

Hybrid Model 01: Sjednocení modelů (Models integration)

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

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

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

Vstupní data

```
In [3]: ### Deterministická data

# Soubor je načten a přiřazen do proměnné ,df_cycl‘
other_path = '../..../data/02_DetermModel/model_data.csv'
df_cycl = pd.read_csv(other_path, header=0)
df_cycl
```

Out[3]:

	x	y	z	dist	time
0	74	459	1284	4840	39.019
1	-90	4908	2217	4571	38.212
2	522	3074	26	2718	32.653
3	425	2247	2739	4318	37.453
4	516	3425	1590	3308	34.423
...
19995	3122	589	704	7604	47.311
19996	1693	319	1561	6726	44.677
19997	2078	-4	46	7198	46.093
19998	3151	317	2282	8632	50.395
19999	1015	49	673	6034	42.601

20000 rows × 5 columns

Generování časové trajektorie deterministické doby cyklu

```
In [4]: # Zaokrouhlení hodnot, převod na int a vytvoření čísla cyklu z indexu
df_cycl['time'] = df_cycl['time'].round().astype(int)
df_cycl['dist'] = df_cycl['dist'].round().astype(int)
df_cycl['cycle'] = df_cycl.index + 1
df_cycl
```

Out[4]:

	x	y	z	dist	time	cycle
0	74	459	1284	4840	39	1
1	-90	4908	2217	4571	38	2
2	522	3074	26	2718	33	3
3	425	2247	2739	4318	37	4
4	516	3425	1590	3308	34	5
...
19995	3122	589	704	7604	47	19996
19996	1693	319	1561	6726	45	19997
19997	2078	-4	46	7198	46	19998
19998	3151	317	2282	8632	50	19999
19999	1015	49	673	6034	43	20000

20000 rows × 6 columns

In [5]:

```
# Rozbalení řádků s vytvořením průběžného času
df_cycl_time = (
    df_cycl.loc[df_cycl.index.repeat(df_cycl['time'])]
        .assign(time=lambda x: range(1, len(x) + 1))
        .reset_index(drop=True)
    [[ 'time', 'cycle' ]])
)

df_cycl_time
```

Out[5]:

	time	cycle
0	1	1
1	2	1
2	3	1
3	4	1
4	5	1
...
841483	841484	20000
841484	841485	20000
841485	841486	20000
841486	841487	20000
841487	841488	20000

841488 rows × 2 columns

Generování časové trajektorie stochastických vlivu

In [6]:

```
### Stochastická data
```

```
# Soubor je načten a přiřazen do proměnné ,df_state'
other_path = '../..../data/03_StochModel/simulation_MCMC_samples.csv'
df_state = pd.read_csv(other_path, header=0)
df_state
```

Out[6]:

	time	state_index
0	0	7
1	1	7
2	2	7
3	3	8
4	4	8
...
999995	999995	6
999996	999996	6
999997	999997	6
999998	999998	7
999999	999999	7

1000000 rows × 2 columns

In [7]:

```
# nalezení indexu prvního výskytu stavu S1
idx_start = df_state[df_state['state_index'] == 1].index[0]

# odstranění všech řádků před tímto indexem
df_state = df_state.loc[idx_start: ].reset_index(drop=True)

df_state
```

Out[7]:

	time	state_index
0	9	1
1	10	1
2	11	2
3	12	2
4	13	3
...
999986	999995	6
999987	999996	6
999988	999997	6
999989	999998	7
999990	999999	7

999991 rows × 2 columns

Definice neprovozních stavů

```
In [8]: # definice neprovozních stavů systému
downtime_states = [9, 10, 11, 12]
```

Mapa zpoždění pro jednotlivé stavы

```
In [ ]: # doba trvání neprovozních stavů [s]
state_delay_map = {
    9: 60, # manuální kontrola a servis
    10: 70, # výměna defektního materiálu
    11: 160, # oprava systému
    12: 20, # otáčení zdícího prvků
}
```

Výpočet stochastického zpoždění

```
In [10]: # přiřazení zpoždění podle aktuálního stavu
df_state['stochastic_delay'] = df_state['state_index'].map(state_delay_map)

# provozní stavы mají nulové zpoždění
df_state['stochastic_delay'] = df_state['stochastic_delay'].fillna(0)
df_state['stochastic_delay'] = df_state['stochastic_delay'].round().astype(int)
df_state = df_state[df_state['stochastic_delay'] != 0]
df_state
```

Out[10]:

	time	state_index	stochastic_delay
575	584	10	70
576	585	10	70
577	586	10	70
578	587	10	70
579	588	10	70
...
999652	999661	12	20
999653	999662	12	20
999654	999663	12	20
999655	999664	12	20
999656	999665	12	20

135343 rows × 3 columns

```
In [11]: # začátek výskytu zpoždění
df_state = df_state[df_state['state_index'].ne(df_state['state_index'].shift())]
df_state
```

Out[11]:

	time	state_index	stochastic_delay
575	584	10	70
958	967	12	20
3180	3189	10	70
3492	3501	12	20
5587	5596	9	60
...
996325	996334	10	70
997773	997782	12	20
999026	999035	10	70
999156	999165	9	60
999638	999647	12	20

1702 rows × 3 columns

Sjednocení fyzikálního a stochastického modelu

```
In [12]: # Přiřazení stochastic_delay ke každému cycle podle shodného času
df_delay_cycle = (
    df_cycl_time
    .merge(df_state[['time', 'stochastic_delay']], on='time', how='left')
    .dropna(subset=['stochastic_delay'])
    .drop_duplicates('cycle')
    [['cycle', 'stochastic_delay']])
)

df_cycl = df_cycl.merge(df_delay_cycle, on='cycle', how='left')

df_cycl
```

```
Out[12]:
```

	x	y	z	dist	time	cycle	stochastic_delay
0	74	459	1284	4840	39	1	NaN
1	-90	4908	2217	4571	38	2	NaN
2	522	3074	26	2718	33	3	NaN
3	425	2247	2739	4318	37	4	NaN
4	516	3425	1590	3308	34	5	NaN
...
19995	3122	589	704	7604	47	19996	NaN
19996	1693	319	1561	6726	45	19997	NaN
19997	2078	-4	46	7198	46	19998	NaN
19998	3151	317	2282	8632	50	19999	NaN
19999	1015	49	673	6034	43	20000	NaN

20000 rows × 7 columns

```
In [13]: # Nahrazení NaN ve stochastic_delay nulou a převod na int
df_cycl['stochastic_delay'] = df_cycl['stochastic_delay'].fillna(0).astype(int)
df_cycl
```

Out[13]:

	x	y	z	dist	time	cycle	stochastic_delay
0	74	459	1284	4840	39	1	0
1	-90	4908	2217	4571	38	2	0
2	522	3074	26	2718	33	3	0
3	425	2247	2739	4318	37	4	0
4	516	3425	1590	3308	34	5	0
...
19995	3122	589	704	7604	47	19996	0
19996	1693	319	1561	6726	45	19997	0
19997	2078	-4	46	7198	46	19998	0
19998	3151	317	2282	8632	50	19999	0
19999	1015	49	673	6034	43	20000	0

20000 rows × 7 columns

In [14]:

```
# Výpočet nového total_time jako součet původního času a stochastic_delay
df_cycl['total_time'] = df_cycl['time'] + df_cycl['stochastic_delay']

# Výběr relevantních sloupců
df_cycl = df_cycl[['x','y','z','dist','time','stochastic_delay', 'total_time']]
df_cycl
```

Out[14]:

	x	y	z	dist	time	stochastic_delay	total_time
0	74	459	1284	4840	39	0	39
1	-90	4908	2217	4571	38	0	38
2	522	3074	26	2718	33	0	33
3	425	2247	2739	4318	37	0	37
4	516	3425	1590	3308	34	0	34
...
19995	3122	589	704	7604	47	0	47
19996	1693	319	1561	6726	45	0	45
19997	2078	-4	46	7198	46	0	46
19998	3151	317	2282	8632	50	0	50
19999	1015	49	673	6034	43	0	43

20000 rows × 7 columns

In [15]:

```
# Výběr řádků, kde je stochastic_delay větší než 0
df_cycl[df_cycl['stochastic_delay'] > 0]
```

Out[15]:

	x	y	z	dist	time	stochastic_delay	total_time
16	28	-81	46	5225	40	70	110
26	591	316	254	5351	41	20	61
87	70	4919	886	4090	37	70	107
96	67	1977	360	3155	34	20	54
152	-99	367	143	4629	38	60	98
...
19882	2069	599	1336	6716	45	20	65
19885	4060	587	855	8568	50	70	120
19929	1487	420	1399	6341	44	20	64
19932	934	-16	1057	6095	43	160	203
19951	3238	4	17	8358	50	20	70

1417 rows × 7 columns

In [16]:

```
# celková mimopracovní doba, sek
print(f'Celkový mimopracovní běh systému: {df_cycl["stochastic_delay"].sum()} sek')
print(f'Celkový běh systému: {df_cycl["total_time"].sum()} sek')
```

Celkový mimopracovní běh systému: 88240 sek

Celkový běh systému: 929728 sek

Graf: Podíl zpoždění podle času

In [17]:

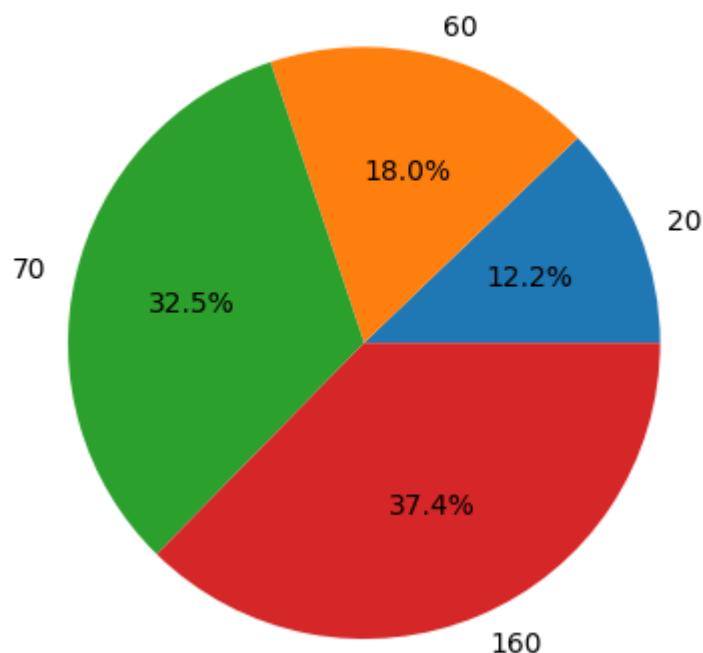
```
# výběr cyklů se zpožděním
df_delay_sum = (
    df_cycl[df_cycl['stochastic_delay'] > 0]
    .groupby('stochastic_delay')['stochastic_delay']
    .sum()
)

plt.figure()

plt.pie(
    df_delay_sum,
    labels=df_delay_sum.index,
    autopct='%1.1f%'
)

plt.title("Podíl zpoždění podle času")
plt.show()
```

Podíl zpoždění podle času

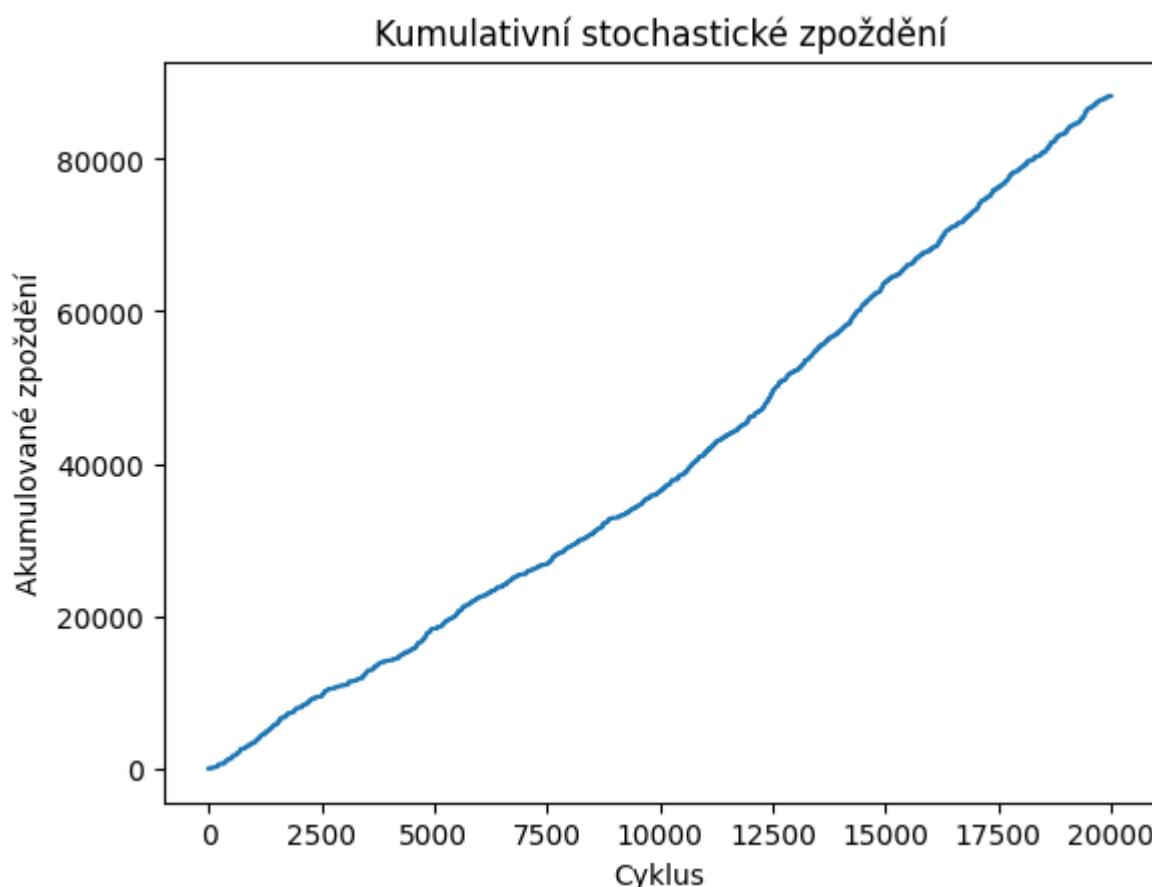


Graf: Kumulativní stochastické zpoždění

```
In [18]: df_cycl = df_cycl.copy()
df_cycl.loc[:, 'cum_delay'] = df_cycl['stochastic_delay'].cumsum()

plt.figure()
plt.plot(df_cycl['cum_delay'])

plt.title("Kumulativní stochastické zpoždění")
plt.xlabel("Cyklus")
plt.ylabel("Akumulované zpoždění")
plt.show()
```



Export datové sady do formátu CSV

```
In [19]: df_cycl.to_csv('..../data/04_HybridModel/hybrid_model.csv', index=False)
```

Autor / Organizace / Datum

Vjačeslav Usmanov, ČVUT v Praze, Fakulta stavební

Přehled změn

Datum (YYYY-MM-DD)	Verze	Autor změny	Popis změny
2026-01-27	1.1	Vjačeslav Usmanov	added HM_01_Models_Integration.ipynb
2026-02-16	1.2	Vjačeslav Usmanov	changed HM_01_Models_Integration.ipynb