

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/02_DetermModel/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

	id	type_brick	type	rotation	x	y	z	layer	pallet	dist	start_to_verif	verif_to_dest	dest
0	1	CORNER	2	90	220	95	0	1	1	2731		6	17
1	2	HALF	3	90	220	252	0	1	1	2596		3	17
2	4	BASIC	1	90	220	690	0	1	2	2350		6	14
3	6	BASIC	1	90	220	1190	0	1	4	1804		7	14
4	9	BASIC	1	90	220	1940	0	1	7	1454		8	13

Definice a nastavení parametrů robotického systému

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

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

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

# výpočet času potřebného k dosažení 0 rychlosťi
time_to_max_unload_speed = speed_max_unload / accel
dist_to_max_unload_speed = (1/2) * accel * time_to_max_unload_speed # uražená dráha pri 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 přisátí zdiciho prvku
time_suck_off = 0.5          # s, doba odsáti (uvolnění) prvku
time_verif_refer = 3.5      # s, doba pohybu z místa ověření do referenčního bodu
time_refer_pallet = 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 robota
robot_y = 2_420              # mm, souřadnice Y základny robota
robot_z = 1_000              # mm, souřadnice Z základny robota

# 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_pallet_verif = df['start_to_verif'].mean() + time_suck_on
time_pallet_verif
```

```
Out[6]: np.float64(9.88679245283019)
```

Definice funkce pro výpočet celkové doby pracovního cyklu

```

In [7]: 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]

    Návratová hodnota:
    total_time (float): celková doba pracovního cyklu [s]
    """

    # pevné technologické časy (manipulace a přesuny mezi pevnými body)
    total_time = time_suck_on + time_pallet_verif
    total_time += time_suck_off + time_suck_on + time_verif_refer

    # pohyb s naloženým prvkkem (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_pallet

    # 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_i
0	1	CORNER	2	90	220	95	0	1	1	2731		6	17
1	2	HALF	3	90	220	252	0	1	1	2596		3	17
2	4	BASIC	1	90	220	690	0	1	2	2350		6	14
3	6	BASIC	1	90	220	1190	0	1	4	1804		7	14
4	9	BASIC	1	90	220	1940	0	1	7	1454		8	13

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_i
0	1	CORNER	2	90	220	95	0	1	1	2731		6	17
1	2	HALF	3	90	220	252	0	1	1	2596		3	17
2	4	BASIC	1	90	220	690	0	1	2	2350		6	14
3	6	BASIC	1	90	220	1190	0	1	4	1804		7	14
4	9	BASIC	1	90	220	1940	0	1	7	1454		8	13

Kontrola lineární vzdálenosti od referenčního bodu ke stěně

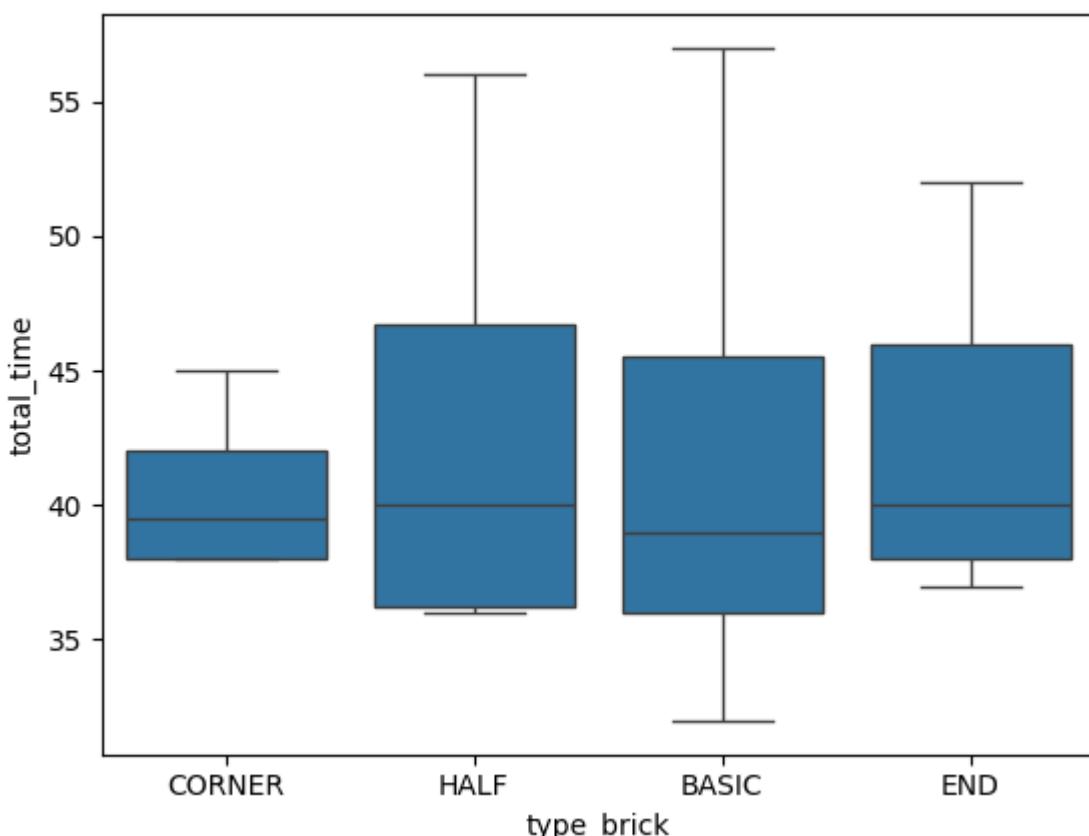
In [11]: # Výpočet Lineární (Eukleidovské) vzdálenosti mezi referenčním bodem
a cílovou polohou zdíčího prvku ve 3D prostoru
df['dist_linear'] = (
 (df['x'] - refer_x)**2 +
 (df['y'] - refer_y)**2 +
 ((df['z'] + 250) - refer_z)**2 # korekce výšky (např. uchopovací bod TCP)
)**(1/2)
df.head(10)

Out[11]:		id	type_brick	type	rotation	x	y	z	layer	pallet	dist	start_to_verif	verif_to_dest	dest
0	1	CORNER	2	90	220	95	0	1	1	1	2731	6	17	
1	2	HALF	3	90	220	252	0	1	1	1	2596	3	17	
2	4	BASIC	1	90	220	690	0	1	2	2	2350	6	14	
3	6	BASIC	1	90	220	1190	0	1	4	4	1804	7	14	
4	9	BASIC	1	90	220	1940	0	1	7	7	1454	8	13	
5	10	BASIC	1	90	220	2190	0	1	8	8	1409	8	14	
6	11	BASIC	1	90	220	2440	0	1	9	9	1408	8	12	
7	12	BASIC	1	90	220	2690	0	1	10	10	1450	6	13	
8	13	BASIC	1	90	220	2940	0	1	11	11	1532	10	10	
9	14	BASIC	1	90	220	3190	0	1	12	12	1648	8	12	

Porovnání reálných a kalibrovaných dat

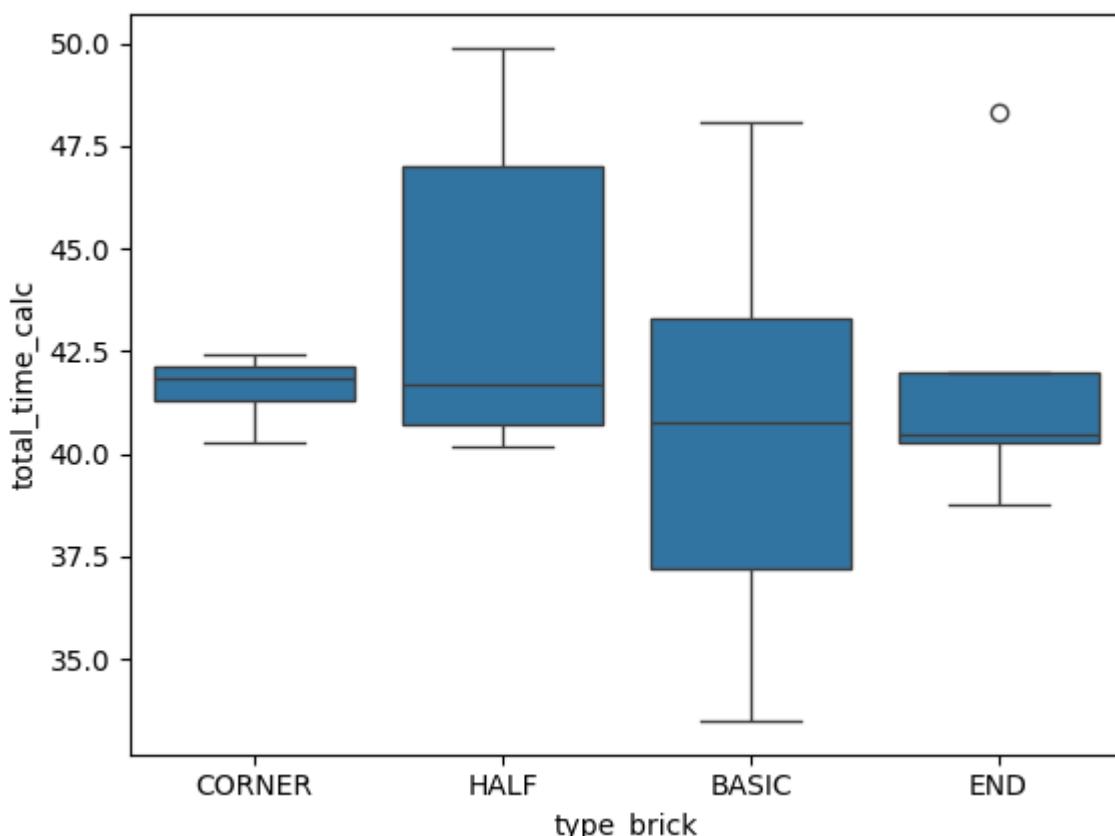
In [12]: `sns.boxplot(x='type_brick', y="total_time", data=df)`

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



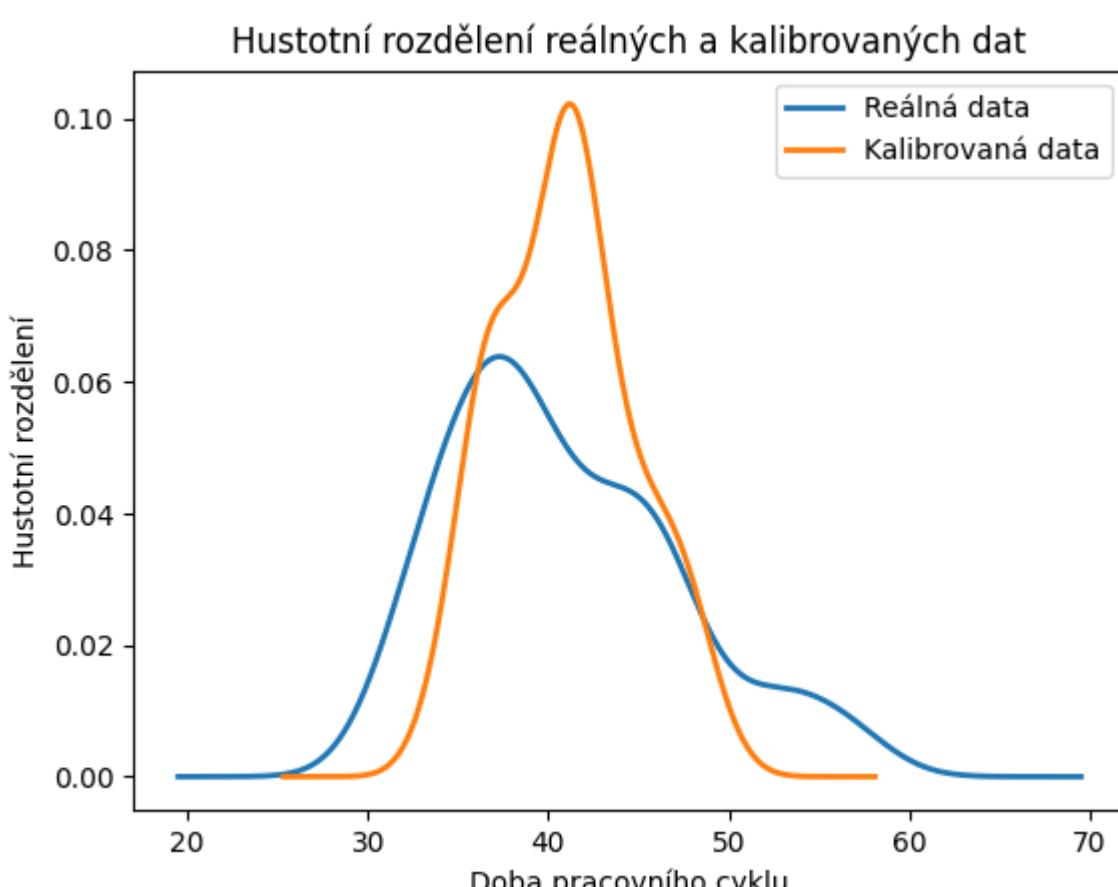
In [13]: `sns.boxplot(x='type_brick', y="total_time_calc", data=df)`

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/02_DetermModel/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	39.408400
1	-90	4908	2217	2706.465038	42.332379
2	522	3074	26	1374.058223	36.518575
3	425	2247	2739	1504.644476	37.088373
4	516	3425	1590	1032.705670	35.029123

```
In [18]: # Základní deskriptivní statistika simulovaného datasetu
```

```
df_sim.describe()
```

Out[18]:

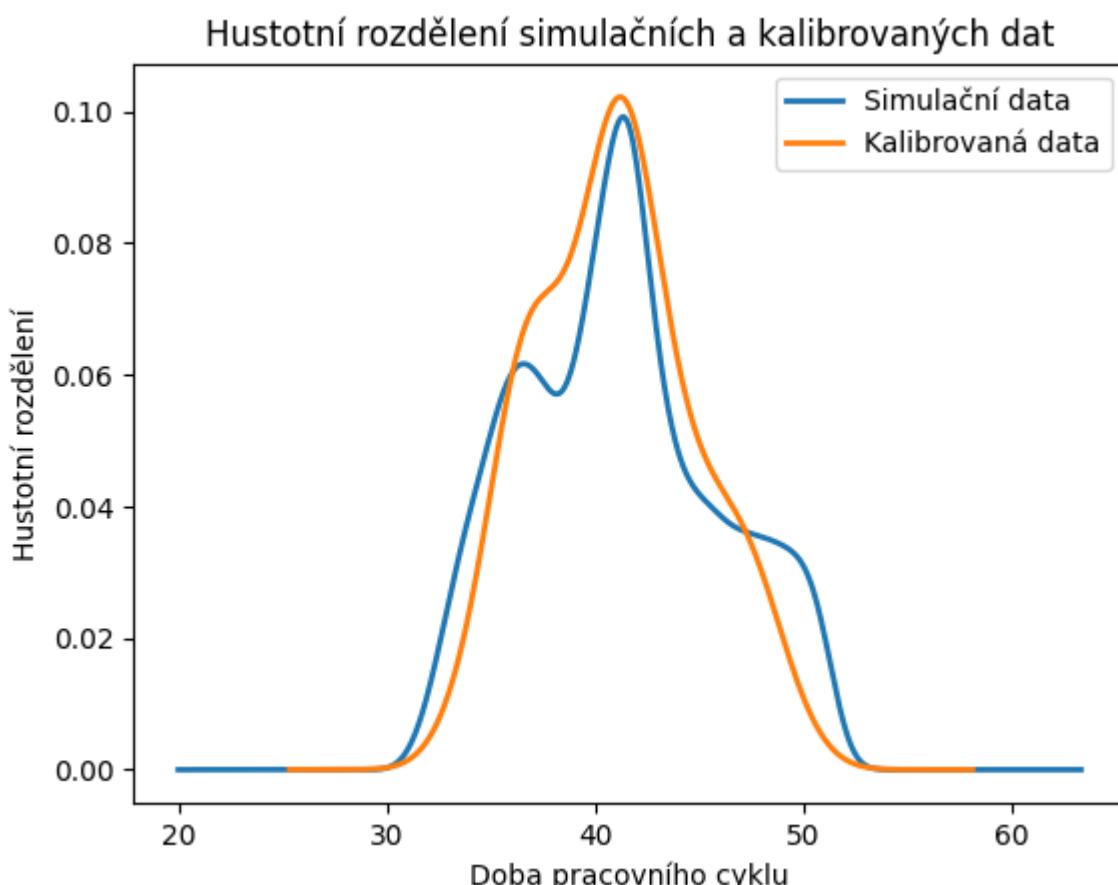
	x	y	z	dist	total_time
count	20000.000000	20000.000000	20000.000000	20000.000000	20000.000000
mean	1422.944700	1336.856500	1374.817600	2435.292585	41.149149
std	1440.916105	1512.725045	805.317921	1090.305852	4.757424
min	-99.000000	-99.000000	0.000000	64.101482	30.802730
25%	248.000000	202.000000	676.000000	1577.850196	37.407798
50%	599.500000	521.000000	1374.500000	2402.055568	41.004123
75%	2591.250000	2435.000000	2076.000000	3159.976186	44.311223
max	4599.000000	4949.000000	2749.000000	5026.495598	52.455566

In [19]:

```
# Graf: Hustotní rozdělení simulačních a kalibrovaných dat
df_sim['total_time'].plot.density(bw_method='scott', linestyle='-', linewidth=2, label='Simulační data')
df['total_time_calc'].plot.density(bw_method='scott', linestyle='-', linewidth=2, label='Kalibrovaná data')

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/02_DetermModel/model_data.csv", index=False)
df.to_csv("../data/02_DetermModel/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