
- ✓ طراحی محصولات متناسب با نوع حادثه و منطقه
- ✓ سنجش توان مالی بیمه‌گر برای پرداخت خسارات سنگین
- ✓ توسعه بیمه‌های کشاورزی، زلزله، سیل و...

ضرورت‌های مدل‌سازی اقتصادی سوانح طبیعی

(۳) برنامه‌ریزی منابع برای مدیریت بحران و بازسازی:

- نیاز دولت‌ها به برنامه‌ریزی برای تخصیص بهینه منابع در زمان امداد، اسکان موقت، بازسازی زیرساخت‌ها و کمک به خانوارهای آسیب‌دیده
- کمک به تخمین دقیق بار مالی هر سناریو و اتخاذ تصمیمات با حداکثر کارایی مالی.

مثال: در شیلی، مدل‌های شبیه‌سازی زمین‌لرزه برای برآورد بودجه بازسازی مدارس و بیمارستان‌ها پس از زلزله ۲۰۱۰ مورد استفاده قرار گرفتند و از هدررفت میلیاردها دلار منابع عمومی جلوگیری شد (OECD, 2018).

(۴) افزایش تاب‌آوری زیرساخت‌ها و جوامع:

کمک به شناسایی و اصلاح نقاط ضعف در سیستم‌های شهری، روستایی، زیرساختی یا اجتماعی به صورت پیشینی شناسایی مناطق پرریسک و مقاوم‌سازی زیرساخت‌ها با اقدامات مهندسی و مدیریتی مناسب، ارتقاء تاب‌آوری اجتماعی از طریق آگاهی‌بخشی به جوامع با ارائه اطلاعات مبتنی بر مدل.

مثال: در کشورهای چون ژاپن و نیوزیلند، نتایج این مدل‌ها مبنای تعیین اولویت مقاوم‌سازی پل‌ها، بیمارستان‌ها و مدارس بوده‌اند (UNDP, 2021; OECD, 2018).

ضرورت‌های مدل‌سازی اقتصادی سوانح طبیعی

(۵) ارزیابی هزینه-فایده اقدامات پیشگیرانه:

- فراهم کردن توجیه اقتصادی برای سیاست‌گذاران جهت سرمایه‌گذاری در کاهش ریسک، همچون مقاوم‌سازی، بهسازی مسیر رودخانه‌ها یا ساخت پناهگاه‌های ایمن، امکان محاسبه نسبت فایده به هزینه (Benefit-Cost Ratio) برای اثبات سودآوری بسیاری از اقدامات پیشگیرانه نسبت به واکنش پس از سانحه، توجیه اقتصادی مداخلات پیشگیرانه نزد سیاست‌گذاران و نهادهای تأمین مالی.

مثال: در کشورهای چون ترکیه و شیلی، چنین تحلیل‌هایی مبنای سرمایه‌گذاری‌های کلان کاهش ریسک بوده‌اند (GFDRR, 2016; Swiss Re Institute, 2022).

(۶) تأمین مالی بین‌المللی و جلب حمایت نهادها:

- زیربنای تصمیم‌نهادهای بین‌المللی مانند بانک جهانی، UNDP، یا صندوق سبز اقلیم برای حمایت مالی از پروژه‌های کاهش ریسک،

مثال: برنامه CRIF در کشورهای حوزه کارائیب با تکیه بر مدل‌های ریسک و خسارت توانست از صندوق بین‌المللی پول و بانک جهانی پشتیبانی چندصد میلیون دلاری دریافت کند (IMF, 2022; World Bank, 2016).

کاربردهای مدل سازی اقتصادی در سیاست گذاری

(الف) سیاست گذاری و برنامه ریزی ملی:

- کمک به دولت ها برای اولویت بندی سرمایه گذاری ها، تخصیص منابع، تدوین مقررات و طراحی برنامه های بازسازی پس از حادثه؛ سناریوهای محتمل، امکان برنامه ریزی مالی در مواجهه با سوانح را فراهم می سازند.

مثال: در ژاپن، مدل های هزینه یابی زمین لرزه، مبنای تخصیص سالانه منابع ملی برای مقاوم سازی مدارس و بیمارستان ها بوده اند (Cabinet Office, Japan, 2020).

• کاربردهای کلیدی:

- تحلیل هزینه های بازسازی در سطوح ملی و استانی
- تعیین اولویت پروژه های کاهش ریسک (Resilience Investments)
- طراحی مکانیزم های کمک به خانوارهای آسیب پذیر
- برنامه ریزی اضطراری برای تأمین ذخایر مالی

کاربردهای مدل سازی اقتصادی در سیاست گذاری

(ب) صنعت بیمه و پوشش مالی خسارات:

- کمک به صنعت بیمه در قیمت گذاری، پوشش دهی و ذخیره سازی مالی ریسک های طبیعی؛ امکان تعیین نرخ بیمه، طراحی محصولات، ارزیابی خسارت و تحلیل سناریوهای مالی شدید.

مثال: در ایالات متحده، شرکت های بیمه با استفاده از مدل های RMS و AIR Worldwide، سناریوهای خسارت سیل، طوفان و زلزله را شبیه سازی می کنند (RMS, 2023).

• کاربردهای کلیدی:

- طراحی نرخ گذاری مبتنی بر ریسک (Risk-Based Pricing)
- ارزیابی توان مالی بیمه گر در سناریوهای شدید (Stress Testing)
- تحلیل هزینه های بیمه اتکایی و خرید پوشش های فاجعه (Cat Reinsurance)
- طراحی محصولات بیمه خاص مانند بیمه زلزله، بیمه کشاورزی، بیمه فقر ناشی از حادثه

کاربردهای مدل سازی اقتصادی در سیاست گذاری

(ج) ارزیابی اثرات اقتصادی بلندمدت سوانح:

- فراهم کردن ابزار پیش بینی پیامدهای میان مدت و بلندمدت سوانح طبیعی بر GDP، اشتغال، مهاجرت، تورم و بهره وری.

مثال: در زلزله ۲۰۱۱ کرایسچرچ نیوزیلند، مدل های اقتصادی نشان دادند که بازسازی منطقه بین ۵ تا ۷ سال رشد اقتصادی منطقه ای را تحت تأثیر قرار خواهد داد (New Zealand Treasury, 2012).

• اثرات قابل اندازه گیری:

- کاهش رشد اقتصادی و درآمد سرانه
- مهاجرت از مناطق آسیب دیده و تخریب سرمایه انسانی
- افت تولید صنعتی یا کشاورزی
- افزایش هزینه های دولتی و کاهش سرمایه گذاری خصوصی



کاربردهای مدل سازی اقتصادی در سیاست گذاری

(د) توجیه اقتصادی اقدامات پیشگیرانه و سرمایه گذاری در کاهش ریسک:

- ارائه توجیه اقتصادی برای اقدامات پیشگیرانه در برابر سوانح، با محاسبه «نسبت فایده به هزینه» (BCR) یا «ارزش فعلی خالص» (NPV) پروژه های کاهش ریسک.

مثال: مقایسه نسبت فایده به هزینه برخی اقدامات پیشگیرانه (World Bank, 2016; UNDRR, 2023)

کشور	BCR میانگین	اقدام پیشگیرانه
ایران، ژاپن	۴,۵	مقاوم سازی مدارس
کلمبیا	۲,۸	تثبیت شیب های رانش پذیر
فیلیپین، ترکیه	۶,۷	آموزش خانوارها و آموزش مدارس
هند، بنگلادش	۳,۵	هشدار سریع سیلاب در شهرهای کوچک

کاربردهای مدل سازی اقتصادی در سیاست گذاری

(ه) کمک به تصمیم گیری اضطراری و تخصیص منابع پس از سانحه:

- کمک به برآورد اولیه خسارت، شناسایی مناطق بحرانی و تخصیص منابع اضطراری در همان ساعات اولیه بروز حادثه.

مثال: در زلزله ۲۰۱۵ نپال، با استفاده از مدل های ساده شده برآورد اقتصادی فوری، دولت توانست در کمتر از ۷۲ ساعت بودجه بندی برای بازسازی اولیه مناطق آسیب دیده را انجام دهد (GFDRR, 2016).

• کاربردهای کلیدی:

- برآورد اولیه خسارات مالی (Initial Loss Assessment)
- رتبه بندی مناطق بر اساس خسارت و نیاز به مداخله
- تخصیص منابع امدادی، بودجه بازسازی، اولویت بندی خدمات زیرساختی

تجربیات بین‌المللی در استفاده از مدل‌های اقتصادی سوانح طبیعی

□ بانک جهانی و سازمان ملل:

- استفاده از چارچوب PDNA برای تحلیل اقتصادی بلایای شدید، که شامل ارزیابی اثرات بر تولید، اشتغال، درآمد، سرمایه انسانی و زیرساخت‌هاست و نقش مهمی در جذب منابع بازسازی دارد.
- بسیاری از کشورها با سطح بالای ریسک‌های طبیعی، برای طراحی سیاست‌های پیشگیرانه، تعیین حق‌بیمه، مدیریت بحران و تخصیص منابع مالی پس از سانحه، از مدل‌های اقتصادی جامع استفاده می‌کنند.
- این مدل‌ها در تعامل با صندوق‌های بیمه‌ای، بازارهای مالی و ساختارهای حاکمیتی توسعه یافته‌اند و درس‌های ارزشمندی برای ایران دارند.

تجربیات بین‌المللی در استفاده از مدل‌های اقتصادی سوانح طبیعی

❑ ترکیه:

- یکی از نمونه‌های موفق در ایجاد صندوق بیمه فاجعه‌ای مبتنی بر مدل ریسک
- صندوق TCIP با نام تجاری DASK پس از زلزله مرگبار ۱۹۹۹ ایزمیت و با حمایت بانک جهانی تأسیس شد.
- سیستم بیمه اجباری زلزله از مدل‌های ریسک و اقتصادی استفاده می‌کند تا نرخ گذاری دقیق، ذخایر مالی و ظرفیت اتکایی خود را برنامه‌ریزی کند.
- این مدل موجب افزایش نفوذ بیمه زلزله از کمتر از ۵ درصد در سال ۲۰۰۰ به بیش از ۵۰ درصد در سال‌های اخیر شده است (World Bank, 2018).

❖ ویژگی‌های کلیدی:

- ✓ استفاده از مدل‌های زلزله برای تعیین حق‌بیمه در مناطق مختلف بر اساس ریسک لرزه‌ای
- ✓ همکاری با شرکت RMS برای توسعه مدل‌های خسارت
- ✓ طراحی ساختار اتکایی چندسطحی با تکیه بر نتایج مدل‌های خسارت
- ✓ دسترسی به پوشش مالی اتکایی تا حدود ۵ میلیارد دلار

تجربیات بین‌المللی در استفاده از مدل‌های اقتصادی سوانح طبیعی

□ ژاپن:

- استفاده از مدل‌های اقتصادی و شبیه‌سازی برای ارزیابی سناریوهای زلزله، آسیب به زیرساخت‌ها و تحلیل هزینه-فایده سیاست‌ها.
- طراحی مدل‌های اقتصادی بسیار پیشرفته برای شبیه‌سازی پیامدهای زلزله توکیو که نه تنها شامل برآورد خسارات فیزیکی، بلکه تحلیل تأثیرات آن بر بازار سرمایه، حمل‌ونقل، صنعت گردشگری و تجارت خارجی نیز هستند.
- برآورد خسارات مستقیم و غیرمستقیم زلزله ۲۰۱۱ توهوکو طی دو هفته با کمک مدل‌های از پیش طراحی شده و طراحی بسته‌های مالی هدفمند (Cabinet Office Japan, 2012).

❖ کاربردها:

- ✓ مدل ZMAP برای پیش‌بینی خسارات بالقوه و تحلیل اثرات سناریوهای مختلف در توکیو
- ✓ بهره‌گیری از نتایج مدل برای توجیه اقتصادی مقاوم‌سازی ساختمان‌های عمومی و حیاتی
- ✓ شبیه‌سازی ترکیبی زلزله، سونامی، آتش‌سوزی و بحران‌های ثانویه در تحلیل‌های مالی دولت

تجربیات بین‌المللی در استفاده از مدل‌های اقتصادی سوانح طبیعی

❑ نیوزلند:

- استفاده صندوق EQC (Earthquake Commission) از مدل RiskScape برای ارزیابی ریسک و پشتیبانی از سیاست‌های بیمه‌ای
- ترکیبی از مدل خسارت و تحلیل اقتصادی که به تعیین سرمایه لازم برای جبران خسارات پس از زلزله و حمایت از بازسازی کمک می‌کند.
- تخمین سریع میزان خسارات پس از زلزله کرایسچرچ (۲۰۱۱) و تسریع در تصمیمات بیمه‌ای و بازسازی (Scawthorn et al., 2015).

❖ ویژگی‌ها:

- ✓ پلتفرم منبع‌باز برای شبیه‌سازی انواع سوانح (زلزله، سیل، آتشفشان)
- ✓ استفاده در تحلیل‌های شهری برای اولویت‌بندی مقاوم‌سازی
- ✓ برآورد خسارت‌های قابل انتظار برای هر منطقه جغرافیایی
- ✓ مبنای مذاکرات اتکایی EQC با بازار جهانی

تجربیات بین‌المللی در استفاده از مدل‌های اقتصادی سوانح طبیعی

□ مکزیک:

- صندوق تأمین مالی دولت FONDEN برای مقابله با سوانح طبیعی که برای تخصیص منابع، به مدل‌های خطر و خسارت وابسته است.
- در طوفان پاتریشیا (۲۰۱۵)، صندوق با استفاده از مدل از پیش آماده، طی ۴۸ ساعت بودجه اضطراری را تخصیص داد (GFDRR, 2016).

❖ کاربردها:

- ✓ سنجش خسارات مورد انتظار برای مناطق مختلف جهت توزیع کمک‌های دولتی
- ✓ استفاده از مدل‌های هواشناسی و لرزه‌ای برای صدور اوراق فاجعه (cat bonds)
- ✓ اتصال داده‌های ماهواره‌ای و شبیه‌سازی‌ها به تصمیم‌گیری عملیاتی

چالش‌ها و محدودیت‌ها در محاسبه هزینه‌های اقتصادی سوانح طبیعی

(۱) نبود بانک‌های اطلاعاتی مناسب و به‌روزشده از دارایی‌ها و آسیب‌پذیری:

- مدل‌سازی اقتصادی نیازمند داده‌های دقیق، جغرافیایی‌شده و طبقه‌بندی‌شده از دارایی‌های فیزیکی، جمعیتی و اقتصادی

• در ایران:

- ✓ آمار جامعی از ساختمان‌های موجود، ارزش دارایی‌ها، و وضعیت مقاوم‌سازی آن‌ها وجود ندارد؛
- ✓ داده‌ها اغلب به‌صورت غیرمکان‌محور، پراکنده و فاقد استاندارد یکپارچه هستند؛
- ✓ پایگاه‌های اطلاعاتی بین سازمان‌ها اشتراک‌گذاری نمی‌شود.

چالش‌ها و محدودیت‌ها در محاسبه هزینه‌های اقتصادی سوانح طبیعی

(۲) فقدان پایگاه داده حوادث و خسارات پیشین:

• در ایران:

- ✓ پایگاه یکپارچه، با استانداردهای بین‌المللی مانند EM-DAT یا DesInventar وجود ندارد؛
- ✓ داده‌های خسارات معمولاً به شکل تجمیعی، غیرقابل تفکیک (به تفکیک منطقه، بخش اقتصادی، نوع دارایی و ...) ثبت می‌شود؛
- ✓ تخمین خسارات غیرمستقیم و نامحسوس اصولاً انجام نمی‌شود.

• مثال:

در شیلی، مدل CATDAT بر اساس بیش از ۲۰۰۰ حادثه طبیعی ثبت‌شده و استانداردشده، اطلاعات لازم برای تحلیل اقتصادی را فراهم کرده است (GFDRR, 2021).

چالش‌ها و محدودیت‌ها در محاسبه هزینه‌های اقتصادی سوانح طبیعی

(۳) عدم آشنایی مدیران و سیاست‌گذاران با مزایای مدل‌های اقتصادی و فاجعه:
• در ایران:

- ✓ اغلب مدیران به تحلیل‌های ساده توصیفی یا گزارش‌های گذشته‌نگر اکتفا می‌کنند؛
- ✓ نبود نیروی متخصص در دستگاه‌های اجرایی برای تحلیل نتایج مدل‌ها؛
- ✓ فاصله زیاد بین بدنه پژوهشی دانشگاهی و بدنه تصمیم‌گیر اجرایی.

چالش‌ها و محدودیت‌ها در محاسبه هزینه‌های اقتصادی سوانح طبیعی

(۴) هزینه‌بر بودن فرآیند توسعه و به‌روزرسانی مدل‌ها:

• در ایران:

✓ تناقض آشکار بین هزینه‌های مورد نیاز این فرآیند و بودجه‌های محدود اختصاص یافته به تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مدیریت بحران و بیمه

✓ ایجاد چالش‌های جدی در توسعه مدل‌های بومی و کارآمد برای مدیریت ریسک سوانح در کشور.

(۵) نگاه مقطعی و پروژه‌ای به مسئله مدل‌سازی:

✓ نبود سازوکار نهادی برای نگهداری و به‌روزرسانی مدل‌ها؛

✓ قطع ارتباط بین نتایج مدل و تصمیم‌گیری‌های بودجه‌ای، بیمه‌ای و عمرانی؛

✓ تغییرات مدیریتی مکرر و اولویت‌های ناپایدار سیاست‌گذاران.

چالش‌ها و محدودیت‌ها در محاسبه هزینه‌های اقتصادی سوانح طبیعی

(۶) ضعف در استفاده از ظرفیت دانشگاه‌ها و پژوهشگران کشور:

- ✓ نادیده گرفتن ظرفیت بالای در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی ایران در زمینه مدل‌سازی اقتصادی، داده‌کاوی، تحلیل ریسک و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)
- ✓ ارتباطات ضعیف میان نهادهای اجرایی و مراکز پژوهشی؛
- ✓ عدم تعریف مأموریت‌های مشخص پژوهشی مبتنی بر نیازهای واقعی؛
- ✓ عدم بهره‌برداری از ظرفیت دانشجویان تحصیلات تکمیلی برای توسعه مدل‌های بومی.

جمع‌بندی

- ☐ ایجاد ظرفیت مدل‌سازی اقتصادی سوانح نه یک انتخاب، بلکه یک ضرورت برای کشورهای با ریسک بالا و منابع محدود.
- ☐ چالش‌های ساختاری توسعه مدل‌های اقتصادی سوانح در ایران؛ راهکارهای عملیاتی برای رفع این موانع.
- ☐ تدوین برنامه ملی یکپارچه برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های ریسک، همراه با سرمایه‌گذاری هدفمند در توسعه مدل‌های اقتصادی پیشرفته.
- ☐ ایجاد نظام پایدار برای مدیریت مالی سوانح از طریق ارتقای سواد ریسک و اقتصادی تصمیم‌گیران و تقویت همکاری سه‌جانبه بین دانشگاه‌ها، نهادهای دولتی و صنعت بیمه.
- ☐ افزایش کارایی برنامه‌های کاهش ریسک، امکان طراحی محصولات بیمه‌ای نوین و متناسب با ریسک‌های خاص کشور.
- ☐ عملکرد پایدار و مبتنی بر شواهد صندوق بیمه همگانی حوادث طبیعی ساختمان از طریق برنامه‌ریزی و مدیریت منابع خود بر مبنای تحلیل‌های کمی و پیش‌نگرانه.
- ☐ ضرورت عزم جدی در سطوح بالای سیاست‌گذاری کشور، برای سرمایه‌گذاری در دانش و داده، و بهره‌گیری از ظرفیت پژوهشی.