

مقدمه ای بر مدلسازی و شبیه سازی

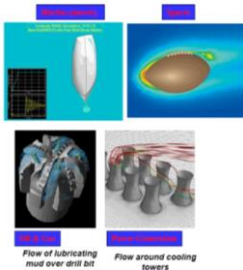
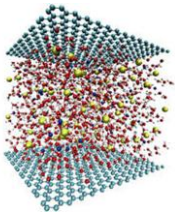
## Introduction to modeling, simulation, and Optimization



علی نصیرزاده

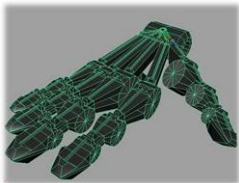
# هدف

هدف از این درس، ارائه تعاریفی جامع از مدلسازی و شبیه سازی و کاربردهای آن در مهندسی عمران است.



## سیستم و تجربه

- برای رسیدن به مفهوم مدل و پیدا کردن تعریف مناسبی از آن ابتدا تعریف سیستم و تجربه، می پردازیم.



Industrial applications

## سیستم

- یک سیستم می‌تواند تقریباً هر چیزی باشد. یک سیستم می‌تواند شامل زیر سیستم‌ها باشد که خود آن‌ها نیز سیستم هستند. یک تعریف احتمالی برای سیستم به صورت زیر است:



- یک سیستم، یک شیء یا مجموعه‌ای از اشیا است که می‌خواهیم خواص آن را مورد مطالعه قرار دهیم. در این تعریف هدف این است که خواص منتخب اشیا را مورد مطالعه قرار دهیم. انتخاب و تعریف چیزی که یک سیستم را می‌سازد تا حدی اختیاری است و باید بر اساس آنچه که سیستم برای آن به کار می‌رود انجام شود.



# اجزای سیستم

## — نهاد یا موجودیت (Entity)

- عنصر، بخش یا جزئی از سیستم است که در طول زمان عامل ایجاد تغییرات در سیستم است. نهادها معمولاً در سیستم جاری هستند. نهادها با در نظر گرفتن هدف مطالعه تعیین می شوند.

## — مشخصه یا خصیصه (Attribute)

- یک یا چند صفت از نهاد می باشد که:
  - از هر نهاد به نهاد دیگر ممکن است متفاوت باشد.
  - پارامترهای سیستم شبیه سازی تحت تاثیر آن می باشد.
  - برای فرآیند شبیه سازی مهم است.
  - می تواند روی زمان و توزیع اثر بگذارد.
  - می تواند به صورت عبارات Logical, Categorical, یا Numerical باشد.

# اجزای سیستم (ادامه)

## – فعالیت (Activity)

- کاری که به واسطه آن نهاد در سیستم حضور دارد.
- فعالیت یک کار از پیش تعیین شده است.
- بیان کننده آنچه برای نهاد اتفاق افتاده می باشد.
- فعالیت می تواند توسط نهاد انجام شود یا روی نهاد صورت پذیرد.

## – وضعیت یا حالت سیستم: (State)

- مجموعه ای از شاخص های کمی برای تشریح وضعیت سیستم، پیش بینی وضعیت آینده و ارزیابی سیستم است.
- حتما شاخص عددی قابل اندازه گیری است.
- چیزی است که پس از شبیه سازی باید به صورت خروجی گزارش شود.
- مستقیما به هدف شبیه سازی بر می گردد و شاخص های عملکرد را بر اساس آن ایجاد می کنند.
- تابعی از زمان است.

## – واقعه یا پیشامد (Event)

- رخدادی که می تواند متغیرهای حالت را تغییر دهد و دو صورت مختلف دارد:
- درونزا (Endogenous): عامل رخداد درون سیستم است. مثل تمام شدن کار یک سرور که باعث کم شدن یک مشتری می شود.
- برونزا (Exogenous): عامل رخداد از بیرون سیستم است. مثل ورود یک مشتری

تمرین:

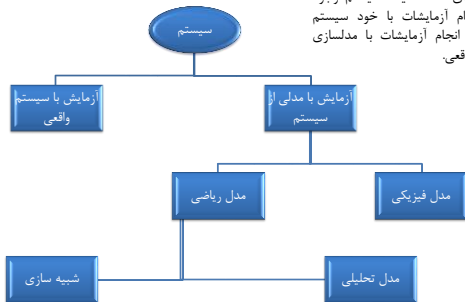
• اجزای سیستم

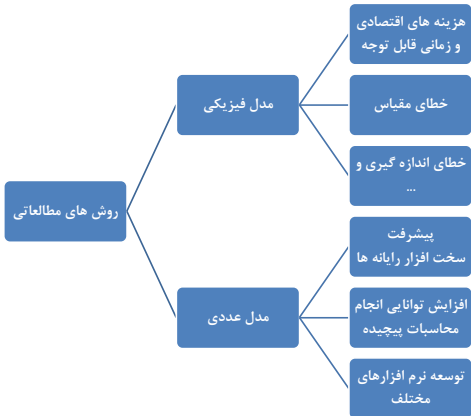
| سیستم           | نهاد | خصیصه ها | فعالیت | پیشامد | متغیرهای حالت |
|-----------------|------|----------|--------|--------|---------------|
| بانک            |      |          |        |        |               |
| قطار سریع السیر |      |          |        |        |               |
| تولید           |      |          |        |        |               |
| ارتباطات        |      |          |        |        |               |
| موجودی          |      |          |        |        |               |

| سیستم           | نهاد     | خصیصه ها                            | فعالیت                  | پیشامد                           | متغیرهای حالت                                                   |
|-----------------|----------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| بانک            | مشری     | ماتده حساب جاری                     | سپرده گذاری             | ورود، ترک                        | تعداد خدمت دهنده<br>های مشغول<br>تعداد مشتریان منتظر            |
| قطار سریع السیر | مسافر    | مبدأ، مقصد                          | سفر                     | ورود به ایستگاه<br>رسیدن به مقصد | تعداد مسافران منتظر<br>در هر ایستگاه<br>تعداد مسافران در<br>سفر |
| تولید           | ماشین ها | سرعت<br>ظرفیت<br>آهنک از کار ماندگی | جوشکاری، برش            | از کار ماندگی                    | وضعیت ماشین ها<br>(مشغول، بیکار، از<br>کار افتاده)              |
| ارتباطات        | پیام ها  | طول، مقصد                           | مخابره                  | ورود به مقصد                     | تعداد پیام های در<br>انتظار مخابره                              |
| موجودی          | انبار    | ظرفیت                               | خارج سازی کالا از انبار | تقاضا                            | سطوح موجودی<br>تقاضای پس افش                                    |

# مطالعه سیستم

دو راه برای مطالعه یک سیستم وجود دارد: انجام آزمایشات با خود سیستم واقعی، و انجام آزمایشات با مدلسازی سیستم واقعی.





## دلایل مطالعه یک سیستم

- مطالعه سیستم برای درک آن به منظور ساختن آن (دیدگاه مهندسی) ارضای کنجکاوی انسان، به عنوان مثال درک بیشتر در باره طبیعت (دیدگاه علوم طبیعی)



Wind turbines

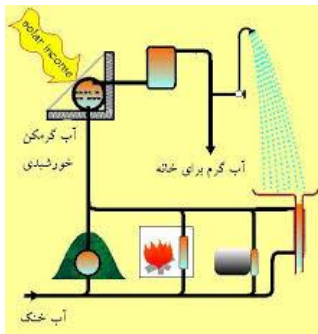
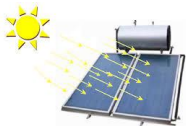


Piping and plumbing systems

## سیستم‌های طبیعی و مصنوعی

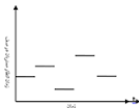
- یک سیستم می‌تواند همانند جهان به صورت طبیعی وجود داشته باشد و یا می‌تواند مصنوعی (artificial) باشد، همانند یک سفینه فضایی و یا می‌تواند ترکیبی از هر دو باشد.
- به عنوان مثال یک خانه با یک شیر آب گرم خورشیدی یک سیستم مصنوعی است به این معنی که به وسیله انسان ساخته شده است. در صورتی که خورشید و ابرها را در سیستم وارد کنیم، ترکیبی از کامپوننت‌های طبیعی و مصنوعی می‌شود.



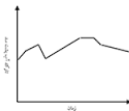


## (Continuous vs. Discrete) سیستم‌های گسسته و پیوسته

- سیستم گسسته سیستمی است که متغیر(های) حالت در آن تنها در مجموعه‌ای از نقاط گسسته زمان تغییر کند درحالیکه، سیستم پیوسته سیستمی است که متغیر(های) حالت در آن به صورت پیوسته طی زمان تغییر کند.
- بسیاری از سیستمها به گونه‌ای هستند که بخشی از آنها گسسته و بخشی دیگر از آنها، پیوسته است.



شکل ۹-۶ متغیر حالت برداشته از حالت گسسته



شکل ۹-۷ متغیر حالت برداشته از حالت پیوسته

## Static vs. Dynamic) سیستم‌های استاتیک و دینامیک

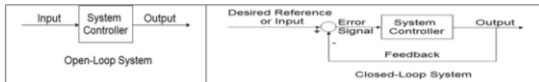
- سیستم استاتیک مجموعه‌ای از اجزاست که در مجموعه کلی حرکتی وجود نداشته و ساکن‌اند (مانند یک پل) ولی در یک سیستم دینامیک، رفتار اجزای سیستم در زمان تغییر می‌کند (مانند یک وسیله نقلیه).



## سیستم‌های باز و بسته

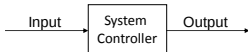
### :(Open-Loop vs. Closed-Loop systems)

- یک سیستم باز، قابلیت کنترل و تنظیم راندمان خود را ندارد (مانند یک ساعت مچی) ولی سیستم بسته، متناسب با خروجی مورد نیاز از آن، قابلیت کنترل و انجام تنظیمات را دارد (مانند: یک ساعت مچی همراه با استفاده کننده آن).



## ورودی و خروجیهای یک سیستم

- ورودی‌های یک سیستم، متغیرهایی از محیط هستند که بر رفتار سیستم تاثیر می‌گذارند. این ورودی‌ها ممکن است قابل کنترل یا غیرقابل کنترل باشند.
- خروجی‌های یک سیستم متغیرهایی هستند که به وسیله سیستم مشخص می‌شوند و می‌توانند بر محیط خارجی تاثیر بگذارند.



## تجربه‌ها

- یک تجربه (experiment)، فرآیندی است برای استخراج اطلاعات از یک سیستم به وسیله دست‌کاری در ورودی‌های آن.

برای این که بتوانیم یک تجربه را بر روی یک سیستم انجام دهیم، سیستم باید قابل کنترل و قابل مشاهده باشد؛ عبارتی مجموعه‌ای از شرایط خارجی را بر روی ورودی‌های قابل دسترس اعمال کرده و واکنش سیستم را به وسیله اندازه‌گیری خروجی‌های قابل دسترس مشاهده می‌کنیم.



## معایب روش تجربی

۱. برای تعداد زیادی از سیستم‌ها، بسیاری از ورودی‌ها قابل دسترس و کنترل نیستند. این سیستم‌ها تحت تاثیر ورودی‌های غیر قابل دسترس قرار دارند که گاهی ورودی‌های مزاحم (disturbance inputs) نامیده می‌شوند. به همین صورت می‌توان گفت که اغلب بسیاری از خروجی‌های واقعی و مفید برای اندازه‌گیری قابل دسترس نیستند که گاهی به آن‌ها حالت‌های داخلی سیستم (internal states of the system) می‌گویند.

۲. تجربه ممکن است بسیار گران باشد: بررسی زمان غرق شدن یک کشتی به وسیله ساختن کشتی به وسیله ساختن و غرق کردن آن یک روش بسیار گران‌قیمت برای گرفتن اطلاعات می‌باشد.



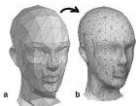
## معایب روش تجربی (ادامه)

- تجربه ممکن است بسیار خطرناک باشد: آموزش کارکرد یک نیروگاه هسته‌ای برای برخورد با شرایط خطرناک به وسیله وارد کردن رآکتور هسته‌ای به شرایط خطرناک عقلانی نیست.
- سیستمی که باید بر روی آن تجربه انجام داد ممکن است موجود نباشد. معمولاً این سیستم‌ها، سیستمی هستند که قرار است طراحی و ساخته شوند.





# مدلسازی



*A model of a system is a representation of the construction and working of the system, Similar to but simpler than the system it represents*

کاستی‌های روش تجربی باعث هدایت ما به مفهوم مدل می‌شود. اگر ما مدل یک سیستم را بسازیم، این مدل را می‌توان مورد بررسی قرار داد و در صورتی که به اندازه کافی واقعی باشد، به بسیاری از پرسش‌ها در رابطه با سیستم واقعی پاسخ داد.

مدل یک سیستم، چیزی است که یک تجربه می‌تواند بر روی آن انجام شود برای این که بتوان به پرسش‌هایی در مورد سیستم پاسخ داد. اشاره این تعریف این است که یک مدل می‌تواند برای پاسخ به پرسش‌هایی در مورد یک سیستم، بدون انجام تجربه بر روی سیستم واقعی به کار رود. به جای آن ما تجربه‌های ساده شده‌ای بر روی مدلی انجام می‌دهیم که می‌توان از آن به عنوان نوعی سیستم ساده شده که بازتاب‌دهنده خواص سیستم واقعی است تلقی نمود.

در ساده‌ترین حالت، یک مدل می‌تواند شامل اطلاعاتی باشد که پاسخ‌دهنده پرسش‌هایی در مورد سیستم است. با داشتن این تعریف، خود مدل شایسته در نظر گرفته شدن به عنوان یک سیستم می‌شود.

# انواع مدلها

- **مدل ذهنی (mental model):**

مدل ذهنی، ساختار دانش افراد است که ممکن است براساس معیارهای گوناگون مانند: میزان پیچیدگی، درستی، دقت، پویایی، جهت (مثبت یا منفی بودن) و تعداد ابعاد، تجزیه و تحلیل و طبقه بندی شود. عناصر متشکله مدل ذهنی بنابه تعریف عبارتند از: تصویبرهای ذهنی، تصورات و مفروضات.



- **مدل علمی (Scientific model)**

مدل‌های علمی برای توضیح و پیش‌بینی رفتار اشیاء و یا سیستم واقعی و در رشته‌های مختلف علمی اعم از فیزیک، شیمی، محیط زیست و علوم زمین استفاده می‌شود. دانشمندان به طور مداوم در حال کار برای بهبود و اصلاح مدل‌های علمی هستند.



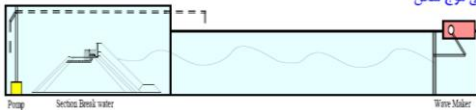
- **مدل کلامی (verbal model):**

این نوع مدل با کلمات بیان می‌شود. به عنوان مثال عبارت "در صورتی که حد مجاز سرعت افزایش یابد تصادفات بیشتری رخ خواهد داد" مثالی از مدل کلامی است. سیستم‌های خبره (expert systems) تکنولوژی است برای رسمی کردن مدل‌های کلامی.

- **مدل فیزیکی (physical model):**

یک جسم فیزیکی است که به خواص مشخصی از سیستم واقعی اشاره می‌کند تا برای پاسخ به پرسش‌هایی درباره سیستم کمک کند. به عنوان مثال، در زمان طراحی صناعی مانند ساختمان‌ها، هواپیماها و مانند آن، معمول است که مدل‌های فیزیکی کوچکی با شکل و ظاهری همانند جسم واقعی ساخته شود و به عنوان مثال خواص ایرودینامیکی و زیبایی آن‌ها مورد مطالعه قرار گیرد.

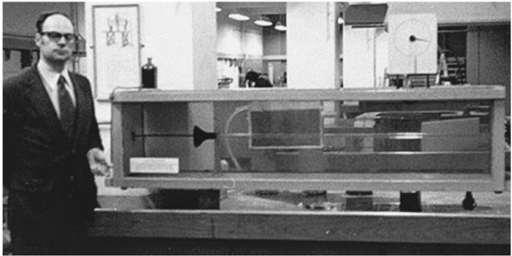
مدل فیزیکی موج شکن



Longitudinal Section of WRI Flume

|        |        |
|--------|--------|
| Length | 42.0 m |
| Width  | 1.0 m  |
| Depth  | 1.0 m  |





Osborne Reynolds' original apparatus for demonstrating the onset of turbulence in pipes, being operated by John Lienhard at the University of Manchester in 1975.

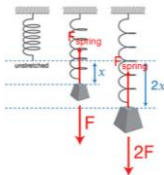
Turbulent and laminar flow / Boundary layer / Hydraulic Jump clip

## انواع مدلها (ادامه)

- مدل ریاضی (mathematical model):

توضیحی درباره سیستم در زمانی که ارتباط بین متغیرهای سیستم به شکل ریاضی بیان می شود می باشد.

متغیرها کمیت های قابل اندازه گیری همانند سائز، طول، وزن، دما، و مانند آن هستند. با این تصور، بیش تر قوانین طبیعت مدل های ریاضی هستند.



Hooke's Law

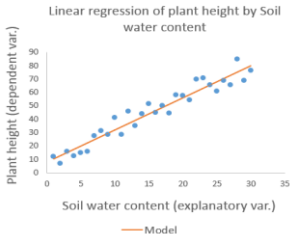
spring constant      The amount spring is stretched

$$F_{\text{Spring}} = -k \cdot \Delta x$$

↓

$$\Delta x = -F_{\text{Spring}} / k$$

## انواع مدلها (ادامه)



### • مدل آماری (Statistical modeling)

مدل سازی آماری یک راه ساده شده برای تقریب واقعیت است و به صورت اختیاری از این تقریب پیش بینی می کند.

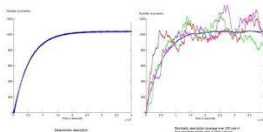
مدل آماری از یک معادله ریاضی استفاده می کند.

## انواع مدلها (ادامه)

### • مدل قطعی و یا تصادفی (Deterministic vs. stochastic models) :

مدلهای شبیه‌سازی بدون هر گونه متغیر تصادفی را رده مدل‌های قطعی قرار می‌دهند. مدل‌های قطعی مجموعه مشخصی از ورودی‌ها دارند که به مجموعه‌ای یگانه از خروجی‌ها می‌انجامد.

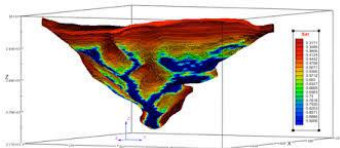
مدل تصادفی شبیه‌سازی یک یا چند متغیر تصادفی را به منزله ورودی در بر دارد. ورودی‌های تصادفی به خروجی‌های تصادفی می‌انجامد. چون خروجی‌ها تصادفی‌اند، تنها می‌توان آنها را برآوردهایی از ویژگی‌های واقعی سیستم به‌شمار آورد.



## انواع مدلها (ادامه)

- مدل‌های عددی (numerical models):

در واقع زیر شاخه‌ای از مدل‌های قطعی هستند. از آن جایی که بسیاری از معادلات دیفرانسیل را نمی‌توان به روش تحلیلی جواب داد یا توصیفشان نمود، روش عددی کمک می‌کند تا با استفاده از کامپیوترها روابط بین متغیرها و الگوریتم‌های حلی را برای آن معادلات دیفرانسیل خاص ارائه بدهیم و حل آن را بر مبنای روش‌های عددی انجام بدهیم.





## انواع مدل‌ها (ادامه)

- مدل‌های هندسی (Geometry models):

بیشتر مدل‌های گرافیکی که برای شکل و شمایل کار وجود دارند در این گروه قرار می‌گیرند. خروجی مدل‌های که در این گروه قرار می‌گیرند را می‌توان حالت نمایشی به آن داد. به عنوان مثال داده‌های عددی که برای نمایش ارتفاع (رقوم ارتفاعی) را می‌توان در این مدل در قالب یک نقشه از رقوم ارتفاعی منطقه نمایش داد؛ یا مثلاً بردار سرعت را بدهیم یا فیلم حرکت جریان را در زبان‌های مختلف یاد بگیریم.



# ویژگیهای یک مدل

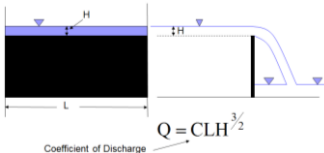
بطور خلاصه میتوان گفت:

✓ مدل ساده کردن واقعیت است.

✓ یک مدل ساده تر و سریع تر آموزش داده می شود.

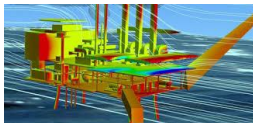
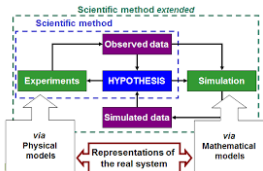
✓ یک مدل می تواند چیزهای واقعی یا ذهنی از یک حوزه را ارایه کند.

## Rectangular Weirs



# اهداف ساخت مدل

- برآورد متغیر خروجی با استفاده از متغیرهای ورودی
- استفاده از مدل‌ها برای پیش‌بینی
- تعیین مقدار عدم حتمیت در پیش‌بینی نتایج

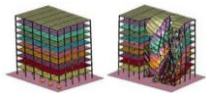


# اصول مدلسازی

تجربه چهار اصل را برای مدلسازی پیشنهاد می‌کند:

(۱) مدل را خوب انتخاب کنید. یک مدل خوب مشکلات موجود در سر راه پیاده‌سازی را تصویر می‌کند و مسیری را که راهی مناسب‌تر از آن پیدا نمی‌کنید پیشنهاد می‌دهد، ولی مدل‌های نامناسب شما را به بیراهه راهنمایی خواهند کرد.

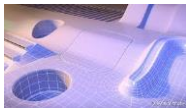
پس نتیجه می‌شود که هر مدل دیدی به سیستم ما می‌دهد که این دیدها، گوناگون بوده و هزینه و سودهای خاص خود را دارند.



## اصول مدلسازی (ادامه)

۲. بهترین مدل‌ها آنهایی هستند که اجازه دهند شما جزئیات و وابستگی‌های سیستم خود را بشناسید و متوجه شوید که به کدام علت به آنها در سیستم خود نیازمند باشید.

۳. بهترین مدل‌ها آنهایی هستند که به واقعیت نزدیک و در ارتباط با آن باشند. مدل مناسب باید با دنیای واقعی مرتبط باشد و مشخص کند که در کدام قسمت‌ها دارای ضعف می‌باشد. در اصل تمامی مدل‌ها حالت ساده‌شده‌ای از دنیای واقعی هستند، نکته اصلی در مدل این است که جزئیات اصلی و مهم سیستم از قلم انداخته نشده باشد.



## اصول مدل‌سازی (ادامه)

۴. هیچ مدلی به تنهایی کارایی کافی ندارد. هر سیستم بزرگی بهتر است که دارای خط مشیی باشد که به سمت یک مجموعه از مدل‌های کوچک با کمترین وابستگی حرکت کند. اگر شما سازنده یک ساختمان باشید، هیچ نقشه‌ای وجود ندارد که تمام جزییات را برای شما مشخص کرده باشد. در حداقل شرایط شما به چندین نقشه مانند برق ساختمان، طبقات، لوله‌کشی و... نیازمند باشید. شاید جمله سؤال برانگیز، وجود کلمه با کمترین وابستگی در اصل چهارم می‌باشد. این به معنای داشتن مدل‌هایی است که می‌توانند بطوری مستقل و جداگانه ساخته شده و استفاده شوند. اما هنوز هم بر همدیگر وابستگی دارند. مثلاً در نقشه ساختمان، نقشه برق ساختمان یک نقشه جداگانه و کامل می‌باشد که می‌تواند پیاده‌سازی شود، ولی هنوز بر نقشه بنای ساختمان وابستگی دارد زیرا با تغییر در آن ممکن است نقشه برق نیز دچار تغییر شود.



# مراحل سیستماتیک ساختن یک مدل

۱- تعریف یا شناخت مسأله، که به عنوان اساسی‌ترین و مهم‌ترین مرحله است. در این مرحله باید به جای پرداختن به معلول، علت اصلی مسأله را تشخیص داد. برای این کار باید اجزاء اصلی و فرعی مسأله، یا متغیرهای مستقل و وابسته در مسأله را تعیین کرد. چرا که در مدل‌سازی نیاز به حذف متغیرهای فرعی و وابسته وجود دارد.



## مراحل سیستماتیک ساختن یک مدل (ادامه)

۲- جمع آوری داده‌ها؛ داده‌ها به دو دسته اولیه و ثانویه‌اند. داده‌های اولیه که مدل‌ساز برای داده‌های اولیه خود شخصاً جمع‌آوری یا تولید می‌کنند. داده‌های ثانویه که می‌توان از طریق سایر داده‌ها آنها را جمع‌آوری نمود.

۳- تعیین معیار، تصمیم و هدف

۴- فرموله کردن مدل یا ارتباط برقرار کردن بین اهداف و متغیرها

۵- تعیین و ارزیابی راه حل‌های ممکن و انتخاب بهترین راه حل ممکن در نوع مدل

۶- بررسی صحت و عملکرد مدل





# ارزیابی مدل

با توجه به کارکردهای مدل می‌توان پایه‌ای برای ارزیابی آن‌ها ایجاد نمود. بدین ترتیب با سؤالات زیر می‌توان یک مدل را ارزیابی نمود :

الف) یک مدل تا چه اندازه کلی و نزدیک به واقعیت است؟

ب) مدل تا چه اندازه سودمند است و چقدر در کشف روابط واقعیت‌ها یا روش‌های جدید مفید است؟

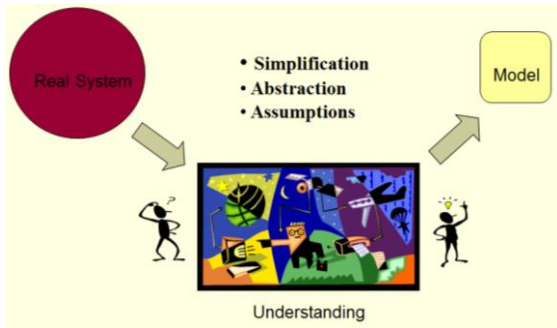
ج) پیش‌بینی‌هایی که یک مدل به عمل می‌آورد چقدر دارای اهمیت است؟

د) اندازه‌گیری‌هایی را که می‌توان با این مدل توسعه داد چقدر صحیح و درست است؟

ه) سادگی و اقتصاد ابزارها و صرفه‌جویی مدل چقدر است؟



# تفاوت مدل و سیستم



# Engineering science paradigm: Multi-scale view of materials

## Macroscale structural engineering

$O(1000\text{ m})$



$O(10\text{ m})$



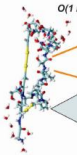
$O(1\text{ m})$



$O(0.1\text{ m})$



$O(1\text{ nm})$



$O(100\text{ nm})$



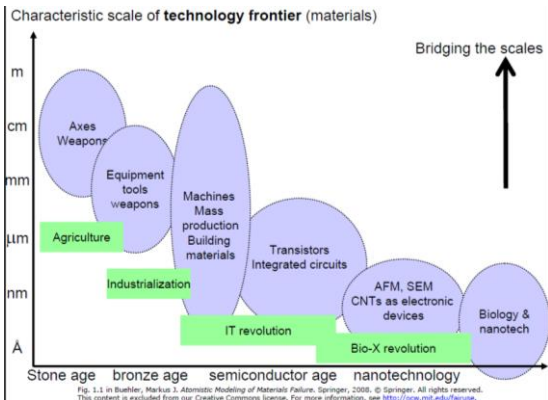
$O(1\text{E}-6\text{ m})$



$O(0.01\text{ m})$



## Ultrascale structural engineering



# Multi-scale view of materials

## Macroscale structural engineering

$O(1000\text{ m})$



$O(10\text{ m})$



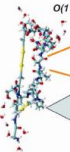
$O(1\text{ m})$



$O(0.1\text{ m})$



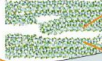
$O(1\text{ nm})$



$O(100\text{ nm})$



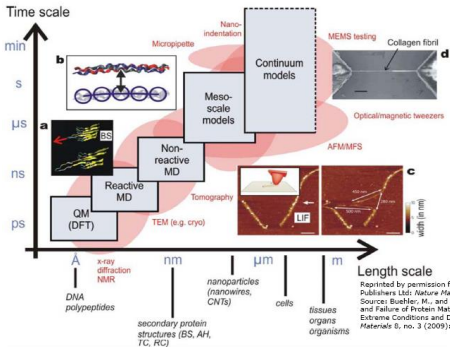
$O(1\text{E-}6\text{ m})$



$O(0.01\text{ m})$

## Ultrascale structural engineering

# Integration with experimental techniques



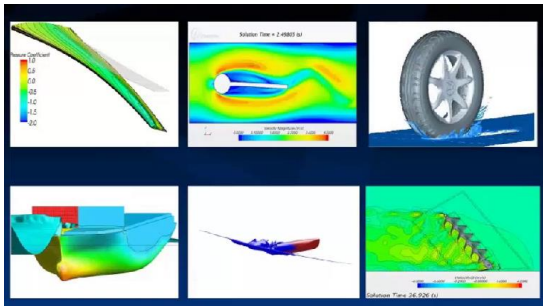
## شبیه‌سازی

همان گونه که بیان شد، بر حسب نوع مدل می‌توانیم به جای تجربه بر روی سیستم‌های واقعی، بر روی مدل‌ها تجربه انجام دهیم. در واقع این یکی از کاربردهای اصلی مدل‌هاست و به آن عبارت شبیه‌سازی اطلاق می‌شود که در لاتین به معنای وانمود کردن (simulate) است. شبیه‌سازی به صورت زیر تعریف می‌شود:

شبیه‌سازی (simulation)، تجربه‌ای است که بر روی یک مدل انجام می‌شود. برای انجام تناظر با تعریف قبلی ما از مدل، این تعریف از شبیه‌سازی نیازمند این است که مدل به شکل ریاضی یا برنامه‌های کامپیوتری معرفی شود، با این وجود در اینجا تمرکز ما بر روی مدل‌های ریاضی مخصوصاً آن‌هایی خواهد بود که قابل ارائه در کامپیوتر هستند.



*Simulation: Imitate the operations of a facility or process, usually via computer*







Abaqus Clip  
Fluent clip  
Makhzan



## موارد استفاده از شبیه‌سازی

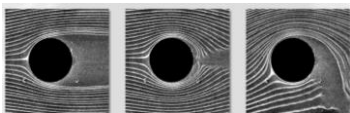
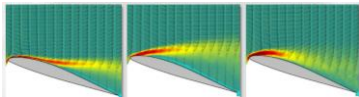
شبیه‌سازی زمانی استفاده می‌شود که به علت پیچیدگی سیستم مورد نظر، استفاده از روش‌های تحلیلی غیر عملی است. از این روش‌های مطالعه سیستم از طریق شبیه‌سازی مطرح می‌شود. غالباً پیچیدگی موجود در سیستم‌های واقعی به صورت اشکال زیر نمود پیدا می‌کند:

۱. حالت عدم اطمینان در سیستم؛ شبیه‌سازی، مکانیزمی منصف و سودمند را برای غلبه بر عدم اطمینان فراهم می‌آورد؛ بدون آنکه محدودیتی برای سیستم ایجاد کند.
۲. رفتار پویا؛ رفتار سیستم در طول زمان ثابت نیست و متغیرهای اصلی موجود در طول زمان متغیرند. برای تشخیص علت تغییرات و کنترل آن، بایستی از مدل پویا و متناسب با تغییرات، استفاده شود.
۳. مکانیزم‌های بازخورد؛ رفتارهای انجام‌شده و تصمیمات اتخاذشده در یک مرحله از یک فرآیند، قسمت‌های دیگر فرآیند را به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد و شناسایی این اثرات و علل آن، بسیار ضروری است.



## زمینه های کاربرد شبیه سازی

- شبیه سازی عملیات در فرودگاههای بزرگ
- شبیه سازی وضعیت عبور وسایط نقلیه از یک چهار راه
- شبیه سازی عملیات نگهداری و تعمیرات سازه ها
- شبیه سازی سازه های دریایی
- شبیه سازی اقتصاد کشور به منظور پیش بینی تاثیر تصمیمات بر خط مشی اقتصادی
- شبیه سازی جنگ های نظامی بزرگ
- شبیه سازی سیستمهای بزرگ توزیع و کنترل موجودی
- ...

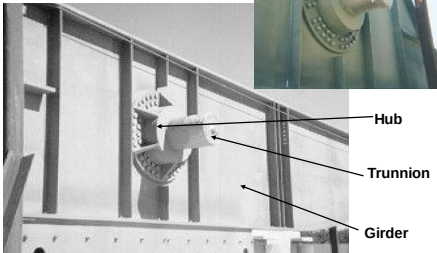




Hybrid mesh and pressure contours on the surface of an aircraft

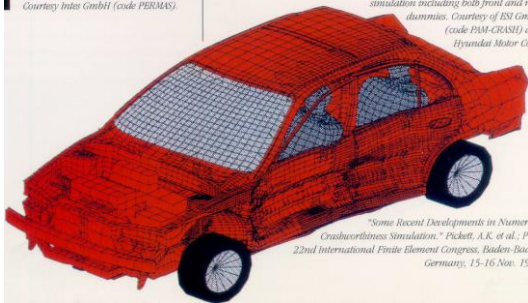
Dash 8-400 aircraft  
(courtesy of de Havilland Inc.)

# Bascule Bridge THG



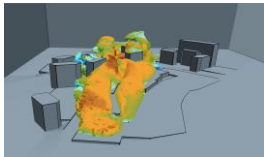
*Stress analysis of a fast rotating centrifuge.  
Courtesy Intes GmbH (code PERMAS).*

*Deformed geometry for a side impact  
simulation including both front and rear  
dummies. Courtesy of ESI GmbH  
(code PAM-CRASH) and  
Hyundai Motor Corp.*

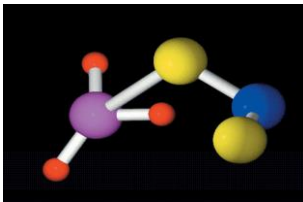
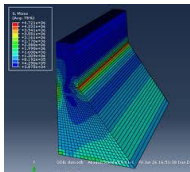
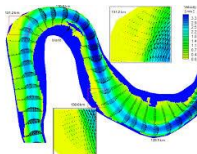


*"Some Recent Developments in Numerical  
Crashworthiness Simulation," Pickett, A.K. et al.; Proc.  
22nd International Finite Element Congress, Baden-Baden,  
Germany, 15-16 Nov. 1993.*





Visualization of Gas Dispersion



Three-Dimensional Model of a Methyl Nitrite Molecule

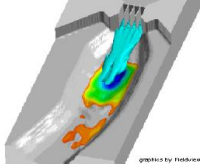
# مزایای شبیه سازی

- تجربه ها بسیار **گران** یا بسیار **خطرناک** باشند یا سیستم تحت بررسی هنوز **موجود نباشد**.
- **مقیاس زمانی** دینامیک سیستم با آزمایش کننده متناسب نباشد. به عنوان مثال، میلیون ها سال زمان نیاز است تا تغییرات کوچکی را در کل دنیا مشاهده کرد در حالی که تغییرات مشابه را می توان با یک شبیه سازی کامپیوتری از دنیا به سرعت مشاهده کرد.
- ممکن است **متغیرها غیر قابل دسترس** باشند. در شبیه ساز تمام متغیر ها را می توان کنترل و مطالعه کرد، حتی آنهایی که در سیستم واقعی قابل دسترسی نیستند.
- **به کارگیری راحت مدل ها:** با استفاده از شبیه سازی بسیار راحت است که پارامترهای یک مدل را به راحتی دستکاری کنیم، حتی در صورتی که در خارج از بازه یک سیستم فیزیکی خاص باشند.
- **بازداشتن مزاحمت ها:** در شبیه سازی یک مدل، می توان مزاحمت هایی که در اندازه گیری یک سیستم واقعی اجتناب ناپذیر هستند را حذف کرد. این کار می تواند ما را برای ایزوله کردن یک اثر خاص و در نتیجه درک بهتر آن اثر کمک کند.
- **بازداشتن اثرهای درجه دو:** اغلب شبیه سازی ها به این علت انجام می شوند که امکان جلوگیری از اثرات درجه دوم همانند اثرات غیر خطی یا جزئیات دیگر کامپوننت های خاص یک سیستم را فراهم می کنند که می تواند به ما در درک بهتر اثرات اولیه کمک کند.

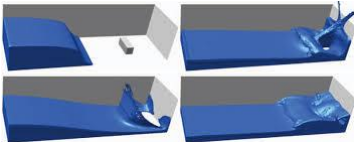


Scour downstream  
of a flood control  
structure

Hydraulics



graphics by HEDRIVE



# معایب شبیه سازی

❑ جدی ترین خطر شبیه سازی، استفاده راحت از آن است، برای کاربر کاملاً راحت است که محدودیت ها و شرایطی که شبیه سازی در آن معتبر است را فراموش کند و در نتیجه از شبیه سازی نتایج نادرستی استخراج کند. برای کاهش این خطرات، فرد باید همیشه تلاش کند که حداقل برخی از نتایج شبیه سازی را با نتایج تجربی سیستم واقعی مقایسه کند. این کار کمک می کند که از سه منبع مشکل که در ادامه گفته می شود دور بمانیم:

- به دام عشق یک مدل افتادن: مشتاق شدن نسبت به یک مدل و فراموش کردن چارچوب تجربه ی بسیار محتمل و راحت است.
- به زور وارد کردن شرایط واقعی به محدودیت های مدل: یک مثال این است که جوامع خود را بر مبنای تئوری های اقتصادی مد روز بنا کنیم و دیگر وجوه رفتار انسانی، اجتماعی و طبیعت را نادیده بگیریم.
- فراموش کردن سطح دقت مدل: تمام مدل ها دارای فرضیات ساده کننده ای هستند و باید برای تفسیر درست نتایج، نسبت به آن ها آگاه باشیم.

❑ برای مدل های احتمالی، شبیه سازی فقط تخمینی از خروجی را در اختیار قرار می دهد، در حالیکه روش های تحلیلی (در صورت وجود) مقدار دقیق خروجی را ایجاد می کنند.

❑ در اغلب موارد توسعه مدل های شبیه سازی زمانبر و هزینه بر است.

❑ یک مدل نامعتبر می تواند به نتایج اشتباهی بیانجامد.

# هزینه های اصلی یک شبیه سازی



- ۱- هزینه خرید نرم افزار
- ۲- هزینه برنامه نویسی و تحلیلگر
- ۳- هزینه بهنگام بودن نتایج



1. Purchase price of the software
2. Programmer / Analyst time
3. "Timeliness of Results"

# مراحل شبیه‌سازی

۱. تدوین مسئله؛ برای یافتن جواب مسئله باید فهمید که اصل آن چیست؟ بنابراین اولین قدم در آزمایش شبیه‌سازی، همانند هر آزمایش دیگری، تعیین هدف آزمایش است، چون این هدف است که نحوه آزمایش، جزئیات لازم و نتایج نهایی را تعیین می‌کند.

۲. تعریف سیستم؛ در این مرحله می‌بایست تعیین کرد که از چه روش‌ها و تکنیک‌هایی می‌توان برای بررسی و مطالعه سیستم استفاده کرد. تعریف سیستم در حقیقت، تعیین اجزای سیستم، عناصر و عوامل داخلی و خارجی محیط سیستم و پارامترها و متغیرهای سیستم را شامل می‌شود. پس از آن، روابط و قوانین حاکم میان ویژگی‌های سیستم و متغیرهای آن مشخص و یا فرموله شده، سپس چگونگی رفتار سیستم مورد بررسی قرار گرفته و جزئیات حاصل از تغییر متغیرها در سیستم معلوم می‌شود.

۳. پاسخ به این سؤال که آیا در تمامی تصمیم‌گیری‌ها می‌توان از مدل شبیه‌سازی استفاده کرد؟ اگر شرایط واقعی چندان پیچیده نباشد و بتوان با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل به حل مسئله پرداخت، طبیعتاً نیازی به استفاده از مدل شبیه‌سازی نیست. ولی اگر با توجه به شرایط پیچیده و ریسک بالا، فقط از شبیه‌سازی می‌توان استفاده کرد، پس کاربرد روش شبیه‌سازی الزامی است.

## مراحل شبیه‌سازی (ادامه)

۴. تدوین مدل؛ هنر مدل‌سازی عبارت است از توانایی تحلیل مسئله، چکیده‌سازی خصایص آن، انتخاب مفروضات و سپس تکمیل و توسعه مدل تا زمانی که تقریب مفیدی از واقعیت به‌دست آید. هرچه مدل کامل‌تر باشد، وضعیت پیچیده را روشن‌تر منعکس می‌کند.

۵. تدارک داده‌ها؛ هر مطالعه‌ای، مستلزم جمع‌آوری داده‌ها است. در یک مدل شبیه‌سازی، داده‌های ورودی، باید با اطلاعات مربوط به اجزای سیستم و ارتباط میان آنها رابطه نزدیک داشته باشد. در این زمان تحلیل‌گر باید تصمیم بگیرد چه داده‌هایی مورد نیازند و چگونه باید این اطلاعات را جمع‌آوری کرد.

۶. برگرداندن مدل؛ گام ششم با برگرداندن مدل برداشته می‌شود. در این مرحله باید مدلی که از سیستم تهیه شده را برای کامپیوتر توصیف کنیم. مدل‌های شبیه‌سازی، از لحاظ منطقی بسیار پیچیده بوده و دارای فعل و انفعالات متقابل بسیاری در بین عناصر سیستم هستند.

## مراحل شبیه‌سازی (ادامه)

۷. واسنجی (calibration): فرآیندی سیستماتیک است برای این که بتوان مقادیر پارامترهای مدل را تنظیم نمود، تا نتایج حاصل از مدل با داده‌های مشاهده شده سازگار گردد.

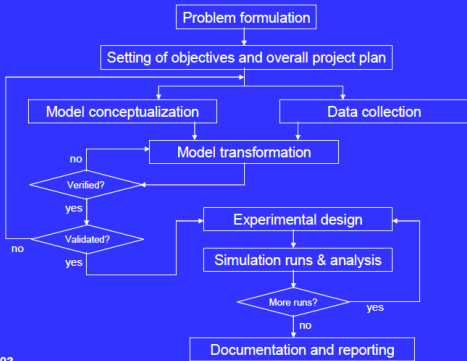
۸. تعیین اعتبار مدل (validation)؛ این مرحله، مهم‌ترین و مشکل‌ترین مرحله از مراحل شبیه‌سازی است. تعیین اعتبار، یعنی آنکه آیا مدل ساخته‌شده رفتار سیستم واقعی را به‌درستی شبیه‌سازی و توصیف می‌کند؟ بنابراین آنچه که اهمیت دارد قابل اعتماد بودن مدل است نه حقیقت ساختار آن.

۹. آزمایش و تفسیر؛ در این مرحله، اشتباهات و نواقص برنامه‌ریزی آشکار می‌شود و مراحل اجراشده مورد بازبینی قرار می‌گیرد.

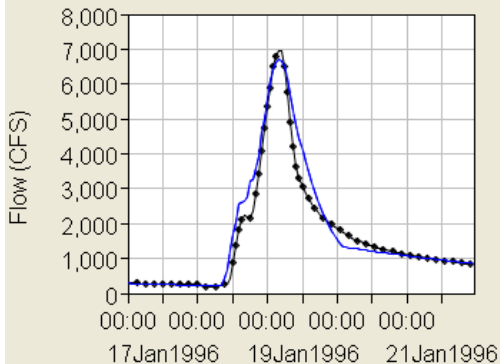
۱۰. پیاده‌سازی و مستندسازی؛ موفقیت یک پروژه شبیه‌سازی را تنها می‌توان زمانی محقق دانست که مدل پذیرفته‌شده، تفهیم شود و مورد استفاده قرار گیرد. مستندسازی دقیق و کامل از چگونگی ایجاد، توسعه و نحوه عمل مدل، می‌تواند عمر مفید و شانس پیاده‌سازی موفق آن را افزایش دهد.



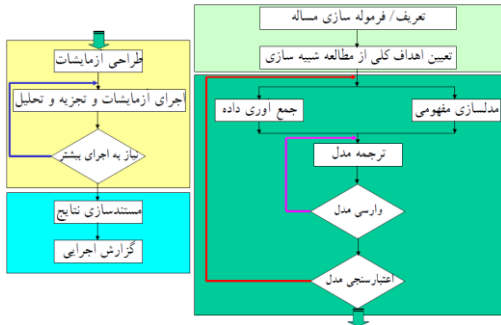
# Steps in a M&S Study



مقایسه هیدروگراف مشاهده شده و محاسبه شده



## گامهای اساسی در بررسی مبتنی بر شبیه سازی



## گامهای اساسی در بررسی مبتنی بر شبیه سازی (جزئیات)

– تعریف/فرموله سازی مساله

- اینشتین می گوید تعریف مساله از حل آن مهمتر است.
- تشخیص مشکل اصلی بسیار مهم است (مثل خودکار در فضا)
- مساله عبارت است از اختلاف بین وضعیت واقعی زمان  $t$  و وضعیت مورد انتظار در زمان  $t$

– تعیین اهداف کلی از مطالعه شبیه سازی

- تعیین سوالاتی که باید به آن پاسخ داد.
- تعیین سناریوهایی که باید بررسی شوند.
- تعیین معیارهای تصمیم گیری
- تعیین الزامات داده ای
- تعیین سخت افزار، نرم افزار و الزامات پرسنلی
- تعیین یک برنامه زمانی
- تعیین برنامه هزینه ای و رویه شارژ مالی

## گامهای اساسی در بررسی مبتنی بر شبیه سازی (جزئیات)

### – مدل سازی مفهومی

#### • رهنمودها

- سیستم مورد سؤال را به مسائل ساده تر تقسیم کنید.
- بیان روشنی از اهداف ارائه دهید .
- شباهتها را جستجو کنید .
- یک مثال عددی مشخص از مسئله را در نظر بگیرید .
- چند نماد فراهم کنید .
- بدیهیات را مشخص کنید .
- اگر مدل قابل کنترل بود آن را توسعه دهید ، در غیر این صورت آن را ساده کنید .

#### • مشخصات مدل خوب شبیه سازی

- درک آن برای استفاده کننده آسان باشد .
- در جهت هدف یا مقصود باشد .
- قوی بوده، بدین مفهوم که جوابهای بی معنی ندهد .
- برای استفاده کننده ، کنترل و کار کردن با آن راحت بوده ، یعنی ارتباط با آن آسان باشد .
- در مورد موضوعات مهم کامل باشد .
- اصلاح یا به هنگام کردن مدل به آسانی انجام شود.
- تکاملی باشد، بدین مفهوم که به طور ساده شروع و سپس پیچیده تر شود.

## گامهای اساسی در بررسی مبتنی بر شبیه سازی (جزئیات)

– جمع آوری داده ها

- به کارگیری توزیع های احتمال نظری به جای اعداد خام
  - جلوگیری از شبیه سازی حالت گذشته
  - کارایی بالاتر در به کارگیری و برنامه نویسی
  - امکان انجام آزمون حساسیت نسبت به شکل توزیع احتمال

– ترجمه مدل

- مدل به صورت کدهای کامپیوتری در می آید
- از حالت ایستا و بدون زمان به حالت پویا و دارای زمان در می آید.

– واریسی مدل

– اعتبار سنجی مدل

– طراحی آزمایشات

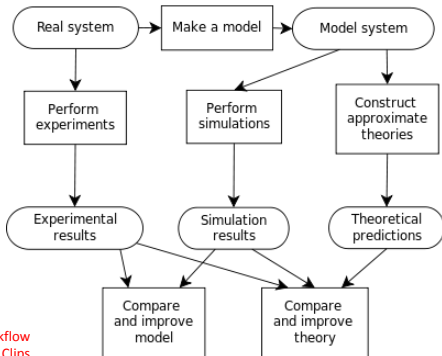
– اجرای آزمایشات و تجزیه و تحلیل

– نیاز به اجرای بیشتر

– مستندسازی نتایج

– گزارش اجرایی

# Develop Simulation Model



# انواع شبیه‌سازی

۱. **شبیه‌سازی همانی؛** در این روش، خود سیستم را به‌عنوان مدل آن در نظر گرفته و رفتار آن را بررسی می‌کنیم. به‌عبارت دیگر این روش، همان آزمایش مستقیم روی سیستم است و در صورت یافتن پاسخی برای مسئله مورد نظر، صد درصد قابل استفاده و مفید است.

۲. **شبیه‌سازی نیمه‌همانی؛** در این روش، تا آنجا که امکان دارد، از اشیا و قوانین واقعی سیستم استفاده می‌کنیم. تنها، اشیا یا مراحل از سیستم واقعی که باعث غیرممکن شدن شبیه‌سازی همانی است، مدل‌سازی می‌شود. به‌عبارت دیگر، بخشی از مدل سیستم، واقعی و بخش دیگر غیر واقعی یا شبیه‌سازی شده است.





## انواع شبیه‌سازی (ادامه)

۳. شبیه‌سازی آزمایشگاهی؛ در این روش، بعضی از نماها و اشیای سیستم واقعی، به‌وسیله امکانات آزمایشگاهی ساخته‌شده و بعضی نماها و روابط دیگر به‌وسیله سمبل‌ها جایگزین می‌شوند. مثل راداری که با امکانات و مقیاس آزمایشگاهی ساخته می‌شود.



Prototype



Model

## مدل آزمایشگاهی برای مطالعه دبی عبوری از سرریز



## مدل آزمایشگاهی برای مطالعه پدیده شکست سد

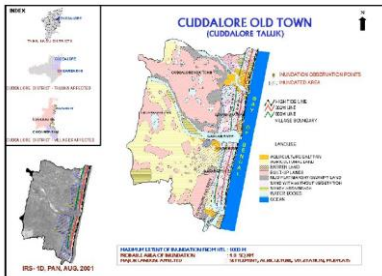


## انواع شبیه‌سازی (ادامه)

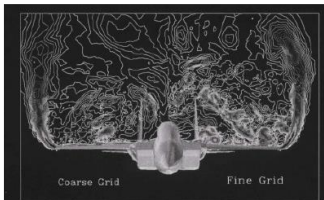
۴. **شبیه‌سازی کامپیوتری:** در شبیه‌سازی کامپیوتری، مدل ساخته‌شده، برنامه‌ای کامپیوتری است که کلیه اشیا و نماهای سیستم، به ساختارهای برنامه‌ای و کلیه مشخصات و رفتار آن، به متغیرها و توابع ریاضی تبدیل شده و قوانین و روابط حاکم بر سیستم و ارتباطشان با یکدیگر، در درون برنامه در نظر گرفته می‌شود. شبیه‌سازی کامپیوتری (به‌علت عملی بودن و داشتن امتیازات خاص خود)، برای بررسی و مطالعه اغلب سیستم‌ها به‌کار می‌رود.



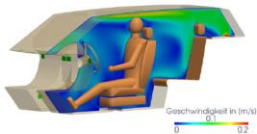
## مدل GIS برای مطالعه مناطق بزرگ



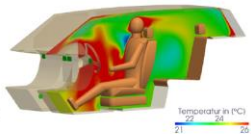
## شبیه سازی عددی جریان هوا اطراف هواپیما



## شبیه سازی عددی توزیع سرعت هوا و دما در داخل اتومبیل



(a) Velocity field



(b) Temperature field

## شبیه سازی چه وقت ابزار مناسبی شمرده می شود؟

— مطالعه، بررسی و آزمایش روابط متقابل هر سیستم یا زیر سیستم پیچیده و پویا.

— اعمال تغییرات اطلاعاتی، سازمانی و محیطی و مشاهده تأثیر این تغییرات بر رفتار سیستم.

— استفاده از شناخت به دست آمده در شبیه سازی برای پیشنهاد انجام اصلاحات روی سیستم در دست

بررسی.

— شناسایی مهمترین متغیرها و روابط متقابل آنها، با ایجاد تغییر در ورودی های شبیه سازی و بررسی

خروجی ها.

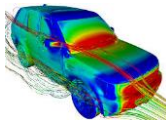
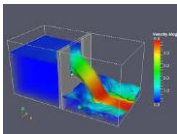
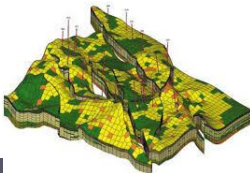
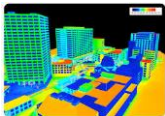
— به عنوان ابزاری آموزشی به منظور تقویت روشهای تحلیلی.

— آزمایش طرحها یا خط مشی های جدید پیش از اجرا و کسب آمادگی لازم برای روبرو شدن با

پیشامدهای احتمالی.

— تحقیق در مورد پاسخ های تحلیلی

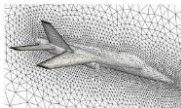
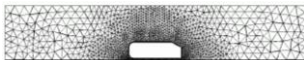




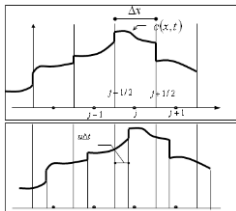
## روش های عددی در مدل سازی ها و شبیه سازی ها

### • شبکه محاسباتی

در فرایند توسعه برای مدل سازی و شبیه سازی یک بخش شبکه بندی محاسباتی یعنی میدان حل را به خانه های کوچکتری تقسیم میکنیم که گره های محاسباتی را بدست آوریم و متغیرهای جریان را برای آن گره های محاسباتی حل کنیم.



# روش های عددی در مدل سازی ها و شبیه سازی ها (ادامه)



$$c_{j-1}^n = c_j^n - \frac{\Delta x}{1} \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{(\Delta x)^2}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \frac{(\Delta x)^3}{6} \frac{\partial^3 c}{\partial x^3} + \frac{(\Delta x)^4}{24} \frac{\partial^4 c}{\partial x^4} - \dots$$

$$c_{j-1}^n = c_j^n - \frac{\Delta x}{1} \frac{\partial c}{\partial x} + O(\Delta x^2)$$

$$\frac{\partial c}{\partial x} \approx \frac{c_j^n - c_{j-1}^n}{\Delta x}$$

# روش های عددی در مدل سازی ها و شبیه سازی ها (ادامه)

## ۱. روش اختلاف محدود (Finite Difference Method (FDM)

**روش تفاضل محدود** یکی از روشهای عددی برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل است. در این روش مشتق توابع با تفاضلات معادل آنها تقریب زده می شود. اساس این روش برای حل معادلات، استفاده از تقریب تابع با روش تیلور است.

برای تقریب تابع  $f$  در نقطه  $x_0+h$  با استفاده از بسط تیلور داریم:

$$f(x_0 + h) = f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!}h + \frac{f^{(2)}(x_0)}{2!}h^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}h^n + R_n(x)$$

سپس برای  $x_0=a$  و تقسیم طرفین بر  $h$  خواهیم داشت:

$$\frac{f(a+h)}{h} = \frac{f(a)}{h} + f'(a) + \frac{R_1(x)}{h}$$

در نتیجه داریم:

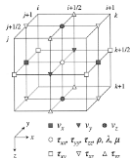
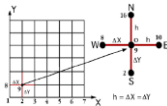
$$f'(a) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h}$$

که در روش تفاضل محدود یک تقریب مناسب برای این تابع بصورت زیر خواهد بود:

$$f'(a) \approx \frac{f(a+h) - f(a)}{h}$$

# Finite Difference Method (FDM)

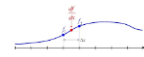
روش تفاضل محدود



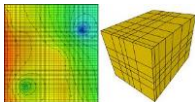
The Basic Finite-Difference Approximation CEM

$$\frac{df_{1,2}}{dx} \approx \frac{f_2 - f_1}{\Delta x}$$

second order accurate  
first order derivative



This is the way the first difference approximation will use in this course!



نرم افزارهای عمرانی بر پایه روش اختلاف محدود را نام ببرید؟

## روش های عددی در مدل سازی ها و شبیه سازی ها (ادامه)

### ۲. روش اجزای محدود (Finite Element Method (FEM

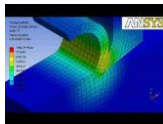
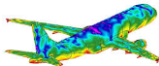
- روشی است عددی برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل جزئی و نیز حل معادله های انتگرالی.
- اساس کار این روش حذف کامل معادلات دیفرانسیل یا ساده سازی آنها به معادلات دیفرانسیل معمولی، که با روشهای عددی مانند اویلر حل می شوند، می باشد.
- در حل معادلات دیفرانسیل جزئی مسئله مهم این است که به معادله ساده ای که از نظر عددی پایدار است - به این معنا که خطا در داده های اولیه و در حین حل به حدی نباشد که به نتایج نامفهوم منتهی شود- برسیم.
- این روش در حل معادلات دیفرانسیل جزئی روی دامنه های پیچیده (مانند وسایل نقلیه و لوله های انتقال نفت)، یا هنگامی که دامنه متغیر است، یا وقتی که دقت بالا در همه جای دامنه الزامی نیست و یا اگر نتایج همبستگی و یکنواختی کافی را ندارند، بسیار مفید می باشد. به عنوان مثال در شبیه سازی یک تصادف در قسمت جلوی خودرو، نیازی به دقت بالای نتایج در عقب خودرو نیست. همچنین در شبیه سازی و پیش بینی هوا روی کره زمین، هوای روی خشکی اهمیت بیشتری نسبت به هوای روی دریا دارد.
- تقسیم ناحیه به نواحی کوچکتر دارای مزایای زیادی است از جمله: نمایش دقیق هندسه پیچیده، گنجایش ویژگی های متفاوت جسم، درک ویژگی های موضعی جسم.

# Finite Element Method (FEM)

روش المان محدود



Figure 8. Geometric remeshing with 100, 200, 400 and 800 points.

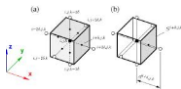
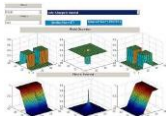
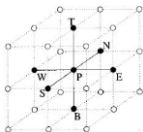


نرم افزارهای عمرانی بر پایه روش اجزا محدود را نام ببرید؟

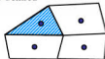
# روش های عددی در مدل سازی ها و شبیه سازی ها (ادامه)

## ۳. روش احجام محدود Finite Volume Method (FVM)

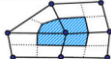
روش حجم محدود در واقع نوعی از روش اجزاء محدود است که در آن روش تقریب این انتگرال ها با روش اجزاء محدود متفاوت است. این روش بیشتر برای حل مسائل دینامیک سیالات محاسباتی و انتقال حرارت مناسب است.



Cell-Centred



Vertex-Centred



نرم افزارهای عمرانی بر پایه روش حجم محدود را نام ببرید؟



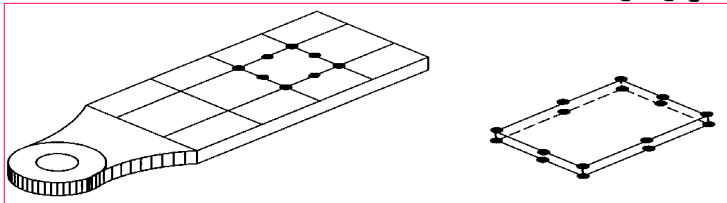
## انواع تحلیل سازه ها به کمک روش اجزاء محدود

- حل مسائل ایستا یا پایا (*Equilibrium Problems*)
- حل مسائل جواب ویژه (*Eigen Value Problems*)
- حل مسائل گسترش (*Propagation Problems*)

# مسائل ایستا یا پایا

## *Equilibrium Problems*

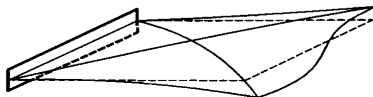
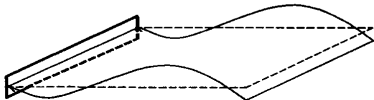
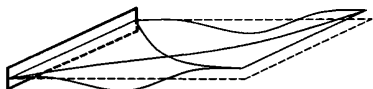
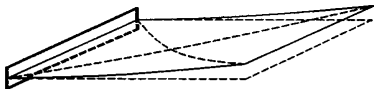
در اینگونه مسائل متغیر زمان در کار نیست. حل مسائل ارتجاعی خطی الکترواستاتیک الکترومغناطیس حالت‌های پایدار هدایت گرما و جریان سیالات در محیط‌های متخلخل رامی توان نام برد. در اینگونه مسائل شرائط ثابتی بر مساله حاکم است. کلیه سازه‌های ایستا و یا در حال حرکت با سرعت ثابت در این دسته قرار دارند



# مسائل جواب ویژه

## *Eigen Value Problems*

شرائط این گونه مسائل مشابه مسائل حالت ایستا است  
با این تفاوت که هدف بدست آوردن جواب ویژه مساله  
در یک حالت خاص است.

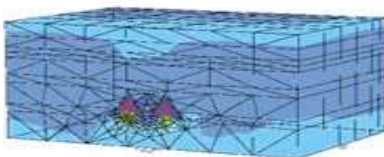
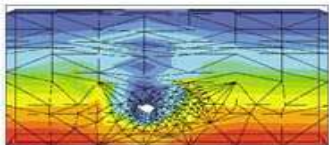
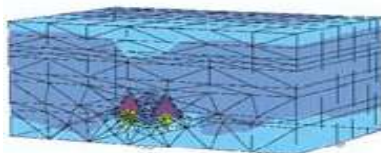
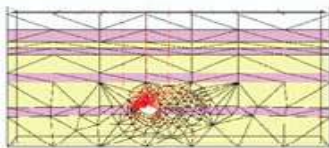
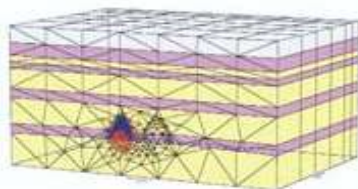
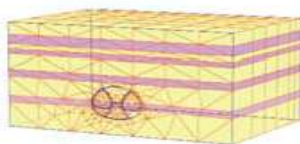


# مسائل گسترش

## ***Propagation Problems***

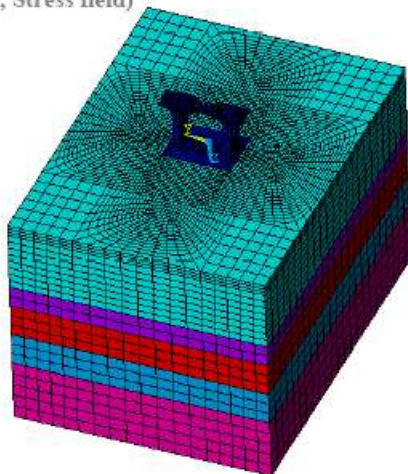
شرائط این مسائل وابسته به زمان است. کلیه مسائل پویا (دینامیک) اعم از هیدرودینامیک حالات گذرا درسازه ها و بررسی حرکات جذرومد سطح آب دریاها و..... در این دسته قرار می گیرند.

# تحلیل شکل پذیری محیط اطراف تونل در اثر حفاری



# تحلیل تنش در اثر حرکت موج در زمین چند لایه

(wave propagation, Stress field)



foundation profile

0-8 m Sand 1

8-10.5 m Sand 2

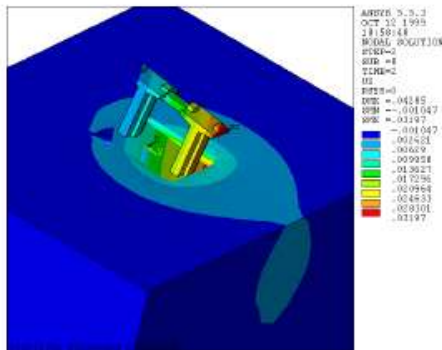
10.5-14.25 m Clay

14.25-18 m Coal

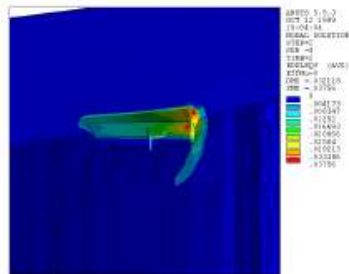
18-25 m dense Sand

## تحليل ارتجاعی - خمیری محیط اطراف تونل در اثر عبور قطار

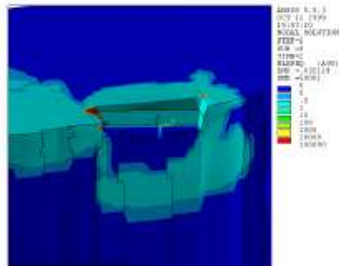
### Non-linear coupled hydro-mechanical quasi static analysis of a transrapid train passage with elastic-plastic material models (Mohr Coulomb)



### Total strain



### Plastic strain

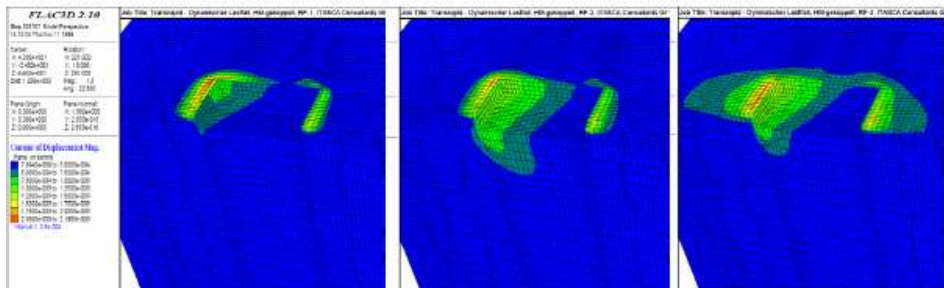


### Failure of Yield criteria

# تحليل ديناميكي فشار آب در محيط دوفازه زمين با الگوهاي مختلف (موهر-كلمب)

dynamic non-linear coupled fluid flow mechanical analysis with FLAC<sup>3D</sup>

- dynamic non-linear (Mohr-Coulomb) with stationary pore pressure (PP)
- dynamic non-linear (Mohr-Coulomb) with in stationary pore pressure
- dynamic non-linear (Double Yield ) with in stationary pore pressure



total plastic deformation

MC, stationary PP

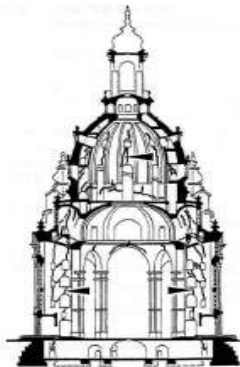
MC instationary PP

DY instationary PP

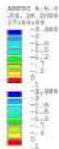
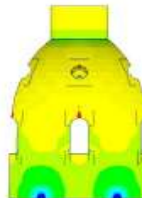


# کنترل محاسباتی تاب تحمل آثار باستانی

dynardo



*crack pattern Rüth (1939)*



**elastic-plastic Masonry Analysis of the  
Church of our Lady in Dresden**

# کنترل محاسباتی تاب تحمل پلهای قدیمی

dynardo

world largest masonry bridge Göltzschtal Germany

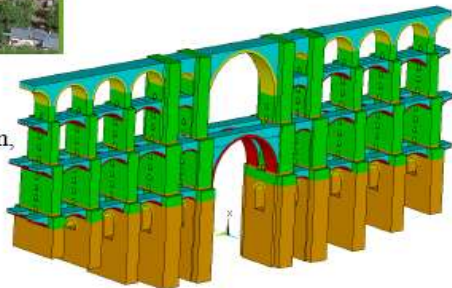


parameterized geometry model

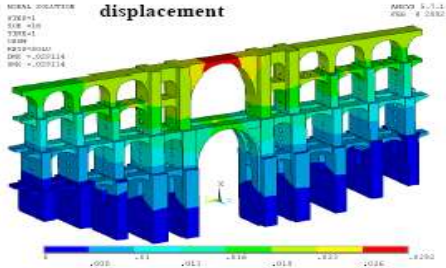
verification of loading (dead loads, traffic, temperature, wind)

verification of masonry material model (GANZ Swiss masonry standard)

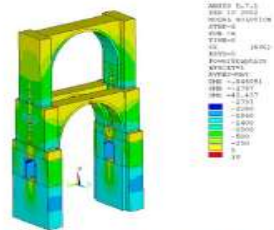
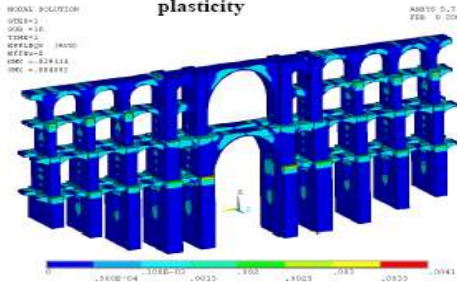
detailed geometry model with foundation, piles and arches made from granite, sandstone and masonry



## نتایج حاصل از کنترل محاسباتی تاب تحمل پله‌های قدیمی



For the first time stability and survivability of the structure according to actual German standards (DIN/DS) was proven.



stresses

dynardo

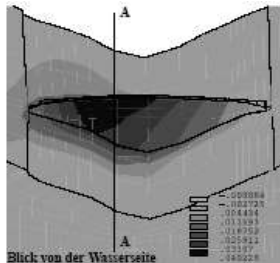
# کنترل محاسباتی تاب تحمل سد

dynardo

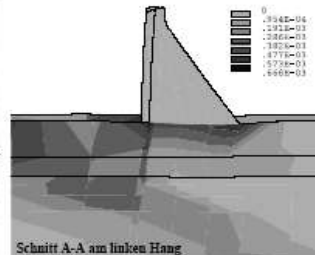
Geomechanics

2D/3D Stability analysis  
of dams

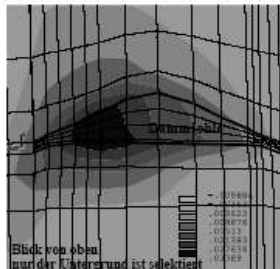
- non-linear mechanical analysis
- coupled fluid flow, thermal and mechanical analysis
- elastic-plastic material models of rock, jointed rock, masonry, concrete, soil



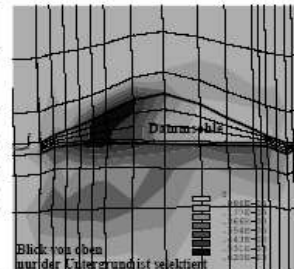
Verschiebungen in Talrichtung (cm)



Plastische Vergleichsdehnung (Elementwerte)



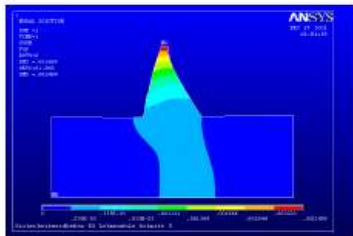
Verschiebungen in Talrichtung (cm)



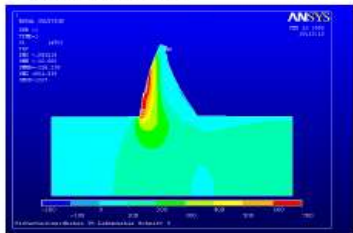
Plastische Vergleichsdehnungen (Knotenwerte)

# نتایج حاصل از کنترل محاسباتی تاب تحمل سد

dynando



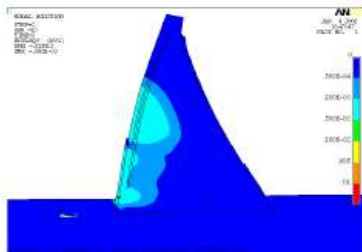
total deformation



tension stress

## Earthquake analysis of dams

- often response spectra analysis is used
- then quasi-static elastic-plastic analysis with worst case modal superposition is performed
- with today's numerical power also non-linear transient analysis is possible



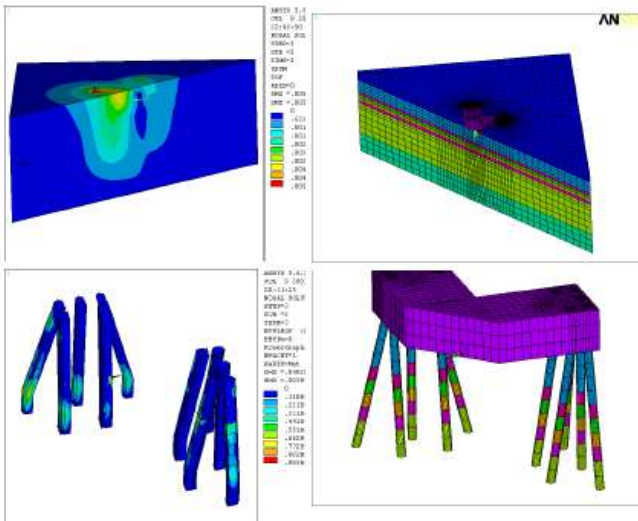
plastic strain

# نتایج حاصل از کنترل محاسباتی تاب تحمل پی شمع دار

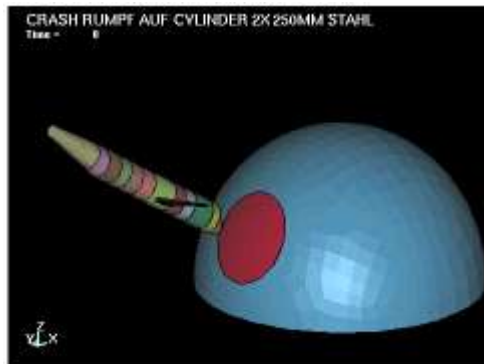
## Geomechanics

### Foundation Analysis

- non-linear load history
- non-linear static and dynamic analysis
- piles & plates

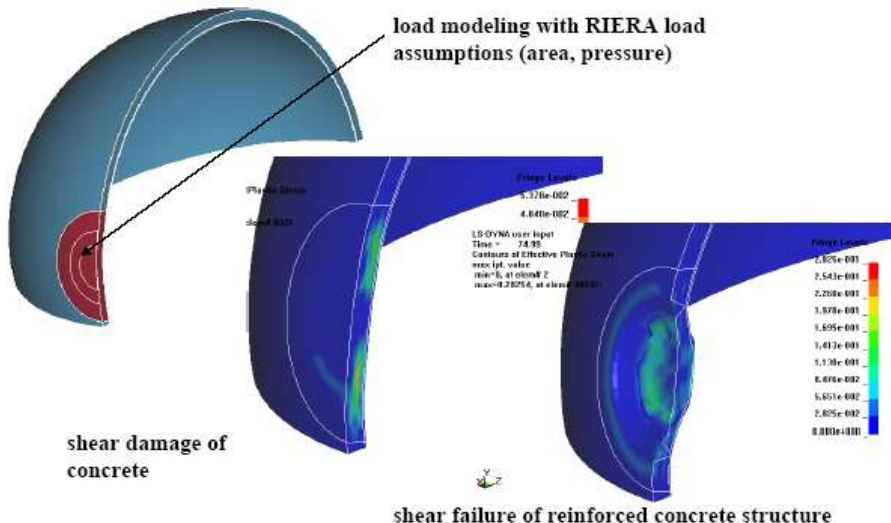


# کنترل محاسباتی اثر ضربه پرتابه روی سازه پوسته ای نازک



# نتایج حاصل از کنترل محاسباتی اثر ضربه روی سازه پوسته ای نازک

limit load analysis for airplane impact

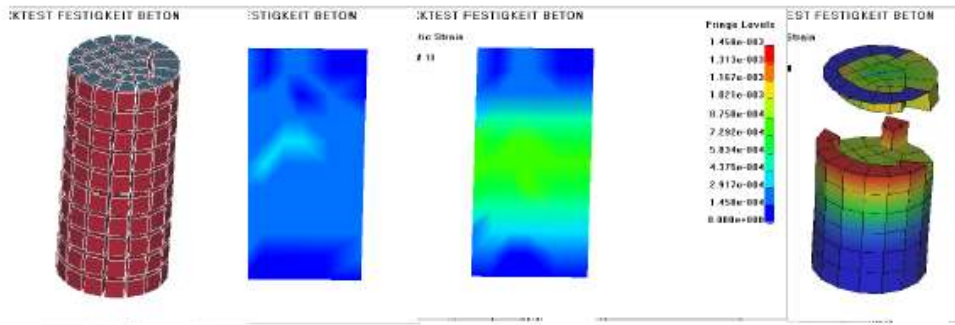




# نتایج حاصل از تحلیل تاب تحمل نمونه استوانه بتن

verification of the concrete model (plasticity & damage)

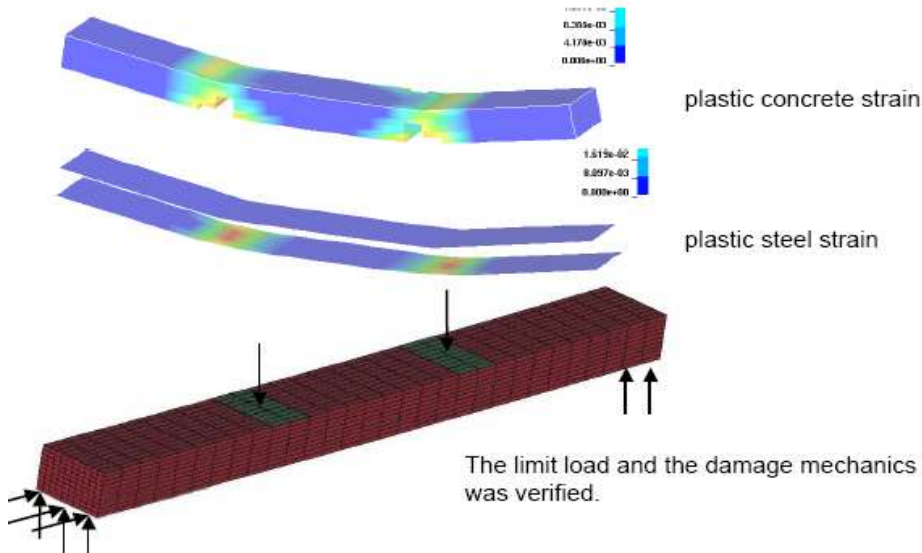
## uniaxial compression test



The compression strength 0.045 KN/mm<sup>2</sup>  
and the damage mechanics was verified.

# نتایج حاصل از تحلیل تاب تحمل تیر بتن آرمه

verification of reinforced concrete modeling (plasticity & damage)



# بررسی چگونگی تمرکز صدمه در نمونه ماده متخلخل و مخزن عایق شده با باتیمان

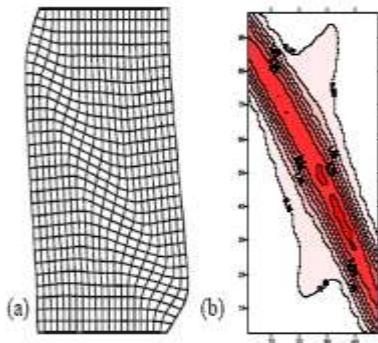


Fig. 1 Localization Simulation in a Test Specimen of a Porous Medium  
(a). deformation (b). damage distribution

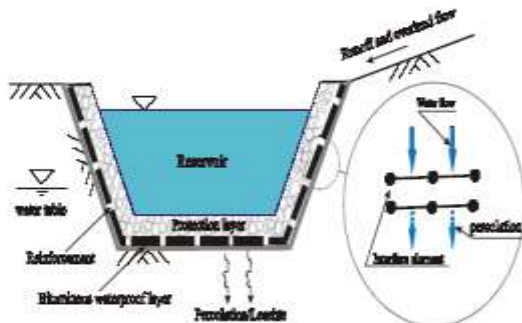


Fig. 2 Schematic of Bituminous Waterproof Lining System in a Reservoir



کاربریهایی  
دیگر روش  
اجزای  
محدود  
(تصاویر  
ماهواره ای)

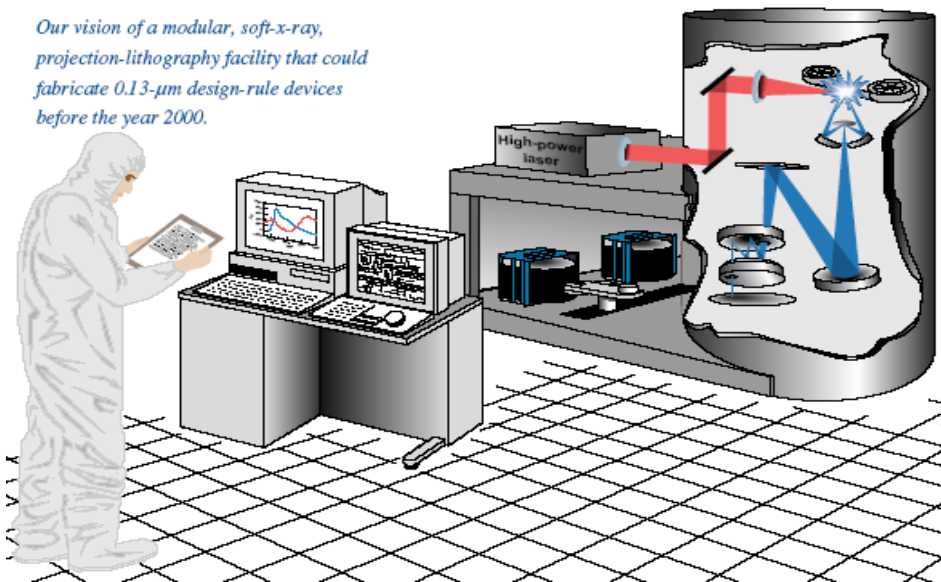
*The Clementine Satellite sent back more than 1.5 million images of the moon at resolutions never before attained. These images were taken with cameras designed by the Laboratory.*



کاربریه‌های  
دیگر روش  
اجزای محدود  
(پرتاب موشک)

# پیش بینی اثرات اشعه ایکس بر روی مواد

*Our vision of a modular, soft-x-ray,  
projection-lithography facility that could  
fabricate 0.13- $\mu\text{m}$  design-rule devices  
before the year 2000.*



# پیش بینی های آثارناگوار زلزله



*Teams of LLNL scientists go into the field after major earthquakes to study how and why structures are damaged. Our investigations included damage done by the January 1994 earthquake in Northridge, CA.*

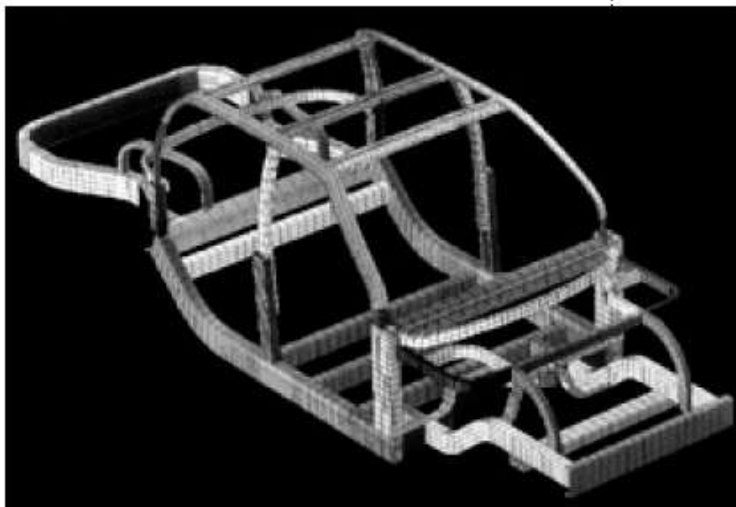


## پیش بینی آثار الکتریسته برسیالات

*With 1 to 2 volts of input power, this 400- $\mu$ m-long intravascular microtool from the Microtechnology Center will curl up and stretch out in liquid. The Center's ongoing research into microscale actuators includes their use in areas such as optics, biomedical instruments, and micropart packaging.*

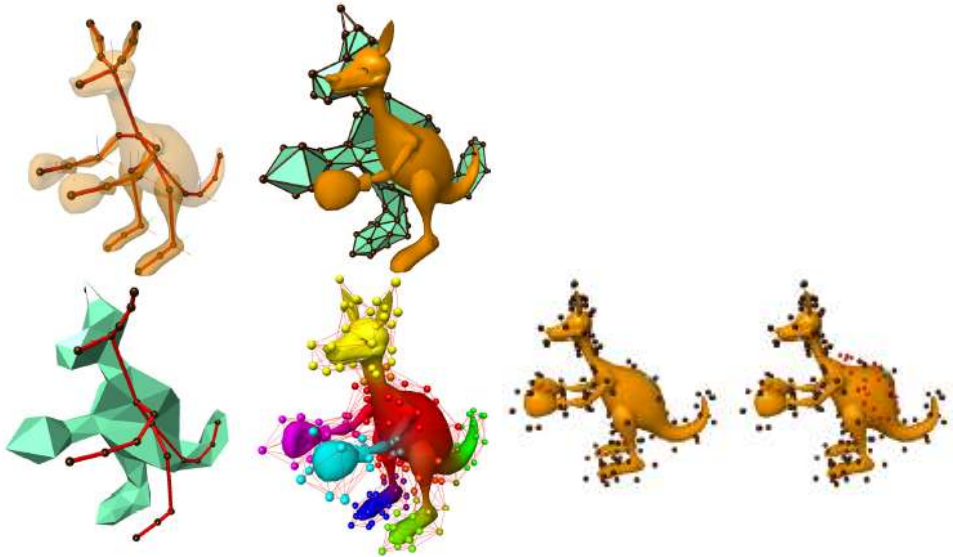


# پیش بینی آثار مخرب بر سازه خودرو



*We are designing and analyzing a crashworthy aluminum frame that could be used for electric vehicles. We are working as part of the CALSTART consortium and in conjunction with Kaiser Aluminum and Chemical Corporation.*

# تحليل حركات حيوانات



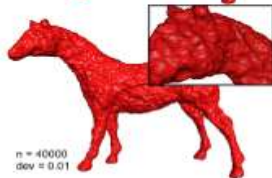
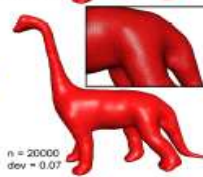
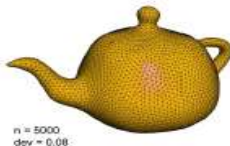
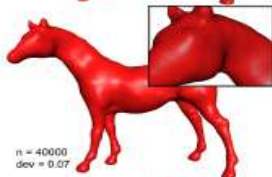
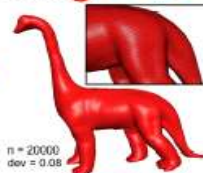
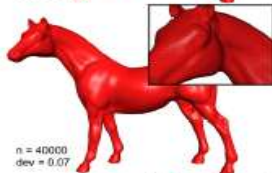
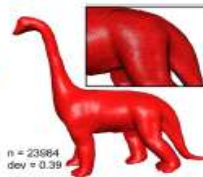
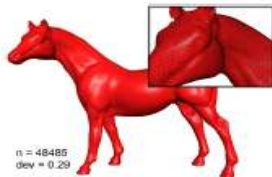
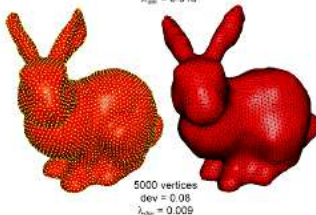
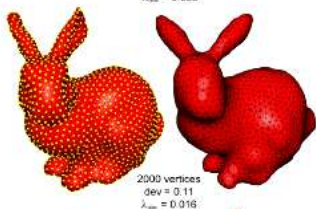
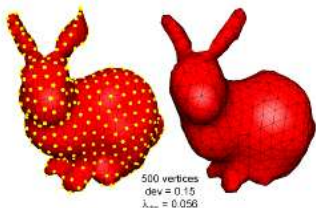


Figure 6: Connectivities generated such that their corresponding connectivity shapes resemble a given mesh: The original polygon meshes (first row), the remeshed versions (second row), the connectivity shapes corresponding to the remeshed connectivities (third row). The number of vertices ( $n$ ) and the relative deviation ( $dev$ ) of the edge length are reported for each mesh. The bumpy horse at the bottom left is a connectivity shape generated using a very small value of the smoothing parameter  $\lambda$ . It achieves almost unit edge length (i.e.  $dev$  is very small).

بررسی  
ویژگیهای:  
- حیاتی  
- جسمی  
- تخیلی

# بررسی اشکالات

## اساسی در بکار گیری نظریه ها؟



Three bunnies remeshed with 500, 2000, and 5000 vertices (left) and their corresponding connectivity shapes (right). Reported are the relative deviation in edge length  $dev$  after remeshing and the smoothing parameter  $\lambda_{dev}$ .



(a) Engine Block



(b) Exhaust of Engine



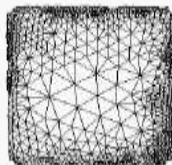
(c) Engine Configuration



(d) Brain of MRI scan



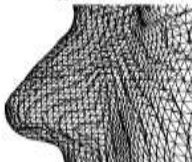
(e) Brain Seen from Below



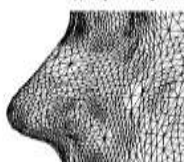
(f) Adaptive Triangulation



(g) Head of MRI Scan

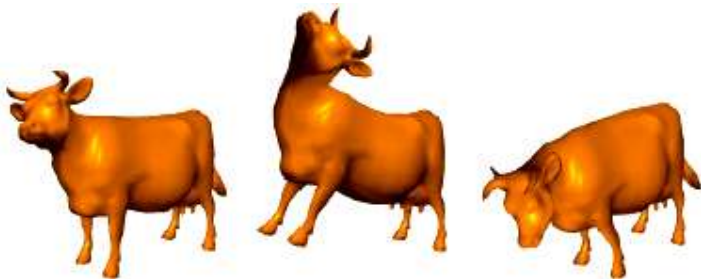


(h) Marching Cubes Mesh

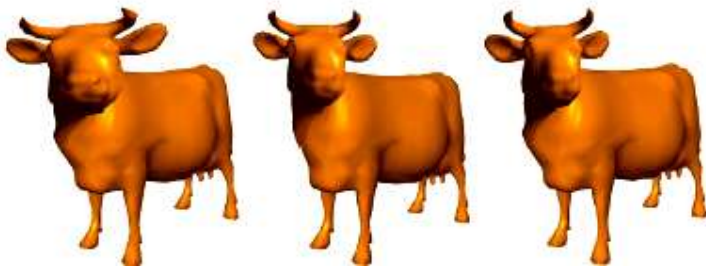


(i) Energy Minimizing Surface Mesh

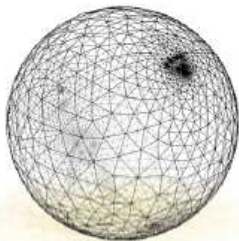
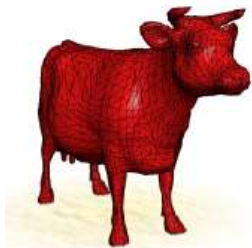
افزایش دقت  
در تحلیل  
قسمتها؟



Frames from an interactive animation. There is no noticeable warping due to strain linearization, and the different materials (e.g., ears, horns) behave distinctly.



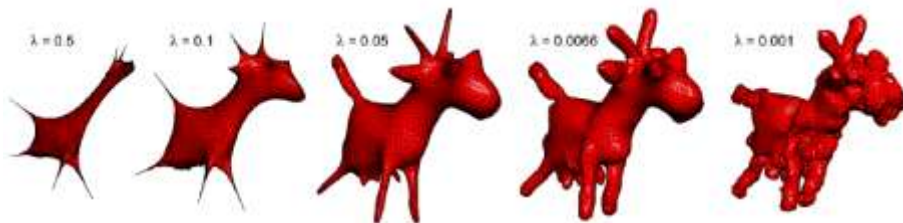
شناسایی  
کیفی  
اندرکنشها  
ونظریه  
پردازشی؟؟؟؟



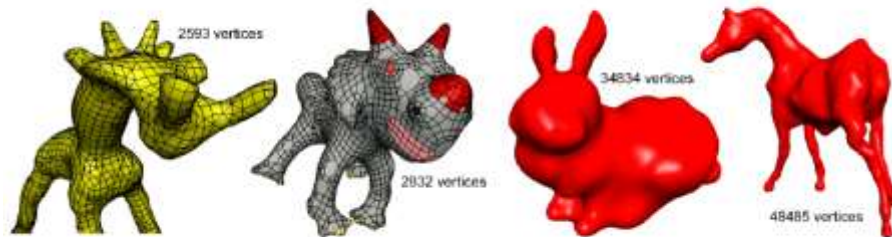
تعمیق  
درمیزان دقت  
نظریه ها؟؟؟؟



# تطبيق نتائج نظريه ها با حقيقت؟؟؟



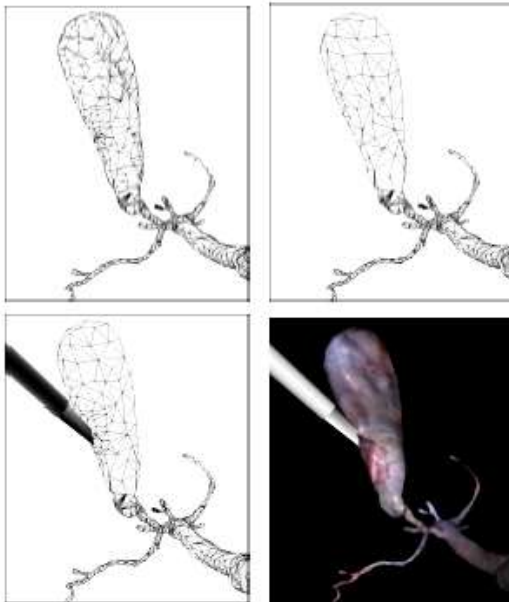
Family of connectivity shapes computed from the cow's connectivity with different smoothing parameters  $\lambda$ .



Connectivity shapes computed from the connectivity of (a) giraffe, (b) triceratops, (c) Stanford bunny, and (d) horse.



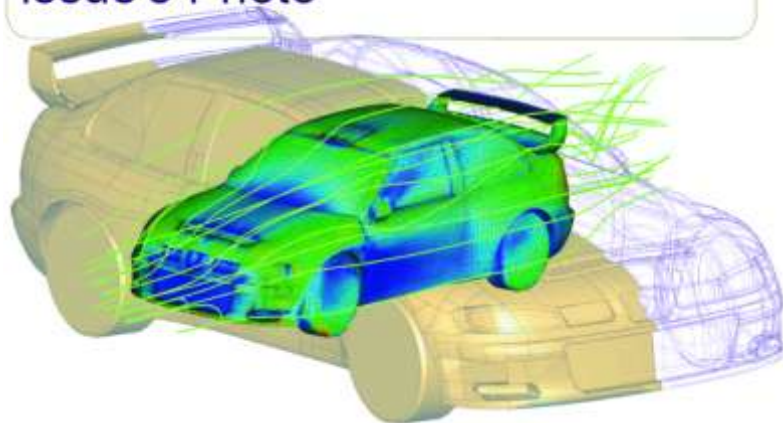
# ضعفهاي اجتناب ناپذير؟ (کيسه صفرا)



Upper left: A detailed mesh of the human gallbladder and bile ducts with 1960 vertices and 3772 faces. Upper right: The model with the gallbladder coarsened from 517 vertices to 117. Lower left: Where the instrument grasps the gallbladder, the mesh has been locally refined. Lower right: Texture mapped view of grasped gallbladder with local refinement.

# شناسایی موارد عدم تطبیق

Issue's Photo



## برخی از نرم افزارهای متداول در انجام شبیه سازی در پروژه های مهندسی عمران

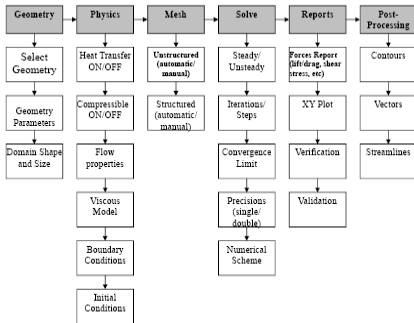
| Earthquake | water    | Networks  |         | and Soil |
|------------|----------|-----------|---------|----------|
| Etabs      | Fluent   | Loop      | Hec-HMS | Hydros   |
| Safe       | Flow3D   | Watercad  | Hec-RPT | GSTARS   |
| Sap        | SSIIM    | Epanet    | FDA     | NovoLIQ  |
| Ansys      | Hec      | Pipephase | GMS     | PLAXIS   |
| OpenSees   | OpenFOAM | Fathom    |         |          |

# نحوه کار در یک کد یا نرم افزار شبیه سازی

در هر نرم افزار شبیه سازی، سه جزء اصلی وجود دارد:

- پیش پردازش (Pre-processor)
- پردازش (Solver)
- پس پردازش (Post-processor)





# شباهت و تفاوت مدل‌سازی و شبیه‌سازی

صرف نظر از اینکه برای مطالعه سیستم از روش نظری یا تجربی استفاده شود، روند کلی کار یکسان است. در هر یک از این روش‌ها مشاهده‌پذیرها (ورودی) معنی انتخاب و مقدار آنها تغییر داده یا کنترل می‌شود. سیستم به این تغییر پاسخ می‌دهد و این پاسخ در قالب مشاهده‌پذیرهای دیگری (خروجی‌ها) نمود می‌یابد که قابل اندازه‌گیری یا محاسبه هستند. از آنجا که امروزه بررسی‌های نظری معمولاً با استفاده از مدل‌سازی، شبیه‌سازی یا هر دو انجام می‌شود، شناخت تفاوت‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی بسیار مفید خواهد بود.

هدف در یک مطالعه نظری، ایجاد ارتباط میان ورودی کنترل شده و مشاهده‌پذیرهای خروجی است. بخشی از یک مسأله نظری، تعریف حالت است. این حالت باید به گونه‌ای تعریف شود که برهمکنش‌های پیچیده بین متغیرهای حالت، تفکیک یا لااقل ضعیف شود و بتوان مشاهده‌پذیرهای خروجی را محاسبه کرد.

یک مدل، توصیفی ساده یا ایده‌آل از یک سیستم یا فرآیند است که غالباً با استفاده از مفاهیم و عبارت‌های ریاضی بیان می‌شود و هدف از طراحی آن، ساده شدن محاسبات و پیش‌بینی‌های مورد نظر است.

## شباهت و تفاوت مدلسازی و شبیه سازی (ادامه)

در یک مدل تلاش می‌شود تا برهمکنش‌هایی که اثر کمی بر مشاهده‌پذیرهای مورد مطالعه دارند یا بر آنها بی‌تأثیرند، تفکیک یا حذف شود. در نتیجه یک مدل، ساده‌تر از سیستمی است که از آن الگو می‌گیرد؛ به این معنا که به حالت‌های کم‌تری دسترسی دارد که برای سیستم اصلی قابل دسترسی نیست و برعکس. به عبارتی، یک مدل یک زیرمجموعه یا زیرسیستم از سیستم اصلی است، اما خروجی‌های یک مدل فقط برای مجموعه معدودی از ورودی با خروجی‌های سیستم اصلی سازگار خواهد بود. از آنجا که یک مدل زیرمجموعه‌ای از سیستم اصلی است، حالت‌هایی که مدل برای این ورودی‌های محدود لحاظ می‌کند، مشابه حالت‌هایی است که به وسیله سیستم اصلی بازدید می‌شود.

بر خلاف مدلسازی، شبیه‌سازی از سیستم مورد مطالعه پیچیده‌تر است؛ یک شبیه‌سازی عموماً می‌تواند به تعداد حالت‌های بسیار بیشتری نسبت به سیستم اصلی دست یابد. بنابراین، در شبیه‌سازی‌ها محدودیت‌هایی اعمال می‌شود تا خروجی شبیه‌سازی شده، لااقل برای مجموعه معدودی از ورودی‌ها با خروجی سیستم اصلی سازگار باشد. یک شبیه‌سازی معمولاً هیچ رابطه ساختاری با سیستم اصلی ندارد؛ به عنوان مثال، شیوه اعمال محدودیت‌ها در شبیه‌سازی ممکن است با مکانیسمی که سیستم اصلی را به حالت‌های معینی محدود می‌کند، کاملاً متفاوت باشد. در نتیجه، حالت‌های شبیه‌سازی ممکن است هیچ تشابهی با حالت‌های سیستم اصلی نداشته باشد.

## شباهت و تفاوت مدلسازی و شبیه سازی (خلاصه)

۱. مدلسازی کامپیوتری و شبیه سازی، هر دو، به کمک کامپیوتر به ارائه و نمایش سیستم مجازی یا دنیای واقعی می پردازند.
۲. مدلسازی کامپیوتری و شبیه سازی، هر دو، به طراحان در ذخیره زمان و کم کردن هزینه کمک می کنند.
۳. شبیه سازی تغییر یک یا چند متغیر مدل و مشاهده تغییرات حاصله در نتایج است.
۴. اگرچه یک مدل همواره تلاش در ارائه خصوصیات یک سیستم واقعی دارد، در یک شبیه سازی ممکن است تغییرات غیرممکن (در دنیای واقعی) بررسی شوند.
۵. از آنجاییکه متغیرهای یک شبیه سازی همواره در حال تغییرند، یک شبیه سازی را می توان دینامیک و مدلسازی را استاتیک لحاظ نمود.



## معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران

### ۱- نرم افزار مایک MIKE

مناسبترین ابزار برای مطالعه جریانهای غیرماندگار و ارزیابی عملکرد آنها مدلهای هیدرودینامیکی است که توانایی شبیه سازی جریان در انواع کانال های آبی را در شرایط تغییرات محدود و شدید جریان را داشته باشد.

بسته نرم افزاری مایک شامل مدل های هیدرولوژی ، هیدرودینامیک انتقال رسوب ، انتقال انتشار و کیفیت آب میباشد.



## (MIKE) معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران

MIKE یک نرم افزار نیست بلکه یک بسته نرم افزاری میباشد. این موسسه نرم افزارهای خود را در چهار تقسیم بندی قرار میدهد:

۱. مدل های بررسی محیط های شهری
۲. مدل های منابع آب
۳. مدل های منابع آب زیر زمینی و محیط های متخلخل
۴. مدل های ساحلی و دریایی

- روش مورد استفاده در این مدل روش حجم محدود میباشد.
- شبکه مورد حل با استفاده از شبکه بی ساختار مثلثی بررسی و ساخته می شود.

## (MIKE) معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران

- مدل های بررسی محیط های شهری:

1. MIKE FLOOD
2. MIKE URBAN
3. WEST

- مدل های منابع آب:

1. MIKE 11
2. MIKE SHE
3. MIKE BASIN

## (MIKE) معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران

- مدل های منابع آب زیر زمینی و محیط های متخلخل:

1. FEFLOW

- مدل های ساحلی و دریایی :

1. MIKE 21

2. MIKE 3

3. LITPACK

4. MIKE C-MAP

5. MIKE Animator Plus

## MIKE 3

Coastal and inland waters in 3D



## MIKE 21

Coastal and inland waters in 2D



## MIKE FLOOD

Inundation and mapping



## LITPACK

Sediment transport and littoral processes



## MIKE SHE

Integrated hydrology



## MIKE URBAN

Urban water distribution and collection



## FEFLOW

Groundwater systems



## WEST

Wastewater treatment plants



## MIKE 11

Rivers, channels and reservoirs



## MIKE BASIN

GIS-based river basin management



[Read more...](#)



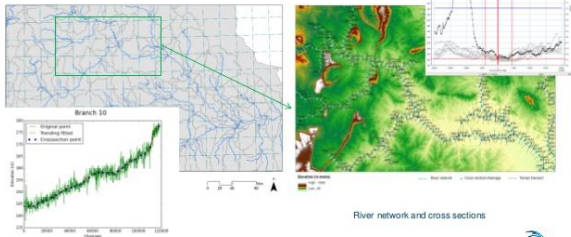
LOCATION /  
COUNTRY

San Diego, USA

SOFT WARE USED

MIKE URBAN

## Coupled hydrological and 1D hydraulic model – Model development (all within MIKE 11)

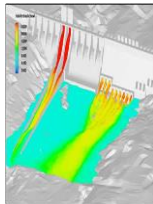
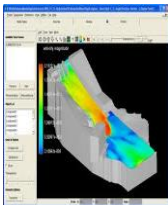
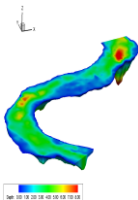


River network and cross sections

## معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران (ادامه)

### ۲- نرم افزار Flow3D

Flow 3d یکی از مدل های بسیار قوی در زمینه ی دینامیک سیالات است که از سال ۱۹۸۵ وارد بازار شده است که توسعه و پشتیبانی آن توسط شرکت Flow science صورت گرفته است. این نرم افزار قابلیت تحلیل سه بعدی میدان جریان را دارد و محدوده ی کاربردی بسیار وسیعی را در مسائل مربوط به سیالات دارد.





## کاربرد های **FLOW 3D** در زمینه مهندسی آب

- ❖ پایه های پل
- ❖ سرریز دایره ای
- ❖ شکست سد
- ❖ پارشال فلوم
- ❖ آب شستگی
- ❖ جریان با عمق کم
- ❖ موج های کم ارتفاع
- ❖ جریان سرریز
- ❖ جریان روی یک پلکان
- ❖ هواگیری در سرریز ها
- ❖ جریان در کانال های کنترل
- ❖ پرش هیدرولیکی



مدلسازی سد سیلان



معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران (ادامه)

### ۳- نرم افزار Geo- studio

نرم افزار Geo Studio ، محصول شرکت خصوصی GEO-SLOPE در آلبرتا می‌کانادا می‌باشد، یک برنامه کامل ژئوتکنیکی برای تحلیل و طراحی سازه های خاکی است.



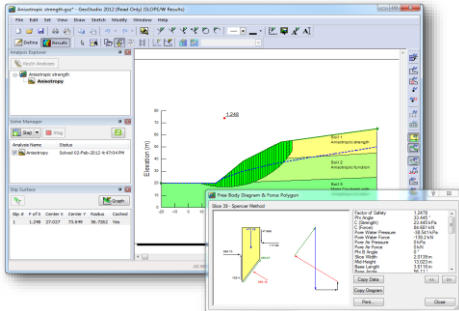
# معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران (Geo- studio)

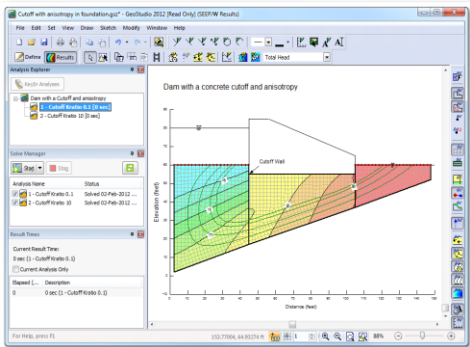


شبیه سازی و تحلیل پایداری شبیه‌های خاکی  
تحلیل پایدار و ناپایدار تراوش آب زیرزمینی  
تحلیل تنش- کرنش  
تحلیل دینامیکی و شبیه سازی بار زلزله  
شبیه سازی ژئوترمال  
شبیه سازی پخش آلاینده ها در خاک  
شبیه سازی اثر شرایط محیطی بر خاک  
مدلسازی جریان هوا در خاک

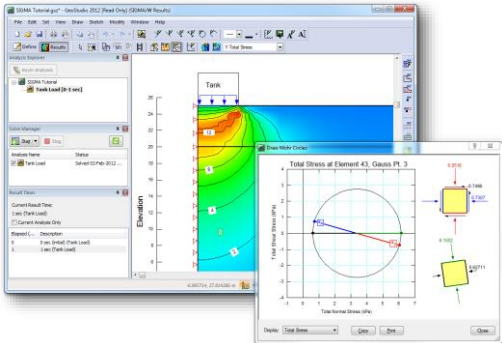
**SLOPE/W**  
**SEEP/W**  
**SIGMA/W**  
**QUAKE/W**  
**TEMP/W**  
**CTAN/W**  
**VADOSE/W**  
**AIR/W**

همه زیر برنامه های ژئواستوديو بجز SLOPE/W به روش المان محدود عمل میکنند.  
زیر برنامه SLOPE/W به روشهای تعادل حدی به آنالیز میپردازند.

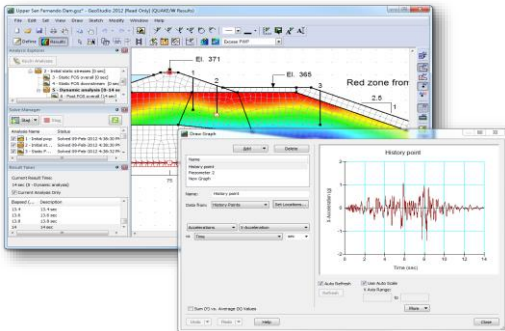




**SEEP/W**

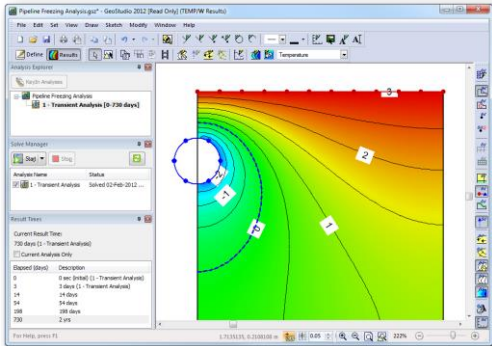


**SIGMA/W**

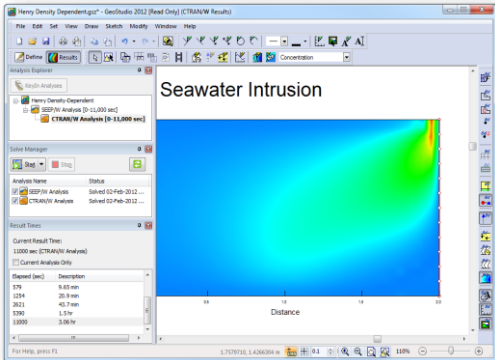


**QUAKE/W**

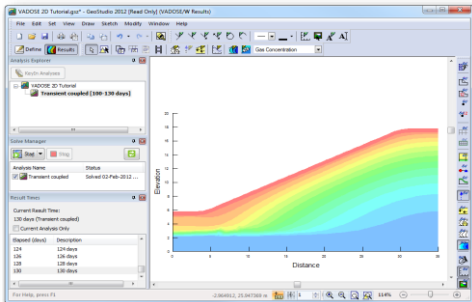




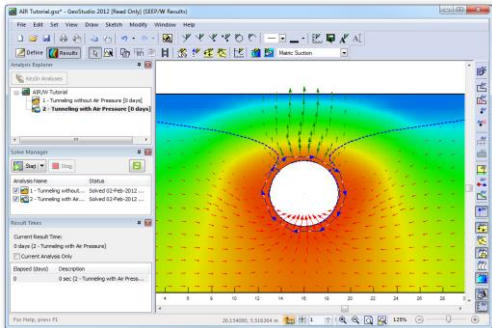
**TEMP/W**



**CTRAN/W**



**VADOSE/W**



**AIR/W**

## معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران (ادامه)

### ۴- نرم افزار Safe

این برنامه که مخصوص طراحی انواع دال ها می باشد توسط شرکت سی اس آی وابسته به دانشگاه برکلی در کالیفرنیا جنوبی به منظور طراحی دال های بتنی ساخته شده است.

این نرم افزار دارای محیط گرافیکی قدرتمندی است که تمامی عملیات مربوط به ایجاد و اصلاح مدل ، بهینه سازی طرح و نمایش نتایج خروجی در آن صورت می گیرد.

این نرم افزار نیازمند گرفتن خروجیهای مختلفی از ETABS است که شامل موارد زیر است :

- خطوط شبکه جریان
- حالت های بار های اصطکاکی
- اندازه بار جهت کنترل برش پانچ در پی



معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران (Safe)

**پی های نواری**

**پی های گسترده**

**پی های منفرد**

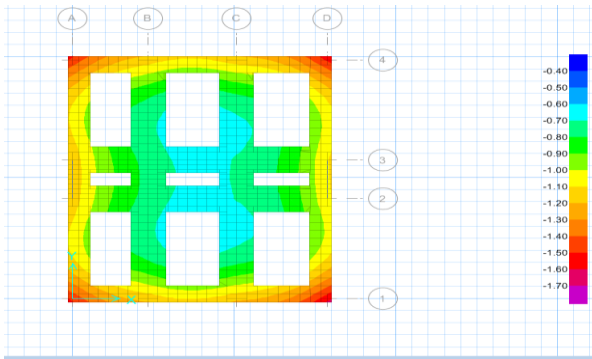
**انواع کف ها**

**انواع مدل  
کردن**



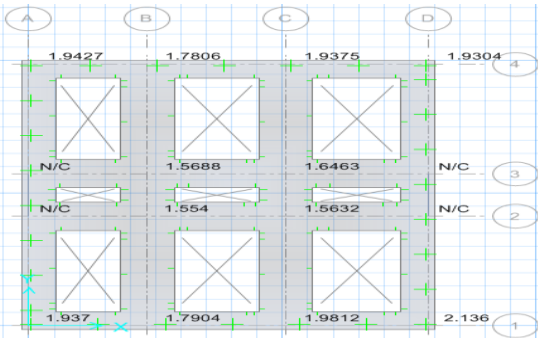
## معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران (Safe)



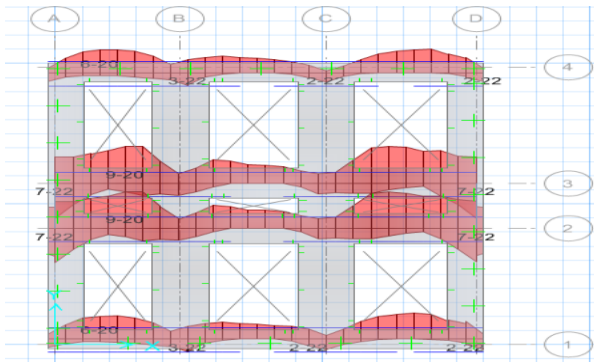


کنترل فشار خاک زیر پی





برش منگنه ای



میلگردهای طولی

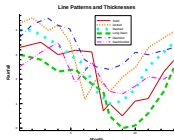
معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران (ادامه)

## ۵. نرم افزار Tecplot

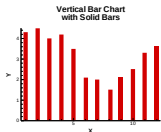
برای رسم نمودارهای پیچیده از نرم افزارهایی چون Matlab، Mathematica و Tecplot استفاده می کنند.

این نرم افزار در سیستم عامل ویندوز و لینوکس وجود دارد. با استفاده از نرم افزار Tecplot به آسانی می توان انواع نمودارهای دو بعدی، سه بعدی و حتی انیمیشن ترسیم کرد و در رسم منحنی ها از انواع رنگ ها و خطوط متنوع چون نقطه چین و پاره خط سود جست و می توان برای نمودار یا شکل خود زیرنویس تعریف کرد.

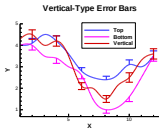
## معرفی برخی از نرم افزارهای شبیه سازی در مهندسی عمران (ادامه)



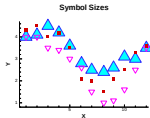
نمودار دو بعدی  $XY$  که دارای چندین محور  $Y$  است



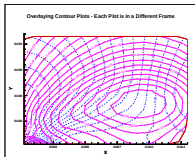
نمودار میله‌ای یا هیستوگرام



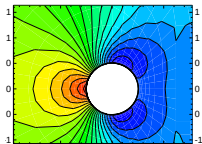
نمایش میزان خطا در داده‌های آزمایشگاهی به کمک نمودار دو بعدی  $XY$



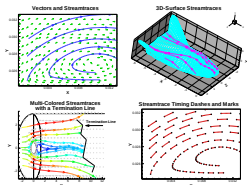
نمایش داده‌ها به صورت مجموعه‌ای از نقاط Scatter Plot و با انتخاب سبیل‌های متفاوت



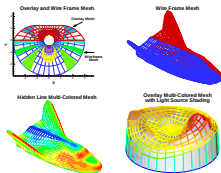
نمودار کانتور دو میدان بر روی هم از نوع خطی



نمودار کانتور از نوع رنگی و خطی

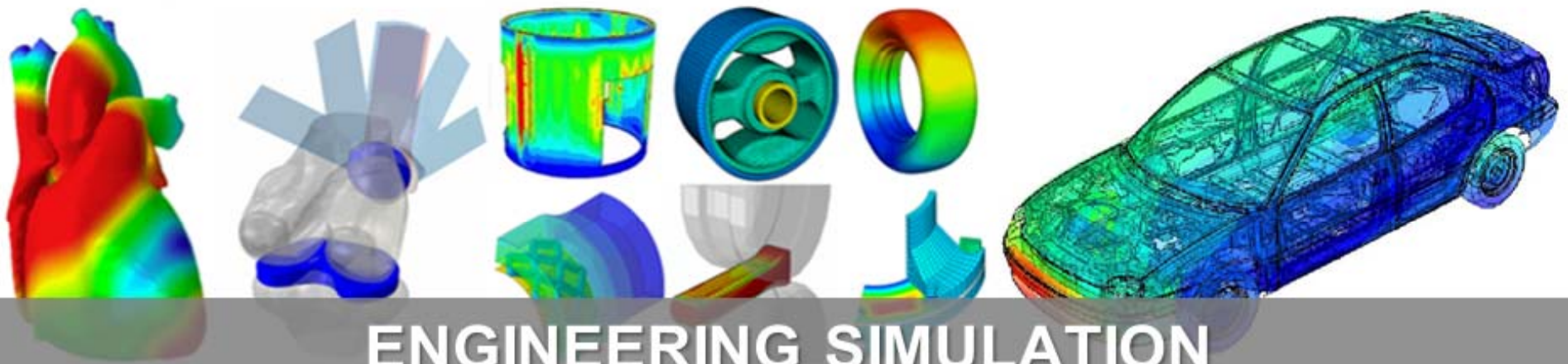


نمودارهای برداری در رسم خطوط جریان (Streamline) به شکل دو بعدی و سه بعدی

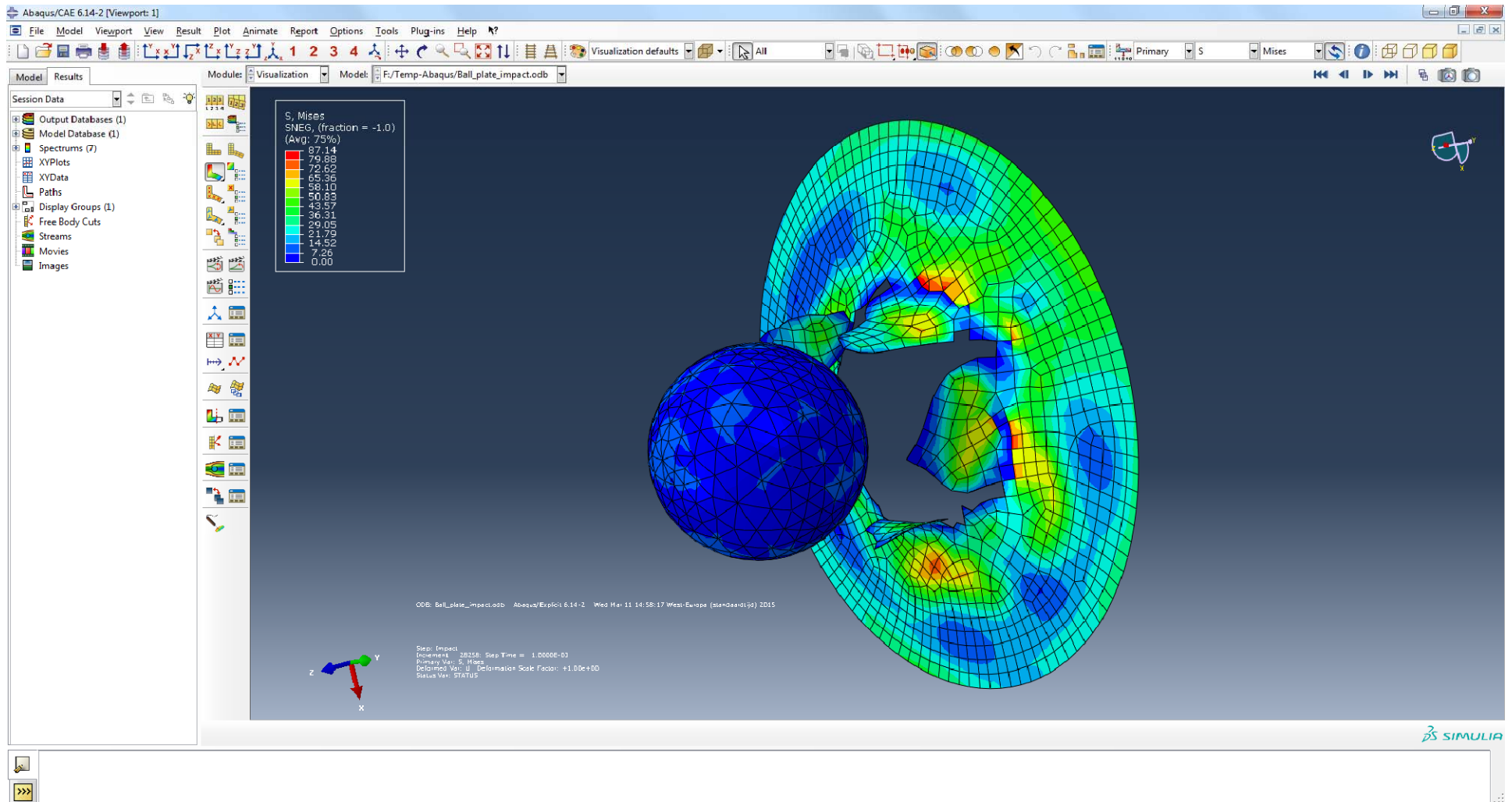


نمودارهای Grid به صورت دو بعدی و سه بعدی

# ABAQUS



**ENGINEERING SIMULATION**  
**INNOVATION POWERED PRODUCT DEVELOPMENT**



## بخش های پردازش آباکوس

تمامی نرم افزارهای اجزای محدود تراز اول از سه بخش حیاتی تشکیل شده اند:

- بخش پیش پردازش یا مدلسازی که وظیفه آماده سازی مدل مورد نظر برای تحلیل اجزای محدود را دارد.
- بخش پردازش یا تحلیل اجزای محدود که قلب نرم افزار بوده و مجموعه حلگرهای مورد نیاز در تحلیل اجزای محدود را فراهم می آورد.
- بخش پس پردازش که وظیفه ارائه نتایج در قالب ابزارهای گرافیکی و نمودارها را داشته و خروجی مورد نیاز تحلیلگران را آماده می نماید.

نرم افزار Abaqus نیز با ارائه قابلیت های مدلسازی، تحلیل اجزای محدود و ارائه کانتورها و نمودارهای گرافیکی، مجموعه ای یکپارچه از نیازهای محققین را فراهم می آورد. بعلاوه بخش مدلسازی در نمونه های با هندسه پیچیده میتواند در نرم افزارهای CAD انجام شده و جهت تحلیل اجزای محدود به آباکوس فراخوانی شود. شرکت داسو سیستم نیز با ارائه یک بسته تحت عنوان Abaqus for CATIA، قابلیت های پردازش و پس پردازش را به نرم افزار محبوب و کاربرپسند CATIA (که خود یکی از قویترین نرم افزارهای پیش پردازش است) به ارمغان آورده است.



## ویژگی های نرم افزار آباکوس

1. محیط کاربری بسیار زیبا و کاربرپسند
2. محیط مدل سازی دوبعدی و سه بعدی بسیار پیشرفته و در عین حال قابل درک
3. ارتباط جامع با نرم افزارهای طراحی تراز اول دنیا مثل کتیا (CATiA) و سالیدورکس (SOLIDWORKS)
4. کدهای حلگر قدرتمند و دقیق غیرخطی
5. قابلیت توسعه به کمک اسکریپت های پایتون (Python)، فایل متنی ورودی (.inp)
6. قابلیت ایجاد GUI
7. امکان کاربری زیربرنامه های زبان فرترن (FORTRAN)
8. قابلیت تحلیل به روش پردازش موازی
9. مقبولیت بسیار بالا در جوامع دانشگاهی

## راهنمای نرم‌افزار آباکوس

محققین و کاربران آکادمیک و صنعتی همواره نیاز به دسترسی راحت به اطلاعات، فرمول بندی حل و روابط حاکم دارند. مسائل بی شماری در صنعت وجود دارد که مهندسين طراح نخستين بار با آن مواجه می شوند و به همین دلیل نیازمند راهنمایی های گسترده در مدلسازی، استفاده از حلگر و سایر موارد می باشند.

مجموعه [Abaqus Documentation](#) که شامل بانک کاملی از روش های حل، معرفی گام های تحلیل، مثال های متنوع و کاربردی و نیز تئوری ها و روابط ریاضی است، بدون شک یکی از کاملترین و بهترین مراجع راهنمای گام به گام در این نرم‌افزار است. طبقه بندی بسیار دقیق اطلاعات و مجموعه کم نظیر Help این امکان را فراهم آورده است که مبتدیان در خصوص نحوه مدلسازی، نحوه استفاده از دستورات و غیره پا به پای افراد خبره و دانشگاهی (درخصوص معادلات حاکم، فرمولبندی حل و پشت پرده نرم‌افزار) گام بردارند و نیازهای خود را مرتفع سازند.

## رویه کلی حل در آباکوس

1. ترسیم هندسه دوبعدی در ماژول Sketch
2. ایجاد مدل هندسی سه بعدی با استفاده از ترسیمه مرحله قبل در ماژول Part
3. اختصاص خواص ماده و سطح مقطع در ماژول Property
4. مونتاژ مدل در ماژول Assembly
5. تنظیمات رویه آنالیز و تعیین پارامترهای خروجی در ماژول Step
6. تعریف تماس بین قطعات (در صورت وجود) در ماژول Interaction
7. اعمال بار و شرایط مرزی به قطعات در ماژول Load
8. مش بندی در ماژول Mesh
9. ایجاد یک دستور حل مسئله و ارسال آن برای تحلیل در ماژول Job
10. مشاهده نتایج آنالیز در ماژول Visualization

## ترسیم هندسه مسئله در آباکوس

1

یکی از نقاط مثبت ABAQUS، امکان فراخوانی مدل‌های هندسی ساده و پیشرفته از نرم‌افزارهای تخصصی نظیر کتیا و سالیدورکس است که به کمک آن عملاً محدودیتی در تحلیل قطعات با هندسه‌های پیچیده و جزئیات بالا نخواهید.

## تعریف ماده و تخصیص آن به قطعات

2

تعریف خواص مکانیکی، چگالی، خواص حرارتی و مغناطیسی، معیارهای آسیب و گسیختگی، تعریف پارامترهای سخت شوندگی در بارگذاری سیکلی، خواص وابسته به دما و...، قابلیت برنامه‌نویسی User Material Subroutine : UMAT

## مونتاژ و جایابی قطعات

3

به کمک ابزارها و قیود هندسی تعبیه شده در ماژول Assembly قادر خواهید بود تا به تعداد مورد نیاز از هر قطعه کپی کرده و آن‌ها را در موقعیت دلخواه مناسب برای تحلیل قرار دهید.

## قلب تپنده تحلیل : انتخاب حلگر مناسب

4

امکانات ماژول STEP: ایجاد کام‌های آنالیز (تحلیل فرکانسی، کماتش، انتقال حرارت، شکل‌دهی، کوپل حرارتی-تنشی، تحلیل کوپل اویلری - لاگرانژی)، معین کردن خروجی‌های مورد نظر در Field Output و History Output

## تعیین برهم‌کنش بین قطعات در حل

5

به کمک امکانات موجود در ماژول Interaction قادر خواهید بود به تعیین خواص برخورد، ایجاد قیود چند نقطه‌ای، اتصال دهنده‌ها، تشخیص نقاط برخورد و ... در تحلیل‌های حوزه مکانیک برخورد و مسائل تماسی بپردازید.

6

## بارگذاری و اعمال شرایط مرزی و اولیه

مقید کردن قطعه، اعمال بارهای متمرکز و گسترده، تعریف دامنه اعمال بار، تعریف میدان دما یا تنش یا سرعت اولیه در قطعه، قابلیت Submodel، تعریف نیروی جاذبه، بارهای مغناطیسی، تعریف سرعت و فشار در تحلیل CFD.

7

## شناخت دقیق المان‌ها، فرمول‌بندی حاکم، الگوریتم مش‌زنی

شناخت قواعد نامگذاری المان‌ها، شناخت المان‌ها با انتگرال‌گیری کامل و کاهش یافته، المان‌های هیبریدی، تکنیک‌های مش‌زنی، الگوریتم‌های مش‌زنی از موارد مهمی است که در مازول Mesh قابل کنترل است.

8

## Submit کردن حل در مازول Job

در حین فرایند حل فایل‌های متنوعی ایجاد می‌شود که اطلاعات مفید و کاربردی در خصوص زمان حل، نتایج، گام‌های زمانی و ... را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. (همچون .inp, .fil, .sta, .msg, .dat, .res, .lck, .odb, .rec, .jnl, .cae, .rpy)

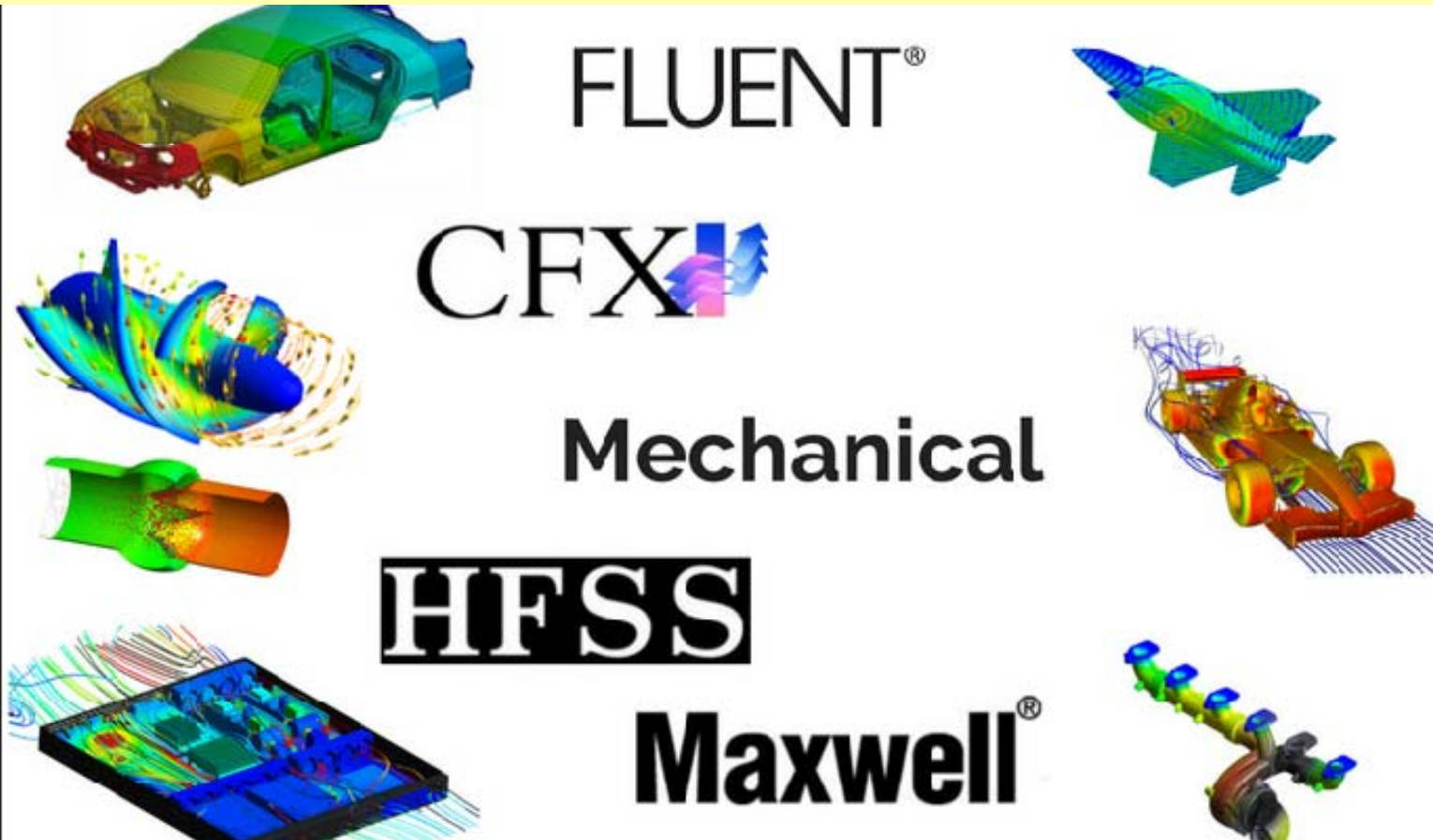
9

## پس‌پردازش و مشاهده نتایج حل

پس از اتمام حل یک مسئله، می‌توانید نتایج مورد انتظار که در مازول Step تعریف کرده‌اید را در قالب کانتورهای رنگی، فیلم و یا نمودار مشاهده کنید. همچنین می‌توانید با تعریف مسیر، مقادیر در یک مسیر خاص قرالت نمایید.



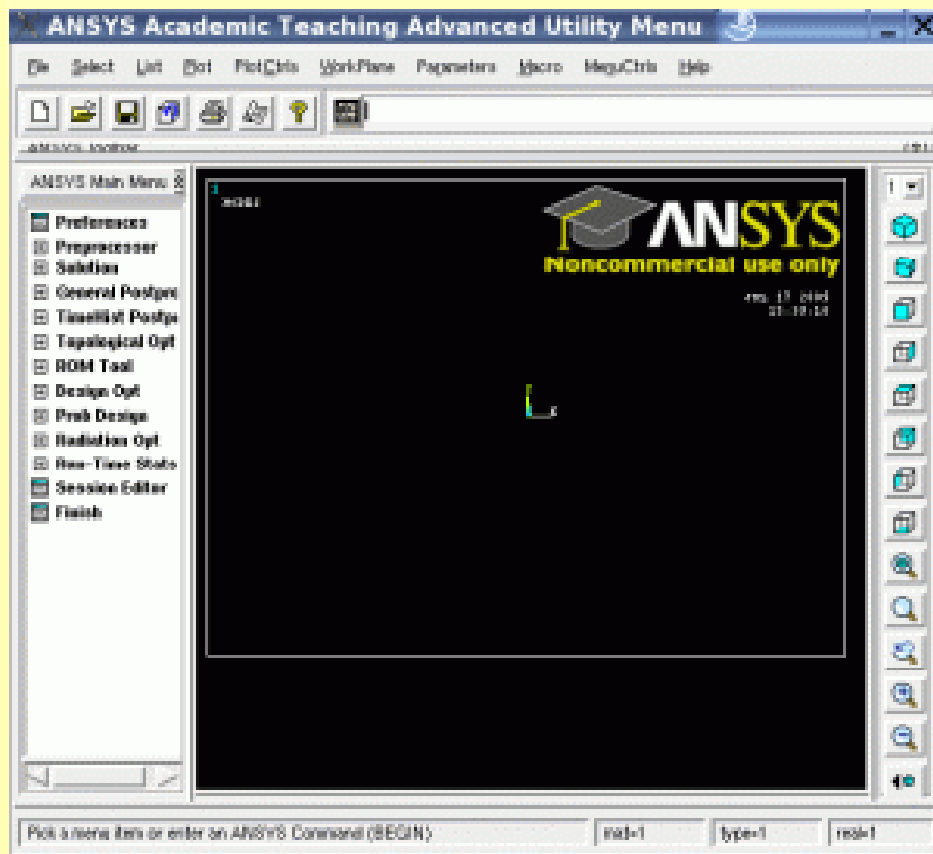
# ANSYS



## نرم افزار انسیس ANSYS چیست؟

انسیس ANSYS یک نرم افزار مهندسی می باشد که محصول شرکت ANSYS Inc است. و از دسته ابزارهای تحلیلی است که از روش اجزاء محدود (FEM) برای مدل سازی و تحلیل در آن استفاده می شود.

نرم افزار انسیس مهندسین و طراحان را قادر می سازد تا به راحتی بهینه سازی ساختاری، حرارتی، دینامیکی، تعادل وزنی و عملکردی و همچنین شبیه سازی های مُد ارتعاشی و ضربه اطمینان و ایمنی را در طرح هایشان به صورت مرحله به مرحله اعمال کنند.



## معرفی نرم افزار تحلیلی انسیس

Ansys نرم افزار قدرتمند و شبیه ساز ساده ای می باشد که قدرت توانایی یک طراحی معتبر و استاندارد را به طراحان و مهندسين می دهد تا ایده هایشان را بر روی صفحه کامپیوترهایشان پیاده کنند.

در نرم افزار Ansys از سیستم کارآمد و آسان اتوماسیون **پایگاه داده ها** استفاده می گردد و باعث کاربری بسیار آسان این نرم افزار گردیده که به گفته سازنده نرم افزار می تواند به قدری قدرتمند باشد که برای ۳۲ سال آینده جهت حل مشکلات طراحی موثر، مفید و قابل اعتماد واقع گردد.

با به کار بردن نرم افزار انسیس، مهندسين قادر به طراحی و تولید محصولاتی با کیفیت بهتر در زمانی کمتر خواهند بود. این نرم افزار مهندسين و طراحان را قادر می سازد تا به راحتی بهینه سازی ساختاری، حرارتی، دینامیکی، تعادل وزنی و عملکردی و همچنین شبیه سازی های مُد ارتعاشی و ضریب اطمینان و ایمنی را در طرح هایشان به صورت مرحله به مرحله اعمال کنند.

نرم افزار Design Space Ansys کاملاً بر آخرین ورژن نرم افزارهای اصلی CAD سه بعدی که شامل: **نرم افزار پرو اینجینیر Pro/ENGINEER**، **نرم افزار سالیدورک SolidWorks**، **نرم افزار اینوئتور Autodesk Inventor**، **نرم افزار مکانیکال دسکتاپ Mechanical Desktop**، **نرم افزار ان ایکس NX (یونیگرافیکس Unigraphics)**، **نرم افزار سالید اج Solid Edge** می شود منطبق است.



## کاربردهای نرم افزار انسیس چیست؟

نرم افزار انسیس هم میتواند در مکانیک سیالات برای بررسی رفتار یک سیال و یا بررسی مسائل انتقال حرارت با استفاده از اجزای محدود بکار رود و هم در مکانیک جامدات با بررسی تنش ها و ارتعاشات در سازه ها و قاب ها مسائل را حل کند.

نرم افزار انسیس قابل استفاده برای دانشجویان و فارغ التحصیلان رشته مهندسی مکانیک و عمران میباشد.

نرم افزار ANSYS یک نرم افزار چند گانه است و قابلیت تحلیل مسائل گوناگون و متنوع مهندسی از قبیل حرارت ، سیالات ، مغناطیس ، الکترواستاتیک ، الکتریسیته ، سازه ، ارتعاشات ، استاتیک و ... را دارد.

## ابزارهای تحلیلی در نرم افزار انسیس چیست؟

ابزارهای پیش بینی شده در انسیس امکان تحلیل انواع مختلف سازه ها مانند قاب، مخزن، سد، پل ... و اجزای سازه ای مانند اتصالات فولادی، اعضای فولادی یا بتنی، ایزولاتورها، ... را به روش های مختلف فراهم ساخته است. از آن جمله می توان به تحلیل های استاتیکی، بارگذاری رفت و برگشتی، مودال، تاریخچه زمانی، طیفی و ... اشاره کرد.

برای شبیه سازی شرایط مختلف تکیه گاهی گزینه های متعددی به صورت شتاب، جابجایی، نیرو و یا لنگر با الگوهای مختلف در دسترس هستند که به طور ثابت یا متغیر با زمان قابل استفاده اند.

همچنین مدل های رفتاری مختلفی از مصالح شکل پذیر و ترد مانند مدل های دو و چند خطی فولاد، مدل دراگر-پراگر و مدل شکست بتن در آن پیش بینی شده است که در حوزه رفتار غیر خطی بکار می روند.

## ویژگی های مهم نرم افزار انسیس چیست؟

- ۱- انجام آنالیز در زمینه های گوناگون از قبیل: جامدات، سیالات، انتقال حرارت، الکترومغناطیس، الکترواستاتیک، الکترونیک و دینامیک.
- ۲- توانایی آنالیز توأمان مانند آنالیز سیالاتی - جامداتی.
- ۳- توانایی بهینه سازی مدل های طراحی شده.
- ۴- قابلیت برنامه نویسی به کمک زبان برنامه نویسی نرم افزار برای توسعه امکانات جدید.
- ۵- قابلیت تهیه گزارش و خروجی های مختلف به صورت فیلم، عکس یا html
- ۶- توانایی تشخیص پارامترهای مختلف و بررسی میزان اهمیت هر کدام از آنها در رسیدن به جواب نهایی طراحی ها.
- ۷- امکان برقراری ارتباط با نرم افزارهای دیگر نظیر: پرو/اینجینیر، سالیدورک، اینونتور، مکانیکال دسکتاپ، یونیگرافیکس، کتیا

## معرفی ماژول های نرم افزار انسیس

ماژول های نرم افزار انسیس به چهار بخش کلی تقسیم می شوند:

Electromagnetics و Systems & Multiphysics و Structural Mechanics و Fluid Dynamics

ANSYS Multiphysics -

ANSYS Mechanical -

ANSYS Structural -

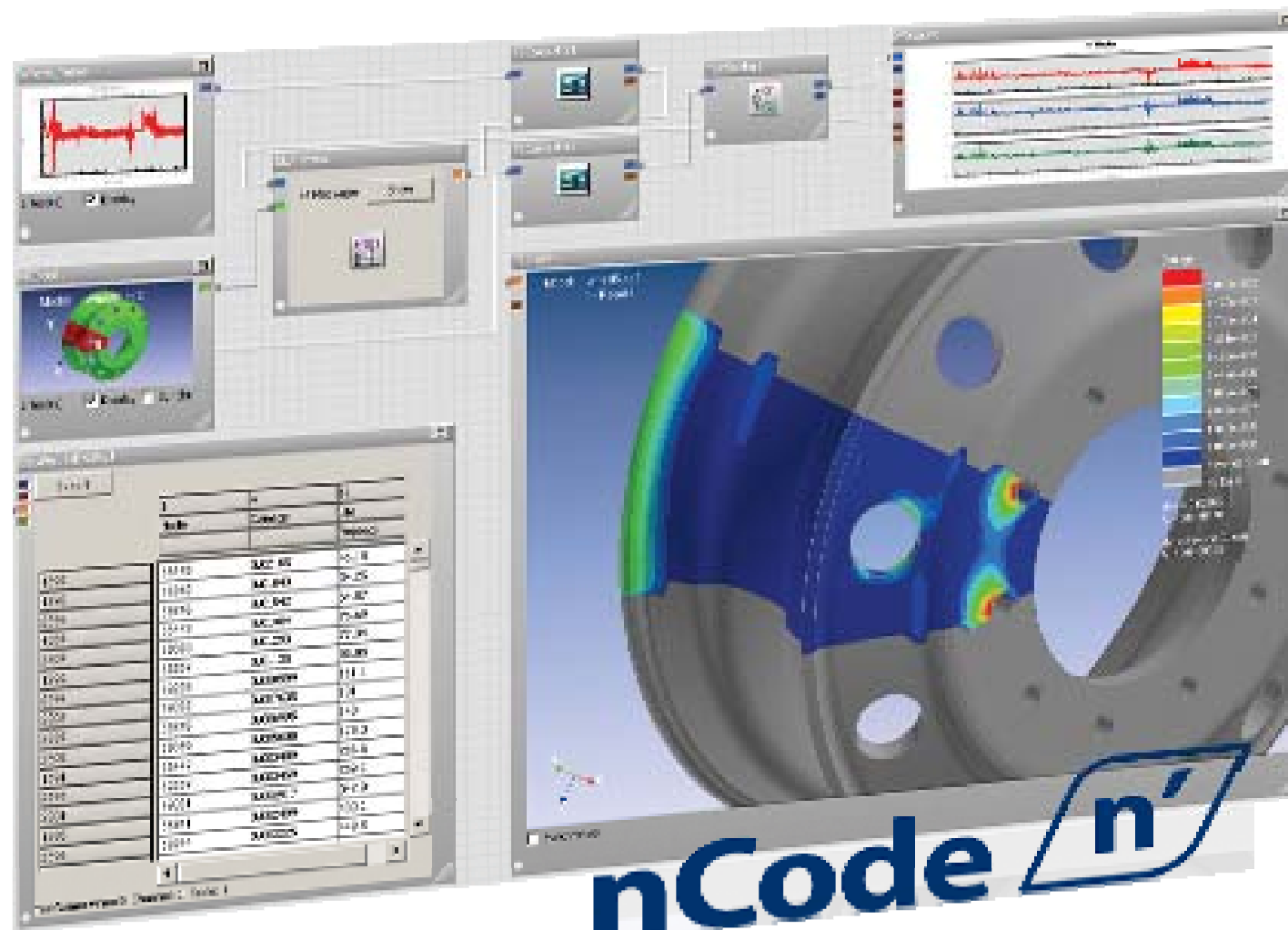
ANSYS Fluent -

ANSYS CFX -

ANSYS CFD-Flo -

ANSYS Maxwell -

ANSYS HFSS -



## تفاوت نرم افزار انسیس و آباکوس چیست؟

مهمترین نکته ای که باید به آن توجه شود اینست که مبنای هر دو نرم افزار روش اجزاء محدود میباشد. لذا اینگونه نیست که گفته شود مثلاً یک مسئله با آباکوس جواب های درست میدهد اما با انسیس جواب های غلط! به عبارت دیگر چنانچه یک مسئله را به دو اپراتور ماهر نرم افزارهای آباکوس و انسیس بدهیم تا آن را حل کنند، جواب های هر دو یکسان خواهد شد.

البته اختلاف اندکی در دقت جواب این دو نرم افزار وجود خواهد داشت که آن هم برمیگردد به الگوریتم و روش حل معادلات در این دو نرم افزار.

نرم افزار انسیس و نرم افزار آباکوس **Abaqus** به نوعی رقیب یکدیگر میباشند. لذا در هرکدام، برخی آپشنها وجود دارد که در دیگری نیست. مثلاً مبحث XFEM که تئوری آن تازه در سال ۱۹۹۹ مطرح شده است، در نرم افزار آباکوس وجود داشته اما در نرم افزار انسیس وجود ندارد. و یا قابلیت تعریف مواد هوشمند – Smart Material در انسیس وجود دارد اما در آباکوس می بایست با کدنویسی آنرا تعریف کرد. البته تقریباً ۸۵٪ قابلیت های این دو نرم افزار یکسان است.

مهمترین مزیتی که نرم افزار آباکوس نسبت به انسیس دارد اینست که نرم افزار آباکوس بسیار کاربرپسندتر از نرم افزار انسیس میباشد. بدین معنی که روند مدلسازی یک مسئله مهندسی مشخصی که هر دو نرم افزار قابلیت تحلیل آن را داشته باشند، در آباکوس بسیار بسیار راحتتر از انسیس است.

در حال حاضر نرم افزارهای مهندسی کتیا، سالیدورکس و آباکوس متعلق به یک کمپانی می باشند. لذا ارتباط بسیار خوبی میان این سه نرم افزار مهندسی وجود دارد. شاید به همین علت است که:

**نرم افزار ABAQUS** را یک نرم افزار مهندسی و نرم افزار انسیس را یک نرم افزار آکادمیک و دانشگاهی می نامند. بنابراین در تحلیل مسائل صنعتی (در مقایسه با مسائل پژوهشی) نرم افزار آباکوس ترجیح داده میشود.

یکی از مزیت های نرم افزار انسیس، کاربری آسان با زبان برنامه نویسی پارامتریک آن یعنی APDL می باشد. بدین معنی که تحلیل پارامتریک مسائل به کمک این زبان بسیار راحت تر از تحلیل آنها به زبان **Python** در نرم افزار آباکوس می باشد.

البته ناگفته نماند که قابلیتهای تحلیل پارامتریک به زبان **پایتون** در آباکوس بسیار فراتر از APDL انسیس می باشد. اما کار کردن با Python آباکوس بسیار دشوارتر از APDL انسیس است.

# OPENSYS





## معرفی نرم افزار و توانایی های اپنسیس OpenSEES

### Open System for Earthquake Engineering Simulation

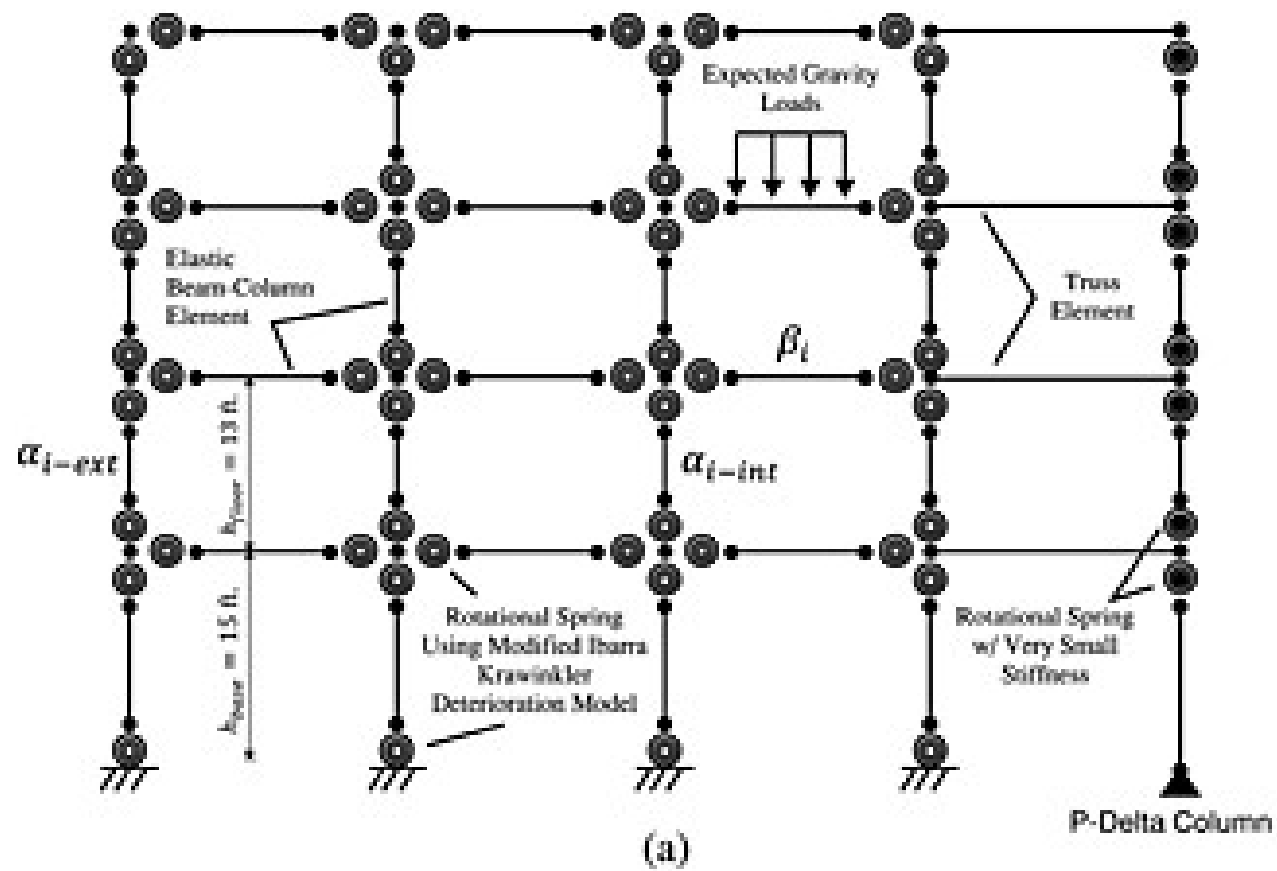
نرم افزار اپنسیس یک نرم افزار جامع تحلیل ماکرو است. این نرم افزار توسط محققین دانشگاه برکلی در سال ۱۹۹۸ بوجود آمد. نرم افزار اپنسیس یک نرم افزار رایگان و متن باز است و این بدان معنی است که هم نسخه قابل اجرا "executable" آن و هم کدهای برنامه "source" در اختیار عموم قرار دارد که پژوهشگران بتوانند تغییرات مورد نظر خود را در آن اعمال نمایند و یا قابلیت های جدید به آن بیافزایند.

این نرم افزار توانایی های مختلفی در زمینه تحلیل و بررسی انواع سازه های **Structural** و **Geotechnical** دارد و با داشتن کتابخانه قدرتمندی از رفتار مصالح به پژوهشگران ابزار لازم جهت تحقیقات را ارائه می نماید.

با وجود استفاده از زبان برنامه نویسی تیکل "tcl/tk" پژوهشگران میتوانند تمامی رفتارهای مورد نظر خود را در سازه های مورد بررسی خود شبیه سازی و اجرا نمایند.

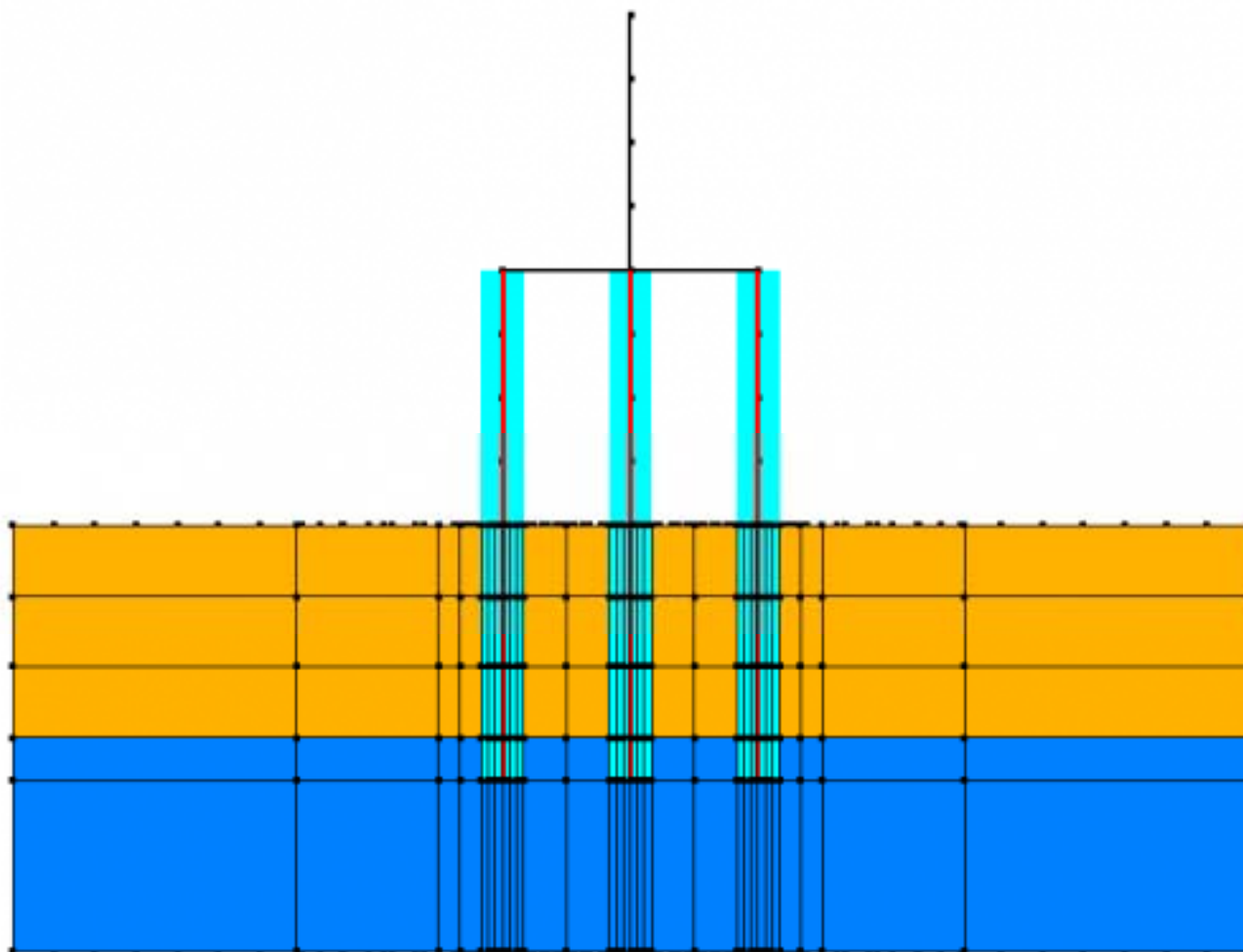
## مدل سازی سازه Structural

- مدل سازی انواع سازه های ساختمانی
- توانایی انجام انواع تحلیل های خطی و غیر خطی
- مدل سازی انواع مختلف رفتار مصالح
- کتابخانه قوی از المان ها و رفتارهای مصالح



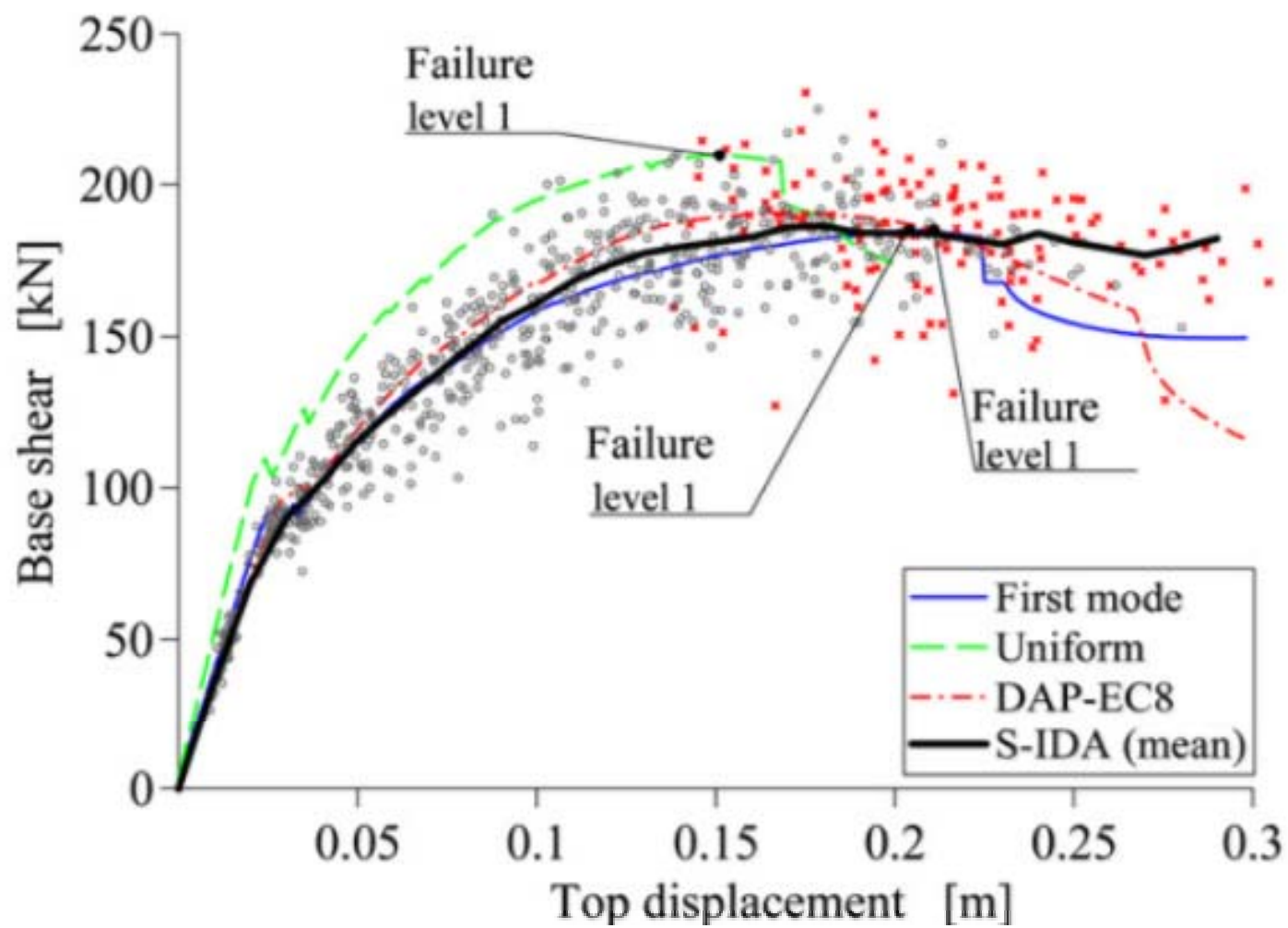
## مدل سازی ژئوتکنیکی Geotechnical

- مدل سازی دو بعدی و سه بعدی خاک
- توانایی انجام انواع تحلیل های تک فاز و دوفازی محیط خاک
- مدل سازی انواع مختلف رفتار مصالح ماسه، رس ...
- کتابخانه قوی از المان ها و رفتارهای مصالح ژئوتکنیکی
- مدلسازی روانگرایی ...



انجام تحلیل های مختلف OpenSEES

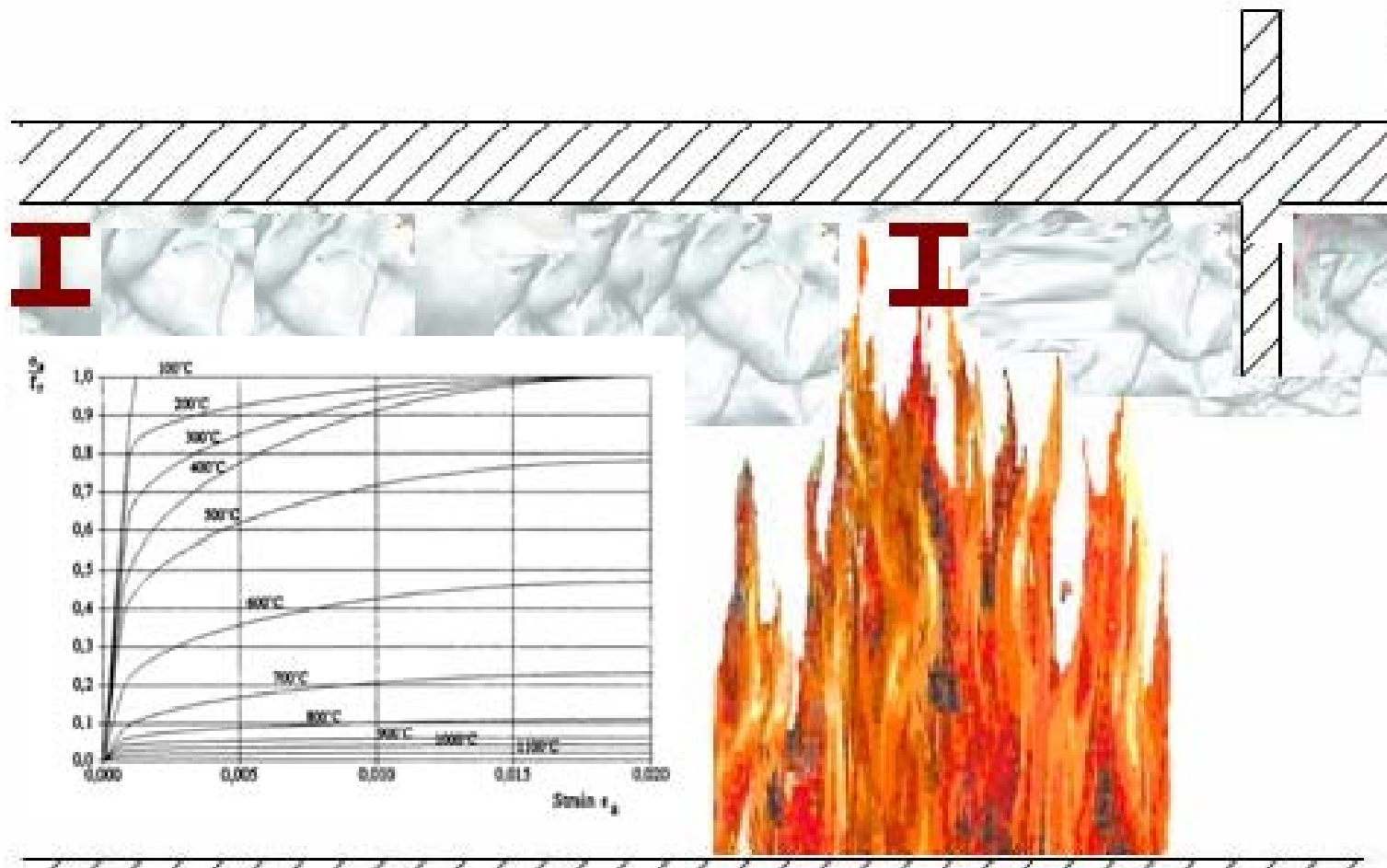
- تحلیل استاتیکی غیرخطی Pushover
- تحلیل دینامیکی فزاینده Incremental dynamic analysis یا IDA
- تحلیل های چرخه ای Cyclic
- تحلیل های چند تکیه گاهی Multiple Support Excitation
- ...



مدل سازی بارگذاری حرارتی و آتش در سازه

- مدل سازی بارهای حرارتی در سازه ها
- توانایی مدلسازی انتقال حرارت در سازه ها
- ارتقا انواع مصالح و مقاطع و توانایی ها به حالت thermal
- مدلسازی بسیار ساده به نسبت سایر نرم افزارها
- ...





انجام تحلیل های احتمالاتی و قابلیت اعتماد OpenSEES

- تحلیل قابلیت اعتماد Reliability Analysis

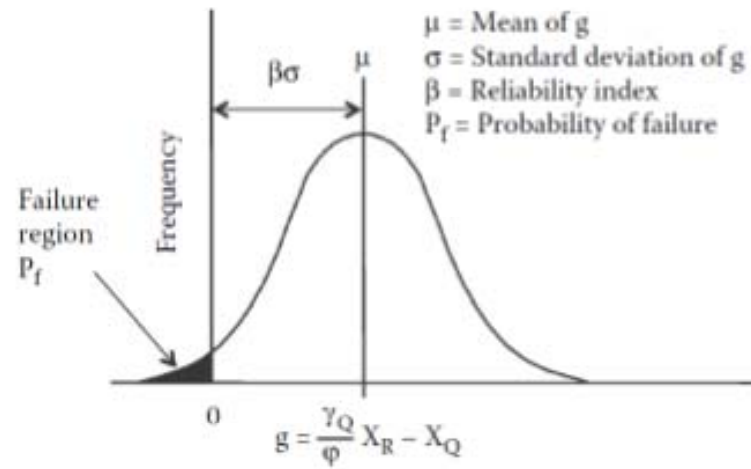
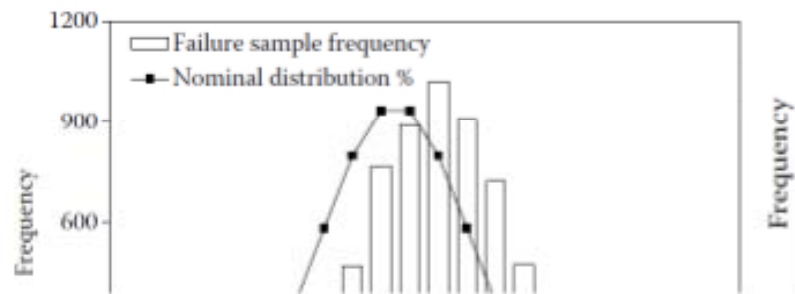
- تحلیل های مرتبه اول و ... FORM, SORM ...

- تحلیل های Monte Carlo

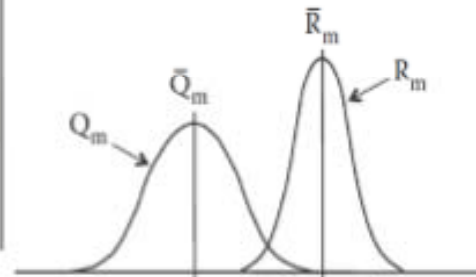
- تحلیل های حساسیت Sensitivity

- روش های Importance Sampling و ...

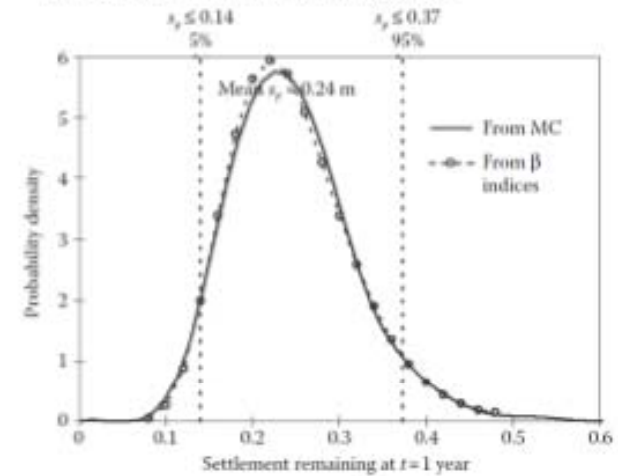
- ...



Frequency



Measured load and resistance values



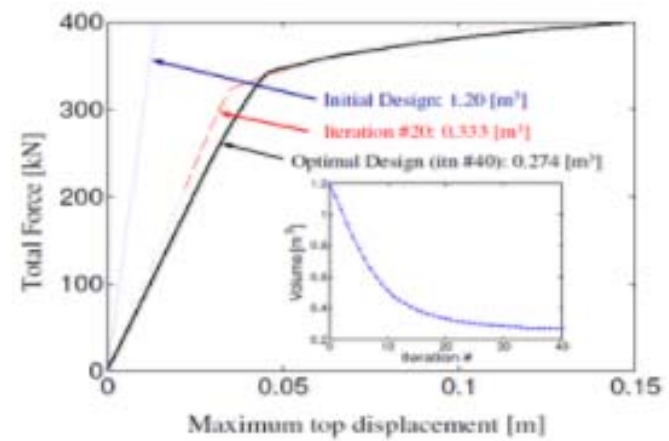
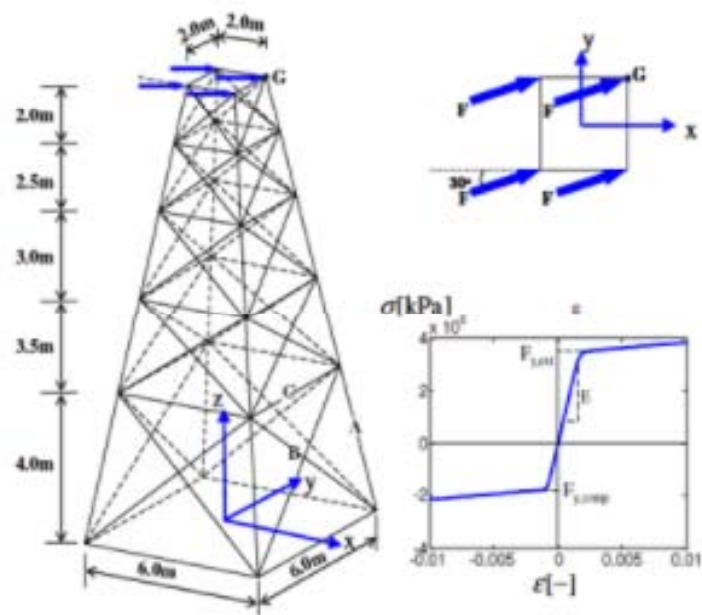
## Opensees در بهینه سازی سازه ها

- بهینه سازی ریاضی سازه ها
- توانایی بهینه سازی توابع گرادیان غیر پیوسته
- بهینه سازی بر اساس عملگر
- توانایی استفاده در ارتباط با سایر نرم افزارها جهت انجام بهینه سازی های Random

## Search

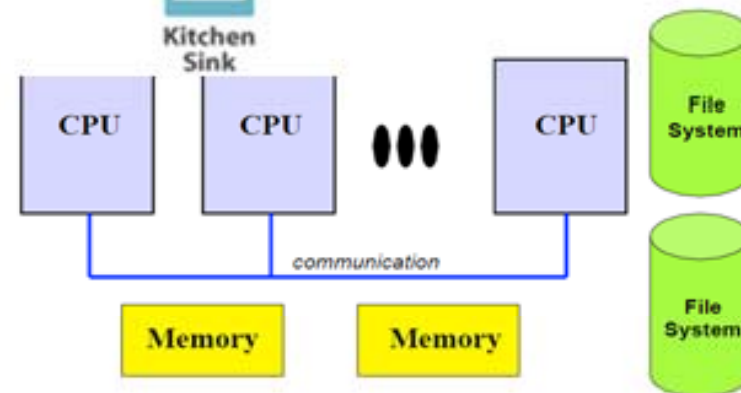
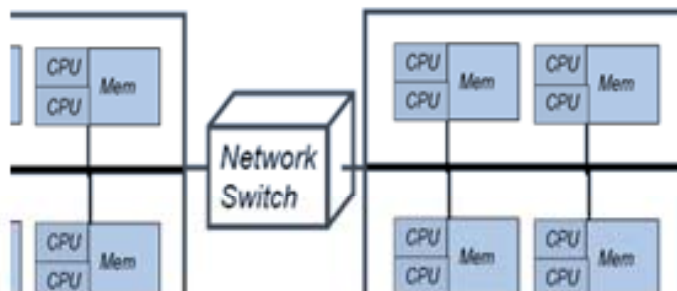
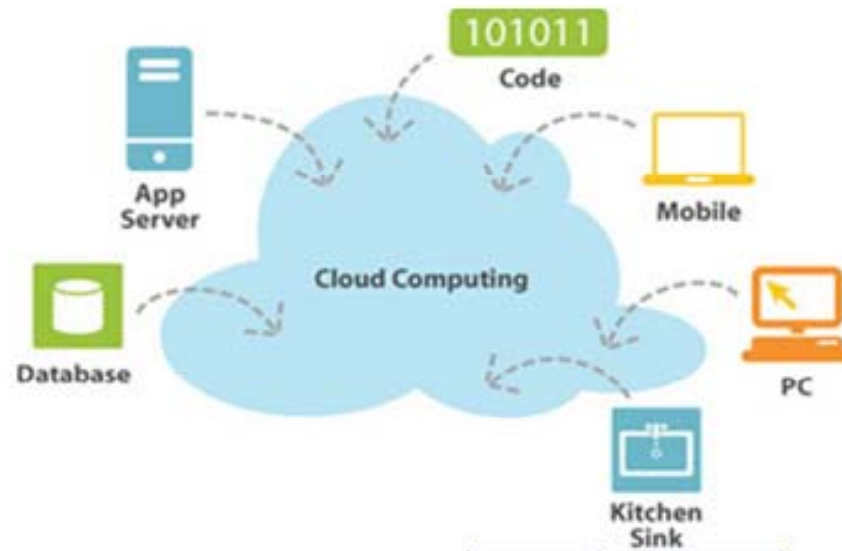
## Finite Element Model Updating

- کاربرد در شناسایی سیستم و خسارت
- ...



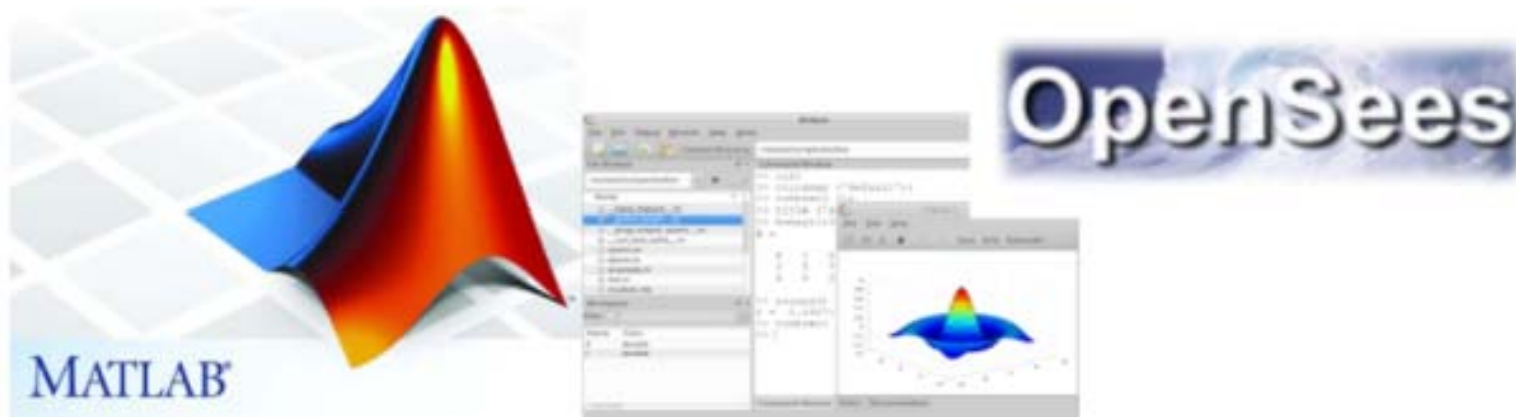
## پردازش موازی Parallel Processing OpenSEES

- توانایی کار در فضاهای موازی
- افزایش توان و بهره‌وری در مدلسازی‌های حجیم
- کاهش زمان محاسبات در تحلیل‌های تکراری
- توانایی اجرا در سیستم‌عامل‌های مختلف
- ...



## ارتباط با سایر نرم افزارها Openses

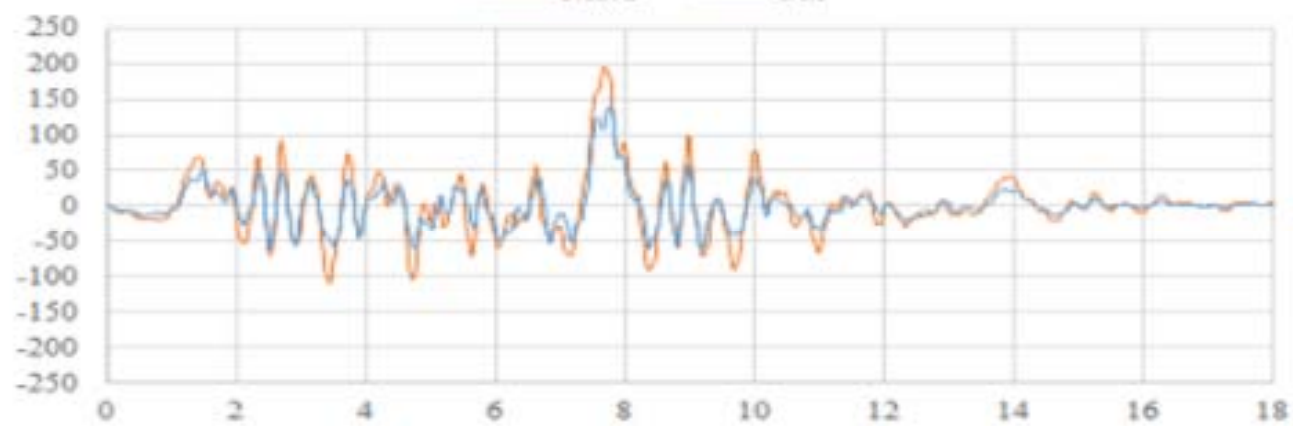
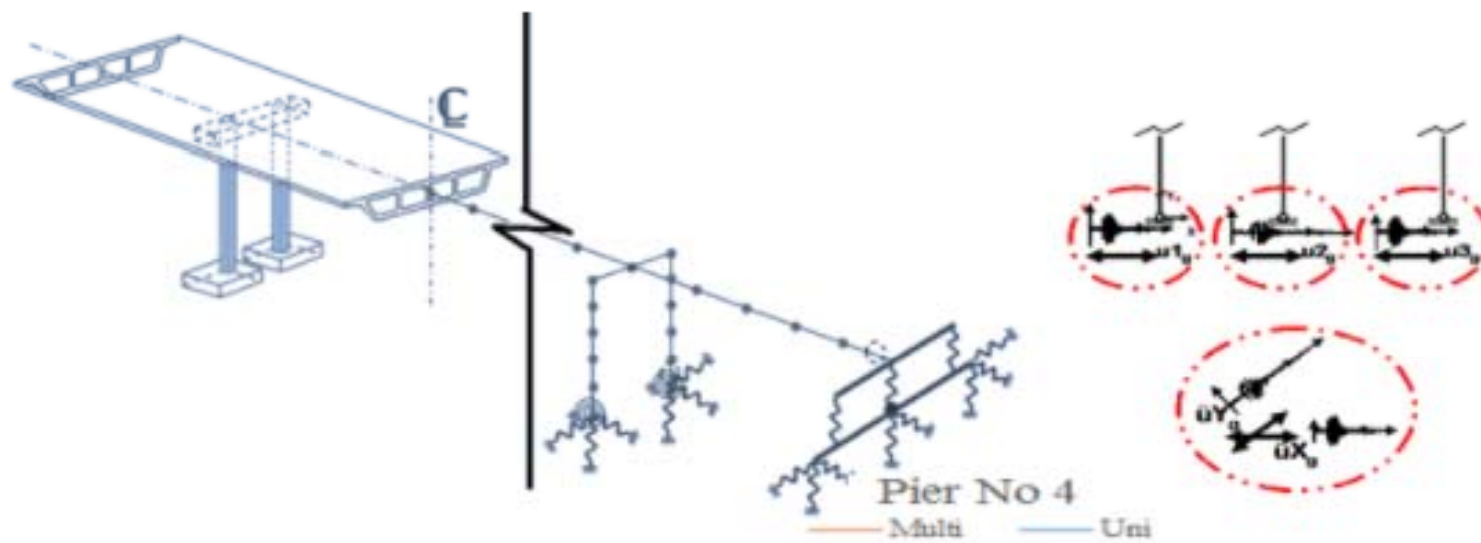
- توانایی اجرا شدن در محیط سیستم عامل و ارتباط با سایر نرم افزارها
- ارتباط با نرم افزار Matlab و Simulink جهت انجام محاسبات
- استفاده از توانایی های سایر نرم افزارها و محیط های کدنویسی و تولپاکس ها
- ...





## مدلسازی و تحلیل سازه های طویل و اندرکنش OpenSEES

- مدل سازی پل و خطوط لوله
- مدلسازی رفتار تغییرات مکانی با استفاده از تحلیل چند تکیه گاهی  
Multiple Support Excitation
- مدلسازی اندرکنش خاک سازه در حالت دینامیکی  
Soil Structure Interaction
- ...



## متن باز بودن Openssees

- متن باز بودن و توانایی افزودن قابلیت های جدید
- افزودن رفتارها و مصالح جدید با دانستن کمترین دانش از کل نرم افزار
- استفاده آزاد از کدهای نوشته شده نرم افزار در SVN
- ...

## Open Source

**C++    Tcl/Tk**

**Fortran    SVN**