.NET Conf China
2022

TensorFlow.NET实战

仇华
TCL - 资深视觉开发工程师

自我介绍

深耕 制造业视觉技术开发
(机器学习&机器视觉)

· 本书特色 ·

快速入门

本书介绍了核心API 的用法和基础示例，包括数据类型、张量、Eager Mode、自动求导、线性回归、逻辑回归、tf.-data、深度神经网络和AutoGraph 机制，读者可以通过学习快速入门。

快速应用

本书演示了.NET Keras 的用法，包括模型、网络层、常用API、模型搭建和模型训练，读者可以由此快速掌握主流的深度学习方法。

快速落地

本书有大量的生产应用和案例实操，包括GPU 环境搭建、自定义数据集训练、图像分类、目标检测、迁移学习、自然语言处理、生成对抗网络和F#应用案例，每个案例均有完整的代码，帮助开发者快速在实际项目中开展AI技术落地。

演讲内容

- 智能制造中的AI视觉

- .NET深度学习解决方案

- TensorFlow.NET实战教程

智能制造中的AI视觉

疫情下制造企业的痛点

疫情放大了制造企业在自动化、信息化方面的短板，应对市场变化，**制造企业智能化** 转型迫在眉睫。

- 客户订单不均衡，市场急剧萎缩
- 急单、插单频繁发生，交货问题更加突出

客户订单问题

- 产品质量问题多、返工多、客户投诉多、物料损耗大、报废多
- 设备停机多、各种异常和等待，隐形浪费很大

企业生产问题

- 需要的物料无法及时到货，不需要的物料长时间呆滞；急着要发货的产品不能及时排产。

供应链问题

- 车间现场半成品多、不良品多，堆放混乱、管理困难
- 跨部门、跨企业协同难，沟通冲突大、决策难。

企业管理问题

- 疫情导致招人难，留人难，员工流失率居高不下

企业用人问题

制造企业危机下 应对策略：规划好企业的 **智能制造** 路线, 提前做好风险预防, 增强企业的**生存能力**及**综合竞争力**

什么是智能制造

智能制造（Intelligent Manufacturing，IM）是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化智能系统，它在制造过程中能进行智能活动，诸如分析、推理、判断、构思和决策等。通过人与智能机器的合作共事，去扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动。它把制造自动化的概念更新，扩展到柔性化、智能化和高度集成化。

智能制造 政策解读

《“十四五”智能制造发展规划》中解读智能制造

到2025年 规模以上制造业企业大部分实现数字化网络化，重点行业骨干企业初步应用智能化。

到2035年 规模以上制造业企业全面普及数字化网络化，重点行业骨干企业基本实现智能化。

2025年的主要目标

——转型升级成效显著。70%的规模以上制造业企业基本实现数字化网络化，建成500个以上引领行业发展的智能制造示范工厂。制造业企业生产效率、产品良品率、能源资源利用率等显著提升，智能制造能力成熟度水平明显提升。

——供给能力明显增强。智能制造装备和工业软件技术水平和市场竞争力显著提升，市场满足率分别超过70%和50%。培育150家以上专业水平高、服务能力强的智能制造系统解决方案供应商。

中华人民共和国中央人民政府
www.gov.cn

国务院 总理 新闻 政策 互动

首页 〉 政策 〉 国务院政策文件库 〉 国务院部门文件

标　题：八部门关于印发《“十四五”智能制造发展规划》的通知

发文字号：工信部联规〔2021〕207号

主题分类：工业、交通\其他

成文日期：2021年12月21日

“六大行动”

- 智能制造技术攻关行动
- 智能制造示范工厂建设行动
- 行业智能化改造升级行动
- 智能制造装备创新发展行动
- 工业软件突破提升行动
- 智能制造标准领航行动

智能制造 关键举措

精益化 | 自働化 | 数字化 | 智能化

■ **智能制造目标**：综合运用精益、自动化、数字化和智能化等手段，提升企业制造能力、推动企业制造模式创新

（传统大规模量产的生产模式 → 柔性制造、绿色制造、分型制造）

实施策略

实施领域

精简重复操作型人员

随业务拓展扩大核心技术人员规模

检测	物流	组装
检测人力占比40%	物流人力占比15%	线上组装人力占比10%
 传统视觉算法性能不足	 应用场景灵活性差	 组装技术柔性应用难
 品质追溯效率低	 配置冗余影响效率	 型号切换效率低

精益 20%

自动化 40%

智能装备强相关

数字化 10%

智能化 30%

机器视觉 智能制造大环境的选择

机器视觉被称为智能制造的“智慧之眼”，为智能制造打开了新的“视”界。 机器视觉是生产过程中数据采集的首选技术之一，是实现工业自动化和智能化的必要手段，相当于人类视觉在机器上的延伸。为了保持我国在世界制造业中的竞争地位，我国提出了三步走实现制造强国目标的《中国制造2025》规划纲要：第一步，到2025年迈入制造强国行列；第二步，到2035年我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平； 第三步，到新中国成立一百年时，我制造业大国地位更加巩固，综合实力进入世界制造强国前列

《中国制造2025》三步走战略

第一步

- **时间节点**：2025年
- **主要目标**：迈入制造强国行列

第二步

- **时间节点**：2035年
- **主要目标**：整体达到世界制造强国阵营中等水平

第三步

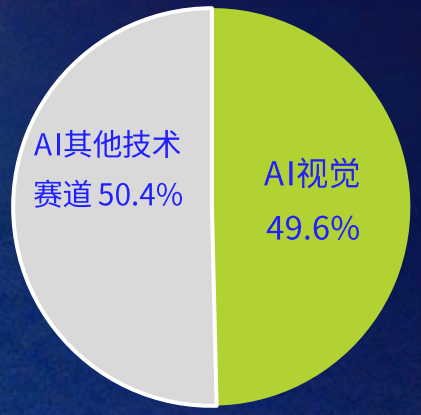
- **时间节点**：新中国成立百年 2049
- **主要目标**：迈入世界制造强国前列

AI视觉商业化落地进程

千亿级大赛道初露端倪，成为人工智能产业规模的主战场

通过对下游行业需求统计测算，2021年我国AI视觉产品的市场规模占整个人工智能行业的49.6%，达到990亿元。和AI视 觉有关的计算机通信设备销售、医疗器械等专用设备销售、工程建设、传统业务效益转化等带动相关产业规模超过3079 亿元。从市场规模、场景泛用、带动作用来说，AI视觉领域已成为人工智能产业规模的主战场。AI视觉承接海量下游需求， 未来增量动力依然强劲。

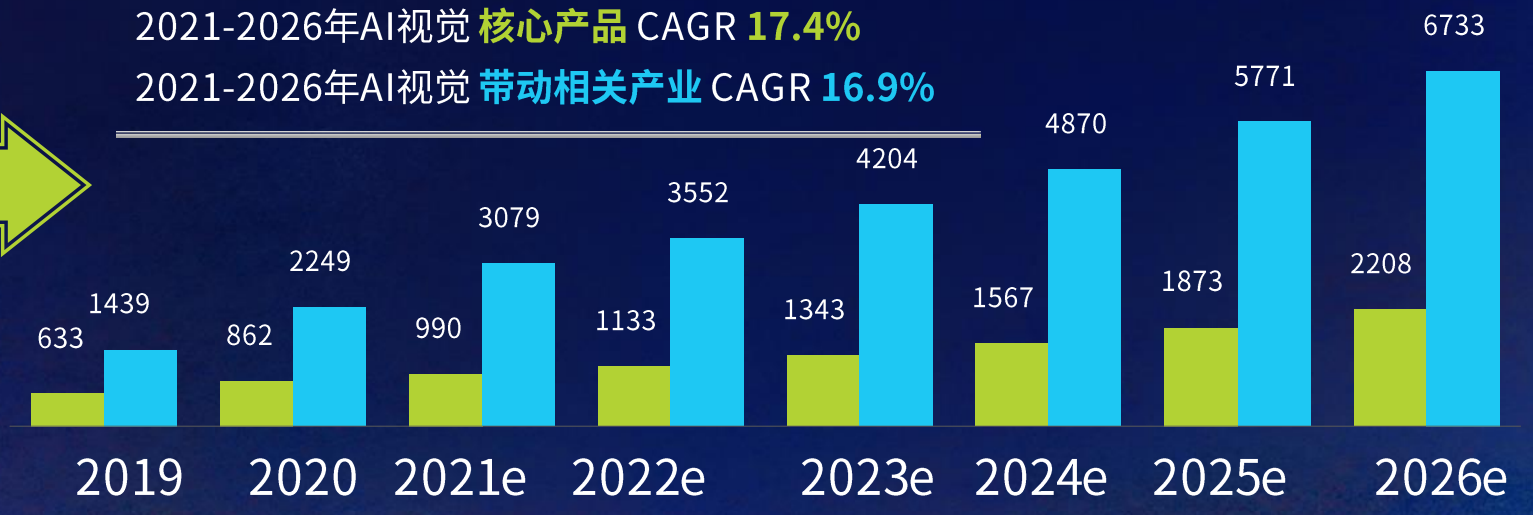
2021-2026年中国AI视觉核心产品及带动相关产业规模



2021年中国AI视觉市场在AI整体中占比**49.6%**

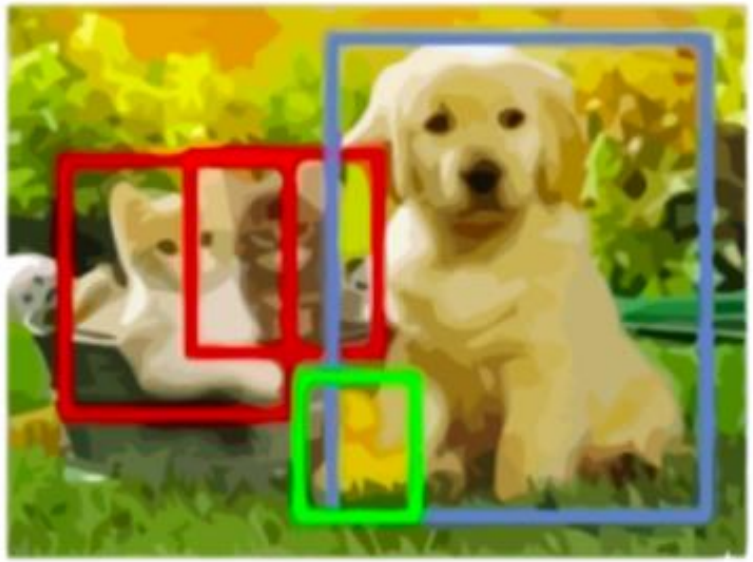
2021-2026年AI视觉 **核心产品** CAGR **17.4%**

2021-2026年AI视觉 **带动相关产业** CAGR **16.9%**



制造领域 深度学习CV应用

图像分类



目标检测

图像分割

（语义分割和实例分割）

GAN：

超分辨率

Super-Resolution

图像生成

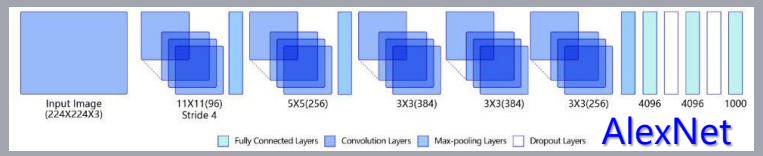
Deep Dream

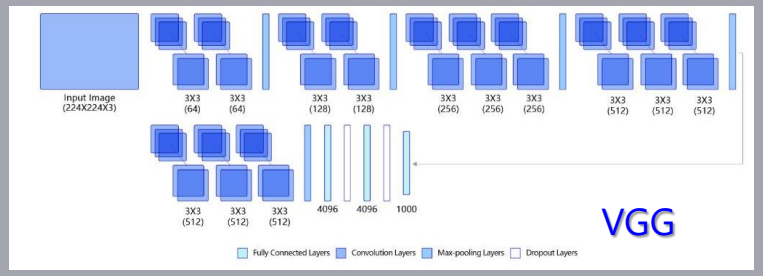
无监督学习：

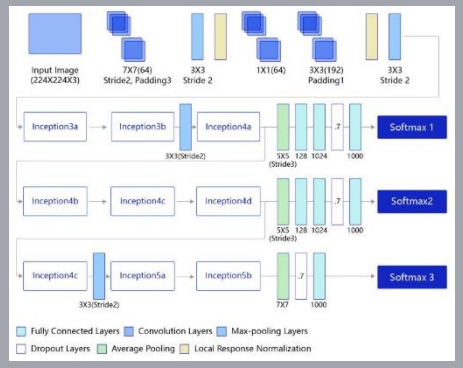
异常检测

深度学习图像领域常用模型

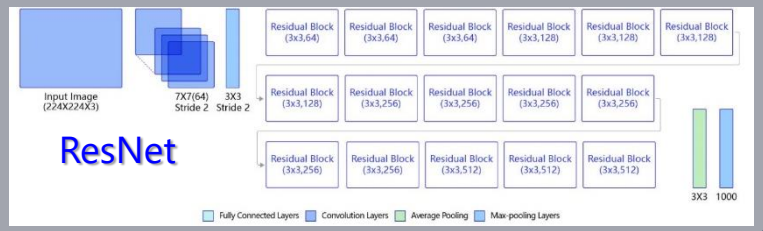
图像分类



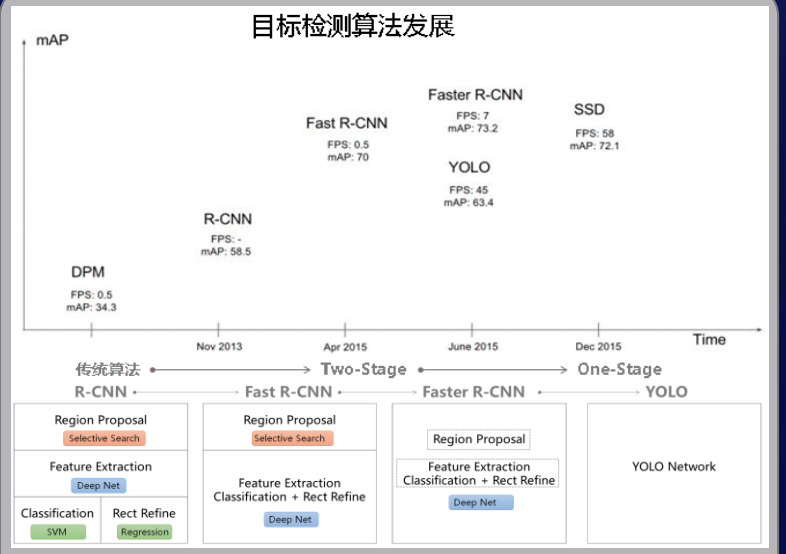


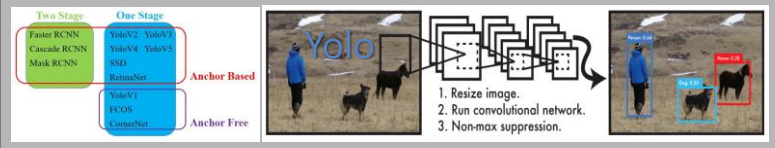


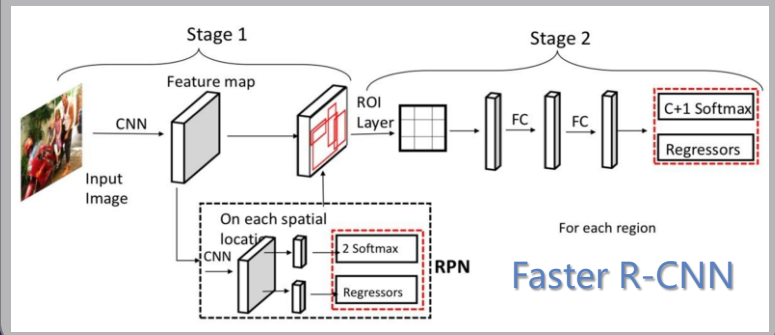
Inception



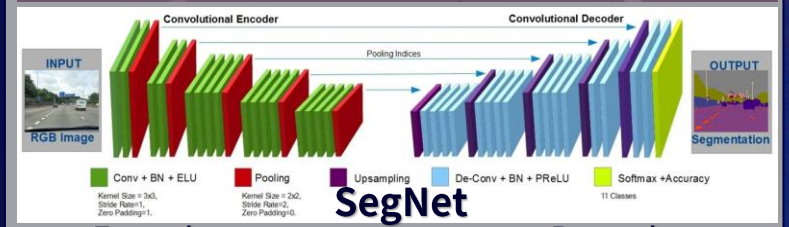
目标检测



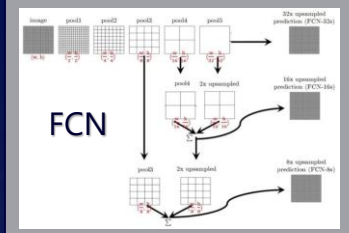


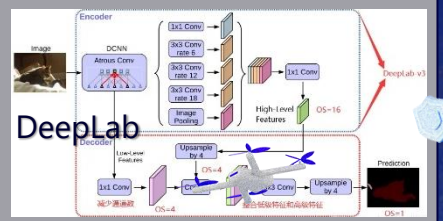


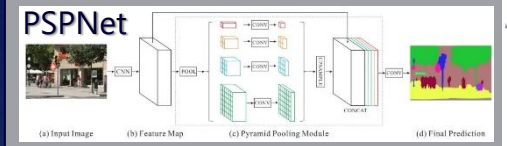
图像分割

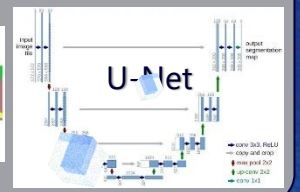


Encoder → Decoder









实际应用的 深度学习CV 制造现场

Data Augmentation
（数据增强）

设备系统集成

配套标注工具

交互UI

.NET 项目集成

传统算法协作开发

工业视觉环境差异

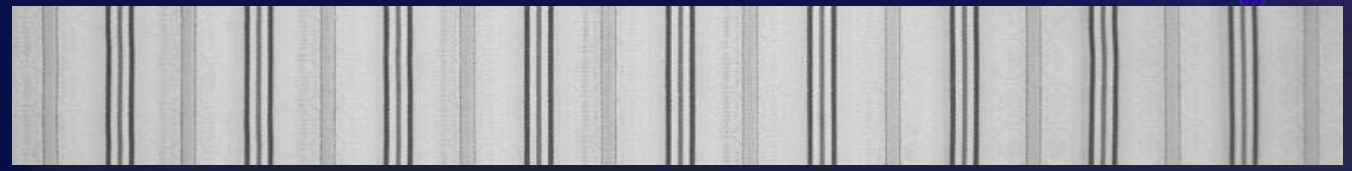
工业视觉 vs 传统图像 场景的差异?

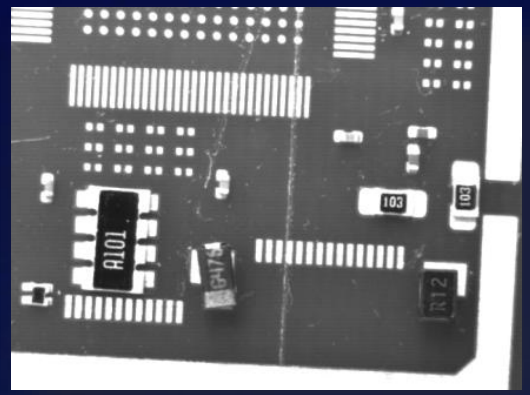
制造环境 vs 非制造环境

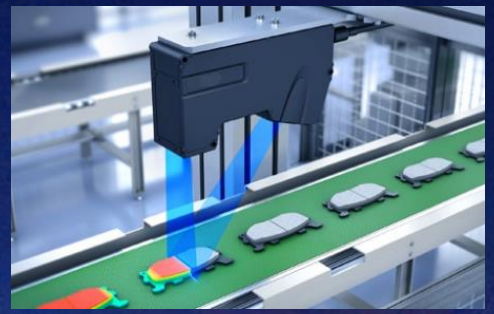
	图像			环境		软件算法		
	① 图像采集	② 成像环境	③ 负样本数量	④ 系统环境	⑤ 编程环境	⑥ 模型需求	⑦ 开发量	⑧ 算法特点
工业环境	种类多样 灰度图为主	稳定、单一	严重不足	系统老旧 、配置低	.NET为主	稳定高效	配套工具为主	传统算法为主 深度学习辅助
非工业环境	种类单一 彩色图为主	动态、复杂	可以满足	新、云系统 、配置合理	Python为主	不断更新迭代	模型开发优化	深度学习为主

1. 图像采集对比 – 制造业

制造业采集

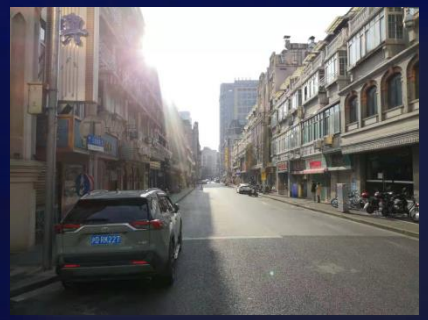






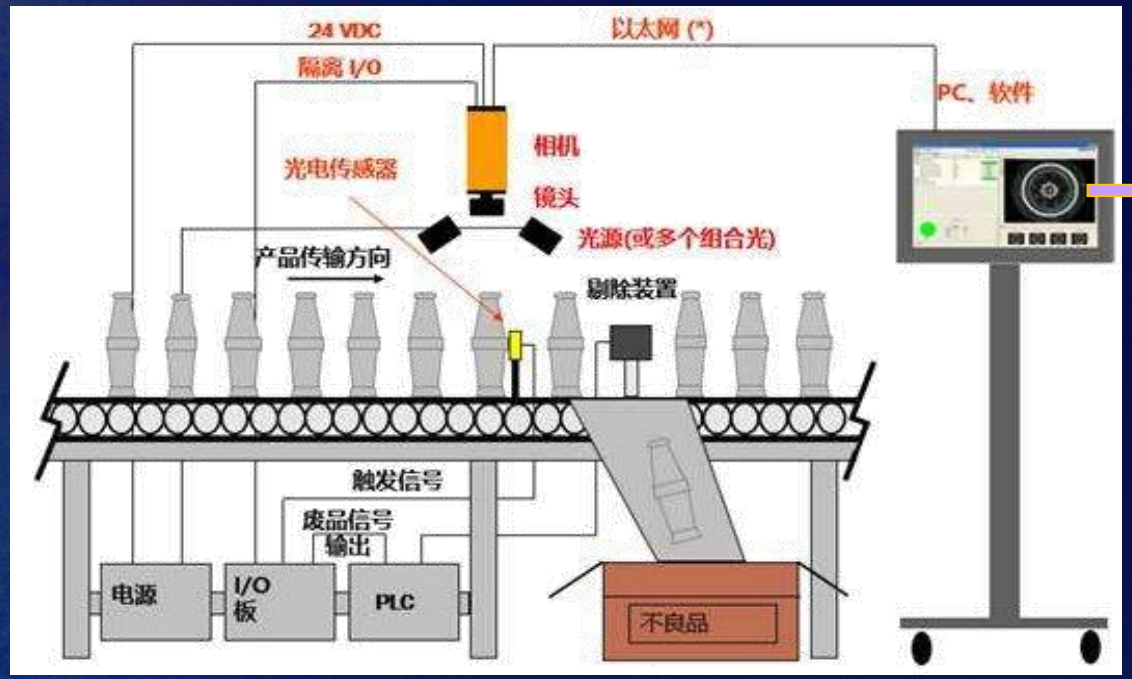
1. 图像采集对比 – 非制造业

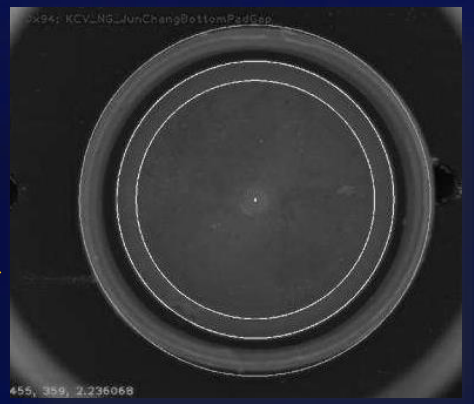
非制造业采集【模型一般基于非制造业图像适配】

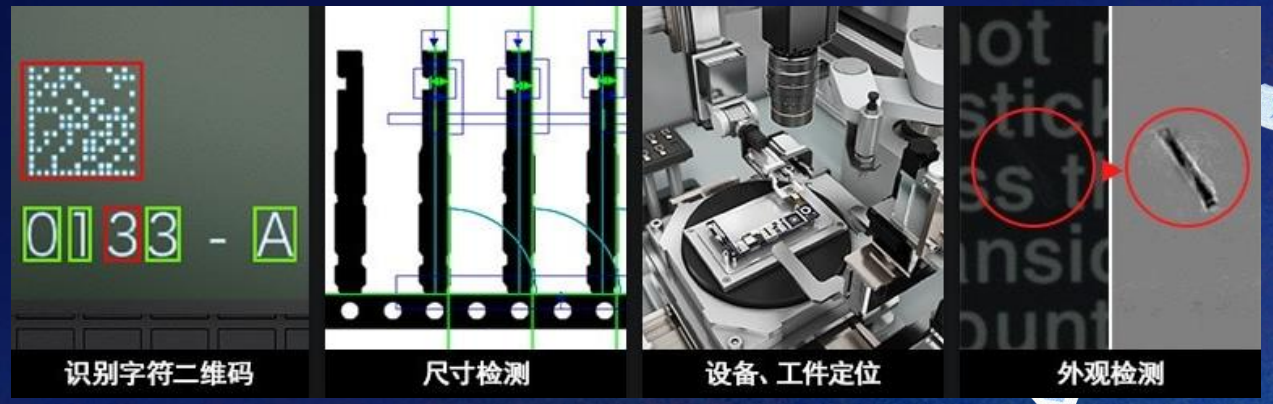


2. 成像环境对比 – 制造业

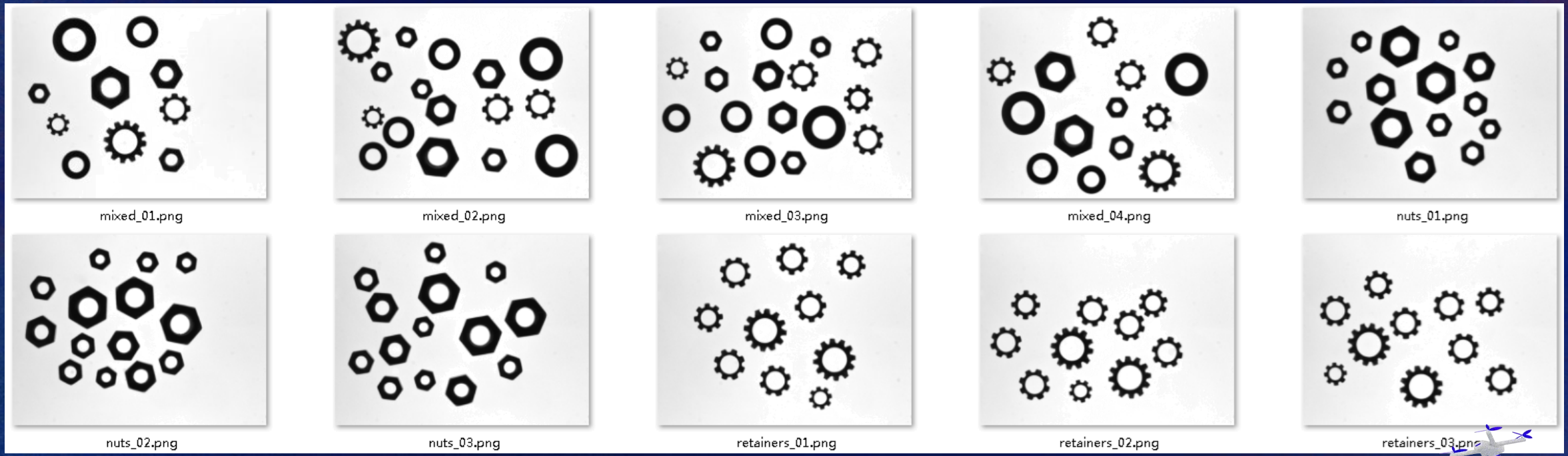
制造业图像







2. 成像环境对比 – 制造业图像集



2. 成像环境对比 – 非制造业

非制造业图像

3. 负样本严重不足

3. 数据增强方法

常规方式 和 自主开发方式

常规方式	直接增加	直接复制，直接增加训练集比例
	几何变换类	翻转，旋转，裁剪，变形，缩放 等
	颜色变换类	噪声、模糊、颜色变换、擦除、填充 等
自主开发	随机采集	大图中随机采集特征区域
	图像融合	负样本目标特征区域 主动融合背景生成新图

4. 制造业系统环境

当前生产环境的工业软件主要有以下特点：

1. 封闭性和保密性，数据敏感，无法接入外部互联网；
2. 整体软件基础架构自主开发；
3. 运行速度和稳定性要求高，离线单机设备多；

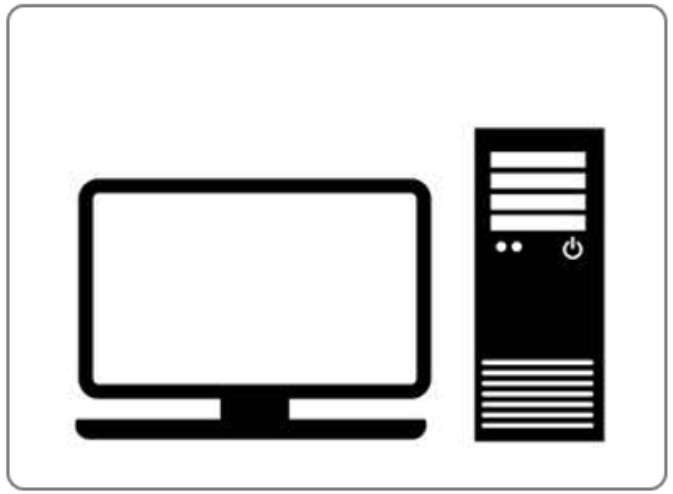
Microsoft Windows 2000 Professional Edition SP4

Microsoft Windows xp

4. 老旧系统适配

POST通讯交互

客户端 [.NET]



Request
Json： Image

HTTP 协议：POST

Json： Result
Response

服务器 [Python]

* 也可以直接同1台PC同时做服务器和客户端，127.0.0.1通讯

功能模块：

- 图像获取
- 图像预处理
- 结果反馈至生产环境

功能模块：

- DL模型训练
- DL模型预测
- 接收图像 / 反馈结果

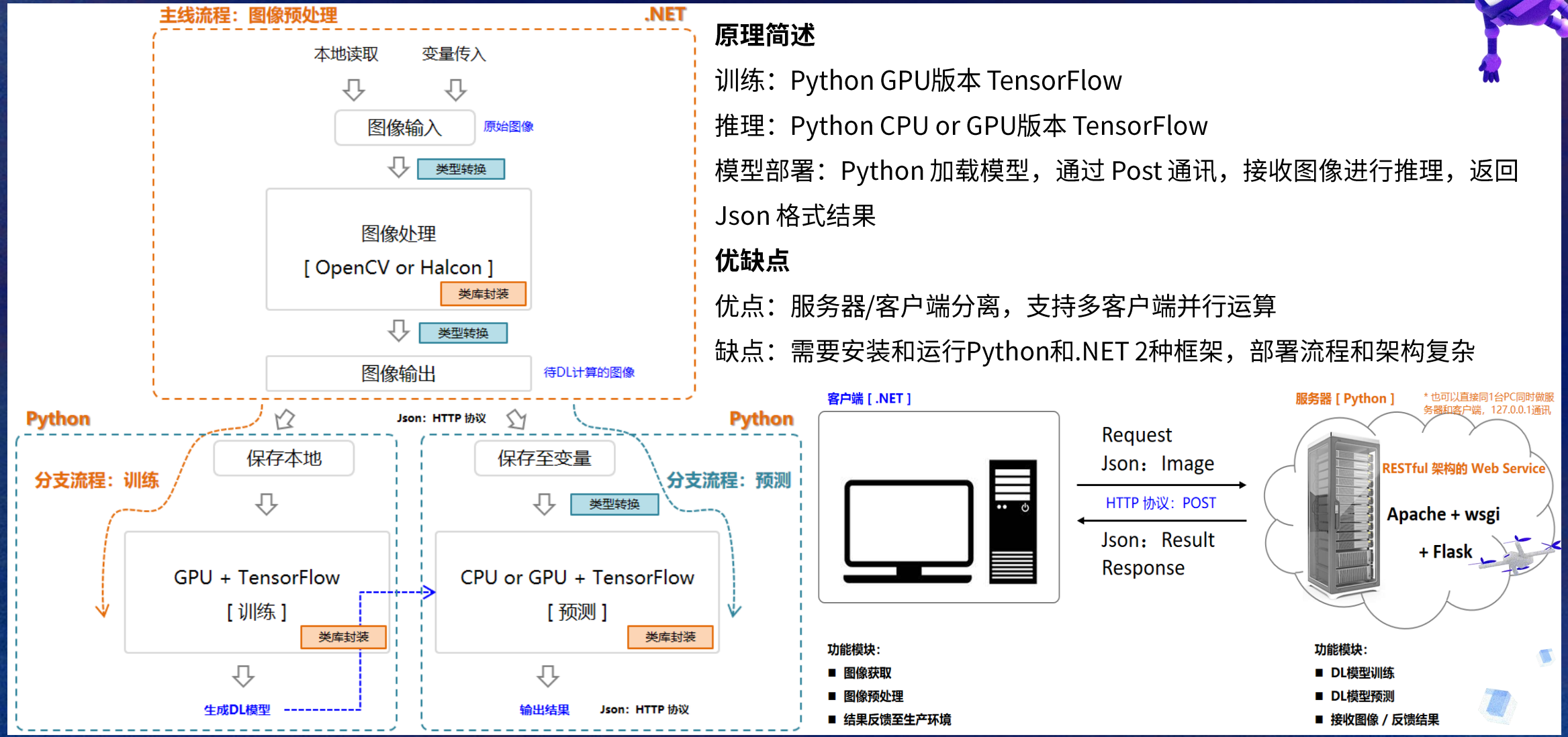
5. 制造业视觉编程环境

TIOBE Index for November 2022

Nov 2022	Nov 2021	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	1		Python	17.18%	+5.41%
2	2		C	15.08%	+4.35%
3	3		Java	11.98%	+1.26%
4	4		C++	10.75%	+2.46%
5	5		C#	4.25%	-1.81%
6	6		Visual Basic	4.11%	-1.61%
7	7		JavaScript	2.74%	+0.08%
8	8		Assembly language	2.18%	-0.34%
9	9		SQL	1.82%	-0.30%
10	10		PHP	1.69%	-0.12%

在深度学习的科研和互联网领域中，目前是以 Python 语言为主流，**但是在传统的工业生产环境中，依然是 微软.NET 的天下，其中主要的开发语言为 C#。**

5. 制造业环境 部署深度学习 1#



原理简述

训练：Python GPU版本 TensorFlow

推理：Python CPU or GPU版本 TensorFlow

模型部署：Python 加载模型，通过 Post 通讯，接收图像进行推理，返回 Json 格式结果

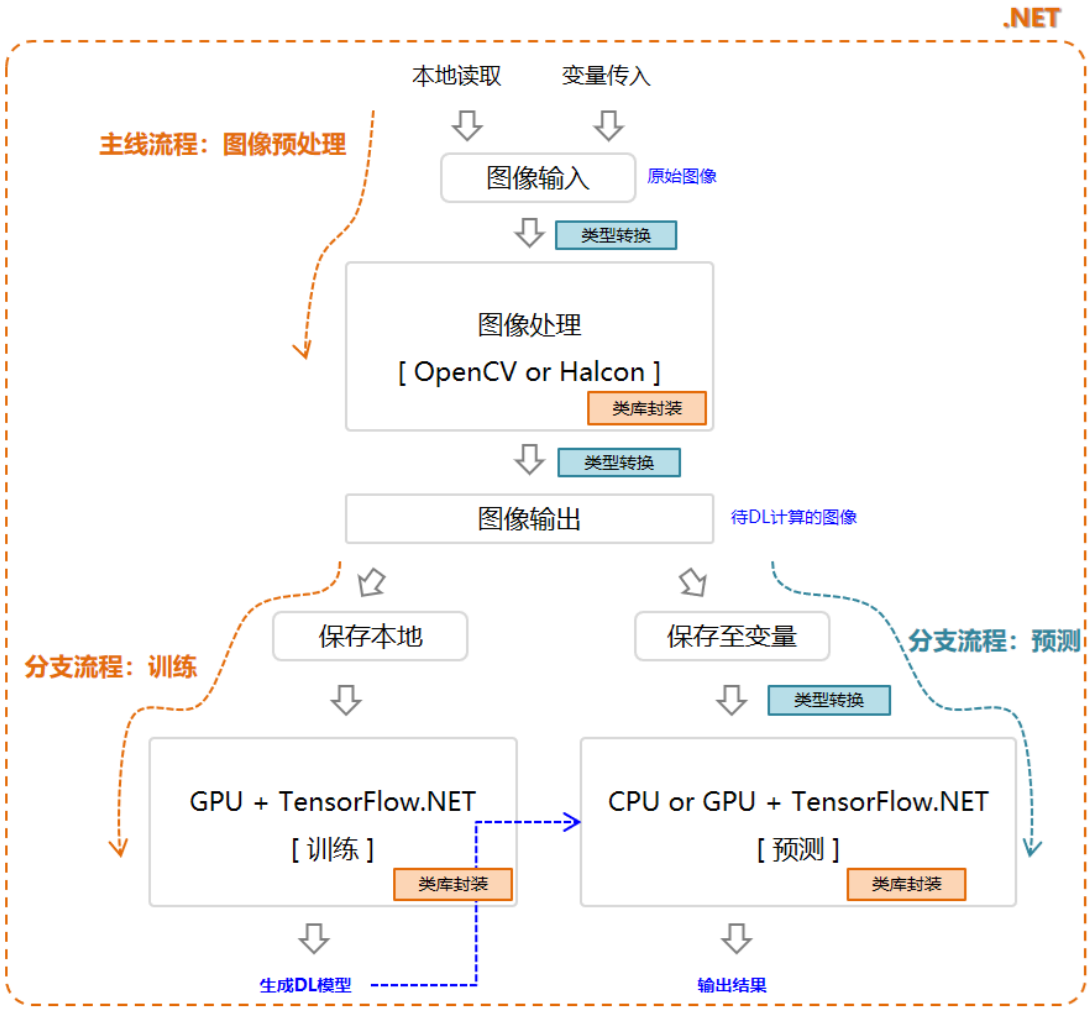
优缺点

优点：服务器/客户端分离，支持多客户端并行运算

缺点：需要安装和运行Python和.NET 2种框架，部署流程和架构复杂

5. 制造业环境 部署深度学习 2#

推荐方式



原理简述

SciSharp STACK

训练：GPU 版本 TensorFlow.NET

推理：CPU or GPU 版本 TensorFlow.NET

模型部署：TensorFlow.NET GPU版本 训练出的模型直接调用

优缺点

优点：

TensorFlow在.NET环境下的GPU支持

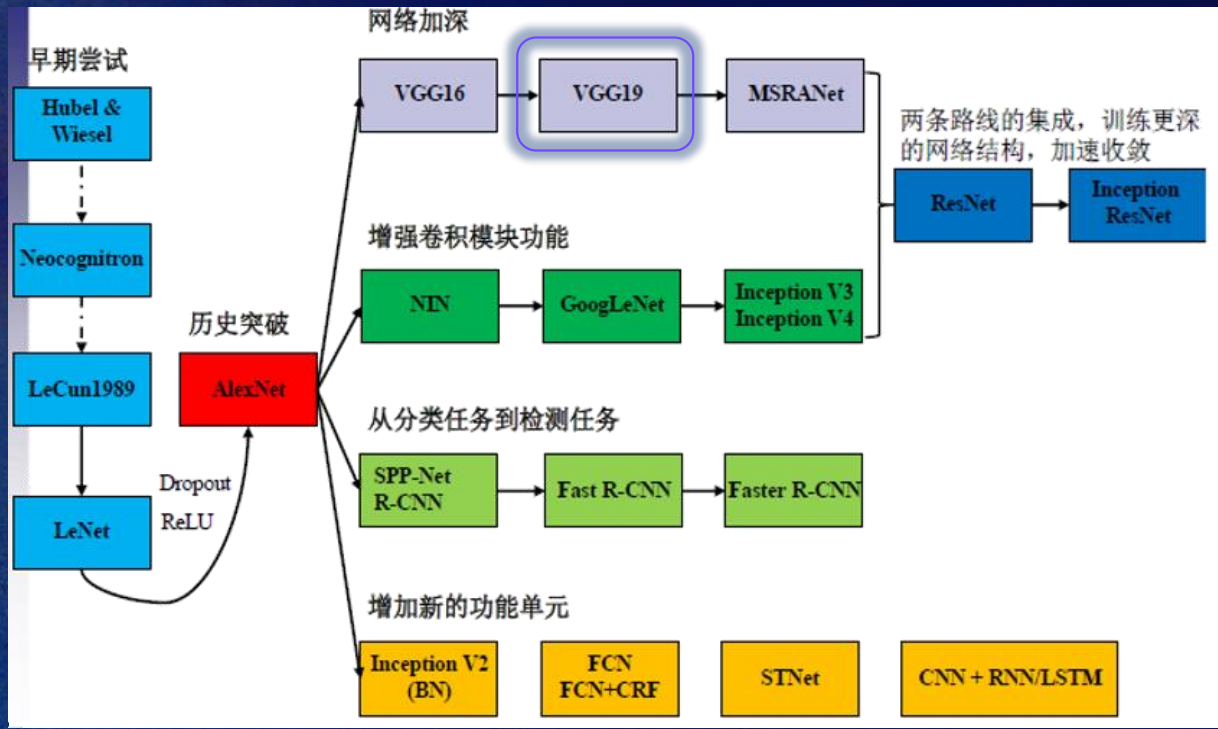
模型训练和部署 可以在同1套程序中集成，无需外部通讯

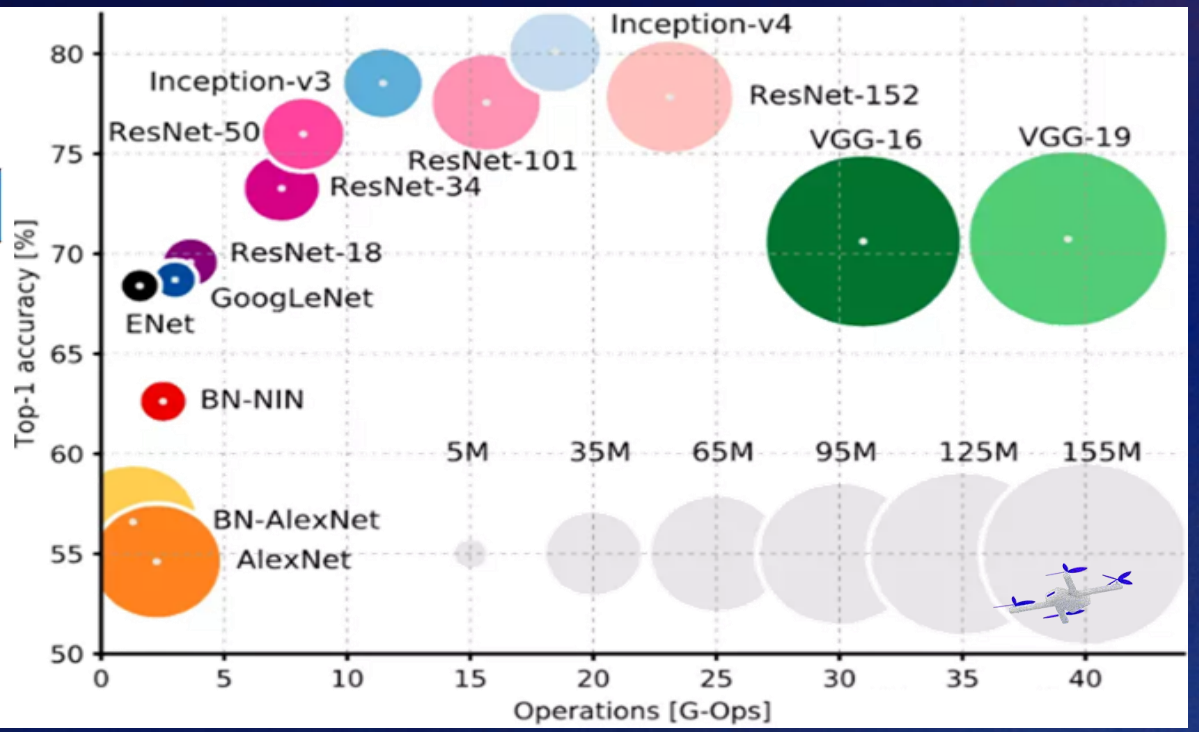
Google官方推荐.NET开发者使用，同时作为ML.NET的底层深度学习框架

Microsoft .NET + TensorFlow

6. 制造业视觉 网络模型特点

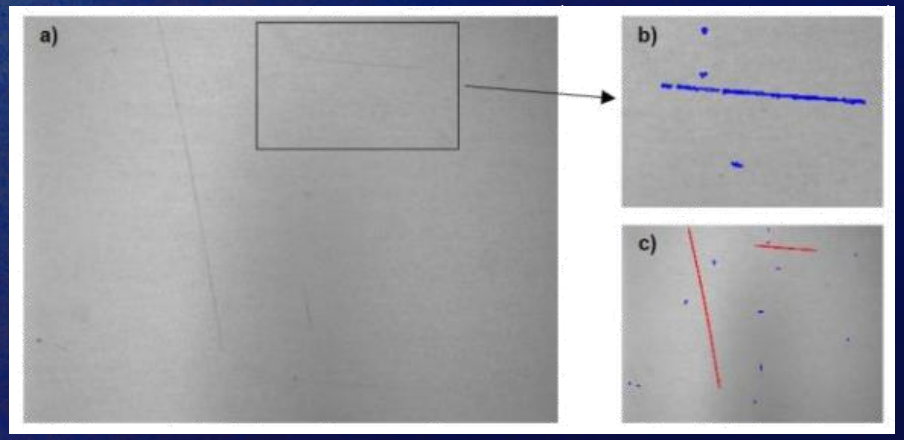
模型不需要前沿 需要稳定高效





7. 开发：算法落地的配套工具开发量占比高

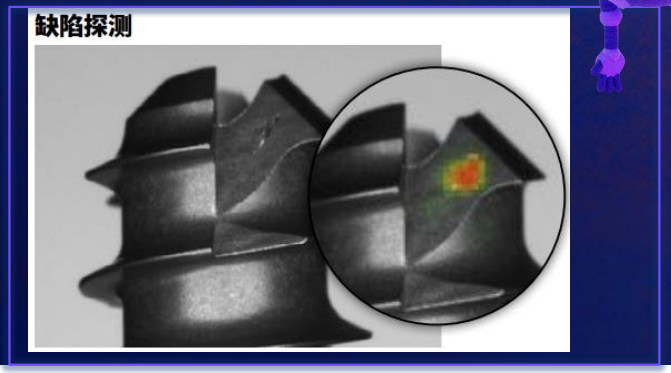
8. 算法特点： 传统算法为主 深度学习辅助

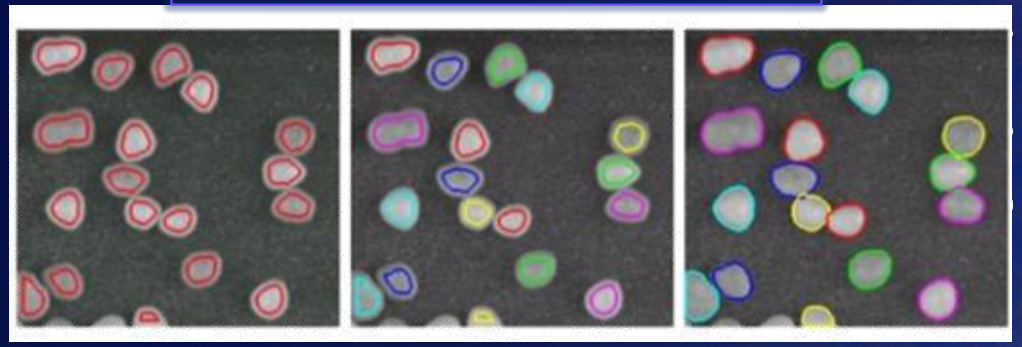


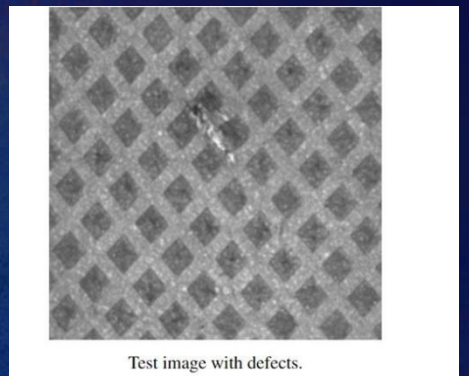
Dynamic Threshold + Blob

or

DL Segmentation ?



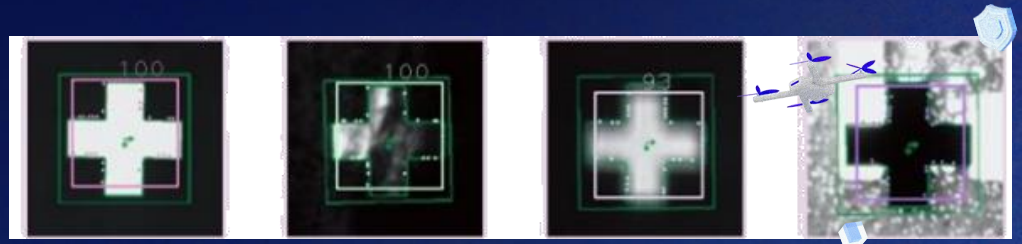




Patch Feature Comparison

or

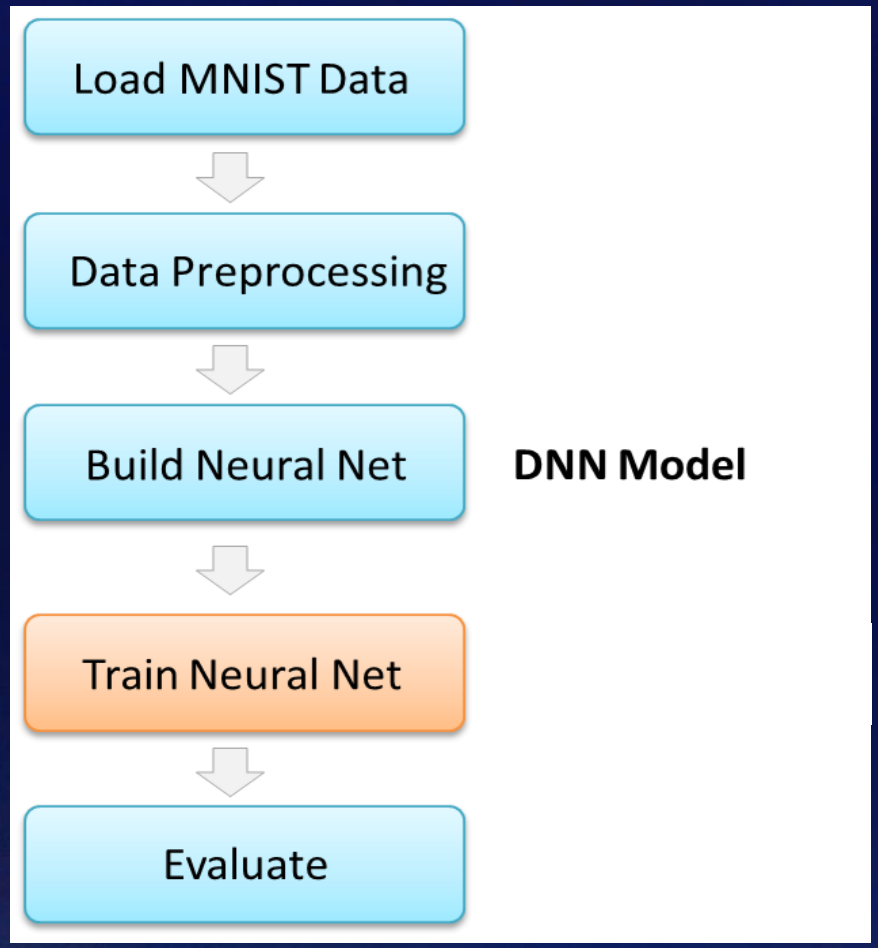
DL Object Detection ?



.NET深度学习解决方案

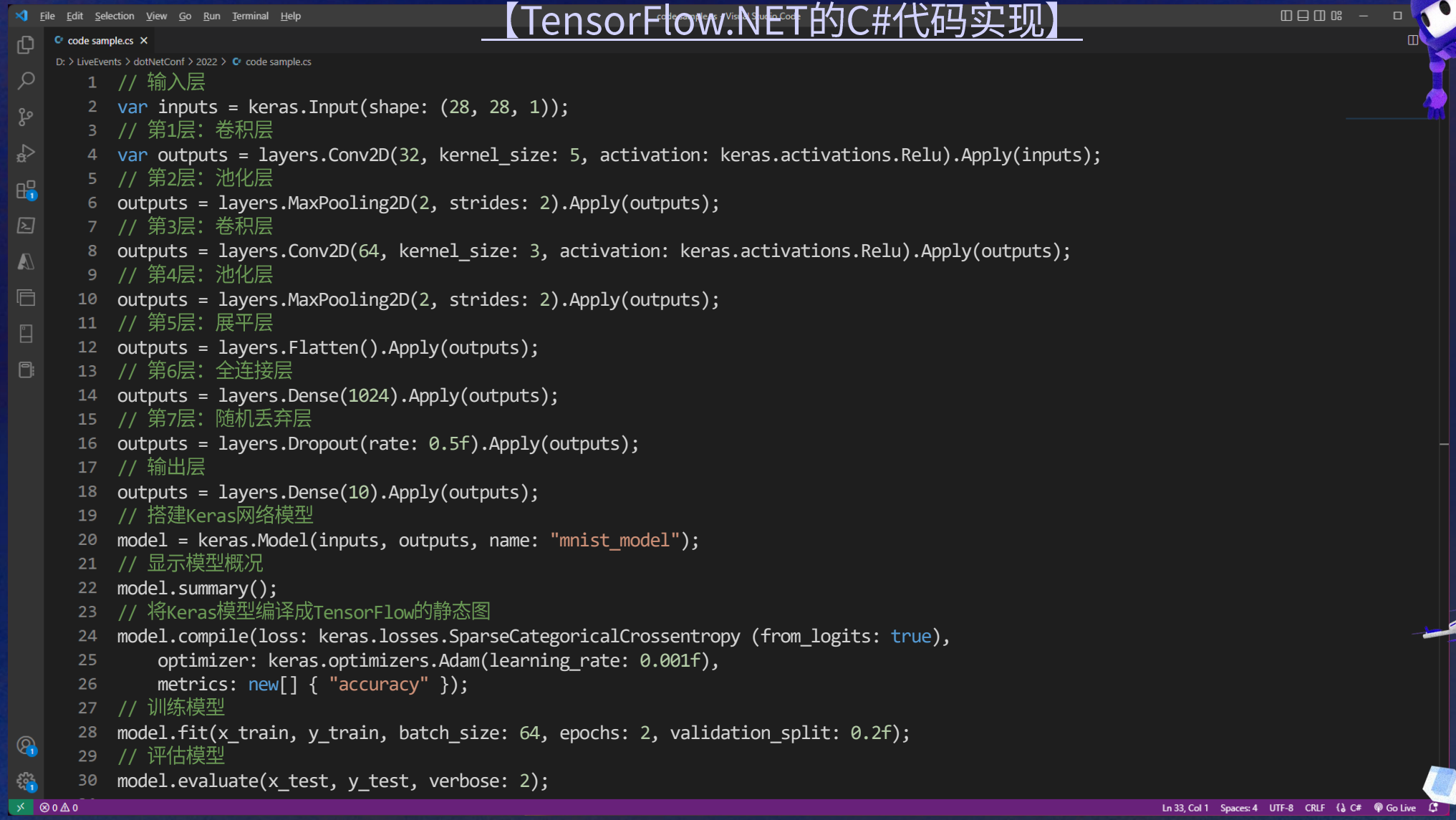
深度学习 视觉开发方案

经典案例：MNIST 数据集采用 TensorFlow 2.x 的 Keras 模式下的 DNN 网络



深度学习 视觉开发方案

【TensorFlow.NET的C#代码实现】



深度学习 视觉开发方案

【TensorFlow.NET的C#运行结果】

```
Model: mnist_model
_________________________________________________________________
Layer (type)                 Output Shape              Param #
=================================================================
input_1 (InputLayer)         (None, 784)               0
_________________________________________________________________
dense (Dense)                (None, 64)                50240
_________________________________________________________________
dense_1 (Dense)              (None, 64)                4160
_________________________________________________________________
dense_2 (Dense)              (None, 10)                650
=================================================================
Total params: 55050
Trainable params: 55050
Non-trainable params: 0
_________________________________________________________________
Training...
epoch: 0, loss: 2.3052168, accuracy: 0.046875
epoch: 1, loss: 0.34531808, accuracy: 0.9035208
epoch: 2, loss: 0.25493768, accuracy: 0.9276875
Testing...
iterator: 1, loss: 0.24668744, accuracy: 0.929454
```

项目基于 .NET Standard 2.0标准框架，

同时适配 .NET Framework 、.NET Core

及 .NET 5.0 / 6.0 / .NET 7.0

实际工业视觉的完整解决方案

传统视觉算法 预处理

数据集标注工具

数据样本增强工具

文件批量操作工具

配套工具&类库封装

模型导出

模型部署类库

Load MNIST Data

Data Preprocessing

Build Neural Net

Train Neural Net

Evaluate

主线流程

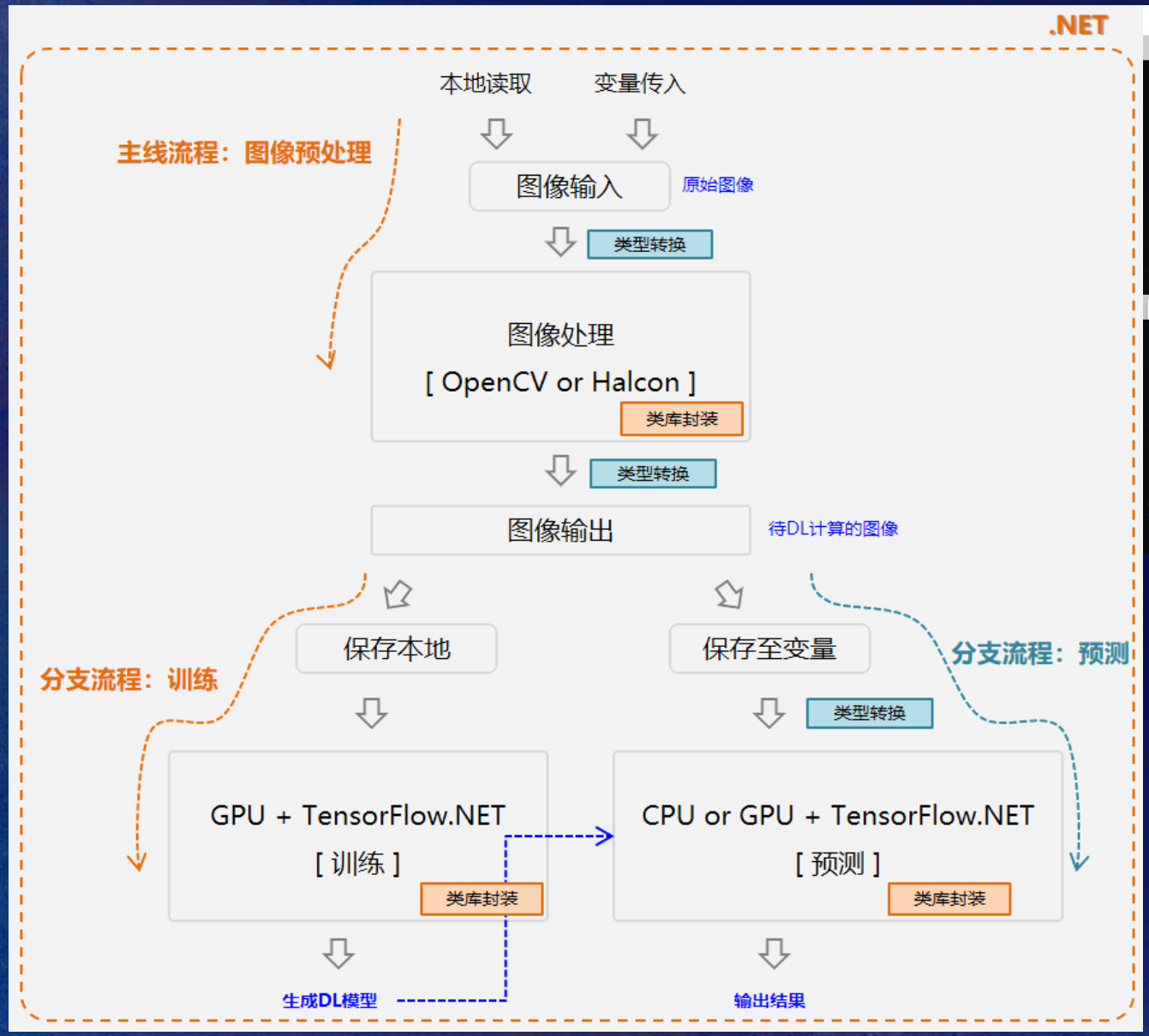
配套工具&类库封装

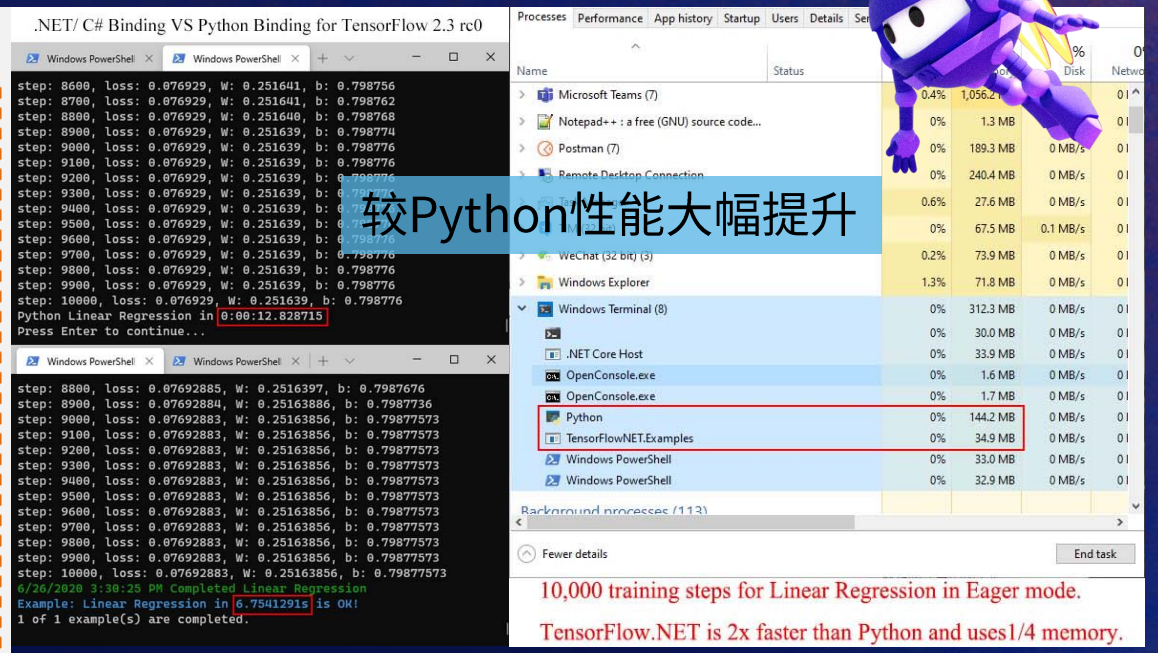
网络模型 可视化模块

训练过程 可视化模块

结果图像 可视化模块

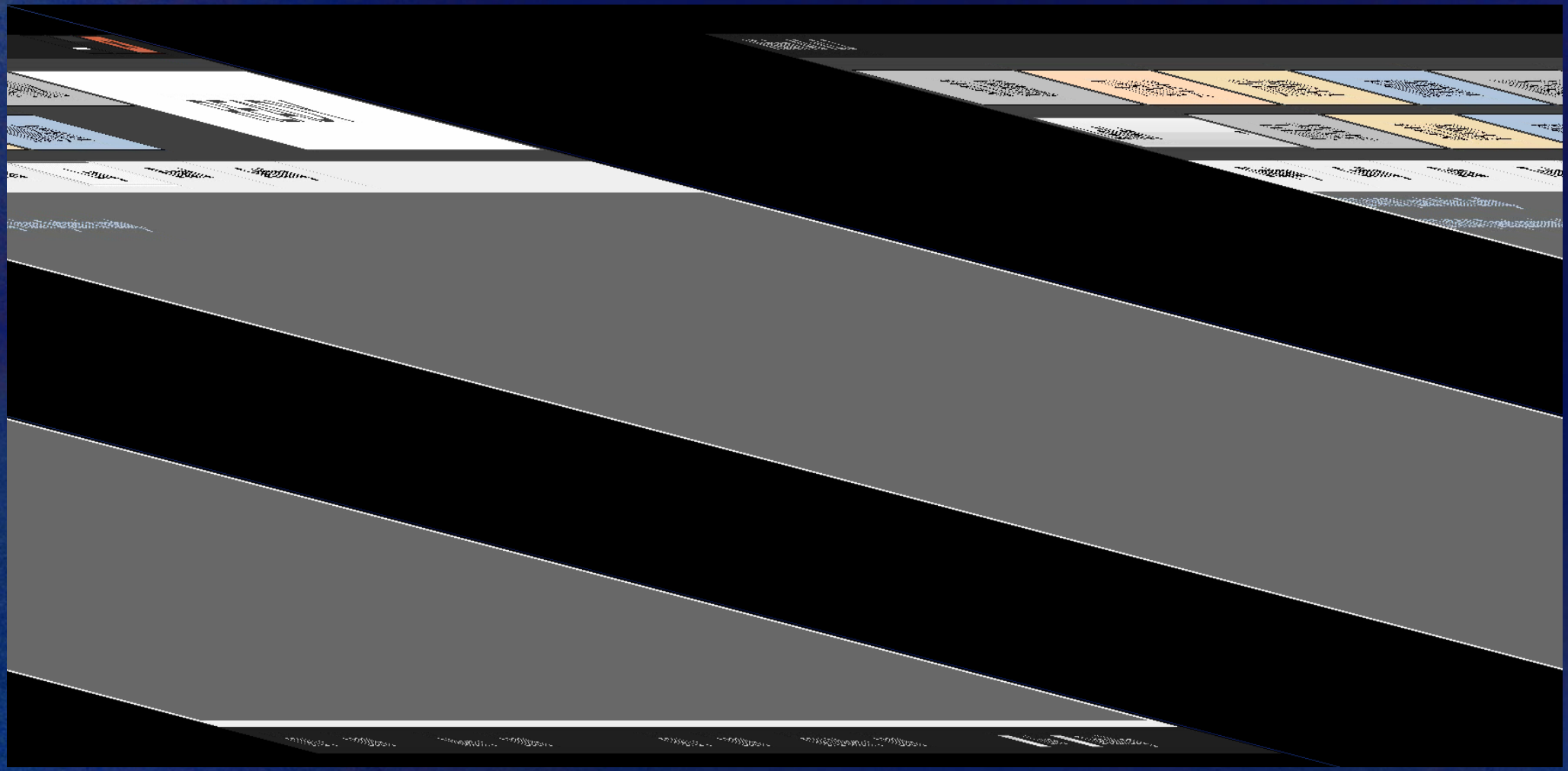
实际工业视觉的完整解决方案



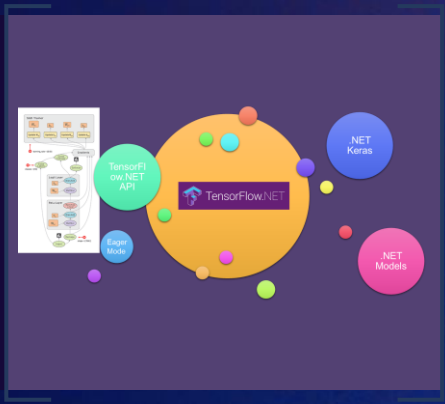


一键部署GPU，最大化体现.NET优势，彻底解决GPU环境配置的繁琐问题，让你专注于深度学习算法和模型的开发。

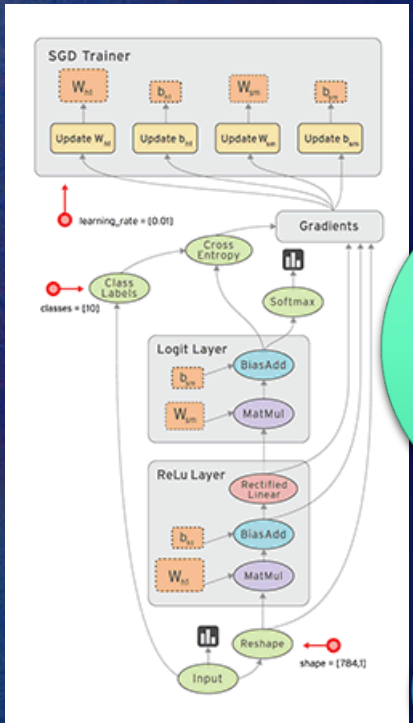
.NET 深度学习的工业视觉解决方案



TensorFlow.NET实战教程



TensorFlow.NET 综述



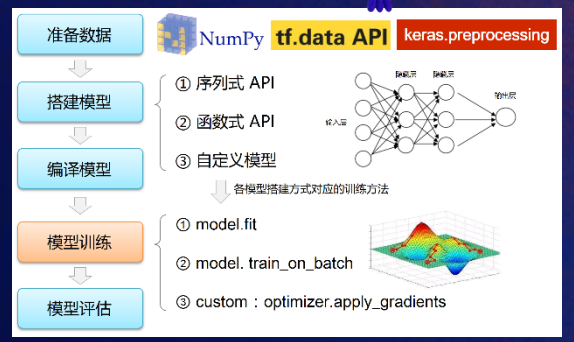
TensorFlow.NET API

Eager Mode

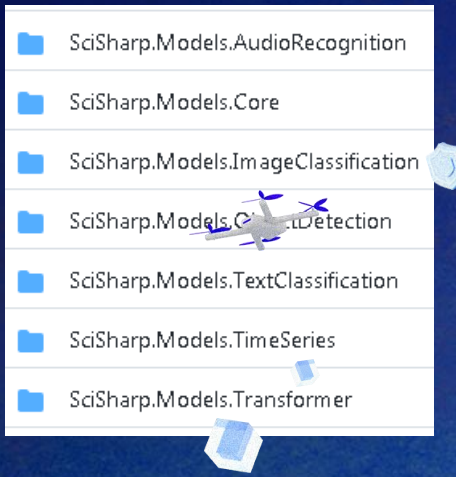
TensorFlow.NET

.NET Keras

.NET Keras API & Models

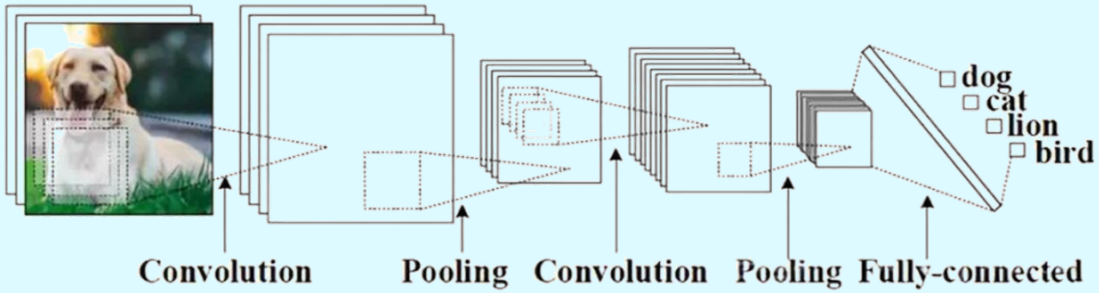


.NET Models



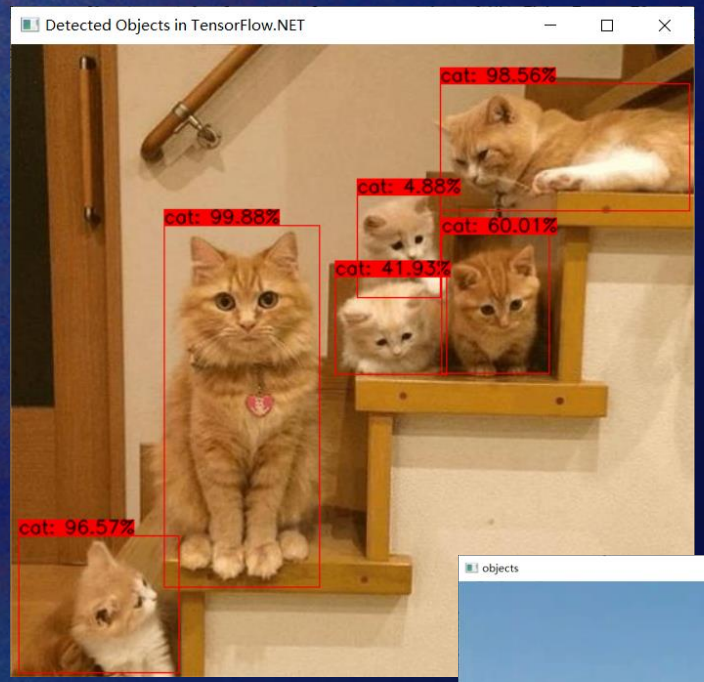
TensorFlow.NET 图像分类

CNN



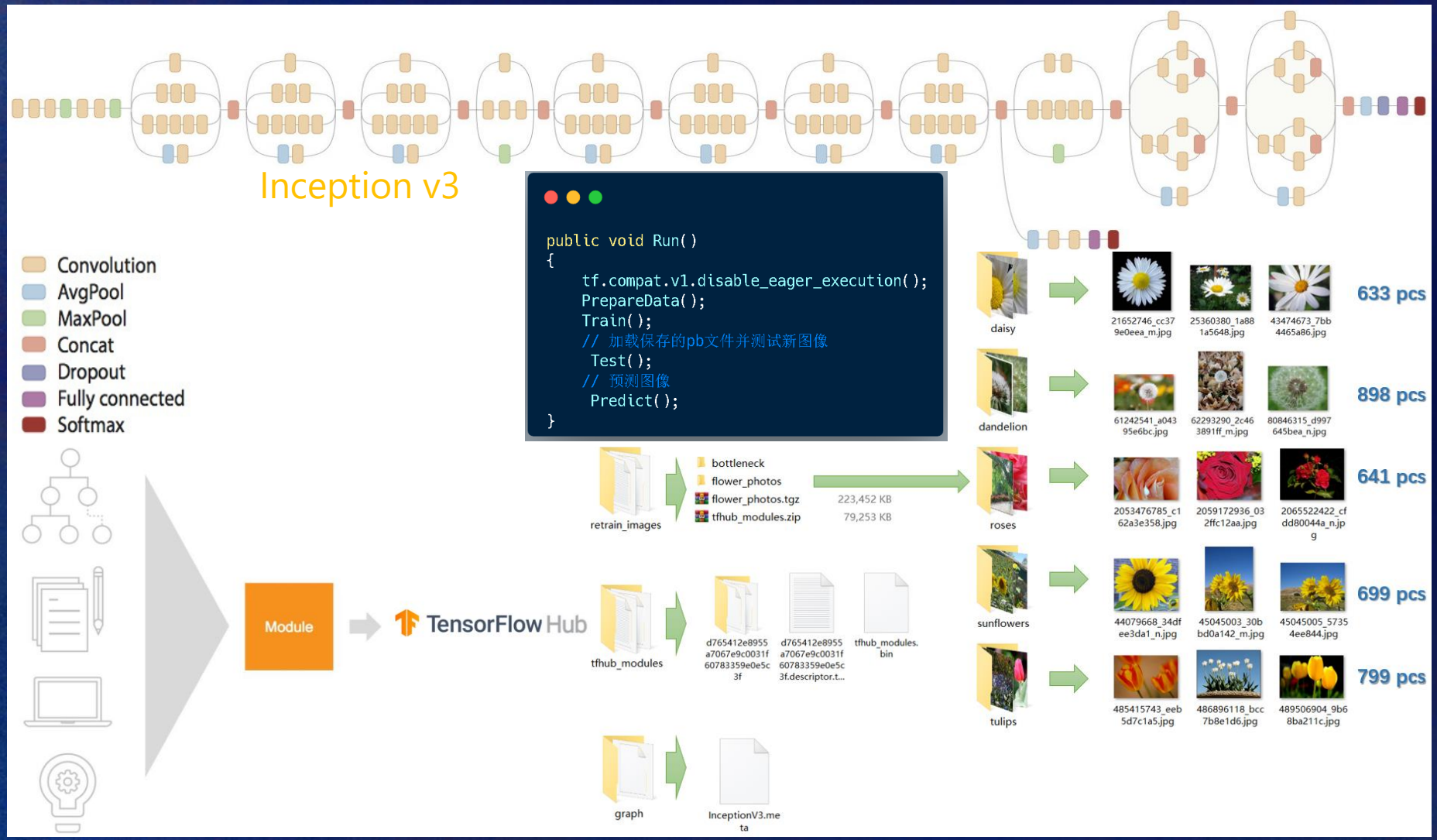

```
// 输入层
var inputs = keras.Input(shape: (28, 28, 1));
// 第1层：卷积层
var outputs = layers.Conv2D(32, kernel_size: 5, activation: keras.activations.Relu).Apply(inputs);
// 第2层：池化层
outputs = layers.MaxPooling2D(2, strides: 2).Apply(outputs);
// 第3层：卷积层
outputs = layers.Conv2D(64, kernel_size: 3, activation: keras.activations.Relu).Apply(outputs);
// 第4层：池化层
outputs = layers.MaxPooling2D(2, strides: 2).Apply(outputs);
// 第5层：展平层
outputs = layers.Flatten().Apply(outputs);
// 第6层：全连接层
outputs = layers.Dense(1024).Apply(outputs);
// 第7层：随机丢弃层
outputs = layers.Dropout(rate: 0.5f).Apply(outputs);
// 输出层
outputs = layers.Dense(10).Apply(outputs);
// 搭建Keras网络模型
model = keras.Model(inputs, outputs, name: "mnist_model");
// 显示模型概况
model.summary();
// 将Keras模型编译成TensorFlow的静态图
model.compile(loss: keras.losses.SparseCategoricalCrossentropy (from_logits: true),
    optimizer: keras.optimizers.Adam(learning_rate: 0.001f),
    metrics: new[] { "accuracy" });

// 训练模型
// 使用输入数据和标签来训练模型
model.fit(x_train, y_train, batch_size: 64, epochs: 2, validation_split: 0.2f);
// 评估模型
model.evaluate(x_test, y_test, verbose: 2);
```

TensorFlow.NET 目标检测

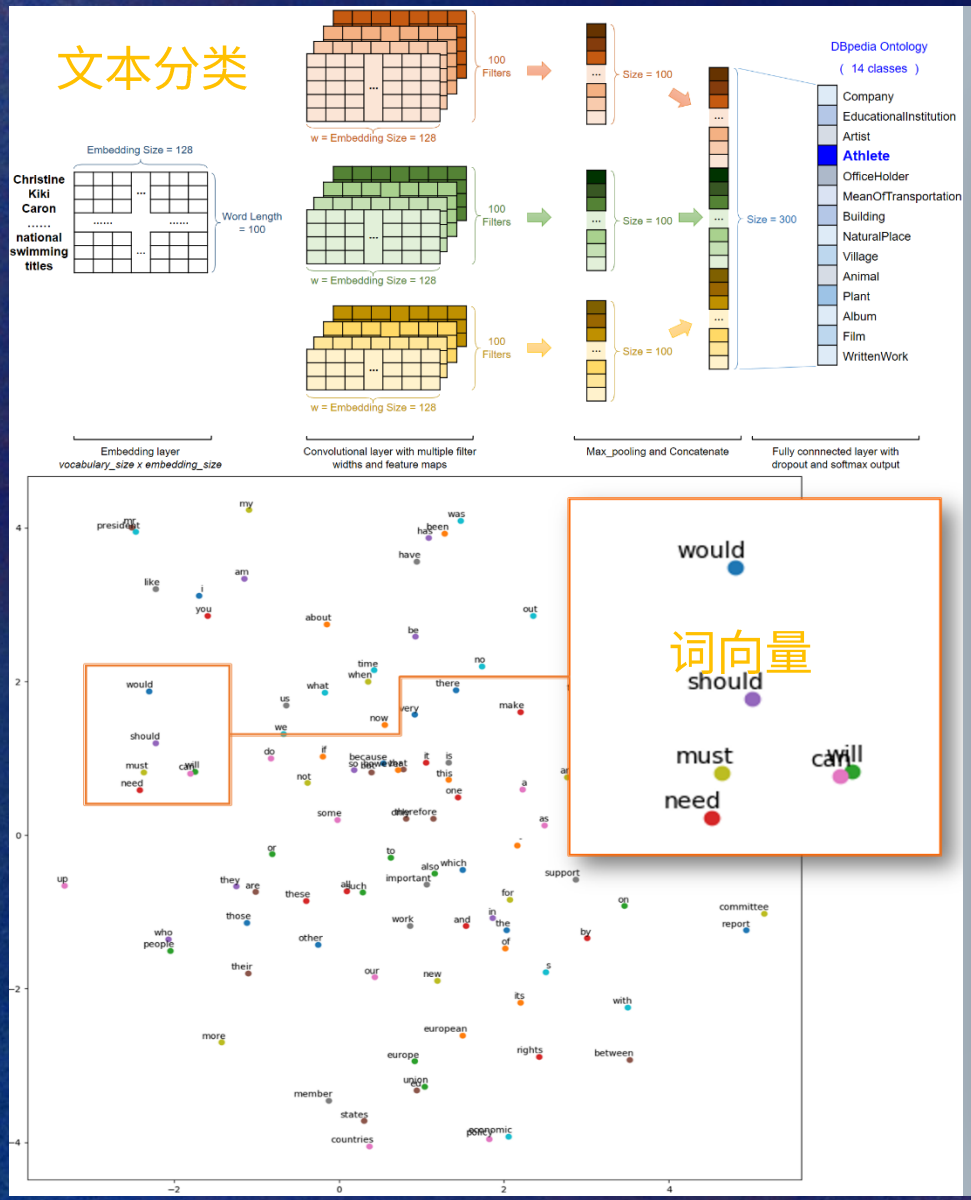



```
var graph = ImportGraph();
using (var sess = new Session(graph))
{
    var original_image_raw = cv2.imread(AppDomain.CurrentDomain. BaseDirectory + @"yolov3\cat_face.jpg");
    var original_image = cv2.cvtColor(original_image_raw, ColorConversionCodes.COLOR_BGR2RGB);
    var original_image_size = (original_image.shape[0], original_ image.shape[1]);
    var image_data = image_preporcess(original_image, (input_size, input_size));
    image_data = image_data[np.newaxis, Slice.Ellipsis];
    var (pred_sbbox, pred_mbbox, pred_lbbox) = sess.run ((return_tensors[1], return_tensors[2],
return_tensors[3]),(return_tensors[0], image_data));
    var pred_bbox = np.concatenate((np.reshape(pred_sbbox, (-1, 5 + num_classes)),np.reshape(pred_mbbox, (-1, 5
+ num_classes)), np.reshape
                                                                (pred_lbbox, (-1, 5 + num_classes))), axis: 0);
    var bboxes = postprocess_boxes(pred_bbox, original_image_ size, input_size, 0.03f);//现况: 0.3f
    var bboxess = nms(bboxes, 0.3f, method: "nms");//现况: 0.5f
    var image = draw_bbox(original_image_raw, bboxess);
    cv2.imshow("Detected Objects in TensorFlow.NET", image);}
```

TensorFlow.NET 迁移学习

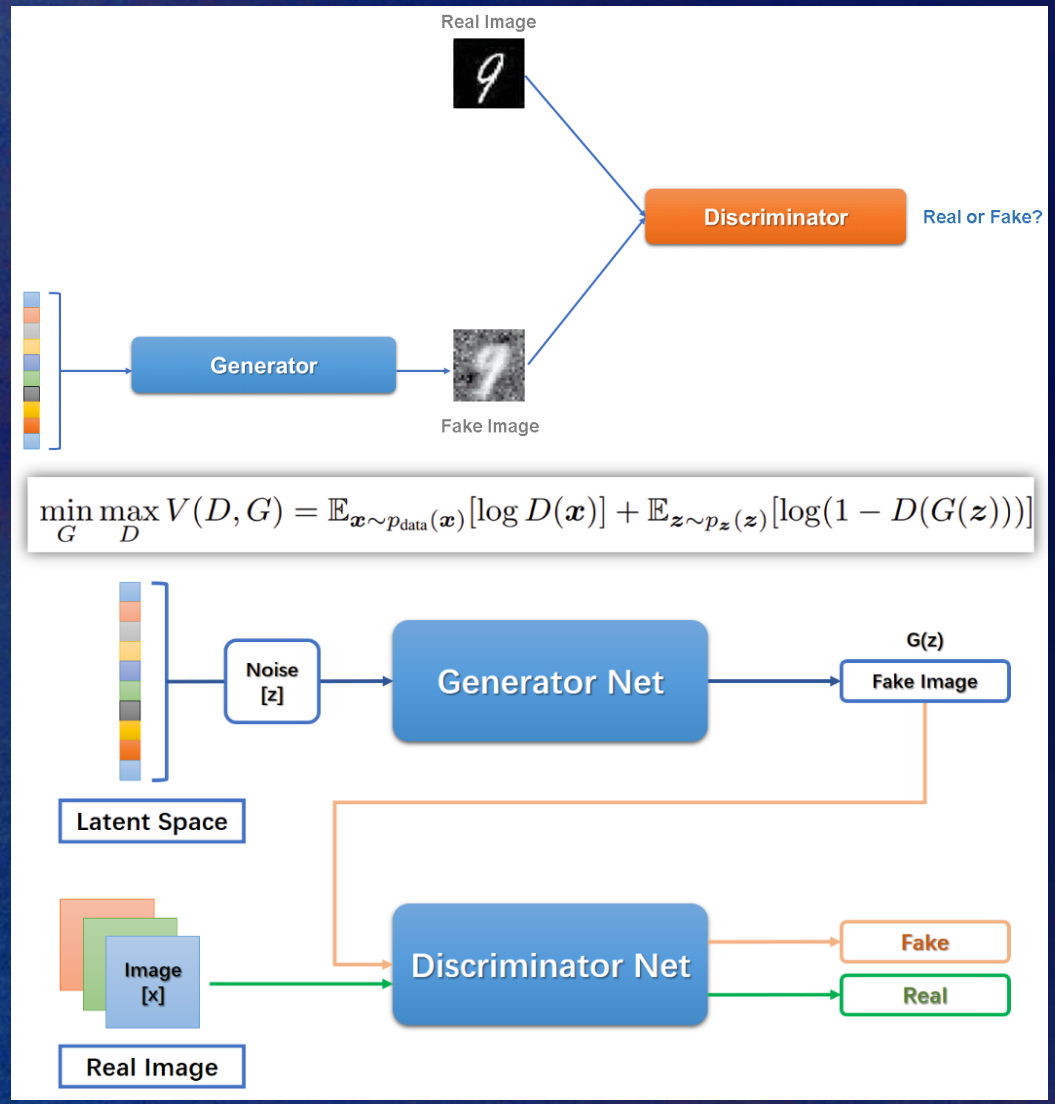


TensorFlow.NET 自然语言处理




```
var embedding_size = 128;
var learning_rate = 0.001f;
var filter_sizes = new int[3, 4, 5];
var num_filters = 100;
var x = tf.placeholder(tf.int32, new TensorShape(-1, document_max_len), name: "x");
var y = tf.placeholder(tf.int32, new TensorShape(-1), name: "y");
var is_training = tf.placeholder(tf.@bool, new TensorShape(), name: "is_training");
var global_step = tf.Variable(0, trainable: false);
var keep_prob = tf.where(is_training, 0.5f, 1.0f);
Tensor x_emb = null;
tf_with(tf.name_scope("embedding"), scope =>
        {  var init_embeddings = tf.random_uniform(new int[] { vocabulary_ size, embedding_size });
           var embeddings = tf.compat.v1.get_variable("embeddings", initializer: init_embeddings);
           x_emb = tf.nn.embedding_lookup(embeddings, x);
           x_emb = tf.expand_dims(x_emb, -1);    });
var pooled_outputs = new List<Tensor>();
for (int len = 0; len < filter_sizes.Rank; len++)
{     int filter_size = filter_sizes.GetLength(len);
      var conv = keras.layers.Conv2D(
        filters: num_filters,
        kernel_size: new int[] { filter_size, embedding_size },
        strides: new int[] { 1, 1 },
        padding: "VALID",
        activation: tf.nn.relu).Apply(x_emb);
       var pool = keras.layers.max_pooling2d(  conv,
        pool_size: new[] { document_max_len - filter_size + 1, 1 },
        strides: new[] { 1, 1 },
        padding: "VALID");
       pooled_outputs.Add(pool);  }
```

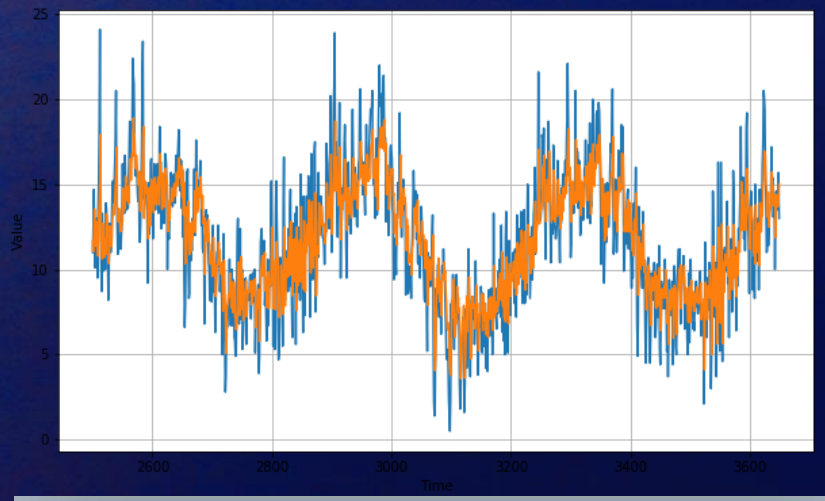
TensorFlow.NET 生成对抗网络




```
var model = keras.Sequential();
model.add(keras.layers.Dense(img_rows / 4 * img_cols / 4 * 256, activation: activation, input_shape: 100));
model.add(keras.layers.BatchNormalization(momentum: 0.8f));
model.add(keras.layers.LeakyReLU(LeakyReLU_alpha));
model.add(keras.layers.Reshape((7, 7, 256)));

model.add(keras.layers.UpSampling2D());
model.add(keras.layers.Conv2D(128, 3, 1, padding: "same", activation: activation));
model.add(keras.layers.BatchNormalization(momentum: 0.8f));
model.add(keras.layers.LeakyReLU(LeakyReLU_alpha));

model.add(keras.layers.UpSampling2D());
model.add(keras.layers.Conv2D(64, 3, 1, padding: "same", activation: activation));
model.add(keras.layers.BatchNormalization(momentum: 0.8f));
model.add(keras.layers.LeakyReLU(LeakyReLU_alpha));

model.add(keras.layers.Conv2D(32, 3, 1, padding: "same", activation: activation));
model.add(keras.layers.BatchNormalization(momentum: 0.8f));
model.add(keras.layers.LeakyReLU(LeakyReLU_alpha));

model.add(keras.layers.Conv2D(1, 3, 1, padding: "same", activation: "tanh"));
model.summary();
```

conv2d_3 (Conv2D) (None, 28, 28, 1)

TensorFlow.NET 时序预测



LinearModel

```
public class LinearModel : ModelBase, ITimeSeriesTask
{
    protected override Model BuildModel()
    {
        var model = keras.Sequential(new List<ILayer> { keras.layers.Dense(units: 1) });

        /*early_stopping = keras.callbacks.EarlyStopping(monitor = "val_loss",
                                                patience = patience,
                                                mode = 'min')*/

        model.compile(loss: keras.losses.MeanSquaredError(),
                      optimizer: keras.optimizers.Adam(),
                      metrics: new[] { "mae" });
        return model;
    }
}
```

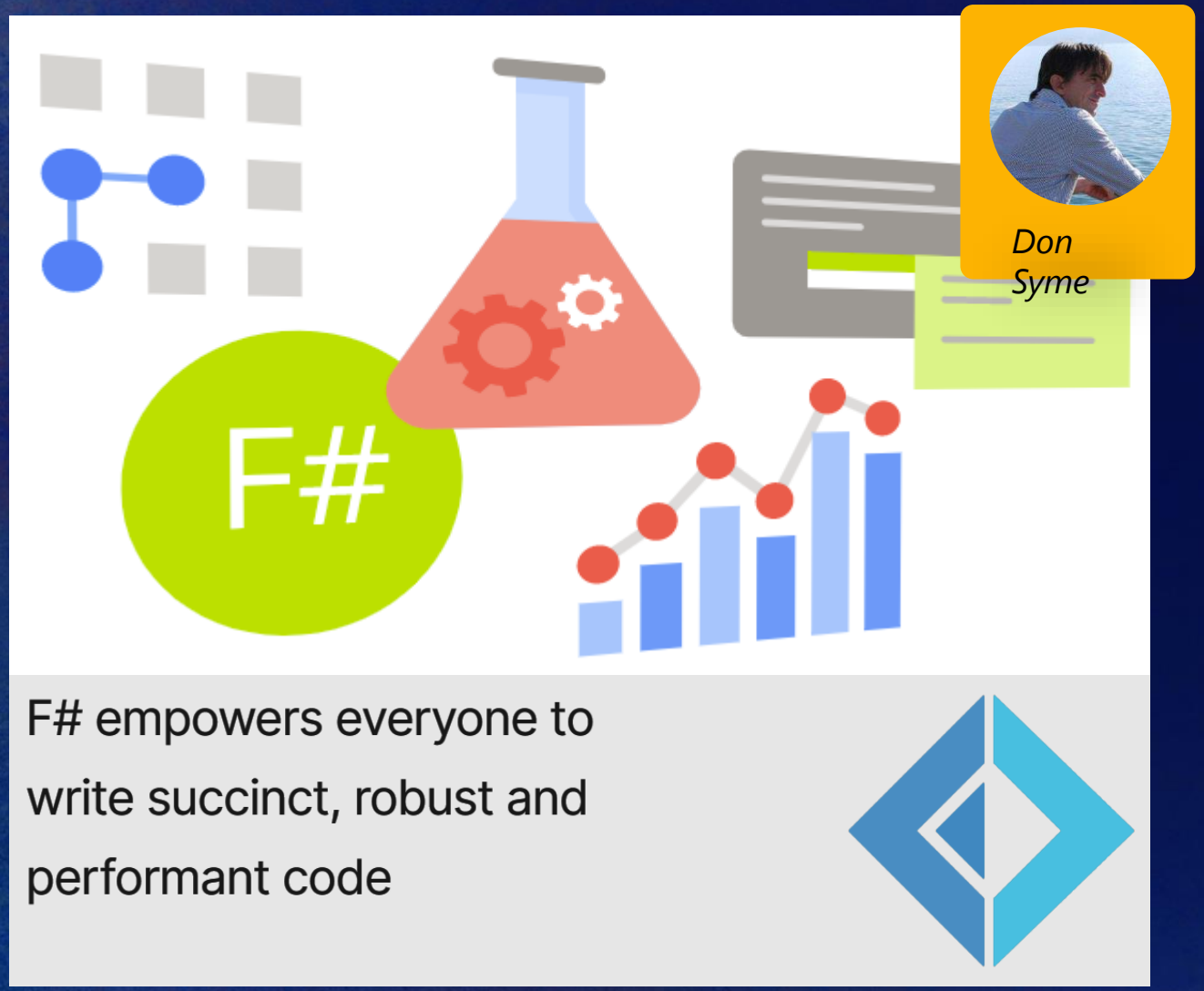
DenseModel

```
public class DenseModel : ModelBase, ITimeSeriesTask
{
    protected override Model BuildModel()
    {
        var model = keras.Sequential(new List<ILayer>
        {
            // Shape: (time, features) => (time*features)
            keras.layers.Flatten(),
            keras.layers.Dense(units: 32, activation: "relu"),
            keras.layers.Dense(units: 32, activation: "relu"),
            keras.layers.Dense(units: 1),
            // Add back the time dimension.
            // Shape: (outputs) => (1, outputs)
            keras.layers.Reshape((1, -1))
        });

        /*early_stopping = keras.callbacks.EarlyStopping(monitor = "val_loss",
                                                patience = patience,
                                                mode = 'min')*/

        model.compile(loss: keras.losses.MeanSquaredError(),
                      optimizer: keras.optimizers.Adam(),
                      metrics: new[] { "mae" });

        return model;
    }
}
```

ConvolutionalModel

```
public class ConvolutionalModel : ModelBase, ITimeSeriesTask
{
    protected override Model BuildModel()
    {
        var model = keras.Sequential(new List<ILayer>
        {
            keras.layers.Conv1D(filters: 32, kernel_size: _args.InputWidth, activation: "relu"),
            keras.layers.Dense(units: 32, activation: "relu"),
            keras.layers.Dense(units: 1)
        });

        /*early_stopping = keras.callbacks.EarlyStopping(monitor = "val_loss",
                                                patience = patience,
                                                mode = 'min')*/

        model.compile(loss: keras.losses.MeanSquaredError(),
                      optimizer: keras.optimizers.Adam(),
                      metrics: new[] { "mae" });

        return model;
    }
}
```

TensorFlow.NET with F#



Basic Model
- Hello World C#, F#
- Basic Operations C#, F#
- Linear Regression in Graph mode C#, F#
- Linear Regression in Eager mode C#, F#
- Linear Regression in Keras C#
- Logistic Regression in Graph mode C#, F#
- Logistic Regression in Eager mode C#, F#
- Nearest Neighbor C#, F#
- Naive Bayes Classification C#, F#
- K-means Clustering C#

Neural Network
- Full Connected Neural Network in Eager mode C#, F#
- Full Connected Neural Network (Keras) C#, F#
- NN XOR C#
- Object Detection in MobileNet C#
- MNIST FNN in Keras Functional API C#, F#
- MNIST CNN in Graph mode C#, F#
- MNIST CNN in Eager mode C#, F#
- MNIST CNN in Keras SubClass C#, F#
- MNIST RNN C#
- MNIST LSTM C#
- Image Classification in Keras Sequential API C#, F#
- Image Recognition Inception C#, F#
- Toy ResNet in Keras Functional API C#, F#
- Transfer Learning for Image Classification in InceptionV3 C#
- CNN In Your Own Dataset C#, F#

Natural Language Processing
- Binary Text Classification C#
- CNN Text Classification C#
- Named Entity Recognition C#

Time Series
- Weather Prediction C#

Thank you!

Let's build amazing apps with .NET 7

get.dot.net/7