

Deterministic Model 02: Nastavení modelových parametrů a proces modelování.

```
In [1]: # Instalace potřebných knihoven
#%pip install pandas
#%pip install numpy

#%pip install seaborn
```

```
In [2]: # Import potřebných knihoven
import pandas as pd
import numpy as np

import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
%matplotlib inline
```

Načtení reálných dat a dat digitálního kladečského plánu

```
In [3]: # Soubor je načten a přiřazen do proměnné ,df"
other_path = '../..data/sim/merged_data.csv'
df = pd.read_csv(other_path, header=0)
```

```
In [4]: # Zobrazení prvních 5 řádků datasetu
print('Prvních 5 řádků datového rámce')
df.head(5)
```

Prvních 5 řádků datového rámce

```
Out[4]:
```

	id	type_brick	type	rotation	x	y	z	layer	pallet	dist	start_to_verif	verif_to_dest	dest_to_e
0	1	CORNER	2	90	220	95	0	1	1	2731	6	18	
1	2	HALF	3	90	220	252	0	1	1	2596	4	16	
2	4	BASIC	1	90	220	690	0	1	2	2350	6	14	
3	6	BASIC	1	90	220	1190	0	1	4	1804	6	14	
4	9	BASIC	1	90	220	1940	0	1	7	1454	8	12	

Definice a nastavení parametrů robotického systému

```
In [5]: # SPECIFIKACE ROBOTICKÉHO SYSTÉMU

speed_max_load = 0.5      # m/s, maximální rychlost TCP při manipulaci s prvkem (se zátěží)
speed_max_unload = 1.0    # m/s, maximální rychlost TCP bez zátěže
accel = 1                 # m/s^2, zrychlení TCP

# výpočet času potřebného k dosažení maximální rychlosti
time_to_max_load_speed = speed_max_load / accel
dist_to_max_load_speed = (1/2) * accel * time_to_max_load_speed # uražená dráha při akceleraci

# výpočet času potřebného k dosažení 0 rychlosti
```

```

time_to_max_unload_speed = speed_max_unload / accel
dist_to_max_unload_speed = (1/2) * accel * time_to_max_unload_speed # uražená dráha při deakceleraci

# pracovní dosah robotického ramene
range_max = 3_904 # mm, maximální pracovní dosah
range_min = 1_912 # mm, minimální pracovní dosah (orientační)

# SPECIFIKACE TECHNOLOGICKÉHO PROCESU ZDĚNÍ

time_suck_on = 1.5 # s, doba přísátí zdicího prvku
time_suck_off = 0.5 # s, doba odsátí (uvolnění) prvku
time_verif_refer = 3.5 # s, doba pohybu z místa ověření do referenčního bodu
time_refer_pallette = 2.1 # s, doba pohybu z referenčního bodu k paletě

# SOUŘADNICE REFERENČNÍHO BODU

refer_x = 500 # mm, souřadnice X referenčního bodu
refer_y = 2_450 # mm, souřadnice Y referenčního bodu
refer_z = 1_500 # mm, souřadnice Z referenčního bodu

# POLOHA ROBOTICKÉHO RAMENE

robot_x = 2_250 # mm, souřadnice X základny robotu
robot_y = 2_420 # mm, souřadnice Y základny robotu
robot_z = 1_000 # mm, souřadnice Z základny robotu

# PARAMETRY SIMULACE

grid_simulation = 100 # mm, krok (rozlišení) simulační mřížky

```

Výpočet vycházející z reálných dat

```

In [6]: # průměrná doba přesunu z palety na ověřovací stůl
time_pallette_verif = df['start_to_verif'].mean() + time_suck_on
time_pallette_verif

```

Out[6]: 9.754901960784315

Definice funkce pro výpočet celkové doby pracovního cyklu

```

In [ ]: def simulate_time(dist):
    """
    Funkce pro výpočet celkové doby pracovního cyklu robotického zdění.

    Parametry:
    dist (float): vzdálenost mezi referenčním bodem a cílovou polohou prvku [mm]

    Návrátová hodnota:
    total_time (float): celková doba pracovního cyklu [s]
    """
    # pevné technologické časy (manipulace a přesuny mezi pevnými body)
    total_time = time_suck_on + time_pallette_verif
    total_time += time_suck_off + time_suck_on + time_verif_refer

    # pohyb s naloženým prvkem (převod mm → m)
    total_time += (dist - dist_to_max_load_speed) / 1_000 / speed_max_load

    # manipulace v cílové poloze a návrat

```

```

total_time += time_suck_off + time_refer_pallette

# pohyb bez zátěže (zpětný pohyb)
total_time += (dist - dist_to_max_unload_speed) / 1_000 / speed_max_unload

# započtení akceleračních časů
total_time += time_to_max_load_speed + time_to_max_unload_speed
return total_time

```

```

In [8]: # Výpočet simulované celkové doby pracovního cyklu
# Pro každý řádek datového rámce je aplikována funkce simulate_time()
# na základě vzdálenosti 'dist'.
df['total_time_calc'] = df.apply(lambda x : simulate_time(x['dist']) , axis=1)
df.head()

```

```

Out[8]:

```

	id	type_brick	type	rotation	x	y	z	layer	pallet	dist	start_to_verif	verif_to_dest	dest_to_e
0	1	CORNER	2	90	220	95	0	1	1	2731	6	18	
1	2	HALF	3	90	220	252	0	1	1	2596	4	16	
2	4	BASIC	1	90	220	690	0	1	2	2350	6	14	
3	6	BASIC	1	90	220	1190	0	1	4	1804	6	14	
4	9	BASIC	1	90	220	1940	0	1	7	1454	8	12	

Kalibrace reálných dat

```

In [9]: # Výpočet kalibračního koeficientu
# Poměr průměrné reálné doby cyklu k průměrné simulované době cyklu
koeff_correction = df['total_time'].mean() / df['total_time_calc'].mean()

# Aplikace korekčního koeficientu na simulovaná data
# Cílem je přiblížit střední hodnotu modelu reálným měřením
df['total_time_calc'] = df['total_time_calc'] * koeff_correction

```

```

In [10]: df.head()

```

```

Out[10]:

```

	id	type_brick	type	rotation	x	y	z	layer	pallet	dist	start_to_verif	verif_to_dest	dest_to_e
0	1	CORNER	2	90	220	95	0	1	1	2731	6	18	
1	2	HALF	3	90	220	252	0	1	1	2596	4	16	
2	4	BASIC	1	90	220	690	0	1	2	2350	6	14	
3	6	BASIC	1	90	220	1190	0	1	4	1804	6	14	
4	9	BASIC	1	90	220	1940	0	1	7	1454	8	12	

Kontrola lineární vzdálenosti od referenčního bodu ke stěně

```

In [11]: # Výpočet lineární (Eukleidovské) vzdálenosti mezi referenčním bodem
# a cílovou polohou zdíciho prvku ve 3D prostoru
df['dist_linear'] = (
    (df['x'] - refer_x)**2 +
    (df['y'] - refer_y)**2 +

```

```
((df['z'] + 250) - refer_z)**2 # korekce výšky (např. uchopovací bod TCP)
)**(1/2)
df.head(10)
```

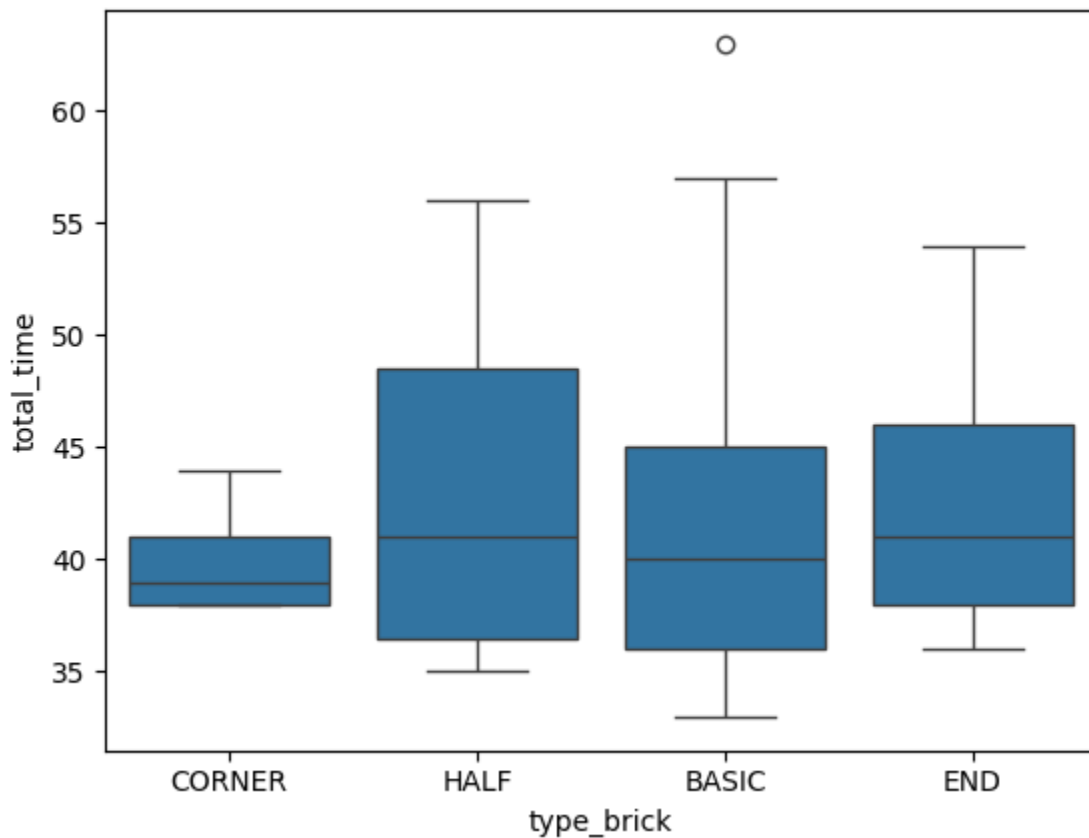
```
Out[11]:
```

	id	type_brick	type	rotation	x	y	z	layer	pallet	dist	start_to_verif	verif_to_dest	dest_to_u
0	1	CORNER	2	90	220	95	0	1	1	2731	6	18	
1	2	HALF	3	90	220	252	0	1	1	2596	4	16	
2	4	BASIC	1	90	220	690	0	1	2	2350	6	14	
3	6	BASIC	1	90	220	1190	0	1	4	1804	6	14	
4	9	BASIC	1	90	220	1940	0	1	7	1454	8	12	
5	10	BASIC	1	90	220	2190	0	1	8	1409	6	14	
6	12	BASIC	1	90	220	2690	0	1	10	1450	8	12	
7	13	BASIC	1	90	220	2940	0	1	11	1532	8	12	
8	14	BASIC	1	90	220	3190	0	1	12	1648	8	12	
9	19	BASIC	1	90	220	4440	0	1	17	2538	10	8	

Porovnání reálných a kalibrovaných dat

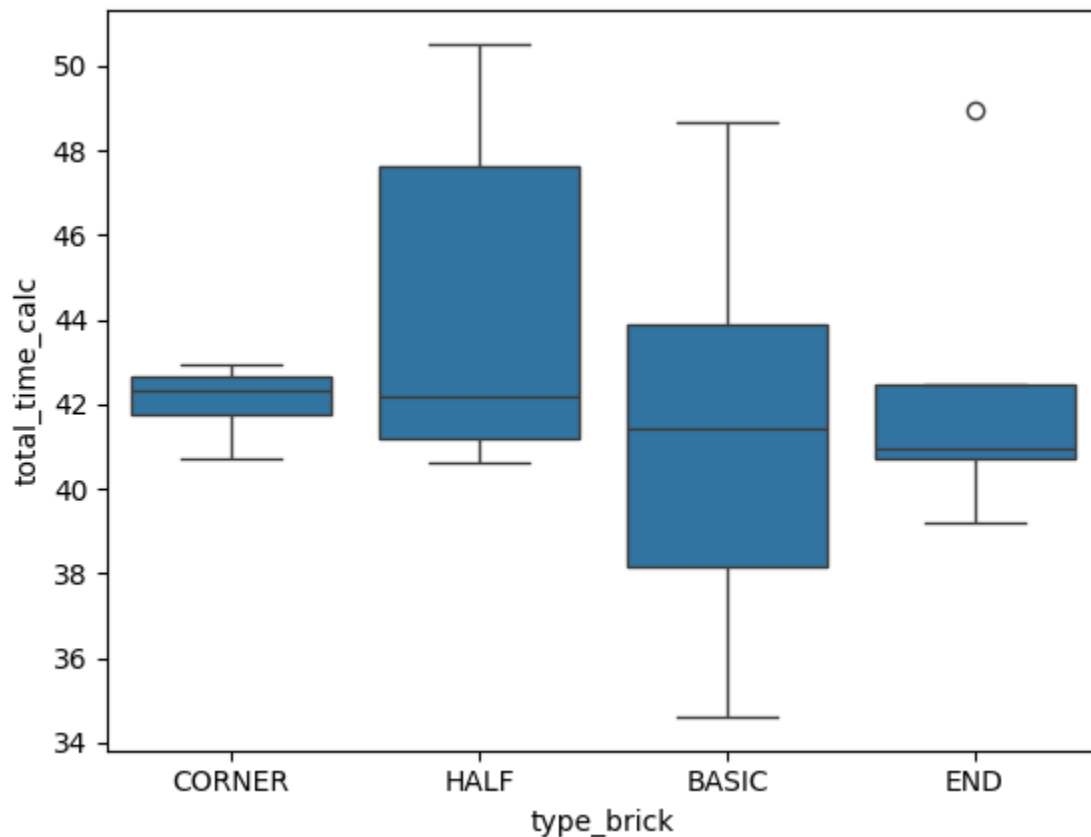
```
In [12]: sns.boxplot(x='type_brick', y="total_time", data=df)
```

```
Out[12]: <Axes: xlabel='type_brick', ylabel='total_time'>
```

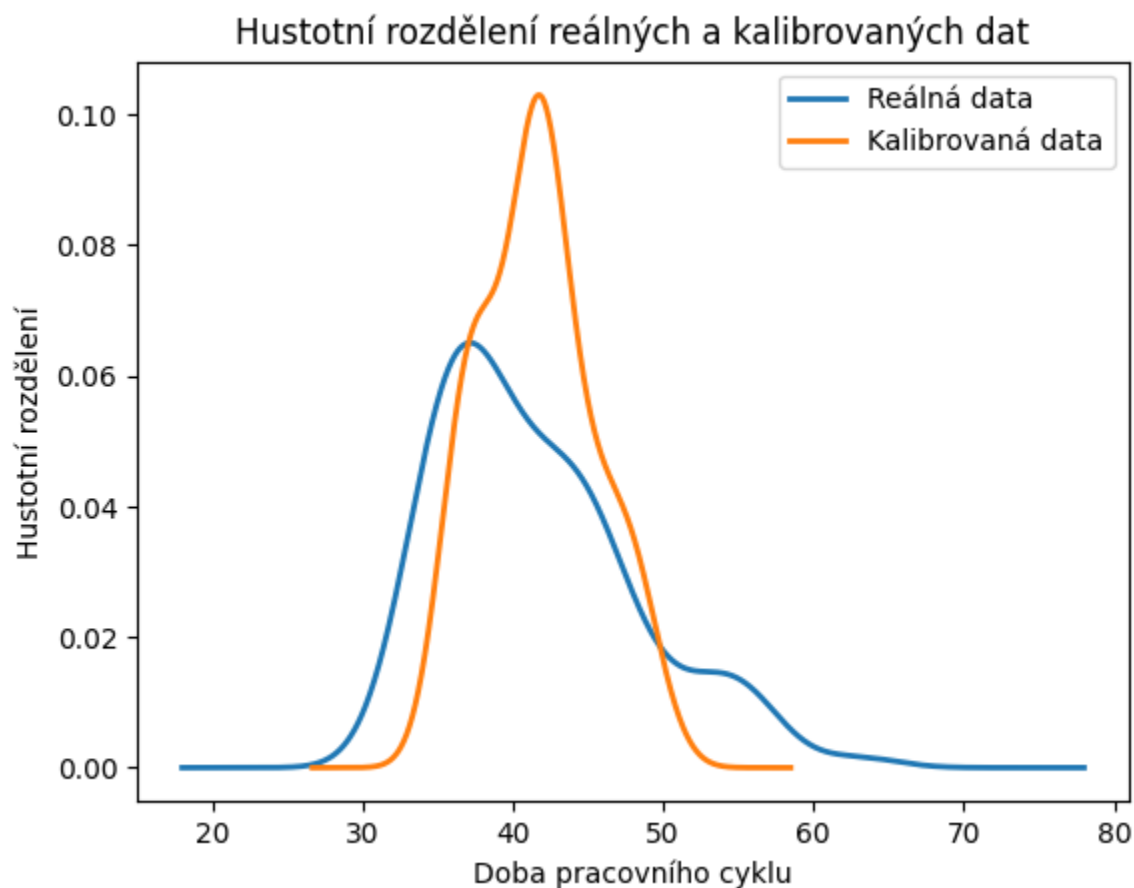


```
In [13]: sns.boxplot(x='type_brick', y="total_time_calc", data=df)
```

Out[13]: <Axes: xlabel='type_brick', ylabel='total_time_calc'>



```
In [14]: # Graf: Hustotní rozdělení reálných a kalibrovaných dat
df['total_time'].plot.density(bw_method='scott', linestyle='-', linewidth=2, label='Reálná data')
df['total_time_calc'].plot.density(bw_method='scott', linestyle='-', linewidth=2, label='Kalibrovaná data')
plt.legend()
plt.xlabel("Doba pracovního cyklu")
plt.ylabel("Hustotní rozdělení")
plt.title('Hustotní rozdělení reálných a kalibrovaných dat')
plt.show()
```



Simulace přípustných pracovních bodů v prostředí Rhinoceros a Grasshopper (viz. model Rhino)

```
In [15]: # Soubor je načten a přiřazen do proměnné ,df_allowed_points"
other_path = '../data/points/allowed_points.csv'
df_allowed_points = pd.read_csv(other_path, header=0)
```

```
In [16]: # Změna datového typu sloupců a zobrazení prvních 5 řádků datasetu
df_allowed_points[['x','y','z']] = df_allowed_points[['x','y','z']].astype(int)
df_allowed_points.head(5)
```

```
Out[16]:
```

	x	y	z
0	74	459	1284
1	-90	4908	2217
2	522	3074	26
3	425	2247	2739
4	516	3425	1590

Generování deterministických simulačních dat

```
In [17]: # Vytvoření simulačního datového rámce z množiny přípustných bodů
df_sim = df_allowed_points

# Výpočet Eukleidovské vzdálenosti od referenčního bodu
df_sim['dist'] = (
```

```

(df_sim['x'] - refer_x)**2 +
(df_sim['y'] - refer_y)**2 +
((df_sim['z'] + 250) - refer_z)**2
)**(1/2)

# Výpočet deterministické doby pracovního cyklu
df_sim['total_time'] = df_sim.apply(
    lambda x: simulate_time(x['dist']),
    axis=1
)

# Aplikace kalibračního koeficientu (globální lineární korekce modelu)
df_sim['total_time'] = df_sim['total_time'] * koeff_correction

# Náhled prvních řádků simulovaného datasetu
df_sim.head()

```

Out[17]:

	x	y	z	dist	total_time
0	74	459	1284	2036.347957	39.870016
1	-90	4908	2217	2706.465038	42.842716
2	522	3074	26	1374.058223	36.932040
3	425	2247	2739	1504.644476	37.511332
4	516	3425	1590	1032.705670	35.417769

In [18]: # Základní deskriptivní statistika simulovaného datasetu
df_sim.describe()

Out[18]:

	x	y	z	dist	total_time
count	20000.000000	20000.000000	20000.000000	20000.000000	20000.000000
mean	1422.944700	1336.856500	1374.817600	2435.292585	41.639771
std	1440.916105	1512.725045	805.317921	1090.305852	4.836695
min	-99.000000	-99.000000	0.000000	64.101482	31.120954
25%	248.000000	202.000000	676.000000	1577.850196	37.836079
50%	599.500000	521.000000	1374.500000	2402.055568	41.492328
75%	2591.250000	2435.000000	2076.000000	3159.976186	44.854532
max	4599.000000	4949.000000	2749.000000	5026.495598	53.134580

In [19]: # Graf: Hustotní rozdělení simulačních a kalibrovaných dat

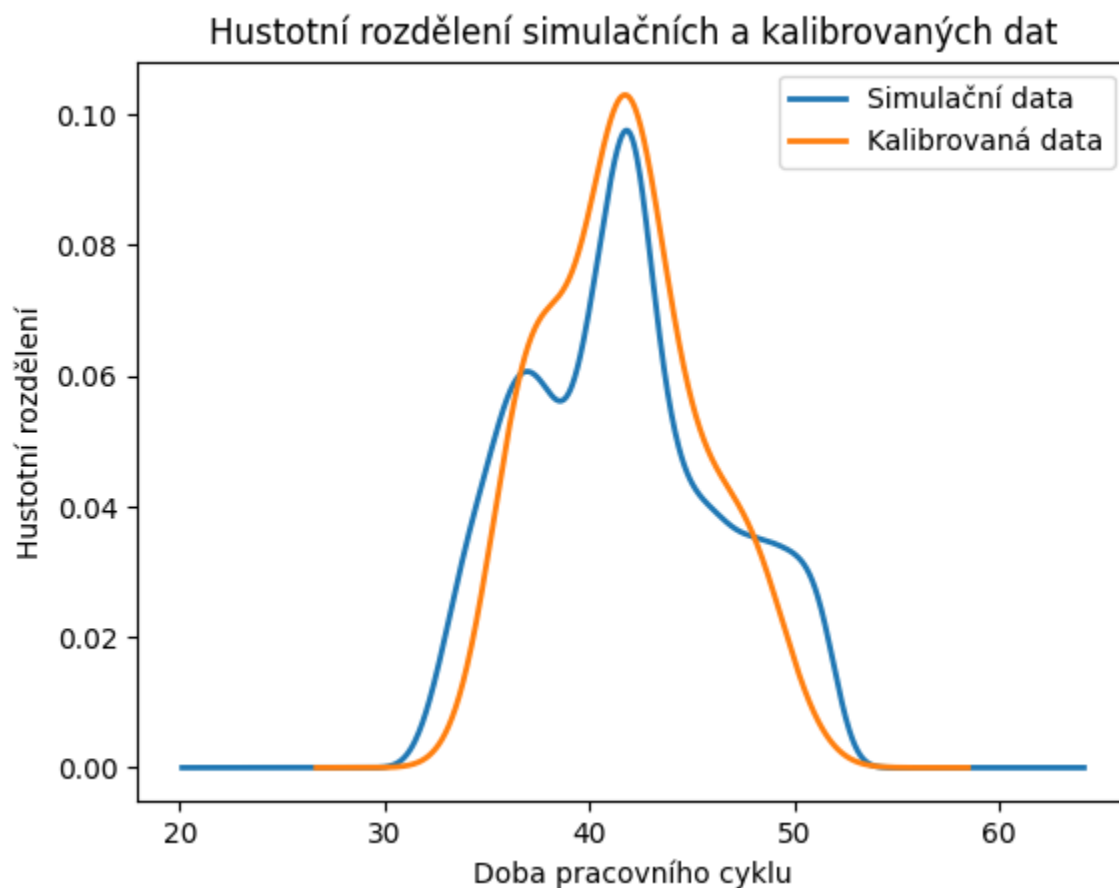
```

df_sim['total_time'].plot.density(bw_method='scott', linestyle='-', linewidth=2, label='Simulační')
df['total_time_calc'].plot.density(bw_method='scott', linestyle='-', linewidth=2, label='Kalibrovaný')

plt.xlabel("Doba pracovního cyklu")
plt.ylabel("Hustotní rozdělení")
plt.title('Hustotní rozdělení simulačních a kalibrovaných dat')

plt.legend()
plt.show()

```



Export datové sady do formátu CSV

```
In [20]: df_sim.to_csv("../data/sim/model_data.csv", index=False)
df.to_csv("../data/sim/model_data_real.csv", index=False)
```

Autor / Organizace / Datum

Vjačeslav Usmanov, ČVUT v Praze, Fakulta stavební

Přehled změn

Datum (YYYY-MM-DD)	Verze	Autor změny	Popis změny
2026-01-24	1.1	Vjačeslav Usmanov	added DM_02_Model_Parameters.ipynb
2026-02-14	1.2	Vjačeslav Usmanov	changed DM_02_Model_Parameters.ipynb