

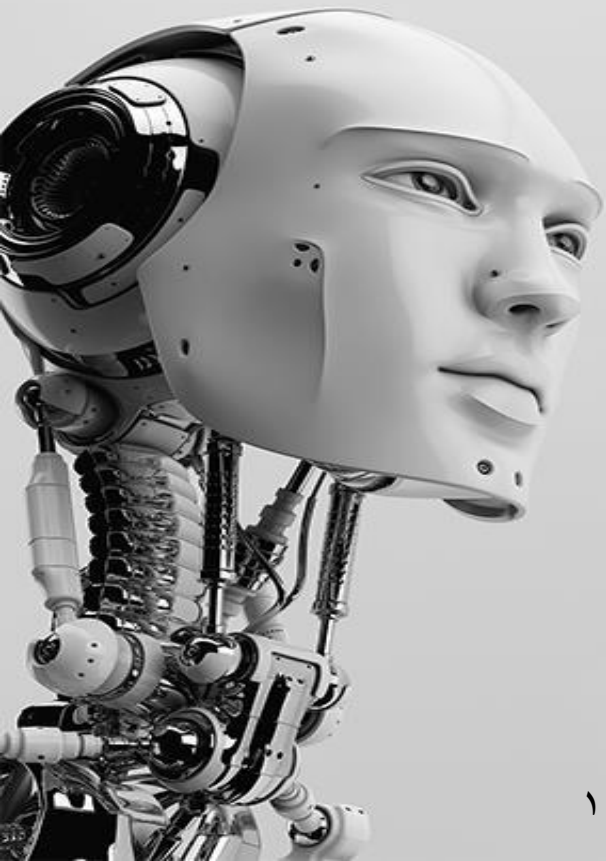
کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی عمران

02

سید ایمان غفوریان - عضو هیات علمی دانشگاه آزاد مشهد -
زمستان ۱۴۲۰

تخصص های هوش مصنوعی در عمران

یادگیری ماشینی، یادگیری عمیق، منطق فازی، شبکه های عصبی، تشخیص الگو، درخت تصمیم، بهینه سازی ازدحام و محاسبات تکاملی برخی از شاخ های مختلف هوش مصنوعی هستند که می توانند در حوزه مهندسی عمران مورد استفاده قرارگیرند.



Machine learning for **structural** engineering: A state-of-the-art review

یادگیری ماشین (ML) به موفق‌ترین شاخه هوش مصنوعی (AI) تبدیل شده است. این فناوری فرصتی منحصر به فرد برای پیش‌بینی بهتر در مهندسی سازه ایجاد می‌کند، به دلیل توانایی آن در مدیریت سیستم‌های سازه‌ای پیچیده و غیرخطی تحت بارهای شدید. در حال حاضر، استفاده از یادگیری ماشین در مهندسی سازه با سرعت بالایی در حال افزایش است، به ویژه در پنج سال گذشته، که این رشد به دلیل پیشرفت‌های اخیر در تکنیک‌های یادگیری ماشین، توانایی‌های محاسباتی و دسترسی به مجموعه داده‌های بزرگ بوده است. این مقاله یک بررسی جامع و بلندپروازانه از کاربردهای رو به رشد الگوریتم‌های یادگیری ماشین در مهندسی سازه ارائه می‌دهد. در این بررسی، مروری بر تکنیک‌های یادگیری ماشین برای مهندسی سازه با تمرکز ویژه بر مفاهیم اساسی یادگیری ماشین، کتابخانه‌های یادگیری ماشین، کدهای پایتون منبع باز و مجموعه داده‌های مهندسی سازه ارائه شده است. این بررسی طیف گسترده‌ای از کاربردهای یادگیری ماشین در مهندسی سازه را شامل می‌شود:

(۱) تحلیل و طراحی سازه، (۲) پایش سلامت سازه و تشخیص آسیب، (۳) مقاومت سازه‌ها در برابر آتش، (۴) مقاومت اعضای سازه تحت بارهای مختلف، و (۵) خواص مکانیکی و طرح اختلاط بتن اعضای سازه‌ای مجزا و همچنین سیستم‌های کامل ساخته شده از فولاد، بتن و مواد مرکب مورد بررسی قرار می‌گیرند.

یافته‌های حاصل از مقالات مرور شده، چالش‌ها و پیشنهادات آینده نیز مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. با توجه به پایگاه‌های داده و کدهای یادگیری ماشین موجود، این مقاله مرجع مفیدی برای مهندسان و محققان سازه است که با یادگیری ماشین آشنا نیستند اما مایلند وارد این حوزه تحقیقاتی شوند.

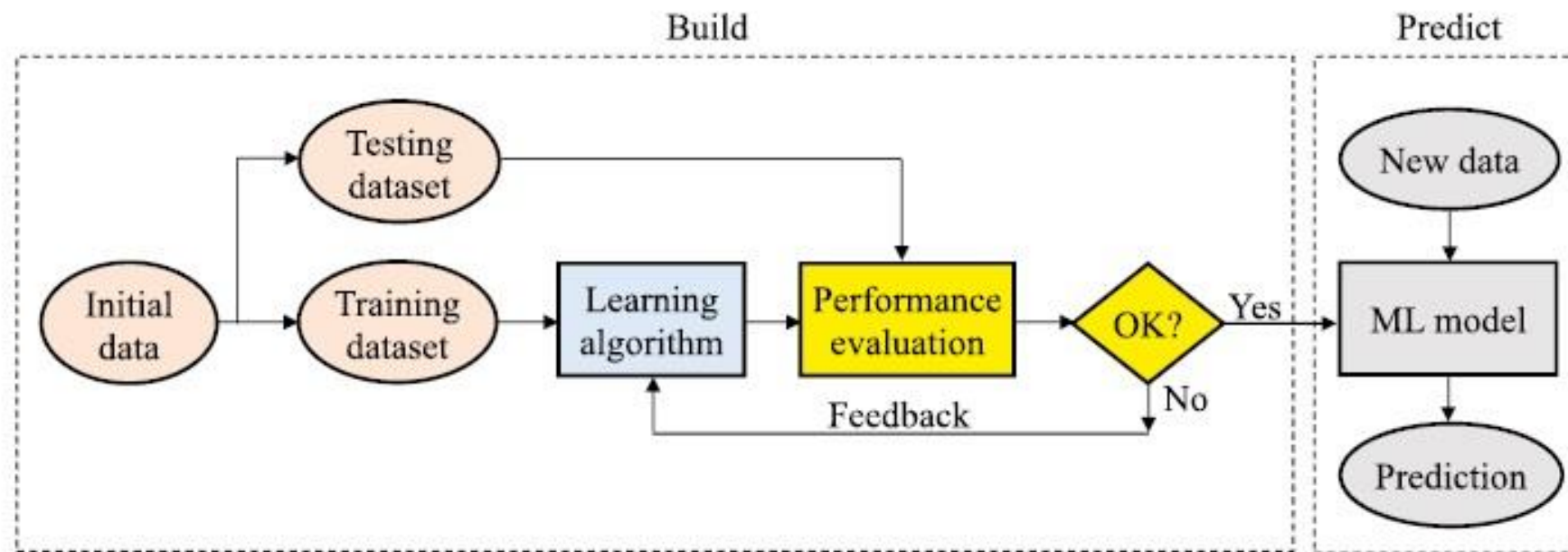


Fig. 1. Typical workflow of ML.

شکل ۱ یک جریان کاری معمولی از ML را در مدل سازی پیش بینی نشان می دهد. با استفاده از یک الگوریتم یادگیری و داده های اولیه، سیستم کامپیوتری آموزش می بیند و به تدریج عملکرد خود را بهبود می بخشد تا به دقت مطلوب برسد. بنابراین، دقت یک مدل ML به شدت به ویژگی های داده های اولیه و عملکرد الگوریتم یادگیری بستگی دارد. سه مرحله اصلی برای ساخت یک مدل یادگیری ماشین وجود دارد: آماده سازی پایگاه داده، یادگیری و ارزیابی مدل.

● **مرحله ۱:** داده‌های اولیه‌ای که برای ساخت یک مدل یادگیری ماشین استفاده می‌شود، معمولاً به شکل متغیرهای ورودی و خروجی مربوطه نمایش داده می‌شوند که در اصطلاح یادگیری ماشین به ترتیب به عنوان **ویژگی** (متغیر ورودی) و برچسب (متغیر خروجی) شناخته می‌شوند. به عنوان مثال، در پیش‌بینی رفتار یک سازه، ابعاد هندسی و خواص مصالح به عنوان ویژگی‌ها دسته‌بندی می‌شوند، در حالی که مقاومت نهایی و خمش آن به عنوان برچسب‌ها در نظر گرفته می‌شوند. **برخی از الگوریتم‌های ML** نیاز دارند که **تمام داده‌های ورودی** به محدوده [۰, ۱] مقیاس‌بندی شوند تا **عملکرد بهتری** داشته باشند. برای آزمایش عملکرد مدل‌های ML، داده‌های اولیه به طور **تصادفی** به مجموعه داده‌های آموزشی و **تست** تقسیم می‌شوند که بخش عمده‌ای از آن برای اهداف آموزشی استفاده می‌شود.

● **مرحله ۲:** هدف از این مرحله آموزش، آموزش دادن یک الگوریتم ML **انتخابی** است. تعداد زیادی از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در ادبیات علمی برای کاربردهای خاص توسعه یافته‌اند (توضیح دقیق هر الگوریتم در بخش ۲.۲ ارائه شده است). بنابراین مهم است که الگوریتم‌های مختلف مقایسه شوند تا **بهترین الگوریتم برای مشکلات خاص پیدا شود**. الگوریتم‌های انتخاب شده سپس با استفاده از مجموعه **داده‌های آموزشی** که در مرحله ۱ به دست آمده است، آموزش داده می‌شوند.

● **مرحله ۳:** هنگامی که یک مدل ML به طور کامل آموزش دید، **عملکرد** آن با استفاده از مجموعه داده‌های تست **ارزیابی** می‌شود. از یک تابع خطا به عنوان شاخص عملکرد برای اندازه‌گیری **فاصله** پیش‌بینی از مقدار واقعی استفاده می‌شود. توابع خطای معمول برای مسائل رگرسیون شامل ضریب تعیین (R^2)، میانگین مطلق خطا (MAE) و میانگین مربع خطا (MSE) هستند. توابع خطا نقش حیاتی در ارزیابی مدل‌های ML دارند و بنابراین انتخاب تابع خطای مناسب نیز تعیین‌کننده کیفیت مدل خواهد بود.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

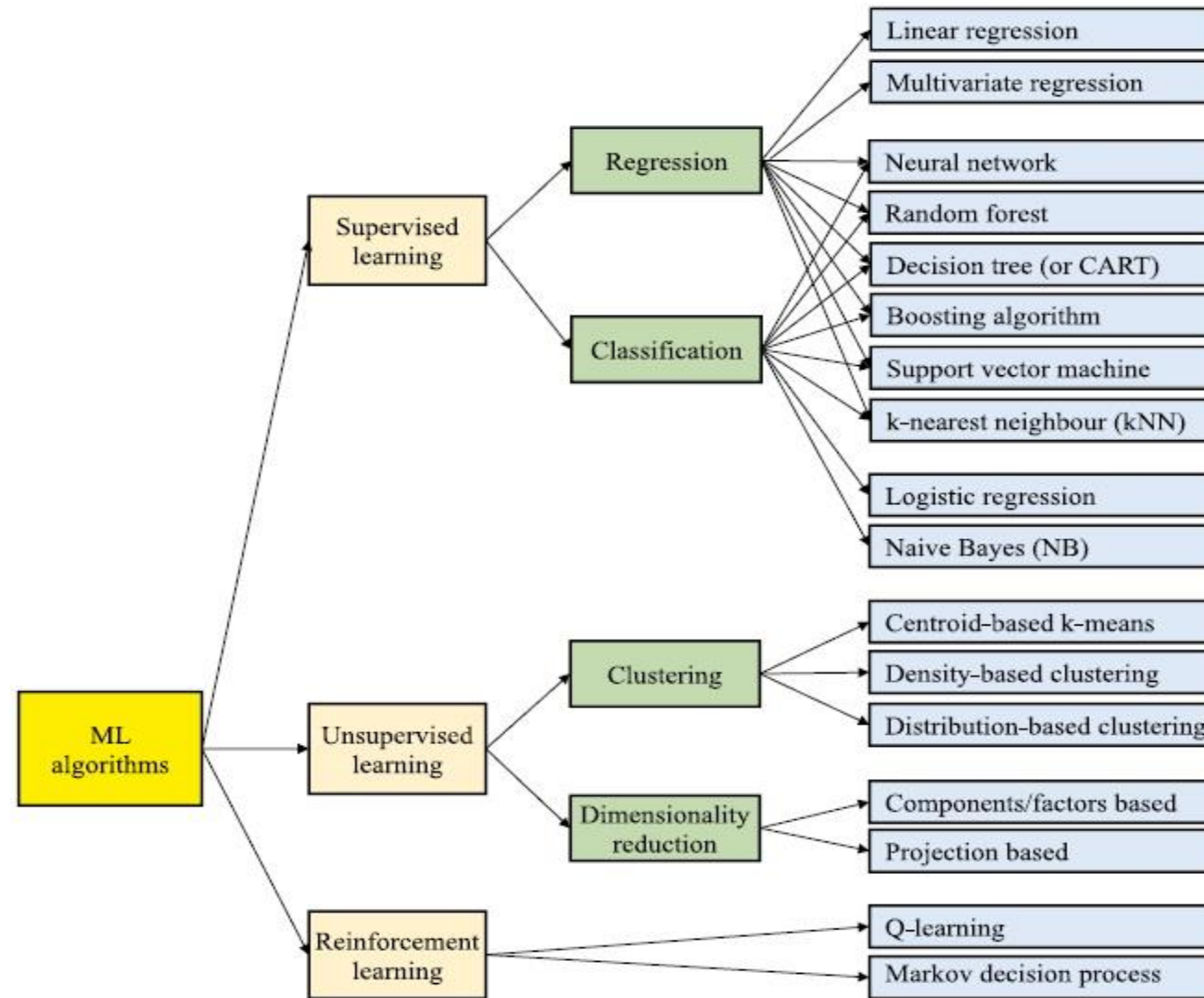


Fig. 2. ML algorithms grouped by learning type.

۲.۲. الگوریتم‌های یادگیری ماشین ML:

در حال حاضر، بسیاری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در ادبیات علمی توسعه یافته‌اند، همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است. هر الگوریتم با نقاط قوت و ضعف خود برای نوع خاصی از روش‌های یادگیری و مسائل طراحی شده است. با این حال، این بخش فقط به الگوریتم‌هایی می‌پردازد که به طور رایج در مهندسی سازه استفاده می‌شوند. در هر الگوریتم، مفهوم آن به وضوح توضیح داده می‌شود که برای مهندسان سازه‌ای که پیش‌زمینه‌ای در یادگیری ماشین ندارند مفید است. ۲.۲.۱. تکنیک‌های رگرسیون رگرسیون RA یک تکنیک مدل‌سازی پیش‌بینی است که ابتدا در آمار برای مطالعه رابطه بین متغیرهای مستقل (پیش‌بینی‌کننده‌ها) و متغیرهای وابسته (هدف‌ها) توسعه یافت. این روش سپس در یادگیری ماشین تحت الگوریتم یادگیری نظارت‌شده به کار گرفته شد تا مقادیر خروجی را بر اساس مقادیر متغیرهای ورودی پیش‌بینی کند. انواع مختلفی از مدل‌های رگرسیون در یادگیری ماشین توسعه یافته‌اند که بر اساس (۱) تعداد متغیرها، (ii) نوع متغیرها و (iii) شکل خط رگرسیون تقسیم‌بندی می‌شوند. مدل‌های رگرسیونی که به طور رایج در مهندسی سازه استفاده می‌شوند عبارتند از:

۲.۲.۱.۱. رگرسیون خطی ($RA1$) این ساده‌ترین مدل رگرسیون در یادگیری ماشین است که در آن متغیر خروجی و متغیر(های) ورودی در یک خط مستقیم (تابع خطی) بهترین تطابق را دارند. ضرایب معادله خطی با حداقل‌سازی تابع هزینه مثل MSE و MAE که به عنوان تفاوت (خطا) بین مقدار پیش‌بینی‌شده و مقدار واقعی تعریف می‌شود، تعیین می‌گردند. اگر تنها یک متغیر ورودی استفاده شود، مدل به عنوان رگرسیون خطی ساده شناخته می‌شود. در صورتی که بیش از یک متغیر ورودی وجود داشته باشد، مدل به رگرسیون خطی چندگانه شناخته می‌شود.

۲.۲.۱.۲. رگرسیون چندمتغیره ($RA2$) رگرسیون چندمتغیره یک توسعه از رگرسیون خطی چندگانه است و در مواقعی استفاده می‌شود که بیش از یک متغیر خروجی وجود دارد. واژه "چندمتغیره" به بیش از یک متغیر خروجی اشاره دارد، در حالی که "چندگانه" به متغیرهای ورودی متعدد مربوط می‌شود. مزیت این روش این است که به درک ارتباط بین متغیرهای ورودی و خروجی کمک می‌کند. این روش در یادگیری ماشین برای مسائل رگرسیونی به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود.

۲.۲.۱.۳. رگرسیون چندجمله‌ای (RA3)

تفاوت مدل RA3 با مدل RA1 در شکل خط رگرسیون است. در RA3 خط بهترین برازش یک خط منحنی (تابع چندجمله‌ای) است که توان متغیرهای ورودی بیش از یک است. در این مدل، اگر متغیرهای ورودی با چندجمله‌ای با درجه بالا برازش شوند، ممکن است برازش بیش‌ازحد (overfitting) رخ دهد. بنابراین، رسم مدل برای اطمینان از به دست آوردن نتایج منطقی مفید است.

۲.۲.۱.۴. رگرسیون لاسو (RA4) رگرسیون LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) نسخه منظم‌شده رگرسیون خطی (RA1) است که زمانی استفاده می‌شود که متغیرهای ورودی به شدت همبسته باشند. در این حالت، استفاده از تکنیک رگرسیون خطی ممکن است منجر به برازش بیش‌ازحد شود. به همین دلیل، RA4 با اضافه کردن یک عبارت منظم‌سازی به تابع هزینه در طول آموزش برای کاهش برازش بیش‌ازحد پیشنهاد می‌شود. عبارت منظم‌سازی مورد استفاده در RA4 L1-norm (مقدار مطلق وزن) است.

۲.۲.۱.۵. رگرسیون Ridge (RA5) مشابه RA4، RA5 نیز نسخه منظم‌شده رگرسیون خطی است. با این حال، عبارت منظم‌سازی مورد استفاده در RA5 L2-norm (مقدار مربعی وزن) است، در حالی که در RA4 از L1-norm استفاده می‌شود. هدف تکنیک RA5 حذف وزن کم‌اهمیت‌ترین ویژگی‌ها است.

۲.۲.۱.۶. رگرسیون لجستیک (RA6) این تکنیک رگرسیون برای مسائل طبقه‌بندی توسعه یافته است، زمانی که متغیر خروجی باینری یا گسسته باشد (مانند True/False، Yes/No). در RA6 رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی توسط یک تابع لجستیک یا تابع سیگموئید بیان می‌شود. این روش بر اساس مفهوم احتمال است و خروجی آن یک مقدار باینری است: ۰ (زمانی که احتمال تخمین‌زده شده کمتر از ۵۰٪ باشد) یا ۱ (زمانی که احتمال بیشتر از ۵۰٪ باشد).

۲.۲.۲. شبکه‌های عصبی مصنوعی و نسخه‌های آن شبکه عصبی مصنوعی (ANN) برای تقلید از نحوه عملکرد نوروهای بیولوژیکی توسعه داده شده است. اولین ANN توسط روزنبلات در سال ۱۹۵۸ برای مسائل تشخیص الگو به نام پرسپترون معرفی شد. با بهبود قدرت محاسباتی، ANN به یکی از محبوب‌ترین الگوریتم‌های یادگیری ماشین تبدیل شده است که دارای نسخه‌های مختلفی از جمله شبکه عصبی پیش‌خور (FFNN)، شبکه عصبی چندلایه (MLP)، شبکه عصبی تابع پایه شعاعی (RBFNN)، شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN)، و شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) است.

در مهندسی سازه چه الگوریتم های کاربرد بیشتر دارند

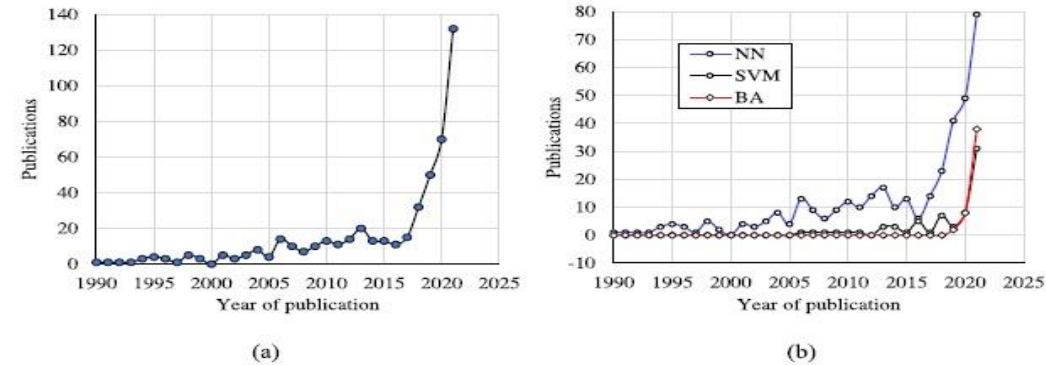


Fig. 12. Yearly distribution of articles related to ML applications in structural engineering: (a) all algorithms and (b) three mostly used algorithms.

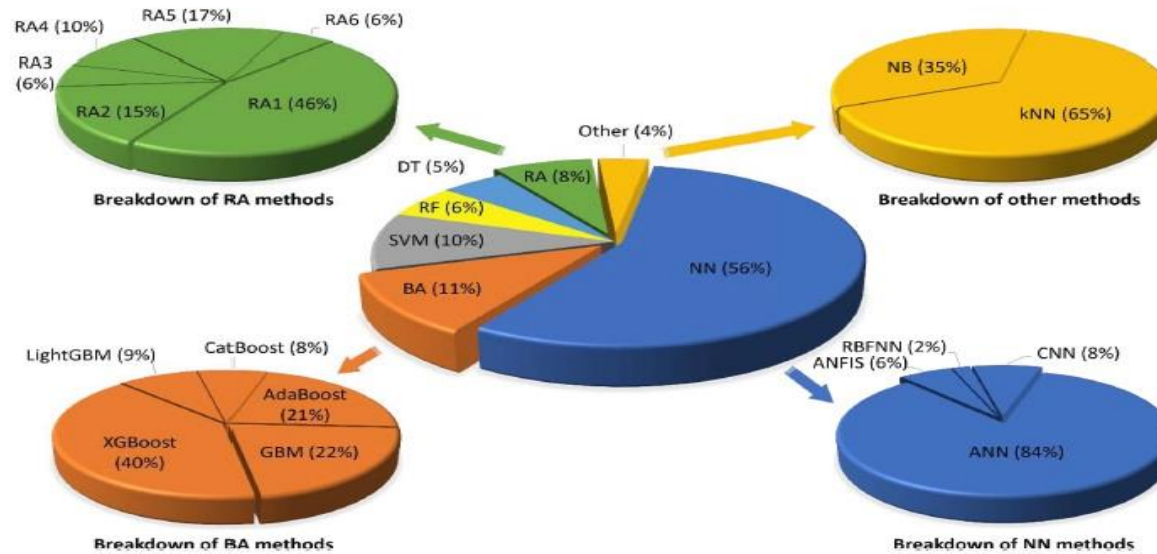
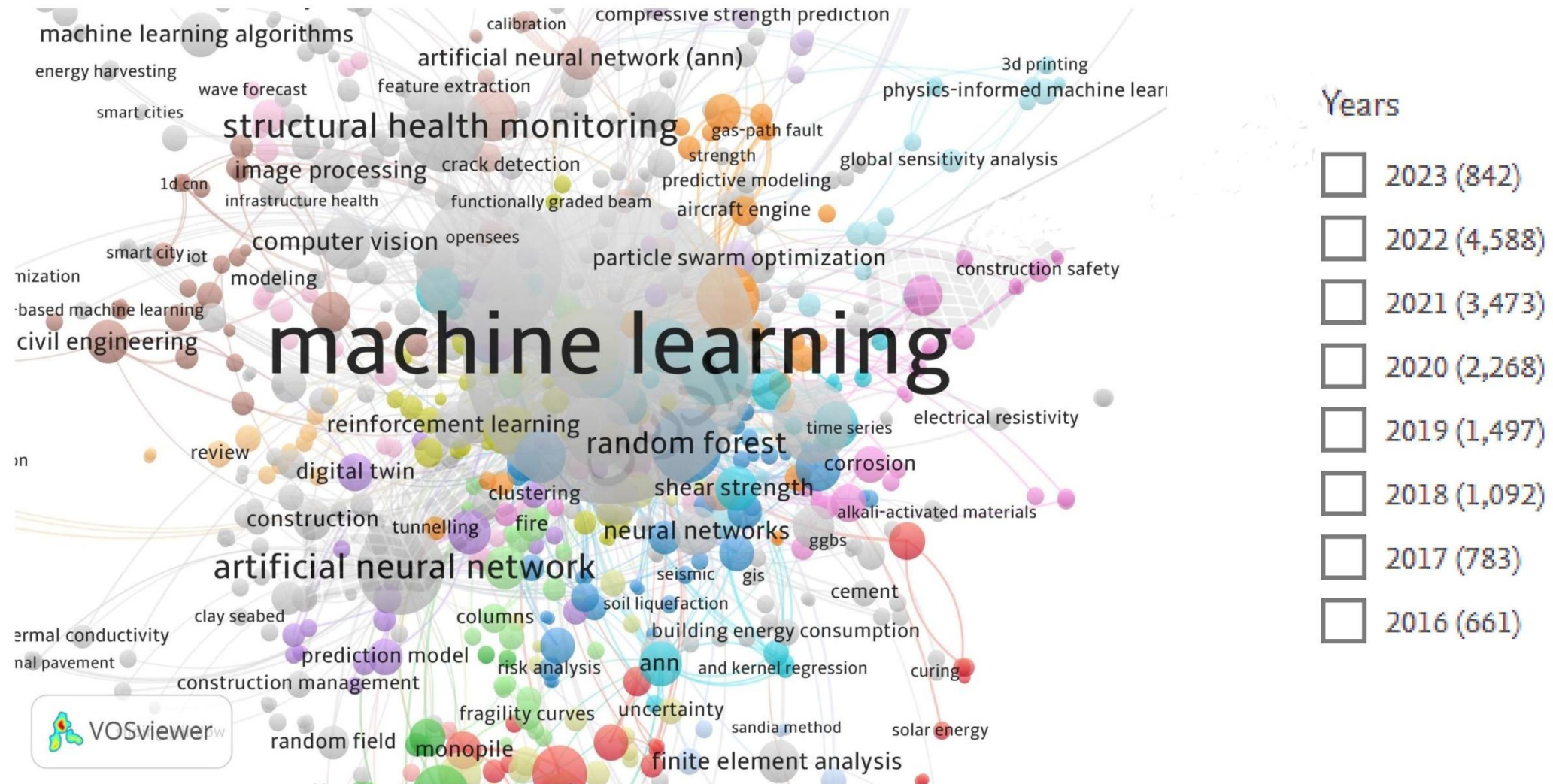
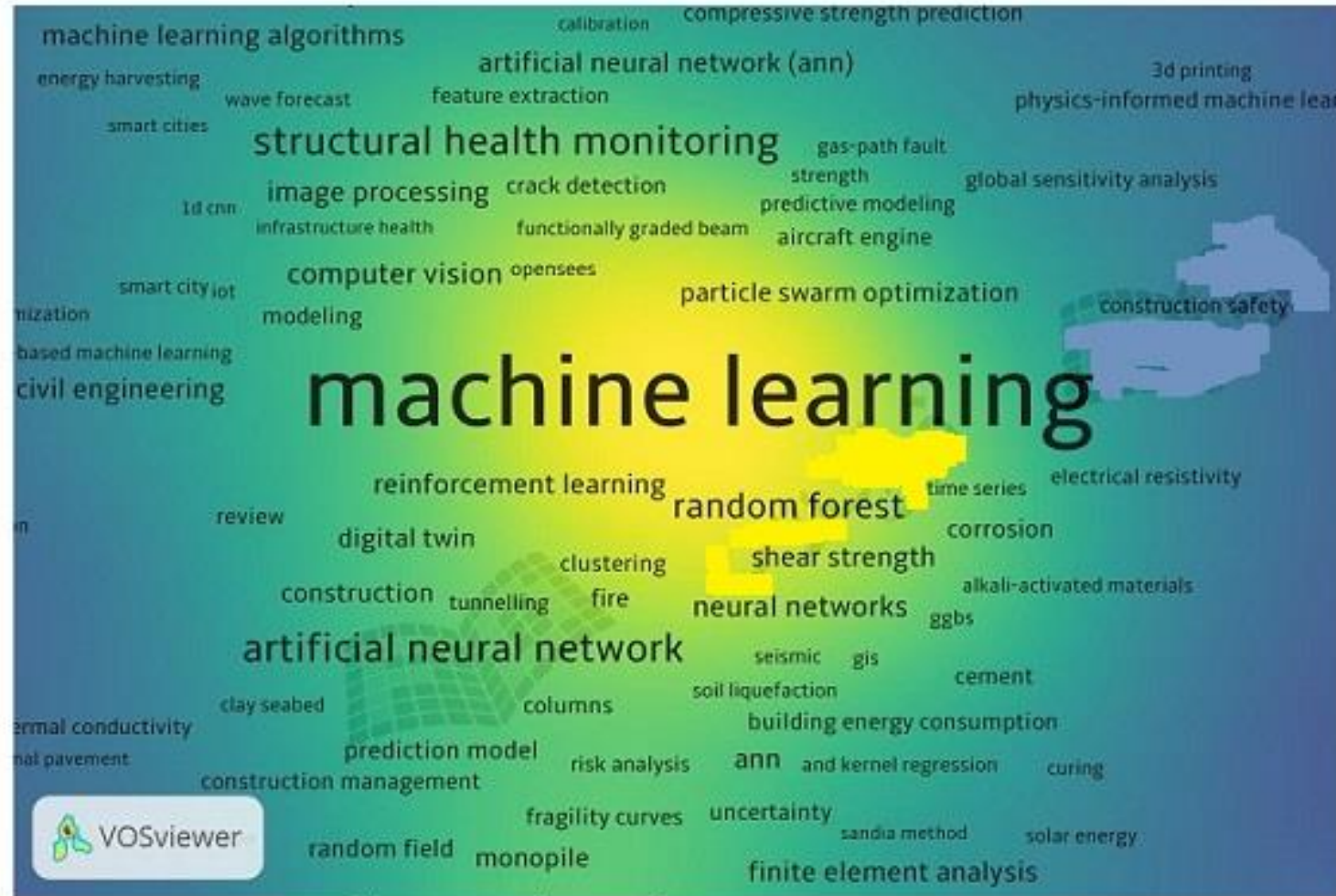


Fig. 13. ML methods used in structural engineering domain.

جایگاه روش‌های یادگیری ماشین برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران



جایگاه روش‌های یادگیری ماشین برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

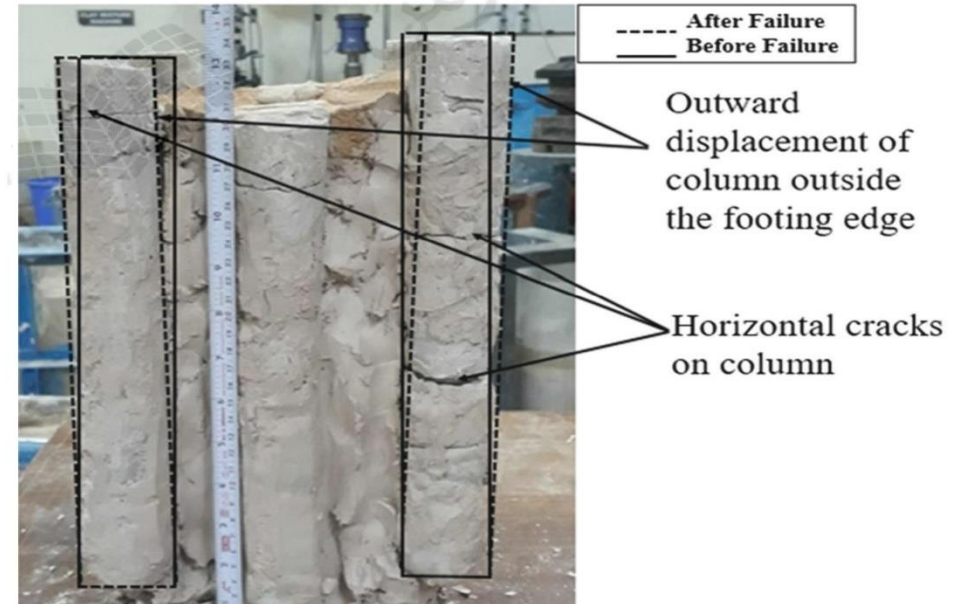


Discipline	see all
Engineering	12,654
Computer Science	7,487
Earth Sciences	3,076
Business and Management	2,978
Political Science and International Relations	2,688

کاربرد یادگیری ماشین در مهندسی عمران

انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

روش‌های آزمایشگاهی (بزرگ مقیاس - گرایش خاک و پی)



کاربرد یادگیری ماشین در مهندسی عمران

۱- برای تعدادی از مسایل لزومی ندارد که از هوش مصنوعی استفاده کرد ، مثلاً زمانی که بخواهیم قیمت یک ملکی را تعیین کنیم که اطلاعات ورودی آن : مانند مساحت و قدمت ملک و محل وقوع آن باشد می توان به صورت حدودی حساب کرد (به صورت کلاسیک) قیمت ملک را تعیین کرد . لیکن وقتی پارامترهای متعدد دیگری در ارزیابی ملک مواردی مانند ، تعداد واحد ، تعداد اتاق خواب، جنس مصالح ، عرض کوچه ، وضعیت آسانسور و پارکینگ و... مطرح می شود نیاز به هوش مصنوعی ملاحظه می شود . برای اینکار اگر دیتا ست قیمت کل ملکهای فروخته شده یک شهر را که در آن هزاران پرامتر داشته باشیم ، جهت تعیین قیمت ملک دیگر با فرمول نمی شود ارزیابی انجام شود . لذا در جاهایی می شود از هوش مصنوعی استفاده کرد که ، یا مسایل فرمول ندارد یا فرمول آن خیلی پیچیده است . برای حل مسایل به کمک هوش مصنوعی تعداد داده های زیاد نیاز است ، تا بتوان به دقت لازم مورد نظر رسید ، دقت در کارهای مختلف متفاوت است ، مثلاً تعیین خیز به میلی متر انجام می شود و دقت در مسایل تحلیل سازه (نیروهای داخلی) می تواند چند Ton باشد .

۲- محدودیت هایی در استفاده از هوش مصنوعی وجود دارد :

اول : جمع آوری داده های لازم (تعداد داده های لازم اگر کم باشد کارهوش مصنوعی متوقف می شود) دوم : نرم افزار هاو سخت افزارها مناسب (مانند CPU – GPU و ram...) یا باید از قابلیت پردازش ابری استفاده کنیم (به صورت موقت فضای استفاده می شود) کلاد آمازون و ابزارهای AWS گوگل و... به صورت اجاره ای که بتوان محاسبات را انجام داد) .

کاربرد یادگیری ماشین در مهندسی عمران

چت جی پ تی :

- شرکت آمازون ۲۰ هزار نیرو را تعدیل کرده است چون جت جی پ تی خودش تولید محتوی می کند.
- در طراح گرافیک ، در طراحی کارت ویزیت ، بئر ، لوگوی شرکت و... در اثر هوش مصنوعی از بین می رود و فقط نیاز است ابزارهای هوش مصنوعی آشنا باشد .
- تایپ فرمول ریاضی و رسم شکلها و... در word را می توان انجام داد .
- حسابداری در آینده به شکل حال حاضر دیگر وجود نخواهد داشت.
- جاهایی که خلاقیت هست ، هوش مصنوعی احتمالا اثر گذار نیست ، مانند ساخت بازیهای کامپوتری

در آینده چه اتفاقی می افتد ، سه سناریو وجود دارد:

- ۱- به انسان کمک می کند تا خلاقیت انسان بالا برود و برای کارهای کوچک و تکراری را انجام می دهد.
- ۲- تغییرات تدریجی می شود ، کمکم جای انسان را می گیرد و باز آموزی انسان ها کم کم می شود مثلا کنار برنامه نویس یک ربات قرار دهیم و در کنار هم کد بنویسند و سیاست های قرار داده شود که هر شرکت نمی تواند کمتر از ۵ نفر نیرو را تعدیل کرد.
- ۳- مشاغل تکراری به سرعت از بین می رود .

کاربرد یادگیری ماشین در مهندسی عمران

سعی کند در رشته ای که هستید ، ابزارهای هوش مصنوعی را یاد بگیرید .

مهارتهای لازم برای ورود به هوش مصنوعی چیست :

- ۱- زبان تخصصی انگلیسی (مطالعه مقاله های تخصصی)
- ۲- ریاضی و آمار
- ۳- زبان برنامه نویسی پایتون
- ۴- الگوریتم های ماشین لرنینگ
- ۵- مطالعه اخبار روز هوش مصنوعی (یوتیوب و ...)
- ۶- آگهی استخدام شغلی مطالعه شود که ملاحظه شود چه ابزارهایی شرکت ها برای استخدام می خواهند.

کاربرد یادگیری ماشین در مهندسی عمران

آماده سازی برای آینده شغلی با هوش مصنوعی :

- ۱- استفاده از ابزارهای هوش در هر رشته (از جت جی پ تی سوال کنید)
- ۲- آینده بشریت به سمت هوش مصنوعی است
- ۳- آشنایی با حوزه کامپیوتر

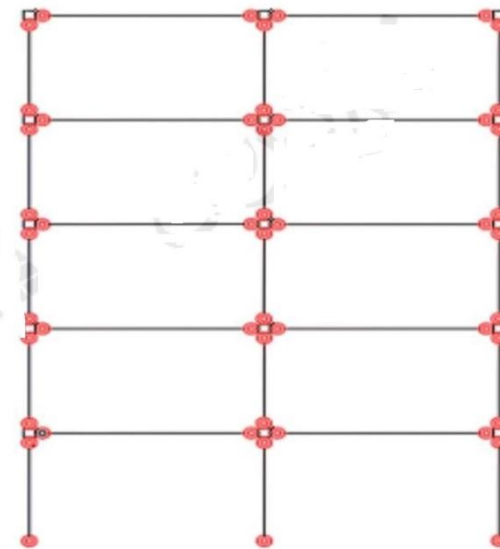
انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران



- مزایا: نتایج دقیق و قابل استناد
- معایب: هزینه بالا

۱. روش‌های میدانی (گرایش خاک و پی)

انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران



- مزایا: نتایج دقیق و قابل استناد
- معایب: هزینه بالا

۲. روش‌های آزمایشگاهی (بزرگ مقیاس - گرایش زلزله)

انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

روش‌های آزمایشگاهی (بزرگ مقیاس - گرایش خاک و پی)



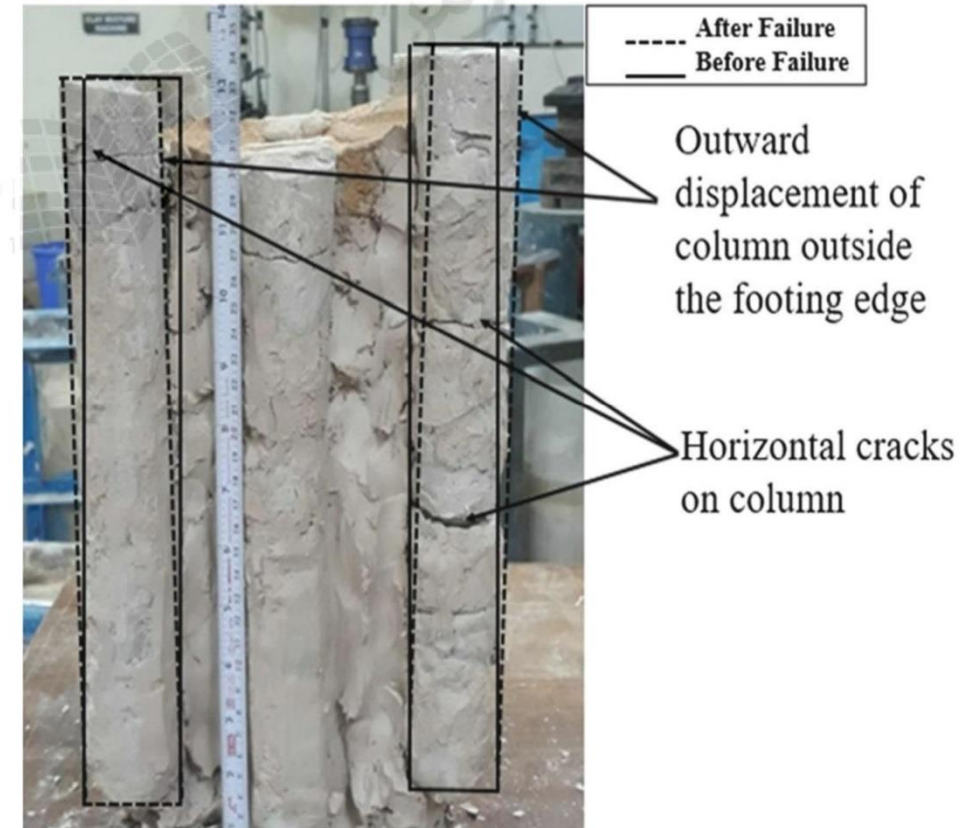
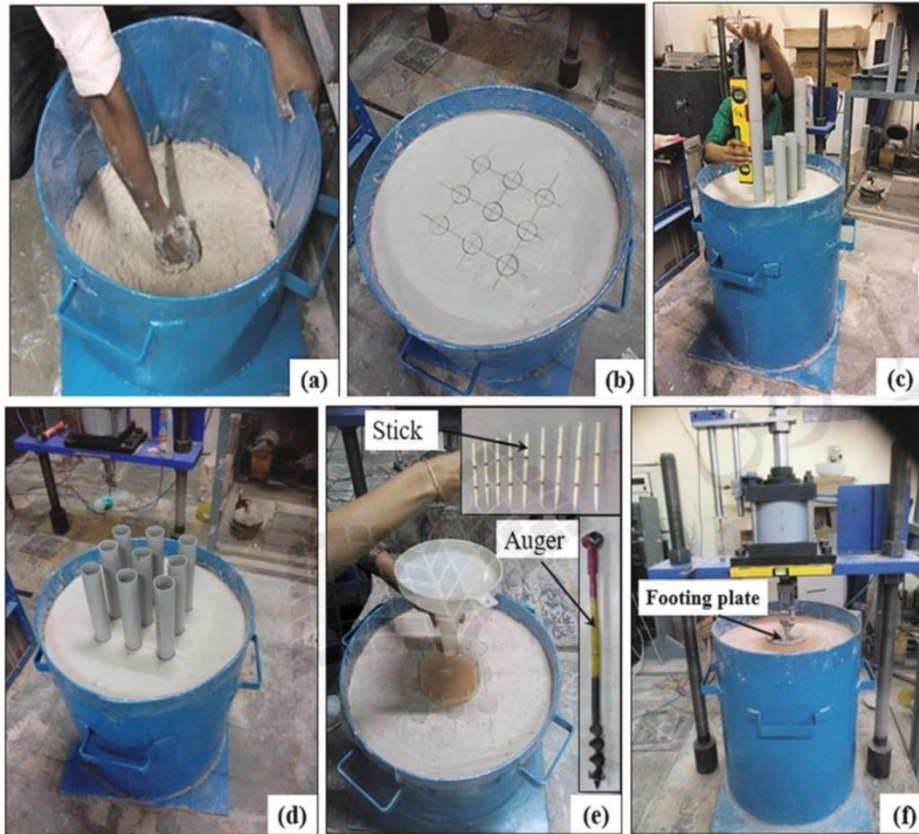
انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

روش‌های آزمایشگاهی (بزرگ مقیاس - گرایش هیدرولیک)



انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

روش‌های آزمایشگاهی (بزرگ مقیاس - گرایش خاک و پی)



انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

روش‌های آزمایشگاهی (کوچک مقیاس - گرایش سازه)



۳



۲



۱

انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

روش‌های آزمایشگاهی (کوچک مقیاس - گرایش سازه)

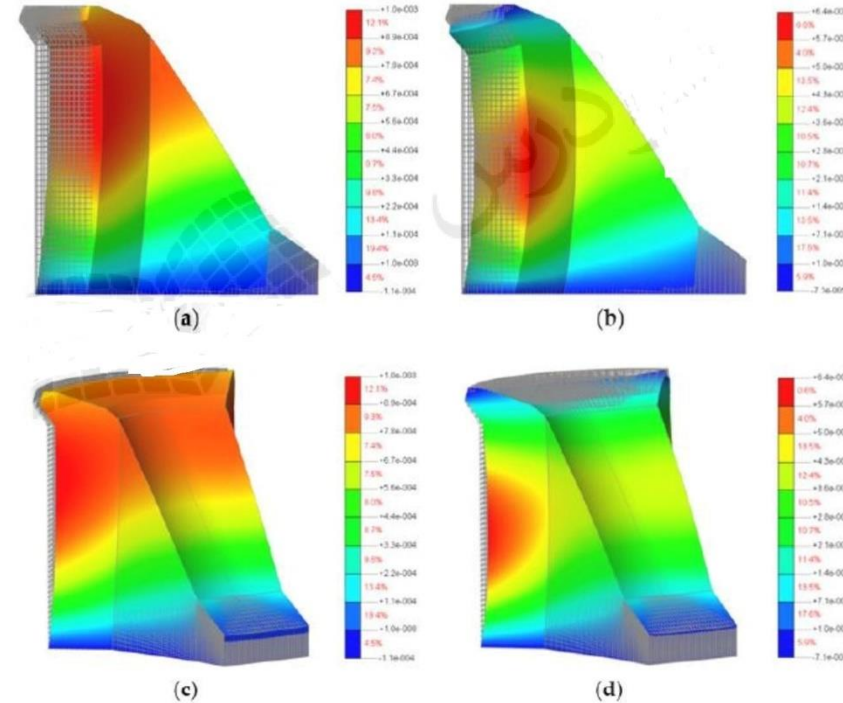
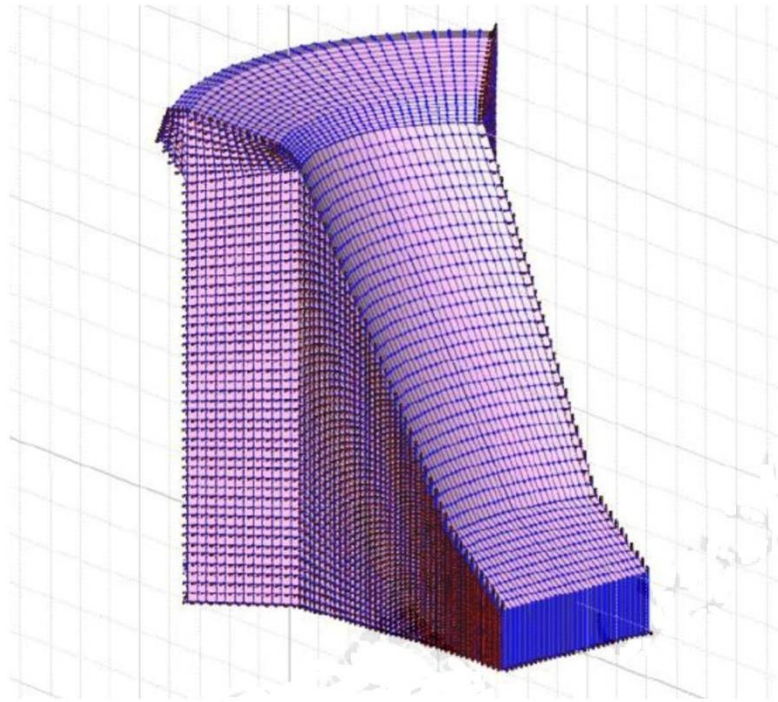


انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

روش‌های آزمایشگاهی (کوچک مقیاس - گرایش راه و ترابری)



انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

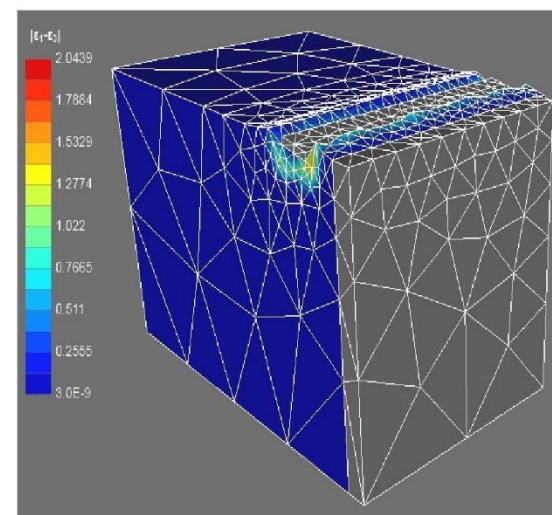
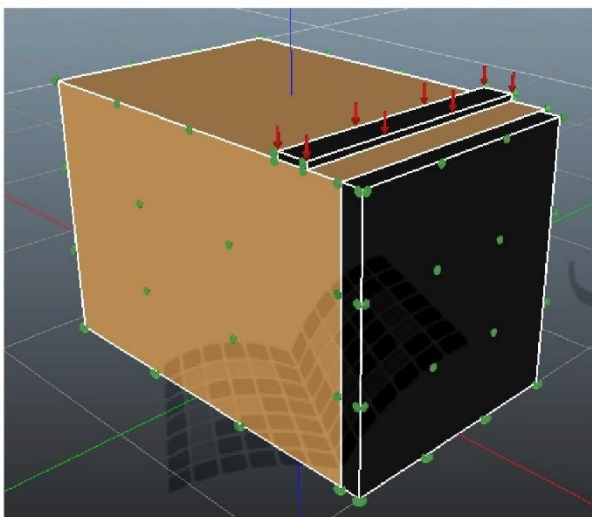


- مزایا: بدون هزینه
- معایب: نیاز به صحت سنجی

۳. روش‌های عددی (گرایش سازه)

انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

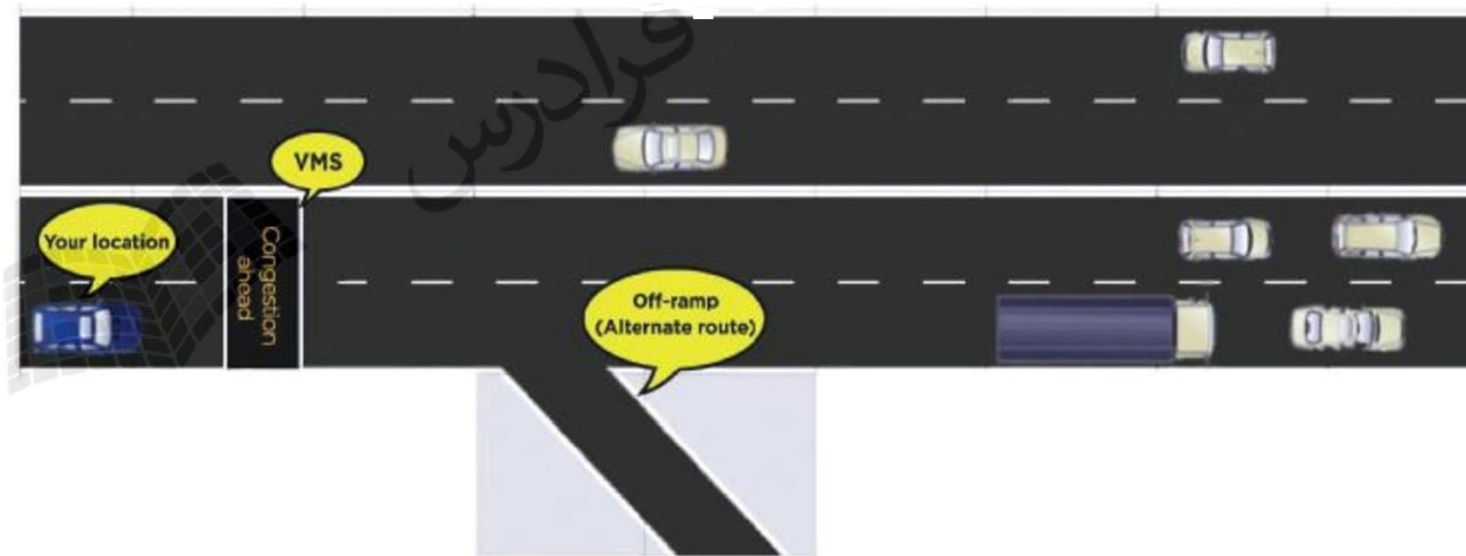
روش‌های عددی (گرایش خاک و پی)



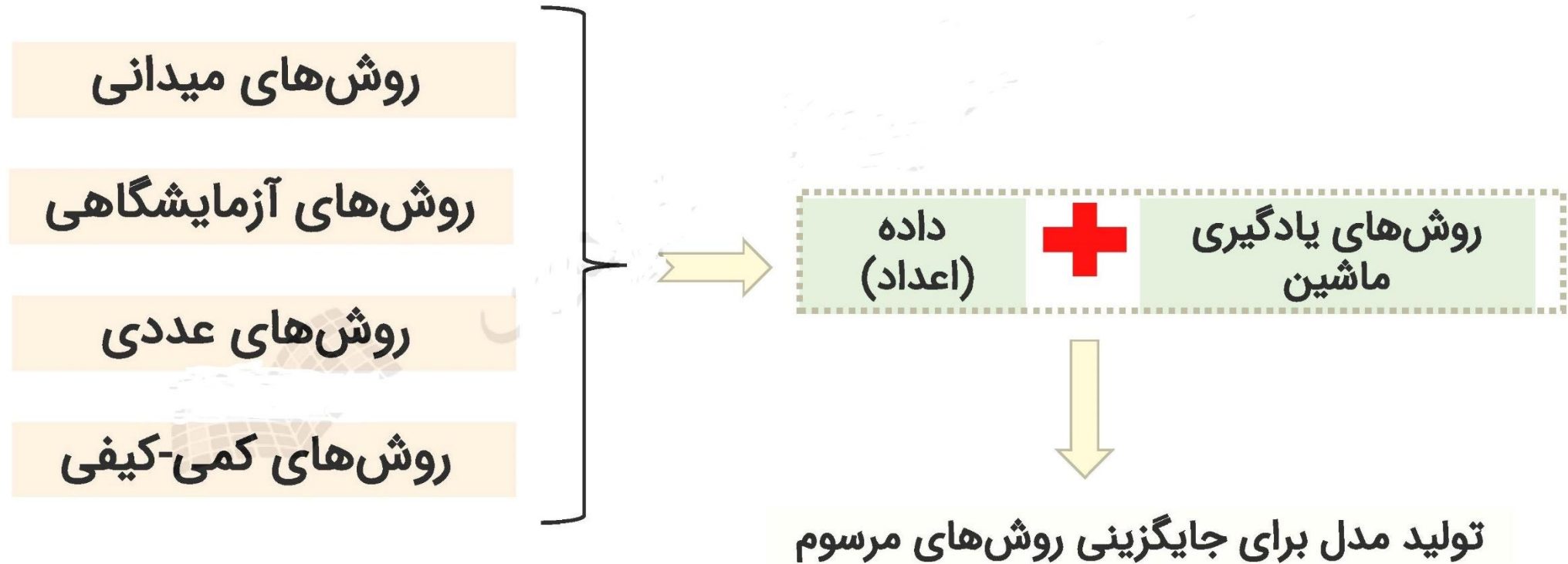
انواع روش‌های مختلف برای حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران

- مزایا: هزینه کم
- معایب: نیاز به افراد متخصص

۴. روش‌های کمی-کیفی (گرایش راه و ترابری)



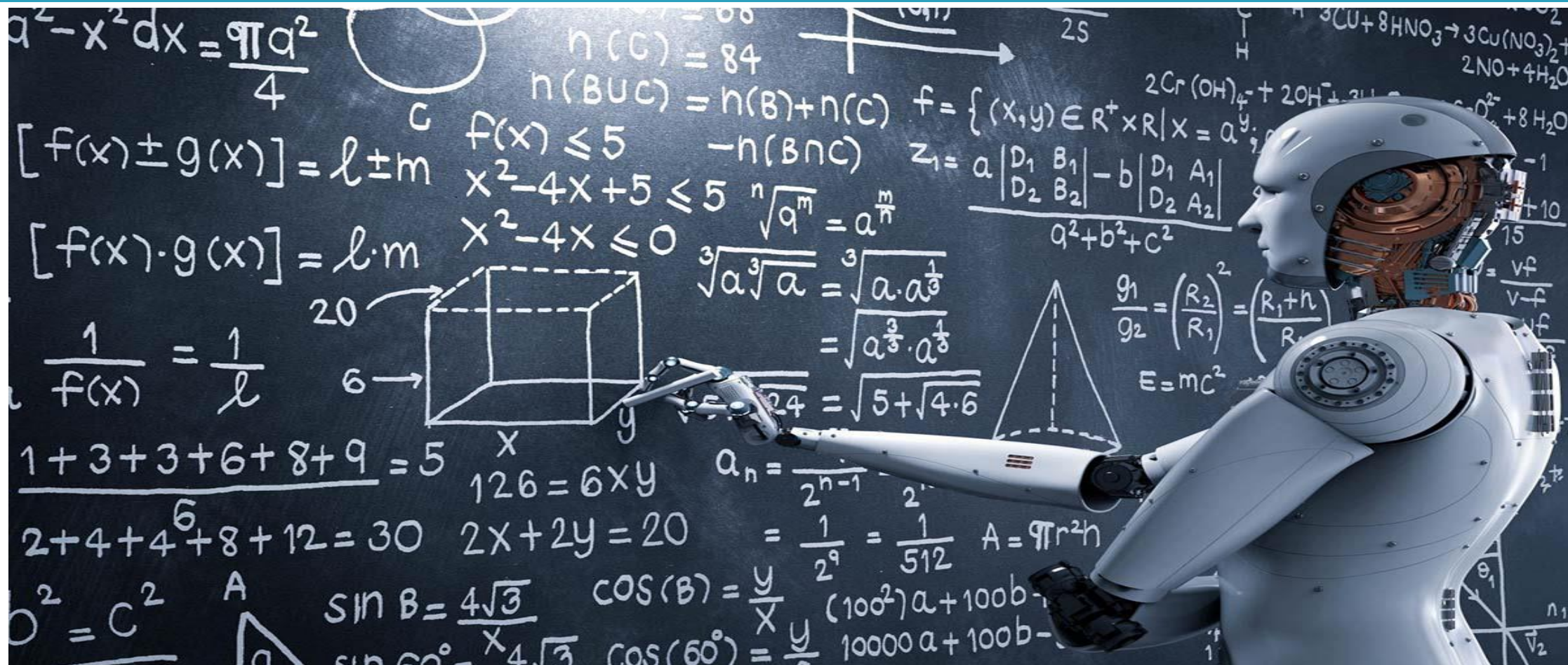
ترکیب روش‌های یادگیری ماشین با روش‌های مرسوم حل مسائل تحقیقاتی در مهندسی عمران



منابع:

- <https://doi.org/10.1007/s11440-022-01532-6>
- <https://doi.org/10.1007/s40996-020-00374-0>
- <https://doi.org/10.12989/gae.2020.22.3.197>
- <https://doi.org/10.3390/w12061758>
- <https://doi.org/10.1007/s40999-021-00612-0>
- <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00627-5>
- <https://doi.org/10.3390/ma15217513>
- <https://doi.org/10.3390/ma14123359>
- <https://doi.org/10.3390/ma15030921>
- <https://doi.org/10.1007/s11709-021-0751-7>
- <https://doi.org/10.1080/19427867.2022.2146299>

برخی کاربردهای مهندسی سیستم، محاسبات نرم و هوش مصنوعی



نمونه های دیگر کاربرد در صنعت ساخت

پایش وضعیت

پیش بینی زمان تعمیرات ماشین آلات با استفاده از هوش مصنوعی

مدیریت ایمنی کارگاه

بهینه سازی جانمایی تاورکین

کنترل از راه دور و رباتیک

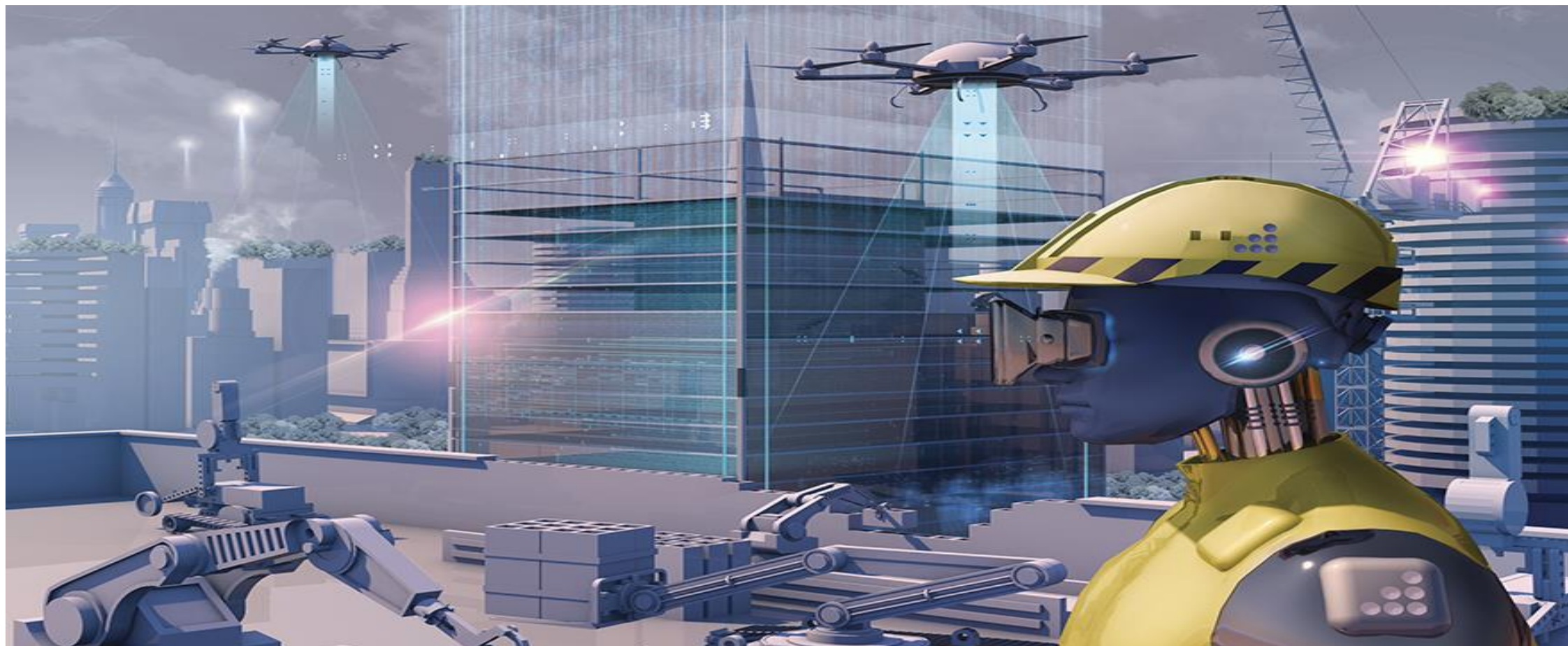
مدلهای بلوغ

اتوماسیون

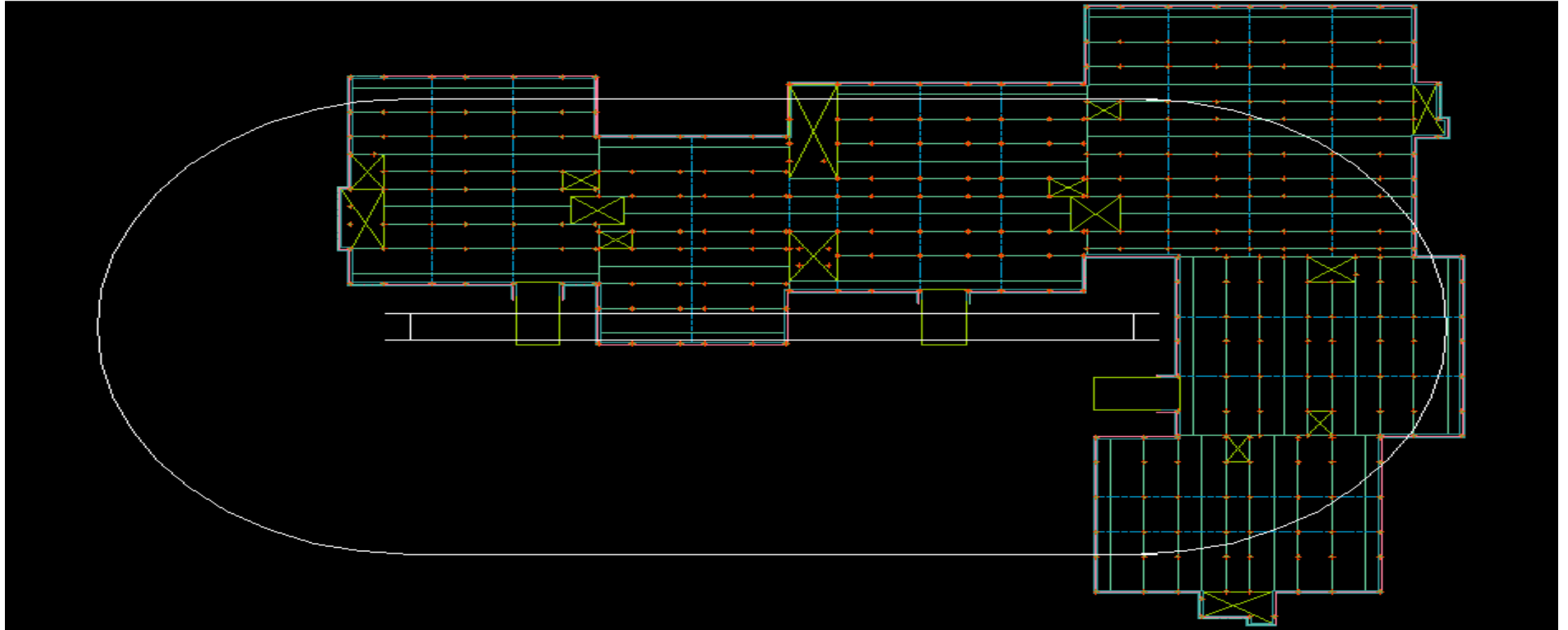
بهینه سازی مصرف انرژی

طرح اختلاط بهینه بتن

پایش وضعیت



بهینه سازی جانمایی تاورکرین



کنترل از راه دور، رباتیک و پرینترهای سه بعدی

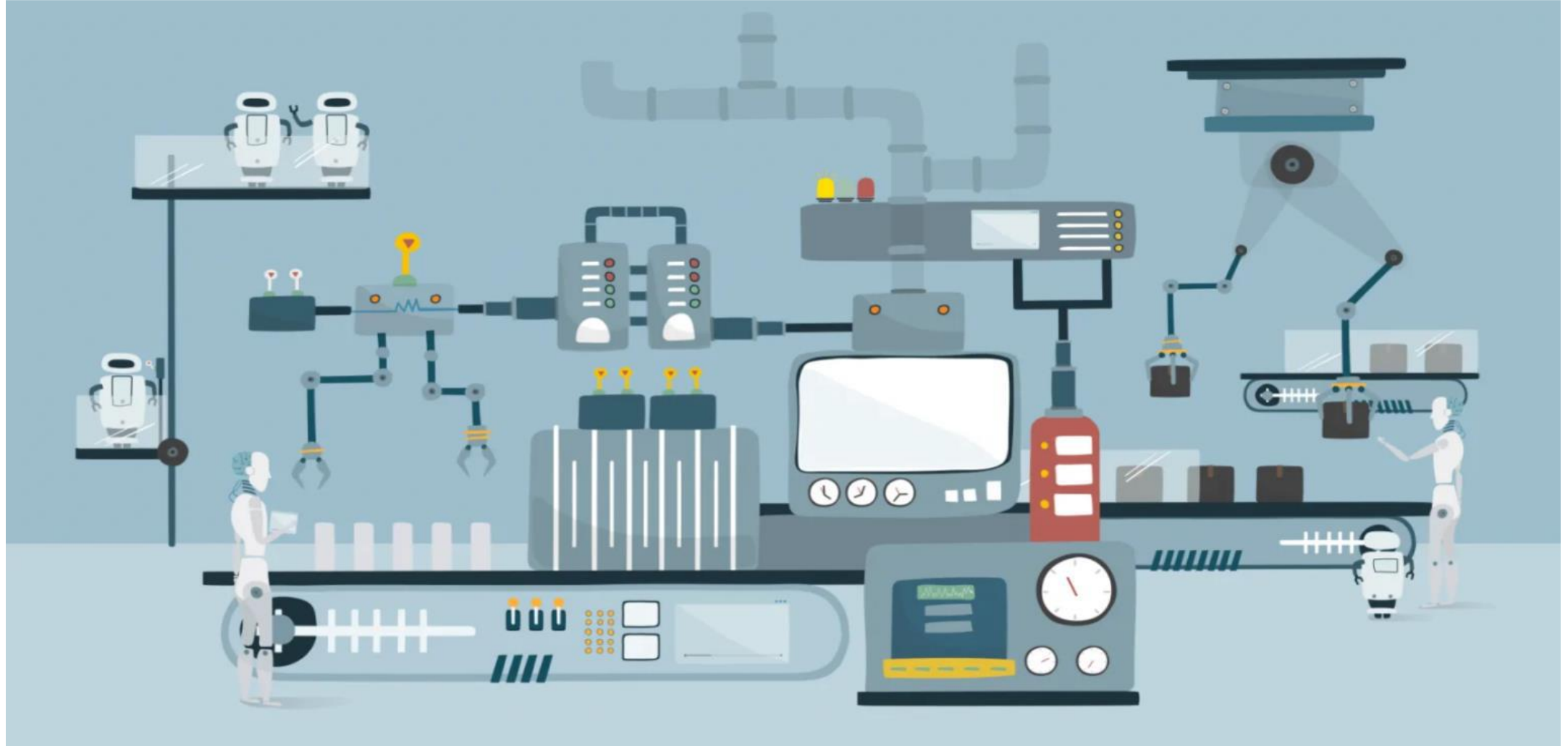


اتوماسیون



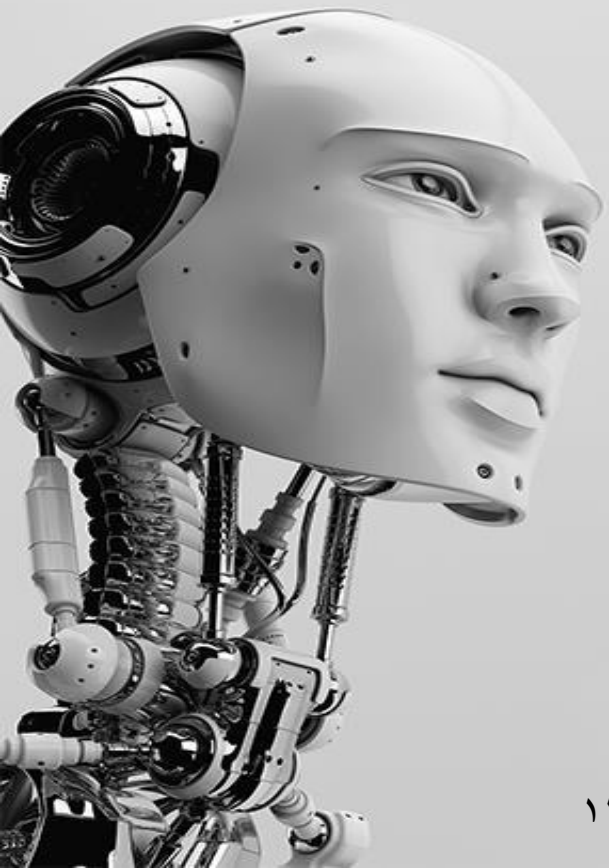
سید ایمان غفوریان - عضو هیات علمی دانشگاه آزاد مشهد-زمستان ۱۴۰۲

کنترل کیفیت



مفهوم یادگیری ماشین و نرم افزارهای عمرانی

02



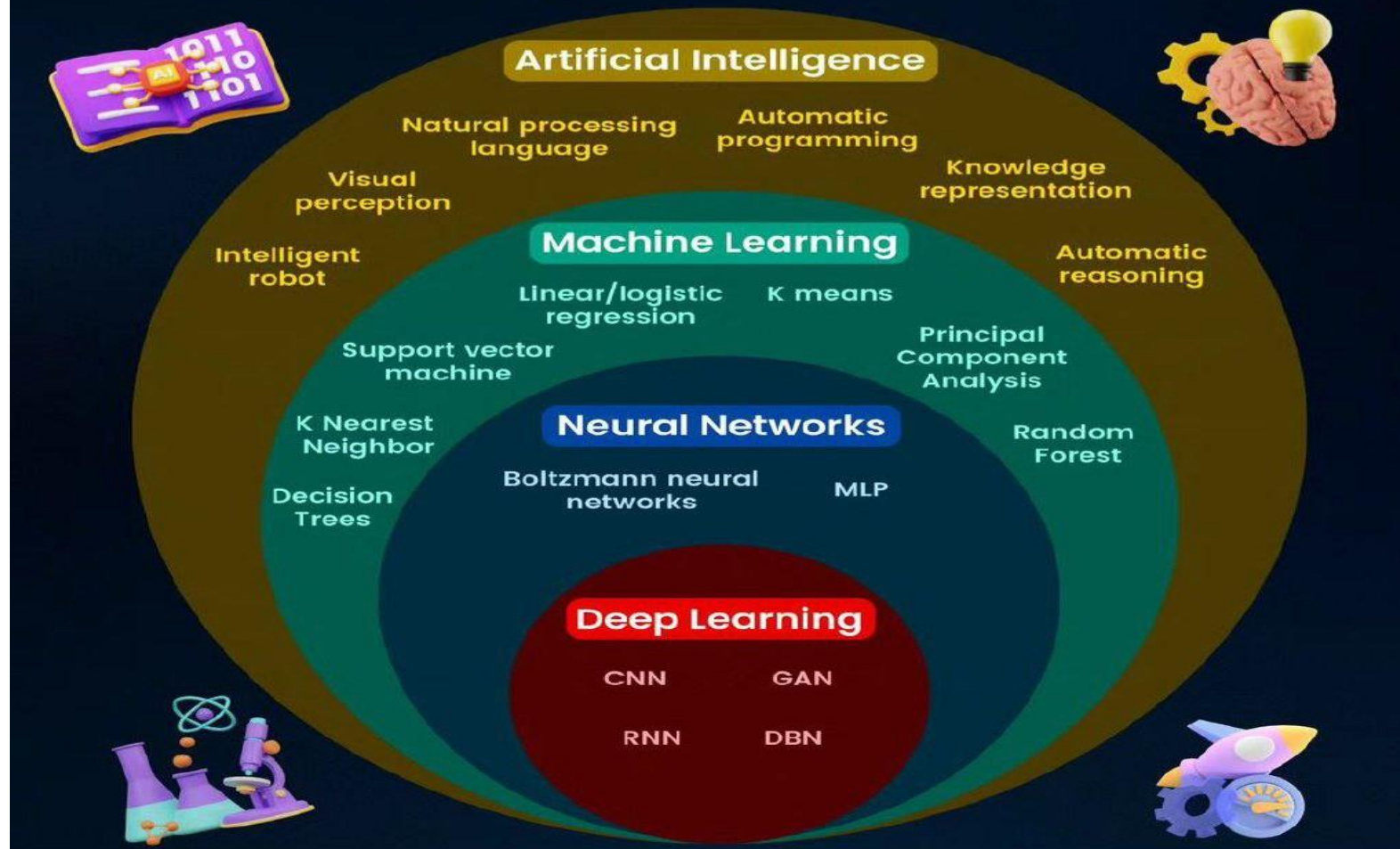
مفهوم یادگیری ماشین و نرم افزارهای عمرانی

مفهوم یادگیری ماشین

یادگیری ماشینی علمی است که باعث می‌شود **الگوریتم‌ها** بدون نیاز به یک برنامه صریح در مورد یک موضوع خاص با استفاده از یک سری **داده** یاد بگیرند.



AI vs ML vs Neural Network vs Deep Learning



دسته‌بندی اصلی مدل‌های یادگیری ماشین

(Supervised learning)

۱. مدل‌های نظارت‌شده

(Unsupervised learning)

۲. مدل‌های نظارت‌نشده

دسته‌بندی اصلی مدل‌های یادگیری ماشین

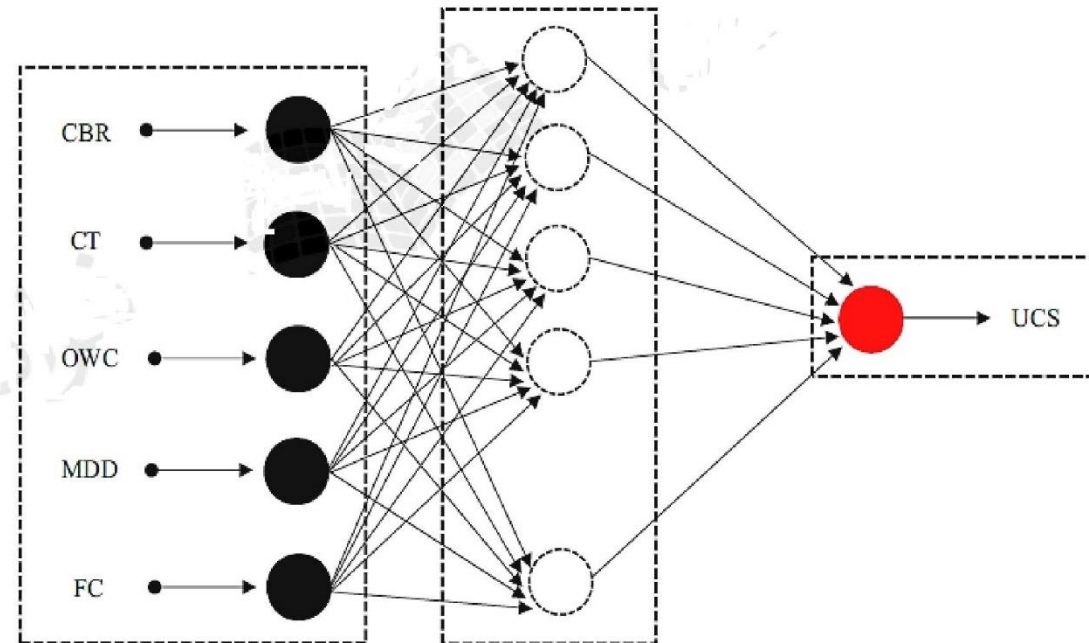
۱. مدل‌های نظارت‌شده



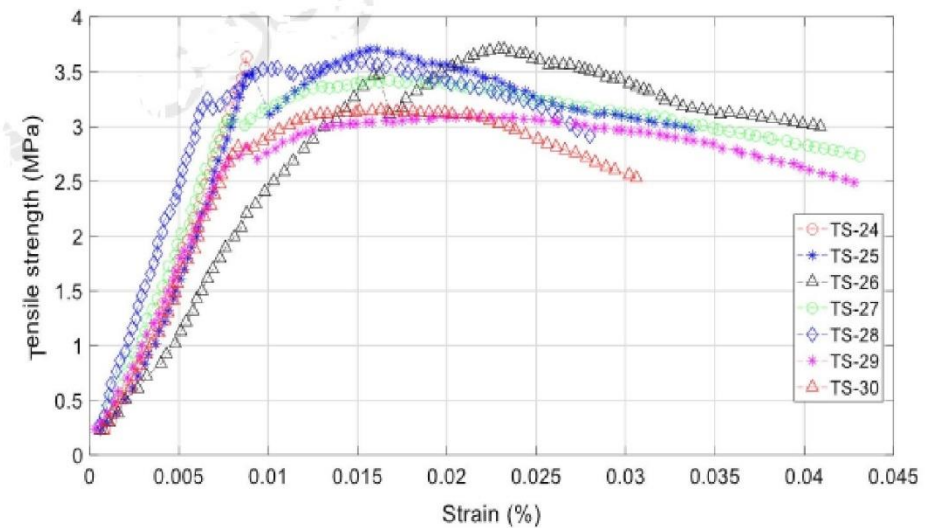
دسته‌بندی اصلی مدل‌های یادگیری ماشین



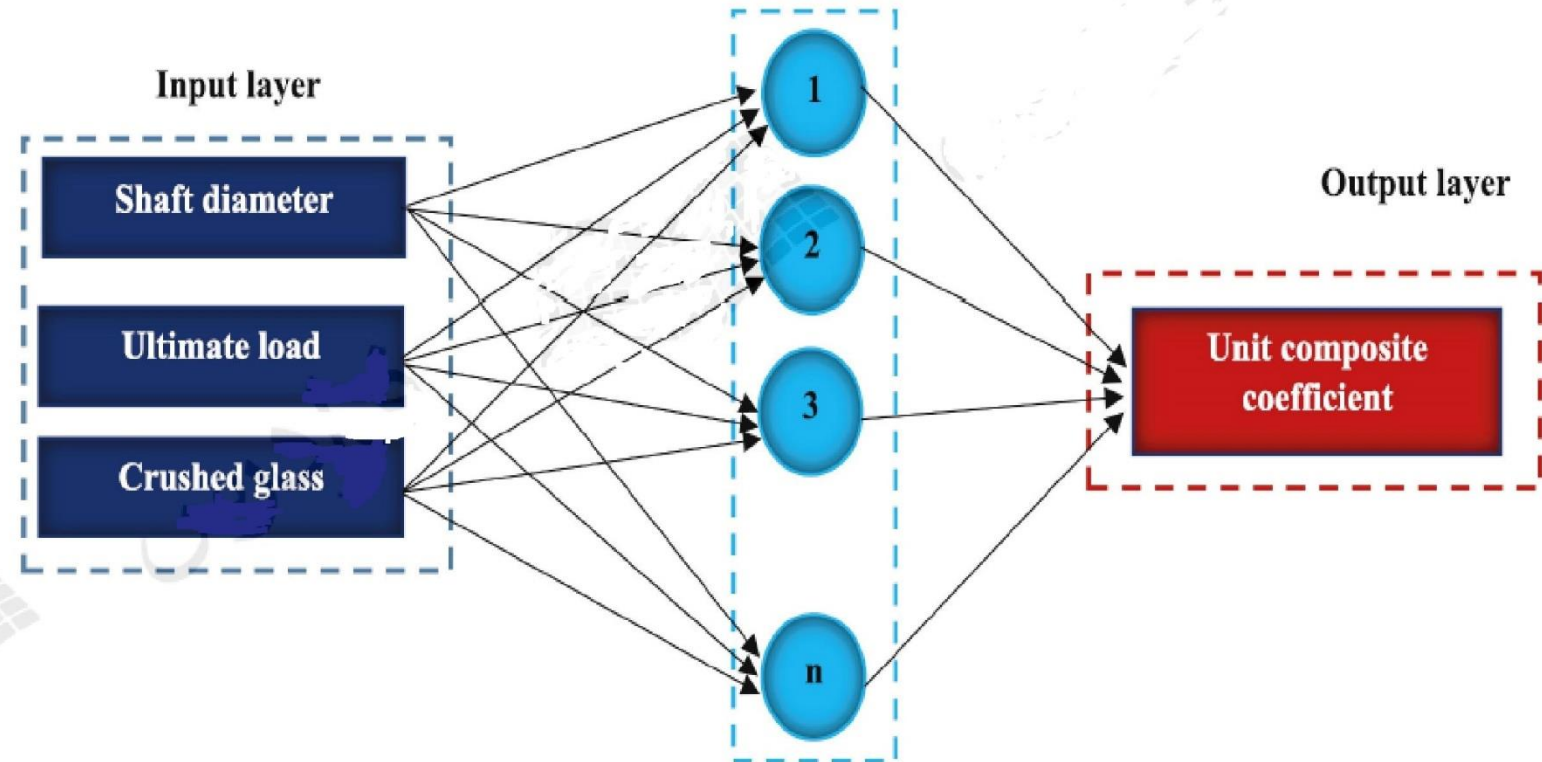
مدل‌های نظارت‌شده - مثال رشته عمران (تخمین)



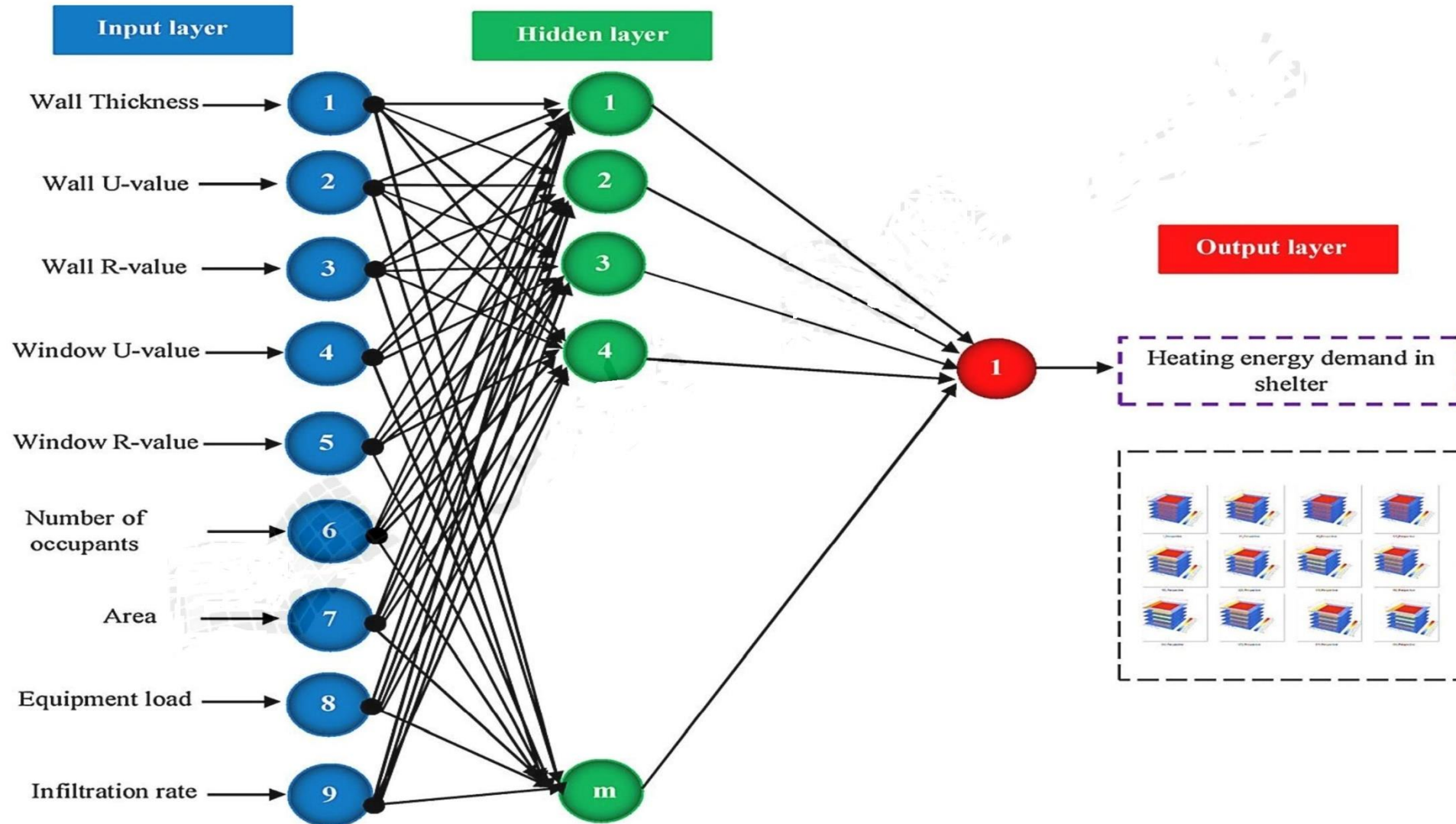
مدل‌های نظارت‌شده - مثال رشته عمران (تخمین)



مدل‌های نظارت‌شده - مثال رشته عمران (تخمین)

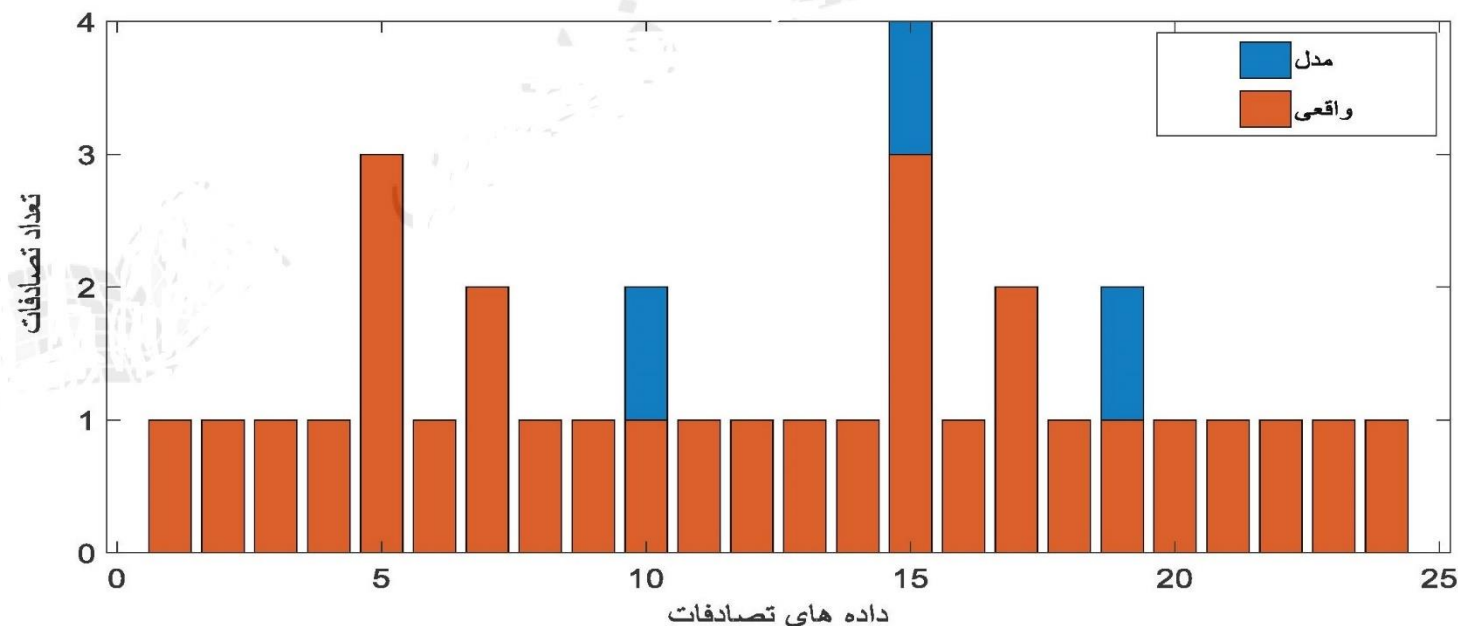


مدل‌های نظارت‌شده - مثال رشته عمران (تخمین)

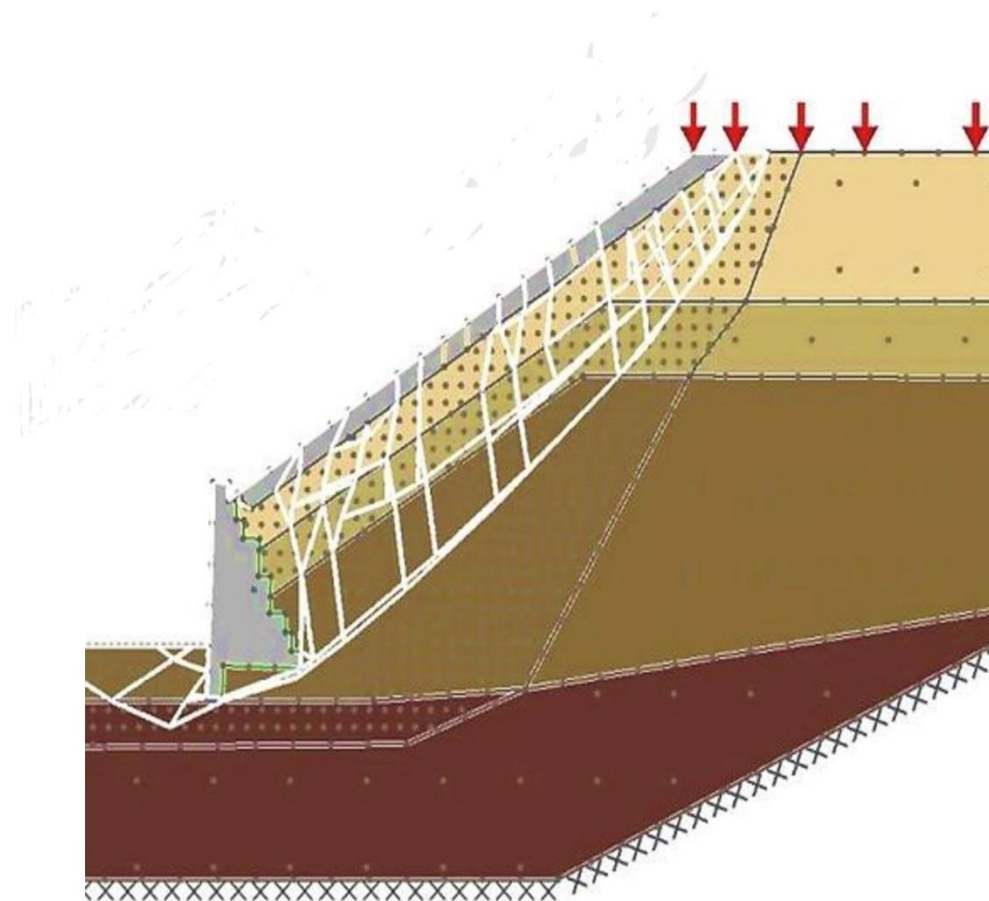
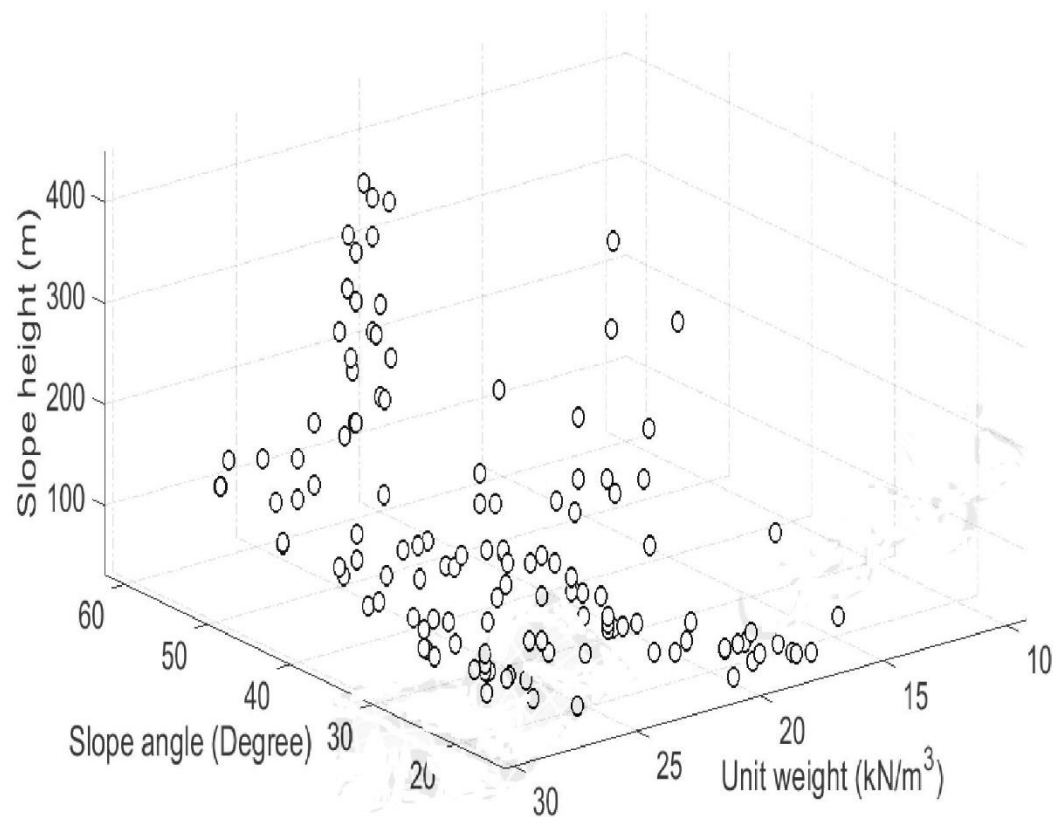


مدل‌های نظارت‌شده - مثال رشته عمران (طبقه‌بندی)

ردیف	تعداد تصادف	کلاس
۱	۱	کم‌ریسک
۲	۲	باریسک
۳	۳	ریسک بالا
۴	۴	ریسک خیلی بالا



مدل‌های نظارت‌شده - مثال رشته عمران (طبقه‌بندی)



دسته‌بندی اصلی روش‌های یادگیری ماشین

۲. مدل‌های غیر نظارت‌شده

داده

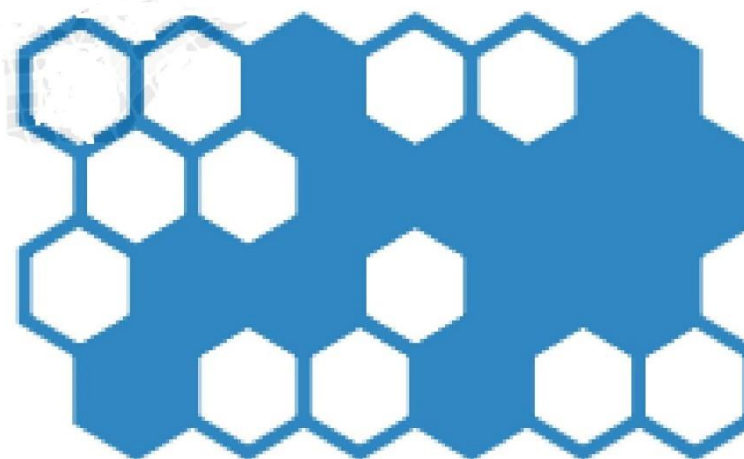
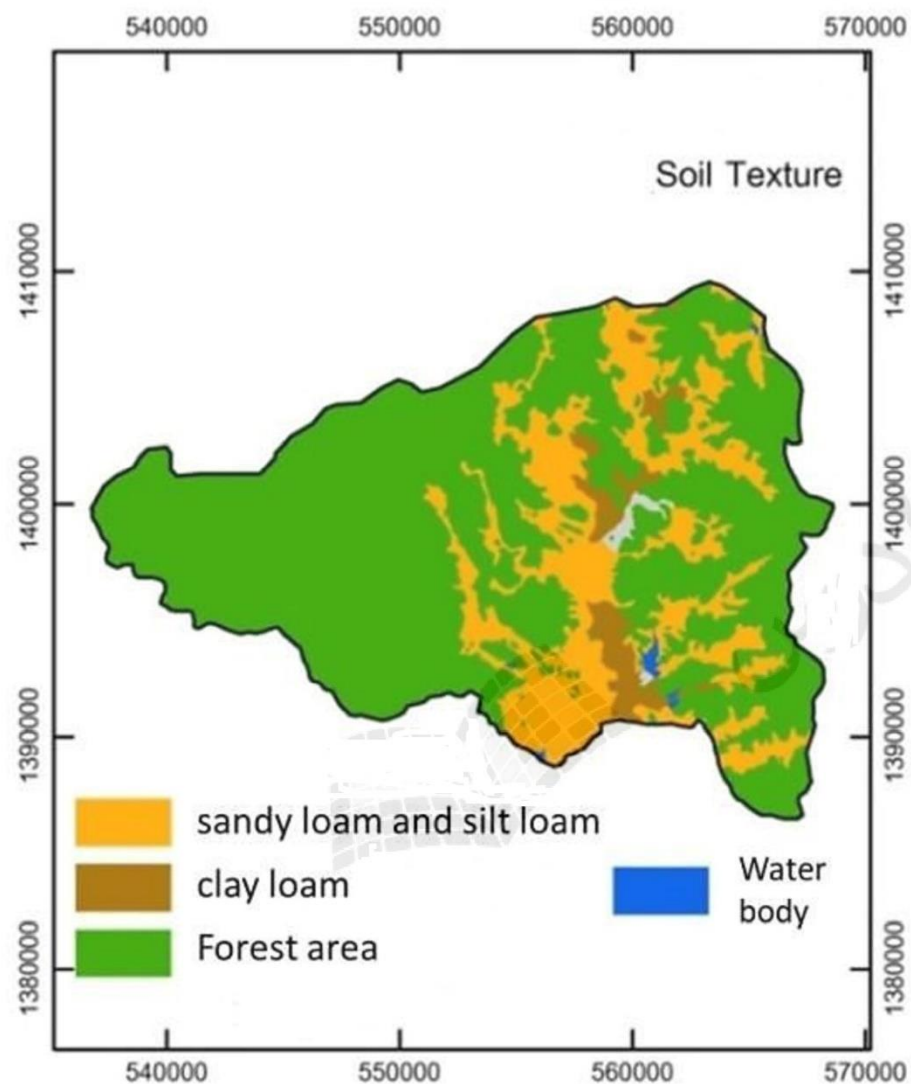


آموزش توسط یک از مدل‌های یادگیری ماشین

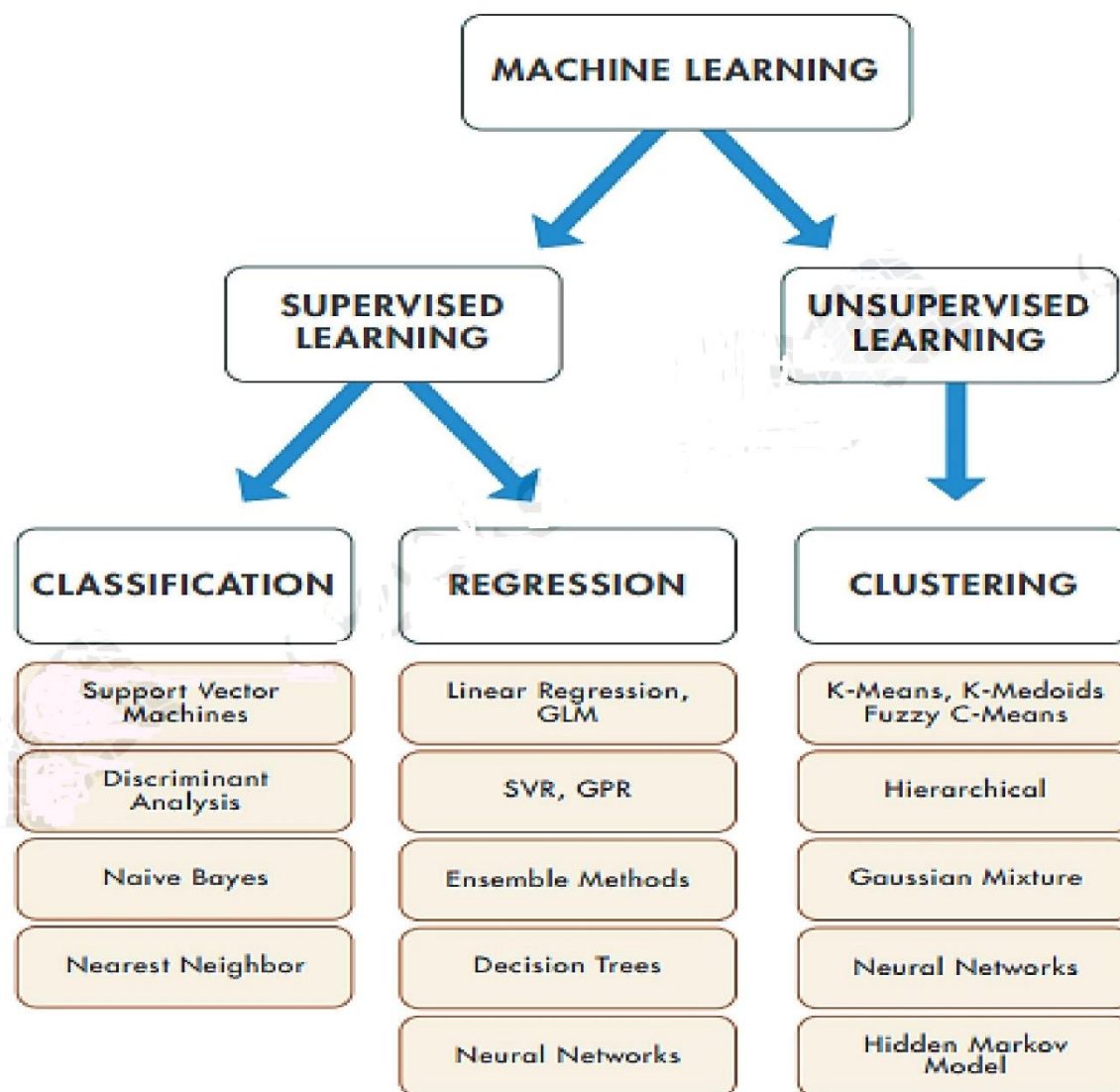


تولید مدل برای پیدا کردن تشابهات داده (خوشه‌بندی)

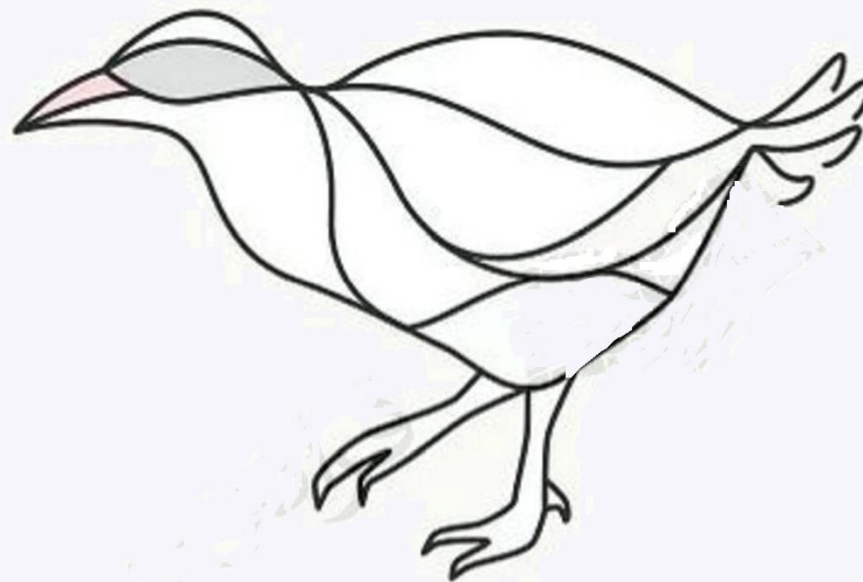
مدل‌های غیر نظارت‌شده - مثال رشته عمران (خوشه‌بندی)



مدل‌های پایه یادگیری ماشین



نرم افزار و بسترهای مختلف برای مدل سازی روش های یادگیری ماشین



WEKA

WEKA - University of Waikato (Java)

نرم افزار و بسترهای مختلف برای مدل سازی روش های یادگیری ماشین



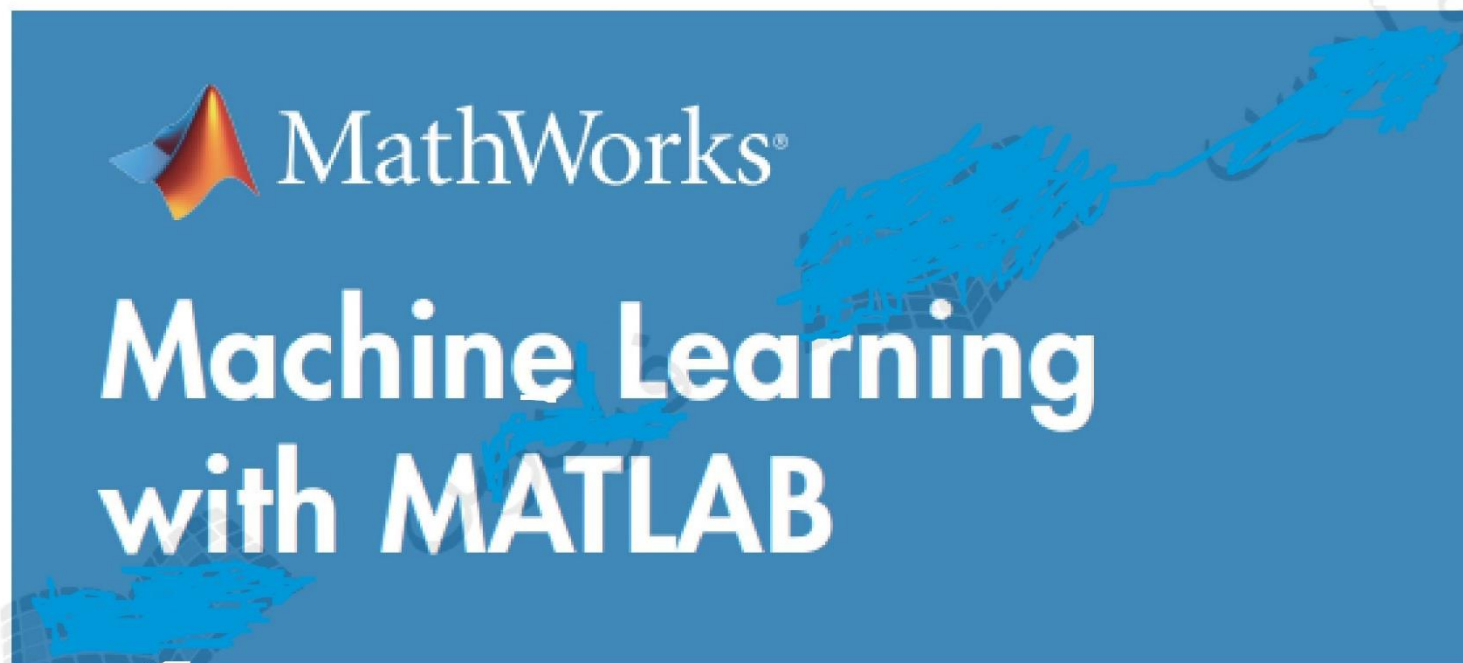
Orange – University of Ljubljana (Python, C++,C)

نرم افزار و بسترهای مختلف برای مدل سازی روش های یادگیری ماشین



Rapidminer – University of Dortmund (Java)

نرم افزار و بسترهای مختلف برای مدل سازی روش های یادگیری ماشین



MathWorks company – C, C++

نرم افزار و بسته های مختلف برای مدل سازی روش های یادگیری ماشین

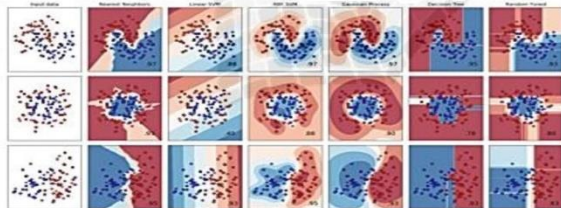


Classification

Identifying which category an object belongs to.

Applications: Spam detection, image recognition.

Algorithms: SVM, nearest neighbors, random forest, and more...

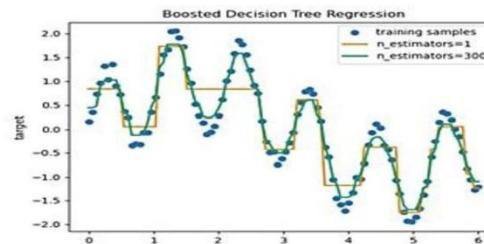


Regression

Predicting a continuous-valued attribute associated with an object.

Applications: Drug response, Stock prices.

Algorithms: SVR, nearest neighbors, random forest, and more...



Clustering

Automatic grouping of similar objects into sets.

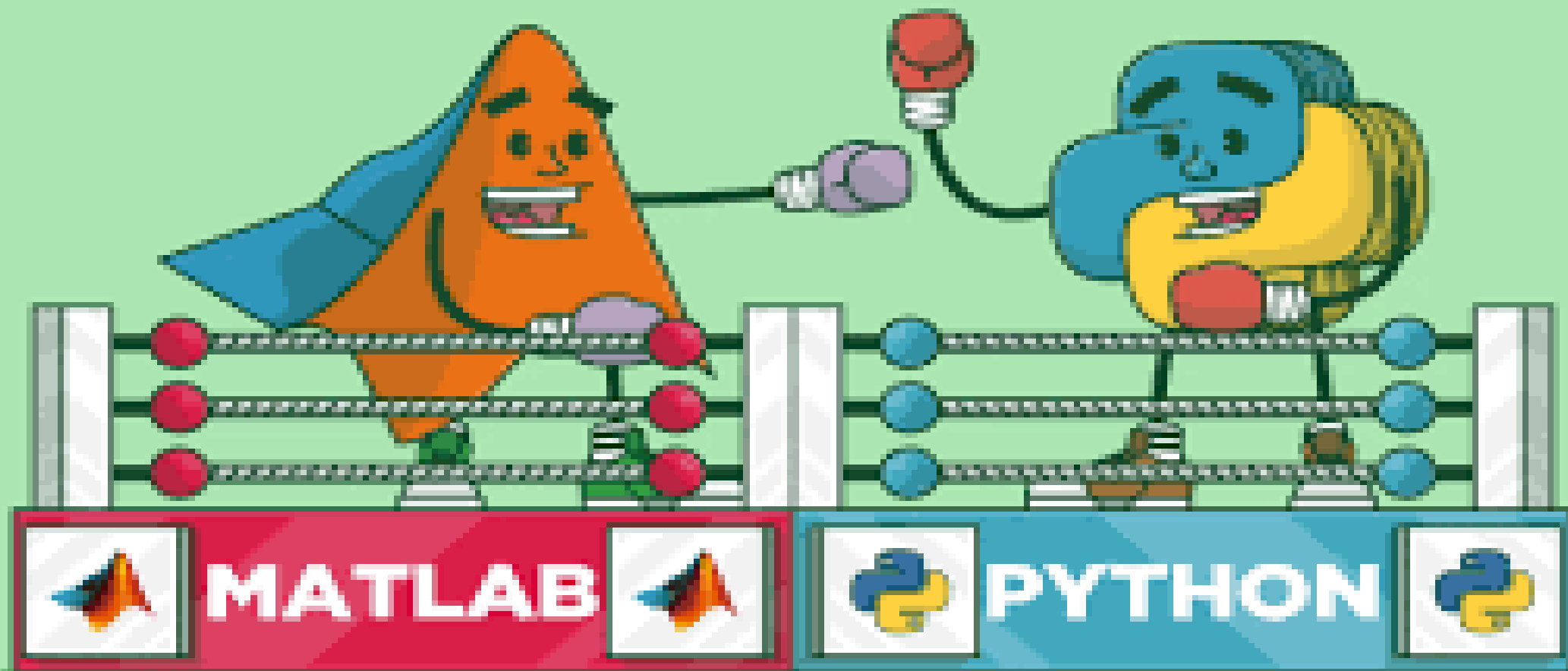
Applications: Customer segmentation, Grouping experiment outcomes

Algorithms: k-Means, spectral clustering, mean-shift, and more...



Python libraries

انتخاب برای دانشجویان عمران



انتخاب برای دانشجویان مهندسی عمران

