

**ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE**  
**FAKULTA RIADENIA A INFORMATIKY**

# **Diskrétna simulácia**

Semestrálna práca 1

**Bc. David Kučera**

Akademický rok 2024/25, letný semester



## Obsah

<b>ZADANIE A POŽIADAVKY PRÁCE .....</b>	<b>3</b>
<b>ARCHITEKTÚRA PRÁCE.....</b>	<b>4</b>
MODUL DSLIB .....	4
<i>SimCore</i> .....	4
<i>Jan</i> .....	5
<i>EmpiricalGenerator</i> .....	5
<i>DiscreteEmpirical</i> .....	5
<i>ContinuousEmpirical</i> .....	5
<i>UniformGenerator</i> .....	5
<i>DiscreteUniform</i> .....	5
<i>ContinuousUniform</i> .....	5
MODUL MONTECARLOLIB.....	5
MODUL MONTECARLOVISUALIZER .....	5
<b>VYHODNOTENIE EXPERIMENTOV JEDNOTLIVÝCH STRATÉGIÍ .....</b>	<b>8</b>
NÁVRH VLASTNÝCH STRATÉGIÍ .....	8
 Obrázok 1 Diagram modulov.....	4
Obrázok 2 Okno po behu štandardných stratégií .....	6
Obrázok 3 Okno po behu mojich stratégií .....	7
Obrázok 4 Okno po behu 1 replikácie .....	7



## Zadanie a požiadavky práce

**Ján chce minimalizovať náklady za 30 týždňov prevádzky skladu súvisiace so skladovaním súčiastok (zahrnutá je aj pokuta za nedodanie) a rozhoduje sa medzi stratégiami objednávania:**

- Stratégia A: Objednávanie každý týždeň od dodávateľa 1,
- Stratégia B: Objednávanie každý týždeň od dodávateľa 2,
- Stratégia C: Objednávanie každý nepárny týždeň od dodávateľa 1 a každý párny týždeň od dodávateľa 2.
- Stratégia D: Objednávanie každý nepárny týždeň od dodávateľa 2 a každý párny týždeň od dodávateľa 1

**Úloha 1:** Ktorú stratégiu má Ján použiť, ak začína s prázdny skladom a vždy objednáva rovnaké počty súčiastok?

**Úloha 2:** Navrhnete a podrobne odôvodnite vlastnú stratégiu, pričom môžete ľubovoľne meniť dodávateľov ale aj objednané množstvá jednotlivých typov súčiastok. Pripravte teda 30 objednávok (postačí tabuľka) a pre každú uveďte ktorému dodávateľovi bude zadaná. Nie je bezpodmienečne nutné nájsť optimálne riešenie, ale Vaše najlepšie riešenie, ktorého postup získania rozumne odôvodnite. Využite metódu Monte Carlo.

### Postup a požiadavky:

Vytvorte model uvedenej situácie a s využitím metódy **Monte Carlo** vykonajte s týmto modelom experimenty tak, aby ste boli schopní zodpovedne odpovedať na položenú otázku. Výsledky experimentov vypisujte prehľadnou formou na obrazovku tak, aby ste správnosť Vašej činnosti mohli ľahko preukázať.

Zobrazte **graficky na grafe v programe v priebehu modelovania** ustaľovanie nákladov na skladovanie (**zahrnutá je aj pokuta za nedodanie**) pre jednotlivé stratégie pri zvyšujúcom sa počte opakovaní experimentu (pre každú stratégiu urobte samostatný graf). Zabezpečte (napr. pomocou vhodných nastavení), aby grafy mali čo najväčšiu čitateľnosť zobrazovaných dát a mali aj reálny prínos pre užívateľa **podľa pokynov z cvičenia**. Simulácia sa musí dať predčasne zastaviť a zobrazíť dosiahnuté výsledky. Pozastavenie a spomalenie nie je potrebné implementovať.

Pre spustenie jedinej simulácie vykreslite do grafu vývoj nákladov na skladovanie (**zahrnutá je aj pokuta za nedodanie**) **po jednotlivých dňoch**.

**Implementujte všeobecné jadro pre statické modelovanie metódou Monte Carlo.** Pri implementácii semestrálnej práce dodržte oddelenie užívateľského prostredia od jadra aplikácie. V tejto semestrálnej práci je na generovanie čísel dovolené používať iba v danom jazyku štandardné knižnice (napr. triedu Random v jazyku java a C#). **Naprogramujte vlastný flexibilný generátor spojitého a diskrétného empirického rozdelenia podľa pokynov z cvičenia.**



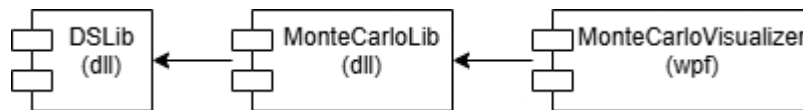
## Architektúra práce

Práca bola implementovaná v programovacom jazyku **C#** na platforme **.NET 8.0**. Beží len na OS Windows. Aplikácia je rozdelená do 3 hlavných programových modulov.

Prvým najnižším modulom je knižnica **DSLlib**, kde je implementácia všeobecného jadra pre statické modelovanie metódou Monte Carlo a vlastné flexibilné generátory pre spojité a diskrétne empirické a rovnomerné rozdelenia. *Pozn. Funkčnosť generátorov bola riadne overená v externej aplikácii.*

Ďalším modulom je modul **MonteCarloLib**, ktorý obsahuje jadro aplikácie. Využíva modul DSLib a vykonáva nad ním operácie pre prácu s jednotlivými stratégiami simulácií – experimentov.

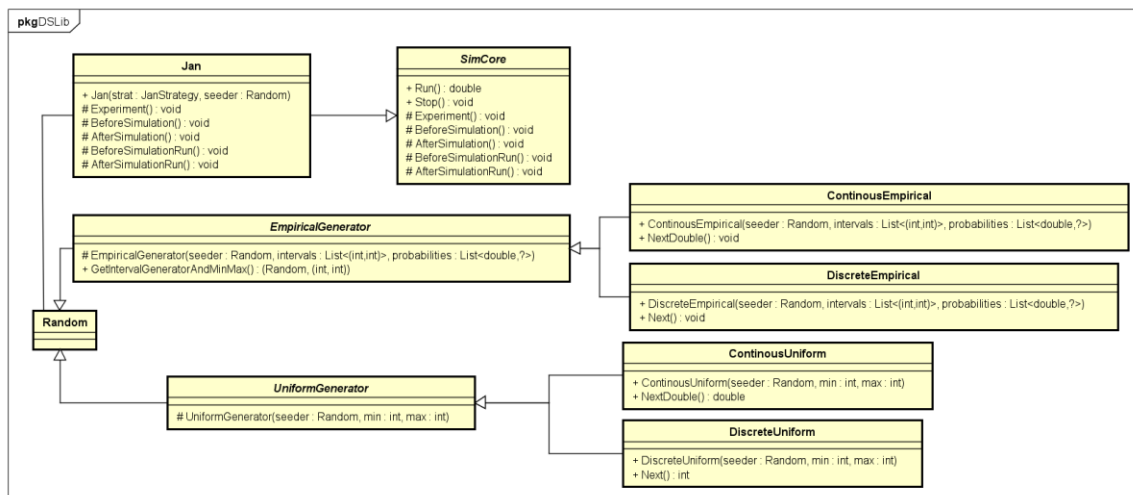
Posledným najvyšším modulom je **MonteCarloVisualizer**, ktorý obsahuje GUI rozhranie pre prácu s modulom MonteCarloLib.



Obrázok 1 Diagram modulov

## Modul DSLib

Táto knižnica obsahuje triedy generátorov a simulačného jadra Monte Carlo.



## SimCore

Trieda obsahuje všeobecné simulačné jadro spolu so všetkými potrebnými metódami. Vykonáva n replikácií, ak nie je predčasne pozastavená.



## Jan

Potomok triedy SimCore, obsahuje model problému a jednotlivé stratégie. Používa generátory popísané nižšie. Pomocou eventov posiela priebežne hodnoty vyššie (kumulatívne náklady a náklady za jednotlivé dni).

### EmpiricalGenerator

Potomok triedy Random, kontroluje zadané parametre a uchováva generátory pre jednotlivé intervaly – rozdelenia.

### DiscreteEmpirical

Potomok triedy EmpiricalGenerator, prekrýva metódu Next pre generovanie diskretných hodnôt z daných intervalov.

### ContinuousEmpirical

Potomok triedy EmpiricalGenerator, prekrýva metódu NextDouble pre generovanie spojitých hodnôt z daných intervalov.

### UniformGenerator

Potomok triedy Random, berie minimum a maximum intervalu a uchováva generátor.

### DiscreteUniform

Potomok triedy UniformGenerator, prekrýva metódu Next pre generovanie diskretných hodnôt z intervalu  $<min, max>$ .

### ContinuousUniform

Potomok triedy UniformGenerator, prekrýva metódu NextDouble pre generovanie spojitých hodnôt z intervalu  $<min, max>$ .

## Modul MonteCarloLib

Tento modul obsahuje triedu reprezentujúcu „jadro“ aplikácie, ktoré sa využíva v GUI. Trieda obsahuje metódy na štart experimentov, zastavenie vykonávania experimentov a obsahuje mechanizmy (eventy) pre poslanie priebežných výsledkov experimentov na GUI.

## Modul MonteCarloVisualizer

Tento modul obsahuje GUI rozhranie pre grafické zobrazenie experimentov na grafe. Obsahuje jediné okno, ktoré sa skladá z dvoch častí – konfiguračná časť a časť obsahujúca 4 grafy.

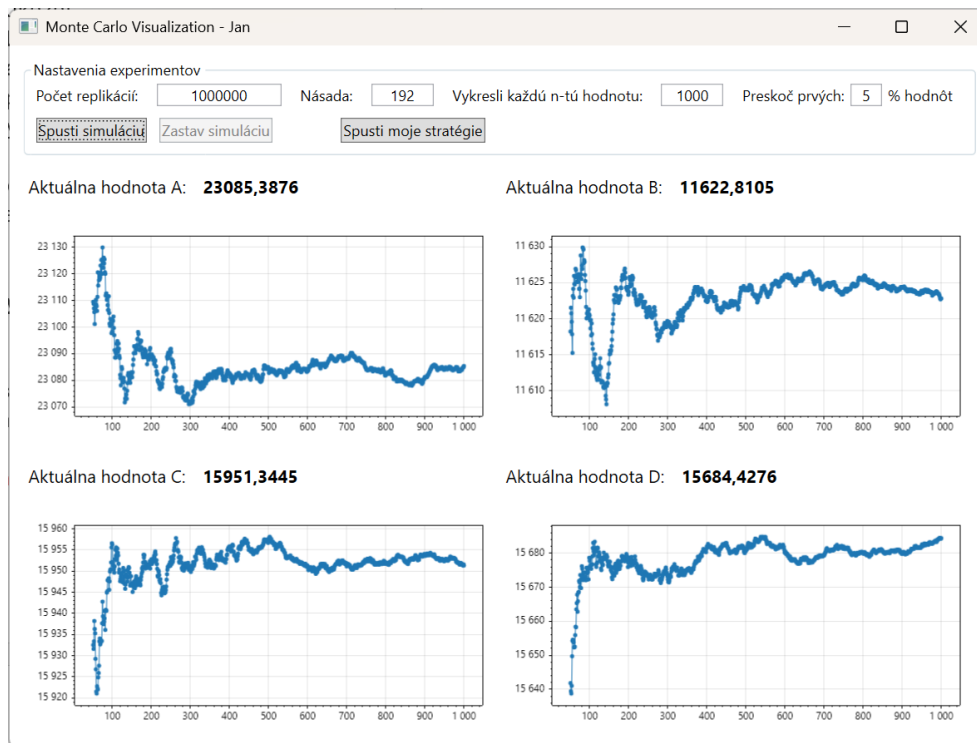
V konfiguračnej časti je možné nastaviť tieto parametre:

- počet replikácií,
- násadu generátorov,
- vykresliť len každý n-tý bod do grafu,
- preskočiť prvých n percent hodnôt.

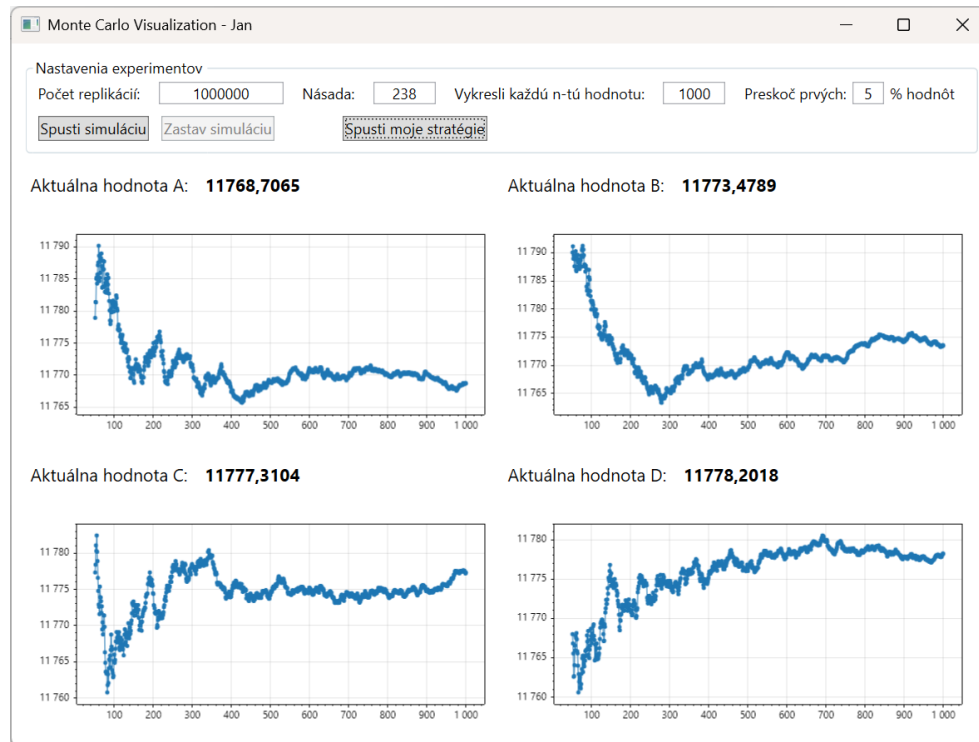


Taktiež sa v tejto časti nachádzajú tlačidlá pre spustenie a zastavenie simulácie. Tlačidlo „Spusti moje stratégie“ spustí do grafov mnou navrhnuté stratégie popísané neskôr v dokumente.

V druhej časti okna je možné vidieť graf stratégie a aktuálnu hodnotu danej simulácie. Okno vyzerá nasledovne:



Obrázok 2 Okno po behu štandardných stratégií



Obrázok 3 Okno po behu mojich stratégií



Obrázok 4 Okno po behu 1 replikácie



Pozn. grafy boli vytvorené v pomocou knižnice ScottPlot – voľne dostupná na <https://scottplot.net>.

Ak je potrebné program spustiť na inom OS ako Windows, je dostupný ešte jeden modul MonteCarloVisualization, ktorý je spustiteľný aj na macOS a Linux. Modul je súčasťou odovzdaného riešenia a je zahrnutý aj v projektovom solution-e.

## Vyhodnotenie experimentov jednotlivých stratégií

V nasledovnej tabuľke je prehľad výsledkov pre jednotlivé stratégie A,B, C a D a pre rôzne počty replikácií. Ako násada generátorov v GUI bola použitá hodnota 0.

P.REP.\STRAT.	A	B	C	D
100 000	23 075	11 633	15 938	15 688
1 000 000	23 093	11 627	15 954	15 687
10 000 000	23 081	11 625	15 949	15 688

Na základe týchto hodnôt, môžeme jednoznačne prehlásiť, že z poskytnutých stratégií je stratégia B najvhodnejšia.

## Návrh vlastných stratégií

Mnou navrhnuté stratégie sú nasledovné:

- Stratégia 1: 1. až 15. týždeň zásobuje dodávateľ 1, zvyšné týždne (16. až 30.) zásobuje dodávateľ 2,
- Stratégia 2: 1. až 15. týždeň zásobuje dodávateľ 2, zvyšné týždne (16. až 30.) zásobuje dodávateľ 1,
- Stratégia 3: 1. až 8., 16. až 23. týždeň zásobuje dodávateľ 1, zvyšné týždne (9. až 15. a 24. až 30.) zásobuje dodávateľ 2,
- Stratégia 4: 1. až 8., 16. až 23. týždeň zásobuje dodávateľ 2, zvyšné týždne (9. až 15. a 24. až 30.) zásobuje dodávateľ 1.

Stratégie sú vo formáte **csv** načítané v programe v prípade práce s nimi (kliknutie na tlačidlo „Spusti moje stratégie“). Formát csv súboru so stratégiami je nasledovný: **týždeň;dodávateľ** – napríklad **1;1 2;1 3;2** ... Súbory je možné nájsť v repozitári v priečinku *data* pod názvami „strategy1.csv“ až „strategy4.csv“.

Výsledky daných stratégií sú v nasledovnej tabuľke. Ako v predchádzajúcom prípade, aj tu bola použitá ako násada generátorov v GUI hodnota 0.

P.REP.\STRAT.	1	2	3	4
100 000	11 799	11 783	11 767	11 782
1 000 000	11 771	11 778	11 773	11 779
10 000 000	11 772	11 773	11 771	11 775





Na základe vykonaných experimentov je možné zhodnotiť navrhnuté stratégie ako takmer rovnaké a rovnako dobré. Avšak, stratégia B je stále lepšia.