

Modelování a simulace

**Technická správa**

Modelovanie priebehu aukcie - SHO

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
1.1	Autori a zdroje faktov . . . . .	2
1.2	Validita modelu . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Rozbor témy</b>	<b>2</b>
2.1	Použité technológie . . . . .	2
2.2	Popis použitých metód . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Koncepty - témy modelovania</b>	<b>4</b>
3.1	Schéma modelovaného systému . . . . .	5
3.2	Petriho sieť . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Koncept - implementačné témy</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Architektúra simulačného modelu</b>	<b>8</b>
5.1	Mapovanie abstraktného modelu do simulačného . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Experimenty</b>	<b>10</b>
6.1	Experiment 1 . . . . .	10
6.2	Experiment 2 . . . . .	11
<b>7</b>	<b>Záver</b>	<b>13</b>

# 1 Úvod

V tejto práci sme sa zaoberali implementáciou modelu [4, slide 8] aukcie, ktorý komplexne zachytáva rôzne dynamické faktory ovplyvňujúce priebeh aukcie. Prostredníctvom vytvoreného modelu a série simulačných experimentov [4, slide 276] budeme skúmať špecifické správanie aukčného systému a analyzovať dopady rôznych strategických prístupov [2, 1]. Typov aukcií existuje niekoľko, ale v tejto simulácii [4, slide 8] sme zvolili klasickú aukciu s fixným koncovým časom, ktorá je bližšie popísaná v kapitole 2.2.

Hlavným zámerom experimentu je preukázať, že starostlivo zvolená stratégia môže významne zvýšiť pravdepodobnosť úspechu v aukcii. Konkrétnym cieľom práce je experimentálne overiť a potvrdiť poznatky a hypotézy získané z predchádzajúceho prieskumu zameraného na problematiku aukcií [1]. Prostredníctvom systematického testovania a modelovania [4, slide 8] rôznych scenárov chceme poskytnúť hlbší pohľad do mechanizmov a zákonitostí, ktoré určujú výsledok aukčného procesu.

## 1.1 Autori a zdroje faktov

Autormi tejto práce sú Ján Findra (xfind01) a Marko Olešák (xolesa00). Práca je založená na reálnych dátach a experimentoch z článku [1] a historických dát online aukcií na online stránke eBay [3]. Obecné informácie o priebehu aukcií sme čerpali z literárnych zdrojov [6, 2] a osobných skúseností a pozorovaní.

## 1.2 Validita modelu

Samotný model a overenie jeho validity [4, slide 37] sme vykonali porovnaním chovania výsledného modelu a dát zo zdrojov faktov pomocou analýzy. Validita rozloženia použitých stratégií a ich výsledkov bola overená porovnaním výsledkov histogramu k článku [1]. Podobne aj správanie používateľov online aukcií a správanie modelovaných používateľov bolo po dátovej analýze výsledkov porovnané a pomocou grafov overená ich podobnosť.

# 2 Rozbor témy

## 2.1 Použité technológie

Pre formálny popis systému hromadnej obsluhy [4, slide 139], v našom prípade reprezentujúceho aukciu, bola využitá Petriho sieť [4, slide 129] zobrazená v Obr.???. Formálny popis aukcie pomocou Petriho siete je vhodný pre schopnosť modelovania paralelných procesov, v našom prípade účastníkov aukcie.

Implementácia samotného modelu bola vykonaná v programovacom jazyku C++, konkrétne štandardu 20 a simulačnej knižnice SIMLIB [5]. Táto knižnica obsahuje implementáciu pomocných prostriedkov pre realizáciu diskrétného modelovania [4, slide 166] ako napríklad fronty, procesy, udalosti, obslužné linky a podobne. Ale aj sady tried pre zber a uchovanie štatistík systému. Pre zostavenie projektu je využitý nástroj `make` a prekladač `g++`.

## 2.2 Popis použitých metód

Metódy správania jednotlivých účastníkov sme navrhli sami na základe popisov ich správania a ich typu (človek/software) z článku [1]. V modeli sú odzrkadlené viaceré reálne skutočnosti, ako napríklad reakčný čas človeka, odozva siete a ich trpezlivosť.

## Teoretické pozadie témy

Fungovanie aukcie je relatívne jednoduché, ale pre úplnosť zhrnieme základné informácie o priebehu aukcie. Aukcia je organizovaný predajný mechanizmus, pri ktorom sa tovar alebo majetok ponúka verejne so zámerom dosiahnuť čo najvyššiu možnú predajnú cenu. Počas aukcie účastníci súťažia tým, že postupne zvyšujú svoje

peňažné ponuky na danú položku. Proces pokračuje až do momentu, keď už žiadny z účastníkov nie je ochotný ponúknuť vyššiu sumu, a následne je položka predaná účastníkovi s najvyššou konečnou ponukou [6, 2]. Aukcia môže mať viacero foriem, my sme zvolili základnú formu aukcie s fixným konečným časom, kde sme pridali hornú hranicu ceny, aby sme sa vyhli nechceným výkyvom v cenách.

## Stratégie prihadzovania

Pre náš model sme zvolili 3 typy stratégií prihadzovanie na aukcii [1]. Pri ich označení budeme používať kombináciu slovenských a anglických termínov, keďže slovenské názvy sú značne dlhšie.

1. **Postupné prihadzovanie (Ratchet bidding)**
2. **Prihadzovanie na poslednú chvíľu (Snipe bidding)**
3. **Prihadzovanie pomocou botov (Agent bidding)**

Pri implementácii modelu aukcie sme sa zamerali na tieto tri základné stratégie prihadzovania, ktoré budú predmetom ďalšej analýzy a simulácií. Ich stručné charakteristiky sú nasledovné:

**Postupné prihadzovanie (Ratchet bidding)** Účastník postupne zvyšuje svoju ponuku v malých inkrementoch, čím sa snaží udržať krok s ostatnými a zvyšovať šancu na výhru.

**Prihadzovanie na poslednú chvíľu (Snipe bidding)** Účastník čaká až do posledných sekúnd aukcie a potom sa snaží odoslať svoju ponuku, aby získal položku za čo najnižšiu sumu.

**Prihadzovanie pomocou botov (Agent bidding)** Účastník využíva automatizovaný software (agentov), ktorý sledujú aktuálne dianie v aukcii a vedľa veľmi rýchlo podávať ponuky na základe vopred definovaných pravidiel.

Samozrejme existujú aj iné stratégie prihadzovania na aukciách, ako napríklad skokové prihadzovanie (Jump bidding), ktoré môže viesť k zastrašeniu ostatných účastníkov. Avšak táto stratégia nie je vždy vykonateľná, nakoľko nie všetky aukcie povoľujú tento prístup. Jedna z najväčších online aukcií Taobao<sup>1</sup> tento prístup nepovoľuje. Namiesto skokového prihodenia bude nastavená hranica, po ktorú sa bude postupne prihadzovať, ak to bude nutné.

Z dotazníka účastníkov aukcií [1] vo veku od 19 do 38 rokov, z ktorých 67.3% boli ženy, bola odvodená nasledujúca tabuľka (Tab. 1), ktorá zobrazuje rozloženie spomínaných stratégií medzi účastníkmi.

Rozloženie stratégií (vzorka 425 ľudí)		
Zhluk 1	Zhluk 2	Zhluk 3
$n = 110$	$n = 171$	$n = 144$
Ratchet bidding	Agent bidding	Snipe bidding

Tabuľka 1: Reálne rozloženie stratégií

Z tohto prieskumu sme odvodili pravdepodobnosti výberu jednotlivých stratégií.

- **Agent bidding**(Prihadzovanie pomocou botov): **40%**
- **Ratchet bidding**(Postupné prihadzovanie): **25%**
- **Snipe bidding**(Prihadzovanie na poslednú chvíľu): **35%**

<sup>1</sup>Domovská stránka Taobao <https://taobao.com/>

## Pravdepodobnosť výhry pre jednotlivé stratégie

V článku [1] autorka spracovala údaje, získané z ňou vykonanej simulácie, z ktorých určila početnosti výhier pre jednotlivé stratégie. Jednoduchou matematikou z nich vieme odvodiť pravdepodobnosti výhry pre jednotlivé stratégie.

	Snipe bidding	Agent bidding	Ratchet bidding
Výsledok výhier	166	2323	971
Percentuálne vyjadrenie	4.8%	67.1%	28.1%

Tabuľka 2: Výsledky našej simulácie.

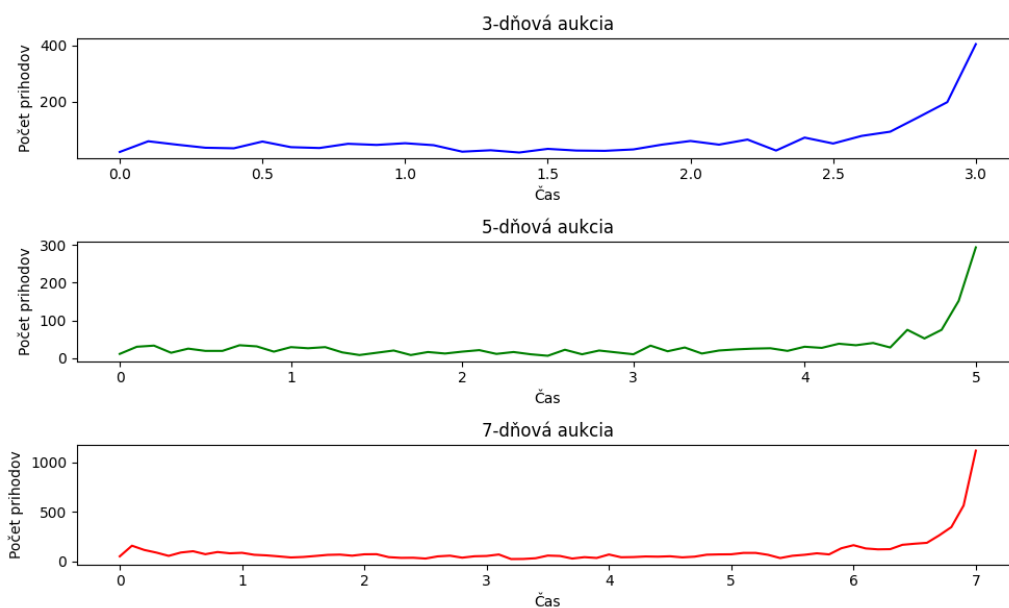
## Hypotéza

Informácie uvedené v článku [1] o výhernosti jednotlivých stratégií sú pravdivé.

## 3 Koncepty - témy modelovania

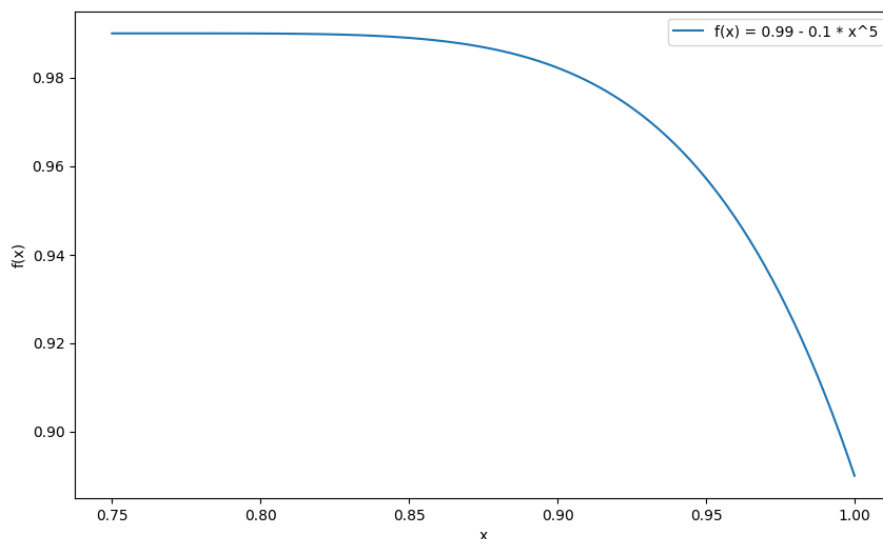
V tejto časti je popísaný návrh konceptuálneho modelu [4, slide 43] systému.

Pri modelovaní sme zjednodušili psychologické a emocionálne chovanie užívateľov do jedného faktoru, ktorý nazývame trepezlivosť. Toto chovanie je nesmierne ťažko modelovať, keďže ho ovplyvňuje nespočetné množstvo faktorov. Rozhodli sme sa ho implementovať pomocou matematického vyjadrenia, ktoré vyplýva z analýzy grafov (Obr. 1) priebehu aukcií na stránke eBay [3].



Obr. 1: Priebeh aukcií na eBay-i; rozloženie príhodov v čase

Trpezlivosť vyjadruje hodnota v rozpätí od 0 do 1, kedy 1 znamená maximálnu trepezlivosť a 0 maximálnu netrepezlivosť. V prvých 3/4 času je priebeh náhodný a preto sme v tomto úseku trepezlivosť vyjadrili ako hodnotu  $1 - \exp(0.01)$ . Vo zvyšnej časti aukcie sme klesanie trepezlivosti modelovali pomocou predpisu  $f(x) = 0.99 - 0.1 * x^5$ , kde  $x$  je normalizovaná hodnota ostávajúceho času na úsek jeden štvrtiny času aukcie (Obr. 2).



Obr. 2: Priebeh funkcie trpezlivosti v poslednej štvrtine času aukcie

Od hodnoty trpezlivosti jednotlivých užívateľov sa odvíja čas, ktorý čakajú pred rozhodnutím prihodiť a pravdepodobnosť, že sa rozhodnú prihodiť.

Pre overenie tejto abstrakcie prikladáme graf (Obr. 3), ktorý ukazuje preloženie normalizovaných grafov priebehu aukcie na eBay-i a v našom modeli.



Obr. 3: Preložené normalizované grafy priebehu aukcie podľa dát z eBay-u a nášho modelu

### 3.1 Schéma modelovaného systému

Pre zobrazenie konceptuálneho modelu sme zvolili Petriho sieť. Petriho siete sú mimoriadne efektívnym nástrojom pre konceptuálne modelovanie aukcií. Umožňujú komplexné zachytenie dynamiky aukčného procesu prostredníctvom presnej reprezentácie tokov, interakcií a postupných krokov.

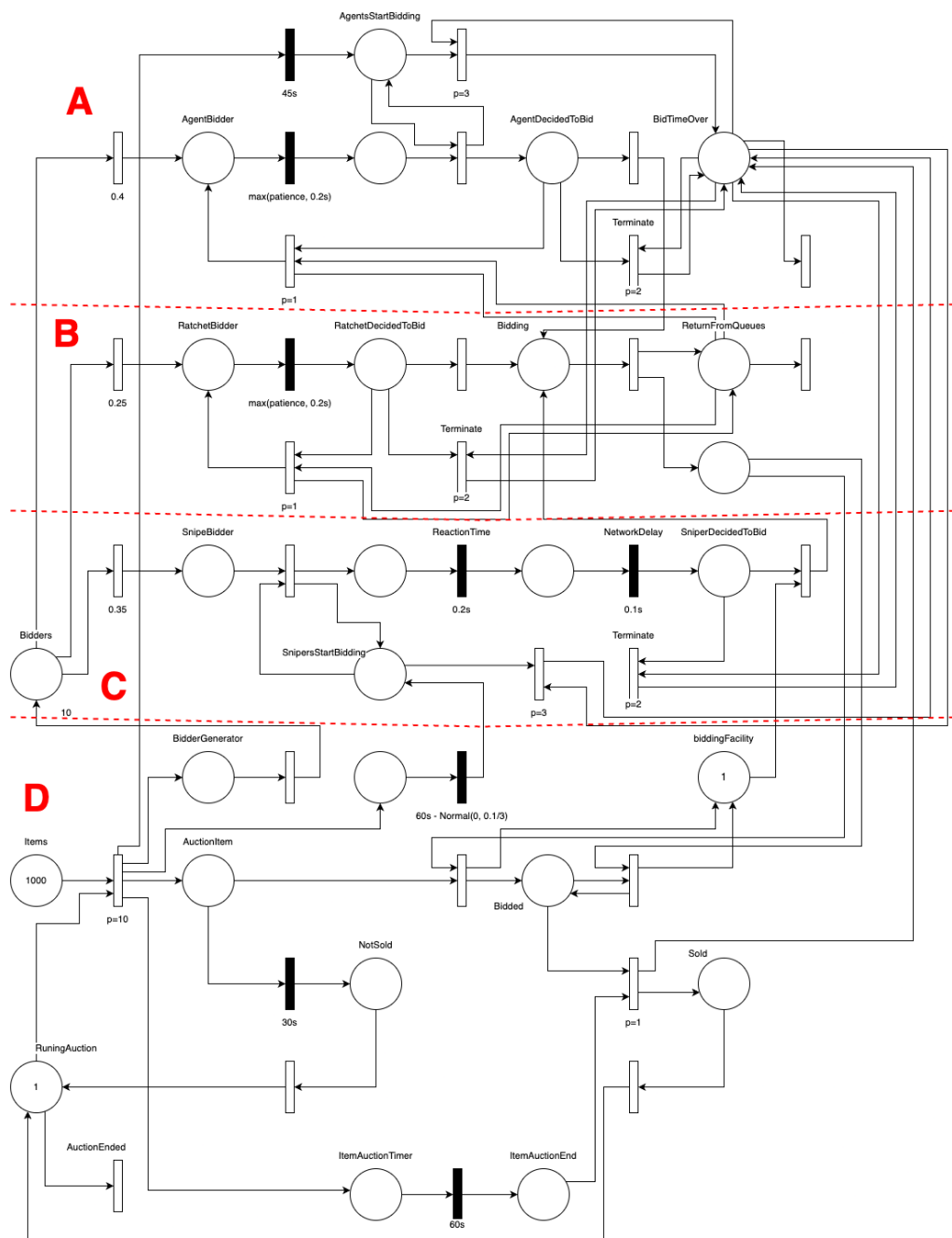
Hlavnou výhodou je schopnosť modelovať rôznorodé aspekty aukcie vrátane paralelných a sekvenčných aktivít účastníkov. Grafická povaha Petriho sietí poskytuje intuitívny vizuálny náhľad na celý systém, čo uľahčuje pochopenie vzájomných vzťahov a tokov informácií.

Z formálneho hľadiska ponúkajú Petriho siete nástroje na dôkladnú analýzu vlastností aukčného mechanizmu. Dokážu identifikovať potenciálne konflikty, overiť konzistenciu procesu a simulovať rôzne scenáre s cieľom validácie správania systému.

Ich sila spočíva v schopnosti detailne zachytiť komplexnosť aukčných procesov, umožniť formálnu verifikáciu a poskytnúť mocný prostriedok pre modelovanie a analýzu takýchto dynamických systémov.

### 3.2 Petriho sieť

Pre zobrazenie konceptuálneho modulu aukcie sme zvolili Petriho sieť (Obr. 4). Petriho sieť pozostáva z miest[4, slide 127] (označených kruhmi), ktoré reprezentujú rôzne stavy systému, a prechodov[4, slide 127] (označených obdĺžnikmi), ktoré reprezentujú udalosti alebo akcie, ktoré spôsobujú zmenu stavu. Miesta sú spojené s prechodmi pomocou hrán, ktoré určujú tok tokenov medzi miestami a prechodmi.



Obr. 4: Petriho sieť nášho modelu (**A**, **B**, **C**, **D**)

Petriho sieť sme rozdelili na 4 časti označené písmenami A,B,C a D, pre jednoduchšie vysvetľovanie jednotlivých častí.

V časti **D** sa nachádza hlavná časť modelu aukcie. Začiatok aukcie je v stave *RunningAuction*, ktorý slúži ako obslužná linka [4, slide 144]. Pomocou nej sa postupne vyberajú predmety a jednotlivito sa dražia. *AuctionItem*

reprezentuje konkrétny predmet, ktorý sa draží. V prípade, že do 30 sekúnd nikto neprihodiť, tak predmet je nepredaný a jeho dražba končí. V opačnom prípade sa presúvame do stavu *Bidded*, v ktorom prebiehajú ďalšie príhody. Po uplynutí 60 sekúnd od začiatku dražby tohto predmetu aukcia končí. Ak bolo na predmet prihodené, tak sa vyhodnotí ako predaný. Obslužná linka *RunningAuction* je uvoľnená a môže sa pokračovať ďalším predmetom alebo ukončiť aukciu, v prípade, že už neostávajú žiadne predmety na predaj.

V častiach A, B a C sa nachádzajú postupne jednotlivé typy užívateľov daných tromi stratégiami. Každý užívateľ sa skladá z dvoch častí, rozhodovanie o tom či prihodiť alebo nie a následného pokusu prihodiť. V týchto častiach sa nachádzajú aj iné stavy a prechody, ktoré slúžia na synchronizáciu a paralelizáciu s hlavnou časťou.

V časti **A** sa nachádza model užívateľa, ktorý používa agenta, bota (stav *AgentBidder*). Pomocou pomocných stavov a prechodov sa agenti začnú rozhodovať o prihadzovaní až po uplynutí 3/4 času trvania aukcie predmetu (stav *AgentsStartBiding*). Po rozhodnutí o prihodení sa dostanú do fronty (stav *AgentDecidedToBid*).

V časti **B** sa nachádza model užívateľa, ktorý postupne prihadzuje (stav *RatchetBidder*). Tento užívateľ sa rozhoduje či prihodiť a v kladnom prípade prejde do fronty *RatchetDecidedToBid*.

V časti **C** sa nachádza model užívateľa, ktorý prihadzuje na poslednú chvíľu (stav *SnipeBidder*). Pomocou pomocných stavov a prechodov čaká na poslednú chvíľu, kedy sa rozhodne prihodiť, tým sa dostáva do fronty *SniperDecidedToBid*.

## 4 Koncept - implementačné témy

Architektúru program sme rozložili na 11 krokov. Grafické zobrazenie tejto chémy sa nachádza nižšie (Obr. 5)

**Krok 1:** Program začína spustením aukcie. Proces aukcie postupne N-krát (N je počet predmetov na aukcii) volá vytvorenie aukcie pre jeden predmet.

**Krok 2:** Proces aukcie predmetu zavolá generátor uchádzačov a spustí časovač do konca aukcie tohto predmetu.

**Krok 3:** Generátor uchádzačov vygeneruje M uchádzačov. Pri vytváraní každého uchádzača sa rozhodne, akú stratégiu zvolí, podľa rozdelenia pravdepodobností medzi stratégiami.

**Krok 4:** Máme tri typy uchádzačov:

- (a) Agent bidder: Čaká, kým prejdú tri štvrtiny času a až potom sa začne rozhodovať, či bude prihadzovať. Na základe trpezlivosti počká nejaký čas a potom sa zaradí do fronty agentov rozhodnutých prihodiť.
- (b) Ratchet bidder: Podľa jeho trpezlivosti si počká určitý čas, následne sa rozhodne a prípadne presunie do fronty rozhodnutých užívateľov s postupným prihadzovaním.
- (c) Snipe bidder: Čaká na poslednú chvíľu, kým sa rozhodne prihodiť. Následne sa berie do úvahy reakčný čas a odozva siete. Potom sa pridá do fronty uchádzačov, ktorí prihadzujú na poslednú chvíľu. Títo uchádzači, vykonajú maximálne jeden príhod a je tam značné riziko, že nestihnú ani jeden.

**Krok 5:** Tri fronty pre jednotlivé stratégie.

**Krok 6:** V prípade, že v danom momente neprebíha príhod a spomínané tri fronty sú neprázdne, tak sa vyberie náhodne jeden účastník z týchto front, ktorý vykoná príhod. Ostatní účastníci sú z front odstránení. V prípade botov a užívateľov s postupnými príhodami sa vracajú k rozhodovaniu, či ešte budú prihadzovať. V prípade uchádzačov, ktorí prihadzujú na poslednú chvíľu, tak tí odchádzajú z aukcie.

**Krok 7:** Ak nikto neprihodiť v prvých 30 sekundách aukcie, tak aukcia končí a predmet je nekúpený. Pokračuje aukcia ďalšieho predmetu. Späť na krok 1.

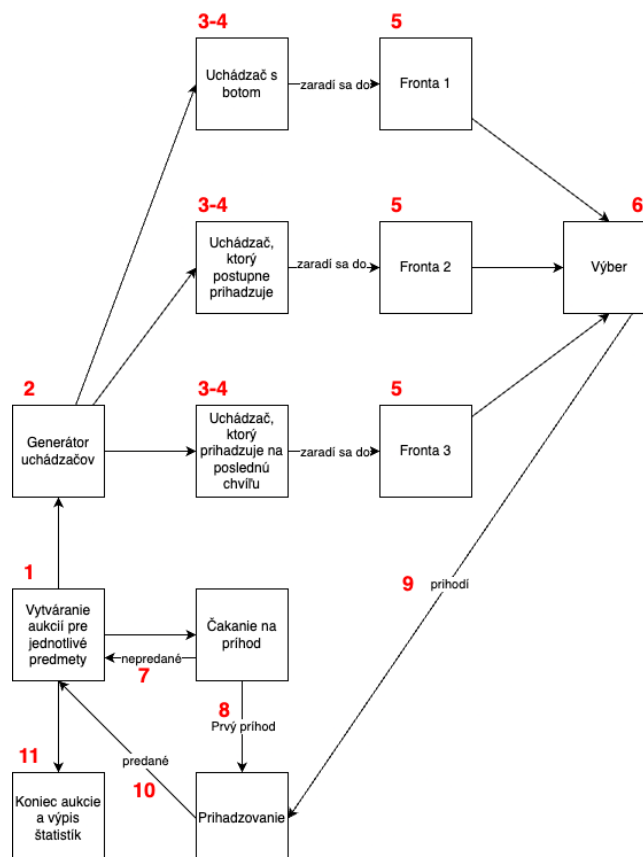


**Krok 8:** V prípade prvého príhodu sa uloží tento fakt, aby pri ukončení aukcie predmetu bolo jasné, či bol predmet kúpený alebo nie.

**Krok 9:** Nasleduje prihadzovanie a prehadzovanie sa.

**Krok 10:** Po uplynutí času na aukciu predmetu sa aukcia tohto predmetu ukončuje a vyhodnotí sa cena a kto vyhral. Pokračuje aukcia ďalšieho predmetu. Späť na krok 1.

**Krok 11:** Ak prebehla aukcia všetkých predmetov, tak aukcia končí. Výpis štatistík.



Obr. 5: Schéma správania systému. Popis jednotlivých krokov je vyššie

## 5 Architektúra simulačného modelu

### 5.1 Mapovanie abstraktného modelu do simulačného

#### Trpezlivosť

Pre triedy `AgentBidder` a `RatchetBidder` sme implementovali vyššie spomínanú trpezlivosť (*patience*). Oplyňuje čas čakania na rozhodnutie a pravdepodobnosť, že sa rozhodnú prihodiť.

#### Triedy `AgentDecidedToBid`, `RatchetDecidedToBid`, `SniperDecidedToBid`

Tieto triedy definujú fronty pre jednotlivé skupiny účastníkov. Sú podtriedami triedy `Queue`. Slúžia na zber účastníkov, ktorý sa rozhodli prihodiť.

## Trieda AgentBidder

Agent, ktorý prihadzuje miesto užívateľa je definovaný v triede `AgentBidder`, ktorá je podtriedou triedy `Process`. Pri vytváraní objektu sa zadáva hodnota predmetu, ktorú je ochotný zaplatiť. Následne sa pomocou cyklu `while` rozhoduje, či bude alebo nebude prihadzovať. Pre zotrvanie v aukcii musia byť splnené tri podmienky. Po prvé, aktuálna cena musí byť nižšia ako jeho cena, ktorú je ochotný zaplatiť. Po druhé, jeho trpezlivosť musí byť väčšia ako 0.1. Po tretie, aktuálny čas musí byť nižší ako čas, kedy sa aukcia predmetu ukončí. Podľa článku [1] sa agenti začínajú zapájať do aukcie až v druhej polovici času vyhradeného pre konkrétny predmet. My sme tento údaj implementovali ako podmienku pre začatie rozhodovania o príhode. Ak je čas väčší ako  $3/4$  času aukcie, tak agenti začnú prihadzovať. Trpezlivosť ovplyvňuje pravdepodobnosť, že sa rozhodnú prihodiť. Ak sa nerozhodnú prihodiť, cyklus sa opakuje. Ak sa rozhodnú prihodiť, tak počkajú 0.5 sekundy, čo je približný čas odozvy a zaradia sa do fronty `AgentDecidedToBid`.

## Trieda RatchetBidder

Používateľ, ktorý postupne prihadzuje je definovaný v triede `RatchetBidder`, ktorá je podtriedou triedy `Process`. Pri vytváraní objektu sa zadáva hodnota predmetu, ktorú je ochotný zaplatiť. Následne sa pomocou cyklu `while` rozhoduje, či bude alebo nebude prihadzovať. Pre zotrvanie v aukcii musia byť splnené tri podmienky. Po prvé, aktuálna cena musí byť nižšia ako jeho cena, ktorú je ochotný zaplatiť. Po druhé, jeho trpezlivosť musí byť väčšia ako 0.1. Po tretie, aktuálny čas musí byť nižší ako čas, kedy sa aukcia predmetu ukončí. Tento účastník následne počká určitý čas, závislý na hodnote jeho trpezlivosti a začne sa rozhodovať, či prohodí alebo nie. Hodnota jeho trpezlivosti ovplyvňuje aj pravdepodobnosť, či sa rozhodne prihodiť. V kladnom prípade počká ešte 1 sekundu, čo je približný čas ľudskej odozvy a zaradí sa do fronty `RatchetDecidedToBid`.

## Trieda SniperBidder

Účastník, ktorý prihadzuje na poslednú chvíľu je definovaný v triede `SniperBidder`, ktorá je podtriedou triedy `Process`. Pri vytváraní objektu sa zadáva hodnota predmetu, ktorú je ochotný zaplatiť. Účastníci tohto typu prihadzujú len raz, čo najneskôr a snažia sa vyhrať aukciu len pomocou jedného príhodu na konci aukcie. Objekt tejto triedy čaká až pokiaľ do konca aukcie neostáva čas, ktorý je generovaný ako  $Normal(0, 0.1/3)$ . Účastník tým ale riskuje, že nestihne prihodiť včas. Ďalej sa ešte rozhoduje podľa toho, či cena je nižšia ako cena, ktorú je ochotný zaplatiť. Následne sa zaradí do fronty `SniperDecidedToBid`.

## Triedy AgentBids, RatchetBids, SniperBids

Tieto triedy definujú výber jedného z čakajúcich užívateľov, ktorý prihodiť. Sú podtriedami triedy `Process`. Sú veľmi podobné, a preto sme sa rozhodli ich popísať spoločne. Ak je obslužná linka `biddingFacility` voľná, tak ju proces obsadí a vyberie prvého účastníka čakajúceho vo fronte odpovedajúcej jednotlivým triedam. Tento účastník následne prihodiť. Na záver sa zavolá funkcia `returnFromQueues`, ktorá vráti všetkých užívateľov zo všetkých front naspäť k rozhodovaniu. V prípade `SniperBidder`, tento užívateľ opúšťa aukciu.

## Trieda BidderGenerator

Generátor účastníkov je definovaný ako trieda `BidderGenerator`, ktorá je podtriedou triedy `Process`. Objekt tejto triedy pomocou `for` cyklu vygeneruje  $M$  užívateľov. Pre každého užívateľa náhodne na základe pravdepodobností zvolí akú stratégiu použije.

## Trieda AuctionItem

Aukcia konkrétneho predmetu je implementovaná ako trieda `AuctionItem`, ktorá je podtriedou triedy `Process`. Správanie tejto triedy je definované následovne. Najprv sa vypočíta `ItemEndTime`, reprezentujúci čas kedy sa aukcia predmetu ukončí. Pomocou exponenciálneho rozdelenia sa vygeneruje reálna cena predmetu.

Premenná `lastBidder` sa nastaví na `NONE` a pomocou normálneho rozloženia sa určí úvodná cena produktu. Následne sa vytvoria tri fronty pre jednotlivé stratégie. Potom sa vytvorí `BidderGenerator`, ktorý má za úlohu vygenerovať `M` užívateľov. Nasleduje časť, ktorá simuluje ukončenie aukcie predmetu po 30 sekundách od začiatku, ak nie sú žiadne príhody. Obsluhu tohto stavu má na starosti trieda `firstBidTimeout`. Následne sa overí, či bol aspoň jeden príhod a podľa toho sa určí, či bol predmet predaný alebo nie. Na záver sa len zrušia použité objekty a proces sa ukončí.

## Trieda Auction

Aukcia je implementovaná ako trieda `Auction`, ktorá je podtriedou triedy `Process`. Pomocou `while` cyklu  $N$ -krát ( $N$  je počet predmetov na aukcii) vykoná vytvorenie aukcií pre jednotlivé predmety. V cykle najprv obsadí zariadenie `runningAuction`, aby sa jednotlivé aukcie vykonávali sériovo a nie paralelne. Následne vytvorí nový objekt triedy `AuctionItem`, ktorý reprezentuje aukciu konkrétneho predmetu. Následne čaká čas udaný dĺžkou priebehu jednej aukcie plus rezerva 30 sekúnd na ustálenie systému. Na konci cyklu uvoľní obsadené zariadenie.

## 6 Experimenty

Pomocou experimentov sme vykonali validáciu modelu, ale aj upravili parametre funkcie ovplyvňujúce trpezlivosť účastníkov aukcie. Prvým cieľom experimentov bolo overiť správnosť dát z článku [1], pri nastavení modelu tak, aby odrážal čo najviac skutočností online aukcie a tým potvrdiť našu hypotézu. Na základe týchto výsledkov sme ďalej experimentovali a skúmali modelových účastníkov v porovnaní so správaním skutočných účastníkov aukcií, ale aj celkový priebeh aukcie na online stránke eBay [3]. Toto porovnanie ďalej potvrdilo validitu modelu a hypotézu. Overenie štatistík z článku [1] by bez modelu bolo nemožné alebo ťažko realizovateľné.

### 6.1 Experiment 1

Cieľom experimentu bolo overenie hypotézy o štatistikách zo spomínaného článku [1] pri simulovaní reálnej aukcie. Tieto štatistiky sú ukázané v tabuľke 3. Pri experimente boli sledované výhry aukcií pre jednotlivé stratégie a ukladané údaje o ich početnosti.

	Snipe bidding	Agent bidding	Ratchet bidding	ANOVA
Výsledok výhier	177	2354	929	$p < 0.05$
potrebiteľský prebytok výhercu	3.085	2.112	0.714	$p < 0.05$
Ekonomický zisk predávajúceho	3.262	10.191	27.204	$p < 0.05$

Tabuľka 3: Výsledky experimentu z článku [1].

Po spustení modelu s počtom aukcií  $-i \quad 3460$  a vypnutým predčasným ukončením aukcie pomocou parametra  $-t \quad 0$  dostávame výsledky v histograme, ktorý je zobrazený v tabuľke 4.

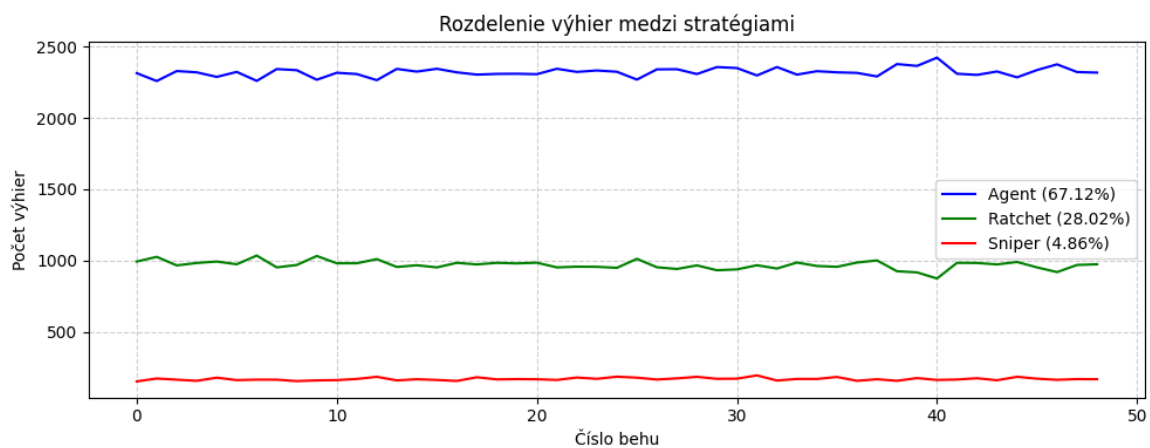
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+										
	HISTOGRAM Winners									
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+										
	STATISTIC									
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+										
	Min = 0		Max = 2							
	Number of records = 3460									
	Average value = 0.37659									
	Standard deviation = 0.575169									
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+										
	from		to		n		rel		sum	
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+										
	-1.000		0.000		0		0.000000		0.000000	
	0.000		1.000		2323		0.671387		0.671387	
	1.000		2.000		971		0.280636		0.952023	
	2.000		3.000		166		0.047977		1.000000	
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+										

Tabuľka 4: Histogram rozložení výhier

Po spracovaní údajov na percentuálne vyjadrenia, získavame tabuľku 5, podľa ktorej súhlasíme so správnosťou údajov z experimentu z článku. Testovanie tejto hypotézy sme opakovali 50-krát a výsledky simulácií sú v grafe v obrázku 6

	Snipe bidding	Agent bidding	Ratchet bidding
Výsledok výhier	166	2323	971
Percentuálne vyjadrenie	4.8%	67.1%	28.1%

Tabuľka 5: Výsledky našej simulácie.



Obr. 6: Rozloženie výhier v behoch simulácie

## 6.2 Experiment 2

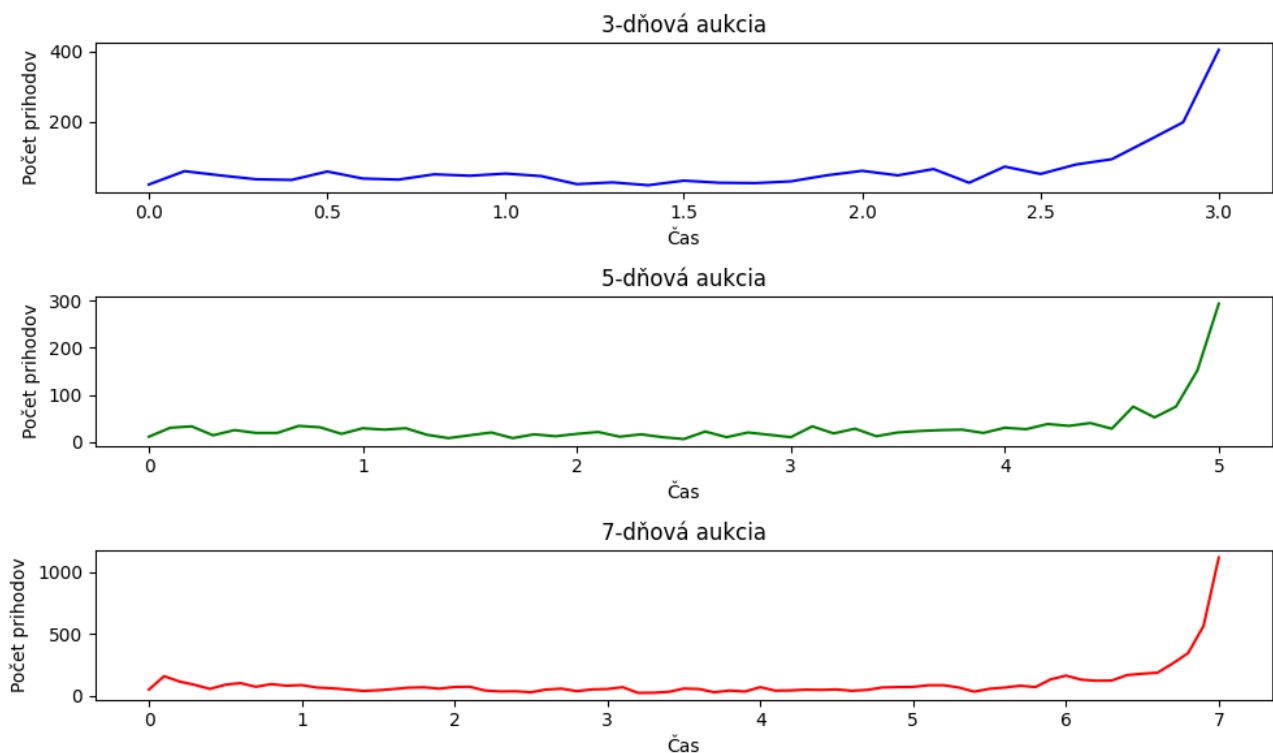
Druhý experiment bol založený na overení správania uchádzačov aukcie. Prvým krokom bola analýza historických dát z online aukcie eBay [3]. Po analýze dát získavame počet aukcií na základe ich dĺžky trvania,

znázornené v tabuľke 6.

Typ aukcie	Dĺžka aukcie	Počet
3 dňová aukcia	3 dni	148
5 dňová aukcia	5 dní	96
7 dňová aukcia	7 dní	383

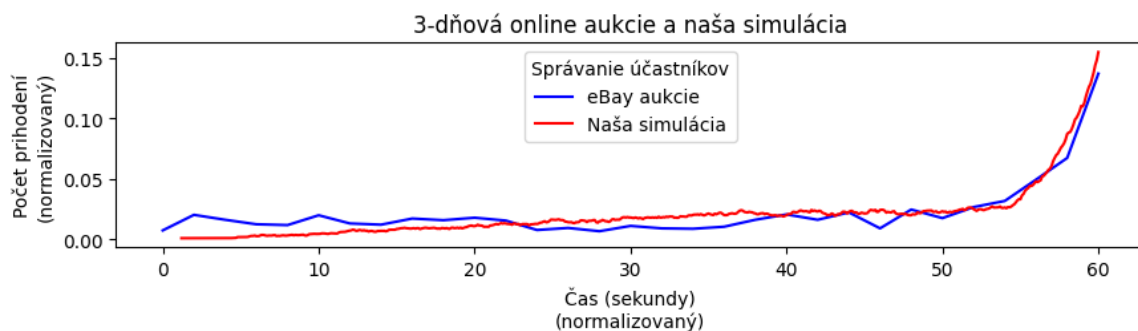
Tabuľka 6: Výsledky experimentu z článku [1].

Ďalšou analýzou, kde získavame počty prihodení na aukciu, získavame grafy v obrázku 7, na základe ktorých konštatujeme, že priebeh aukcií rôznych dĺžok je takmer totožný a rovnakého tvaru. Rozdiely na y-ose sú zapríčinené rôznymi počtami jednotlivých typov aukcií.



Obr. 7: Priebeh aukcií jednotlivých typov

Na základe týchto grafov sme určili matematickú funkciu na vyjadrenie trpezlivosti v modeli, pomocou ktorej sme zachovali rovnaký tvar priebehu aukcie a zároveň sme dokázali hypotézu. V obrázku 8 je vidieť porovnanie priebehov našej simulácie a správania skutočných účastníkov aukcií.



Obr. 8: Porovnanie online aukcie a simulácie

## 7 Záver

Projekt sa zaoberal problematikou výberu stratégie na aukciách. Popísaná bola tvorba modelu aukcie a rovnako aj jej rôznych účastníkov. Na základe výsledkov experimentov potvrdzujeme našu hypotézu a rovnako aj správnosť údajov v článku pri využití modelu aukcie s reálnymi parametrami. Z výsledkov je najspoľahlivejšou stratégiou na výhru aukcie stratégia prihadzovania pomocou softwarových botov, ktorá je popísaná v podkapitole 2.2. Validita modelu, bola vyvedená na základe článku [1] a zároveň aj podľa správania účastníkov pri porovnaní so skutočnou aukciou.

## Literatúra

- [1] Cui, X.; Lai, V. S.; Lowry, P. B.; aj.: The effects of bidder factors on online bidding strategies: A motivation-opportunity-ability (MOA) model. *Decision Support Systems*, ročník 138, 2020: str. 113397, ISSN 0167-9236, doi:<https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113397>, [accessed 27-November-2024].  
URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923620301524>
- [2] Jank, W.; Shmueli, G.: *Modeling Online Auctions*. 01 2010: s. 1–319, doi:10.1002/9780470642603.
- [3] Jank, W.; Shmueli, G.: *Modeling Online Auctions - Datasets*. online, 2020, [accessed 28-November-2024].  
URL <https://www.modelingonlineauctions.com/datasets>
- [4] Peringer, P.; Hrubý, M.: *Modelování a simulace*, 9 2024.  
URL <http://perchta.fit.vutbr.cz:8000/vyuka-ims/uploads/1/IMS.pdf>
- [5] Peringer, P.; Leska, D.; Martinek, D.: *SIMulation LIBrary for C++*. online, 2021, [accessed 25-November-2024].  
URL <https://www.fit.vut.cz/person/peringer/public/SIMLIB/>
- [6] Wikipedia contributors: *Auction* — Wikipedia, The Free Encyclopedia. online, 2024, [accessed 28-November-2024].  
URL <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Auction&oldid=1251494780>