

طراحی صندوق بیمه حوادث ریسک مبنا و ارزیابی ملی ریسک زلزله

بررسی ضرورت تحول در نظام بیمه حوادث طبیعی با اتکا به مدل‌های علمی ریسک (ریسک مبنا) در مقیاس کشوری، و معرفی ابزارها و پروژه‌های پیشرو در این زمینه.

کیارش ناصراسدی

دانشیار دانشگاه زنجان - عضو هیات مدیره انجمن مهندسی زلزله ایران

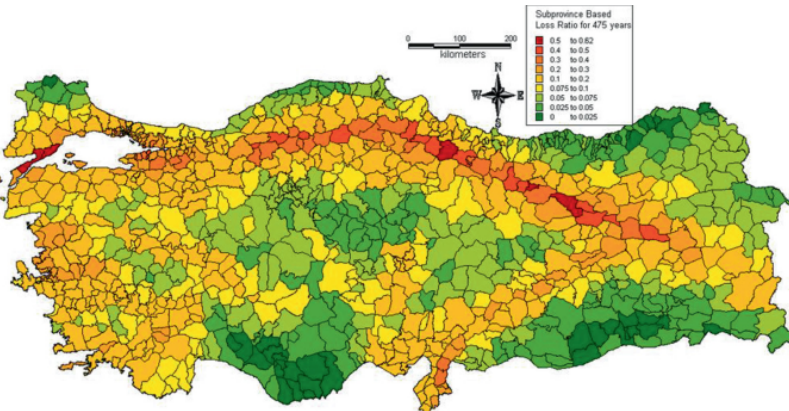
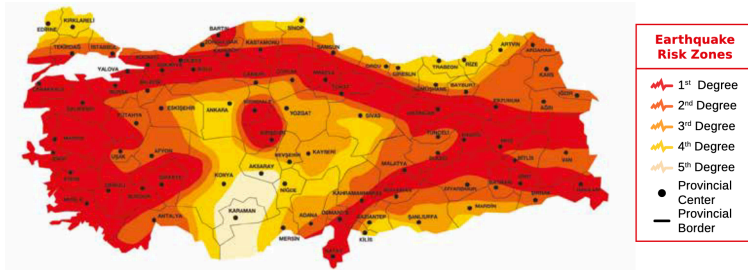
ضرورت تحول - چرا صندوق ریسک منا؟



- مشکل کنونی:
 - اتکای بالا به بودجه عمومی: در شرایط بحران‌های بزرگ (مانند زلزله‌های شدید)، جبران خسارت‌ها عمدتاً بر دوش دولت و بودجه عمومی است که پایداری مالی کافی ندارد.
 - عدم شفافیت در قیمت‌گذاری ریسک: حق بیمه و پوشش‌های موجود، متناسب با سطح واقعی ریسک جغرافیایی و سازه‌ای نیست.
- مزایای رویکرد ریسک منا:
 - پایداری مالی صندوق: محاسبه دقیق ریسک‌های تجمعی و تعریف ظرفیت مالی متناسب (از طریق بازارهای بیمه اتکایی داخلی و خارجی).
 - قیمت‌گذاری عادلانه: تعیین حق بیمه بر اساس مدل‌های علمی، تشویق به ساخت‌وساز ایمن‌تر.
 - مدیریت ریسک مؤثر: شناسایی مناطق با ریسک بالا (Hotspots) برای اعمال سیاست‌های کاهش ریسک قبل از وقوع حادثه.

نمونه‌های جهانی - صندوق‌های بیمه ریسک مبنا

تجربیات موفق: مدل‌های صندوق بیمه زلزله در دنیا



• ۱. ترکیه: TCIP / DASK - Turkish Catastrophe Insurance Pool

- زمان تأسیس: سال ۲۰۰۰ (پس از زلزله ازمیت ۱۹۹۹).
- مدل اصلی: اجباری بودن بیمه برای ساختمان‌های مسکونی در مناطق زلزله‌خیز.
- تکیه بر ریسک: محاسبه حق بیمه کاملاً بر اساس مدل‌های علمی ریسک، نوع سازه، و منطقه لرزه‌خیزی.

• ۲. کالیفرنیا: CEA - California Earthquake Authority

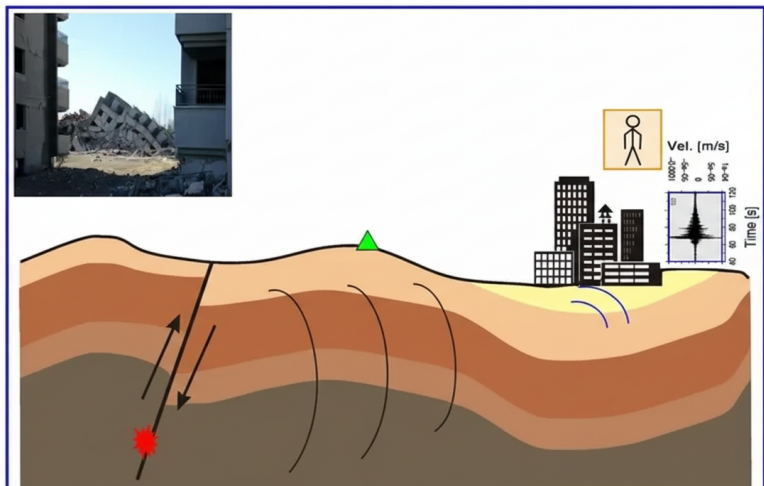
- مدل اصلی: ارائه پوشش بیمه زلزله به صورت داوطلبانه، اما با قیمت‌گذاری دقیق ریسک.
- مدل ریسک: استفاده از مدل‌های بسیار پیچیده و دقیق برای تعیین حق بیمه (بر اساس فاصله از گسل، نوع خاک و ساختار).

• ۳. نیوزیلند: EQC - Earthquake Commission

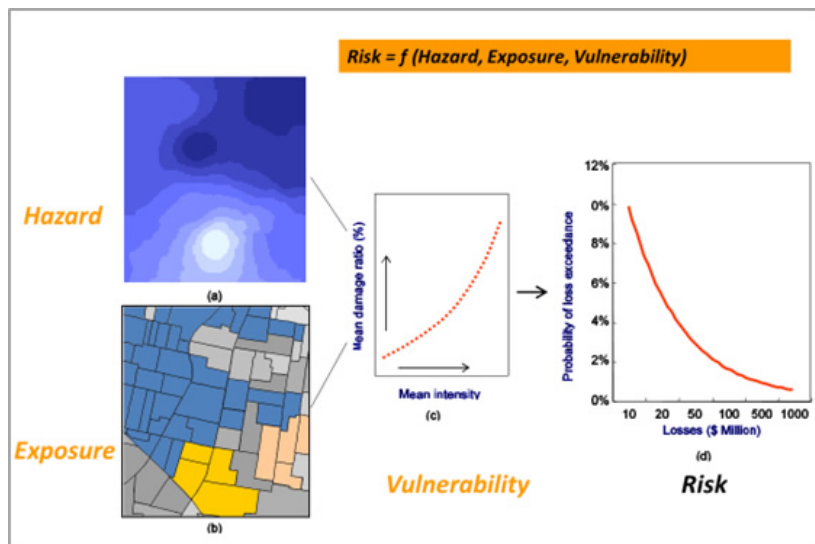
- مدل اصلی: پوشش همگانی و دولتی ریسک زمین‌لرزه و برخی حوادث دیگر تا یک سقف مشخص (مدل دولتی با پشتوانه اتکایی).
- وظیفه: نه تنها پوشش خسارت، بلکه تحقیقات گسترده در مورد ریسک و کاهش آسیب‌پذیری.
- تمامی این مدل‌ها بر مدل‌سازی ریسک (Catastrophe Models) برای پایداری مالی و قیمت‌گذاری شفاف اتکا دارند.

هسته مدل سازی - ارزیابی ریسک در مقیاس کشوری

ارزیابی ریسک زلزله در مقیاس کشوری: اجزا و اهمیت

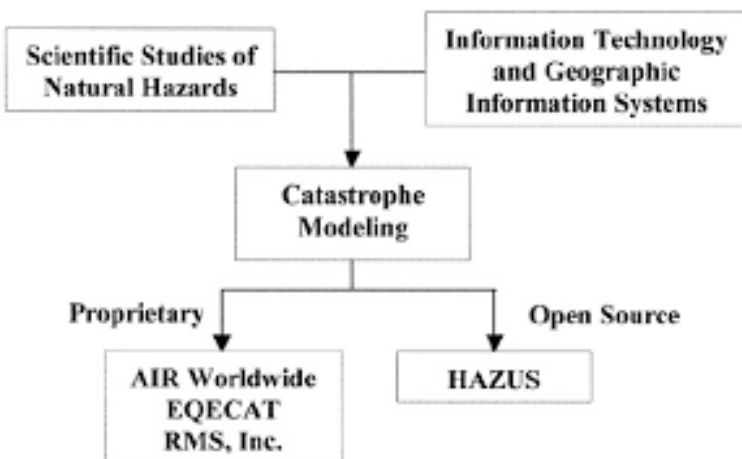


- اجزای سه گانه ارزیابی ریسک:
- **خطر (Hazard):** برآورد احتمال و شدت وقوع زمین لرزه ها در یک منطقه خاص (مانند مدل های PSHA).
- **در معرض قرارگیری (Exposure):** پایگاه داده ای جامع از دارایی های در معرض خطر (ساختمان ها، زیرساخت ها، جمعیت).
- اطلاعات لازم: نوع سازه، سن، ارتفاع، ارزش بازسازی.
- **آسیب پذیری (Vulnerability):** ارتباط بین شدت لرزش زمین و میزان خرابی و خسارت وارده به دارایی (منحنی های شکنندگی و آسیب پذیری).



سابقه جهانی - تحول مدل سازی فاجعه

سیر تاریخی برآورد ریسک فاجعه زلزله در جهان



- عصر پیش از مدل سازی (قبل از دهه ۱۹۸۰):
 - روش های سنتی: عمدتاً مبتنی بر داده های تاریخی خسارات و برآوردهای قطعی (Deterministic) بودند.
 - محدودیت: ناتوانی در محاسبه خسارات ناشی از زلزله هایی که تا کنون رخ نداده اند اما وقوع آنها محتمل است (رویدادهای کم تکرار با خسارت بالا).
- نقطه عطف: انقلاب مدل سازی (CAT دهه ۱۹۹۰):
 - ظهور مدل های احتمالی (Probabilistic): پس از فجایی مانند زلزله نورتریج (۱۹۹۴)، نیاز به برآورد علمی ریسک های بزرگ صنعت بیمه اتکایی مطرح شد.
- شرکت های پیشگام: تاسیس شرکت های تخصصی مدل سازی ریسک فاجعه (مانند RMS و AIR Worldwide).
 - هدف: محاسبه خسارت حداکثر محتمل (PML) برای مدیریت سرمایه، تعیین حق بیمه اتکایی و پوشش های کلان.
- جنبش متن باز و استاندارد سازی (قرن ۲۱):
- یک نرم افزار مدل سازی ریسک فاجعه توسعه یافته توسط آژانس مدیریت اضطراری فدرال آمریکا (HAZUS: Hazard US) است که به طور گسترده برای برآورد خسارات احتمالی زلزله، سیل و طوفان در ایالات متحده استفاده می شود FEMA
- پروژه GEM: راه اندازی مدل جهانی زلزله (GEM در سال ۲۰۰۹ و توسعه موتور OpenQuake به عنوان یک ابزار علمی و متن باز).
- نتیجه: انتقال دانش مدل سازی و توانمندسازی نهادهای دولتی و سازمان های منطقه ای

سابقه ملی - مدل سازی ریسک در ایران

تاریخچه مدل سازی ریسک مبنا در حوزه بیمه کشور و پروژه های مرتبط

- نقاط عطف:

- دهه ۷۰ و ۸۰: شکل گیری مطالعات پایه در مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی (مانند مطالعات اولیه ی آسیب پذیری شهری.)

- اواخر دهه ۸۰ و ۹۰: ورود مفهوم "مدل سازی کاتاستروف" (Catastrophe Modeling) و نیاز به استفاده از نرم افزارهای تجاری یا متن باز.

- پروژه های کلیدی:

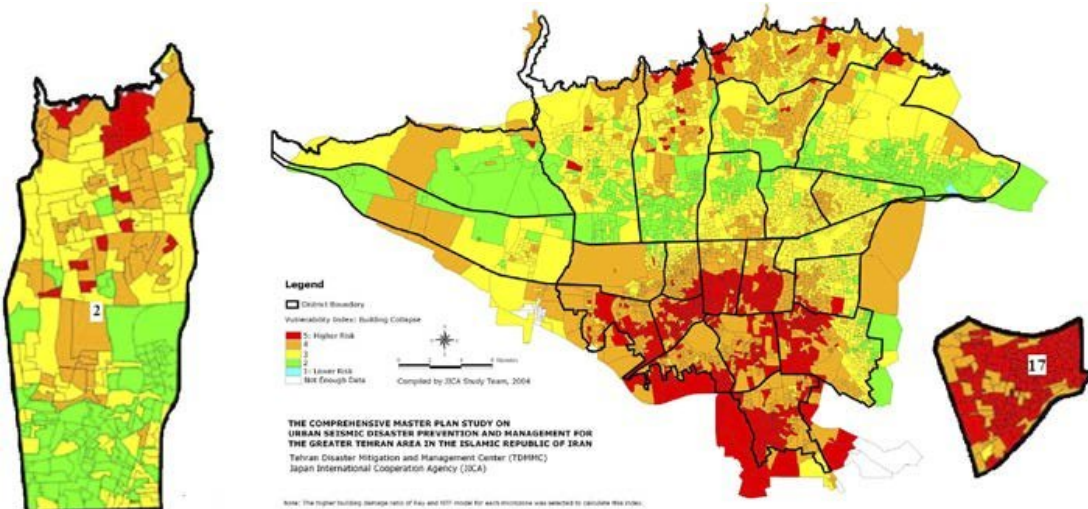
- اجرای مطالعات لرزه خیزی و آسیب پذیری در کلان شهرها (مانند تهران و مشهد) توسط (پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی).

- اولین تلاش ها برای بومی سازی مدل های ریسک زلزله جهت استفاده در صنعت بیمه

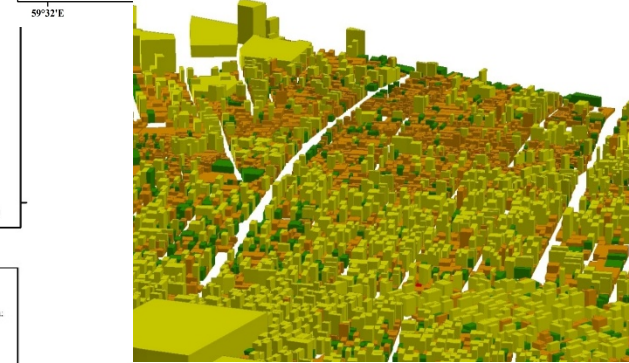
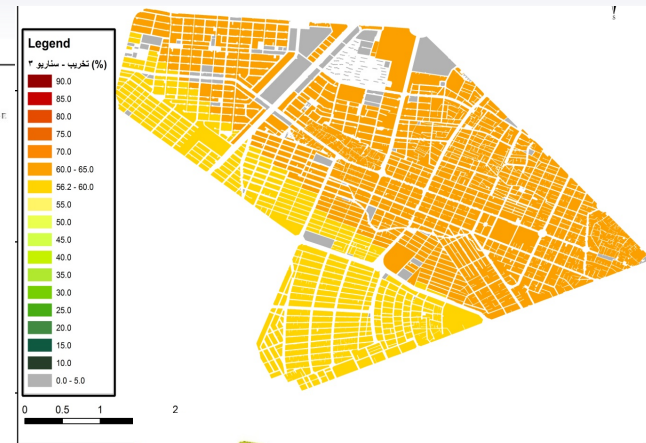
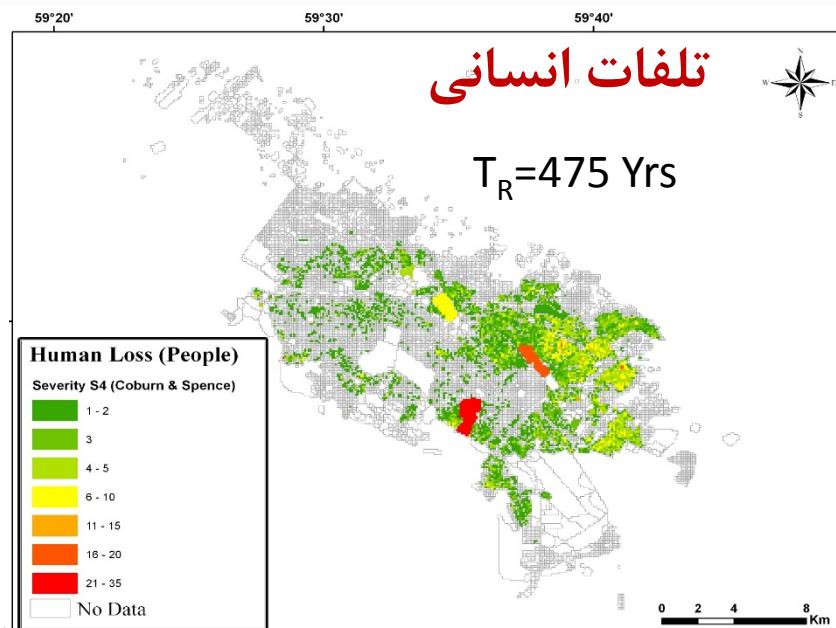
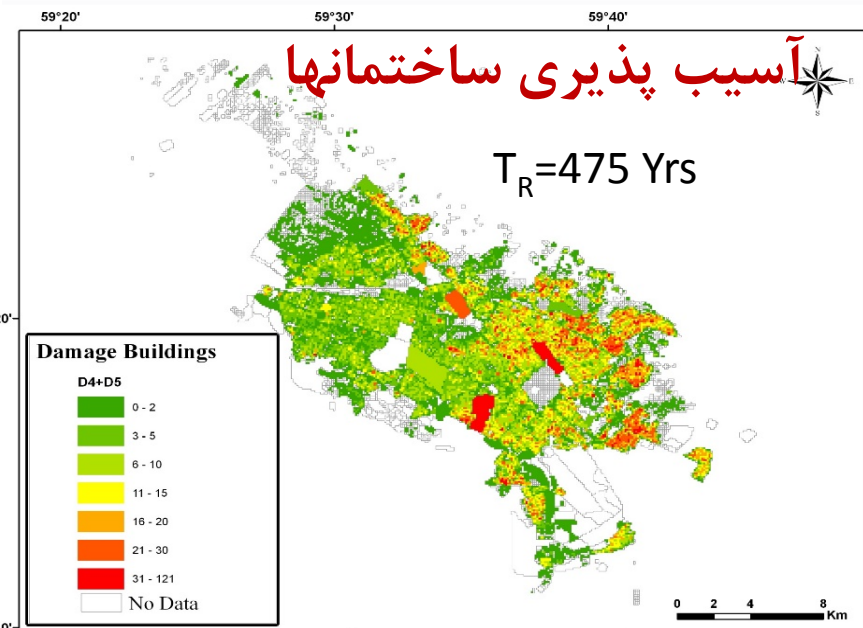
- چالش ها:

- دسترسی به داده های سازه ای دقیق و یکپارچه در سطح کشور.

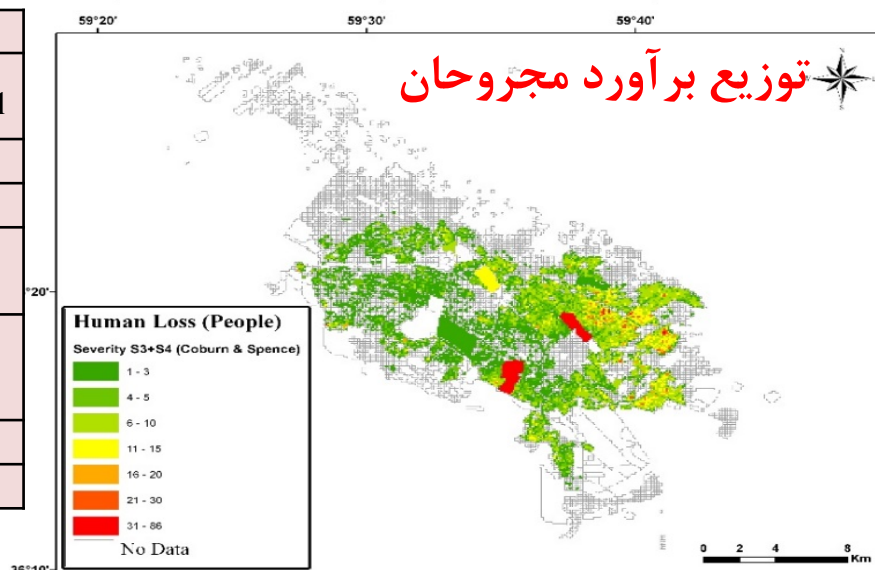
- کمبود منحنی های آسیب پذیری بومی سازی شده.



چالش های تاب آوری شهر مشهد در برابر زلزله



Building Type	Count (%)	Expected Building Damage % For:		
		475 yrs	2475 yrs	Scenario Eq
Adobe	1.4	48 - 59	70 - 79	58 - 63
Masonry	28.8	29 - 37	68 - 76	39 - 46
RC Half Skeleton	~ 0.0	15 - 20	46 - 52	20 - 26
Steel Half Skeleton	31.6	15 - 20	46 - 52	20 - 26
RC	0.2	4 - 6	19 - 25	7 - 10
Steel	17.7	9 - 11	24 - 30	10 - 12





مادل خطور پذیري زلزلہ مشهد
Mashhad Earthquake Risk Model

Municipality of Mashhad

اطلاعت زمین، زلزلہ و پهنه بندي

Geotechnic

Seismic Hazard

Seismicity

Fault

Topography

Geology

زمین شناسی

عوارض زمین

کسل

لرزه خیزی

خطر زلزلہ

ژئوتکنیک

ساختمان و زیر ساخت

Power Supplies

Road Network

Buildings

Districts

تجهیزات

تجهیزات

ساختمان ها

تجهیزات

Infrastructur Plants

Telecoms

Gas Network

Water Network

ساخت زیربنائی

تجهیزات

تجهیزات گاز

تجهیزات آب

سرمایه های انسانی و اقتصادی

Properties

Population

جمعیت

سرمایه های اقتصادی

خطر پذیری و ریسک

Human Loss

Vulnerability

آسیب پذیری

ضرارت انسانی

خروج

ساختمان ها

Buildings

ساختمان ها

☒ اسکلت

☒ ارتفاع ساختمان

☒ کاربری ۱

☒ کاربری ۲

☐ عمر ساختمان_خوزه_۷۵

☐ نوع اسکلت و مصالح_خوزه_۷۵

☒ مراکز بهداشتی درمانی

☐ مصالح

☒ عمر بنا

OK

☐ های اصلی شغلی_۷۵

☐ مارجمعیتی ۱۲۸۵_بلوک

Display

Source

Selection



High to Avg. Vulnerability

Pre-1988



1988-2000



2000-2005

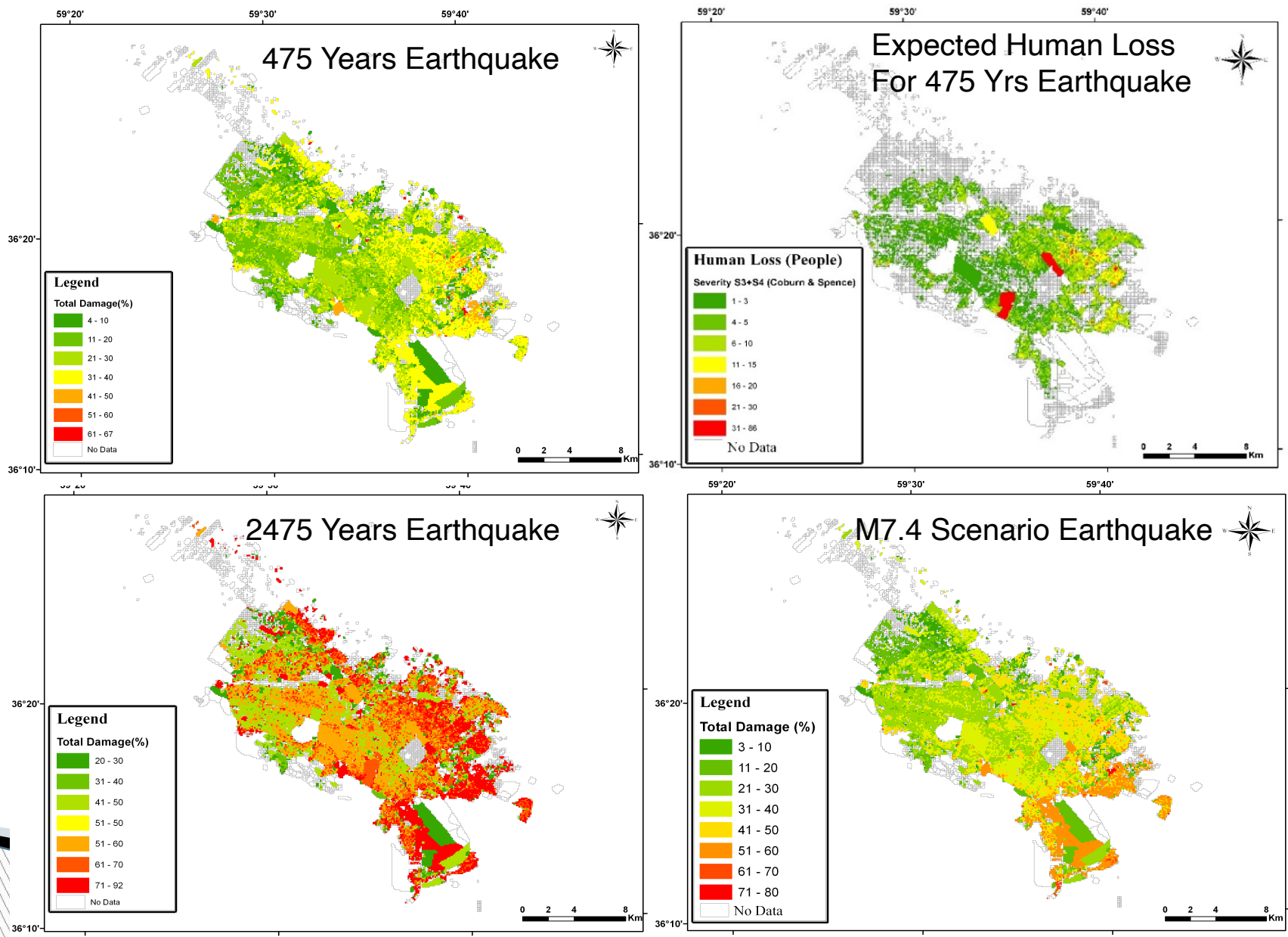


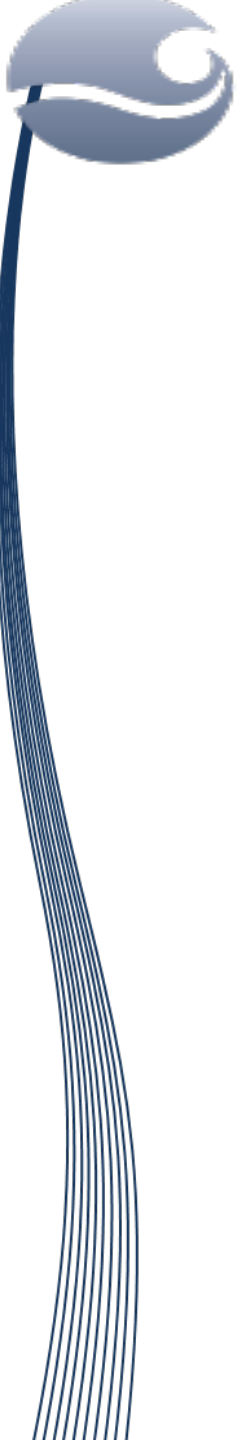
Post 2006



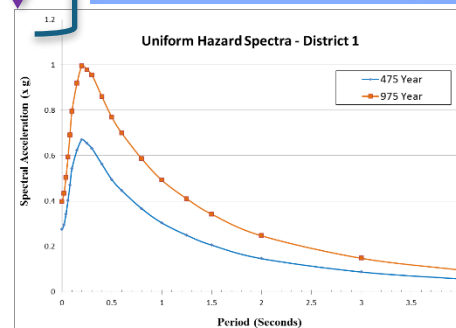
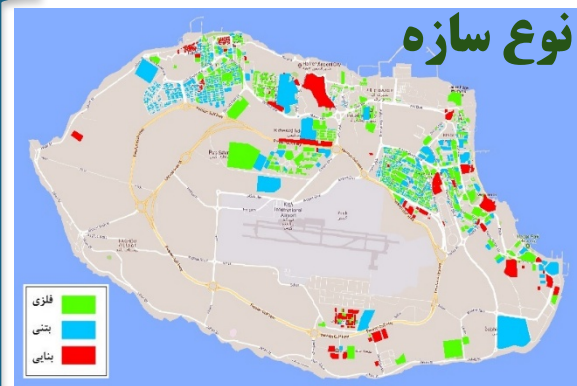
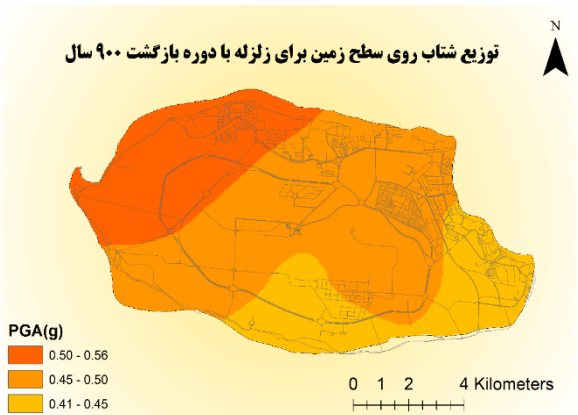
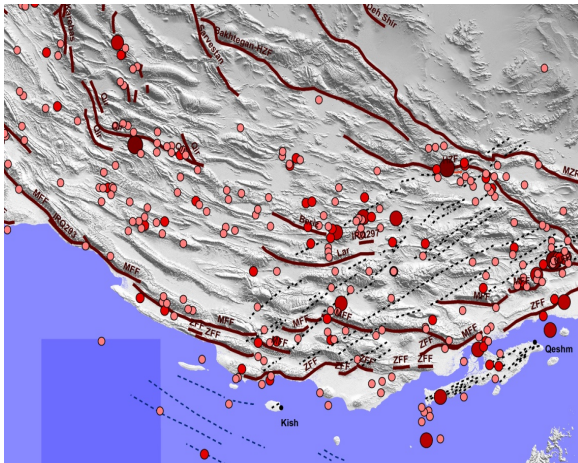
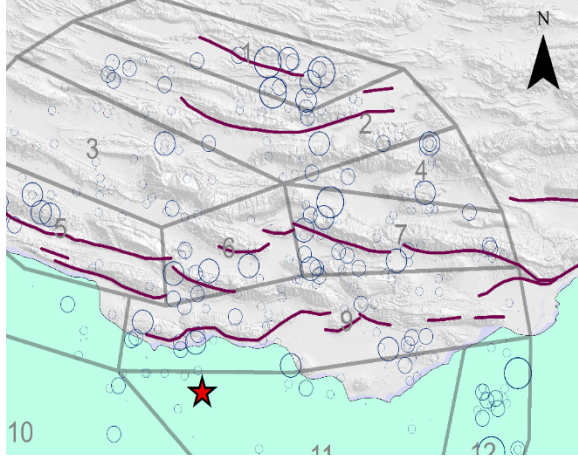


BUILDING DAMAGE ESTIMATION Comparison

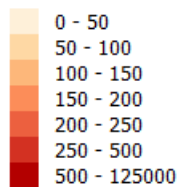
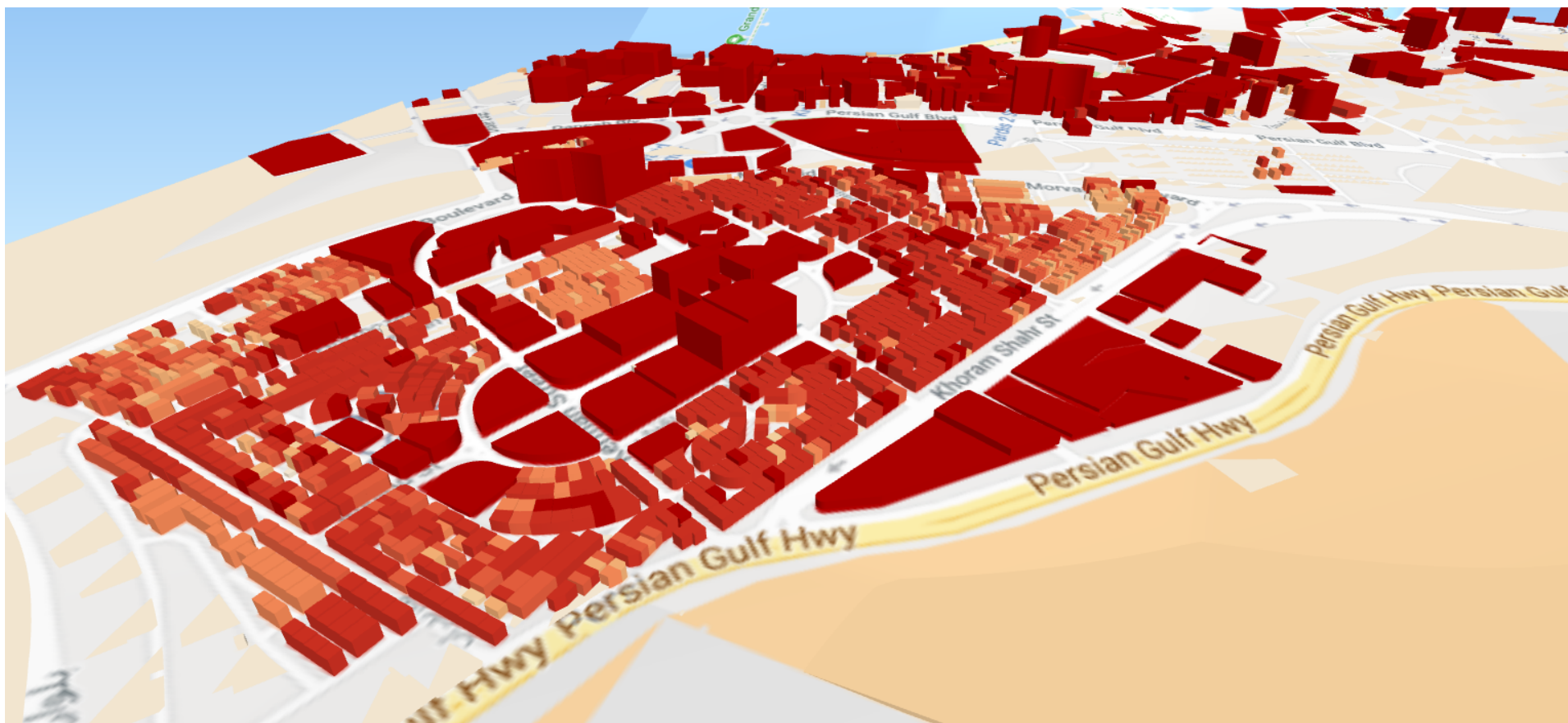




فرایند تحلیل ریسک و برآورد خسارت و تلفات



پهنه بندی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان های کیش

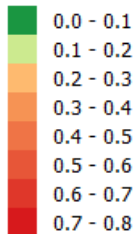


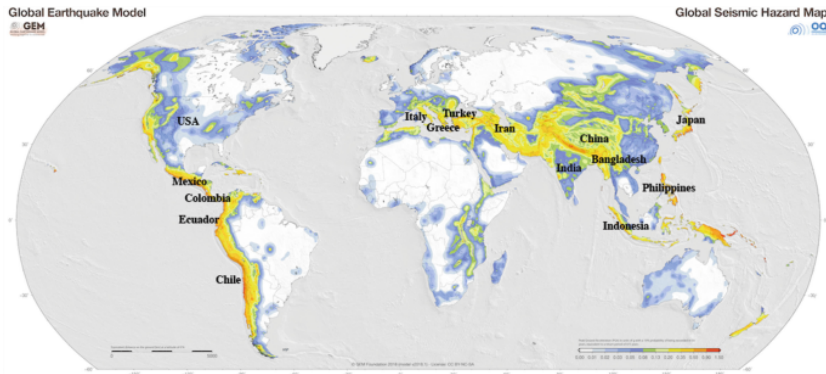
شهرک صدف

تلفات خروجی مدل آسیب پذیری لرزه ای



شهرک نوین یاد و میرمحنا





پروژه جهانی GEM

اهداف، تاریخچه و ساختار

• تاریخچه و مأموریت:

- تأسیس: در سال ۲۰۰۹ به عنوان یک همکاری جهانی مستقل، با پشتیبانی دولت‌ها و شرکت‌های بیمه آغاز شد.
- مأموریت اصلی: ایجاد یک مرجع جهانی، مستقل و متن‌باز برای ارزیابی ریسک زلزله در سطح جهان.

• اهداف کلیدی:

- استانداردسازی: ایجاد و ترویج استانداردهای یکسان در روش‌های مدل‌سازی خطر، در معرض قرارگیری و آسیب‌پذیری.
- انتقال دانش: توانمندسازی کشورها برای توسعه مدل‌های ملی و منطقه‌ای بومی.

• خروجی‌های اصلی:

- پایگاه داده‌ها: جمع‌آوری و انتشار داده‌های خطر و ریسک زلزله در مقیاس‌های مختلف.
- توسعه قدرتمندترین موتور محاسباتی متن‌باز جهان برای تحلیل ریسک زلزله: **OpenQuake Engine**.

ابزارهای متن باز OpenQuake

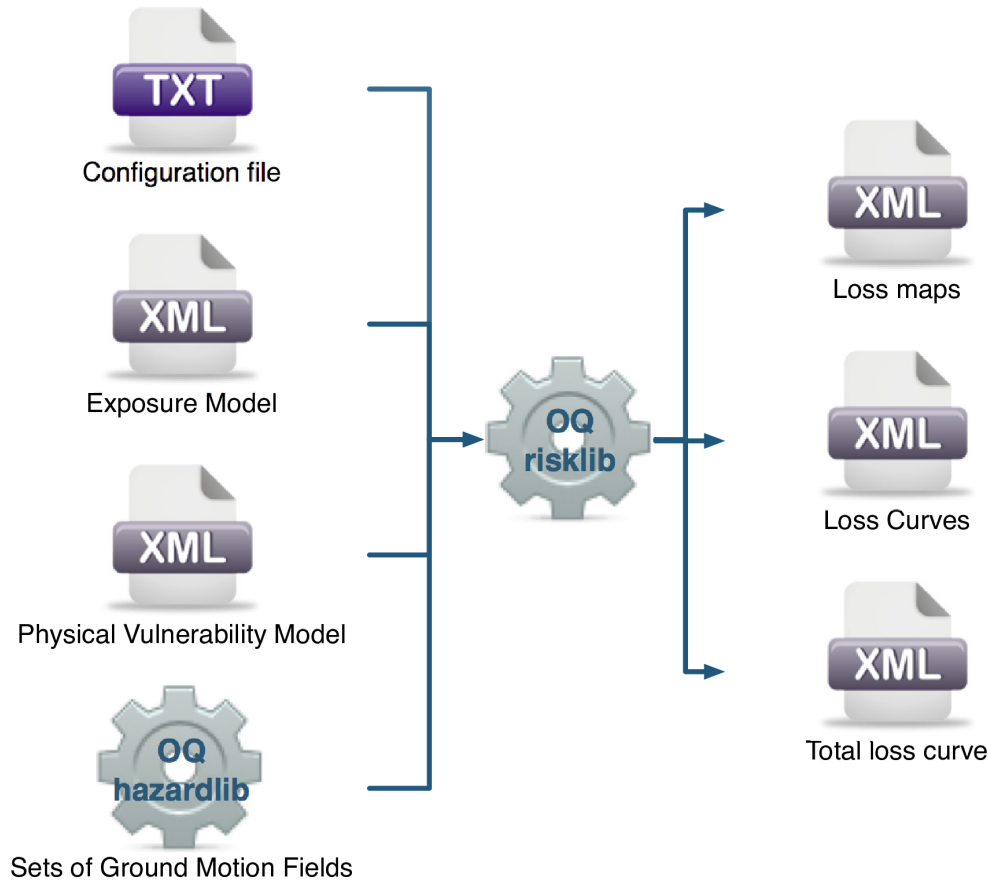
چيست؟ OpenQuake

- یک نرم افزار متن باز (Open-Source) و قدرتمند برای مدل سازی خطر و ریسک زلزله، توسعه یافته توسط GEM.
- به عنوان هسته محاسباتی در ارزیابی ریسک های زلزله در سراسر جهان استفاده می شود.

قابلیت های کلیدی:

- تحلیل خطر لرزه ای احتمالی: (PSHA) محاسبه لرزش زمین برای سطوح احتمال مختلف.
- تحلیل سناریو: (Scenario Analysis) برآورد خسارت های ناشی از یک زلزله خاص فرضی.
- محاسبه ریسک مالی: برآورد تلفات متوسط سالانه (AAL) و احتمال فراتر رفتن (Exceedance Probability) برای تعیین ریسک بیمه ای.

ابزارهای متن باز OpenQuake



- ویژگی‌های هسته:

- استانداردسازی داده‌ها: استفاده از فرمت‌های استاندارد XML و HDF5 برای تعریف داده‌های ورودی. Hazard، Exposure، Vulnerability.

- معماری ماژولار: امکان اتصال آسان مدل‌های خطر منطقه‌ای، روابط کاهش لرزش، GMPEs و منحنی‌های آسیب‌پذیری بومی.

- کارایی بالا (Performance): طراحی شده برای اجرای محاسبات پیچیده و زمان‌بر PSHA و ریسک با استفاده از پردازش موازی.

قابلیت‌های کلیدی تحلیل ریسک OpenQuake

- انواع تحلیل‌های پشتیبانی شده:
 - تحلیل خطر لرزه‌ای احتمالی (PSHA): محاسبه فرکانس تجاوز از یک شدت لرزش معین در هر مکان.
 - تحلیل سناریو: ((Scenario Analysis برآورد خسارت‌ها (فیزیکی و مالی) ناشی از وقوع یک زلزله مشخص فرضی.
 - تحلیل ریسک تجمعی: ((Aggregate Risk محاسبه توزیع احتمال کل خسارت‌های سالانه بر روی سبد دارایی‌ها (پورتفولیو).
- خروجی‌های مالی برای صندوق بیمه:
 - تلفات متوسط سالانه: ((AAL میانگین مورد انتظار خسارت‌های سالانه.
 - منحنی فراتر رفتن: ((Exceedance Probability - EP Curve رابطه‌ای که احتمال فراتر رفتن کل خسارت از یک

جمع بندی و چشم انداز

- طراحی یک صندوق بیمه حوادث پایدار نیازمند تکیه بر مدل های ریسک مبنا است.
- ارزیابی ریسک در مقیاس ملی، نقشه راه اصلی برای مدیریت مالی بحران است.
- ابزارهای جهانی مانند **OpenQuake** و پروژه های **GEM/EMME** زیرساخت محاسباتی لازم را فراهم کرده اند که باید با داده ها و مدل های بومی تکمیل شوند.
- یکپارچه سازی کامل جعبه ابزارهای داخلی با داده های دقیق نهادهای متولی (ثبت، شهرداری، بیمه مرکزی).
- استفاده از نتایج مدل ها برای سیاست های کاهش ریسک (نه فقط انتقال ریسک) از طریق افزایش کیفیت ساخت و ساز.