

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Pavel Marek xmarek75

Štěpán Bílek xbilek25

5. 12. 2022

1 Úvod

V této práci je řešen proces sestavování modelu pro námořní dopravu v Bosporském průlivu a jeho následné simulace. Díky tomuto modelu a simulačním experimentům nad ním je možno pozorovat efektivitu v různých podmínkách. Smyslem experimentu je zjistit optimální časový interval pro transit lodí v Bosporském průlivu v daném směru.

1.1 Autoři a zdroje

Projekt vypracovali studenti Pavel Marek (xmarek75) a Štěpán Bílek (xbilek25). K technické části této práce bylo využito zdrojů z kurzu Modelování a simulace na FIT VUT v Brně. Jako informací k projektu sloužili primárně stránky Tureckého ministerstva dopravy, města Istanbulu a online radar lodní dopravy marinetraffic.com.

1.2 Validita

Ověření validity probíhalo tak, že při zadání vstupů reálných čísel z minulých let, byly výstupy simulace srovnatelné se skutečnými hodnotami z reality.

2 Rozbor tématu

Námi simulovaná trasa průjezdu Bosporu byla ze severu na jih.

Lodě dělíme na nákladní lodě a na tankery, přepravující nebezpečný materiál. [4] Tankery se dále dělí na velké (>200 m) a malé (<200 m) podle jejich délky. Nákladní lodě tvoří přibližně 2/3. U tankerů tvoří 90 % menší tankery a větší jen 10 %. [1]

Lodě připlouvají k průlivu a řadí se do fronty. Tanker má přednost před nákladní lodí. Průměrná rychlost lodí v průlivu je 10 uzlů (10nm/hod). [2]

Vzdálenost mezi nákladními loděmi musí být nejméně 1482 m, což odpovídá při průměrné rychlosti, že lodě čekají v průměru 288 vteřin, než můžou vyplout za lodí. [2]

Vzdálenost mezi jednotlivými tankery kratšími, než 200 m musí být přibližně o 1500 m delší, takže musí čekat o 5 minut déle. [3]

Pro tankery delší, než 200 m je vzdálenost předepsaná na přibližně 29 km, takže čekají o 1,5 hodiny déle. [2]

V průměru dojde 3 – 4x během jednoho roku na uzavření průlivu, kvůli špatnému počasí, celkově tyto odstávky trvají v průměru 480 hodin, ale v této době téměř žádné lodě k průlivu nepřiplouvají, tudíž toto omezení v modelu neuvažujeme. [2]

Aktuálně v Bosporském průlivu probíhá střídání směrů tak, že v jednom směru mají lodě povoleno vplouvat do průlivu po určitou dobu, poté se čeká, než bude průliv vyprázdněn (cca 2hod), následně začnou vplouvat lodě z druhého směru po určitou dobu a poté se opět uzavře průliv. [2]

2.1 použité postupy

Nejdříve jsme navrhli model pomocí Petriho sítě, který jsme následně naprogramovali v jazyce C++ s využitím knihovny SIMLIB.

2.2 překlad a spuštění

Překlad probíhá pomocí příkazu \$make

Spuštění pomocí příkazu \$make run

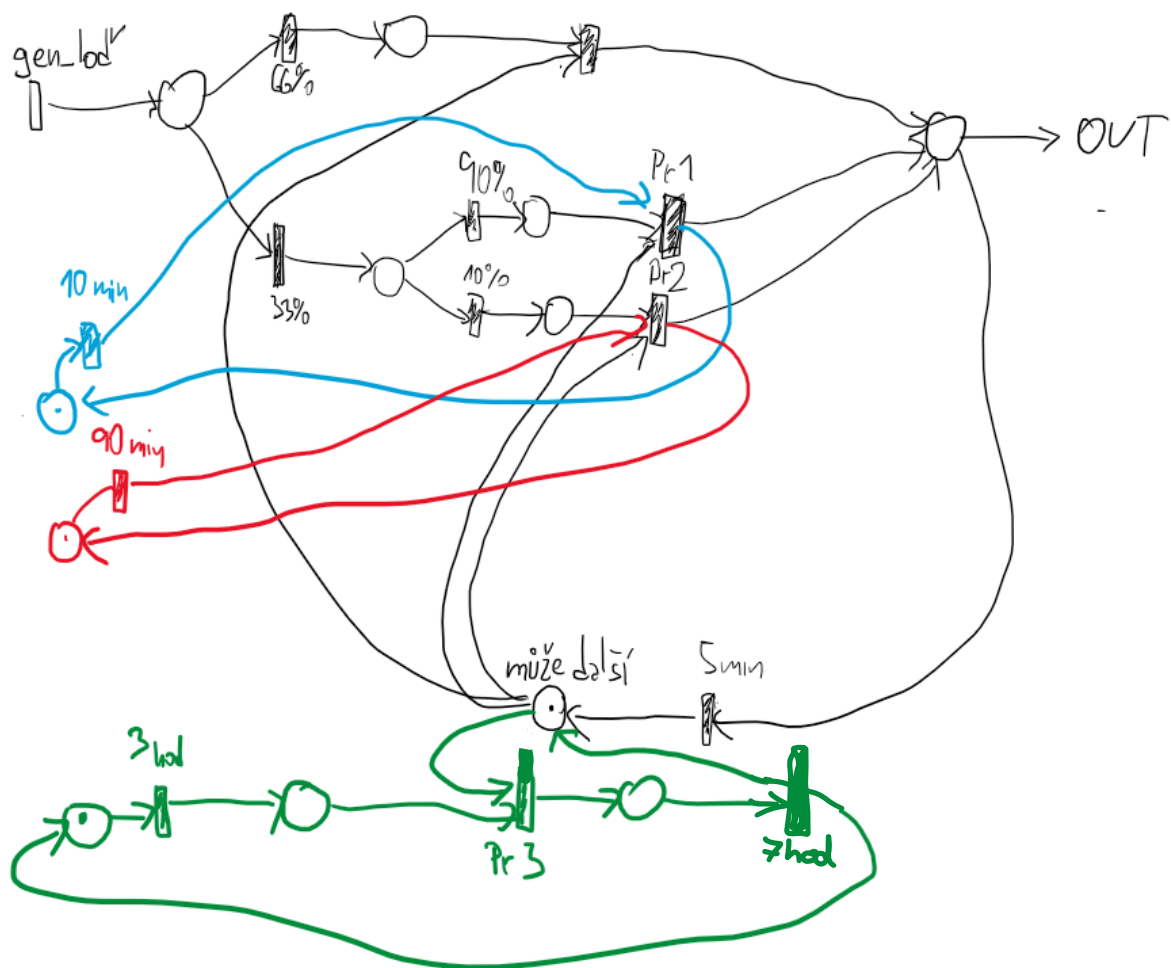
3 Koncepce modelu

Systém je brán jako systém hromadné obsluhy. Systém simuluje průběh jednoho rok, tudíž výstupní hodnoty, které získáme průměrujeme. Model neobsahuje samotnou trasu proplutí průlivem, protože nemá vliv na náš systém. K poruchám ovlivňující chod celého průlivu dochází jen velmi zřídka (jednou za pár let), tudíž pro naši studii není relevantní.

Model nesimuluje samotný průjezd průlivem, protože v průlivu je zakázané předjíždění a rychlost je předepsaná. Samotný průjezd průlivem pro loď trvá průměrně 2 hodiny, tudíž se odstávka trvá $2 \cdot 2 + 3$ hodiny (2*2 hodiny na opuštění průlivu všemi loďmi v obou směrech + 3 hodiny pro samotný chod opačného směru)

3.1 Forma a popis konceptuálního modelu

Petriho síť:



Na začátku se generuje loď s náhodným rozdělením, 66 % všech lodí tvoří nákladní lodě, 33 % tankery, tankery se dále dělí na malé (90 %) a velké (10 %). Vzdálenost mezi nákladními loděmi odpovídá 5minutové čekací lhůtě, mezi malými tankery 10 minut a u velkých 90 minut.

Systém běží 3 hodiny, poté se odstaví na 7 hodin (viz. zelená barva), to představuje uzavření vstupu do průlivu pro daný směr.

Transakce opouští systém v momentě kdy, loď vplouvá do průlivu.

4. Architektura simulačního modelu

Model obsahuje 4 generátory (gen. nákladních lodí, malých a velkých tankerů, přerušení).

Tyto procesy si podle priorit zabírají hlavní linku. Rozestupy mezi tankery jsou řešeny linkami pro tankery „tanker_linka“ a „velky_tanker_linka“.

4.1 Mapování konceptuálního modelu do simulačního modelu

Příznak „může_další“ je řešen tak, že proces obsadí linku „hlavni_linka“ pomocí knihovny funkce „Seize“ poté čeká danou dobu a poté linku uvolní funkcí „Release“. Generování lodí a přerušení je řešen pomocí výše uvedených 4 generátorů.

5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Cílem experimentu bylo zjistit optimální interval změny směru, tak aby lodě strávili ve frontě nejkratší možnou dobu. A to v závislosti na počtu připlouvajících lodí.

5.1 postup experimentování

Každý experiment spočíval ve spuštění dané simulace 5x po sobě a z toho se zjistilo, zda simulace vrací validní informace. V jednotlivých experimentech se měnil počet připlouvajících lodí a doba intervalu pro změnu směru.

5.2. Experimenty

U jednotlivých experimentů je shrnut cíl a smysl daného experimentu. Každý experiment zahrnuje výpis jeho výsledků s patřičným popisem a shrnutí závěru experimentu.

5.2.1

První experiment má za úkol zjistit optimální dobu pro průjezd jedním směrem pro skutečný aktuální počet připlouvajících lodí.

Vstupní parametry:

Doba simulace: 1 rok

Počet nákladních lodí: 20 000 -> exp (26 min)

Počet tankerů: 10 000 -> 9000 malých -> exp (59 min)

➔ 1000 velkých -> exp (526 min)

Výstupní hodnoty:

```
+-----+
| STATISTIC                                     |
+-----+-----+
| Min = 300                                Max = 86557.2 |
| Number of records = 30171                |
| Average value = 16038.1                  |
| Standard deviation = 10954.1              |
+-----+-----+
Pocet priplouvajicich cargo: 20283
Pocet odplouvajicich cargo: 20263
Pocet priplouvajicich tankeru: 8920
Pocet odplouvajicich tankeru: 8912
Pocet priplouvajicich tankeru velkych: 996
Pocet odplouvajicich tankeru velkych: 996
Doba pro prujezd jednim smerem: 5 hodin
```

Experiment probíhal 5x s různými intervaly pro průjezd jedním směrem.

Doba intervalu pro průjezd jedním směrem	Průměrná doba čekání (v sekundách)	Průměrná doba čekání (v hodinách)
3	52 176	14,49
4	17 168	4,77
5	16 038	4,46
6	16 719	4,64
7	17 991	5
8	19 220	5,34

Z experimentů jsme zjistili, že pro současný stav je optimální Doba intervalu pro průjezd jedním směrem 5 hodin.

6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Simulačními experimenty provedenými na vytvořeném modelu byla ověřena jeho validita, jeho chování se velmi podobá skutečnosti.

Studii provedenou na modelu bylo prokázáno, že systém funguje nejefektivněji pro současné množství proplovajících lodí, když je interval pro průjezd jedním směrem 5 hodin.

Zdroje:

1. <https://www.aa.com.tr/en/economy/over-41-000-vessels-pass-through-bosphorus-in-2019/1722573>
2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1569190X07001566>
3. <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:-12.0/centery:25.0/zoom:4>
4. <https://www.uab.gov.tr/>