

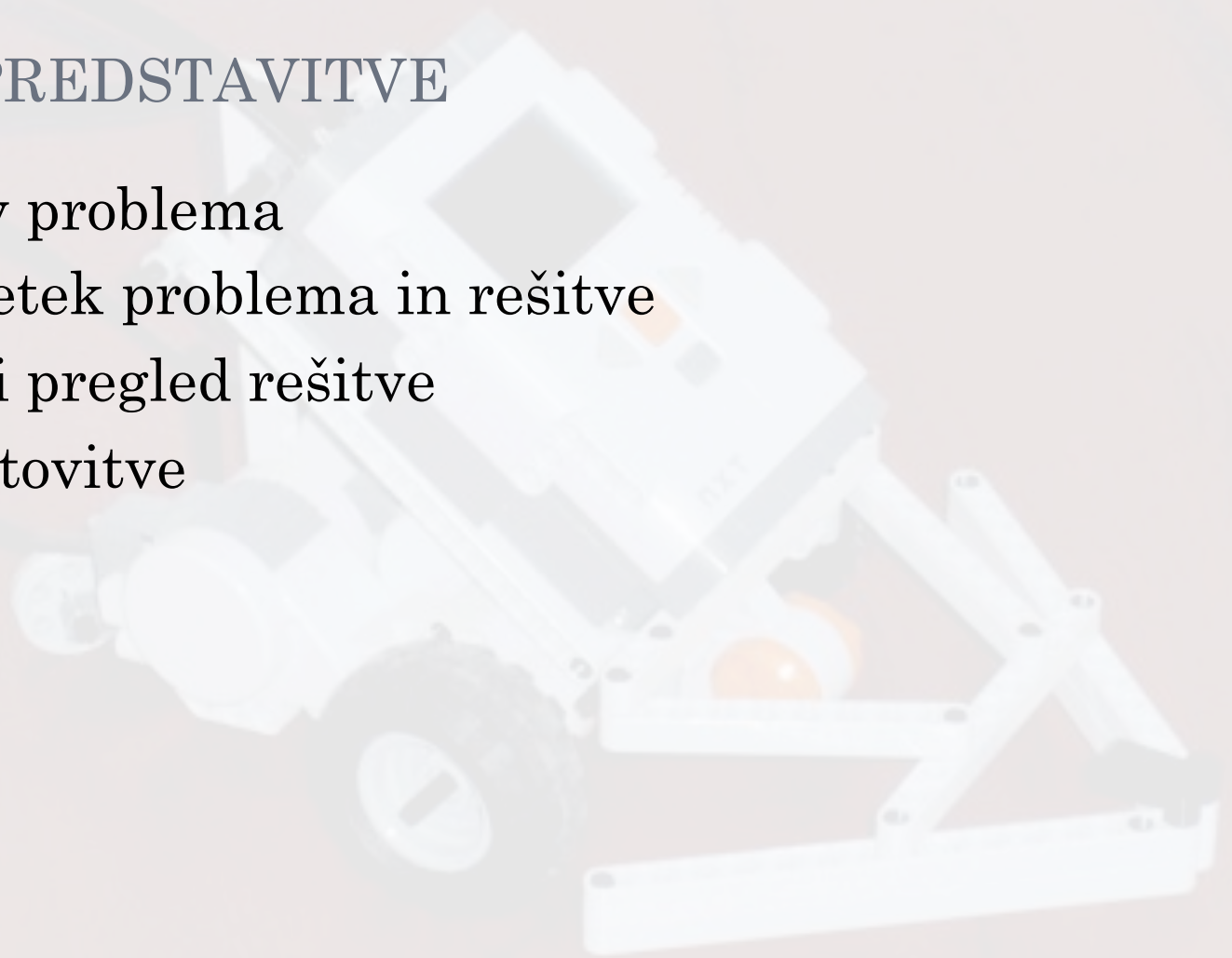


ROBOTSKO UČENJE IN PLANIRANJE POTISKANJA PREDMETOV

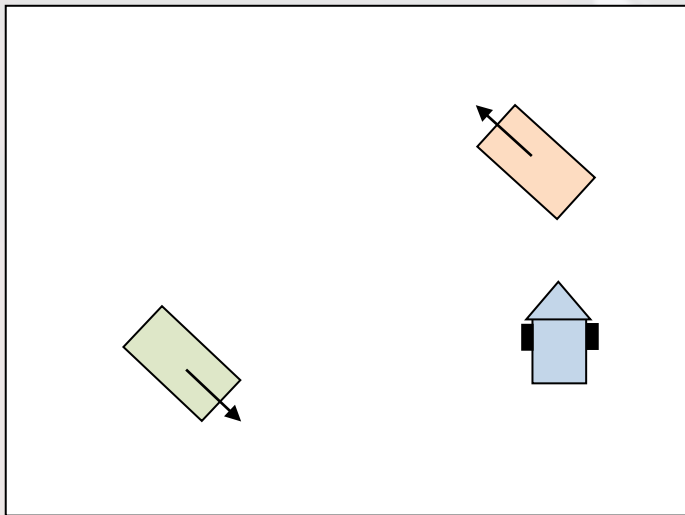
Miha Troha

ZGRADBA PREDSTAVITVE

- Opredelitev problema
- Video posnetek problema in rešitve
- Podrobnejši pregled rešitve
- Glavne ugotovitve



PROBLEM



- robot
- trenutna lokacija in orientacija predmeta
- želena lokacija in orientacija predmeta



Project overview

Problem

How to use the robot to move the box to any desired location?

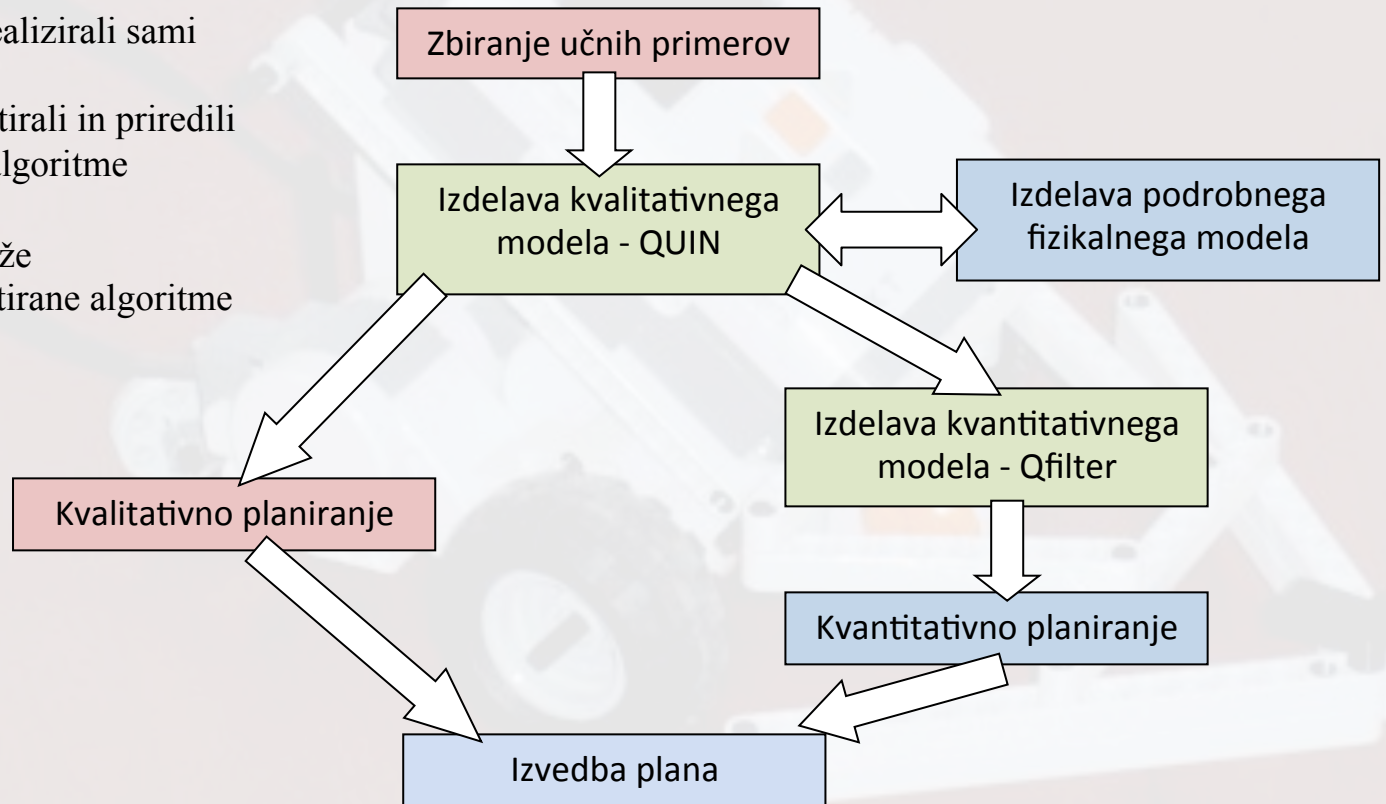
Solution

1. step: learn the model of the box by experimentation
2. step: utilize the model to move the box



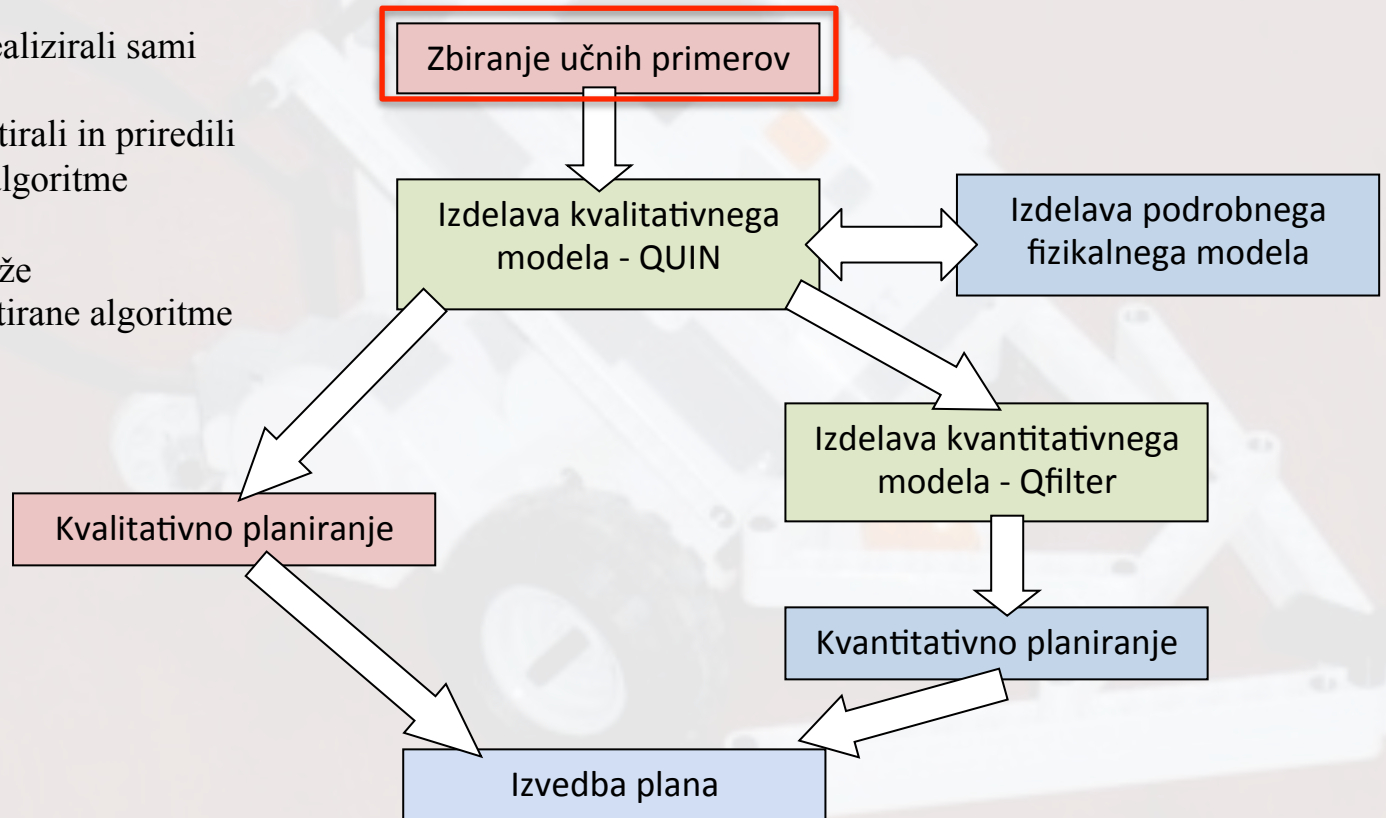
PREGLED REŠITVE

- V celoti realizirali sami
- Implementirali in priredili že znane algoritme
- Uporabili že implementirane algoritme

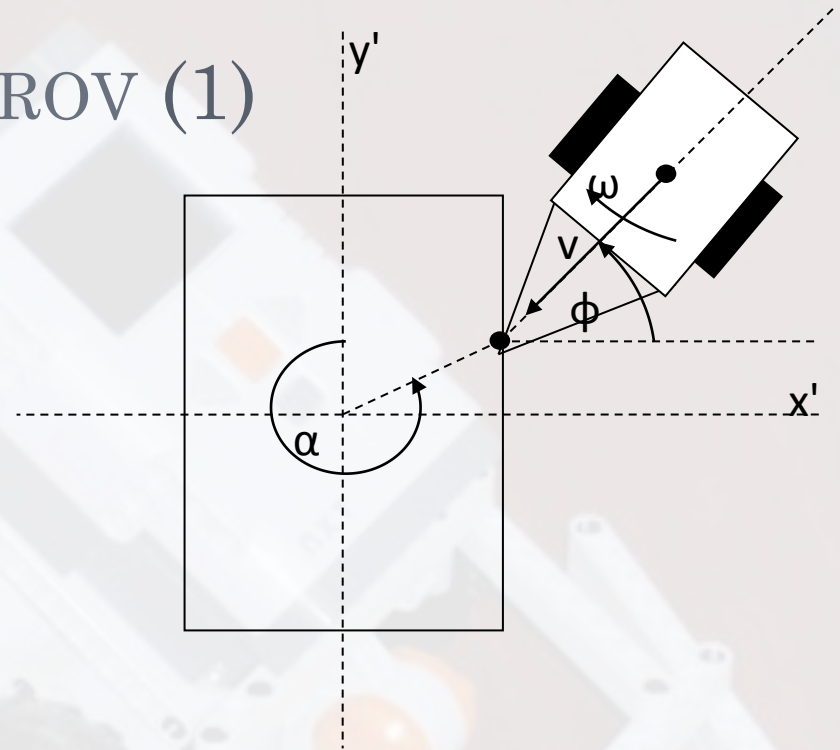
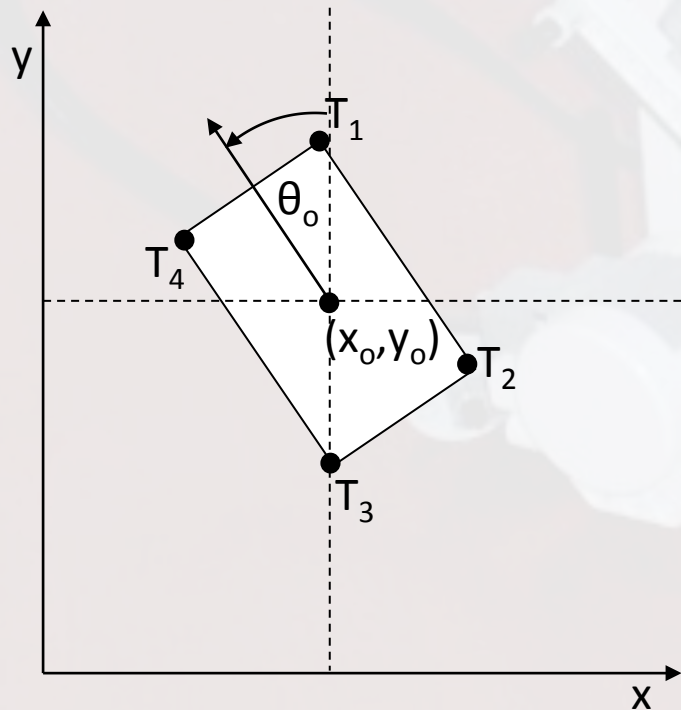


PREGLED REŠITVE

- V celoti realizirali sami
- Implementirali in priredili že znane algoritme
- Uporabili že implementirane algoritme



ZBIRANJE UČNIH PRIMEROV (1)



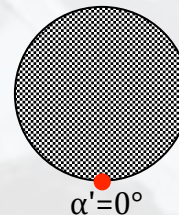
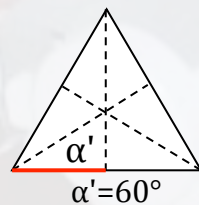
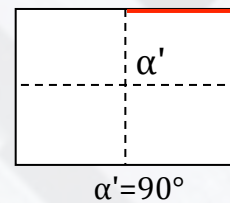
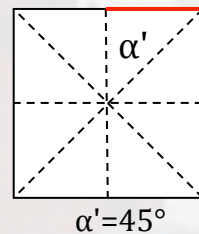
○ Model

- $\Delta x_0 = f_x(\alpha, \Phi, \nu, \omega)$
- $\Delta y_0 = f_y(\alpha, \Phi, \nu, \omega)$
- $\Delta \theta_0 = f_\theta(\alpha, \Phi, \nu, \omega)$
- $\Delta \alpha = f_\alpha(\alpha, \Phi, \nu, \omega)$
- $\Delta \Phi = f_\Phi(\alpha, \Phi, \nu, \omega)$



ZBIRANJE UČNIH PRIMEROV (2)

- Upoštevanje simetrije

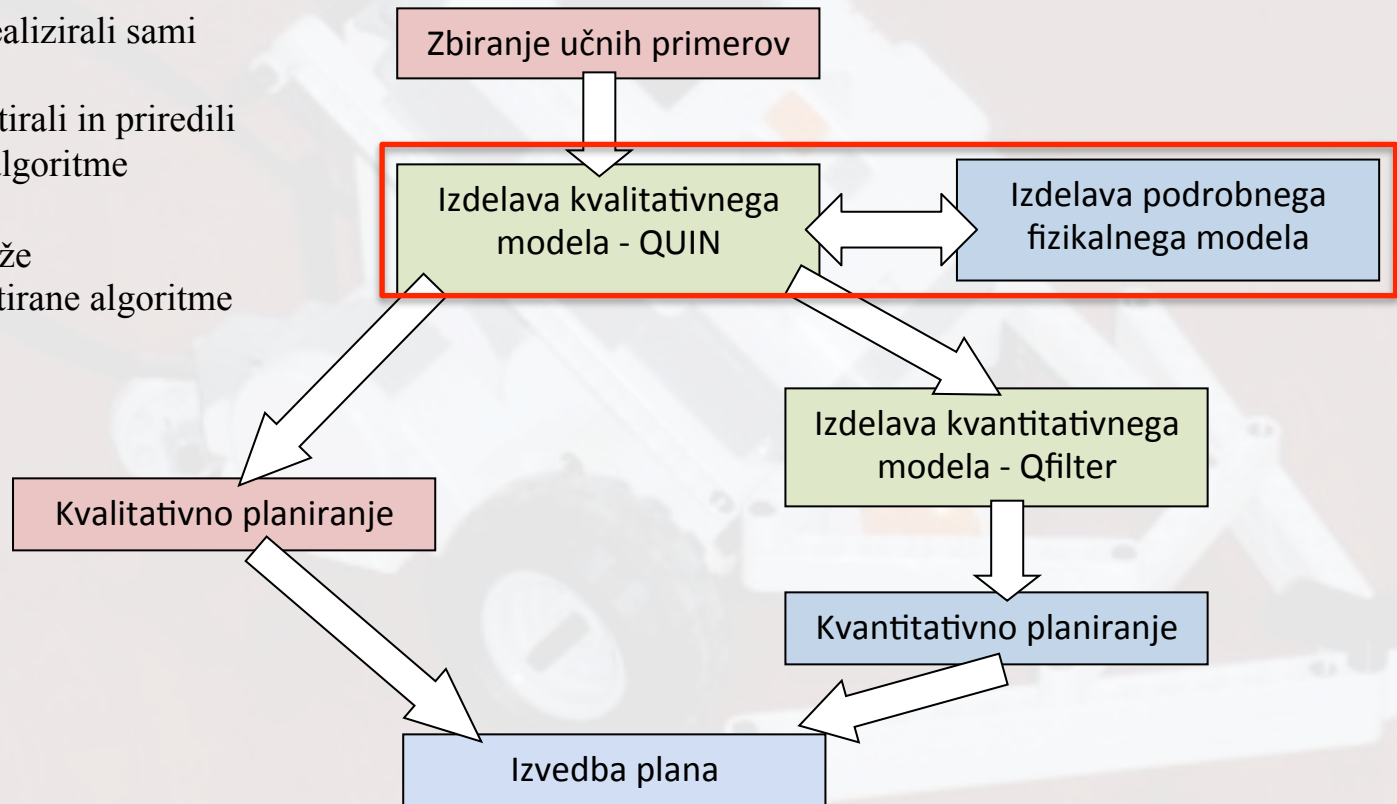


- Število učnih primerov: 432.
- Število zajetih učnih primerov ob upoštevanju simetrije: 108.
- Čas učenja: 15 min.



PREGLED REŠITVE

- V celoti realizirali sami
- Implementirali in priredili že znane algoritme
- Uporabili že implementirane algoritme



IZDELAVA KVALITATIVNEGA MODELA (1)

○ Abstrakcija

- Števil v intervale (npr. $v(2.3s) = 4m/s \rightarrow v(t_1) = \text{poz}$)
- Funkcij v kvalitativno omejene funkcije (QCF)

$$\text{Funkcija: } p = k \cdot \frac{T}{V}$$

$$\text{Kvalitativno omejena funkcija: } p = M^{+,-}(T, V)$$

○ QUIN (QUalitative INduction)

- Učenje kvalitativno omejenih funkcij
- Učenje kvalitativnih dreves



IZDELAVA KVALITATIVNEGA MODELA (2)

○ Učenje kvalitativno omejenih funkcij

- Določitev množice vseh mogočih QCF

- Primer: $p = M^+(T)$, $p = M^-(T)$, $p = M^+(V)$, $p = M^{+,-}(T,V)$,...

- Določitev kvalitativnih sprememb za vsak par učnih primerov

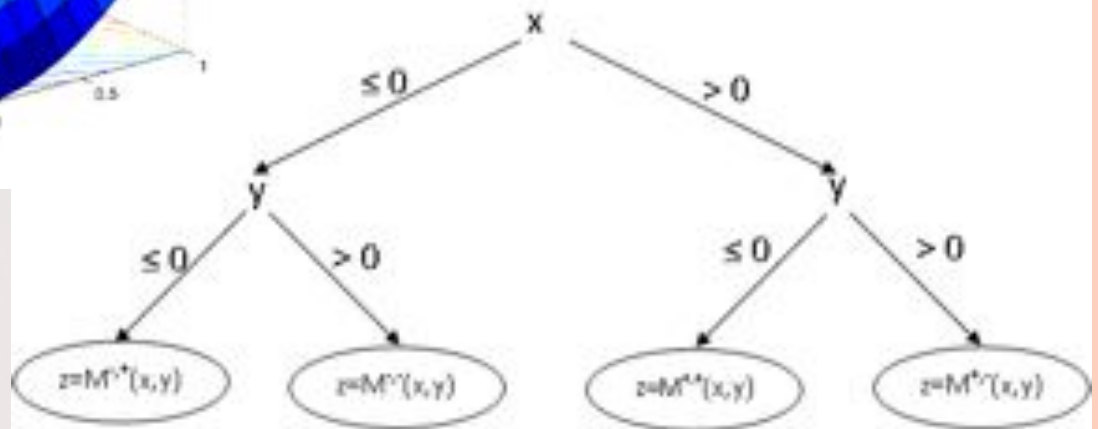
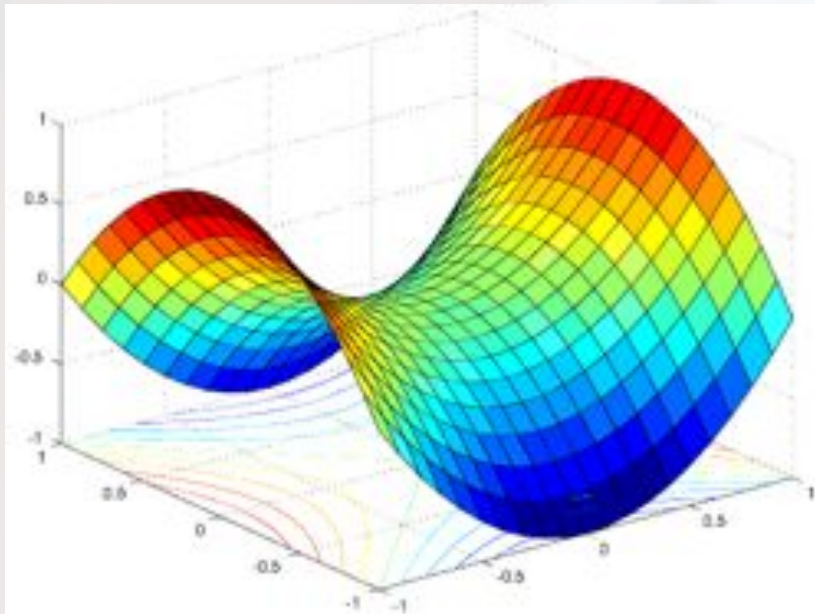
ΔT	ΔV	ΔP
poz	neg	poz
neg	neg	neg
nic	poz	neg

- Ugotoviti, katera izmed vseh QFC najbolj ustreza podatkom



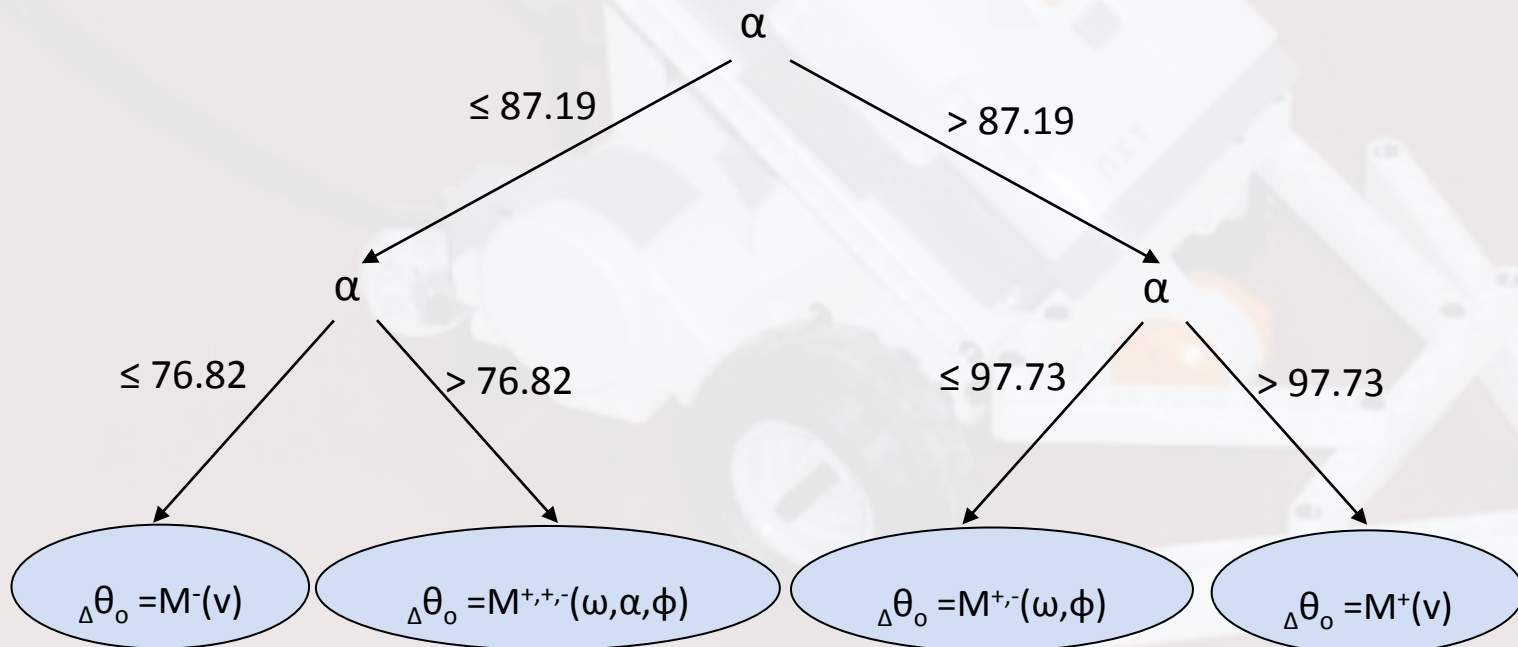
IZDELAVA KVALITATIVNEGA MODELA (3)

- Učenje kvalitativnih dreves ($z = x^2 - y^2$)

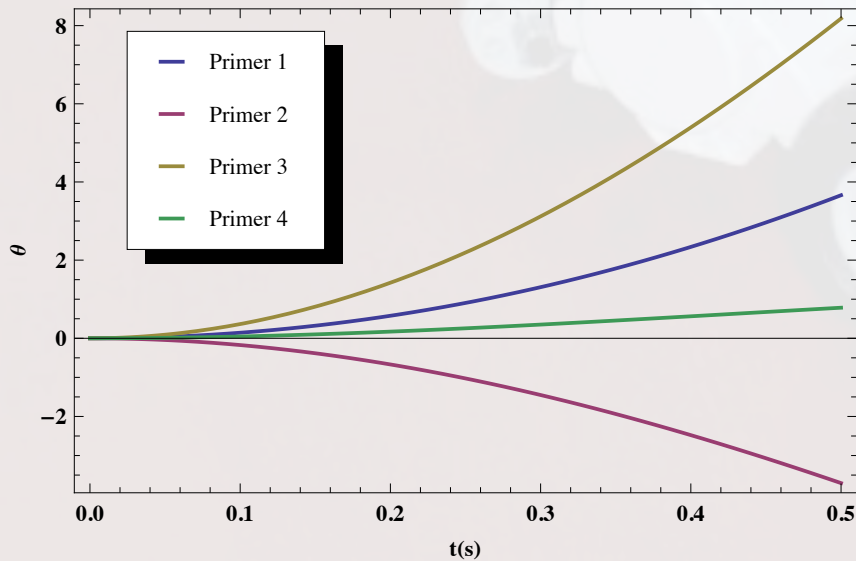
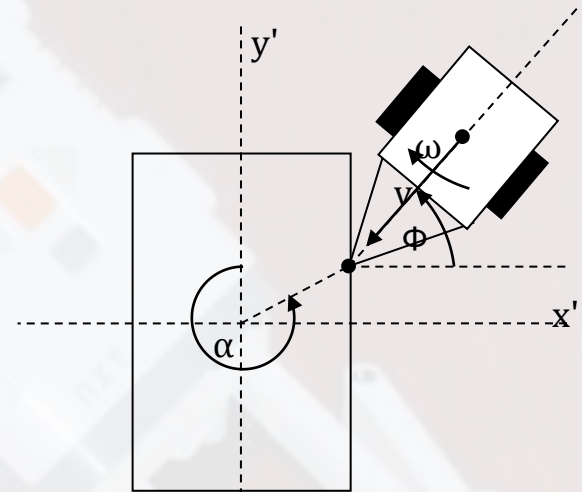
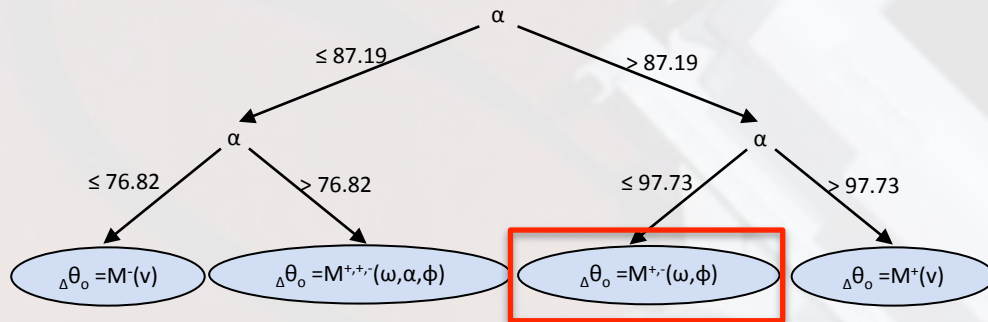


IZDELAVA KVALITATIVNEGA MODELA (4)

- Primer kvalitativnega drevesa za $\Delta \theta_o$



IZDELAVA KVALITATIVNEGA MODELA (5)

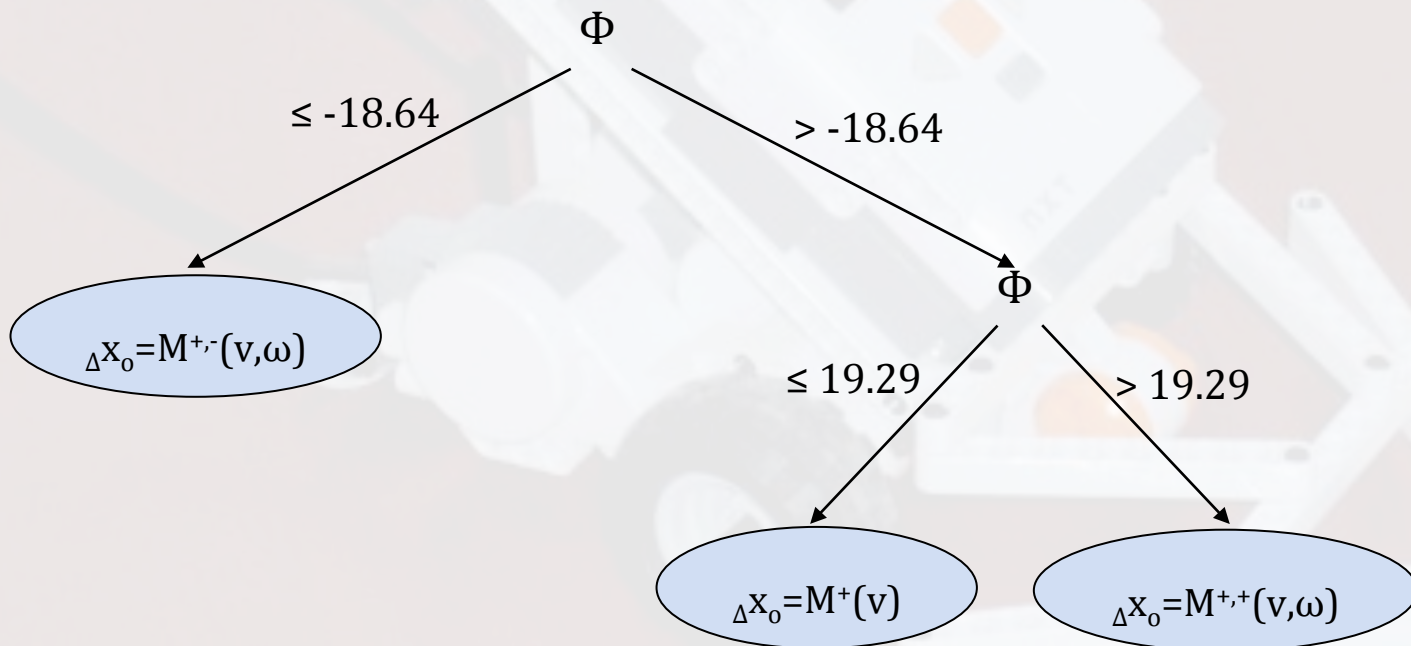


$\alpha = 96^\circ$, $v = 10 \text{ cm/s}$

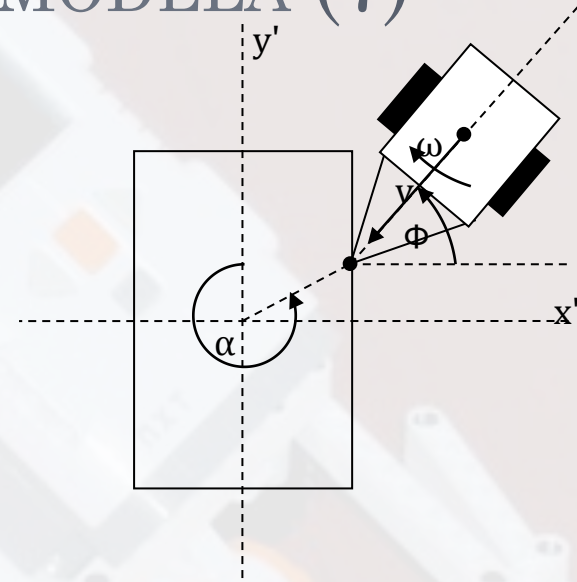
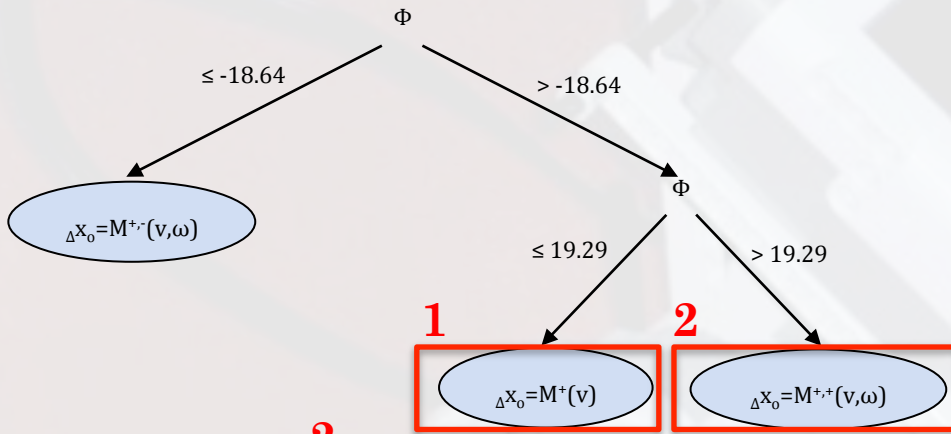
	ω	ϕ
Primer 1	-9° s^{-1}	-15°
Primer 2	-9° s^{-1}	15°
Primer 3	9° s^{-1}	-15°
Primer 4	9° s^{-1}	15°

IZDELAVA KVALITATIVNEGA MODELA (6)

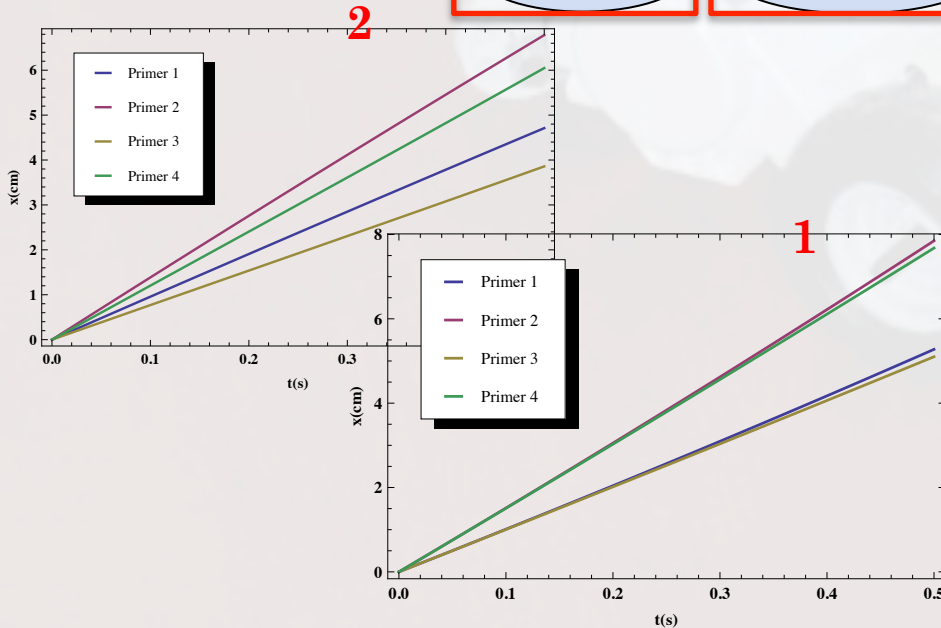
- Primer kvalitativnega drevesa za Δx_0



IZDELAVA KVALITATIVNEGA MODELA (7)



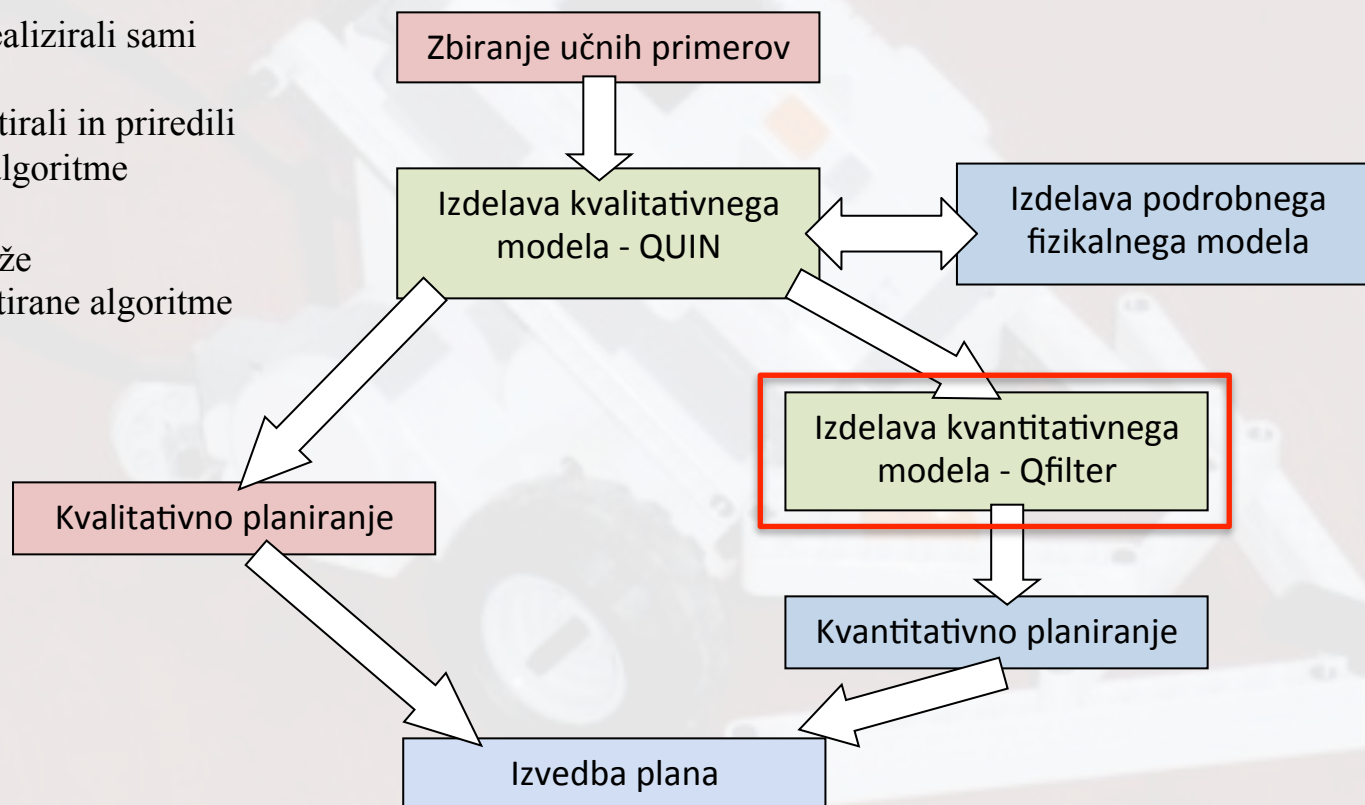
$\alpha = 108^\circ, \Phi_2 = -30^\circ \text{ oz. } \Phi_1 = 0^\circ$



	ω	v
Primer 1	9° s^{-1}	10 cm/s
Primer 2	9° s^{-1}	15 cm/s
Primer 3	-9° s^{-1}	10 cm/s
Primer 4	-9° s^{-1}	15 cm/s

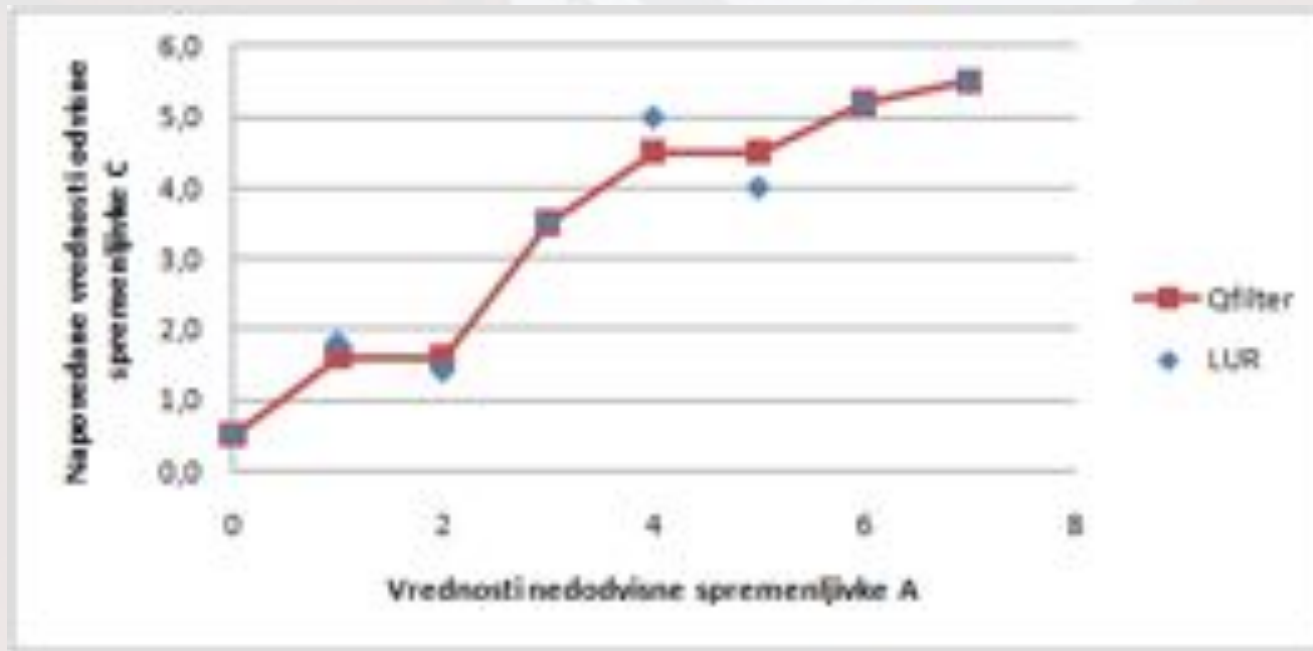
PREGLED REŠITVE

- V celoti realizirali sami
- Implementirali in priredili že znane algoritme
- Uporabili že implementirane algoritme



IZDELAVA KVANTITATIVNEGA MODELA (1)

- Lokalno utežena regresija in kvalitativno zvesto učenje
 - Primer: $C = M^+(A)$



IZDELAVA KVALITATIVNEGA MODELA (2)

○ Del kvantitativnega modela

α (°)	ω (° s ⁻¹)	Φ (°)	v (cm/s)	$\Delta \theta_o$ (°)	Δx_o (cm)	Δy_o (cm)	$\Delta \alpha$ (°)	$\Delta \Phi$ (°)
0.0	0.0	0.0	10	-0.28	0.04	-2.17	0.49	0.18
0.0	0.0	0.0	20	-1.72	-0.02	-4.94	1.60	1.25
0.0	0.0	-15.0	10	0.24	-0.24	-1.97	2.45	0.94
0.0	0.0	-15.0	20	1.17	-0.14	-3.74	5.23	-1.88

○ Primer popravljenih napovedi

α (°)	ω (° s ⁻¹)	Φ (°)	v (cm/s)	$\Delta \theta_o$ (°) - LUR	$\Delta \theta_o$ (°) - Qfilter
270.0	0.0	0.0	20	1.79	1.79
270.0	0.5	0.0	20	5.05	5.05
270.0	-0.5	0.0	20	-3.40	-3.40
270.0	0.0	-15.0	10	5.72	5.13



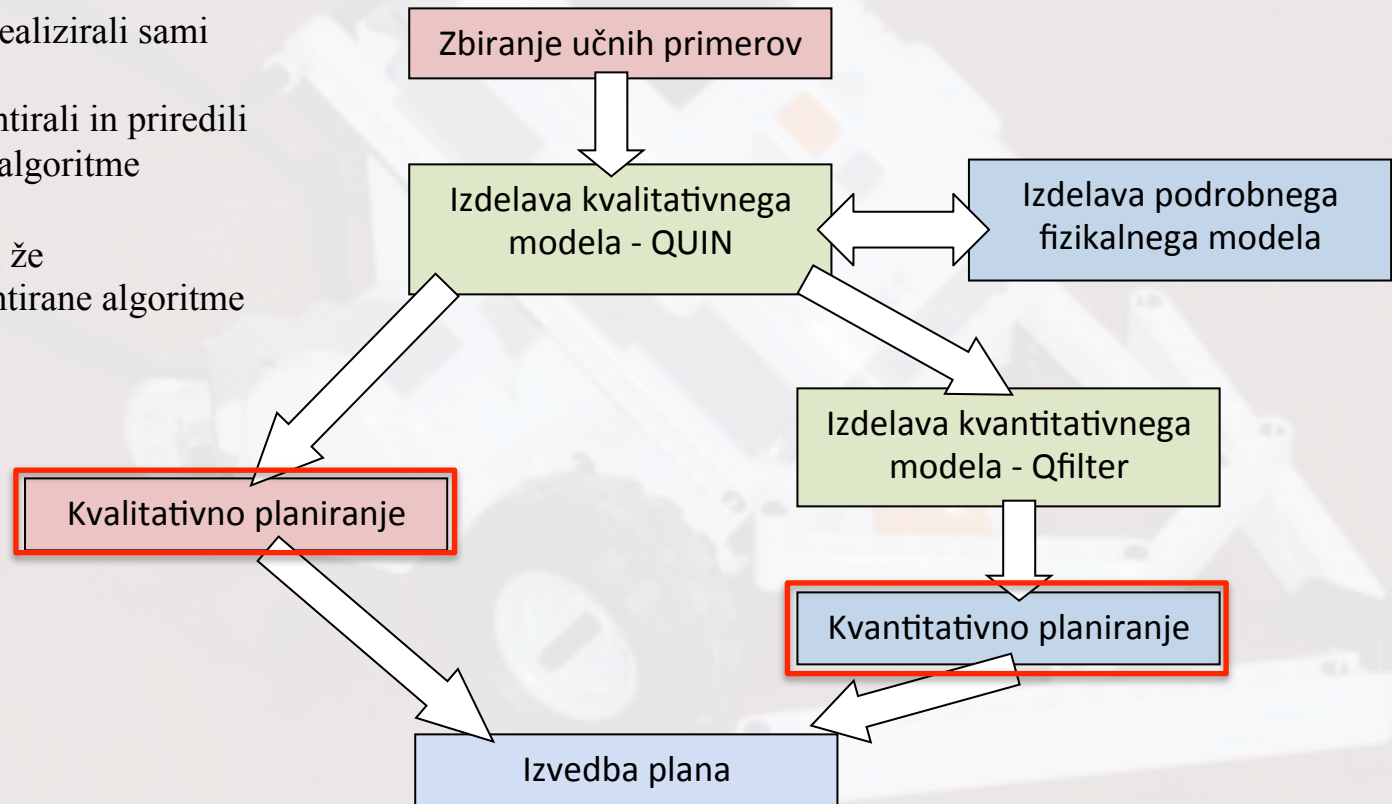
GLAVNE UGOTOVITVE PRI UČENJU

- Kvalitativni modeli
 - intuitivno preprosto razumljivi
 - ponujajo zanimiv vpogled v precej kompleksno problemsko domeno potiskanja predmetov
 - se ujemajo s fizikalnim modelom
 - v primeru večjega števila (nekaj sto) učnih primerov je izdelava počasna
 - precejšen vpliv parametra, ki ocenjuje napako v učnih primerih
- Kvantitativni modeli
 - intuitivno nerazumljivi
 - se približno ujemajo s fizikalnim modelom



PREGLED REŠITVE

- V celoti realizirali sami
- Implementirali in priredili že znane algoritme
- Uporabili že implementirane algoritme



PLANIRANJE

○ Primerjava planiranj (osnova jezik STRIPS)

	Predstavitev	Opis akcij A
Kvantitativno planiranje	$\langle S, G, A \rangle$	$\langle P, SP, I, T \rangle$
Kvalitativno planiranje	$\langle S, G, A, U, V, N \rangle$	$\langle P, SP \rangle$

○ Opis stanja

- Trenutno stanje
 - $S = \langle x_g, y_g, \theta_g, \alpha, \Phi, \text{seDotikata} \rangle$
- Želeno stanje
 - $G = \langle 0, 0, 0, _, _, _ \rangle$



KVANTITATIVNO PLANIRANJE (1)

○ Vrste akcij

- Premikanje robota

- $A_1 = \langle (_, _, _), (0, 0, 0, \alpha_K, \Phi_K, 1), \emptyset, 15 \rangle$

- Premikanje predmeta in robota

- $A_2 = \langle (\alpha, \Phi, 1), (\Delta x_o, \Delta y_o, \Delta \theta_o, \alpha_K, \Phi_K, 1), (v, \omega), 1 \rangle$

○ Izdelava plana

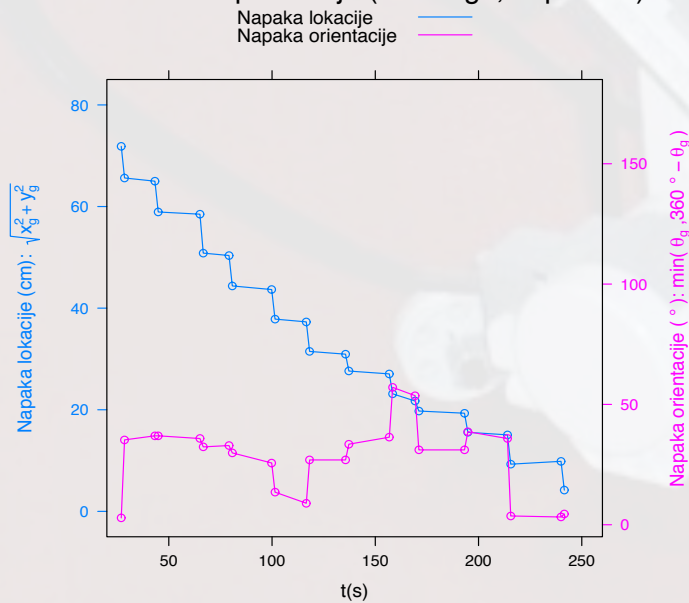
- Analiza sredstev in ciljev (angl. means-ends analysis)
- Uporaba algoritma A^* za izbiro akcij

- Hevristična funkcija:
$$h^* = \frac{\sqrt{x_g^2 + y_g^2} + \min(\theta_g, 360 - \theta_g) / 2}{2}$$

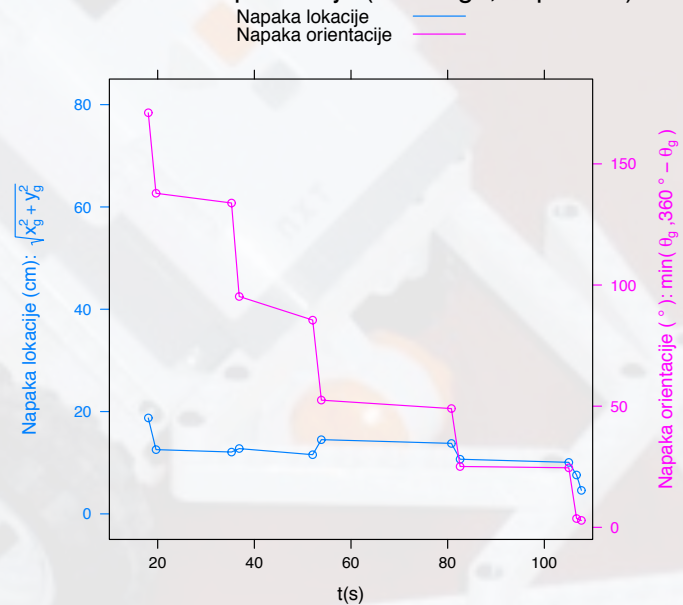


KVANTITATIVNO PLANIRANJE (2)

Kvantitativno planiranje (1. naloga, 1. poskus)



Kvantitativno planiranje (2. naloga, 1. poskus)



KVANTITATIVNO PLANIRANJE (3)

○ Glavne ugotovitve

- Velika kompleksnost planiranja in nezmožnost izdelave celotnega plana
- Nezmožnost mehkega planiranja
 - Akcije ne pripeljejo točno v predvideno stanje
 - Smiselno bi bilo upoštevati napako predhodnih akcij



KVALITATIVNO PLANIRANJE (1)

- Vhod definiran kot
 - Šestorček $\langle S, G, A, U, V, N \rangle$
 - $A = \langle P, SP \rangle$
 - U – določa začetek izvedbe akcije
 - V – določa pretvorbo med kvalitativnimi in numeričnimi vrednostmi
 - N – določa kvalitativni model (npr. $f_x, f_y, f_\theta, f_\alpha, f_\phi$)
- Kvalitativno planiranje se izvede v dveh fazah



KVALITATIVNO PLANIRANJE (2)

- 1. faza – izbira najustreznejše začetne akcije
 - Primerjava S in G
 - Iskanje akcije A, ki kar največ elementov stanja S spreminja v pravi smeri
 - Upoštevanje pomembnosti posameznega elementa
 - Začetek izvedbe izbrane akcije kot določa U
 - Primer: $v = 10 \text{ cm/s}$ in $\omega = 0$



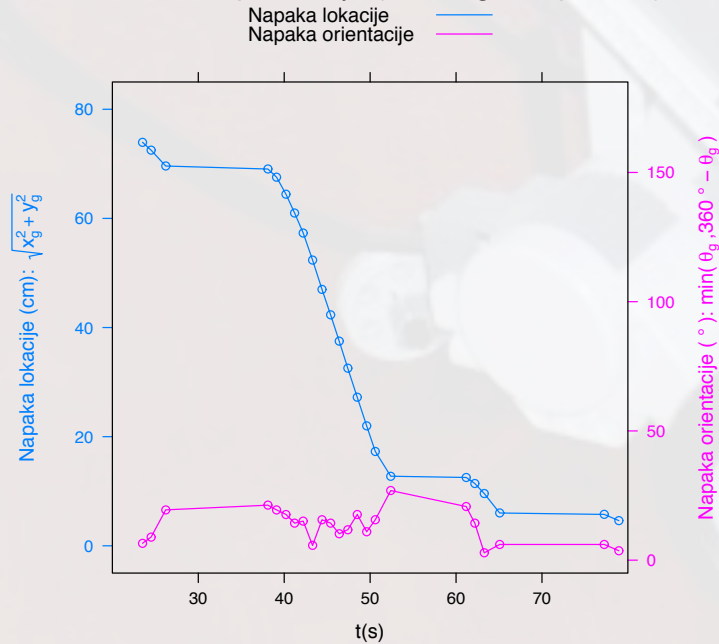
KVALITATIVNO PLANIRANJE (3)

- 2. faza – izvajanje podakcij
 - Stalno izboljševanje izvajanja
 - Določimo vse mogoče kvalitativne spremembe neodvisnih spremenljivk
 - Z uporabo modela N določimo spremembe odvisnih spremenljivk
 - Določitev ustreznosti posameznih sprememb upoštevajoč
 - Nezaželeno stanja
 - Sosednje akcije
 - Pomembnost posamezne odvisne spremenljivke

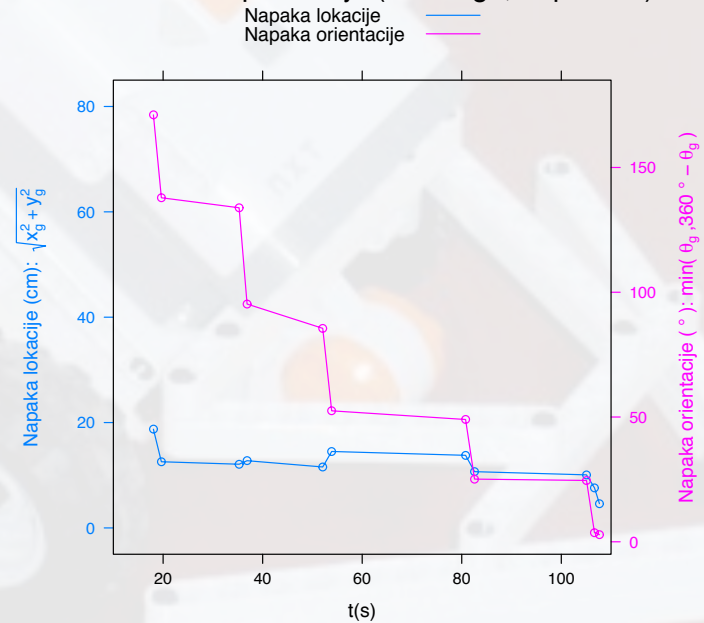


KVALITATIVNO PLANIRANJE (4)

Kvalitativno planiranje (1. naloga, 1. poskus)



Kvantitativno planiranje (2. naloga, 1. poskus)

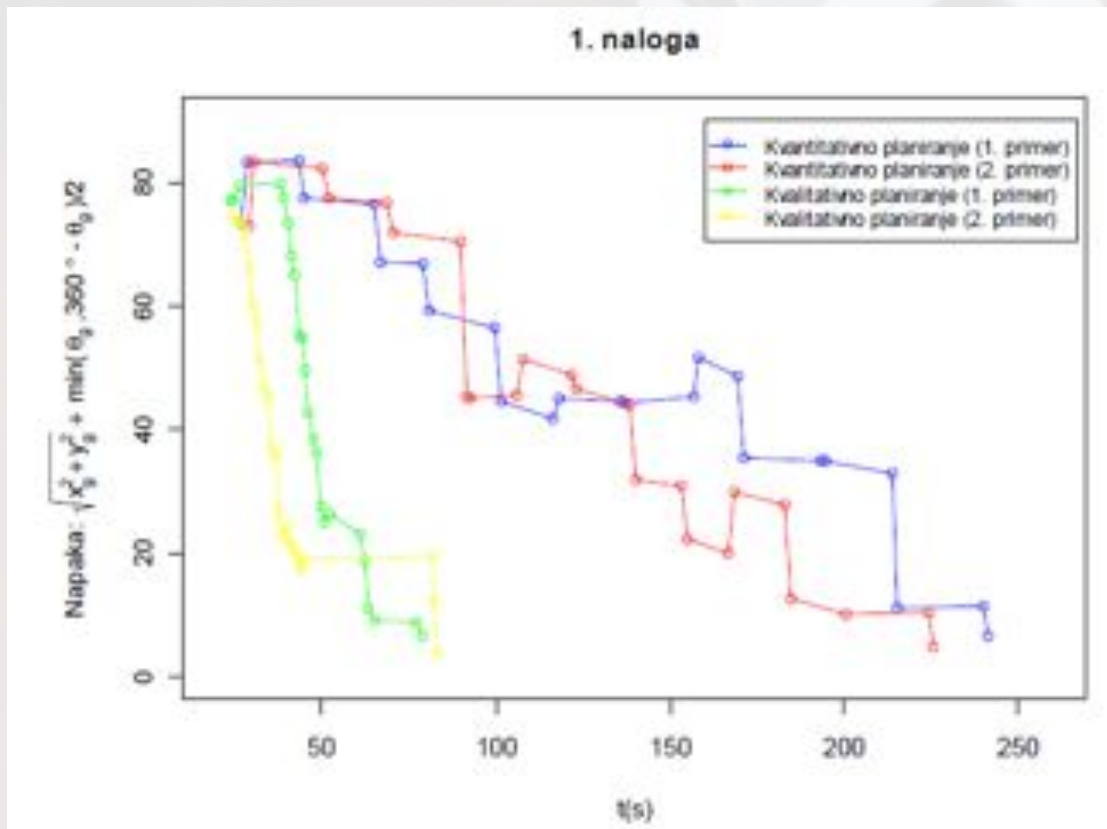


KVALITATIVNO PLANIRANJE (5)

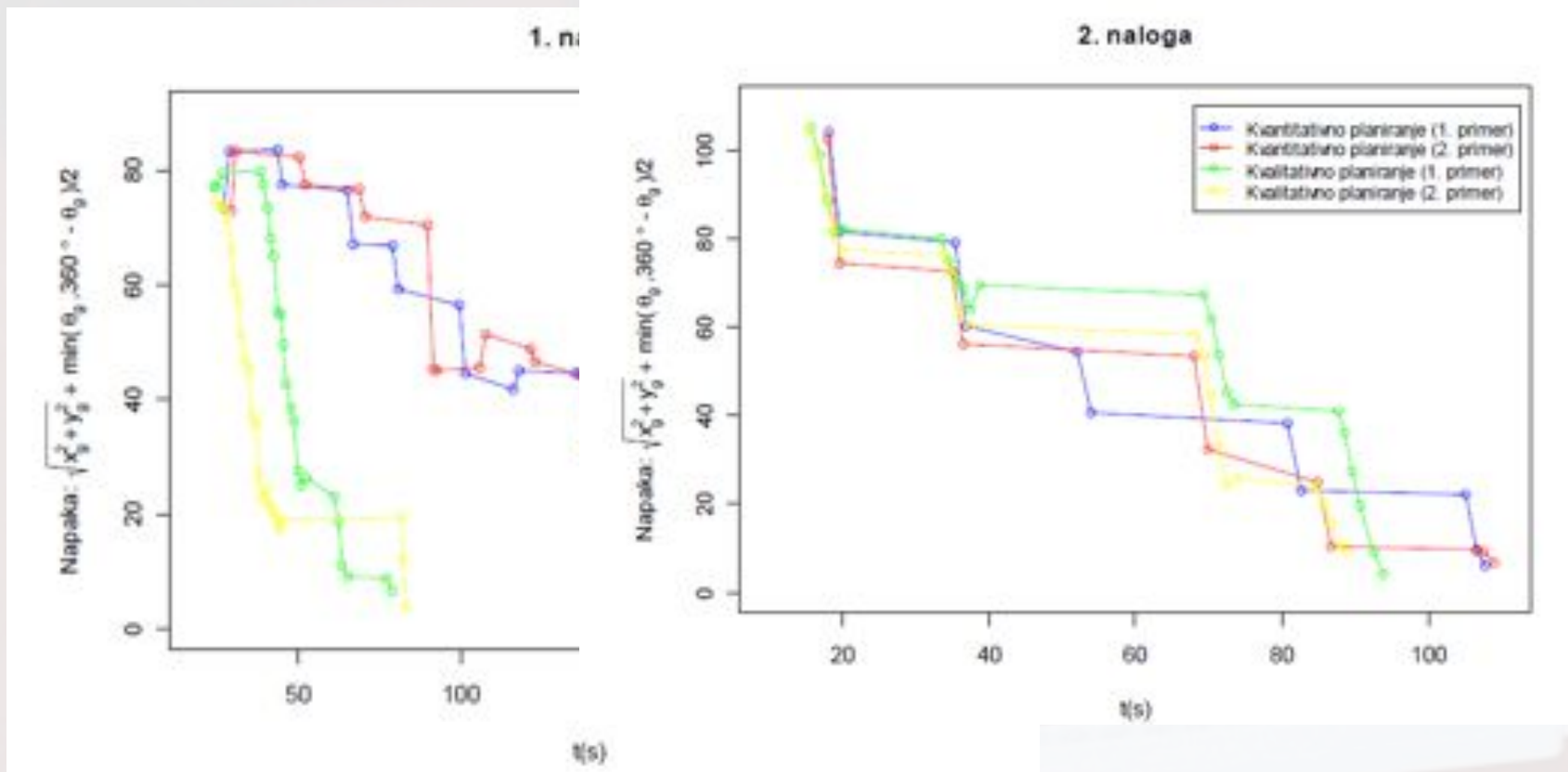
- Glavne ugotovitve
 - Majhna kompleksnost planiranja
 - Možnost upoštevanja predhodnih napak
 - Možnost balansiranja predmeta



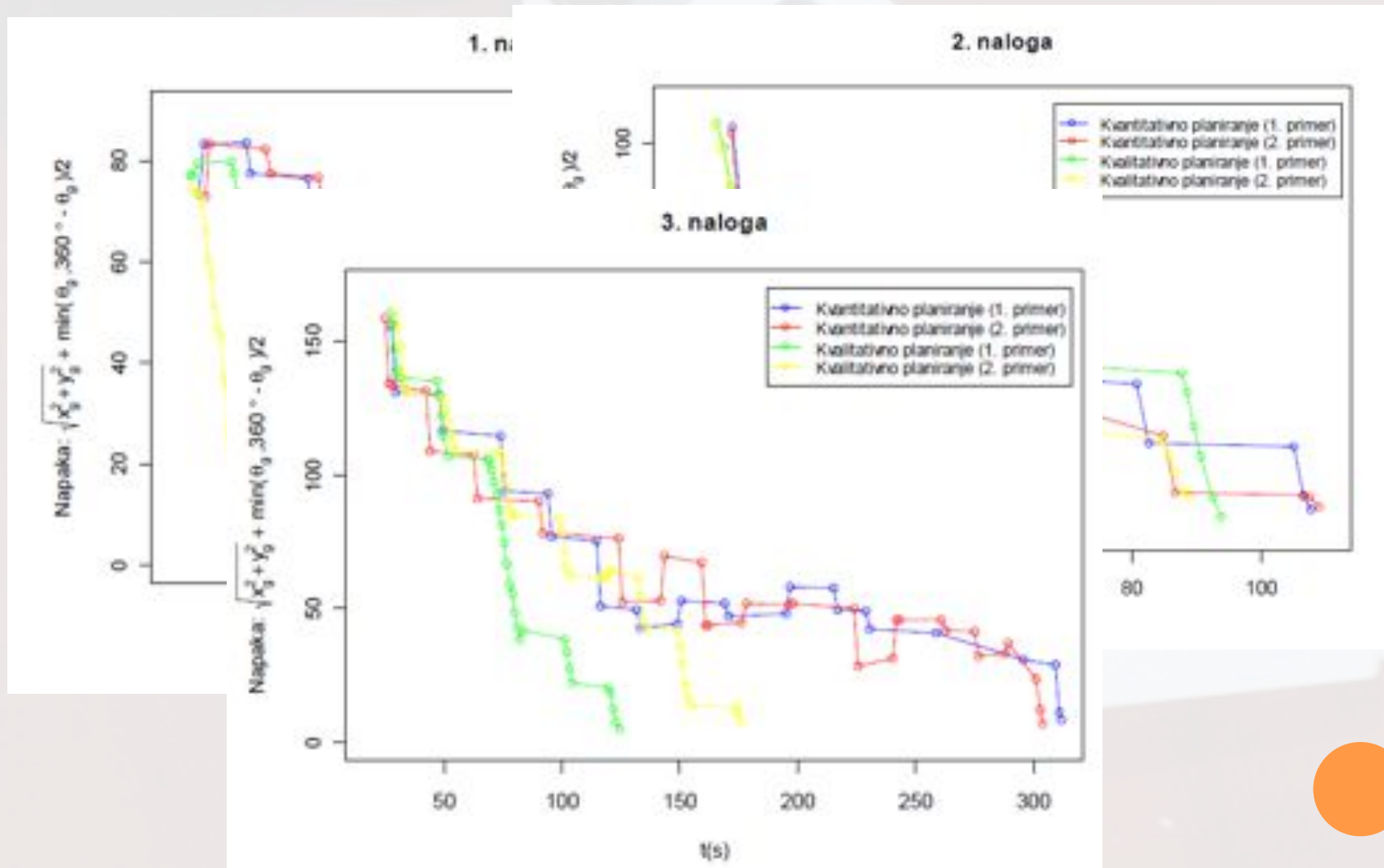
PRIMERJAVA OBEH NAČINOV PLANIRANJA



PRIMERJAVA OBEH NAČINOV PLANIRANJA



PRIMERJAVA OBEH NAČINOV PLANIRANJA



GLAVNE UGOTOVITVE PRI PLANIRANJU

	Računska kompleksnost	Upoštevanje preteklih napak
Kvantitativno planiranje	Velika	Zahtevno
Kvalitativno planiranje	Majhna	Preprosto



ZAKLJUČEK

- V celoti realizirali sami
- Implementirali in priredili že znane algoritme
- Uporabili že implementirane algoritme

