

**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>ContinousEmpirical</i> .....	5
<i>UniformGenerator</i> .....	5
<i>DiscreteUniform</i> .....	5
<i>ContinousUniform</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.**



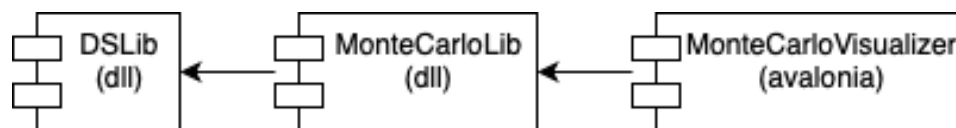
## Architektúra práce

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 DSLlib a vykonáva nad ním operácie pre prácu s jednotlivými stratégiami simulácií – experimentov.

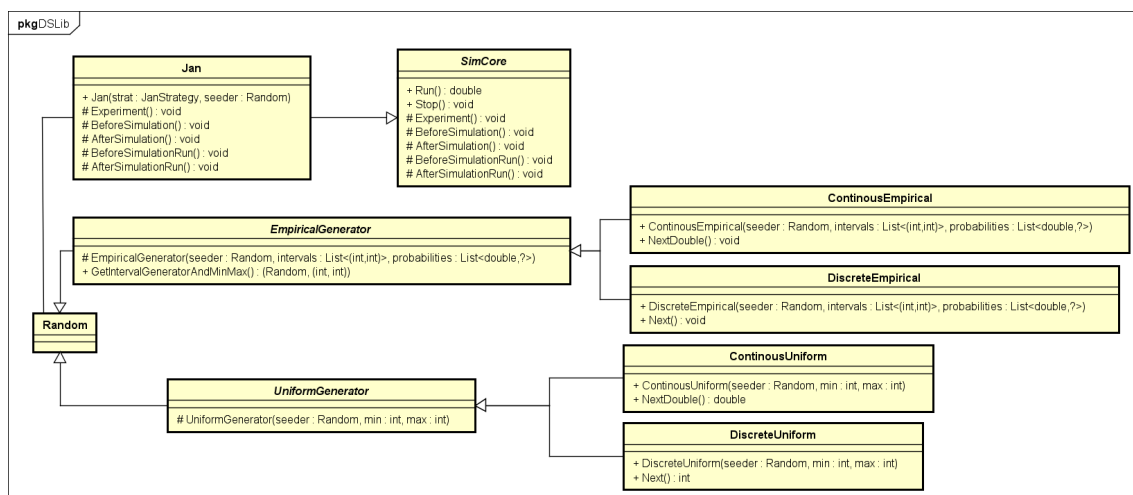
Posledným najvyšším modulom je **MonteCarloVisualization**, ktorý obsahuje GUI rozhranie pre prácu s modulom MonteCarloLib, ktoré je implementované vo frameworku Avalonia (<https://avaloniaui.net>) – umožňuje spustenie na viacerých OS – Windows, macOS, Linux.



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 replikácii, 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, pokrýva metódu Next pre generovanie diskretných hodnôt z daných intervalov.

### ContinuousEmpirical

Potomok triedy EmpiricalGenerator, pokrýva 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, pokrýva metódu Next pre generovanie diskretných hodnôt z intervalu  $<min, max)$ .

### ContinuousUniform

Potomok triedy UniformGenerator, pokrýva 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 MonteCarloVisualization

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.

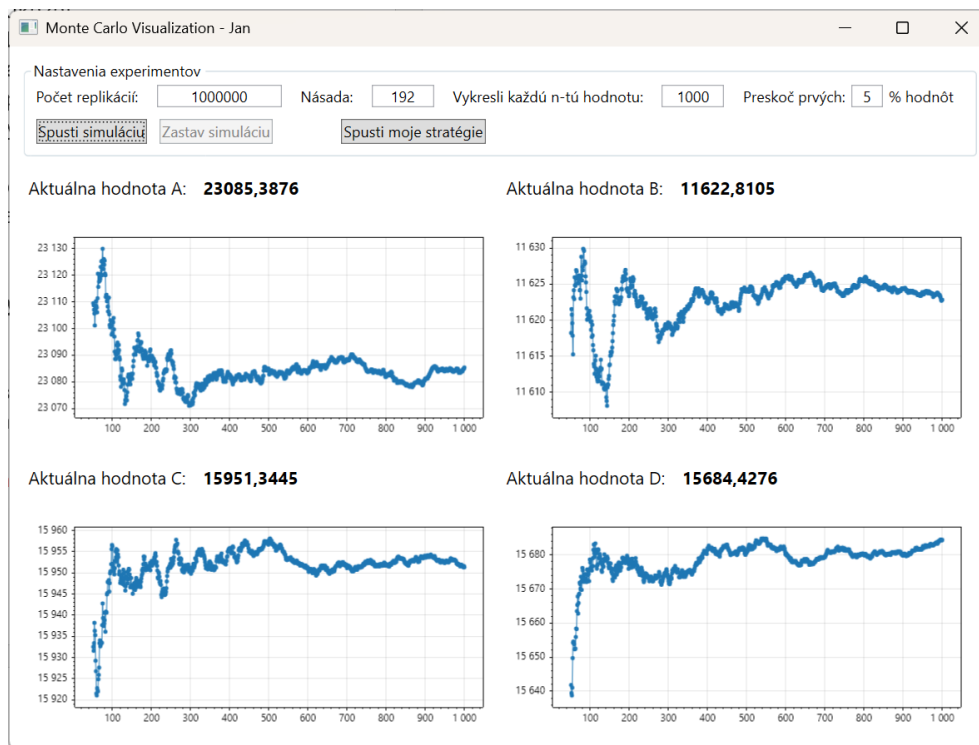
V konfiguračnej časti je možné nastaviť tieto parametre:

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

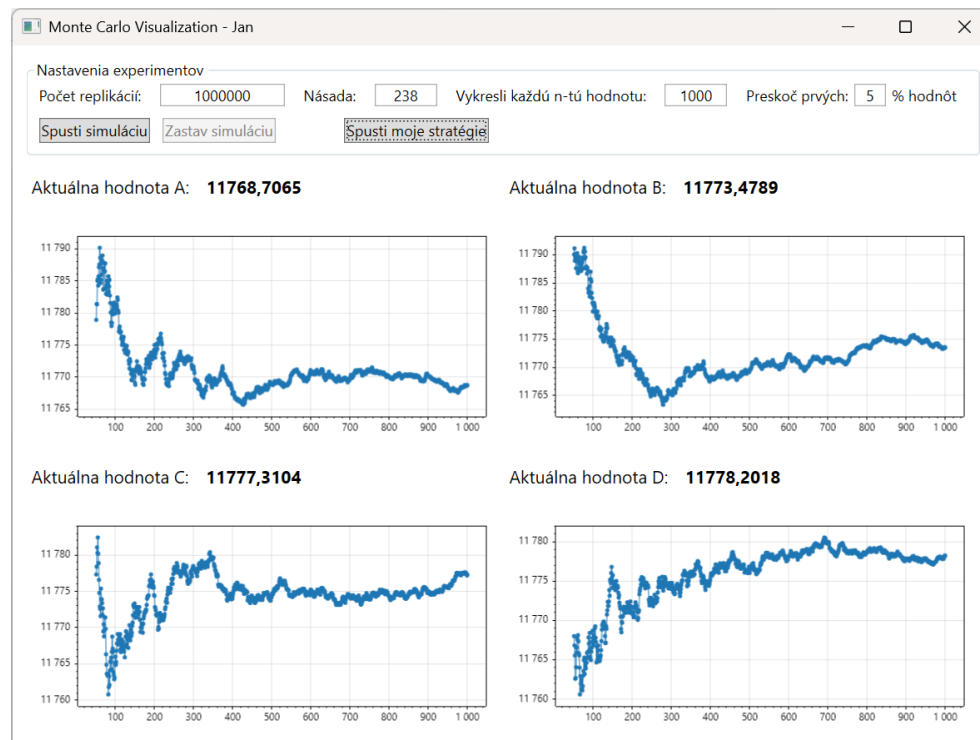


Taktiež sa v tejto časti nachádzajú tlačidlá pre spustenie a zastavenie simulácie. Tlačidlo „Spusti moje stratégie“ spustí do grafov mnou navrhnuté stratégie popísané neskôr v dokumente.

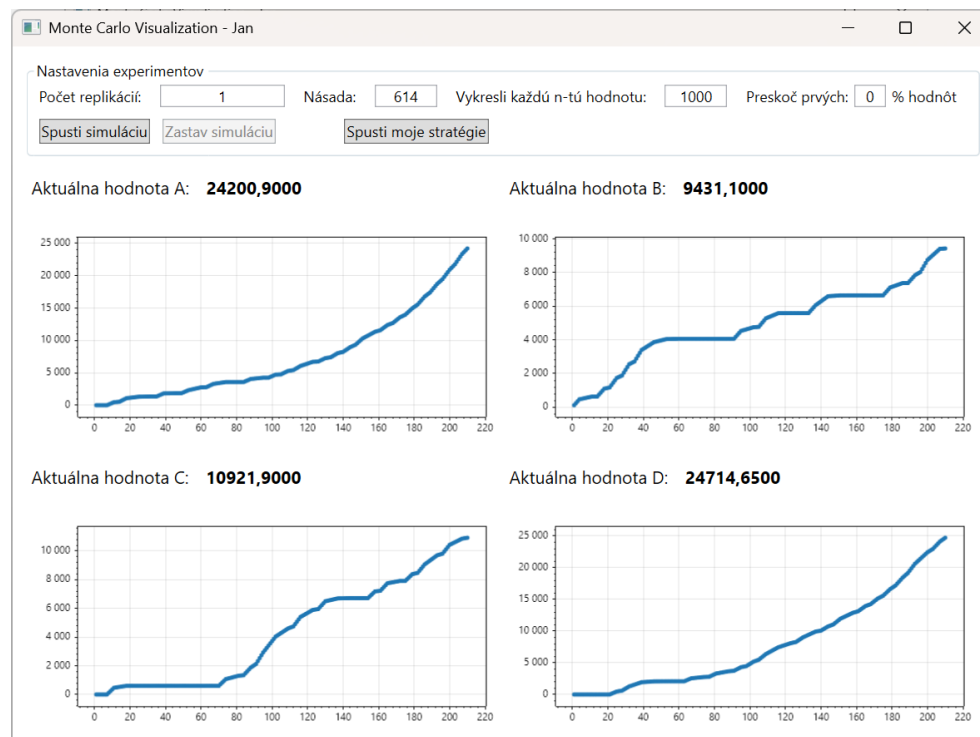
V druhej časti okna je možné vidieť graf stratégie a aktuálnu hodnotu danej simulácie. Okno vyzerá nasledovne:



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 pomoci knižnice ScottPlot – voľne dostupná na <https://scottplot.net>.

## 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 (seed) generátorov v GUI bola použitá hodnota 0.

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

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 (seed) generátorov v GUI hodnota 0.

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

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