

Modelování a simulace

Aquapark Kohoutovice

4. SHO, služby: sport & atd

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Autoři práce a zdroje faktů	1
2	Rozbor tématu	1
2.1	Použité metody, postupy a technologie	1
2.2	Popis původu metod a technologií	1
3	Koncepce modelu	2
4	Architektura simulačního modelu	2
4.1	Struktura programu	2
4.2	Spouštění simulačního modelu	3
4.3	Výstup simulace	4
5	Experimenty	4
5.1	První experiment - pracovní den	4
5.1.1	Výsledky experimentu	4
5.1.2	Krátký závěr	4
5.2	Druhý experiment - volný den	5
5.2.1	Výsledky experimentu	5
5.2.2	Krátký závěr	5
5.3	Třetí experiment - svátek	5
5.3.1	Výsledky experimentu	6
5.3.2	Krátký závěr	6
6	Závěr	6
7	Literatura	7

1 Úvod

Tato práce si klade za cíl vytvořit sofistikovaný simulační model, který důkladně mapuje interakce a chování návštěvníků v prostředí aquaparku. Hlavním účelem simulace je provést podrobnou analýzu vytíženosti jednotlivých atrakcí v rámci parku a zjistit čekací doby na různé aktivity. Cílem je zachytit a pochopit dynamiku pohybu návštěvníků, identifikovat možné úzká místa či potenciální problémy s frontami a přístupností k různým atrakcím. Navíc se zaměřujeme na zjištění, zda je zapotřebí rozšířit kapacitu některých aktivit v aquaparku nebo přidat nové atrakce.

1.1 Autoři práce a zdroje faktů

Práci nad touto studií provedli Maksim Kalutski a Sergei Rasstrigin z Fakulty informačních technologií Vysokého učení technického v Brně. Pro implementaci této práce byly využity zdroje z kurzu Modelování a simulace^[7] a také oficiální webové stránky^{[2][3]}, různé odborné články^{[6][4][5]} a výzkumné práce.^[1]

2 Rozbor tématu

Tato zjednodušená modelová reprezentace aquaparku zahrnuje komplex bazénů s tobogánem a saunu. Podle oficiálních údajů aquaparku má sauna maximální kapacitu *12 osob* a bazény mají maximální kapacitu *220 osob*.^[2] Současně je nutné zdůraznit, že návštěvnost aquaparku kolísá v závislosti na dni, ale průměrná denní návštěvnost se pohybuje kolem *600 osob*, což lze ověřit pomocí výzkumné studie.^[1] Průměrný čas strávený návštěvníky v aquaparku se pohybuje kolem *dvou hodin*^[3]. Tato informace je založena na relevantním průzkumu a zdroji. Rozvrh provozu aquaparku je konzistentní během celého týdne. V pracovní dny, od pondělí do pátku, aquapark provozuje své služby po dobu *15,5 hodin* denně, *od 06:00 do 21:30*. O víkendech, v sobotu a neděli, otevírací doba je o dvě hodiny kratší než běžně, což představuje *13,5 hodin* denně, *od 08:00 do 21:30*.^[3] Všechny uvedené údaje jsou podloženy referencemi, což zajišťuje spolehlivost a uvěřitelnost informací prezentovaných v tomto modelu.

2.1 Použité metody, postupy a technologie

Implementace modelu aquaparku byla uskutečněna v programovacím jazyce **C++** s využitím simulační knihovny **SimLib**. Volba jazyka **C++** byla motivována především možnostmi, které poskytuje implementovaná knihovna **SimLib**.^[7] Tato knihovna byla zvolena pro svou schopnost modelovat procesy na základě Petriho sítí, což představuje významný přínos pro simulaci aquaparkových aktivit. Inspiraci a správné použití knihovny jsme čerpali z konkrétních příkladů prezentovaných během přednášek v rámci kurzu IMS. Pro kompilaci projektu byl využit nástroj **CMake**.

2.2 Popis původu metod a technologií

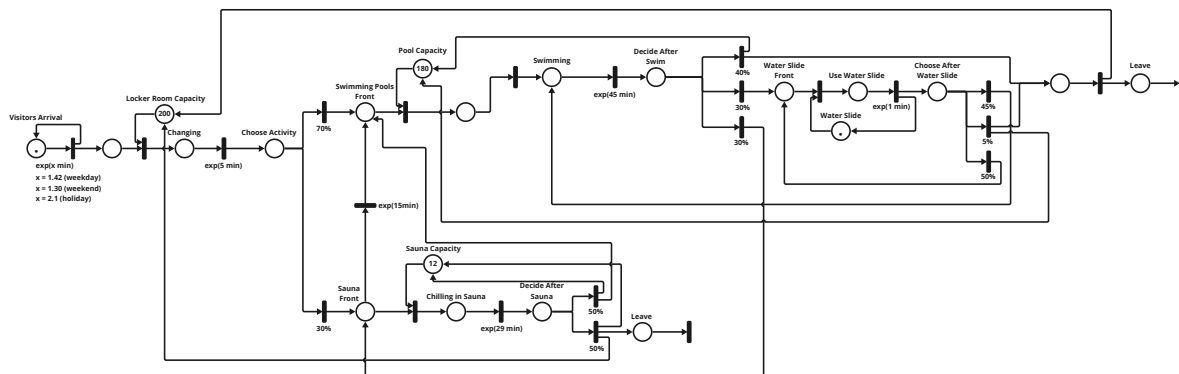
- **C++ – Verze C++23:** <https://en.cppreference.com/w/cpp/20>.
- **SimLib – Verze 3.09:** Autoři knihovny jsou Petr Peringer, David Leska a David Martinek.
- **CMAKE – Verze 3.5:** <https://cmake.org/>.
- **Linux Ubuntu – Verze 22.04:** <https://ubuntu.com/>.

3 Konceptce modelu

Konceptuální model aquaparku vytvořený pomocí **Petriho sítí** byl mírně zjednodušen, ale tato zjednodušená verze nemá vliv na konečné výsledky simulace. Tento přístup umožňuje názorně zobrazit interakce mezi různými procesy a prvky v rámci aquaparku, zohledňující hlavní faktory ovlivňující chování návštěvníků a zatížení různých oblastí.

V systému máme jediný proces, který reprezentuje *návštěvníka aquaparku*. Tento návštěvník má možnost navštívit bazény, jezdit na toboganu a také navštívit saunu. Model je navržen tak, že návštěvník může opakovaně navštěvovat různé aktivity libovolný početkrát. V rámci modelu jsou implementovány dvě fronty, na které je třeba zaměřit pozornost. První je fronta před toboganem a druhá je fronta před saunou. Pokud lidé čekají, až se uvolní místo v sauně ± 15 min., odejdou zpět do bazénu.

Pro dosažení realističtějšího chování návštěvníků bylo nutné pečlivě nastavit procentuální pravděpodobnosti přechodů mezi aktivitami a délku trvání jednotlivých činností v modelu. Tento přístup zajistil věrnější zobrazení dynamiky výběru a opakování akcí návštěvníků, přičemž eliminuje nevhodné využívání přechodů a pevně stanovených časových rámců pro aktivity.



Obrázek 1: Petriho síť modelu aquaparku

4 Architektura simulačního modelu

Simulační model je umístěn v jednom souboru `kohoutovice.cpp`. Program jako vstupní argument očekává typ dne "-d":

- **weekday** – simulace pracovního dne
- **weekend** – simulace volného dne
- **holiday** – simulace svátku

4.1 Structura programu

V programu je jeden Generátor transakcí typu `"public Event" - class Generator` a jeden proces, který simuluje návštěvníka typu `"public Process" - class Visitor`. Tento proces obsahuje následující metody:

- `EnterLockerRoom()` - Vstup návštěvníka do šatny, kde čeká určitou dobu odpovídající exponenciálnímu rozdělení.
- `LeaveLockerRoom()` - Odchod návštěvníka ze šatny po určité době a zaznamenání času transakce.

- `ChooseActivity()` - Výběr aktivity: plavání v bazénu nebo návštěva sauny v závislosti na náhodné hodnotě.
- `GoSwimming()` - Návštěvník jde plavat do bazénu, zabere místo a následně plave po určitou dobu.
- `Swim()` - Funkce popisující čas stráveným plaváním v bazénu odpovídajícím exponenciálnímu rozdělení.
- `DecideAfterSwim()` - Rozhodnutí po plavání: odejít z bazénu, jít do sauny nebo využít tobogánu v závislosti na náhodné hodnotě.
- `UseWaterSlide()` - Využití tobogánu: obsazení tobogánu, čekání určitou dobu a uvolnění tobogánu.
- `DecideAfterSlide()` - Rozhodnutí po využití tobogánu: odejít z bazénu, zůstat v bazénu nebo opět využít tobogán v závislosti na náhodné hodnotě.
- `GoToSauna()` - Návštěva sauny: čekání, dokud sauna nebude dostupná, a poté buď návrat k plavání v bazénu, nebo vstup do sauny a pobyt v ní.
- `WaitUntilSaunaIsAvailable()` - Čekání, dokud sauna nebude dostupná, nebo určitou dobu podle exponenciálního rozdělení.
- `ChillInSauna()` - Popis času stráveného v sauně odpovídající exponenciálnímu rozdělení.
- `DecideAfterSauna()` - Rozhodnutí po návštěvě sauny: odejít ze sauny nebo se vrátit k plavání v bazénu v závislosti na náhodné hodnotě.
- `RecordTransactionTime()` - Zaznamenání času transakce, výpočet času stráveného v systému a uložení tohoto času pro analýzu.

V programu jsou 3 sklady:

- `Store lockerRoom()` – reprezentuje šatnu
- `Store pool()` – reprezentuje bazény
- `Store sauna()` – reprezentuje saunu

a jedna linka která reprezentuje tobogán -

- `Facility waterSlide()`

Jsou v programu dvě důležité globální proměnné:

- `totalVisitors` – počet návštěvníků
- `totalWaiters` – počet lidí(čekajících procesu, jeden proces může čekat více krát), kteří nepočkali na uvolnění sauny a šli do bazénu (není fronta)

4.2 Spouštění simulačního modelu

Program je možné spouštět ve třech režimech:

- `./kohoutovice -d weekday`
- `./kohoutovice -d weekend`
- `./kohoutovice -d holiday`

V závislosti na tom, jaký režim byl spuštěn, mění se pracovní doba, a interval příhodu návštěvníků.

4.3 Výstup simulace

Výstup simulace je bude uložen v souboru `kohoutovice.dat`. V němž bude možnost prohlédnout statistiky skladů, linky, počet návštěvníků a počet čekajících na saunu.

5 Experimenty

5.1 První experiment - pracovní den

```
$ ./kohoutovice -d weekday
```

5.1.1 Výsledky experimentu

Důležité výsledky simulace:

Globální:

- Pracovní doba - 15,5 hodin
- Počet návštěvníků - 674
- Počet čekajících na saunu (není fronta) - 154

Šatna:

- Maximální využitá kapacita 85
- Střední využitá kapacita 67

Bazén:

- Maximální využitá kapacita 67
- Střední využitá kapacita 52

Tobogán (fronta):

- Maximální délka fronty - 18
- Střední délka fronty - 2
- Maximální čas čekání - 21 min.
- Střední čas čekání - 5 min.

Sauna:

- Maximální využitá kapacita - 12 (maximální)
- Střední využitá kapacita - 11
- Počet čekajících na saunu (není fronta) - 154

5.1.2 Krátký závěr

První experiment ukázal, že v průběhu pracovního dne je pozorována vysoká vytíženost některých zařízení v aquaparku. Fronta u tobogánu dosahuje až **18 lidí**, což vytváří **dlouhé čekací doby**, přičemž průměrná délka čekání činí **5 minut**. Sauna je **neustále obsazena**, přičemž většina zájemců o saunu se vrací, pokud je zrovna obsazená.

5.2 Druhý experiment - volný den

\$./kohoutovice -d weekend

5.2.1 Výsledky experimentu

Důležité výsledky simulace:

Globální:

- Pracovní doba - 13,5 hodin
- Počet návštěvníků - 626
- Počet čekajících na saunu (není fronta) - 131

Šatna:

- Maximální využitá kapacita 96
- Střední využitá kapacita 71

Bazén:

- Maximální využitá kapacita 80
- Střední využitá kapacita 56

Tobogán (fronta):

- Maximální délka fronty - 22
- Střední délka fronty - 5
- Maximální čas čekání - 25 min.
- Střední čas čekání - 7 min.

Sauna:

- Maximální využitá kapacita - 12 (maximální)
- Střední využitá kapacita - 11
- Počet čekajících na saunu (není fronta) - 131

5.2.2 Krátký závěr

Druhý experiment, simulující volný den, přinesl ještě větší vytížení zařízení v aquaparku. Fronta u tobogánu byla průměrně delší, dosahovala délky až 5 lidí, ale maximální délka fronty narostla až na **22 osob**, což znamenalo až **25 minut** čekání. Stejně jako v pracovní den, i v tento volný den byla sauna **neustále obsazená** a většina zájemců se vracela, pokud byla zrovna plná. Tato opakující se situace znovu potvrzuje, že vytíženost zařízení v přeplněných dnech je významná a může ovlivnit celkový zážitek návštěvníků.

5.3 Třetí experiment - svátek

\$./kohoutovice -d holiday

5.3.1 Výsledky experimentu

Důležité výsledky simulace:

Globální:

- Pracovní doba - 13,5 hodin
- Počet návštěvníků - 398
- Počet čekajících na saunu (není fronta) - 25

Šatna:

- Maximální využitá kapacita 61
- Střední využitá kapacita 41

Bazén:

- Maximální využitá kapacita 48
- Střední využitá kapacita 30

Tobogán (fronta):

- Maximální délka fronty - 7
- Střední délka fronty - 1
- Maximální čas čekání - 7 min.
- Střední čas čekání - 1 min.

Sauna:

- Maximální využitá kapacita - 12 (maximální)
- Střední využitá kapacita - 8
- Počet čekajících na saunu (není fronta) - 25

5.3.2 Krátký závěr

Třetí experiment, simulující svátek, ukázal, že aquapark lépe zvládá své funkce kvůli menšímu počtu návštěvníků. Fronty ke zařízením, jako je tobogán a sauna, byly výrazně kratší ve srovnání s víkendem a pracovním dnem.

6 Závěr

Samotný výzkum, provedený naším modelem, jednoznačně prokázal několik klíčových zjištění. Pracovní dny a volné dny vykazovaly větší zatížení atrakcí v aquaparku s dlouhými frontami u některých aktivit, jako je tobogán nebo sauna. Naopak, svátky byly charakterizovány menším provozem a kratšími frontami u zařízení. Tato analýza ukazuje na potřebu zvážit strategie pro optimalizaci kapacity a rozložení návštěvníků v dnech s vyšší návštěvností, což by mohlo výrazně snížit čekací doby a zlepšit celkový zážitek návštěvníků.

7 Literatura

- [1] **ANALÝZA VHODNÝCH METOD A POSTUPŮ K OCENĚNÍ AQUAPARKU KOHOUTOVCE:**

<https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/40640/final-thesis.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

- [2] **Oficiální stránka aquaparku Kohoutovice:**

<https://aquapark.starez.cz/>

- [3] **Statistika v Google:**

<https://www.google.com/search?q=aquapark+kohoutovice>

- [4] **Mapy.cz recenze na aquapark Kohoutovice:**

<https://en.mapy.cz/zakladni?x=16.5412361&source=firm&id=2554802&y=49.1932419&z=17>

- [5] **TOPlist - statistiky: Aquapark Brno Kohoutovice:**

<https://88.86.101.2/stat/1092359/>

- [6] **Zájem Brňanů o pohyb byl minulý rok rekordní. Na městská sportoviště jich zavítalo přes milion:**

<https://zpravodajstvi24.cz/zajem-brnanu-o-pohyb-byl-minuly-rok-rekordni-na-r>

- [7] **SIMLIB:**

<https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>