

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

IMS

Suezský průplav

Simulace vytížení kanálu pomocí konvojů

T2: Model v logistice

Jakub Hamadej – xhamad03

V Brně 28. listopadu

Obsah

1. Úvod.....	3
1.1 Autoři a zdroje faktů.....	3
1.2 Ověření validity.....	3
2. Rozbor tématu.....	4
2.1 Použité postupy.....	4
2.2 Použité technologie.....	4
3. Koncepce modelu.....	5
3.1 Popis konceptuálního modelu.....	5
4. Architektura simulačního modelu.....	7
4.1 Mapování abstraktního modelu do simulačního.....	7
5. Simulační experimenty a jejich průběh.....	8
5.1 Postup při experimentování.....	8
5.2 Dokumentace jednotlivých výsledků.....	8
5.2.1 Experiment 1 Ověření funkčnosti modelu.....	8
5.2.2 Experiment 2 Test maximálního zatížení speciálními konvoji ze severu na jih.....	8
5.2.3 Experiment 3 Test rychlosti uvedení průplavu do normálního stavu po nehodě.....	9
5.3 Závěry experimentů.....	10
5.3.1 Závěr experimentu 1.....	10
5.3.2 Závěr experimentu 2.....	10
5.3.3 Závěr experimentu 3.....	10
6. Závěr simulačních experimentů a jejich shrnutí.....	11
7. Zdroje.....	11

1. Úvod

V této práci je modelován Suezský průplav a konvoje lodí, které jím proplovávají. Průplav se nachází v Egyptě a jedná se o jednu z hlavních logistických bodů světa. Udává se, že jím prochází asi 10% nákladní lodní dopravy.

Cílem projektu je ověřit, zda se navržený model chová podobně jako jeho reálná předloha a následně otestovat, jakého maximálního zatížení je simulovaný model schopný, aniž by docházelo ke zbytečnému tvoření dlouhých front před vstupy do kanálu.

1.1 Autoři a zdroje faktů

Autorem práce je Jakub Hamadej (xhamad03).

Práce je postavena na datech získaných na internetu, která budou všechny uvedena ve zdrojích.

1.2 Ověření validity

Validita modelu byla ověřena prostřednictvím experimentů s implementovaným modelem. Nebylo bohužel možné zkontrolovat výsledný model s někým ze Suez canal authority, která tuto námořní trasu spravuje.

2. Rozbor tématu

Tématem je simulace konvojů v Suezkém kanálu.

Suezký kanál je 193 km dlouhý a v současné době je v některých místech možná pouze jednosměrná doprava. Z toho důvodu se mezi první a druhou světovou válkou přišlo s konceptem konvojů, které značně zvýšili množství lodí, které mohly za den proplout přes kanál. [1]

Cesta přes kanál trvá přibližně 10 až 14 hodin. V části mezi Port Said a Ismaille lze plout pouze jedním směrem, tato část zabere 4 až 5 hodiny. Poté od Ismaille, přes Hořké jezero až na jeho konec se mohou lodě míjet. Tato část cesty zabere standardně 3 až 5 hodin. Poslední část od konce Hořkého jezera až do Suezů zabere 3 až 4 hodiny a lodě mohou plout pouze jedním směrem naráz.

V současné době se denně provádějí 3 konvoje s tím, že dva plují ze severu a jeden z jihu. Tato asymetričnost je způsobena odlišnou poptávkou ve světovém obchodu. V průběhu let se však toto uspořádání mění někdy jsou to pouze 2 konvoje proti sobě, nebo během srpna 2023 to byly 4 konvoje. [3] [6]

Kromě pravidelných konvojů jsou také konvoje mimořádné. Většinou se jedná o vojenské konvoje.

V březnu 2021 došlo v jižní části suezkého průplavy k nehodě, která zablokovala na 6 dní provoz v kanálu [5]

2.1 Použité postupy

K implementaci jazyk C++ a pro simulaci použita knihovna simlib psaná v tomto jazyce.

2.2 Použité technologie

C++, SIMLIB [7]

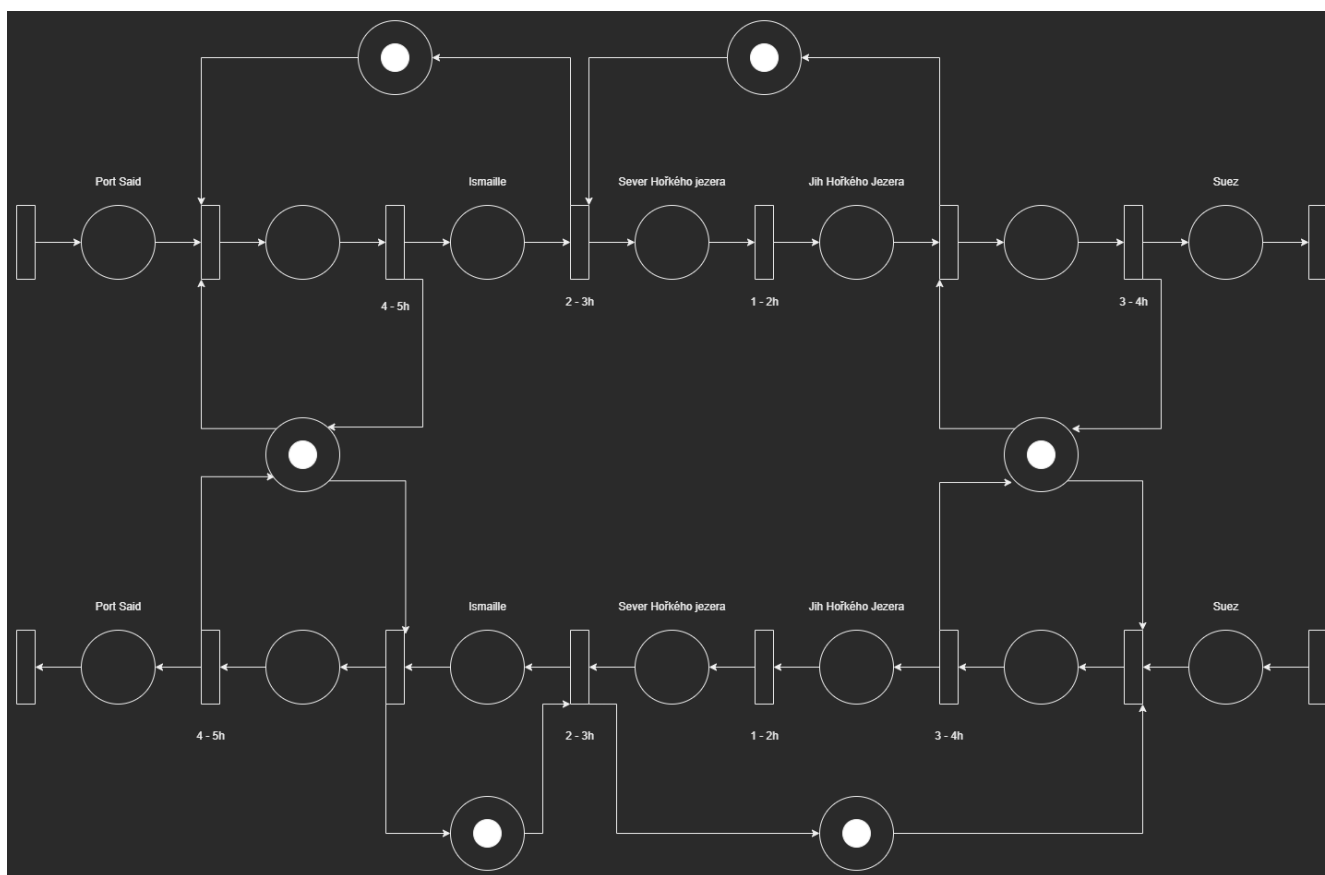
Pro překlad použít: g++

3. Koncepce modelu

K mojí práci modeluju chování jednotlivých konvojů na základě faktů z 2. kapitoly, kdy každý konvoj musí nakonec projet. V tomto modelu jsou zanedbány požadavky na prioritu jednotlivých konvojů, protože zde zkoumáme s kolika konvoji si dokáže tento model poradit, aniž by docházelo k hromadění konvojů na vstupu, případně za jak dlouho se po nehodě vrátí počet čekajících konvojů na očekávané hodnoty, tedy maximálně 2 – 3 (platí pro standardní provoz).

Pro rozdělení na úseky s časy jsme musel použít odhad, kdy lodě mají povoleno v kanálu plout rychlostí pouze 8 až 10 uzlů.

3.1 Popis konceptuálního modelu



Obrázek 1: Zjednodušený model Petriho sítě chování konvojů v Suezském kanálu za normálních okolností

Na obrázku číslo 1 je zjednodušený model Petriho sítě pro průjezd konvojů kanálem, úzká místa mezi Port Said – Ismaille a Hořké jezero – Suez mají své zdroje, protože zde může projet pouze jeden konvoj naráz. Dále poté v ostatních úsecích cesty může být pouze jeden konvoj na jeden směr, proto tyto úseky mají taktéž svojí kapacitu.

4. Architektura simulačního modelu

Implementace mého modelu je prosté předělání Petriho sítí na simulační model.

4.1 Mapování abstraktního modelu do simulačního

Všechny části kanálu jsou implementovány jako obslužné linky, které si jednotlivé procesy, konvoje, zabírají a následně uvolňují ve chvíli kdy jich není již potřeba.

Konvoje se generují pomocí událostí jako procesy. Procesy postupně podle časů na obrázku 1 zabírají jednotlivé části kanálu

Událost nehody se generuje jako proces s nejvyšší prioritou a jakmile je to možné, zabere na určitý čas obslužnou linku simulující úzké hrdlo mezi Suezem a Hořkým jezerem na dobu 6 hodin.

5. Simulační experimenty a jejich průběh

Cílem experimentování je ověřit, jak moc lze dlouhodobě zatížit dopravu v kanálu bez toho, aniž by začal kolabovat a jak dlouho bude trvat kompletní vzpamatování se po nehodě, tedy jak dlouho bude trvat, než přebytečné konvoje které se nahromadily během nehody, budou odbaveny.

5.1 Postup při experimentování

Při experimentech 1 a 2 bude doba testování nastavena na dobu ne menší než 1 rok, kdy pokud rozdíl mezi vytvořenými a přepravenými konvoji bude větší než 10, bude to znamenat, že model narazil na své limity.

Při experimentu 3 bude na začátku vyvolána nehoda která na 6 dní zablokuje Suez. Během této nehody se budou hromadit neodbavené konvoje, které musí být po skončení nehody zpracovány během normální dopravy. Účelem bude změřit, kdy rozdíl mezi vytvořenými konvoji a konvoji které projedou kanálem bude menší než 4.

5.2 Dokumentace jednotlivých výsledků

5.2.1 Experiment 1 Ověření funkčnosti modelu

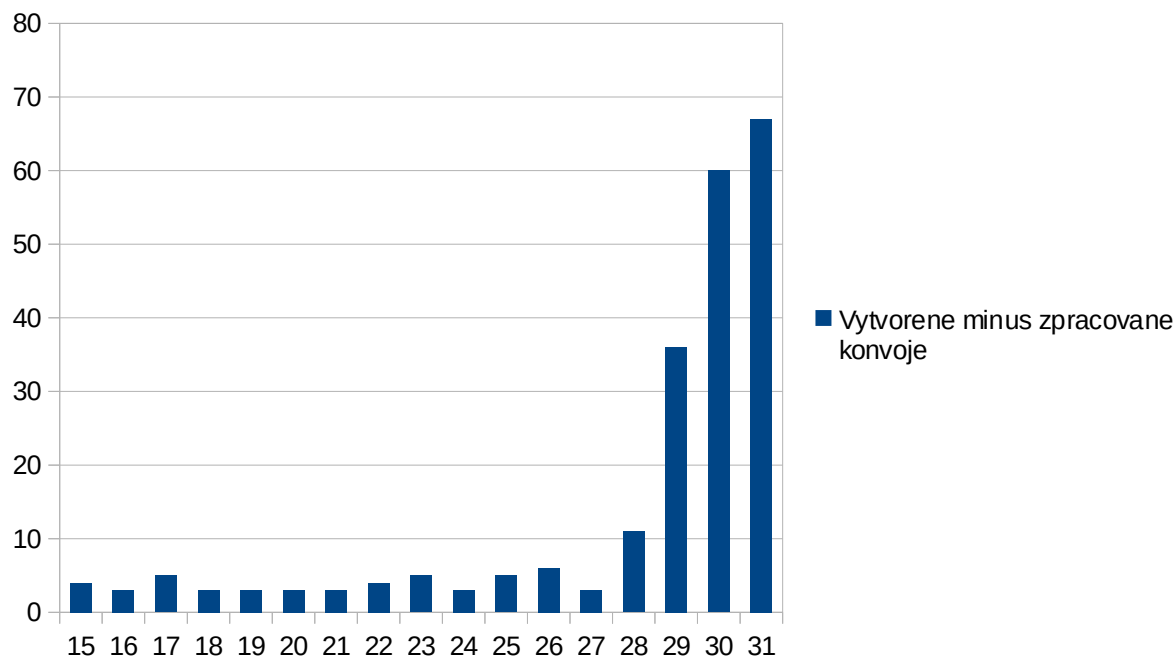
Tento experiment slouží pouze k otestování funkčnosti modelu. Test bude proveden na délce 5 let. Pokud rozdíl mezi vytvořenými a zpracovanými konvoji bude menší než 10, poté vytvořený model bude prohlášen za funkční.

Parametry testu: 2 konvoje ze severu denně, 1 konvoj z jihu denně. Žádné mimořádné konvoje a žádné nehody.

Počet konvojů za 5 let	Počet přepravených konvojů za 5 let	Výsledek
5477	5474	Model je funkční

5.2.2 Experiment 2 Test maximálního zatížení speciálními konvoji ze severu na jih

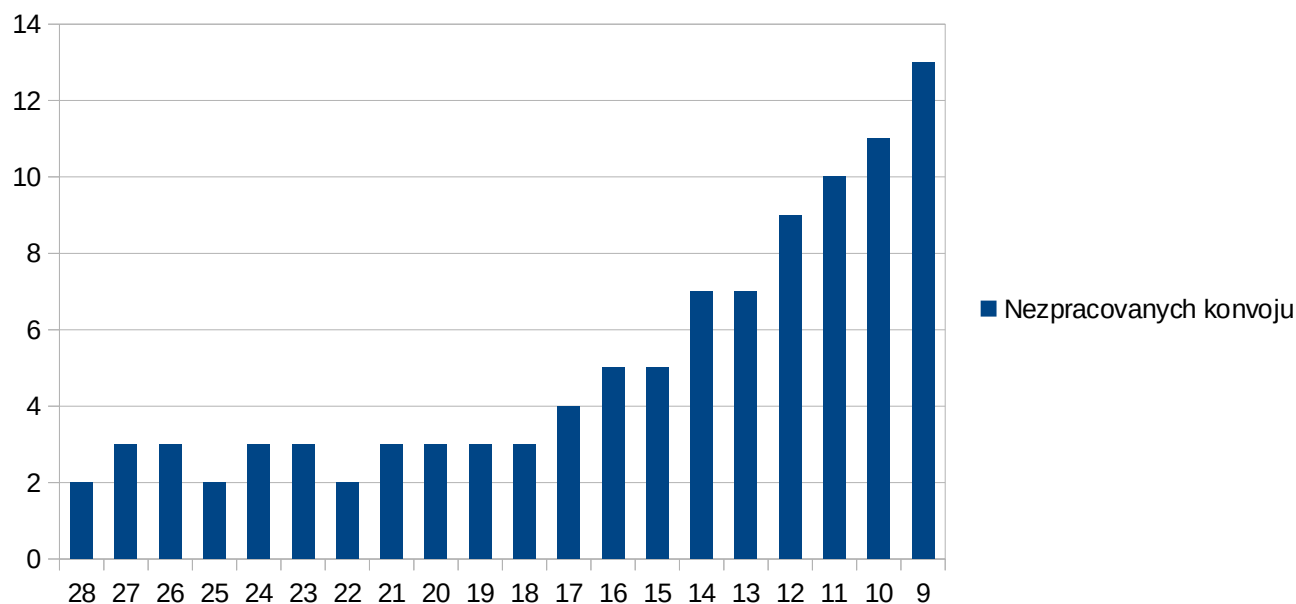
Tento experiment testuje zvýšený požadavek na přepravu přes Suezský kanál při mimořádných událostech jako je válka nebo přírodní katastrofa při které by z Evropy bylo vysláno velké množství konvojů a tato krize by měla trvalejšího charakteru. Znova budeme simulovat 5 let a tentokrát postupně zvyšovat množství generování mimořádných konvojů, které budou chtít proplout ze severu na jih. Počet dní v měsíci budeme roven 28. Zčneme na exponenciálních 15 konvojích za měsíc a budeme počet konvojů zvyšovat, dokud je schopen je model zpracovávat.



Graf zobrazuje do kolika konvojů za 28 dní není provoz kanálu saturovaný.

5.2.3 Experiment 3 Test rychlosti uvedení průplavu do normálního stavu po nehodě

V tomto experimentu vyvoláme na začátku simulace nehodu v kanálu a budeme měřit, za jak dlouho se od začátku simulace dostane na rozdíl mezi vytvořenými a zpracovanými konvoji menší než 5. Za 6 dní nehody by se mělo nahromadit 18 konvojů navíc, které musí být zpracovány. Teoreticky by tak mělo být do konce měsíce od počátku nehody.



Graf ukazuje kolik dní zabere zpracování přebytečných konvojů, které se nahromadili v průběhu nehody.

5.3 Závěry experimentů

5.3.1 Závěr experimentu 1

Výsledek odpovídá předpokladu. Model je validní

5.3.2 Závěr experimentu 2

Ukázalo se že do jednoho konvoje za den je simulace stabilní a kanál zvládne tuto zátěž. Při jednom speciálním konvoji za den se dostáváme na hranice kapacity kanálu. Při více než jednom konvoji za den poté již kapacita kanálu nestačí a jednotlivé konvoje se začnou postupně hromadit.

5.3.3 Závěr experimentu 3

Po nehodě, kdy 6 dní není kanál průjezdný se počet konvojů čekajících na přepravu dostane na stabilní hodnoty 18. den ode dne vzniku nehody.

6. Závěr simulačních experimentů a jejich shrnutí

Výsledkem je validní model který aspoň částečně reprezentuje reálné chování konvojů v Suezkém kanálu. Modelem je možno měřit kapacitu přepravy za různých scénářů po námi zvolenou dobu. Doufám, že tento model přiblíží lidem, jak moc je tato námořní trasa důležitá a jak nebezpečné by byli nehody pro ekonomické aktivity spoléhající na dopravu nákladu přes tuto lodní trasu.

7. Zdroje

- [1] SUEZ CANAL AUTHORITY. *Canal Characteristics*. Online. Dostupné z: <https://www.suezcanal.gov.eg/English/About/SuezCanal/Pages/CanalCharacteristics.aspx>. [cit. 2024-12-02].
- [2] *Suez Canal*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Suez_Canal. [cit. 2024-12-02].
- [3] ATLANTIC MARITIME WORKS & SUPPLY. *Suez Canal Convoy System*. Online. Dostupné z: <https://www.atlanticnavi.com/scconvoy.htm>. [cit. 2024-12-02].
- [4] STATISTA. *Number of ships passing through the Suez Canal from 1976 to 2022*. Online. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1252568/number-of-transits-in-the-suez-cana-annually/>. [cit. 2024-12-02].
- [5] *2021 Suez Canal obstruction*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/2021_Suez_Canal_obstruction. [cit. 2024-12-02].
- [6] GAC. *Updated transit schedule*. Online. Dostupné z: <https://www.gac.com/hot-port-news/updated-transit-schedule>. [cit. 2024-12-02].
- [7] PERINGER, Petr. *SIMLIB*. Online. Dostupné z: <https://www.fit.vut.cz/person/peringer/public/SIMLIB/>. [cit. 2024-12-02].