

# Učenie sa peripersonálneho priestoru humanoidného robota

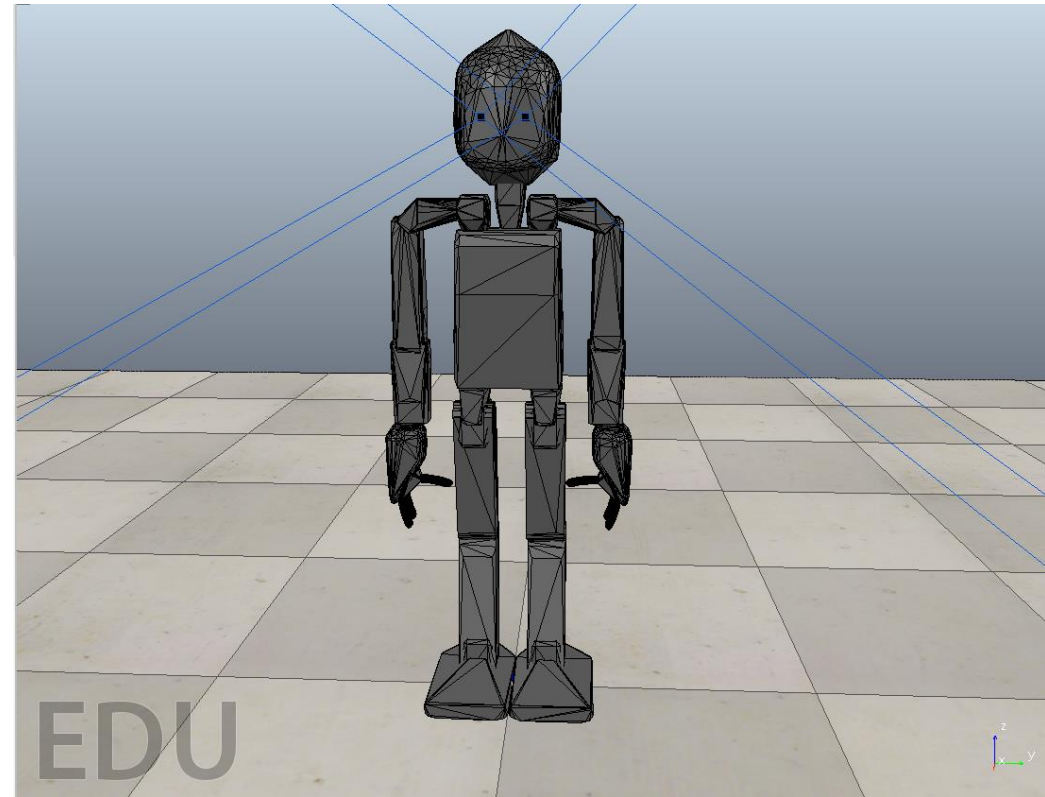
---

Bakalárska práca, Informatika, 2023  
Karolína Pisoňová  
Vedúci: prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.

# Motivácia

---

- Bezpečnosť interakcie robotov s okolím a ľuďmi
- Dôležitosť spracovania informácií z peripersonálneho priestoru
  - Priestor bezprostredne obklopujúci telo ľudí alebo robotov
- Humanoidný robot
  - Podobný ľuďom stavbou tela aj svojimi funkciami
  - Robot NICO - práca v simulátore



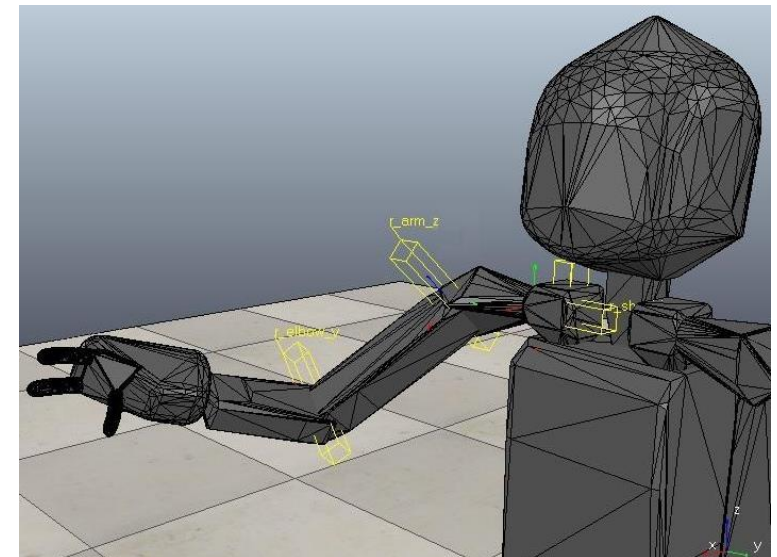
# Cieľ práce

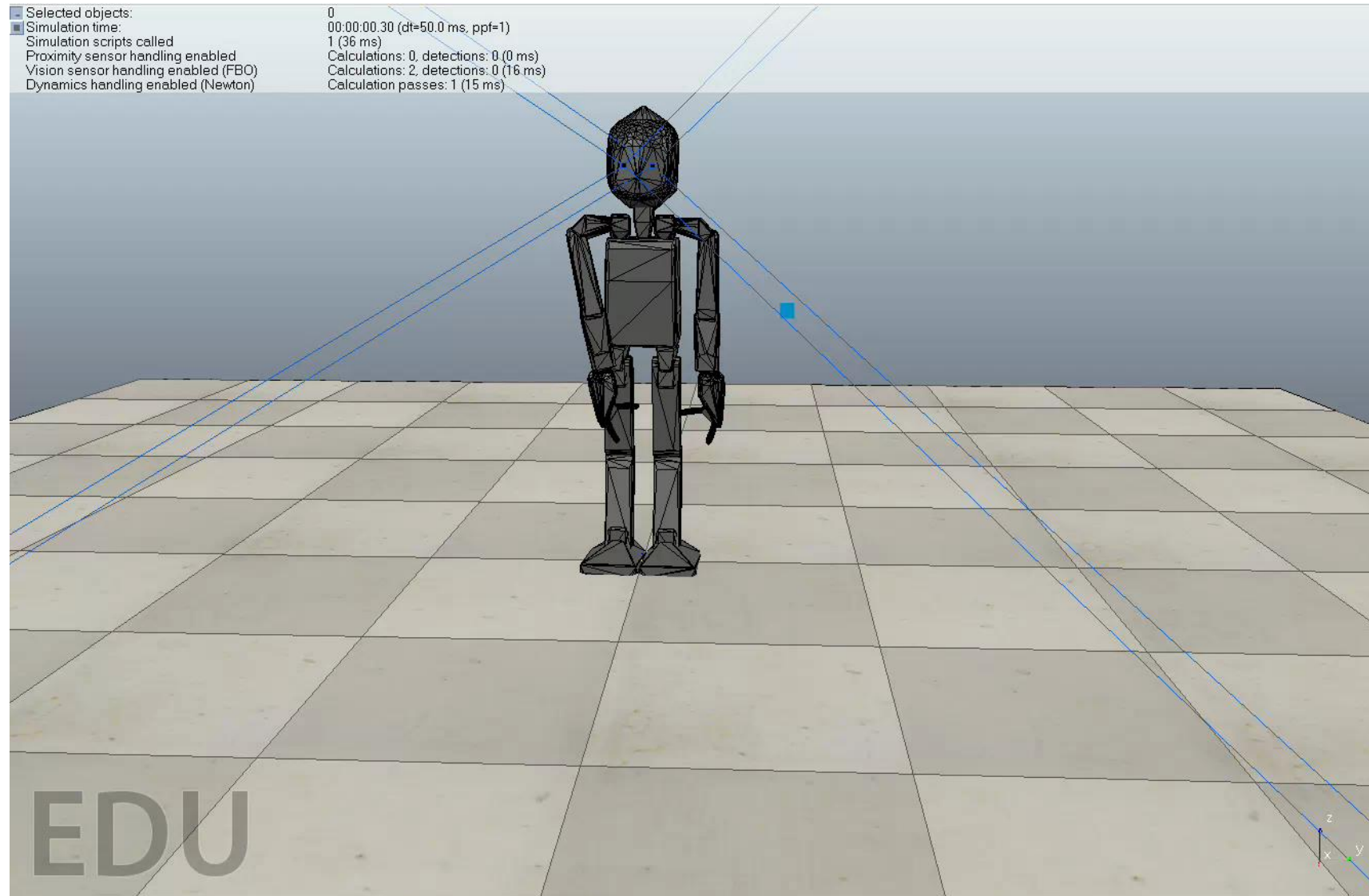
---

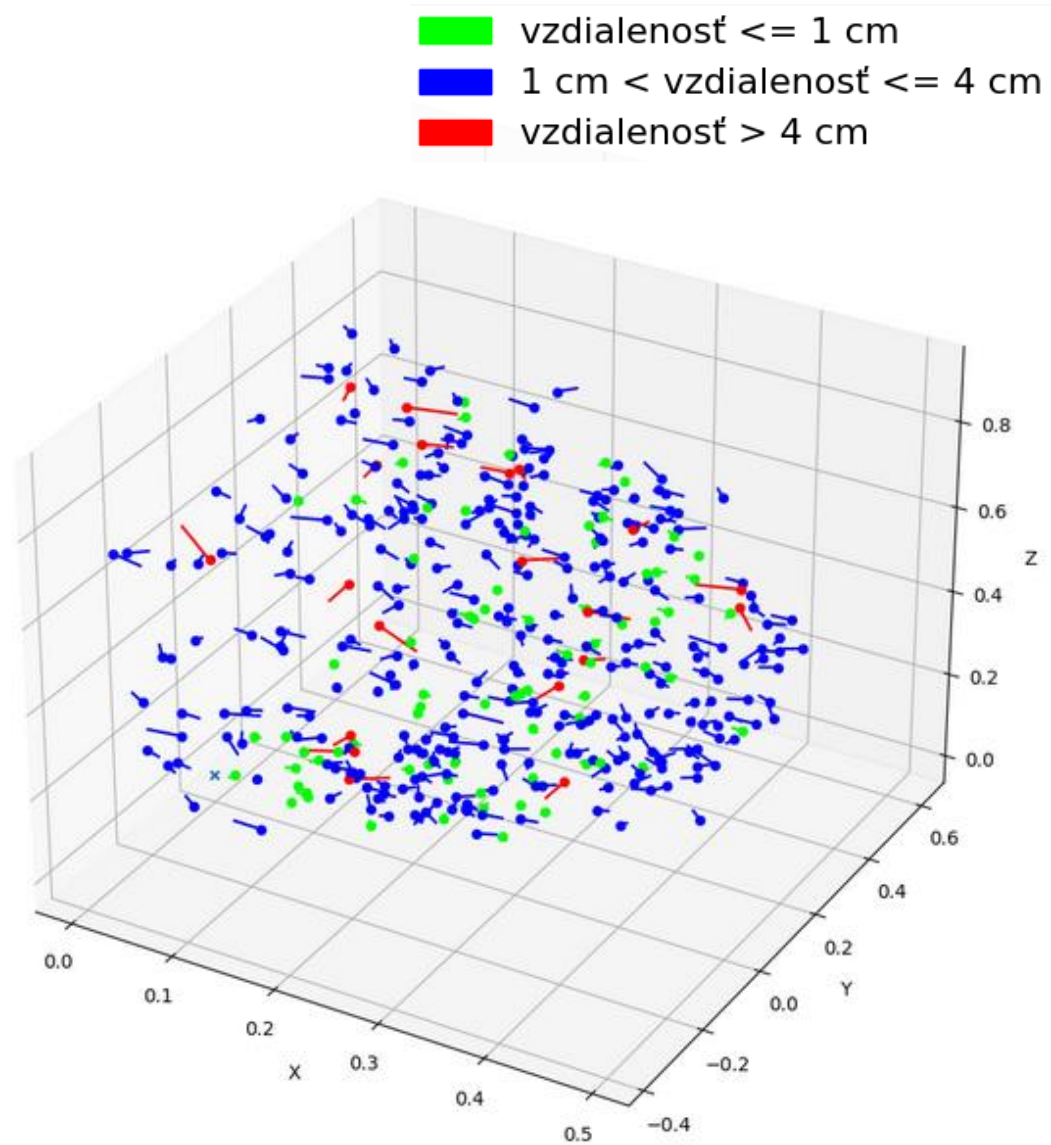
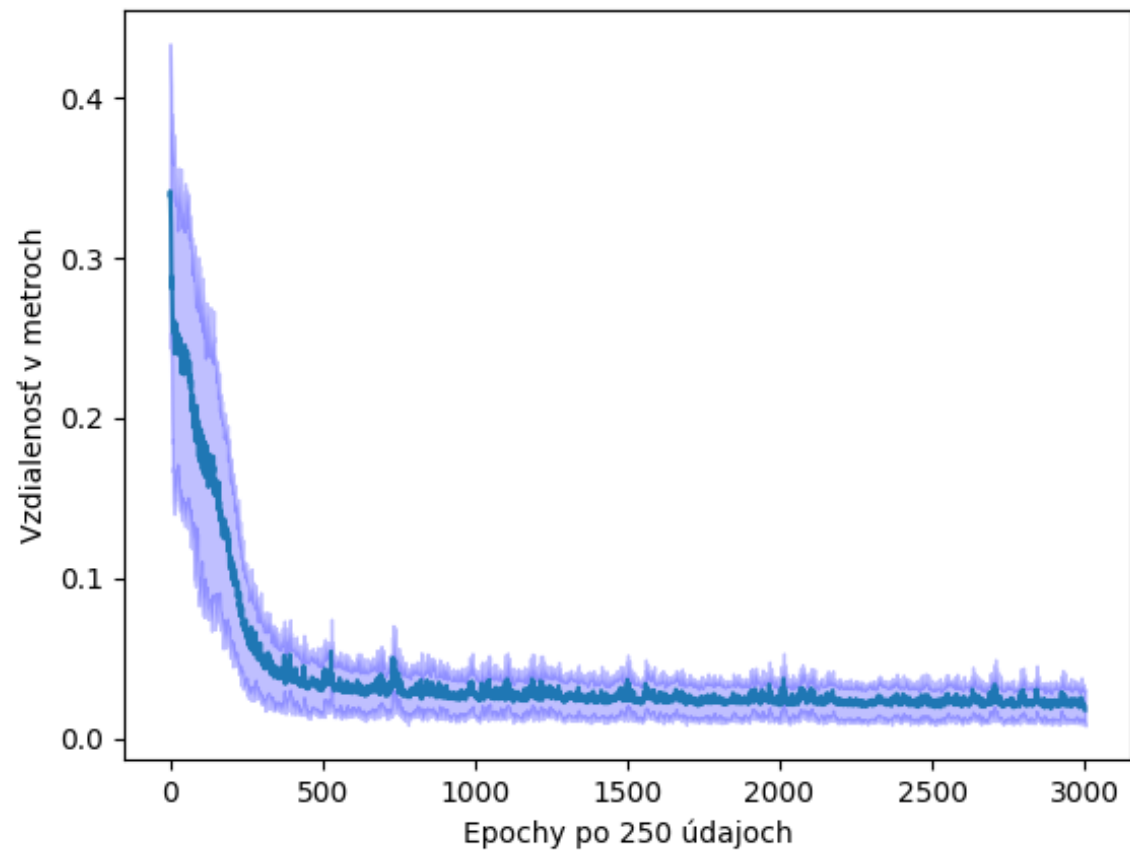
- Vytvorenie jednoduchého modelu peripersonálneho priestoru robota NICO:
  - Určovanie pozície koncového efektoru ruky na základe zadaných uhlov ruky
  - Určovanie uhlov potrebných na dosiahnutie požadovanej pozície koncového efektoru
  - Vytvorenie pravidla na určovanie dosiahnuteľnosti bodov
- Vyhodnotenie úspešnosti jednotlivých modelov a vytvoreného pravidla

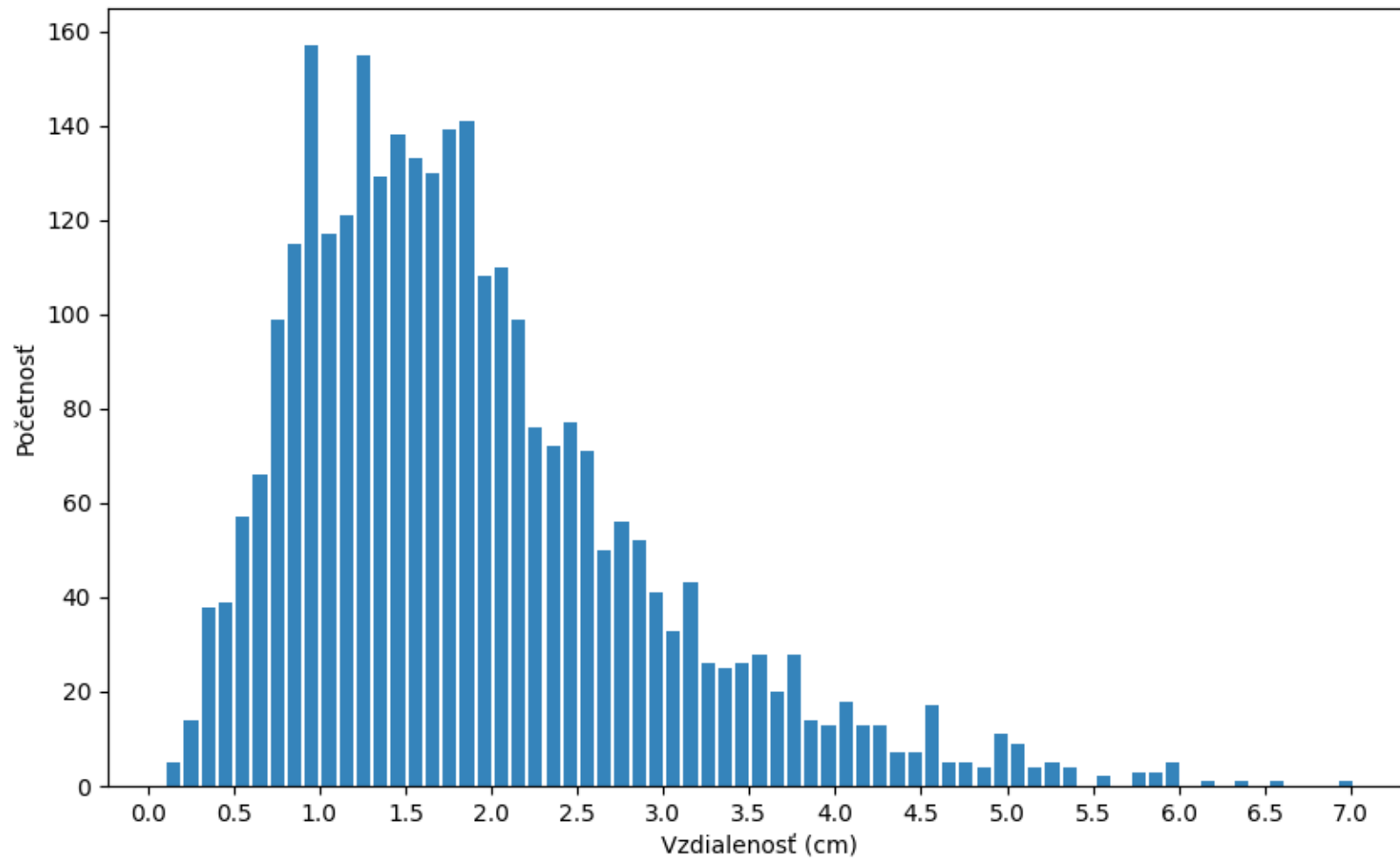
# Určovanie pozície koncového efektora

- Za koncový efektor sme si zvolili koniec tretieho prstu robota
- Model doprednej kinematiky na určenie jeho pozície na základe zadaných uhlov ruky
  - Učenie neurónovej siete kontrolovaným učením s využitím princípu spätnej propagácie chyby
  - Viacvrstvový perceptrón so 6 skrytými vrstvami a 200 neurónmi na každej skrytej vrstve
  - Vstupom je päťica uhlov ruky, výstupom sú karteziánske súradnice bodu v priestore
- Problémy pri učení sa:
  - Vysoká nepresnosť pri prvých pokusoch
- Využitie natrénovaného modelu na odhalenie nepresností údajov
- Opätovné učenie sa s prekontrolovanými údajmi
  - Chyba menej ako 50% chyby predchádzajúcich pokusov
  - Priemerná chyba 1.89 cm so štandardnou odchýlkou 1.03 cm









# Určovanie potrebných uhlov ruky

---

- Inverzný model na určenie uhlov potrebných na dosiahnutie požadovanej pozície koncového efektoru
  - Viacero možností ako dosiahnúť požadovanú pozíciu
  - Učenie neurónovej siete nepriamo kontrolovaným učením s využitím natrénovaného modelu doprednej kinematiky:
    - Predikcia uhlov inverzným modelom
    - Predikcia pozície s danými uhlami natrénovaným modelom doprednej kinematiky
    - Spätná propagácia chyby medzi predikovanou a požadovanou pozíciou
- Možnosti vyhodnocovania chyby pri testovaní:
  - Predikovaná performačná chyba (chyba systému)
  - *Performačná chyba (chyba inverzného modelu)*
  - *Chyba predikcie (chyba modelu doprednej kinematiky)*
- Pridané parametre kvôli vzdialeným bodom:
  - Odchýlka ruky robota od priamky na ktorej leží rameno robota a požadovaná pozícia
  - Vystretosť ruky

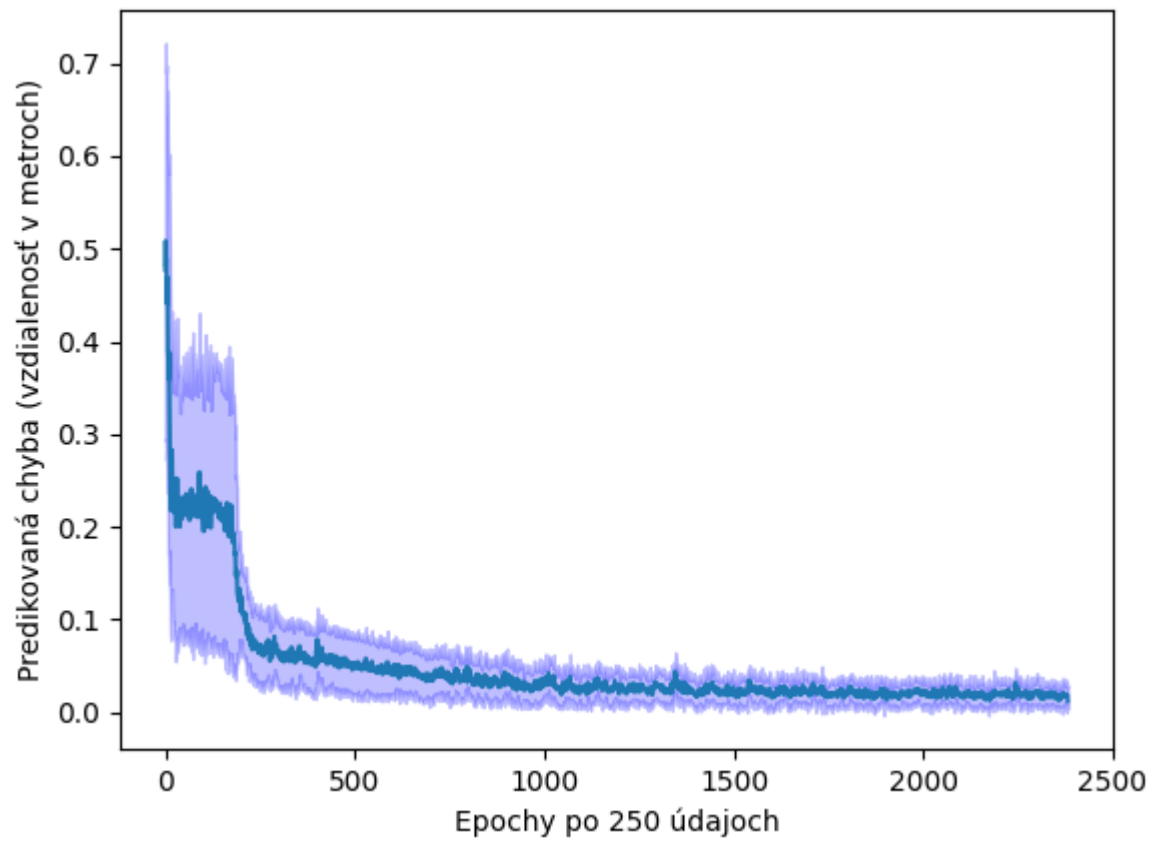


- Dva inverzné modely:
  - Viacvrstvé perceptróny s identickou štruktúrou (10 skrytých vrstiev, 200 neurónov v skrytých vrstvách)
  - Vstupom je požadovaná pozícia koncového efektoru, výstupom päť uhlov ruky
  - Model A – trénovaný iba na dosiahnuteľných bodoch
  - Model B – trénovaný aj na nedosiahnuteľných bodoch
- Porovnanie natrénovaných modelov:

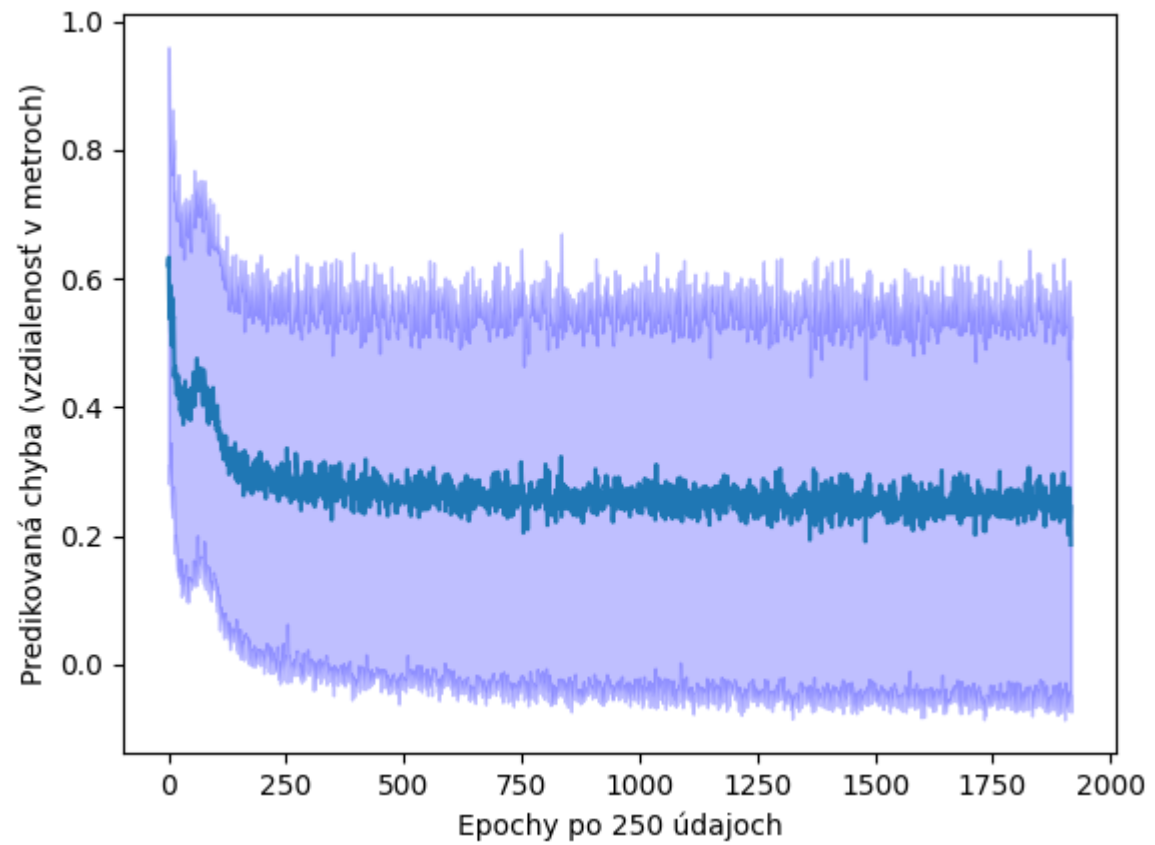
<b>Dosiahnuteľné body</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Predikovaná performačná chyba	1.39cm	2.21cm
Performačná chyba	2.61cm	3.26cm
Chyba predikcie	2.42cm	2.43cm

<b>Nedosiahnuteľné body</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Predikovaná performačná chyba	36.75cm	36.74cm
Performačná chyba	36.49cm	37.13cm
Chyba predikcie	2.27cm	2.13cm
Odchýlka smerovania ruky	9.5°	11.9°
Uhol v lakti	18.5°	7.6°
Uhol v zápästí	9°	3°

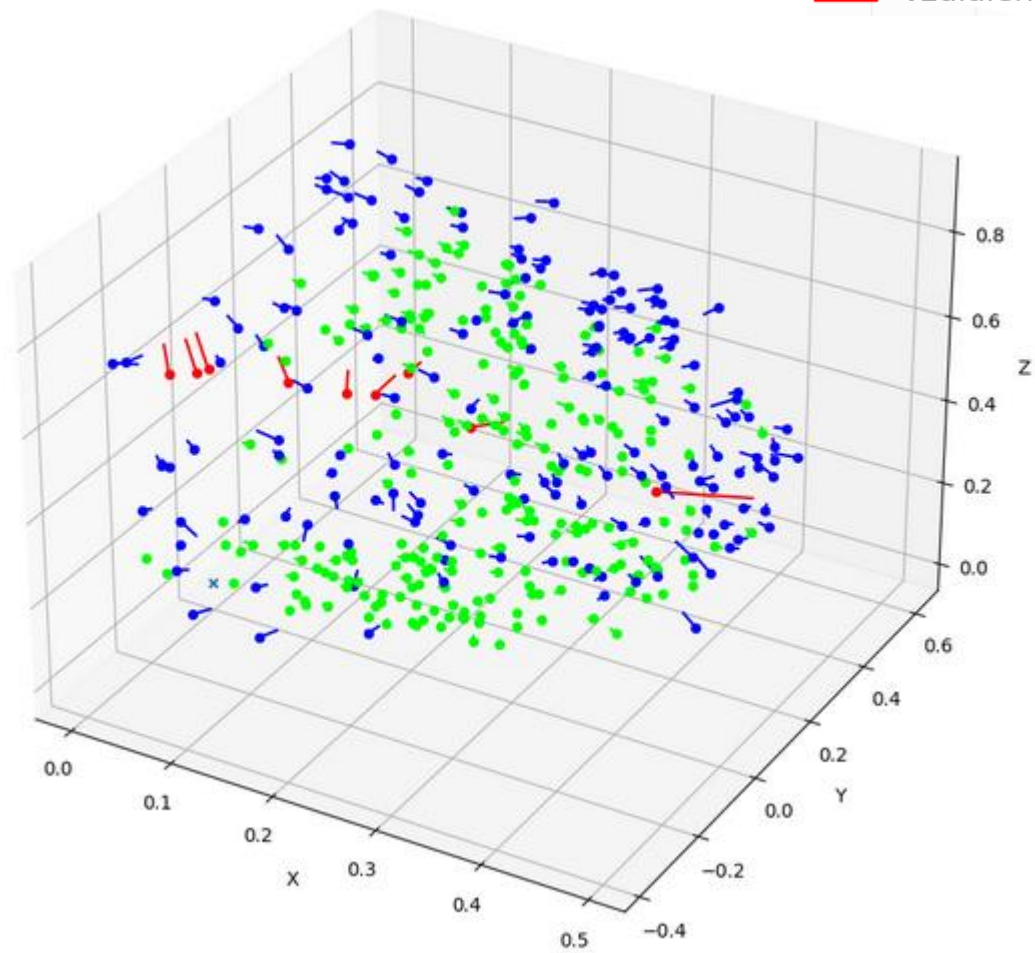
Model A



Model B

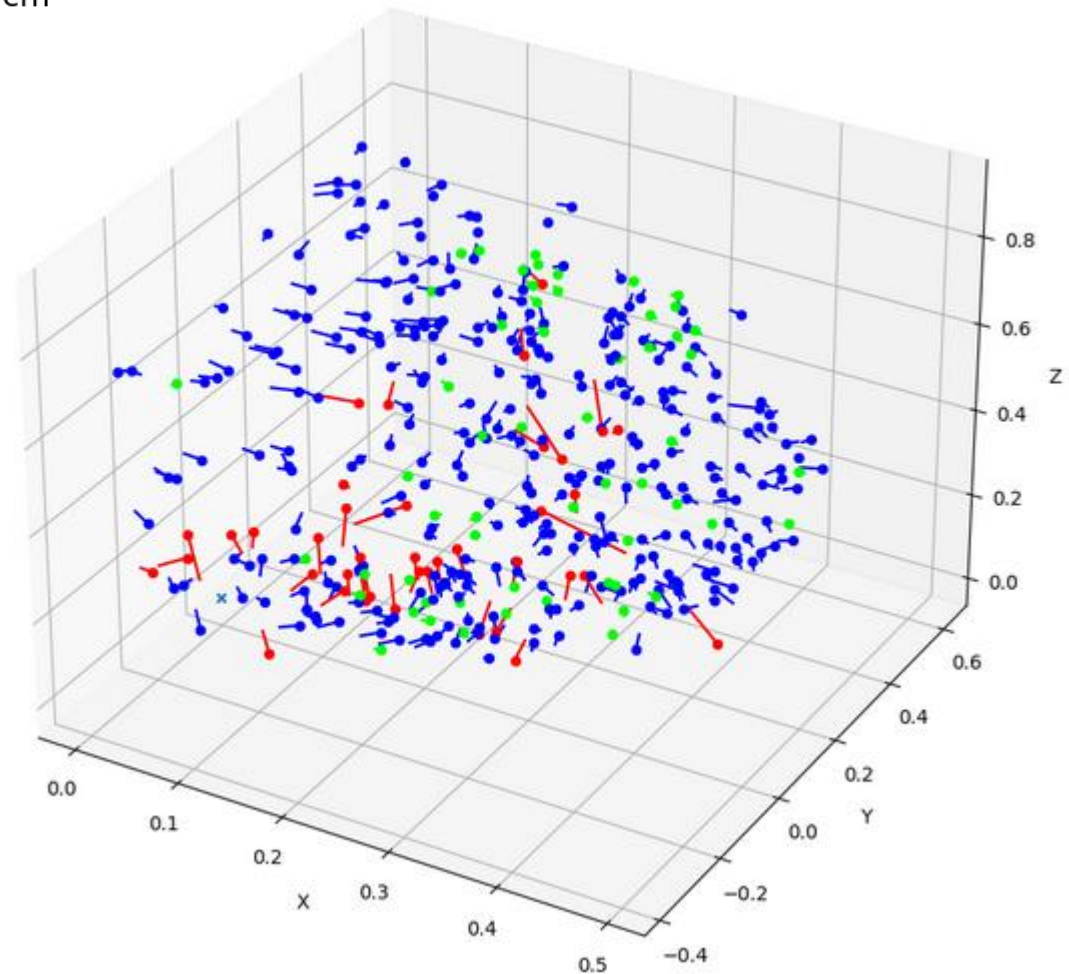


Model A

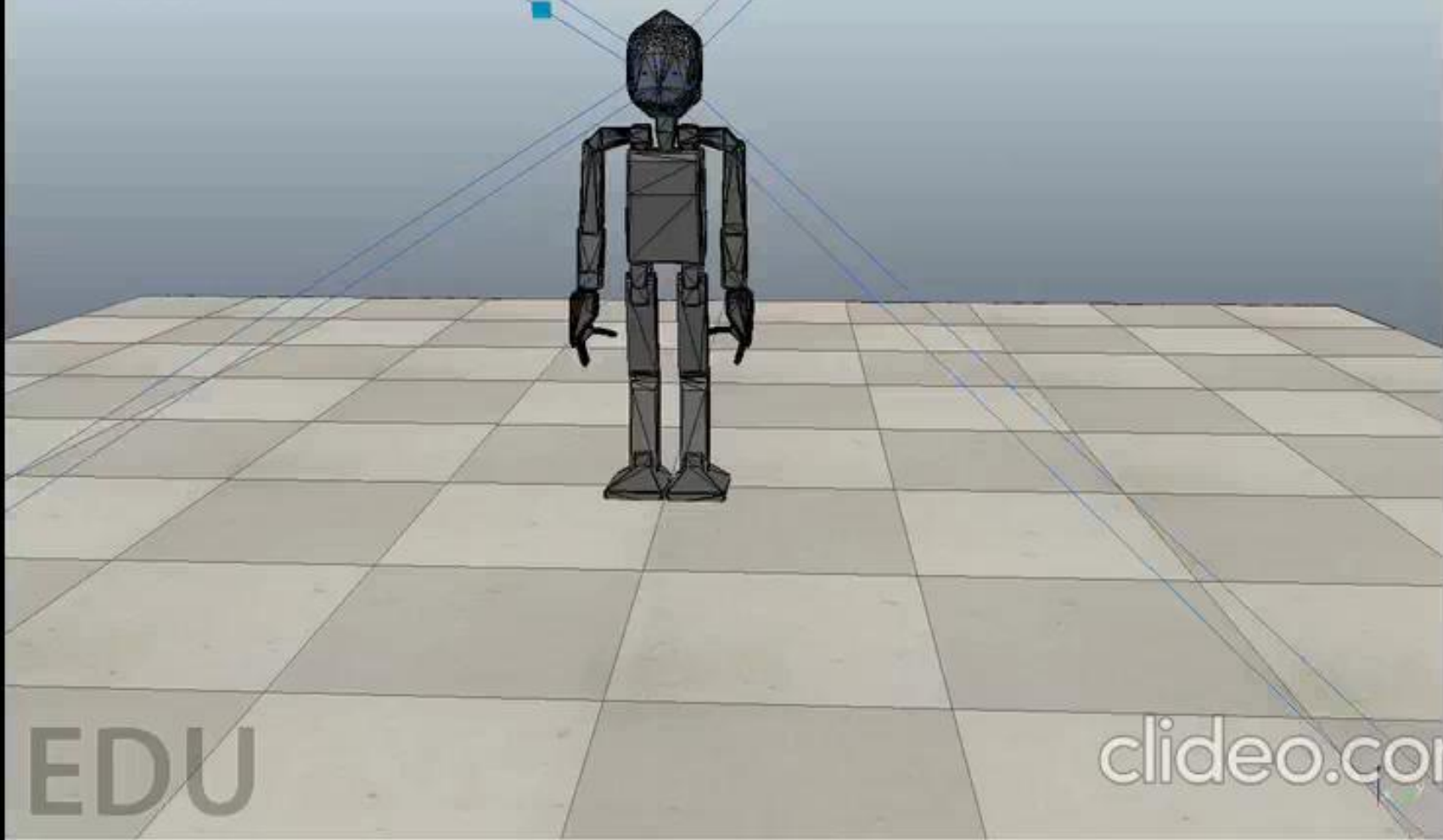


- vzdialenosť  $\leq 1$  cm
- $1 \text{ cm} < \text{vzdialenosť} \leq 4$  cm
- vzdialenosť  $> 4$  cm

Model B



Selected objects: 0  
Simulation time: 00:00:00.05 (dt=50.0 ms, ppf=1)  
Simulation scripts called: 1 (270 ms)  
Proximity sensor handling enabled: Calculations: 0, detections: 0 (0 ms)  
Vision sensor handling enabled (FBO): Calculations: 2, detections: 0 (18 ms)  
Dynamics handling enabled (Newton): Calculation passes: 1 (168 ms)



EDU

clideo.com

# Odhadovanie dosiahnuteľnosti bodov

---

- Jednoduché, ak by natrénované modely boli perfektné
- Potrebujeme rátať s ich chybovosťou
  - 1. Odhad na základe predikovanej performačnej chyby
  - 2. Odhad aj na základe vystretosti ruky
- Porovnanie dosiahnutých výsledkov (20 000 testovacích údajov)

	Model A	Model B
Pravidlo 1	<b>93.81%</b>	89.65%
Pravidlo 2	90.44%	<b>93.45%</b>

# Zhrnutie výsledkov

---

- Využili sme natrénovaný model doprednej kinematiky na odhalenie nepresných údajov
- Vytvorili sme jednoduchý model peripersonálneho priestoru, ktorý umožňuje:
  - Odhad pozície koncového efektoru na základe uhlov ruky
  - Predikciu uhlov potrebných na dosiahnutie žiadanej pozície koncového efektoru
  - Odhad dosiahnuteľnosti bodov

# Pokračovanie v práci

---

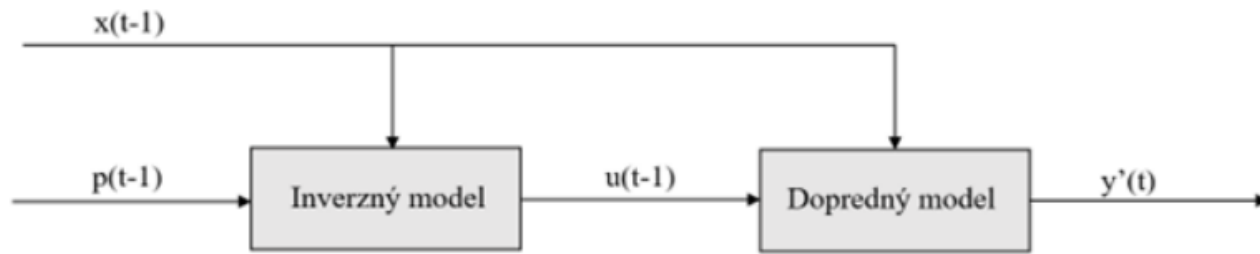
- Podrobnejšia analýza navrhnutých pravidiel
- Ďalšie návrhy a porovnanie pravidiel na určovanie dosiahnuteľnosti bodov
- Zapojenie zrakových vnemov na spracovanie informácii z okolia a tréning modelov

Ďakujem za pozornosť.

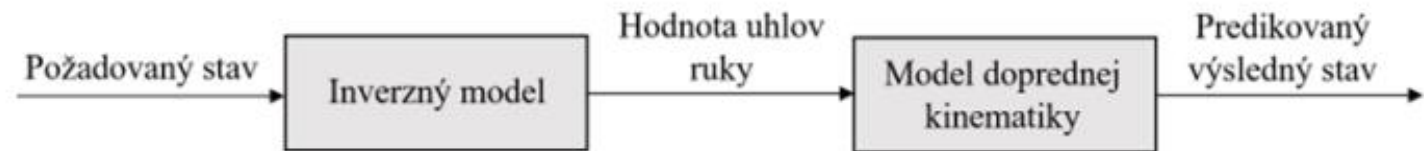


<b>Nedosiahnuteľné body</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Predikovaná performačná chyba	36.75cm	36.74cm
Performačná chyba	36.49cm	37.13cm
Chyba predikcie	2.27cm	2.13cm
Odchýlka smerovania ruky	9.5°	11.9°
Uhol v lakti	18.5°	7.6°
Uhol v zápästí	9°	3°

Časť tabuľky 4.1



Obr. 2.3: Systém nepriamo kontrolovaného učenia zložený z inverzného a dopredného modelu



Obr. 3.2: Schéma zjednodušeného systému pri nepriamo kontrolovanom učení