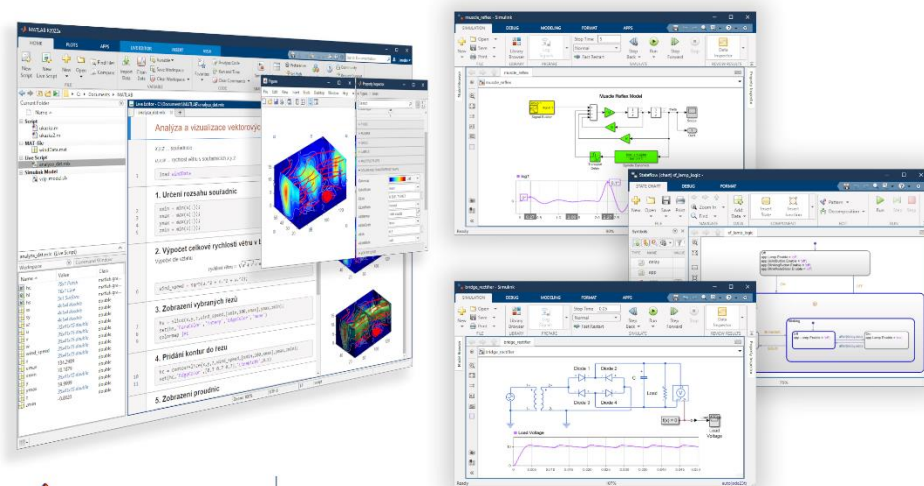


5.9.2024 Technical Computing Camp 2024

Interaktívna tvorba a správa experimentov



Michal Blaho

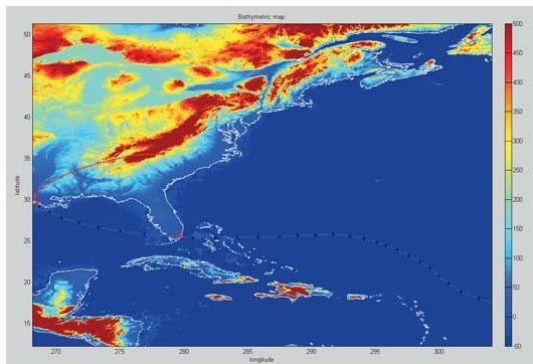
blaho@humusoft.sk

www.humusoft.cz

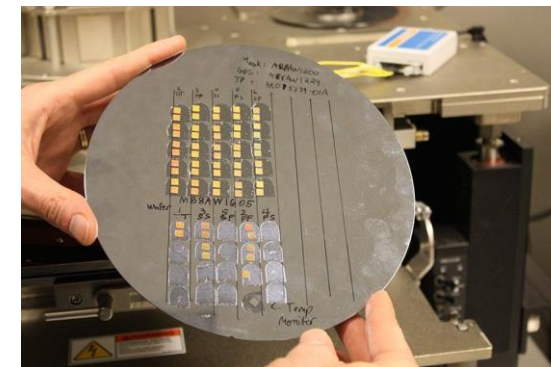
info@humusoft.cz

www.mathworks.com

Ladenie a testovanie parametrov



Swiss Re Calculates Potential Loss from Natural Disasters



Accelerating Development and Testing of High-Speed Optical Integrated Circuits at Fujitsu



Modeling and Simulating Next-Generation Wave Farm Technology

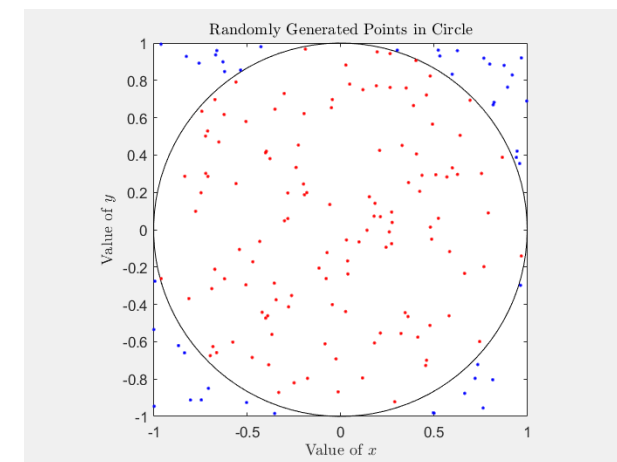


AI Knows When Drivers Are Getting Very Sleepy

<https://www.mathworks.com/company/customer-stories.html>

Ladenie a testovanie parametrov

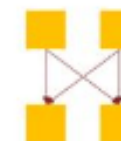
- Monte Carlo Simulácie
 - odpoveď modelu na náhodné vstupy
 - deterministický výpočet výstupu
 - agregácia výpočtov
- Parameter Sweep
 - opakované výpočty s rôznymi parametrami
 - rovnomerne rozložené hodnoty
- Optimalizácia
 - Bayesovská optimalizácia
 - minimalizácia účelovej funkcie
 - hľadanie nasledujúcich parametrov



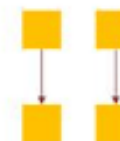
▪ Exhaustive

▪ Sequential

▪ Parameter 1



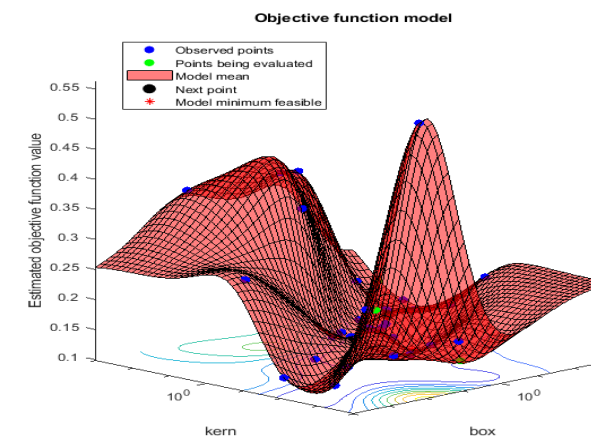
▪ Parameter 2



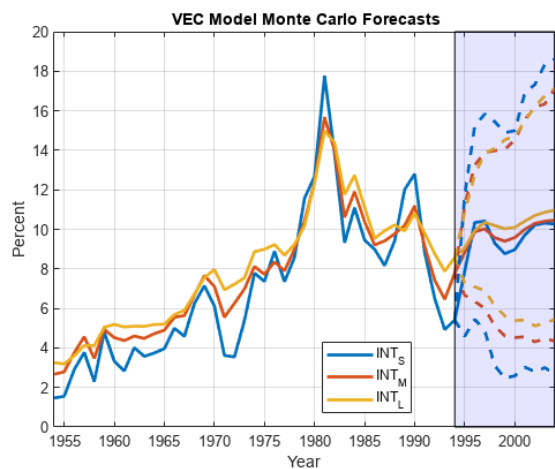
▪ # Simulations

4

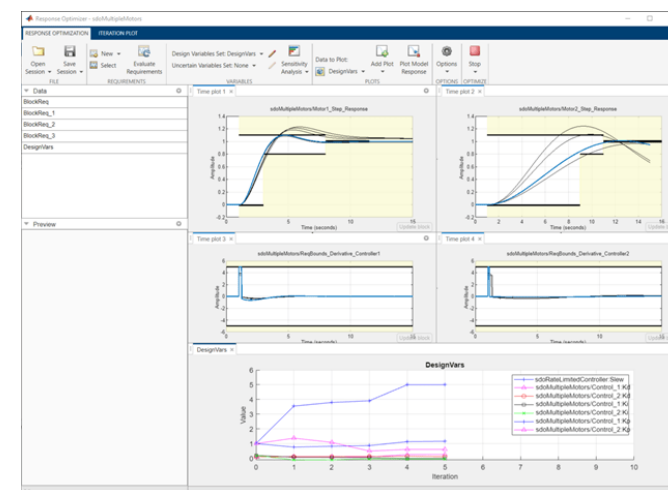
2



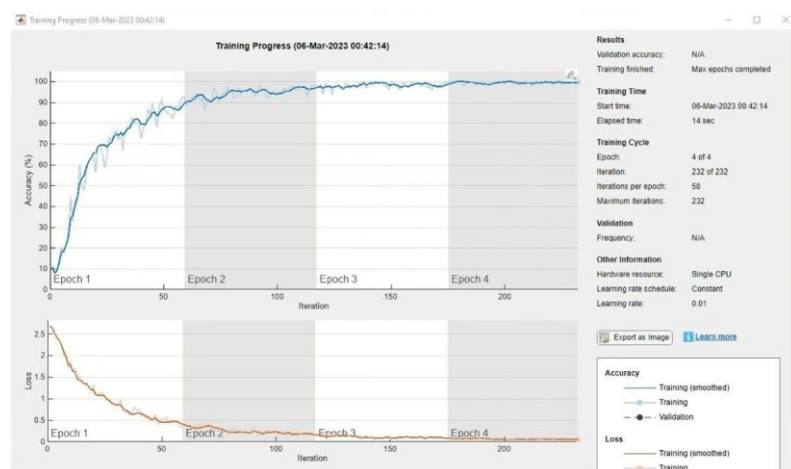
Ladenie a testovanie parametrov v prostredí MATLAB



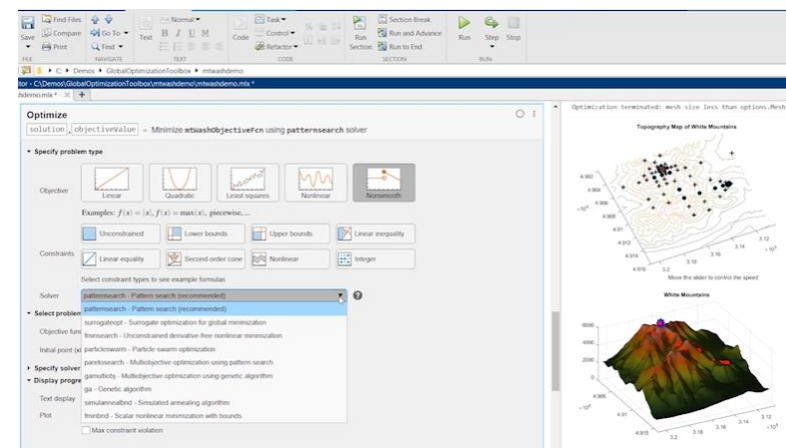
Finančné výpočty



Riadiace systémy

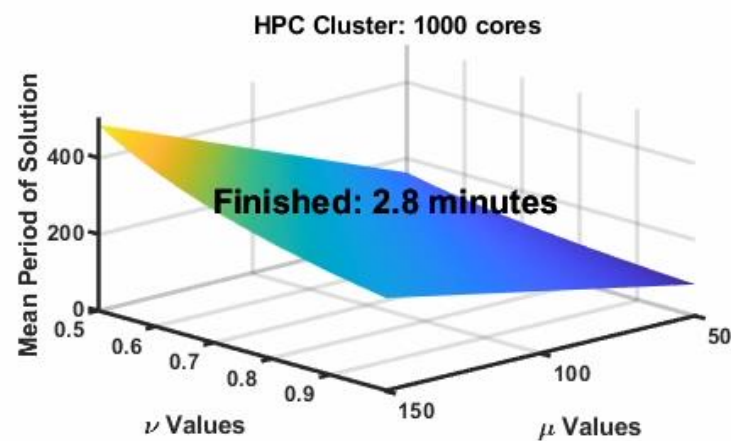
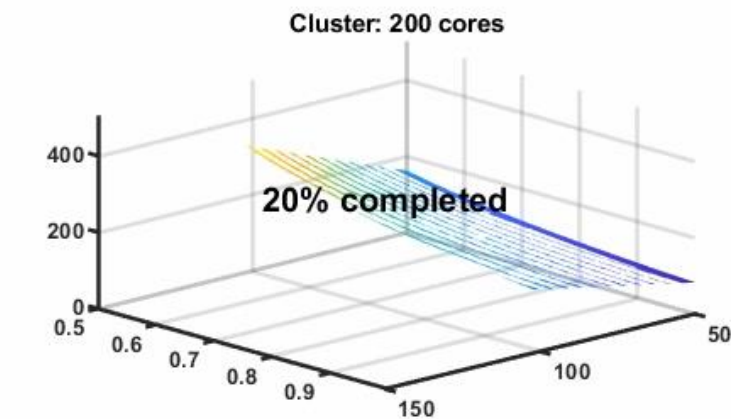
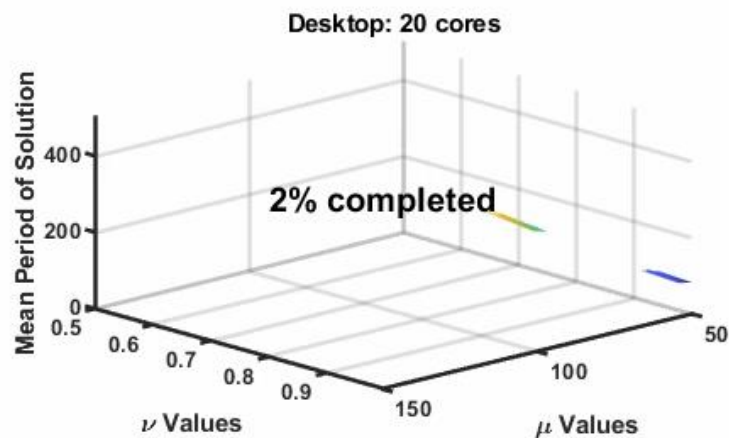


Umelá inteligencia



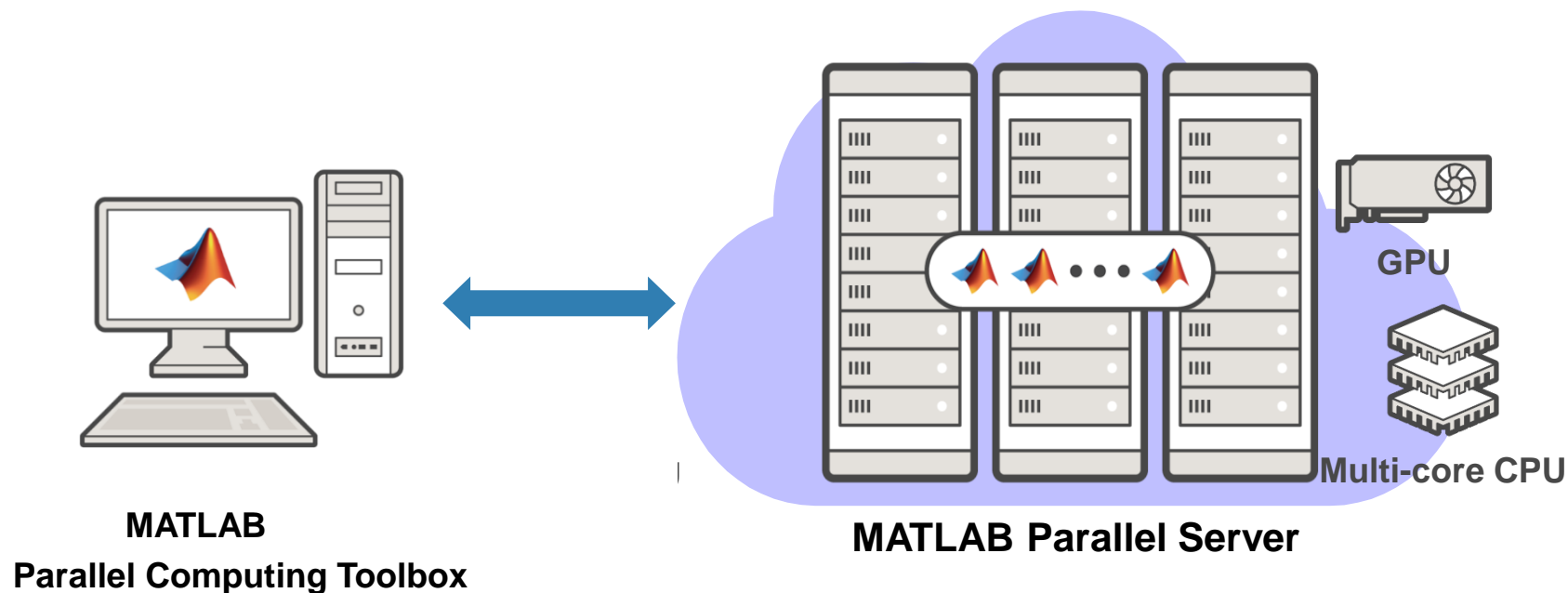
Optimalizácia

Parametrická štúdia

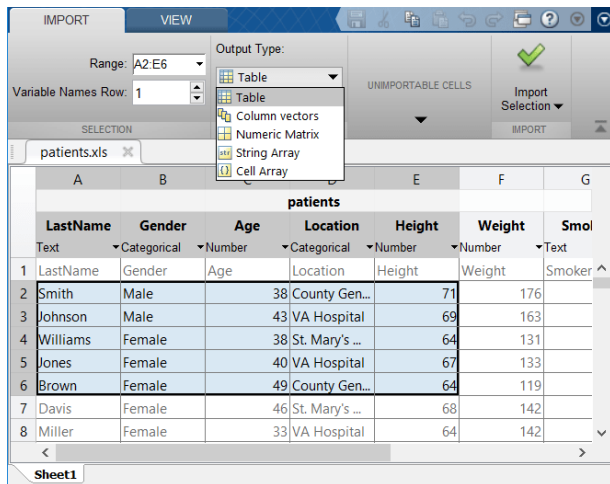


Paralelné výpočty na desktope, clusteroch a cloudoch

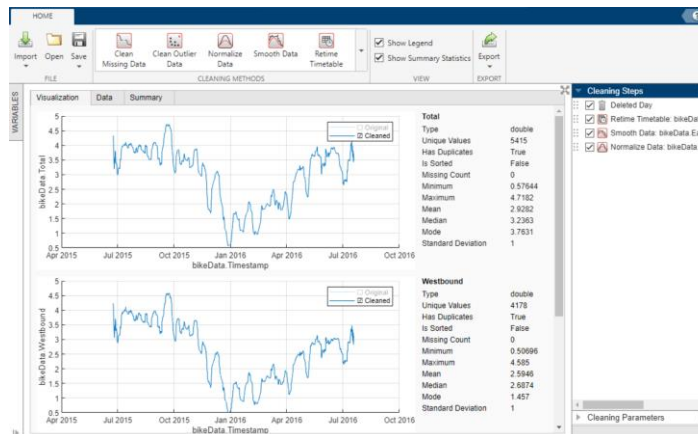
- Prototypovanie a vyvíjanie na desktope
- Integrácia do infraštruktúry
- Prístup priamo z prostredia MATLAB



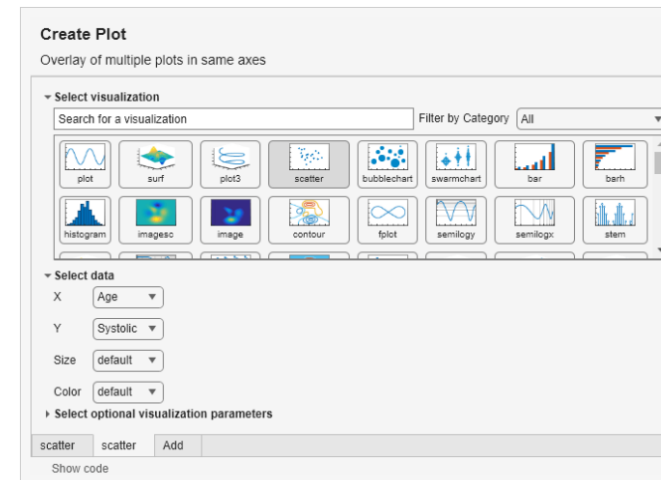
Efektívna práca v prostredí MATLAB – Low Code



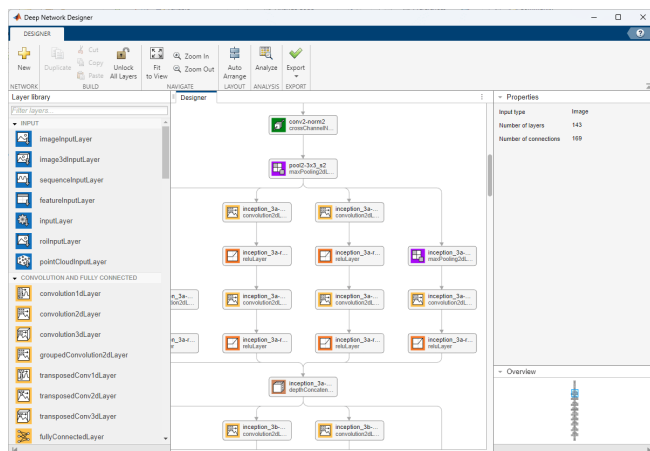
Načítanie dát



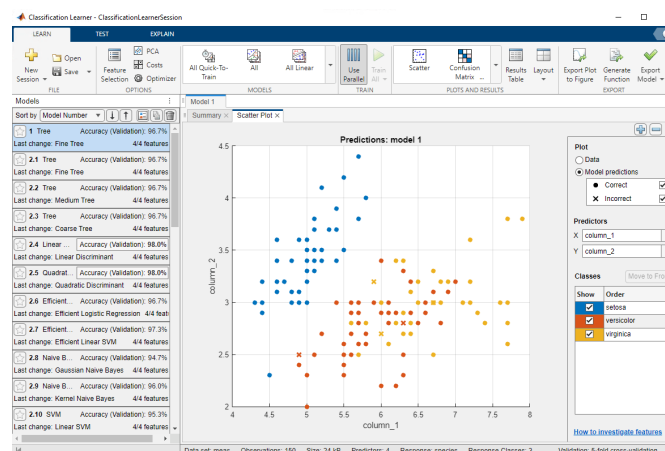
Spracovanie dát



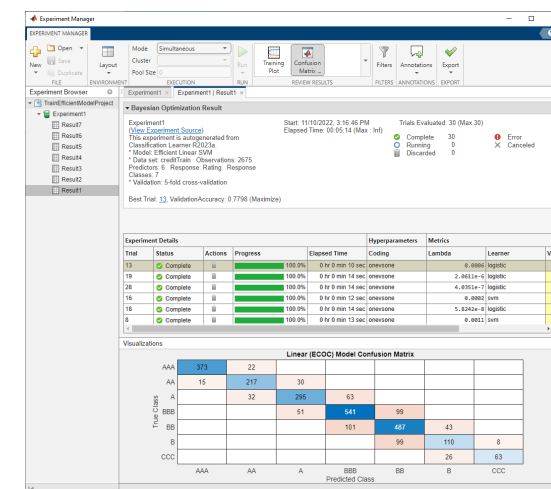
Zobrazovanie dát



Tvorba modelov



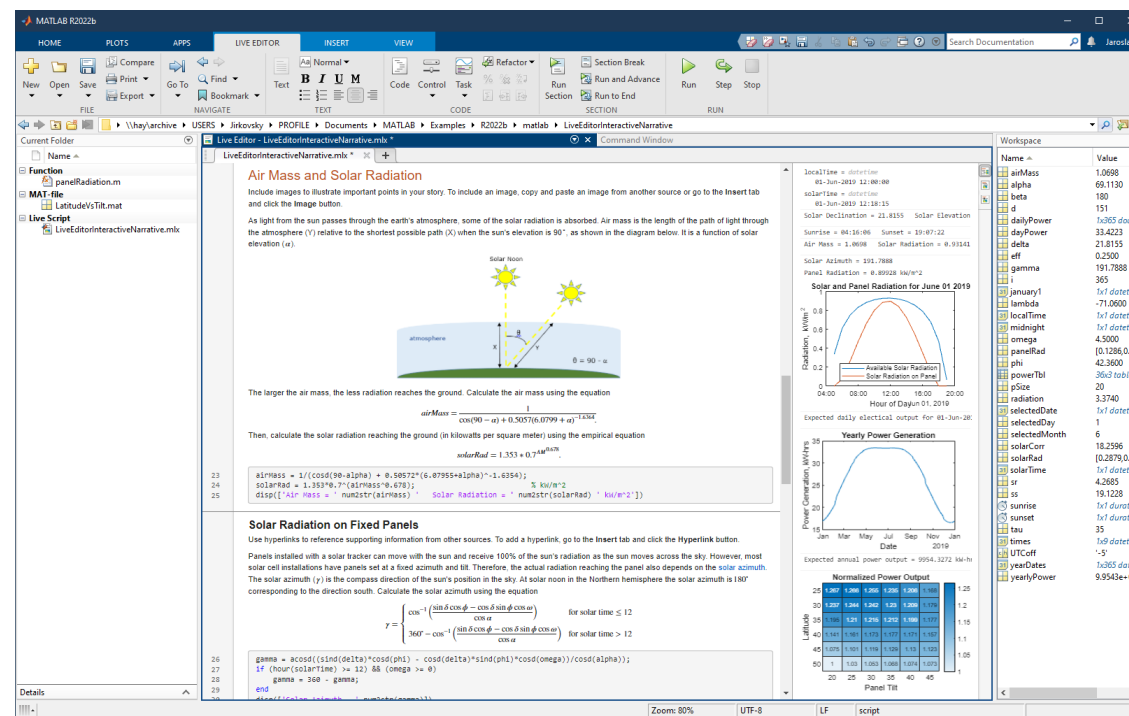
Testovanie modelov



Tvorba experimentov

Tvorba interaktívnych algoritmov

- MATLAB Live Editor
 - výpočty a výsledky, grafické výstupy
 - formátované texty, obrázky, rovnice
 - interaktívne ovládacie prvky
 - Live Editor Tasks
 - podpora symbolických výpočtov
- Publikovanie
 - PDF, Word, web
- Použitie
 - výučba, domáce úlohy
 - laboratórne protokoly



Specify the panel location.

Location:

Specify the panel size and efficiency.

Panel Size (m²):

Panel Efficiency:

Compute by Group

= Compute summary statistics for T grouped by Gender

▼ Select groups and data to compute on

Group by:

Compute on:

▼ Select computation for groups

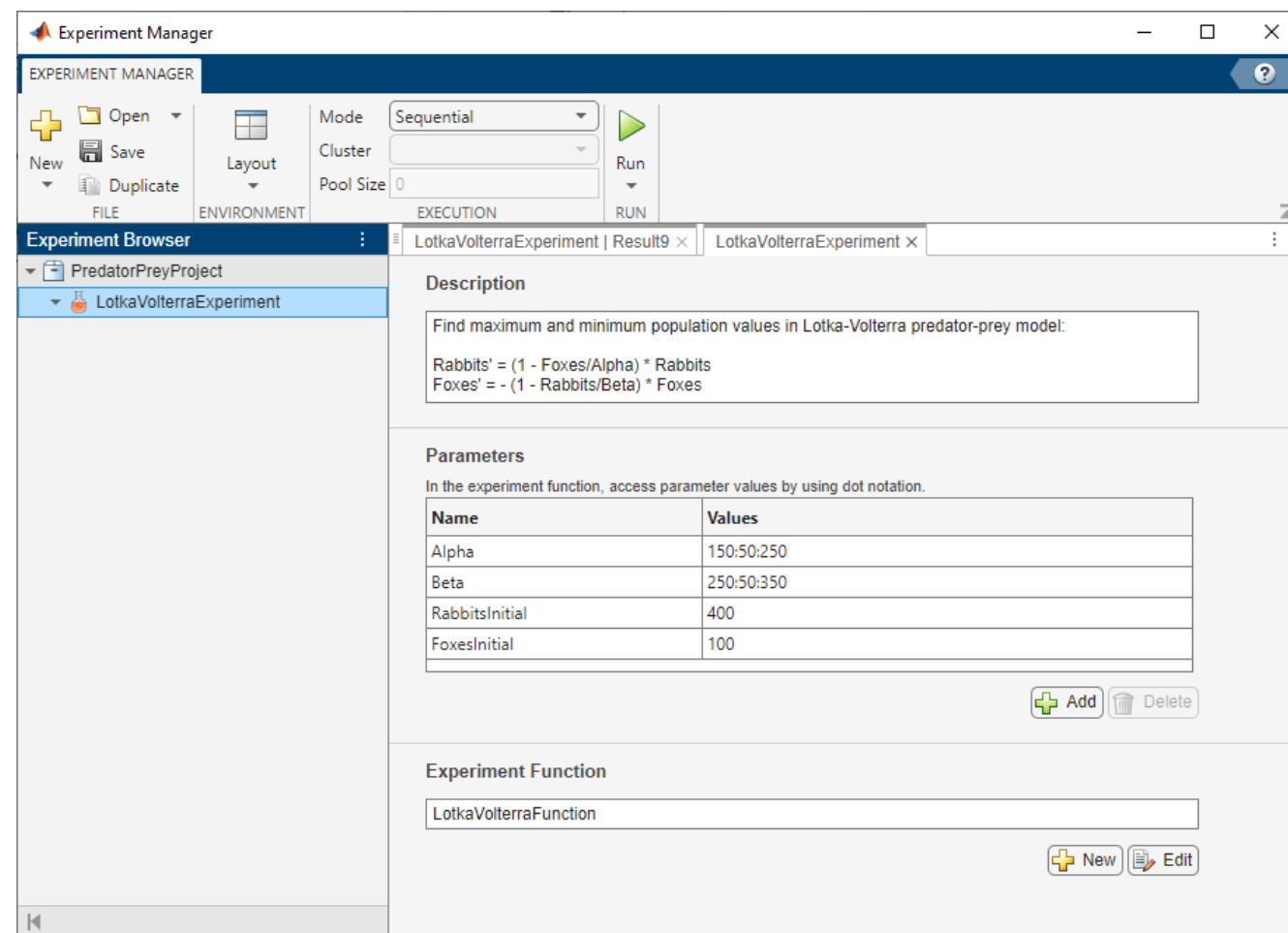
Compute stats by group
 Transform by group
 Filter by group

Computations per group:

► Display results

Tvorba experimentov v prostredí MATLAB

- Grafické používateľské rozhranie
 - APPS - MATLAB
 - Experiment Manager
 - General-purpose experiment
 - viaceré experimenty v projekte
- Definícia experimentu
 - funkcia experimentu
 - parametre pre funkciu
 - hodnoty, rozsahy parametrov
 - reťazce, ovplyvnenie behu
- Ďalšie možnosti
 - vizualizácia, filtre, anotácia



Ukážka: Model predátor-korist'

- Úloha

- Lotka-Volterra model
- vplyv parametrov na systém
- počiatočné veľkosti populácie
- interakcie medzi populáciami

$$\dot{R} = \left(1 - \frac{F}{\alpha}\right)R$$

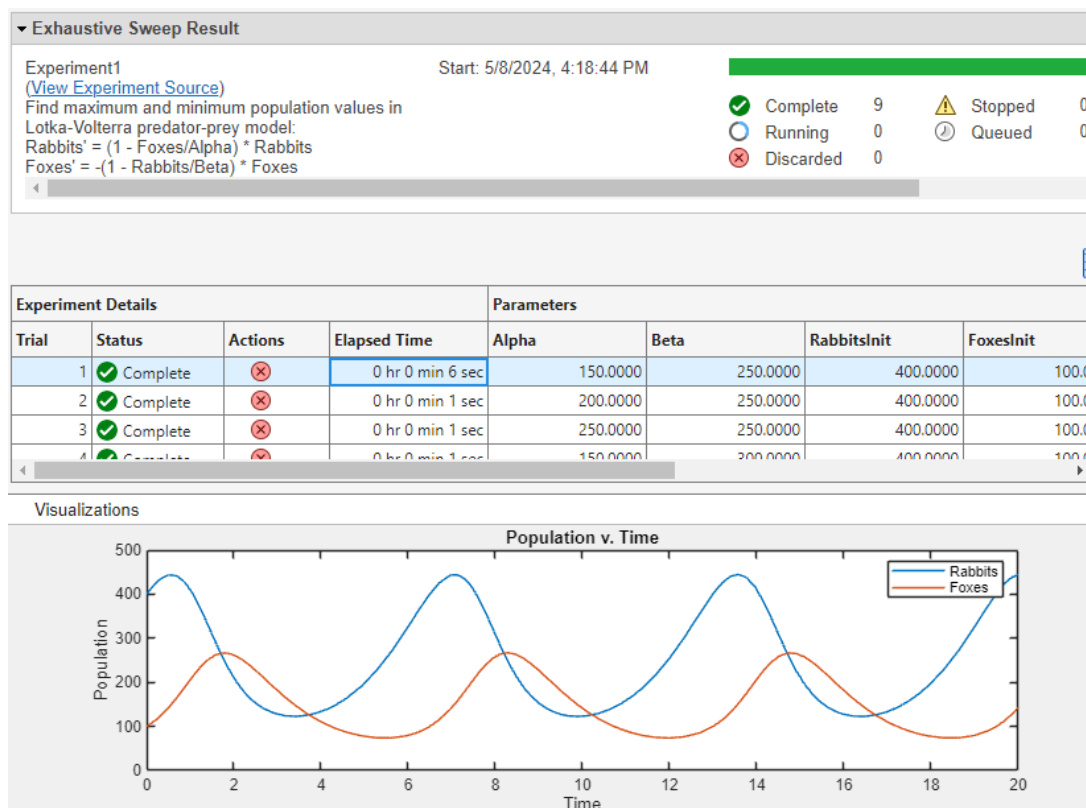
$$\dot{F} = -\left(1 - \frac{R}{\beta}\right)F$$



Fotka: [Duncan Monk](#)

- Riešenie

- overiť algoritmus v prostredí MATLAB
- vytvoriť experiment
- parametrizácia experimentu
- vyhodnotenie výsledkov



Umelá inteligencia v prostredí MATLAB

UMELÁ INTELIGENCIA (AI)

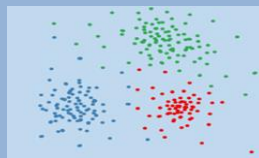
Ľubovoľná technika, ktorá umožňuje strojom napodobiť ľudskú inteligenciu



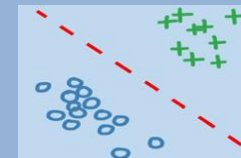
STROJOVÉ UČENIE (MACHINE LEARNING)

Štatistická metóda, ktorá umožňuje strojom “naučiť sa” zadanú úlohu na základe dát bez explicitnej tvorby programu

UNSUPERVISED LEARNING (neoznačené dáta)



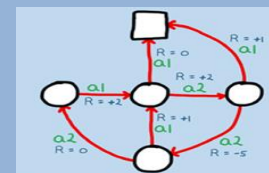
SUPERVISED LEARNING (označené dáta)



DEEP LEARNING (neurónové siete s viacerými vrstvami)

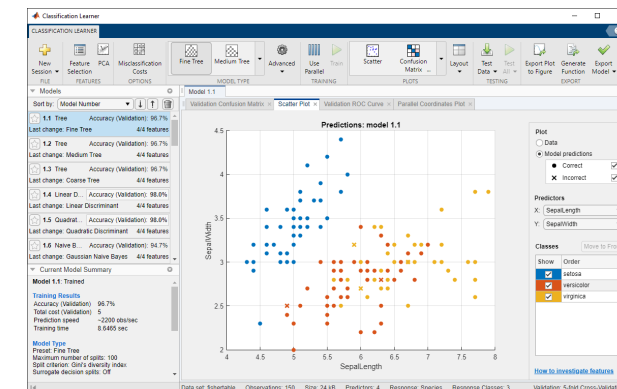


REINFORCEMENT LEARNING (dáta z interakcie)

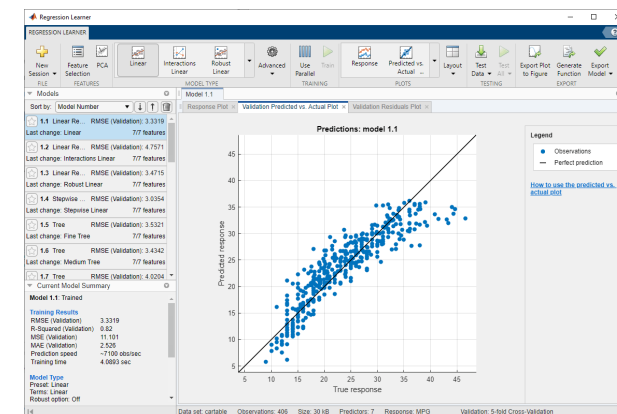


Statistics and Machine Learning Toolbox

- Redukcia dimenzionality a extrakcia príznakov
- Zhluková analýza
- Klasifikácia
 - SVM, rozhodovacie stromy, logistická regresia, NS, ...
 - zostavy jednoduchších modelov
- Regresia
 - lineárna regresia, postupná lineárna regresia, ...
 - Gaussovské procesy, SVM, NS, zostavy modelov, ...
- Ladenie hyperparametrov – Bayesovské optimalizácia
- Interaktívne grafické aplikácie, AutoML, funkcie (fit*)



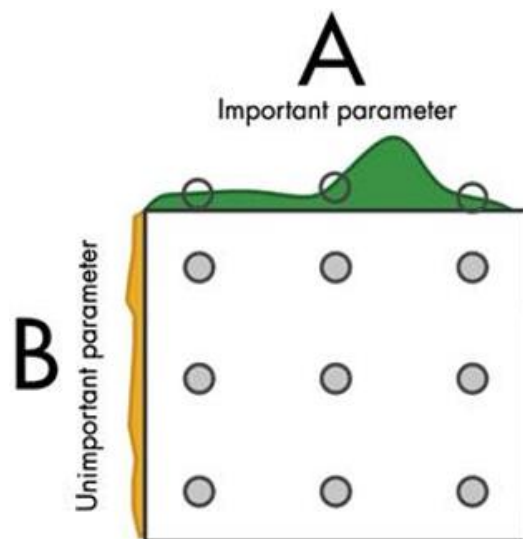
Classification Learner app



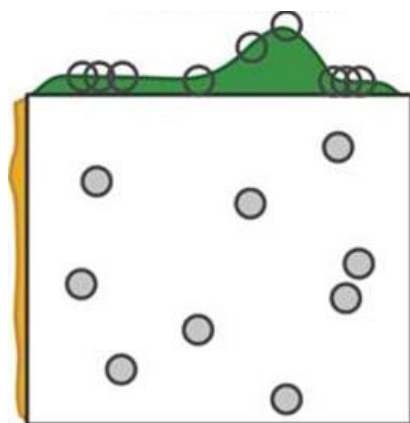
Regression Learner app

Optimalizácia hyperparametrov

Štandardne:
Grid



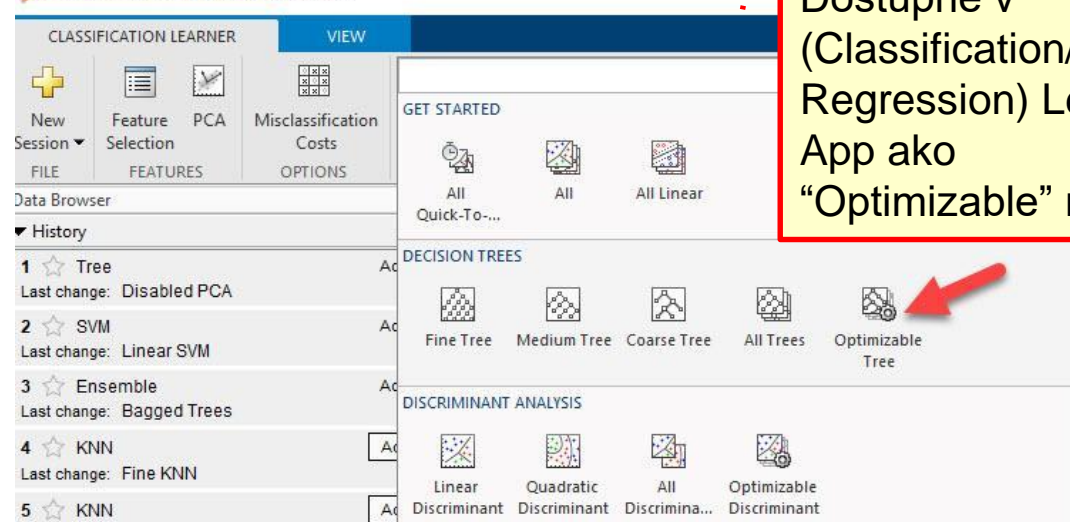
Lepšie:
Náhodne



Najlepšie: Bayesovská optimalizácia

- Bayesovský model naznačujú vplyv zmeny
- Model vyberie “dobrý” bod pre ďalšie riešenie
- Viac efektívne!
- Škálovateľné (pomocou PCT) pre rozsiahle dáta

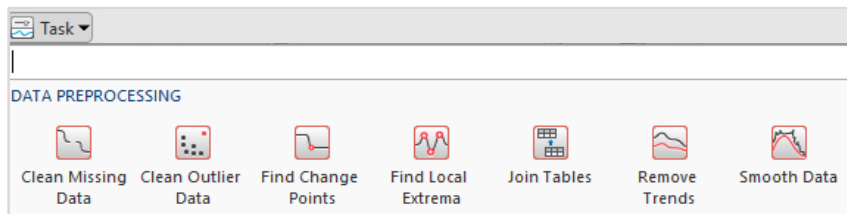
Classification Learner - Confusion Matrix



Dostupné v
(Classification/
Regression) Learner
App ako
“Optimizable” model

AutoML

Clean Messy Raw Data

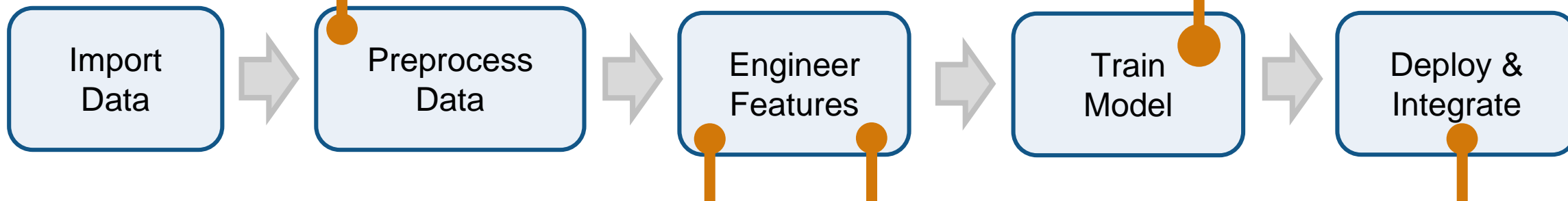


Model Selection

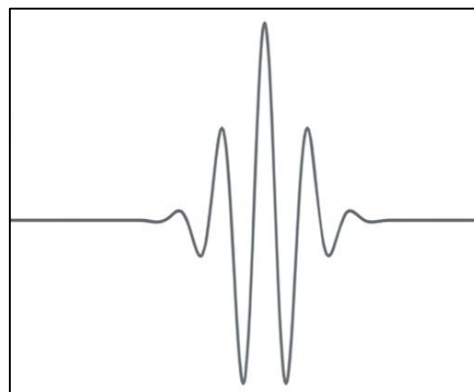
Hyperparameter Optimization

fitcauto / fitrauto

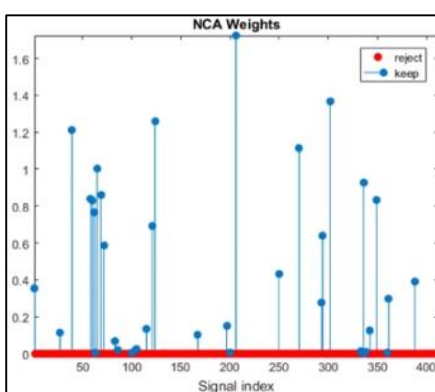
Decision Tree?
SVM?
KNN?
Ensemble?
...?



Wavelet Scattering



Feature Selection



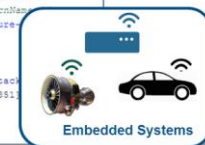
Automated Code Generation

MATLAB code

```
function label = classifyIonosphere(X) %codegen
%classifyIonosphere Classify Ionosphere based on pre-trained SVM model
mdl = loadLearnerForCoder('SVM/Ionosphere');
label = predict(mdl, X);
end
```

C code

```
... // Validity Definitions ...
static emlrsInfo emlrsSI = { 4, // lineNo //
"classifyIonosphere", // fileName
"C:\Users\joherrie\ Sandbox\temp\feature-
};
... // Function Definitions ...
void classifyIonosphere(classifyIonospherePack
const real_T X[11934], cell_wrap_0_label[351]
{
real_T co_Alpha[90];
real_T expl_temp[34];
}
```

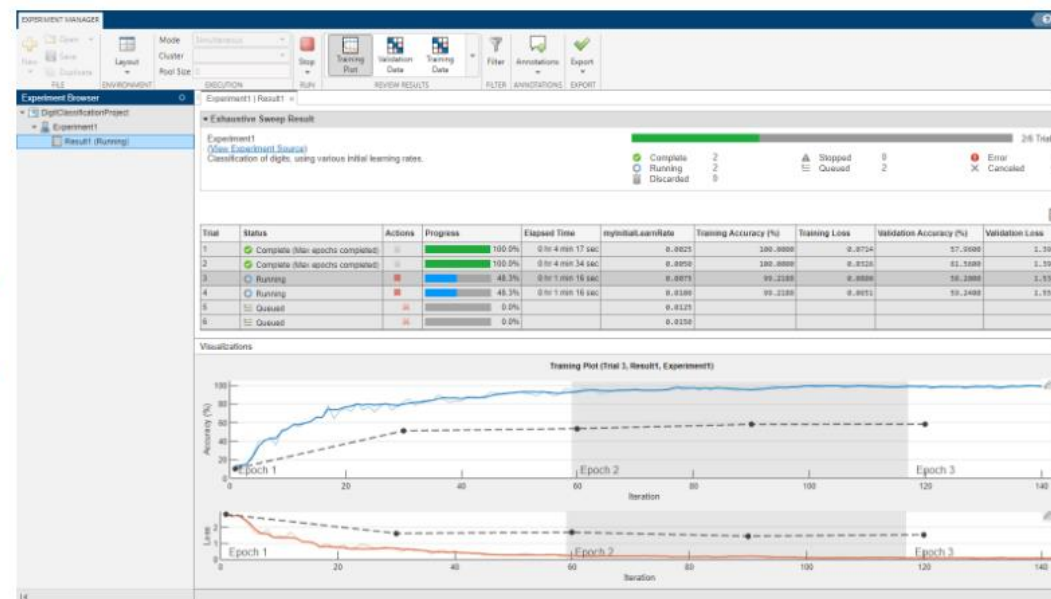


Export modelov a tvorba experimentov

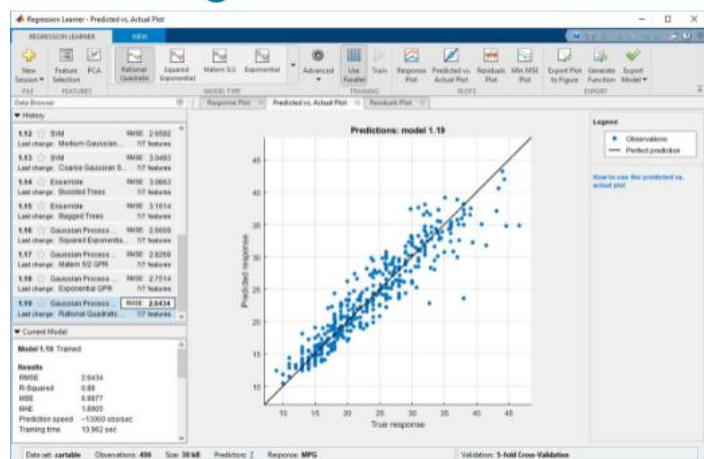
Classification Learner



Experiment Manager



Regression Learner



Ukážka: Export klasifikačného modelu do experimentu

- Úloha

- analyzovať Fisher's Iris data set
- vytvoriť klasifikačný model
- experimentom testovať parameter



- Riešenie

- načítanie a vizualizácia dát
- vytvorenie klasifikačného modelu
- vytvoriť experiment
- parametrizácia experimentu
- vyhodnotenie výsledkov

Experiment Details					Hyperparameters	Metrics	
Trial	Status	Actions	Progress	Elapsed Time	MinLeafSize	ValidationAcc...	ValidationTota...
7	Complete	⊗	100.0%	0 hr 0 min 2 sec	3.0000	0.9333	8.0000
8	Complete	⊗	100.0%	0 hr 0 min 3 sec	3.0000	0.9333	8.0000
9	Complete	⊗	100.0%	0 hr 0 min 3 sec	3.0000	0.9333	8.0000
10	Complete	⊗	100.0%	0 hr 0 min 2 sec	3.0000	0.9333	8.0000
3	Complete	⊗	100.0%	0 hr 0 min 3 sec	1.0000	0.9250	9.0000
5	Complete	⊗	100.0%	0 hr 0 min 3 sec	2.0000	0.9250	9.0000
1	Complete	⊗	100.0%	0 hr 0 min 5 sec	4.0000	0.9167	10.0000

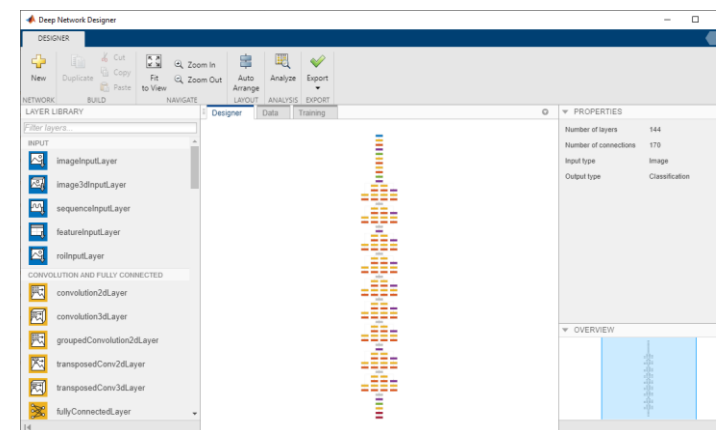
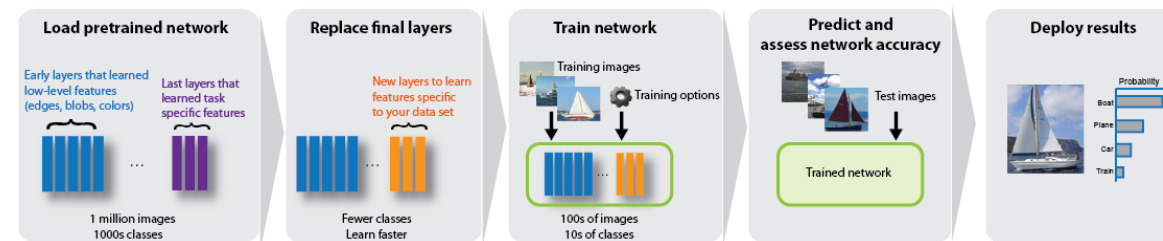
Visualizations

		Tree Model Confusion Matrix		
		setosa	versicolor	virginica
True Class	setosa	40		
	versicolor		34	6
	virginica		2	38
		setosa	versicolor	virginica

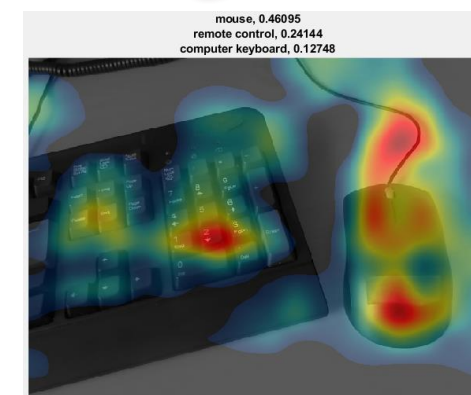
Deep Learning Toolbox

- Tvorba, učenie a volanie neurónových sietí pre rôzne aplikácie
- Využitie preddefinovaných a predučených sietí
- Grafická tvorba sietí pre rýchlejší návrh
- Vysvetlenie a vizualizácia fungovania siete
- Nájdenie optimálnej siete pomocou experimentov

Reuse Pretrained Network



Improve network

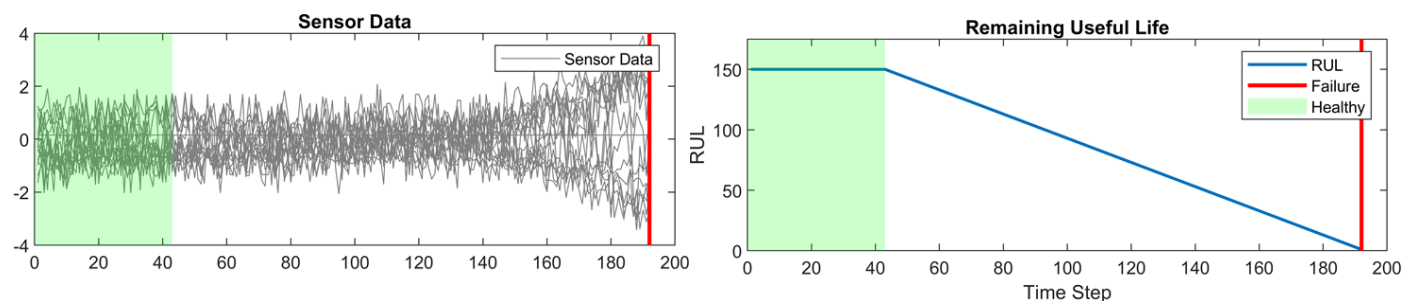


Trial	Status	Progress	Elapsed Time	myInitialLearn...	convFilterSize	Training Accu...	Training Loss	Validation Ac...
1	Complete	100.0%	0 hr 0 min 16 sec	1.0000e-4	3.0000	12.5000	2.6441	10.0000
2	Complete	100.0%	0 hr 0 min 15 sec	1.0000e-5	3.0000	25.7813	2.1228	20.0000
3	Complete	100.0%	0 hr 0 min 14 sec	0.0001	3.0000	64.8438	1.0878	42.0000
4	Complete	100.0%	0 hr 0 min 16 sec	0.0005	3.0000	90.6250	0.4648	49.0000
5	Complete	100.0%	0 hr 0 min 15 sec	1.0000e-6	4.0000	11.7188	2.4967	6.0000
6	Complete	100.0%	0 hr 0 min 15 sec	1.0000e-5	4.0000	23.4375	2.1213	14.0000
7	Complete	100.0%	0 hr 0 min 17 sec	0.0001	4.0000	72.6563	1.0283	39.0000
8	Running	41.0%	0 hr 0 min 6 sec	0.0005	4.0000			
9	Queued	0.0%		1.0000e-6	5.0000			
10	Queued	0.0%		1.0000e-5	5.0000			
11	Queued	0.0%		0.0001	5.0000			
12	Queued	0.0%		0.0005	5.0000			
13	Queued	0.0%		1.0000e-6	6.0000			
14	Queued	0.0%		1.0000e-5	6.0000			
15	Queued	0.0%		0.0001	6.0000			
16	Queued	0.0%		0.0005	6.0000			

Ukážka: Hľadanie parametrov LSTM siete

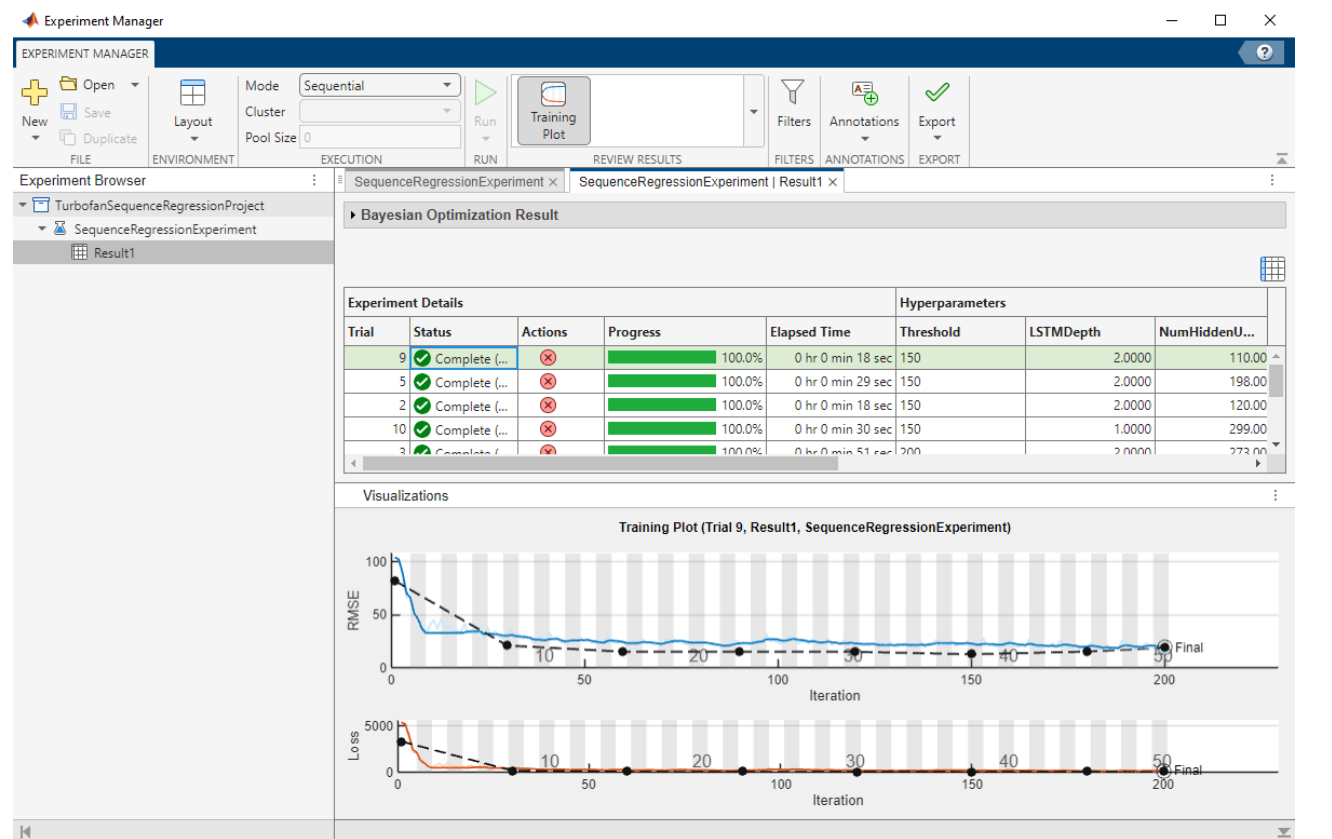
- Úloha

- predikovať RUL motora
- vytvoriť Deep learning model
- naladiť parametre modelu



- Riešenie

- načítanie a vizualizácia dát
- návrh LSTM siete
- vytvoriť experiment
- parametrizácia experimentu
- vyhodnotenie výsledkov

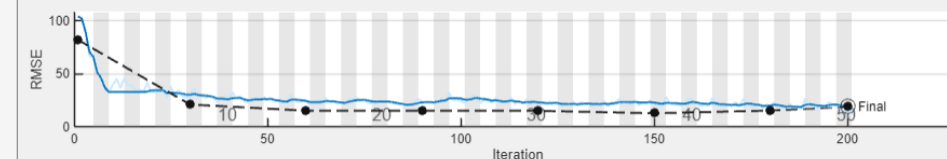
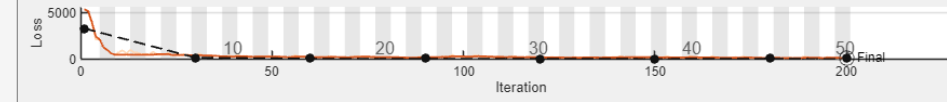


Bayesian Optimization Result

Experiment Details					Hyperparameters		
Trial	Status	Actions	Progress	Elapsed Time	Threshold	LSTMDepth	NumHiddenU...
9	Complete (...)	⊗	100.0%	0 hr 0 min 18 sec	150	2.0000	110.00
5	Complete (...)	⊗	100.0%	0 hr 0 min 29 sec	150	2.0000	198.00
2	Complete (...)	⊗	100.0%	0 hr 0 min 18 sec	150	2.0000	120.00
10	Complete (...)	⊗	100.0%	0 hr 0 min 30 sec	150	1.0000	299.00
3	Complete (...)	⊗	100.0%	0 hr 0 min 51 sec	200	2.0000	272.00

Visualizations

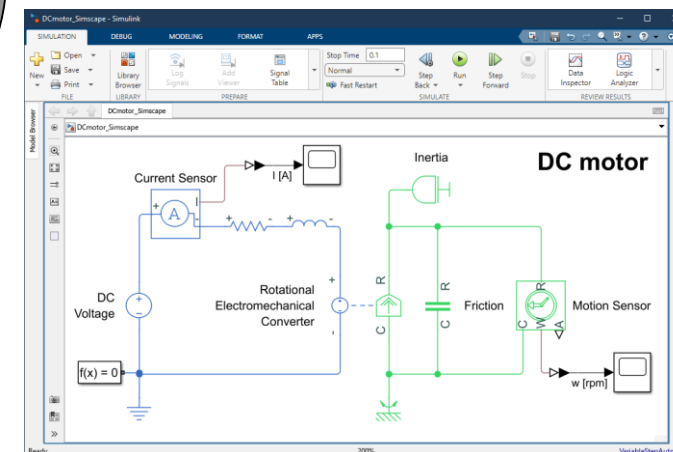
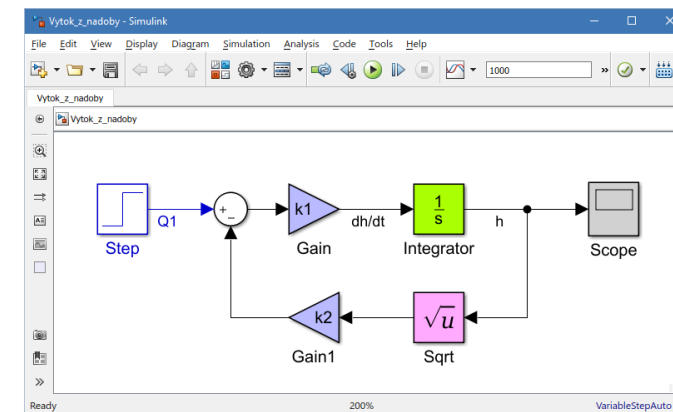
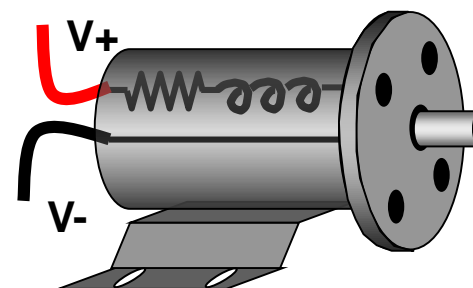
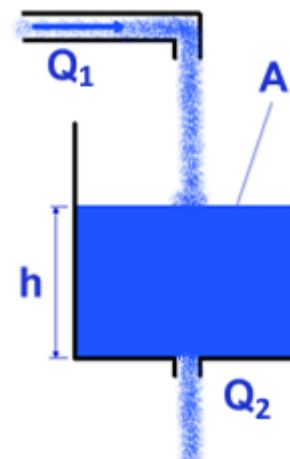
Training Plot (Trial 9, Result1, SequenceRegressionExperiment)

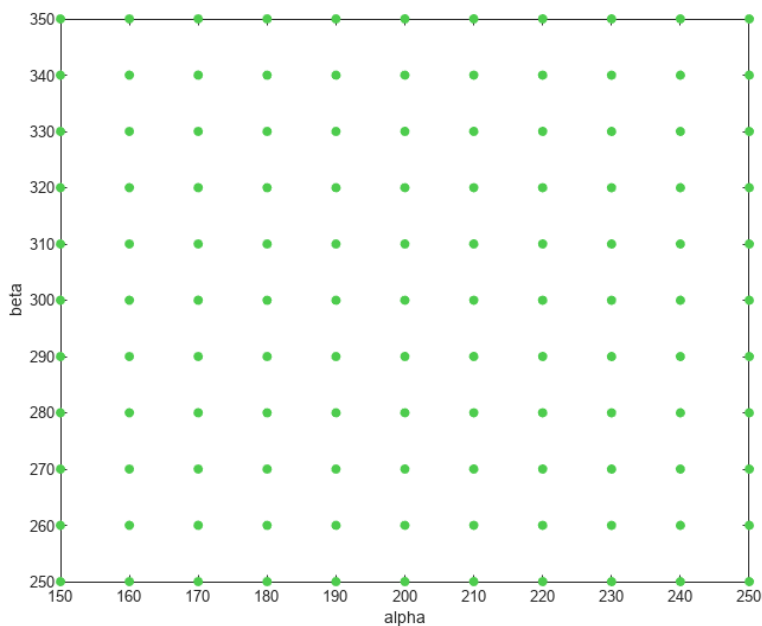
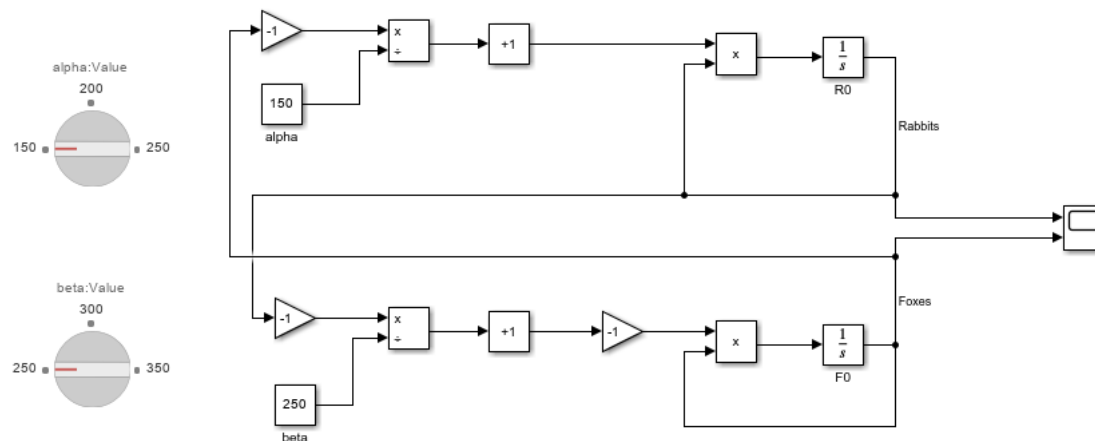
Modelovanie dynamických systémov

- Matematické modelovanie systémov
 - popis matematickými rovnicami
- Blokové schémy
- Knižnice blokov
 - spojité aj diskrétne systémy
 - matematické funkcie
 - vstupné signály, grafické výstupy
- Fyzikálne modelovanie (Simscape)
 - bloky reprezentujúce reálne prvky
 - skladanie na základe fyzickej štruktúry
 - modelovanie bez zápisu matematických rovníc


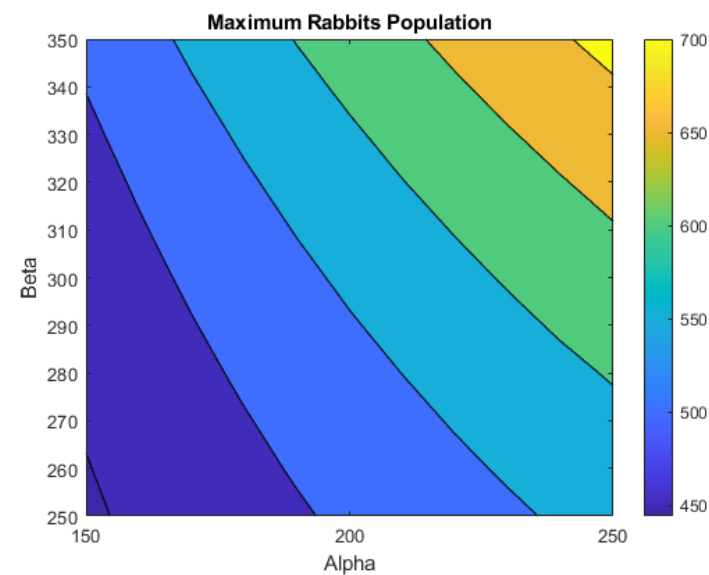
$$\frac{dh}{dt} = k_1(Q_1 - k_2\sqrt{h})$$



Testovanie parametrov v prostredí Simulink



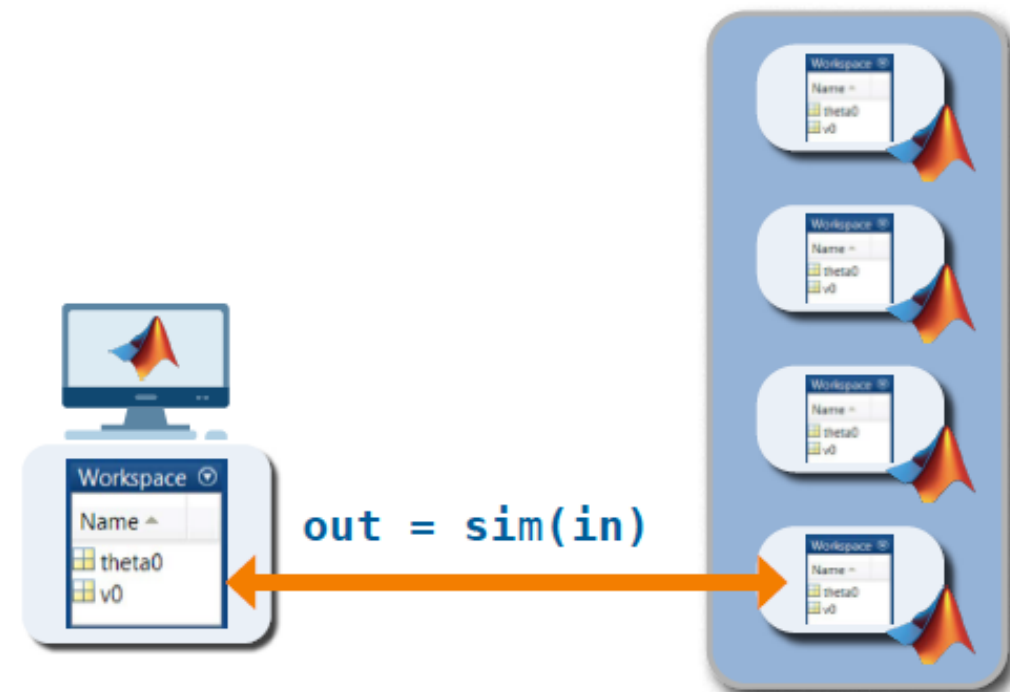
121 Simulácií

Automatizované spúšťanie simulácií

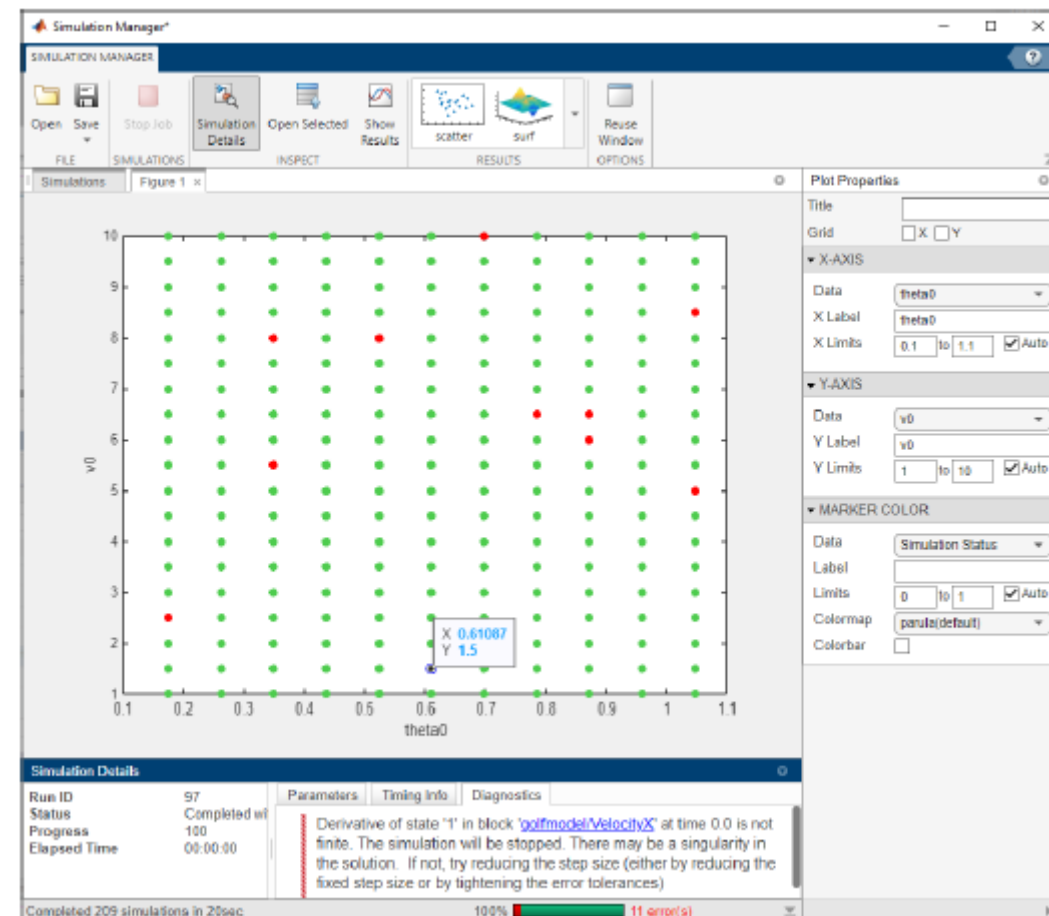
- Jednotlivé alebo viaceré simulácie
 - príkaz `sim`
 - `out = sim(in, Name1, Value1, ..., NameN, ValueN);`
- Objekty simulácie
 - `Simulink.SimulationInput`
 - `Simulink.SimulationOutput`
- Zmeny parametrov


```
in(1:numSims) = Simulink.SimulationInput(model);
for idx = 1:numSims
    in(idx) = in(idx).setVariable(Var, values(idx));
    in(idx) = in(idx).setModelParameter(Name, Value);
end
```



Nastavenia simulácie

- Kompilácia simulácie
 - Fast Restart – default "off"
 - kompiluje sa iba 1x
 - out = sim(in, "UseFastRestart","on")
- Priebeh simulácie
 - ShowProgress – default "on"
 - vypisovanie môže spomaľovať
- Simulation Manager
 - ShowSimulationManager – default "off"
 - interaktívne monitorovanie a vyhodnocovanie
 - out = sim(in, "ShowSimulationManager","on")



Interaktívne spúšťanie viacerých simulácií

- Grafické používateľské rozhranie

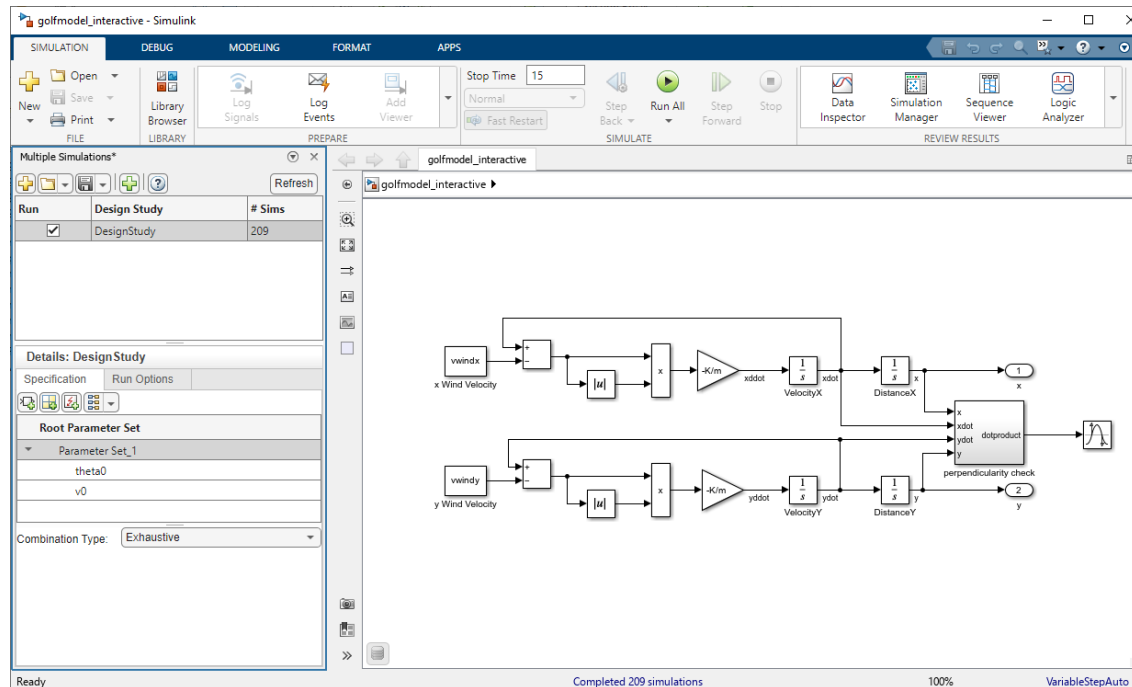
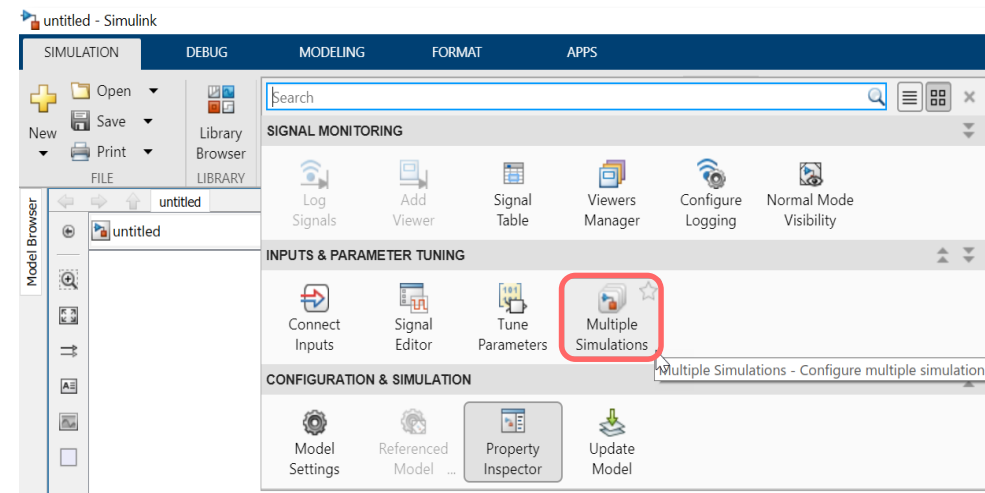
- SIMULATION - PREPARE
- Multiple Simulations
- vytvorenie návrhových štúdií

- Parametrizácia

- parametre blokov
- premenné simulácie
- parametrizácia porúch

- Integrácia

- s nástrojom Simulation Manager
- s paralelnými výpočtami



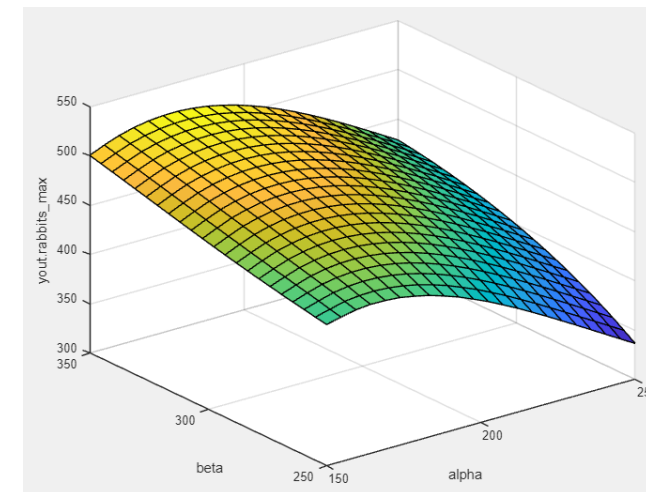
Ukážka: Spúšťanie viacerých simulácií zo Simulinku

• Úloha

- vytvoriť model – Lotka-Volterra
- testovať parametre
- vyhodnotiť výsledky

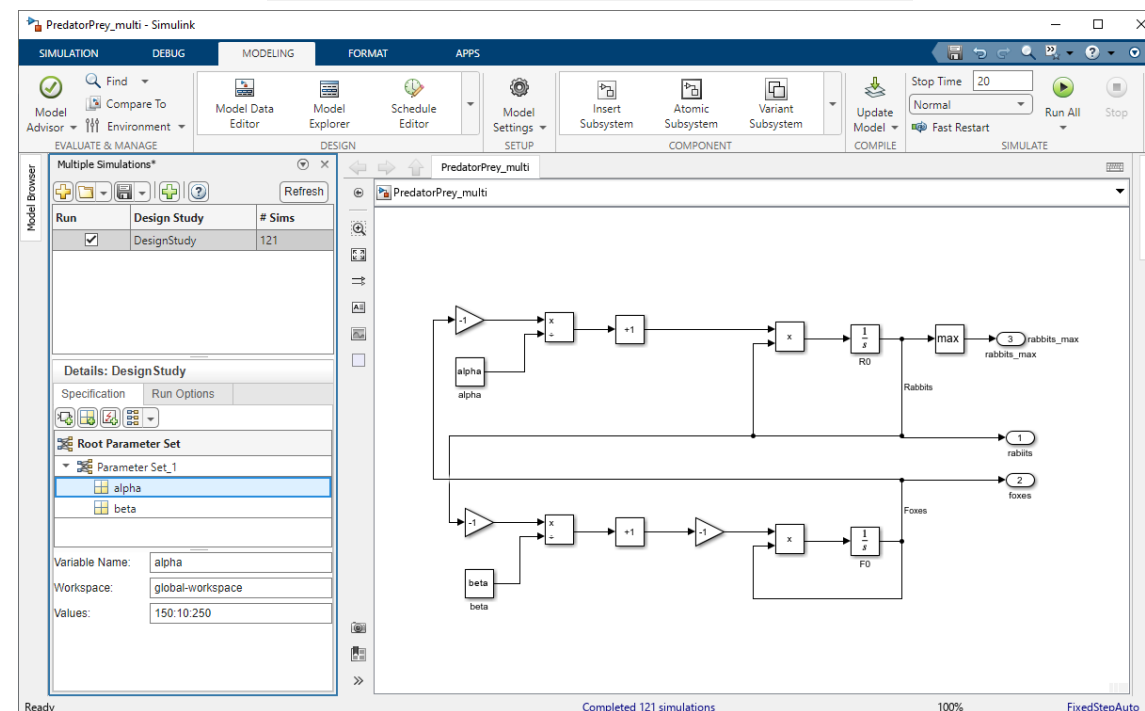
$$\dot{R} = \left(1 - \frac{F}{\alpha}\right) R$$

$$\dot{F} = -\left(1 - \frac{R}{\beta}\right) F$$



• Riešenie

- zostrojenie modelu pomocou rovníc
- overenie správnosti simulácie
- využitie panelu Multiple Simulations
- zobrazenie priebehu simulácie
- vyhodnotenie výsledkov



Ďakujem za pozornosť