

# Deep Learning for Computer Vision

**Roy Fahn**

Application Engineer

royf@systematics.co.il

www. **Linked**  .com/in/royfahn

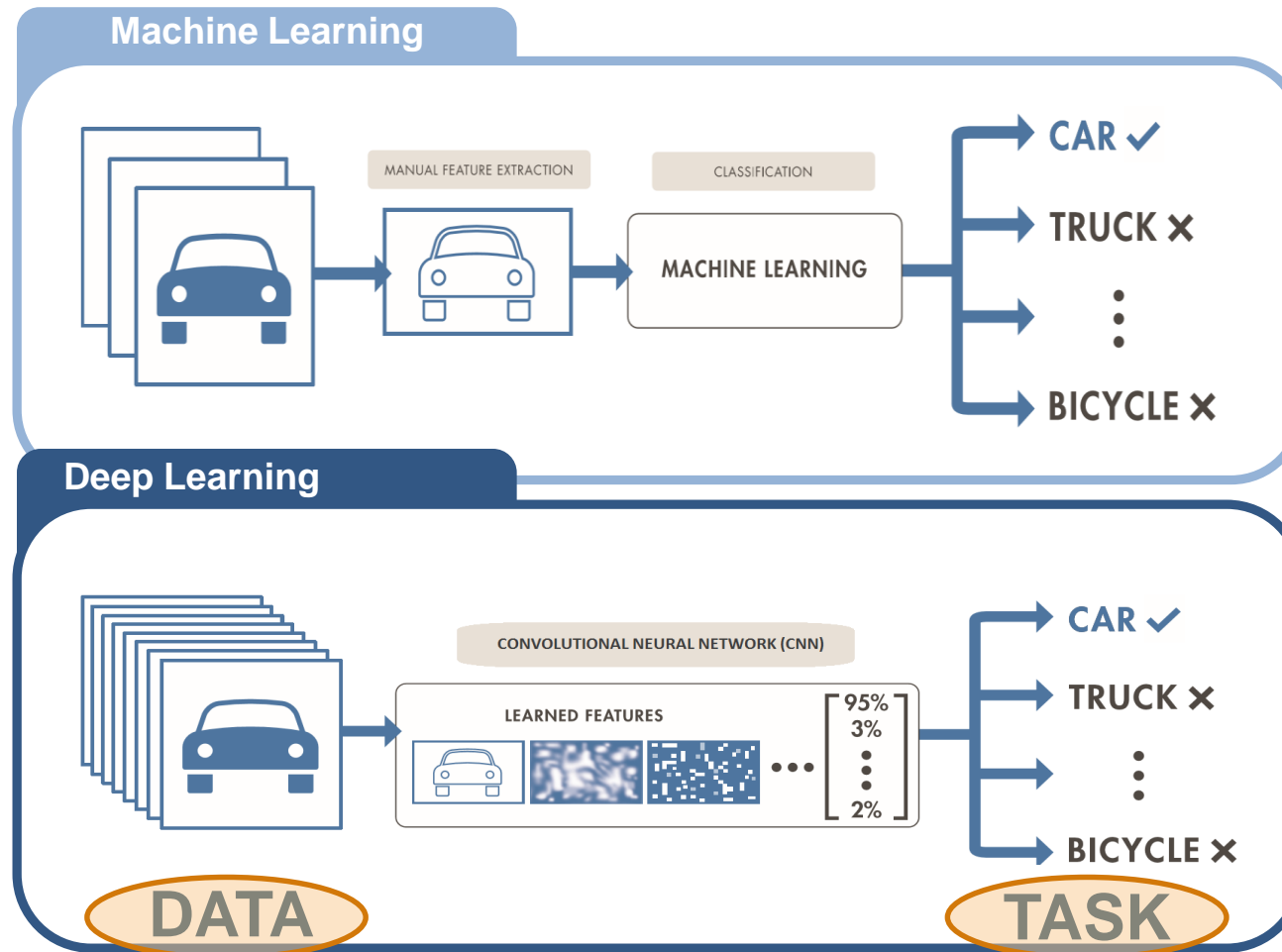
Blog: **MATLAB with Fun**

<http://matlabisrael.blogspot.com/>

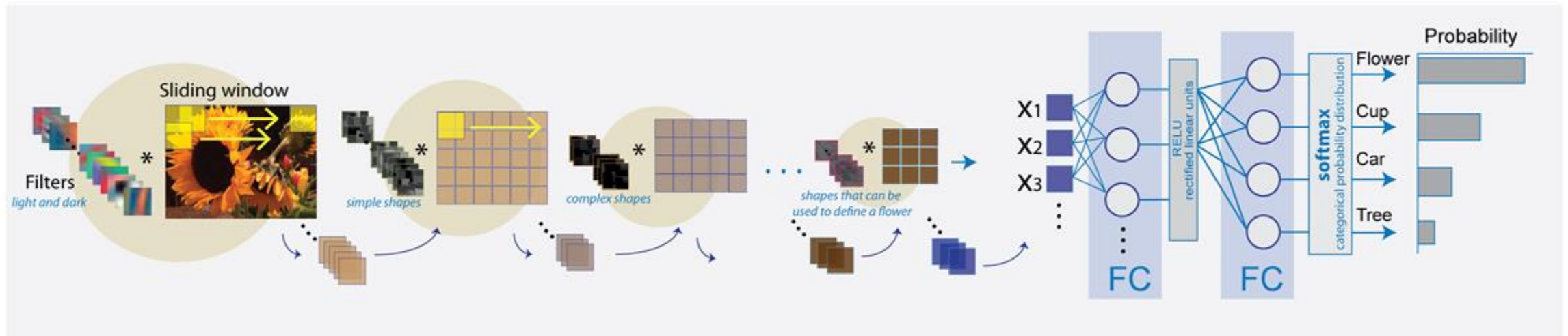
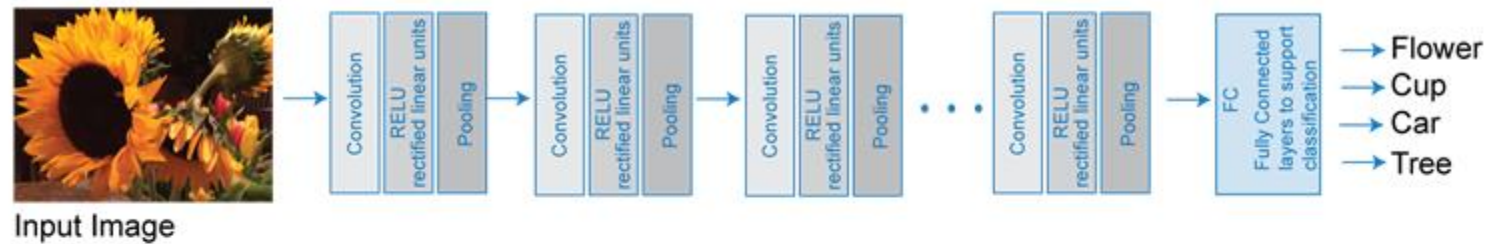
***New MATLAB framework makes deep learning  
easy and accessible***

# What is Deep Learning ?

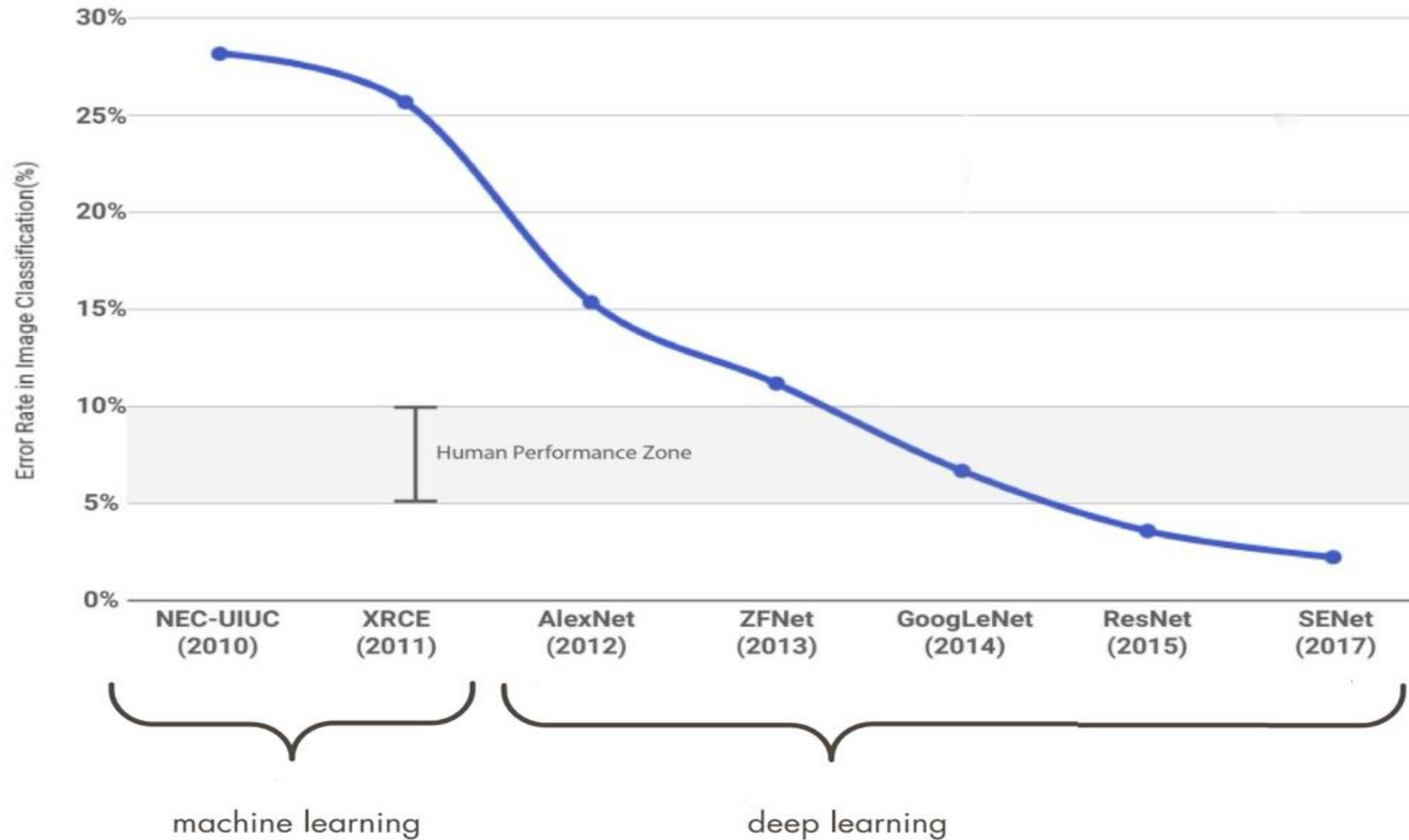
Deep learning is a **type of machine learning** that performs **end-to-end learning** by learning **tasks** directly from **images, text, and sound**.



# Convolutional Neural Networks

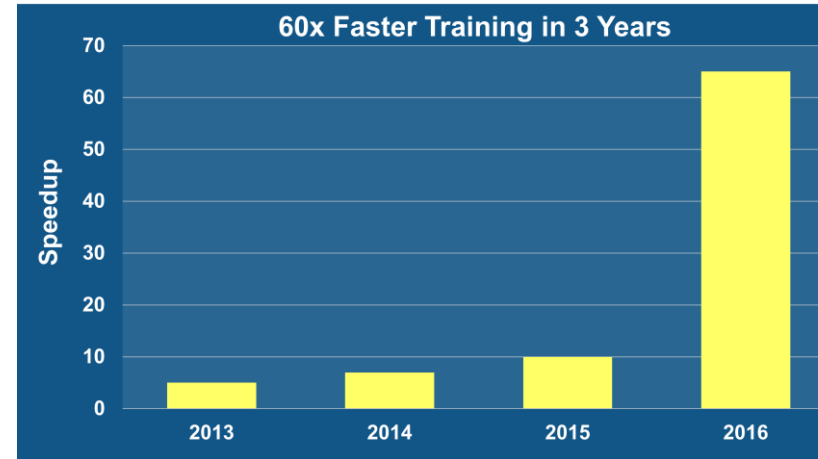


# Why is Deep Learning So Popular Now?

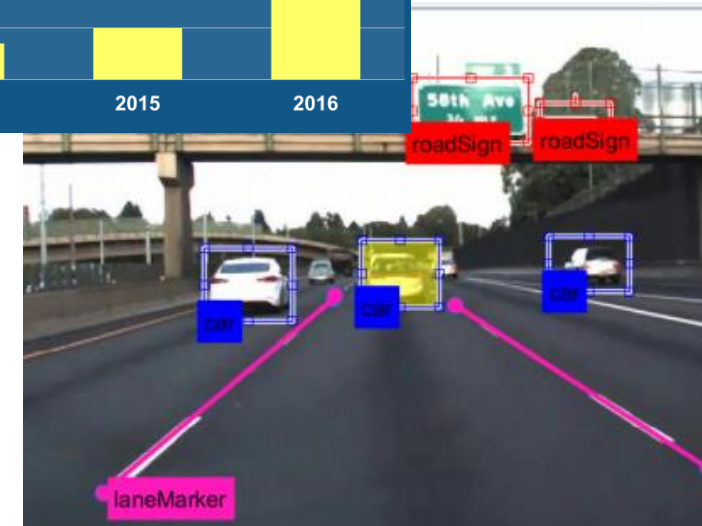


# Deep Learning Enablers

Acceleration with GPUs



Massive sets of labeled data



Availability of state of the art models from experts

**AlexNet**

PRETRAINED MODEL

**VGG-16**

PRETRAINED MODEL

**ResNet**

PRETRAINED MODEL

**Caffe**

MODELS

**GoogLeNet**

PRETRAINED MODEL

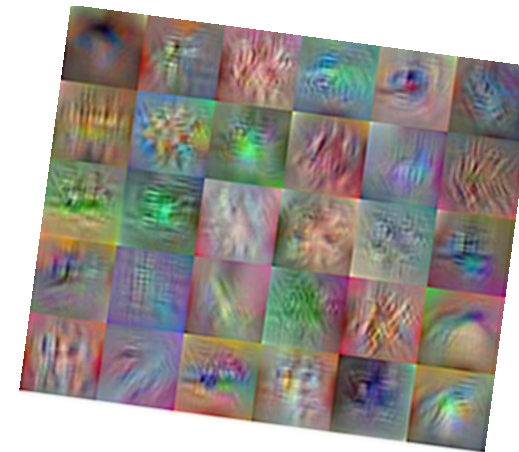
**TensorFlow/Keras**

MODELS

# MATLAB makes Deep Learning Easy and Accessible

*New MATLAB capabilities to*

- Handle and label large sets of images
- Accelerate deep learning with GPUs
- Visualize and debug deep neural networks
- Access and use models from experts



**AlexNet**  
PRETRAINED MODEL

**VGG-16**  
PRETRAINED MODEL

**Caffe**  
MODELS

**GoogLeNet**  
PRETRAINED MODEL

**ResNet**  
PRETRAINED MODEL

**TensorFlow/Keras**  
MODELS



# Agenda

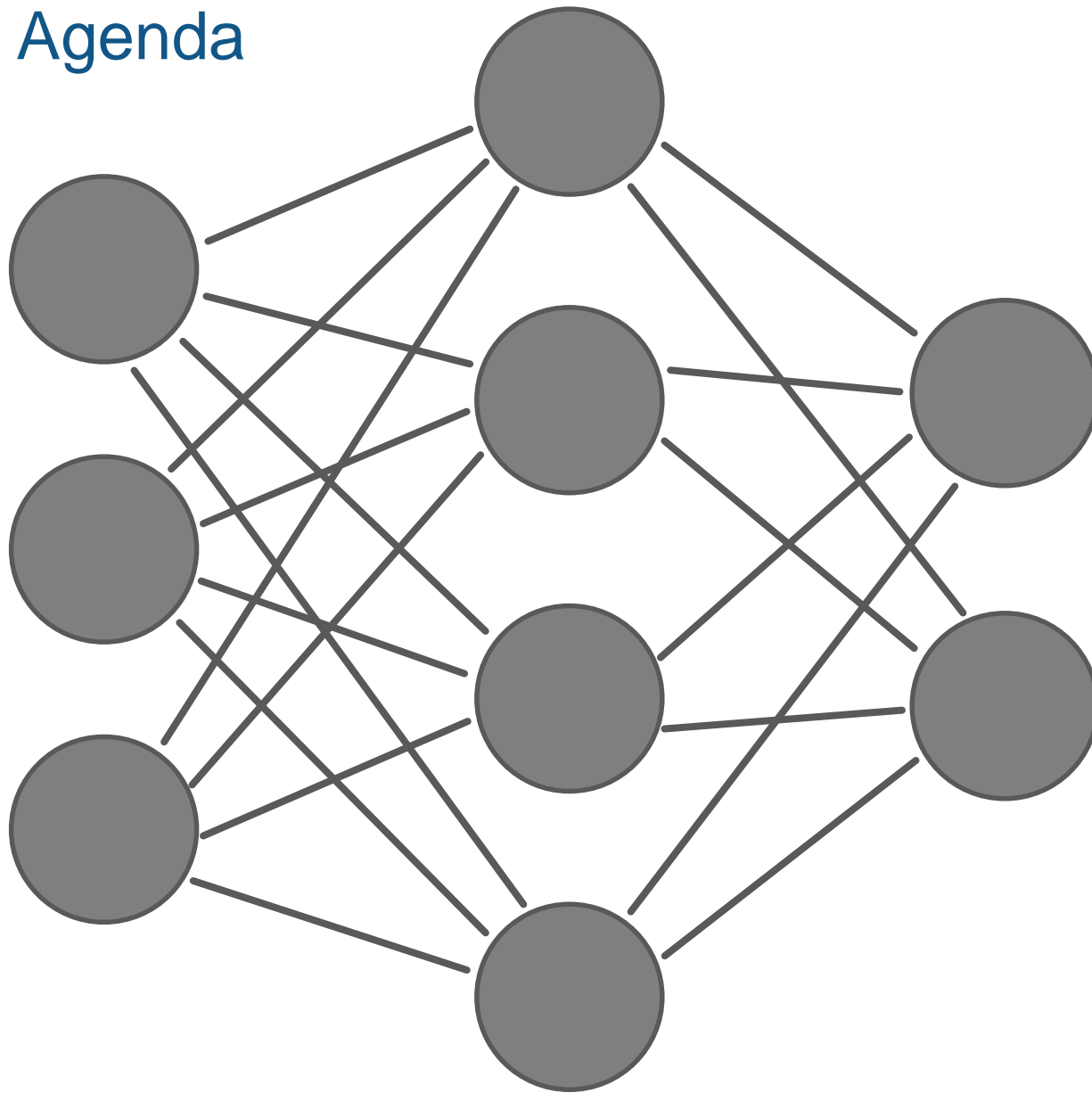


Image classification using pre-trained network

Train a network to classify new objects

Locate & classify objects in images and video



# Agenda

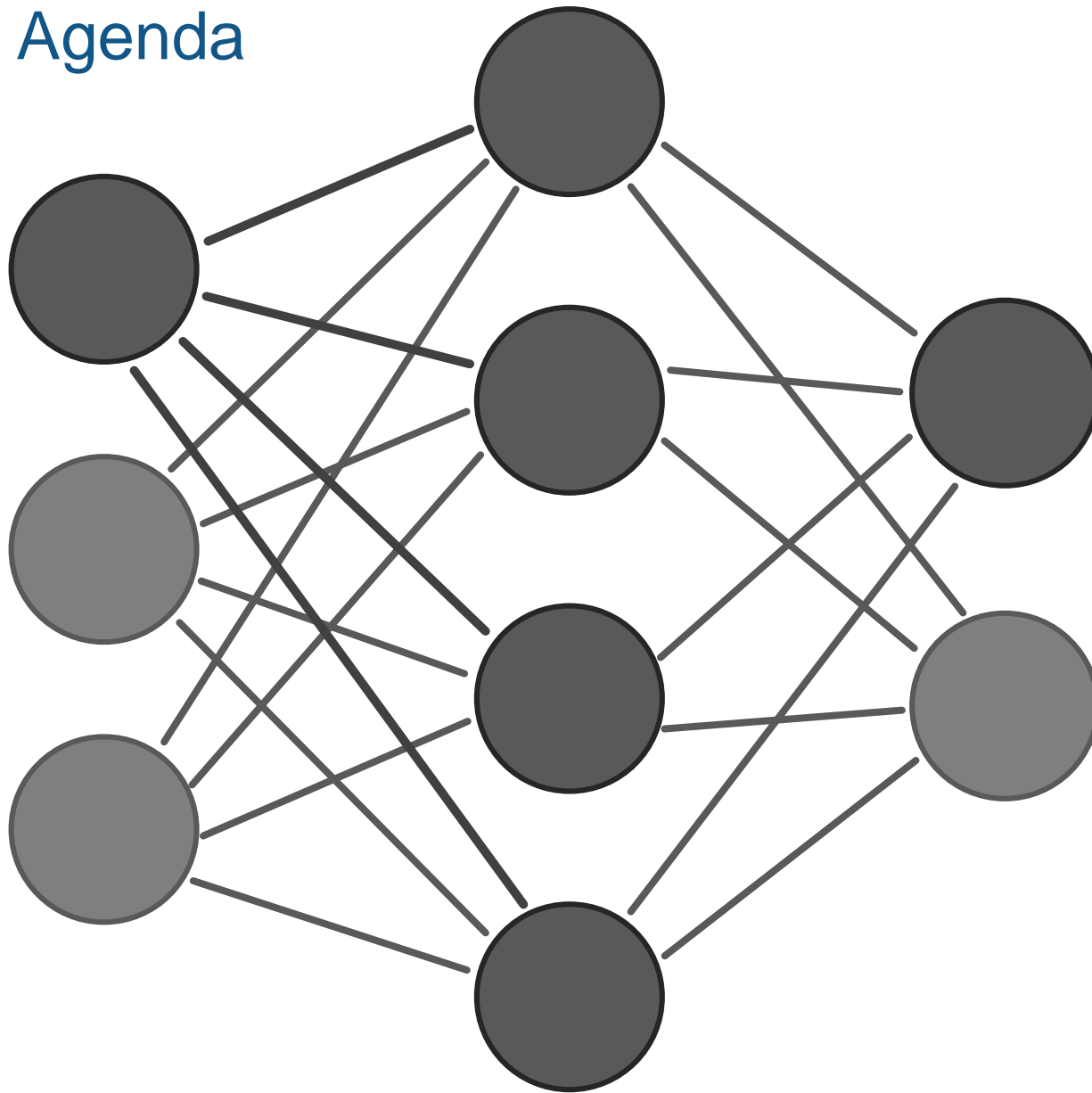


Image classification using pre-trained network

Train a network to classify new objects

Locate & classify objects in images and video

# Demo: Image Classification Using Pre-trained Network

```
ClassificationWithPreTrained.m x +
1  %% Load Pre-trained CNN
2  % This network is available from our add-ons location in the home tab.
3  % You can use a variety of pretrained networks available for download
4  net = alexnet;
5  % net = vgg16;
6  % net = vgg19;
7
8  %% Classify 'peppers' in 4 lines of code
9  % This is a great opportunity to inspect the network and look at the input
10 % layer. There is a size requirement of 227 x 227 for AlexNet.
11 % If you try to classify without resizing, you will get an error
12 im = imread('peppers.png');
13 imshow(im);
14 im = imresize(im,[227 227]);
15 classify(net,im)
16
17
```



# Agenda

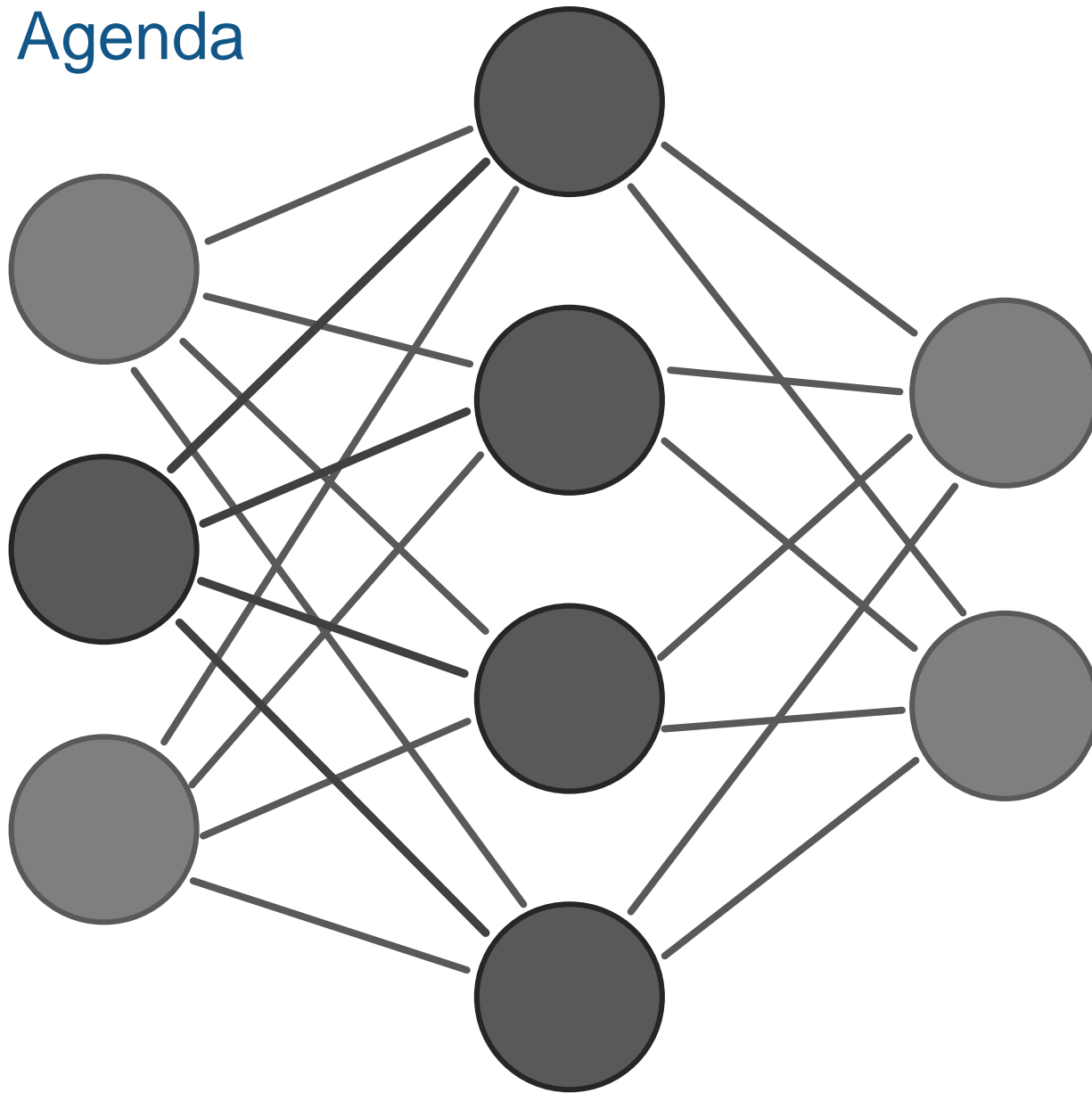


Image classification using pre-trained network

Train a network to classify new objects

Locate & classify objects in images and video

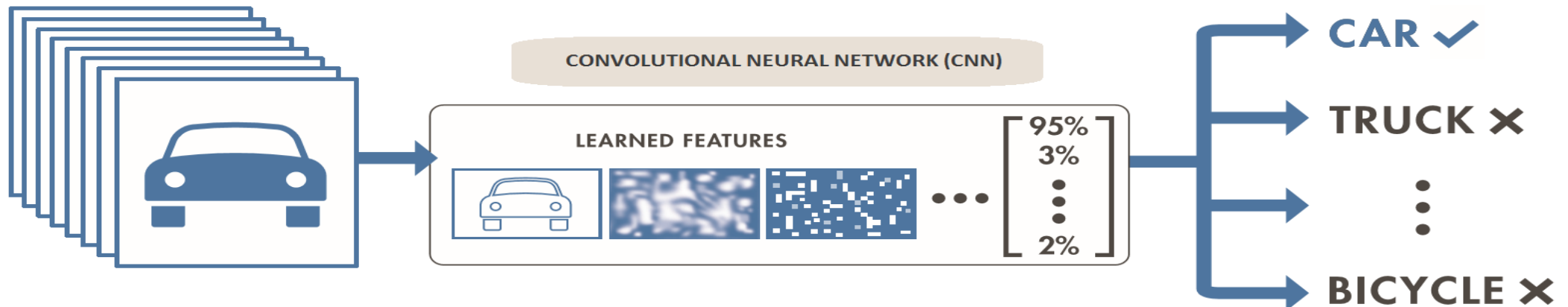
# Why Train a New Model ?

- Models from research do not work on your data
- Pre-trained model not available for your data type
- Improve results by creating a model specific to your problem

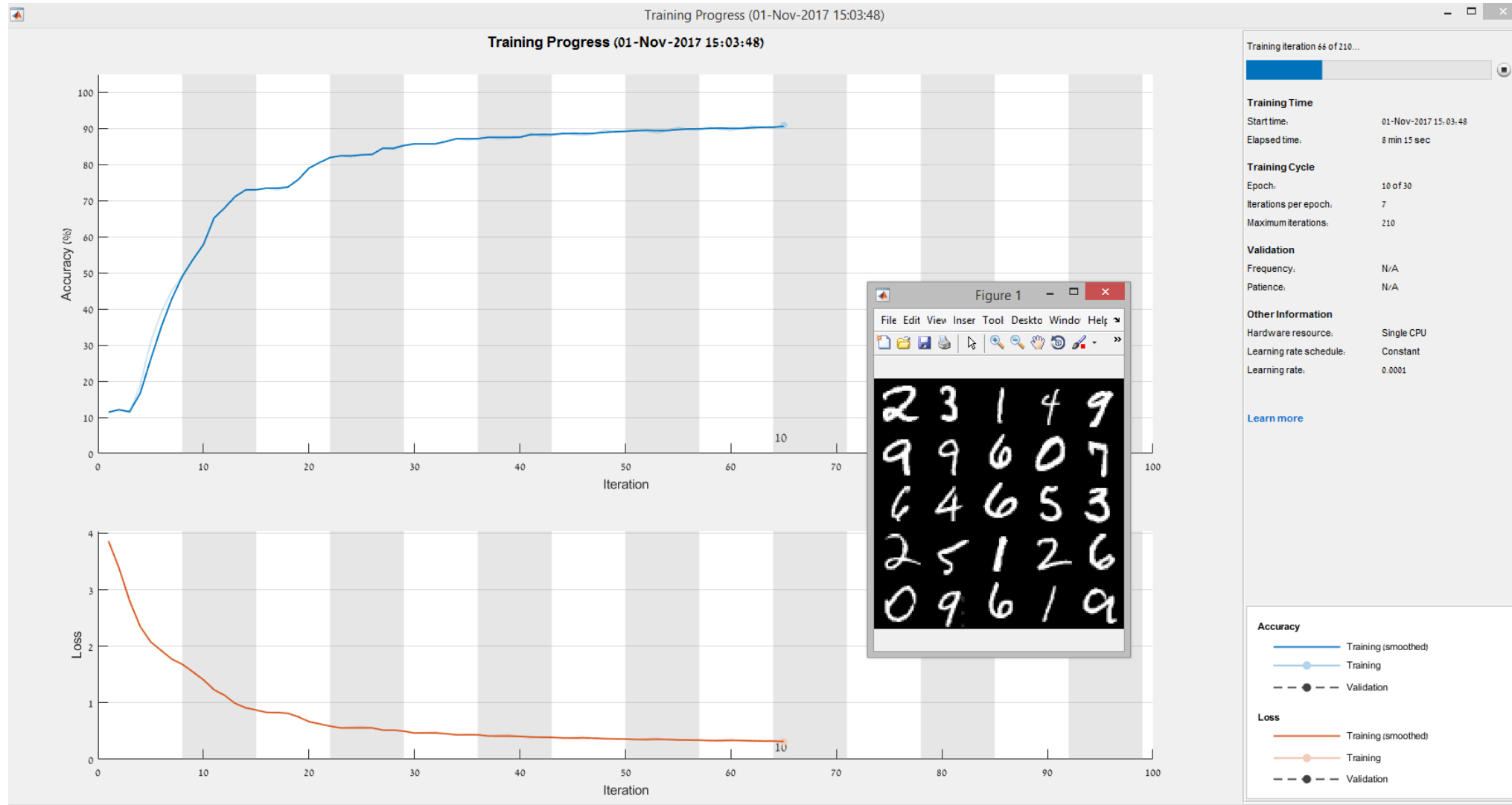


# Two Approaches for Deep Learning

## 1. Train a Deep Neural Network from Scratch

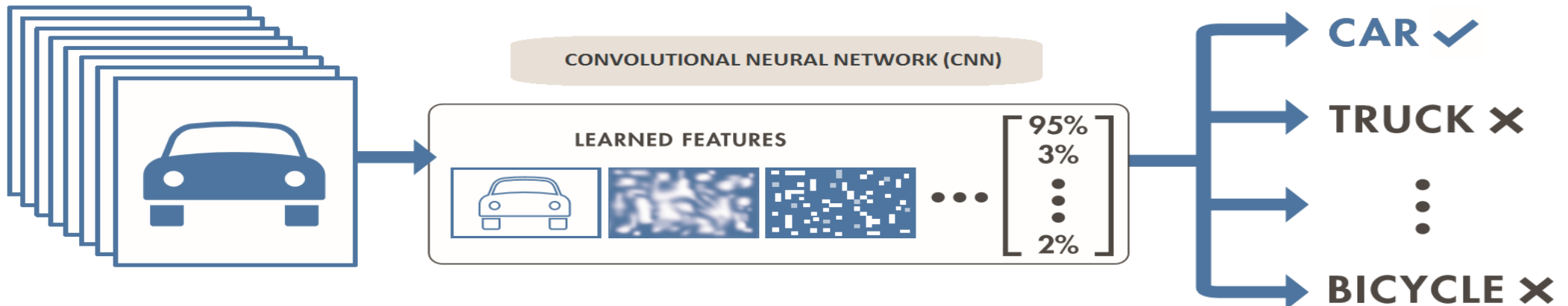


# Demo: Train from Scratch to Classify New Objects

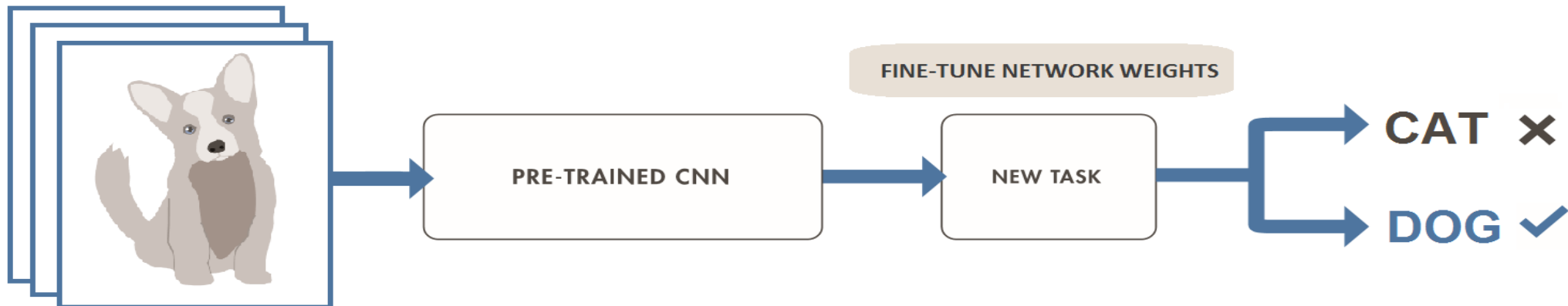


# Two Approaches for Deep Learning

## 1. Train a Deep Neural Network from Scratch



## 2. Fine-tune a pre-trained model (transfer learning)

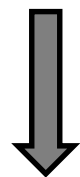
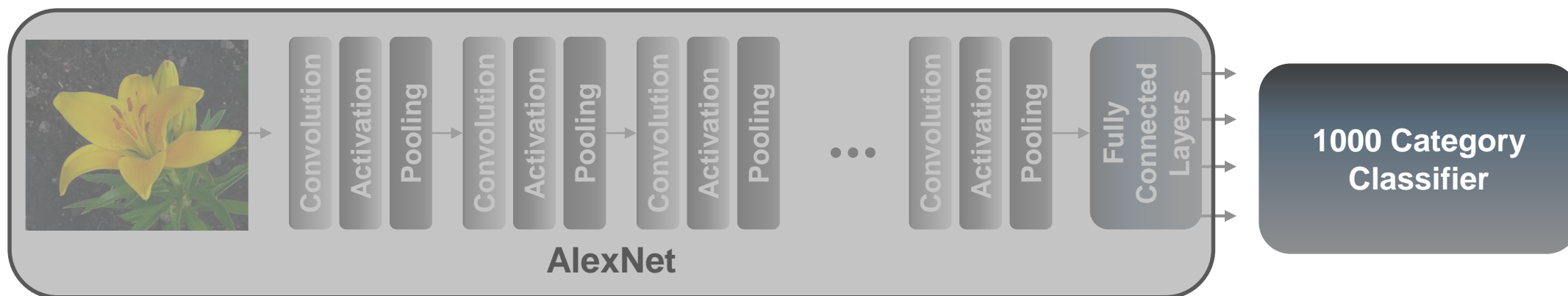




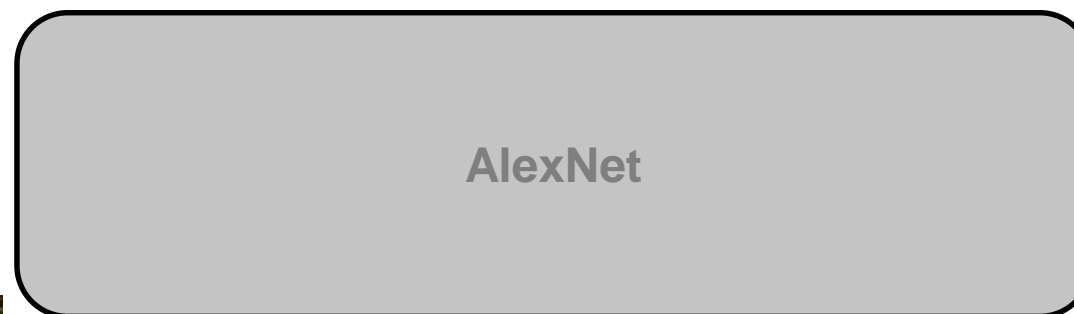
# Why Perform Transfer Learning

- Requires less data and training time
- Reference models (like AlexNet, VGG-16, VGG-19) are great feature extractors
- Leverage best network types from top researchers

## Example: Classify Vehicles With Transfer Learning



New Data



car →

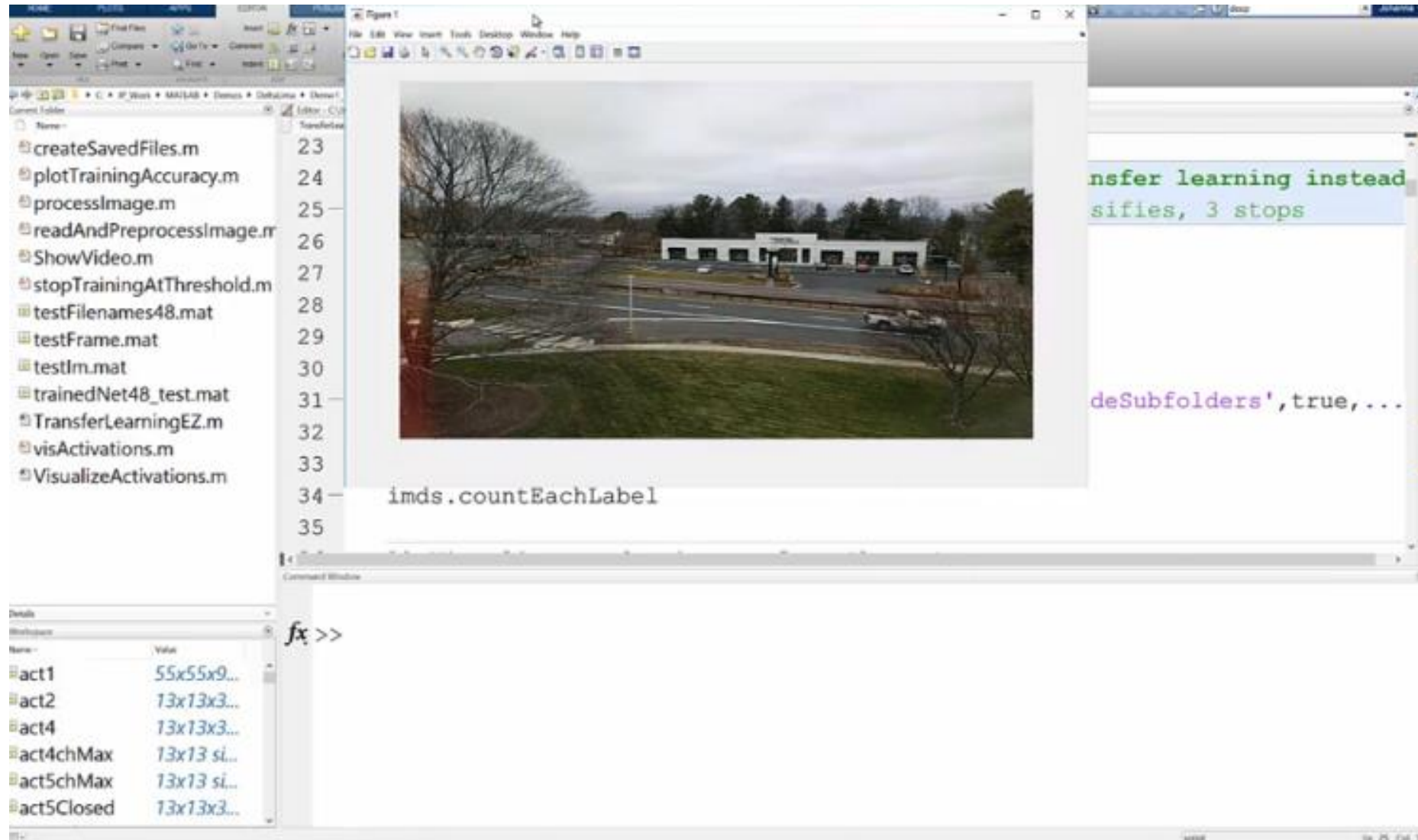
suv →

pickup →

van →

truck →

# Demo: Transfer Learning to Classify New Objects



The image displays the MATLAB environment during a transfer learning demonstration. The main workspace shows a video frame of a building and parking lot. The Command Window displays the following code:

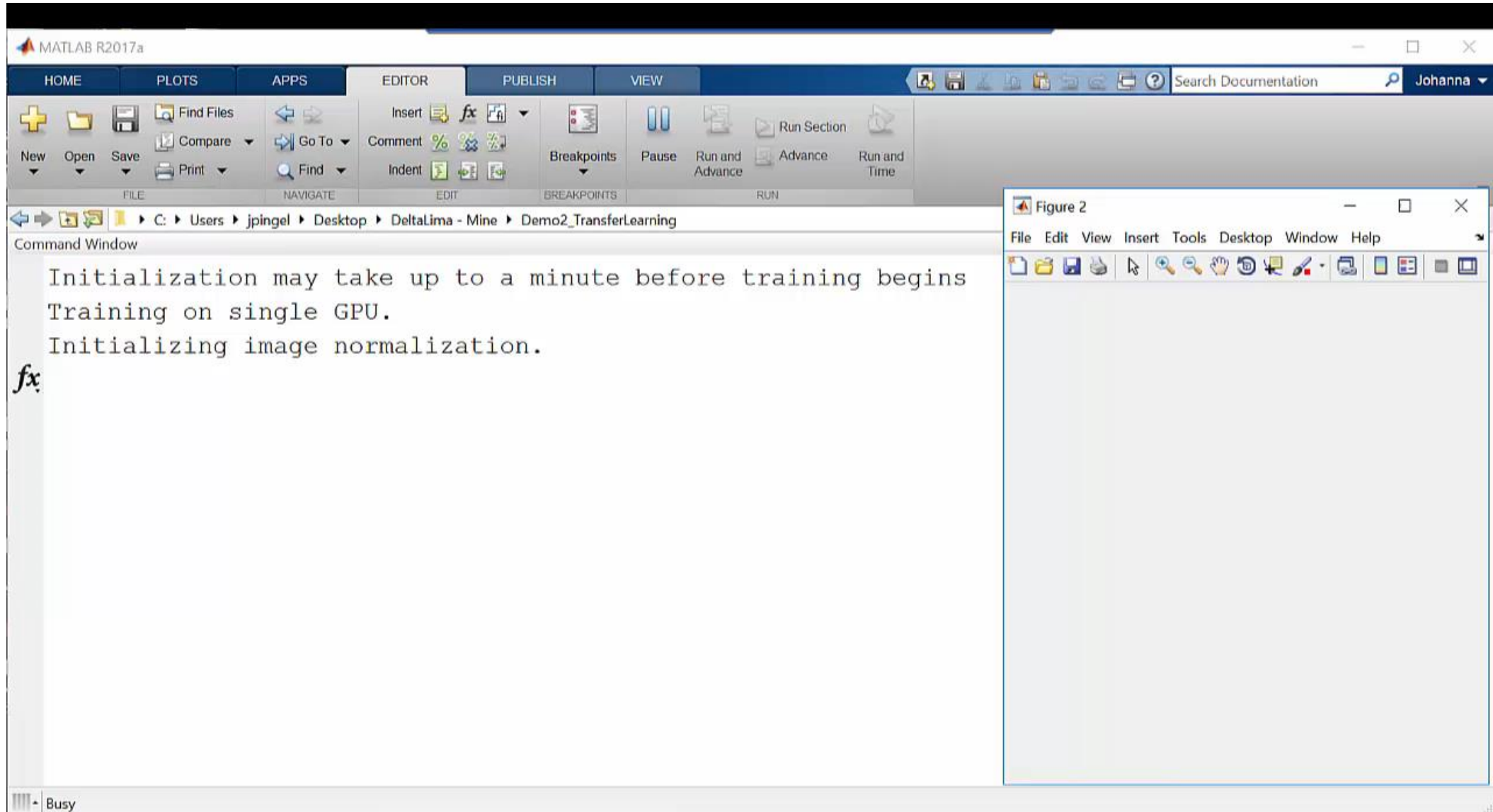
```
transfer learning instead  
sifies, 3 stops  
  
deSubfolders',true,...  
  
imds.countEachLabel
```

The Command Window also shows the prompt `fx >>`. The Variable Editor shows the following variables:

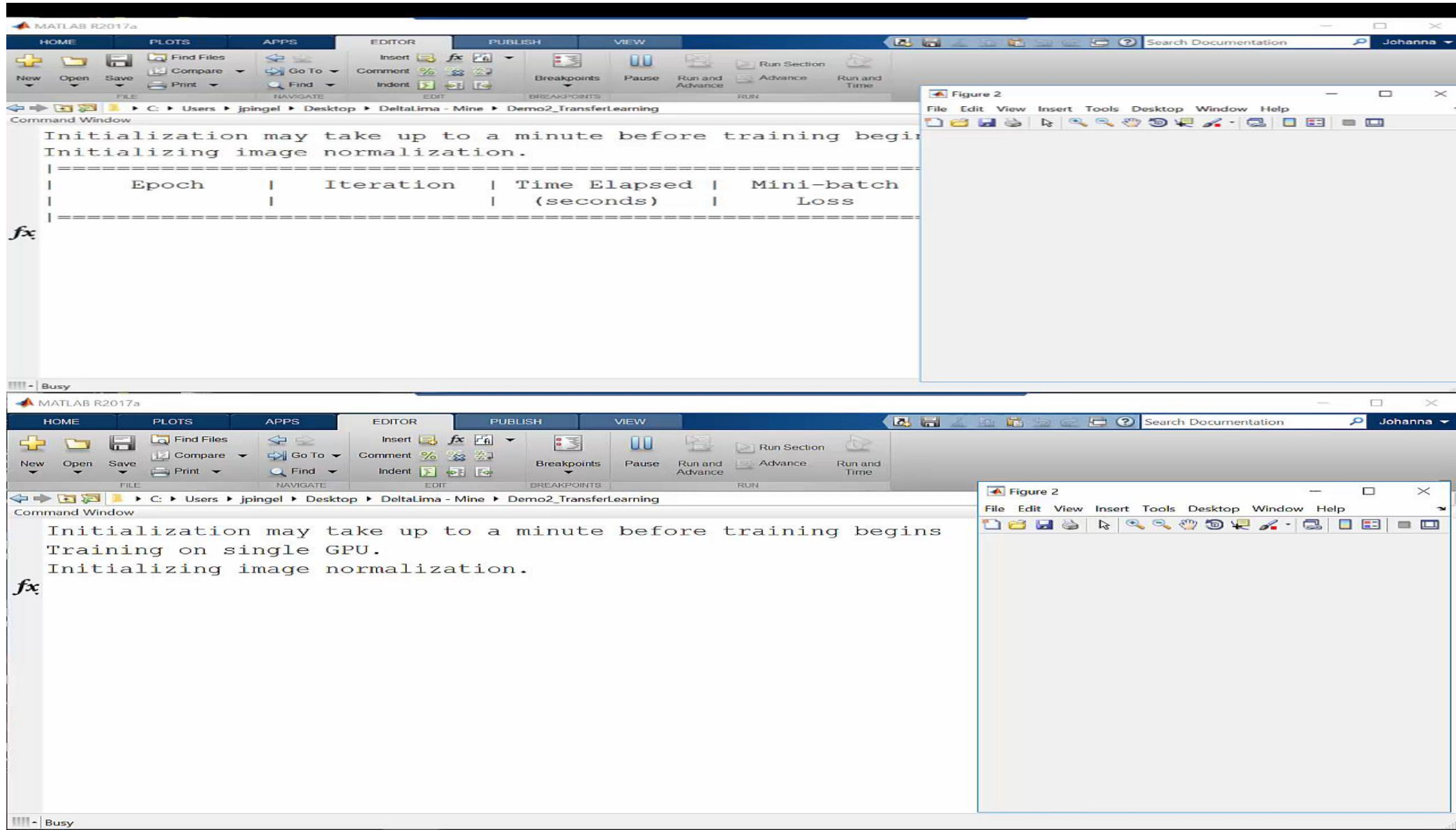
| Name       | Value       |
|------------|-------------|
| act1       | 55x55x9...  |
| act2       | 13x13x3...  |
| act4       | 13x13x3...  |
| act4chMax  | 13x13 si... |
| act5chMax  | 13x13 si... |
| act5Closed | 13x13x3...  |



# Training Accuracy Vs. Iteration



# GPU Vs. CPU



**New MATLAB framework makes deep learning  
easy and accessible**

# MATLAB makes Deep Learning Easy and Accessible

*New MATLAB capabilities to*

- Handle and label large sets of images
- Accelerate deep learning with GPUs
- Visualize and debug deep neural networks
- Access and use models from experts

`imageDS = imageDatastore(dir)`  
Easily manage large sets of images



# MATLAB makes Deep Learning Easy and Accessible

## *New MATLAB capabilities to*

- Handle and label large sets of images
- Accelerate deep learning with GPUs
- Visualize and debug deep neural networks
- Access and use models from experts

## Training modes supported:

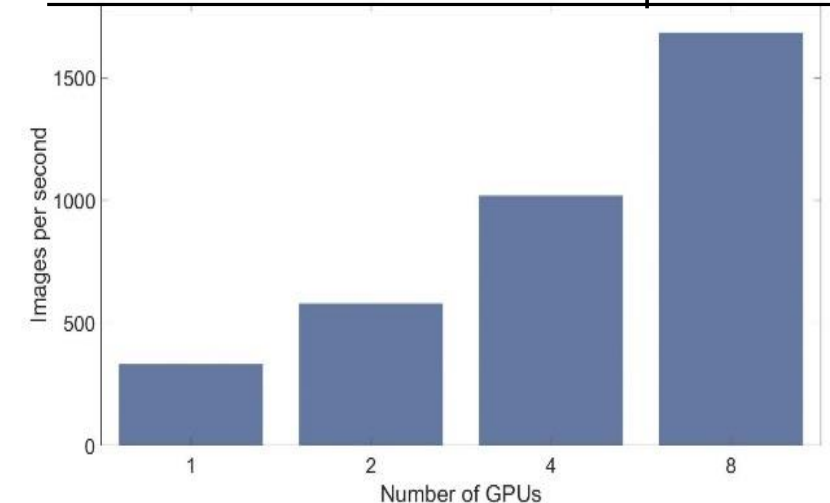
Auto Select

GPU

Multi GPU (local)

Multi GPU (cluster)

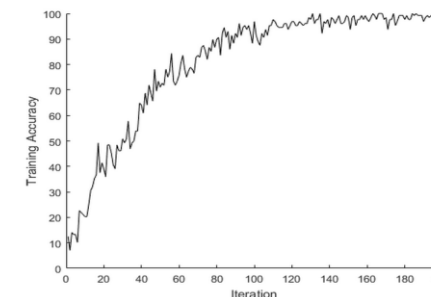
## Acceleration with Multiple GPUs



# MATLAB makes Deep Learning Easy and Accessible

*New MATLAB capabilities to*

- Handle and label large sets of images
- Accelerate deep learning with GPUs
- Visualize and debug deep neural networks
- Access and use models from experts



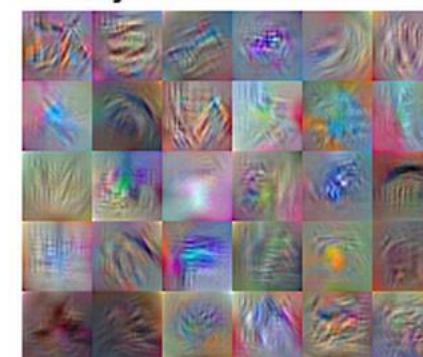
Training Accuracy Plot



Deep Dream



Network Activations



Feature Visualization

# MATLAB makes Deep Learning Easy and Accessible

## *New MATLAB capabilities to*

- Handle and label large sets of images
- Accelerate deep learning with GPUs
- Visualize and debug deep neural networks
- Access and use models from experts

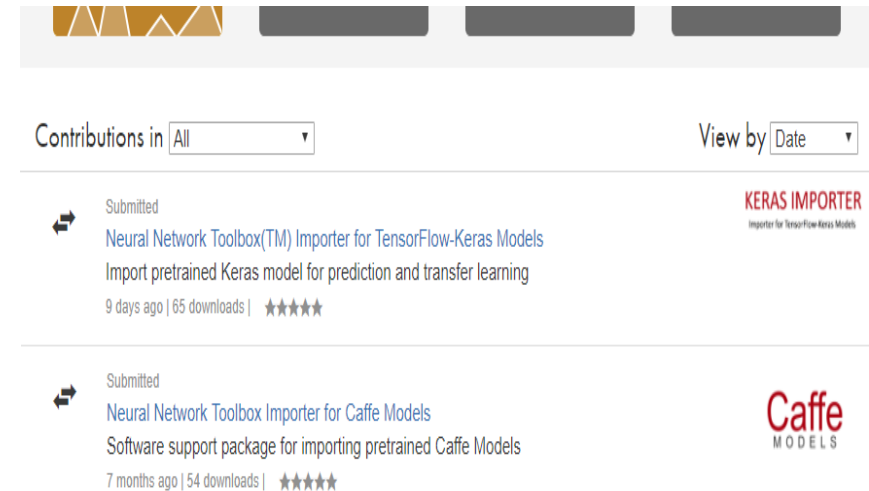
MathWorks Neural  
Network Toolbox  
Team

STAFF

MathWorks

10 total contributions since 2017

Contact



The screenshot shows the 'Contributions' section of the MathWorks Neural Network Toolbox Team page. It features a header with a progress bar and a 'Contributions in' dropdown menu set to 'All'. Below this, there are two entries for submitted models. The first entry is 'Neural Network Toolbox(TM) Importer for TensorFlow-Keras Models', which is described as 'Import pretrained Keras model for prediction and transfer learning'. It was submitted 9 days ago, has 65 downloads, and a 5-star rating. The second entry is 'Neural Network Toolbox Importer for Caffe Models', described as 'Software support package for importing pretrained Caffe Models'. It was submitted 7 months ago, has 54 downloads, and a 5-star rating. Logos for 'KERAS IMPORTER' and 'Caffe MODELS' are visible next to their respective entries.

## Curated Set of Pretrained Models

### Access Models with 1-line of MATLAB Code

```
Net1 = alexnet
Net2 = vgg16
Net3 = vgg19
Net4 = resnet50
Net5 = googlenet
```

# Regression Support for Deep Learning

## Classification vs. Regression

- Classification – outputs categories/labels
- Regression – outputs numbers

Supported by new regression layer:

```
rouputlayer = regressionLayer('Name', 'rouput')
```

Example: Predict facial key-points:



# Agenda

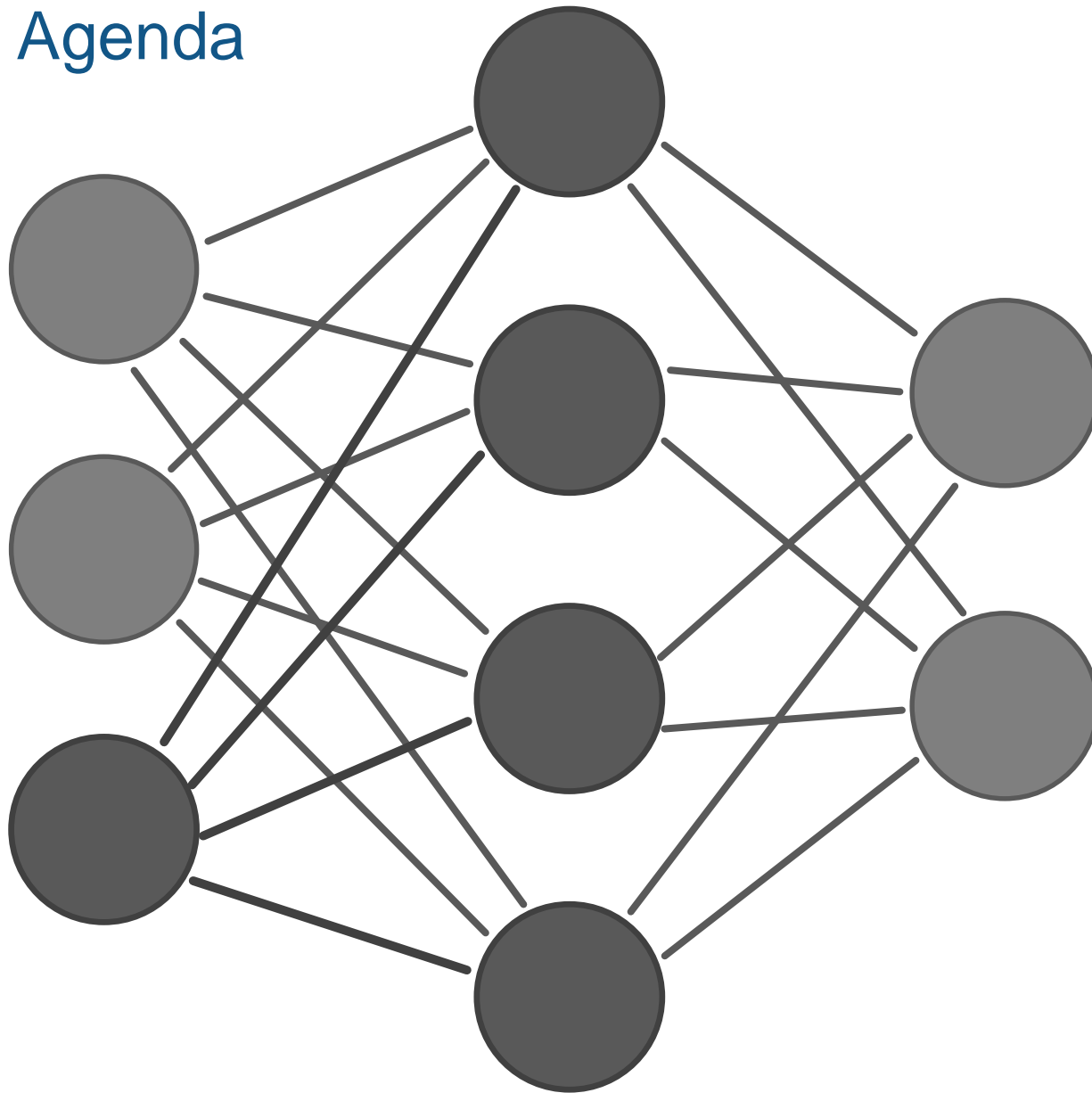


Image classification using pre-trained network

Train a network to classify new objects

Locate & classify objects in images and video

# Is Object Recognition/Classification Enough ?

**Car**

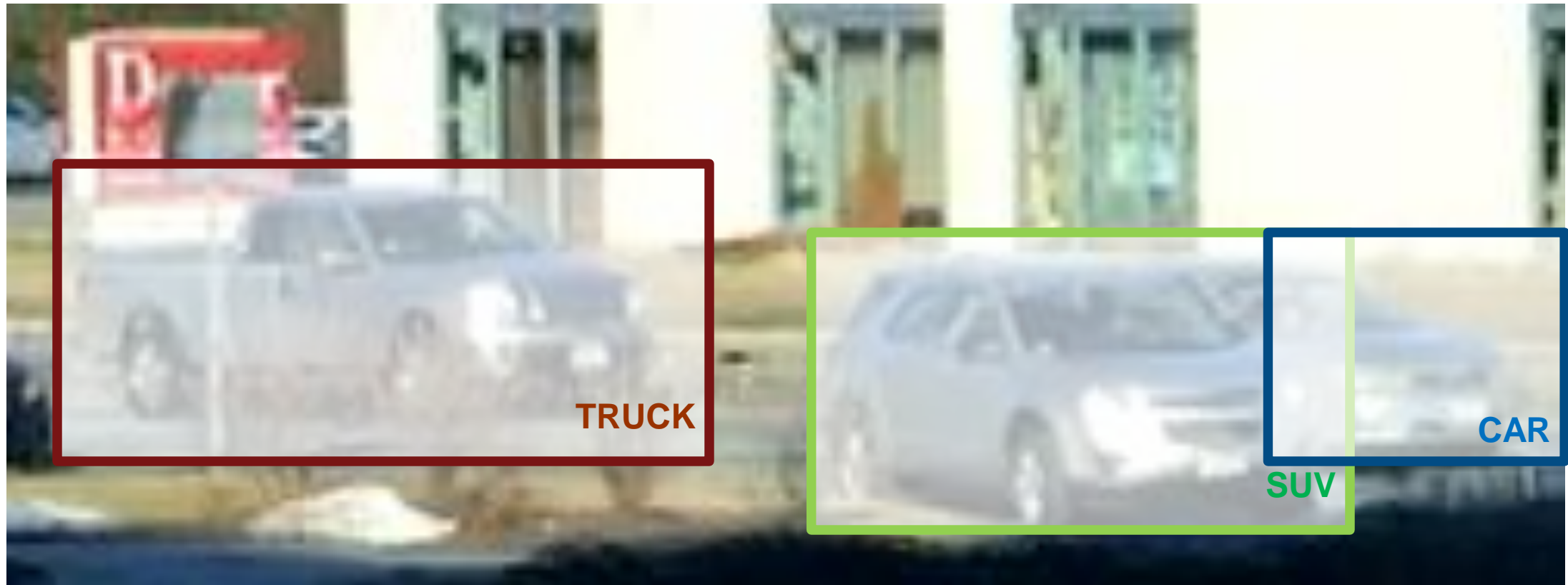


Label for entire image



**Car ? SUV? Truck?**

# Object Detection – Locate and Classify Object





## Demo: Create Object Detector to Locate Vehicles



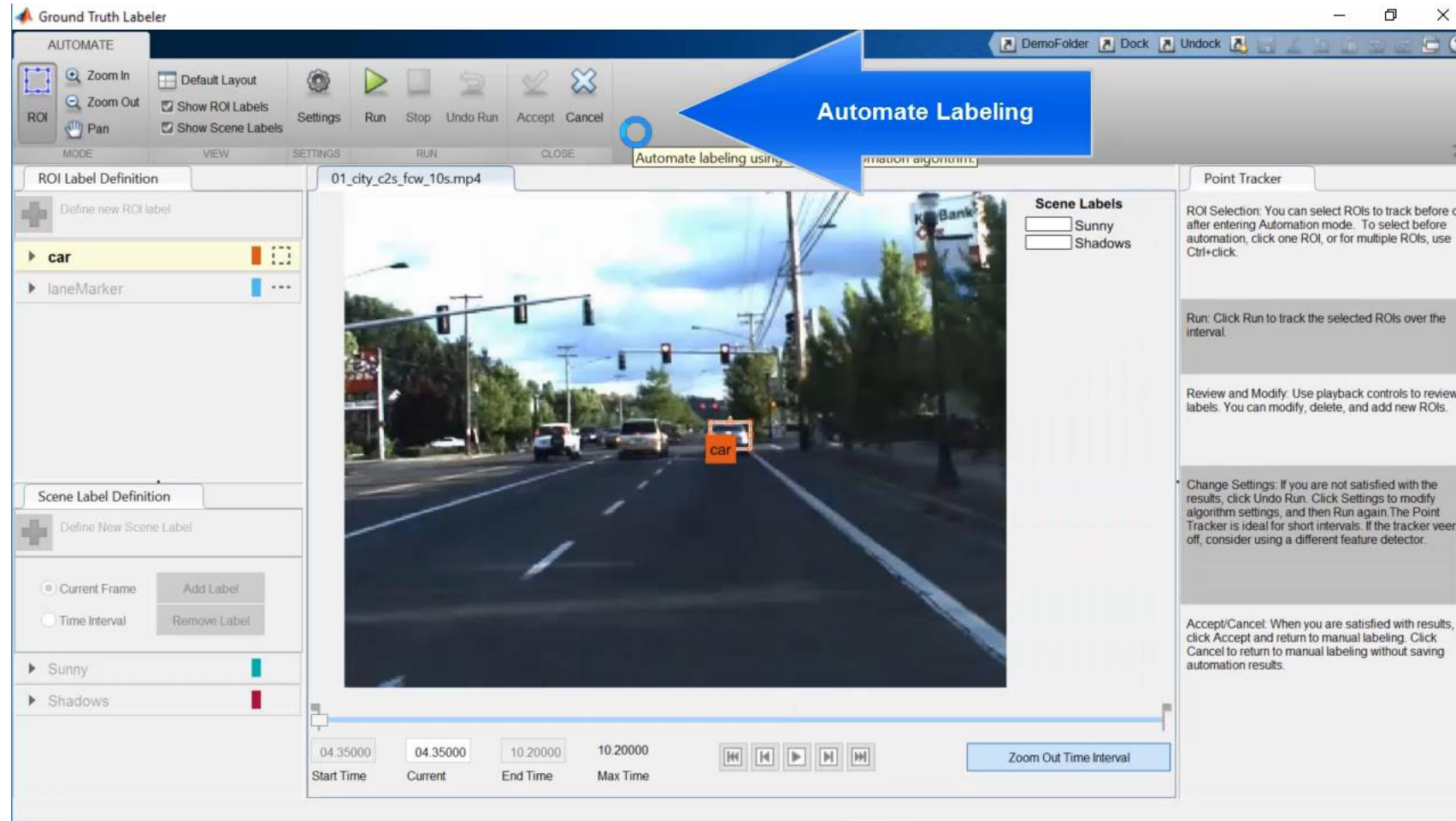
Step 1: Label / Crop data

Step 2: Train detector

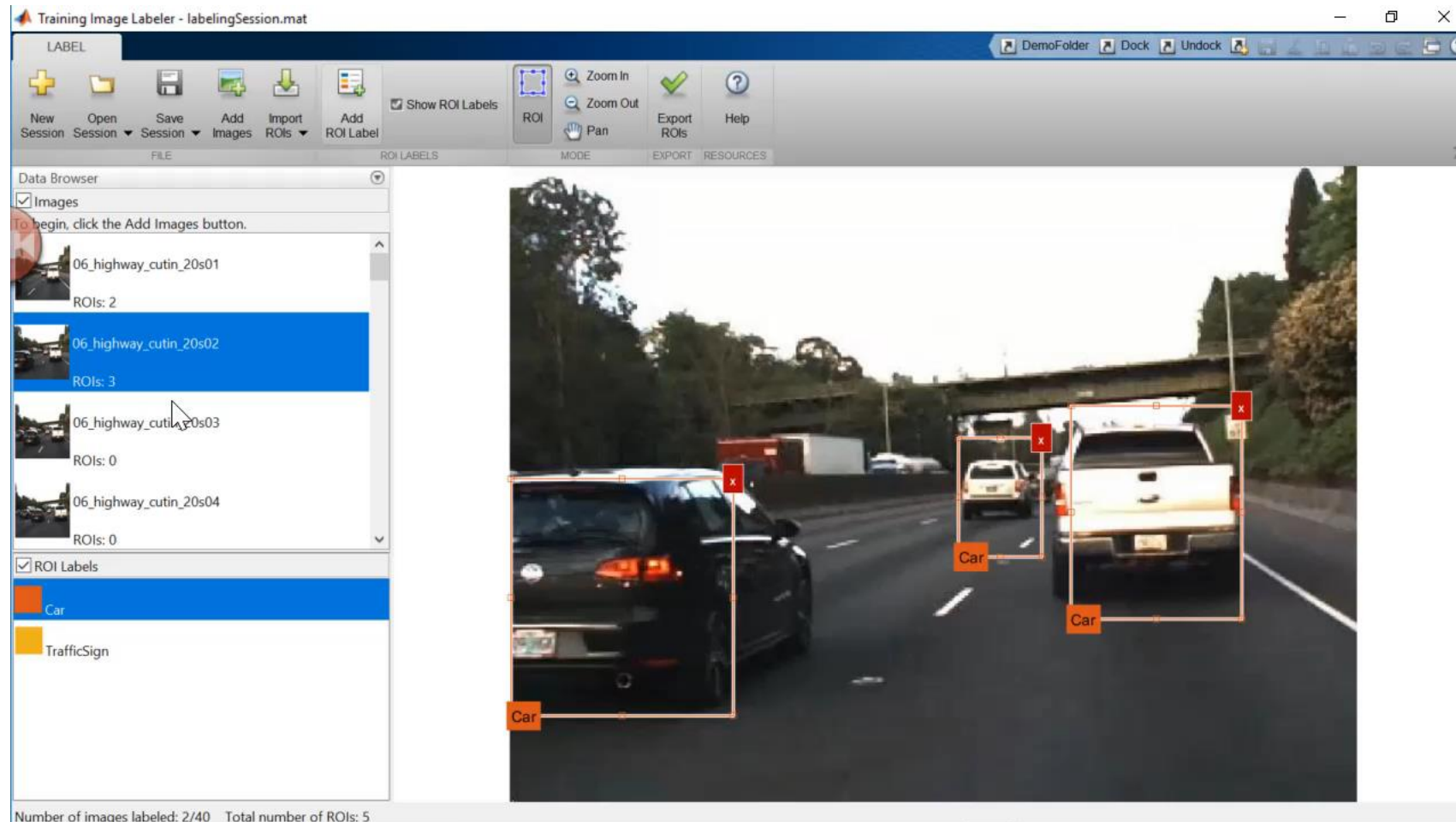
Step 3: Use detector



# Demo: Labeling Videos with MATLAB



# Demo: Label Images with MATLAB



# MATLAB makes Deep Learning Easy and Accessible

*New MATLAB capabilities to*

- Handle and label large sets of images
- Accelerate deep learning with GPUs
- Visualize and debug deep neural networks
- Access and use models from experts

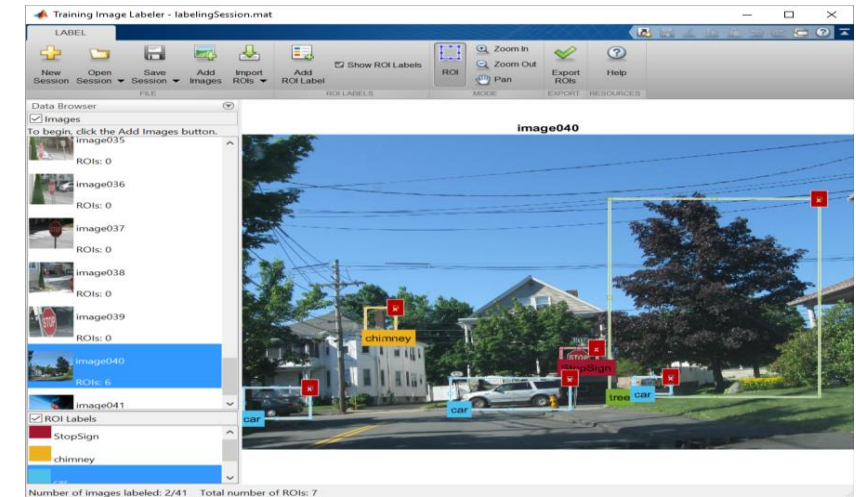
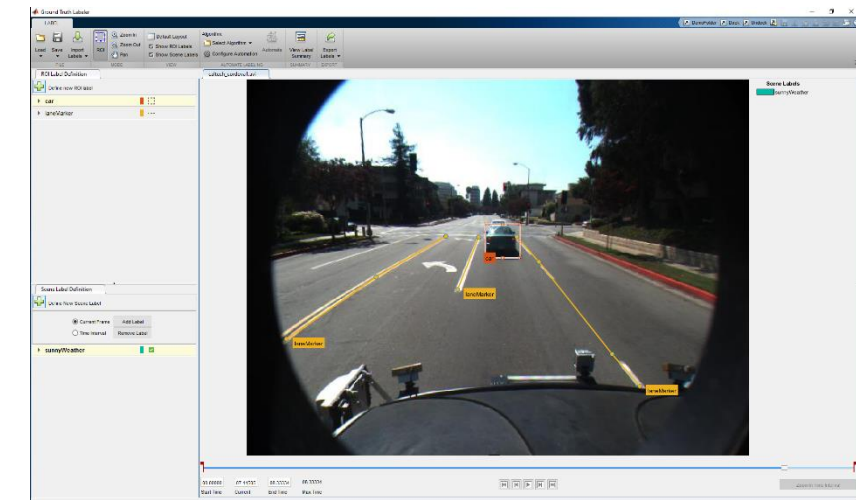


Image Labeler



Video Labeler

# Object Detection Frameworks in MATLAB

## Machine Learning

1. Cascade Object Detector
2. Aggregate Channel Features (ACF)

## Deep Learning

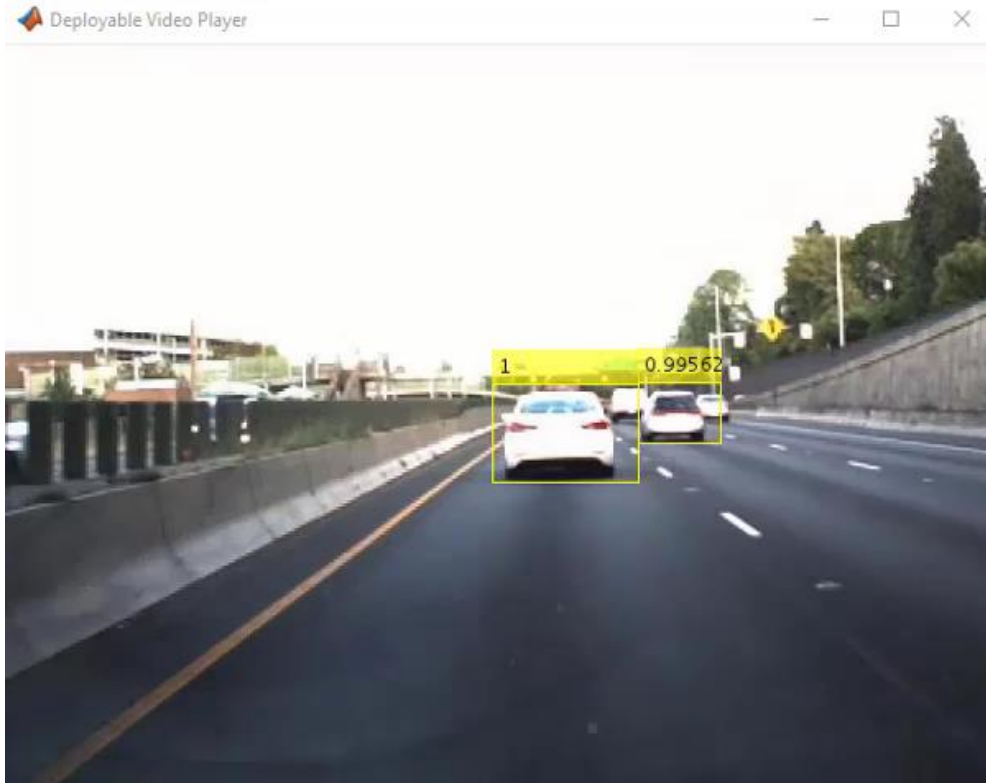
1. R-CNN
2. Fast R-CNN
3. Faster R-CNN



Same labels , train any detector.



# R-CNN Vs. Semantic Segmentation



**Regions with Convolutional Neural Network Features (R-CNN)**



**Semantic Segmentation using SegNet**

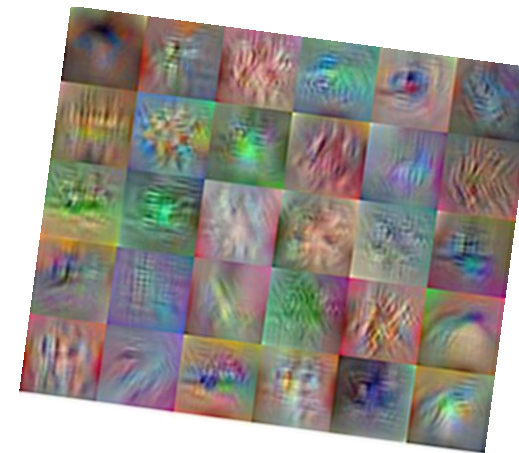
***New MATLAB framework makes deep learning  
easy and accessible***



# MATLAB makes Deep Learning Easy and Accessible

*New MATLAB capabilities to*

- Handle and label large sets of images
- Accelerate deep learning with GPUs
- Visualize and debug deep neural networks
- Access and use models from experts



**AlexNet**  
PRETRAINED MODEL

**VGG-16**  
PRETRAINED MODEL

**Caffe**  
MODELS

**GoogLeNet**  
PRETRAINED MODEL

**ResNet**  
PRETRAINED MODEL

**TensorFlow/Keras**  
MODELS

# What's New in R2017b?

**Batch normalization** – מאפשר להאיץ את תהליך האימון ולהפחית את הרגישות לאתחול, על ידי שימוש בשכבות אשר מנרמלות את ה-activations והגרדיאנטים המתקדמים ברשת, דבר ההופך את אימון הרשת למשימה פשוטה יותר.

**סוגים חדשים נוספים של שכבות** – Deconv layer, MaxUnPooling layer (מה שמאפשר לייצר DeconvNet) ועוד...

**Semantic Segmentation** – סגמנטציה סמנטית הינה טכניקה להפרדה של אובייקט מהרקע ברמת הפיקסל תוך התייחסות זהה לאובייקטים מאותו קלאס (למשל – התייחסות אל שני כיסאות שונים בתור קלאס זהה). בגרסה הקרובה תתווסף אפשרות להוסיף שכבות SegNet, FCN ו-PixelClassification (מצריך את ה-Computer Vision System Toolbox) ואפשר יהיה ליצור PSPNet (יצריך לבנות את הרשת, המעוניינים יכולים לקבל ממני דוגמה לשימוש ב-Alexnet בתור בסיס; כאמור – לאחר שחרור הגרסה מתוכנן שיחרור של תוסף של ResNet50, מה שיאפשר לשכפל די טוב את ה-PSPNet המקורי). בנוסף, לבעלי ה-Computer Vision System Toolbox - בגרסה יתווספו גם כל מיני פונקציות עזר וכל מיני מטריקות בתחום הסגמנטציה הסמנטית, לרבות IoU / Jaccard (מדד טיב בגילוי אובייקטים – היחס בין החיתוך של ה-bounding box של הגילוי עם זה של ה-ground truth, לבין האיחוד שלהם).

**Labeling** – כידוע, פרט ל-App לביצוע Labeling לסרטוני וידאו (המהווה חלק מה-Automated Driving System Toolbox) קיים גם ה-App המסייע לביצוע Labeling לתמונות (אשר הינו חלק מה-Computer Vision System Toolbox). לאחרון תתווסף תמיכה בתיוג פיקסלים ואזורים עבור משימות סגמנטציה סמנטית.

**Early stopping via validation** – יכולת ולידציה אוטומטית לרשת כל מספר איטרציות, ועצירת האימון כאשר מטריקות הולידציה מפסיקות להשתפר. הנ"ל יאפשר להכניס מידע ולידציה לתהליך האימון ולהציג ביצועים ב-training accuracy plot הן על מידע האימון והן על מידע הולידציה (ה-plot המשודרג גם צפוי להכיל לחצן "עצור").

**Deep Learning Image Preprocessing** – בזמן שהתמונות נקראות ומוזנות לתוך האימון - תהיה אפשרות לבצע פעולות גיאומטריות על מנת להגדיל את מידע האימון. הנ"ל גם יוכל לשמש לצורך יצירת מסווג מתוך מאגר תמונות בעלות גדלים שונים, על ידי הפיכתן בקלות לתמונות בעלות גודל זהה.

**Bayesian Optimization** – מציאת הגדרות אופטימליות לאימון רשתות עמוקות (מצריך את ה-Statistics & Machine Learning Toolbox)

**GPU Coder** – כלי חדש המאפשר המרה אוטומטית של קוד MATLAB לקוד CUDA אשר יכול לרוץ על מעבדים גרפיים של חברת Nvidia. מדובר בהרחבה של כלי ה-MATLAB Coder (המאפשר להמיר קוד MATLAB לקוד C), אשר לפי ה-benchmarks מאפשרת לקוד לרוץ פי 5 יותר מהר מאשר מה שמאפשרת ספריית Caffe2, ופי 7 יותר מהר מאשר TensorFlow (בבדיקה על פעולות הסקה תוך שימוש ב-Alexnet; יודגש שגם ללא הכלי סביבת MATLAB מהירה יותר מאשר שני הכלים האחרים). בנוסף, על פי ה-benchmarks הכלי מאפשר ניצול של פי 3 פחות זיכרון מאשר TensorFlow דורש. ניתן למצוא למטה קישור לפוסט בנושא.

**התממשקות עם TensorFlow - Keras לצורך ייבוא מודלים** – בהמשך לתמיכה ב-Caffe אשר נוספה ב-R2017a (ראו למטה סקירה של החידושים בגרסה הנ"ל). כך ניתן ליהנות הן מהמודלים המעולים שפותחו בעבר (או יפותחו בהמשך) בסביבות אלה, והן מנוחות העבודה, הויזואליזציות והמהירות של סביבת MTALAB וכן בסופו של דבר לייצר בצורה אוטומטית קוד CUDA בעזרת הכלי המוזכר למעלה. היכולת צפויה להתווסף במהלך חודש אוקטובר. בהקשר זה יש להזכיר שקיימת אפשרות להמיר מודלים מ-PyTorch ל-Keras, ולכן כעת - באמצעות המרה כפולה - אפשר לעבור מ-PyTorch ל-MATLAB.

## תמיכה בארכיטקטורות מתקדמות של רשתות –

RNN היא רשת בעלת לולאות שמסוגלת להתמודד יותר בקלות ויותר בטבעיות עם מידע רציף, כמו וידאו, טקסט, ואודיו. כלומר – מאפשרת לנצל את המידע שנאסף במילה הקודמת במשפט או בפריים הקודם של הווידאו, על מנת להבין את המילה הבאה או הפריים הבא. בגרסה החדשה צפויה תמיכה ב-LSTM - מקרה מיוחד של RNN - אשר מצליח להשתמש במידע שנלמד בתחילת רצף ארוך - גם בשלב יותר מאוחר ברצף. משמש לתרגום, זיהוי כתב יד, זיהוי קול, סיווג תמונות, חיזוי תגיות ועוד.

DAG - רשת שבה הקלט של שכבה יכול להגיע ממספר שכבות, והפלט שלה יכול להגיע אל מספר שכבות, ללא משוב.

**GoogLeNet** – רשת DAG קטנה, מהירה ומדויקת, אשר זכתה בתחרות ILSVRC בשנת 2014. הנ"ל בהמשך לתמיכה ב-VGG שנוספה ב-R2017a והרחיבה את התמיכה ב-Alexnet.

שימו לב שבמהלך חודש אוקטובר צפויה להתווסף גם תמיכה ב-InceptionV3 וב-ResNet50 (רשת מקבילית עמוקה מאוד, 177 שכבות, שאומנה באמצעות למעלה ממיליון תמונות, וזכתה ב-ILSVRC לשנת 2015) בתור Support Package



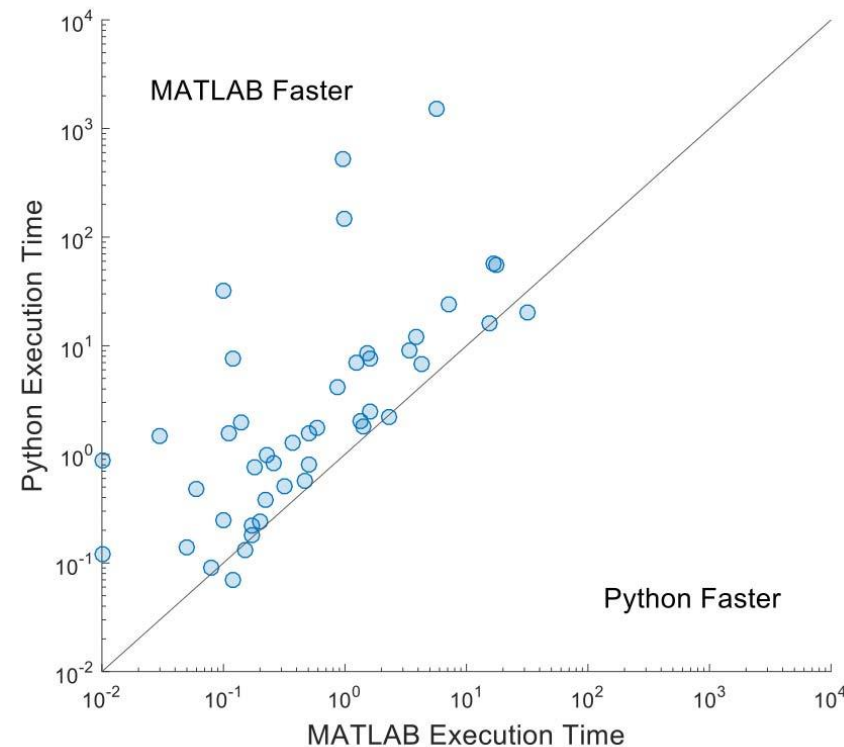
# Deep learning features summary

- Classification
- Regression
- Semantic segmentation
- Object detection
- Scalability
  - Multiple GPUs
  - Cluster or cloud
- Custom network layers
- Import models
  - Caffe
  - Keras/TensorFlow
- Data augmentation
- Hyperparameter tuning
  - Bayesian optimization
- Python ↔ MATLAB interface
- LSTM networks
  - Time series, signals, audio
- Custom labeling
  - API for ground-truth labeling automation
  - Superpixels
- Data validation
  - Training and testing

# התממשקות עם Python

החל מ-R2015b:

| MATLAB Performance over Python | Average | Best |
|--------------------------------|---------|------|
| Engineering                    | 3.2x    | 64x  |
| Statistics                     | 2.7x    | 52x  |
| Graphics                       | 31x     | 540x |
| Nested for loops               | 64x     | 64x  |



- MATLAB מתוך Python**  
 ניתן להפעיל את ה-MATLAB Engine מתוך סביבת Python ולהשתמש בכל הפונקציונאליות של MATLAB המאפשרת על ידי ה-MATLAB Engine.

- Python מתוך MATLAB**  
 ניתן להפעיל פונקציות Python ואף את סביבת ה-interpreter של Python מתוך סביבת ה-MATLAB.

# Deep Learning Workflow

ACCESS AND EXPLORE  
DATA

LABEL AND PREPROCESS  
DATA

DEVELOP PREDICTIVE  
MODELS

INTEGRATE MODELS WITH  
SYSTEMS

Files



Databases



Sensors



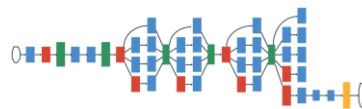
Data Augmentation/  
Transformation



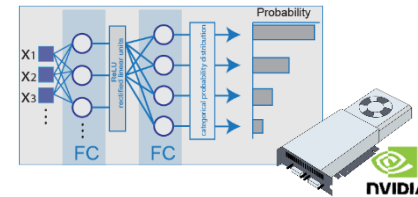
Labeling Automation



Import Reference  
Models



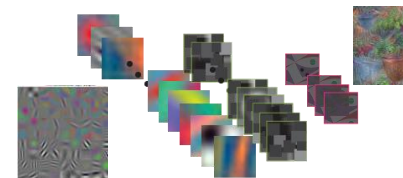
Hardware-Accelerated  
Training



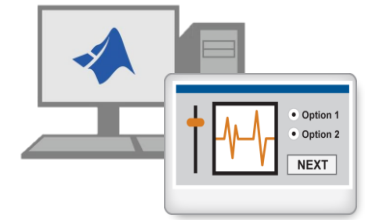
Hyperparameter Tuning



Network Visualization



Desktop Apps



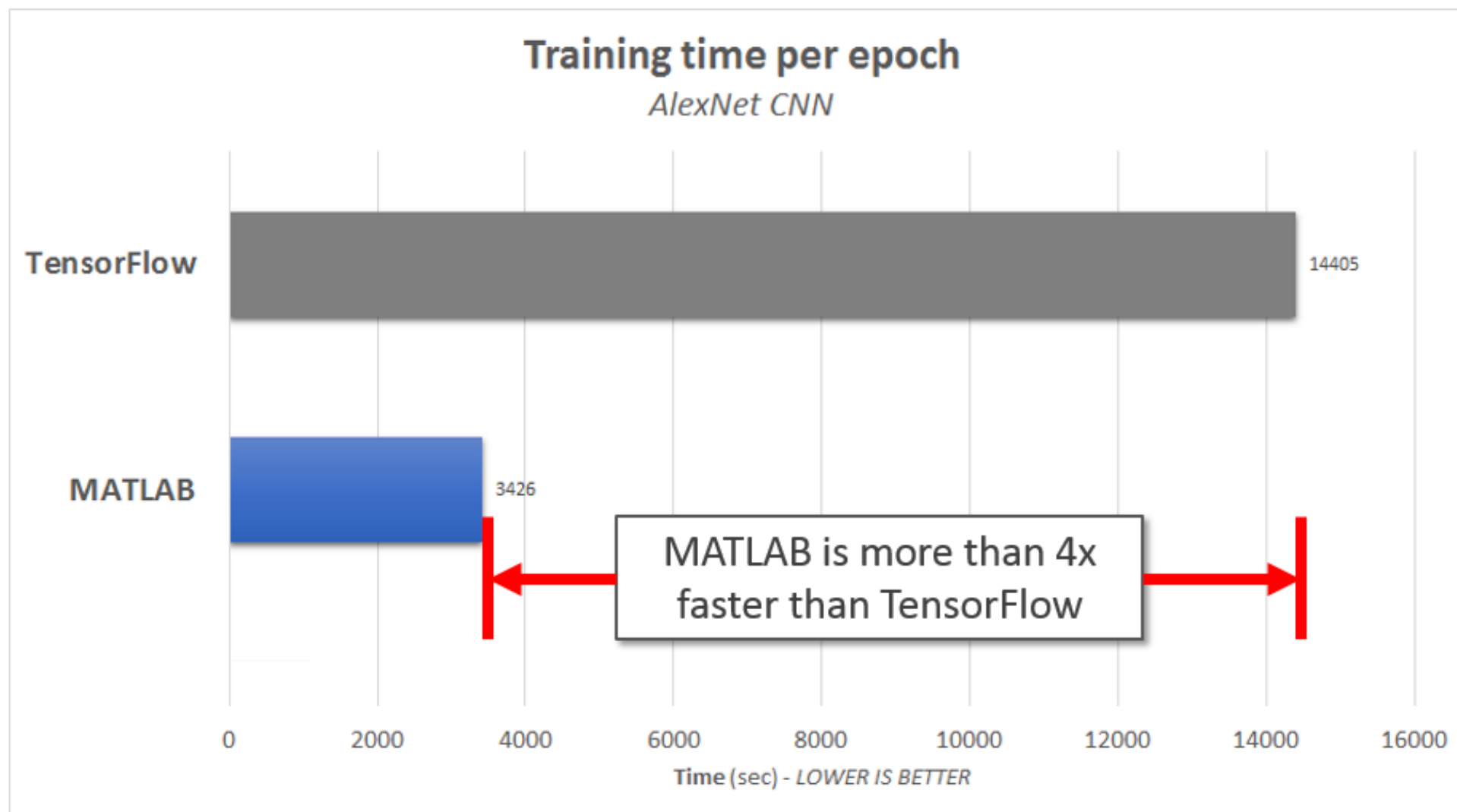
Enterprise Scale Systems

Java  
MATLAB  
C/C++  
Python

Embedded Devices and  
Hardware



# Training in MATLAB is fast



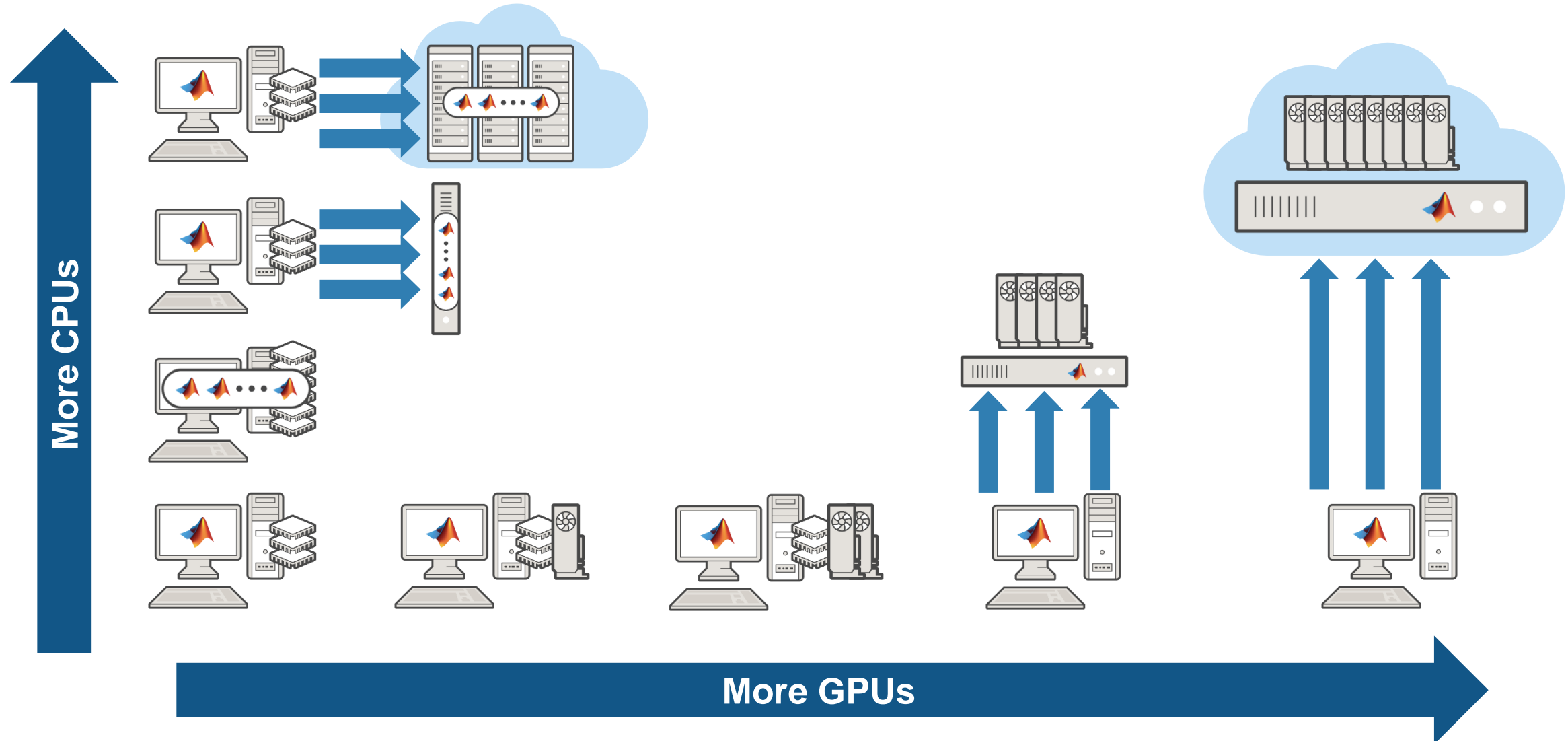
*AlexNet CNN architecture trained on the ImageNet dataset, using batch size of 32, on a Windows 10 desktop with single NVIDIA GPU*

# Deep learning on CPU, GPU, multi-GPU and clusters



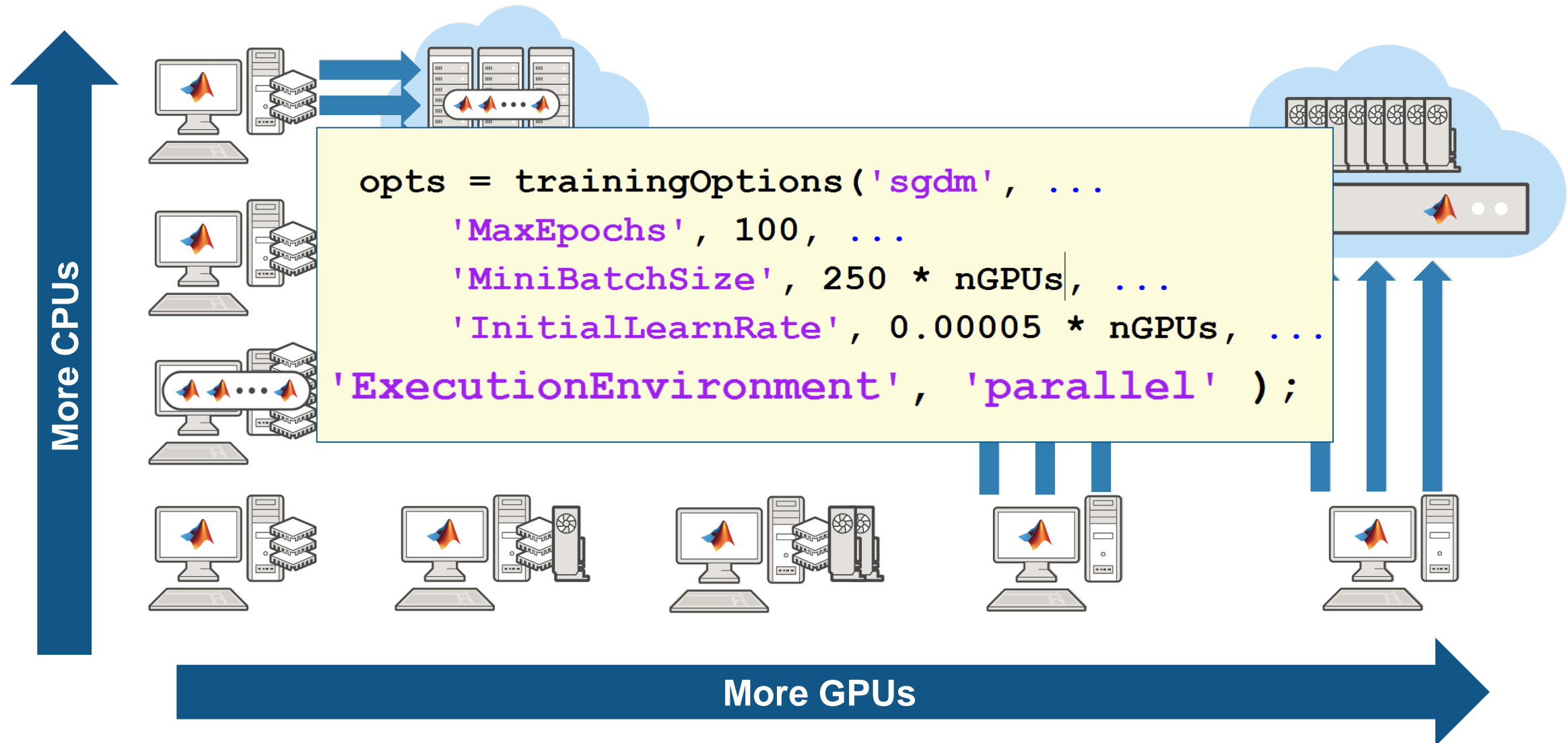
More GPUs

# Deep learning on CPU, GPU, multi-GPU and clusters

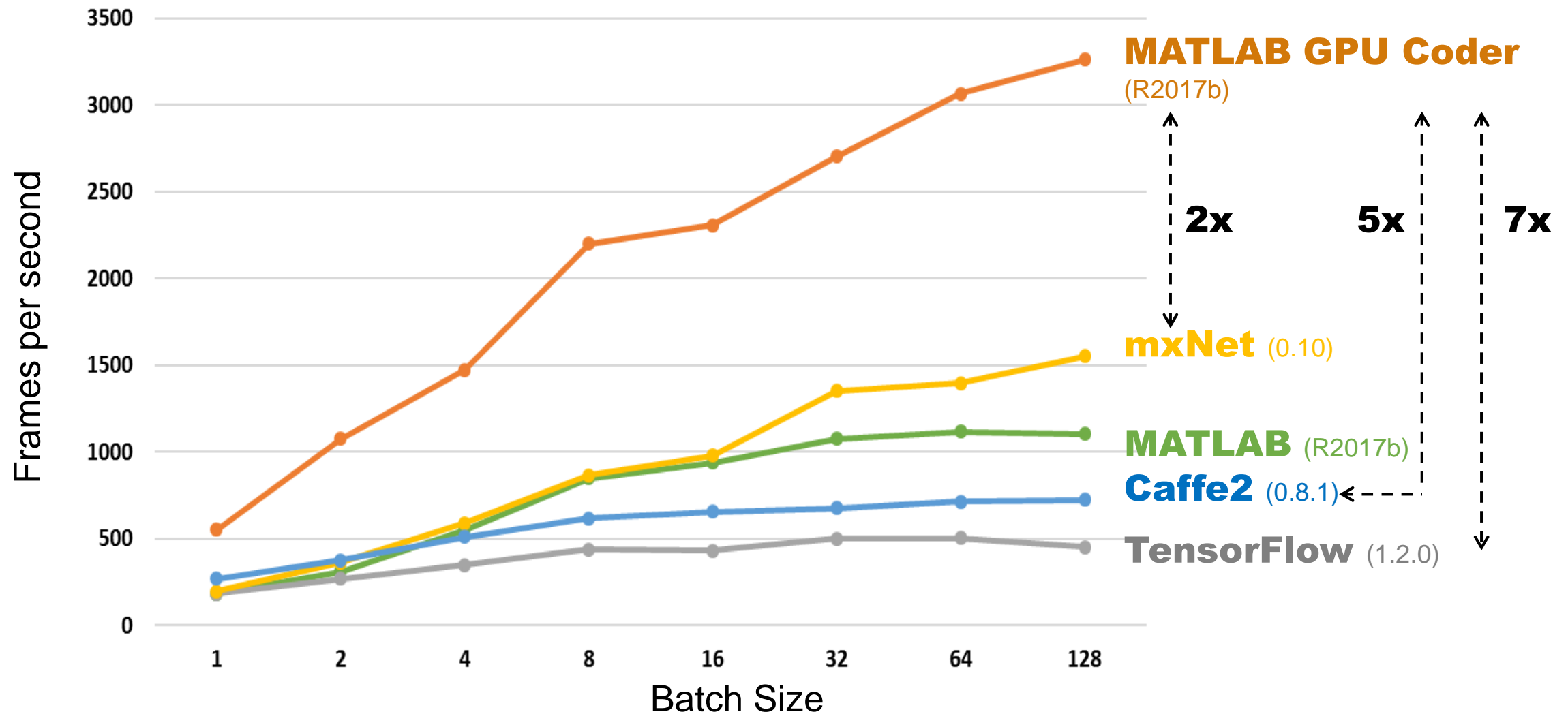




# Deep learning on CPU, GPU, multi-GPU and clusters

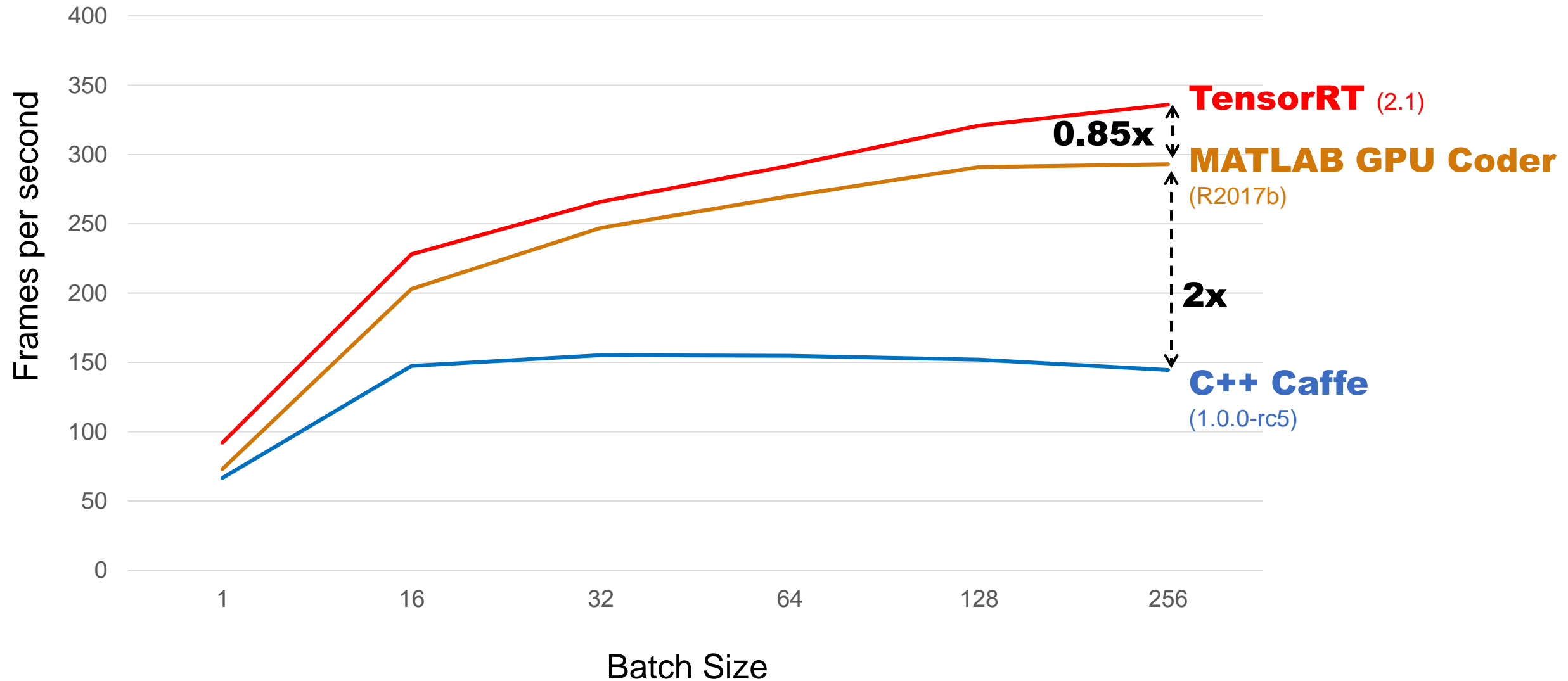


# Alexnet Inference on NVIDIA Titan XP

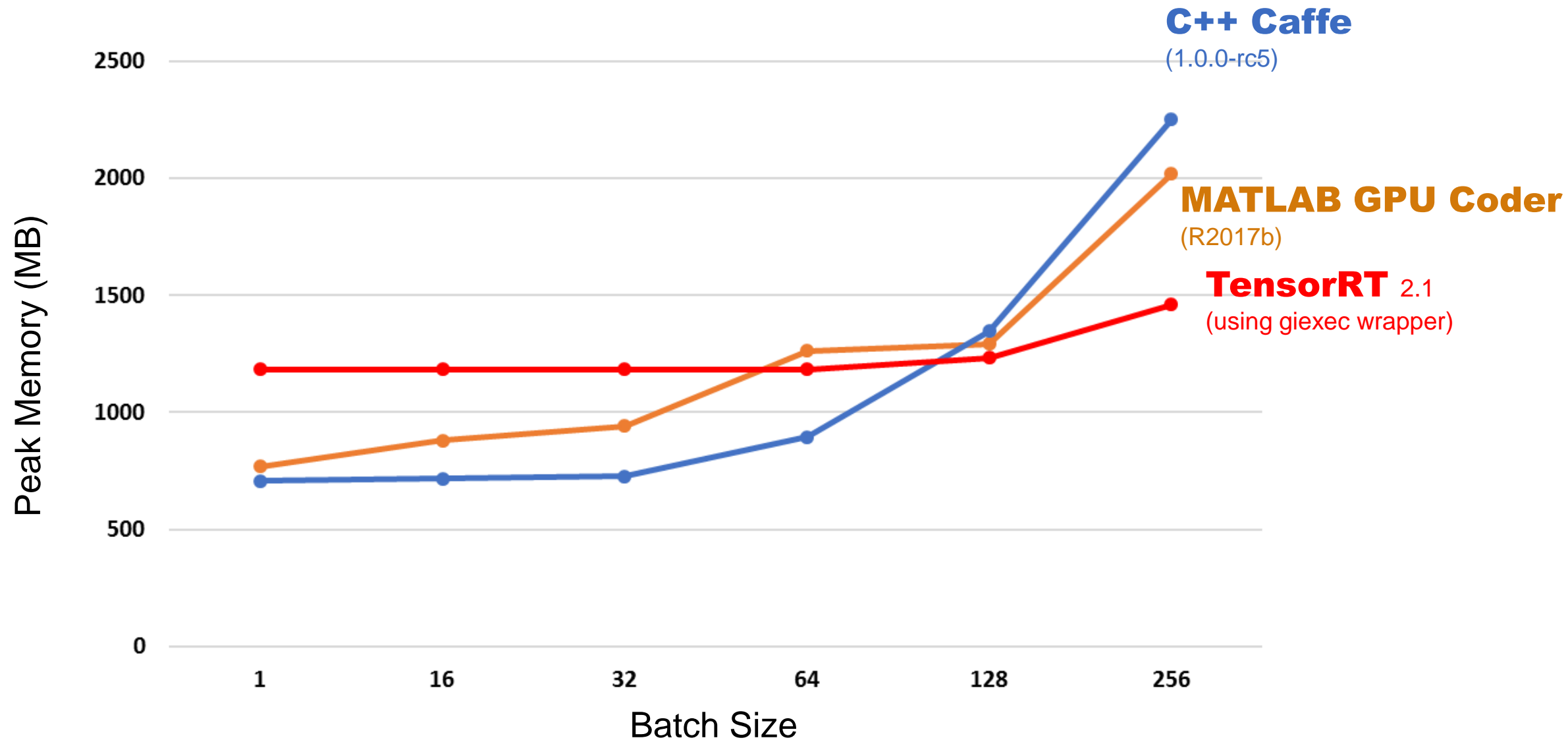


|                  |       |   |
|------------------|-------|---|
| Testing platform | CPU   | Intel(R) Xeon(R) CPU E5-1650 v3 @ 3.50GHz |
|                  | GPU   | Pascal Titan Xp                           |
|                  | cuDNN | v5  |

# Alexnet Inference on Jetson TX2: Frame-Rate Performance



# Alexnet Inference on Jetson TX2: Memory Performance

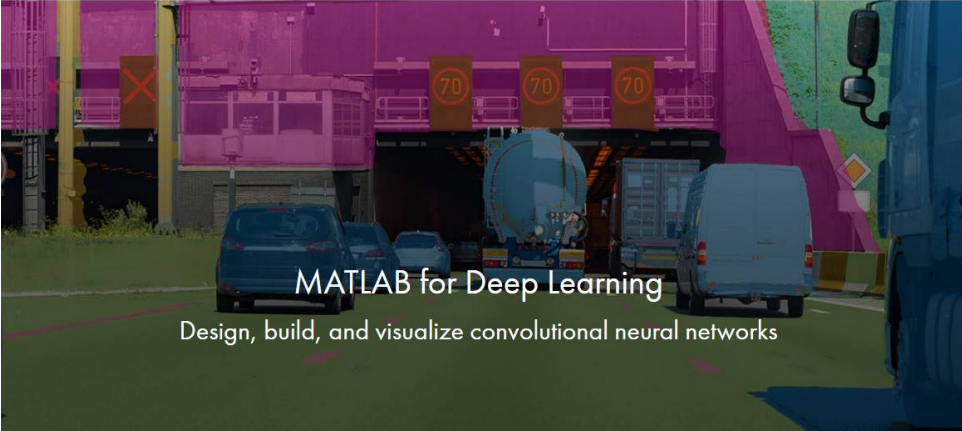


# Check Out Deep Learning in MATLAB, GPU Coder and Free Hands-On

MathWorks® Products Solutions Academia Support Community Events

Deep Learning Search MathWorks.com

Overview Features Examples Models Videos and Tutorials Trial software Contact sales



**MATLAB for Deep Learning**  
Design, build, and visualize convolutional neural networks

## Deep learning in MATLAB

MathWorks® Products Solutions Academia Support Community Events

GPU Coder Search MathWorks.com

Overview Features Code Examples Videos Product Pricing Trial software Contact sales

**Generate CUDA code for NVIDIA GPUs**

GPU Coder™ generates optimized CUDA® code from MATLAB® code for deep learning, embedded vision, and autonomous systems. The generated code calls optimized NVIDIA CUDA libraries, including cuDNN, cuSolver, and cuBLAS. It can be integrated into your project as source code, static libraries, or dynamic libraries, and can be used for prototyping on GPUs such as the NVIDIA Tesla® and NVIDIA Tegra®. You can use the generated CUDA within MATLAB to accelerate computationally intensive portions of your MATLAB code. GPU Coder lets you incorporate legacy CUDA code into your MATLAB algorithms and the generated code.

When used with Embedded Coder®, GPU Coder lets you verify the numerical behavior of the generated code via software-in-the-loop (SIL) testing.



**GPU Coder Capabilities**  
[Learn more](#)

Introducing Deep Learning with MATLAB  
[Download ebook](#)

## GPU Coder

» MATLAB academy Deep Learning Onramp

Deep Learning Onramp

**1. Introduction**  
Familiarize yourself with Deep Learning concepts and the course.  
[Deep Learning for Image Recognition](#)  
[Course Overview](#)

**2. Using Pretrained Networks**  
Perform classifications using a network already created and trained.  
[Course Example - Identify Objects in Some Images](#)  
[Making Predictions](#)  
[CNN Architecture](#)  
[Investigating Predictions](#)  
[Image Datastores](#)


**3. Performing Transfer Learning**  
Modify a pretrained network to classify images into specified classes.  
[What is Transfer Learning](#)  
[Components Needed for Transfer Learning](#)  
[Preparing Training Data](#)  
[Modifying Network Layers](#)  
[Setting Training Options](#)  
[Training the Network](#)  
[Evaluating Performance](#)  
[Transfer Learning Summary](#)

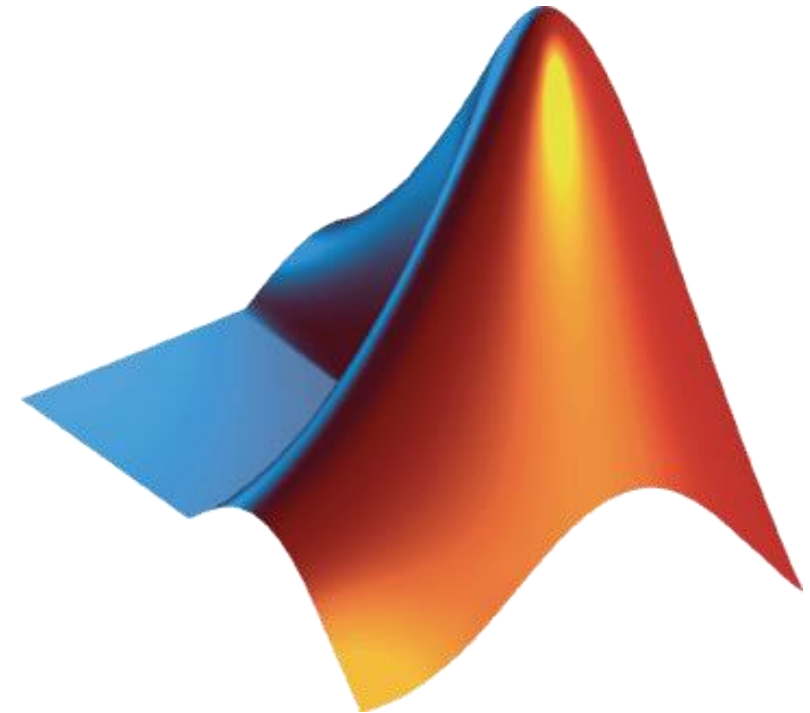
**4. Preprocessing Images**  
Adjust raw images to make them usable with a given network.  
[Preparing Images to Use as Input](#)  
[Adding Custom Import Functions to Image Datastores](#)  
[Augmenting Images in a Datastore](#)

**5. Conclusion**  
Learn next steps and give feedback on the course.

## matlabacademy.mathworks.com

# More Information

- Code can be found at:  
<https://goo.gl/XX3V6x>
- Website:  
[www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)
- **MATLAB with Fun** Blog:  
[matlabisrael.blogspot.com](http://matlabisrael.blogspot.com)
- **Linked in** Group:  
MATLAB & Simulink users in Israel 
- Seminars:  
<http://www.systematics.co.il/products/mathworks/events/>
- Courses:  
<http://www.systematics.co.il/courses/mathworks/>
- Webinars:  
[www.mathworks.com/events](http://www.mathworks.com/events)
- Support & Sales: 03-7660111



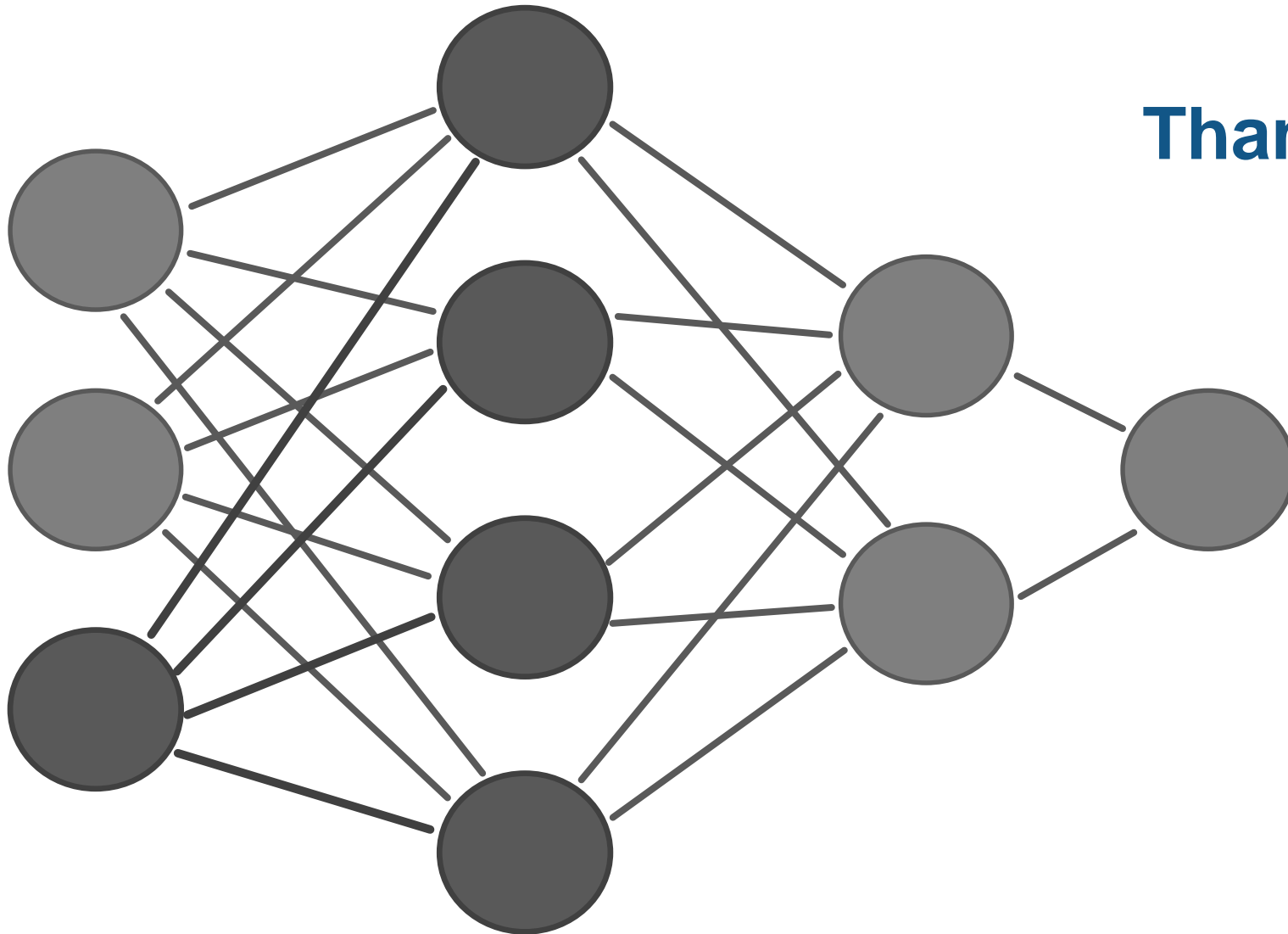
# MATLAB products for deep learning

## Required products

- Neural Network Toolbox
- Parallel Computing Toolbox
- Image Processing Toolbox
- Computer Vision System Toolbox

## Recommended products

- Statistics and Machine Learning Toolbox
- MATLAB Coder
- GPU Coder **R2017b**
- Automated Driving System Toolbox **R2017a**



**Thank You**