

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Simulační studie

Modelování a simulace

Námořní doprava

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Zdroje faktů	1
2	Mapování a analyzování lodních tras	1
2.1	Společný počáteční a konečný úsek	2
2.2	Horní trasa	2
2.3	Spodní trasa	2
2.4	Trasa přes Thajský kanál Kra	3
2.5	Trasa přes Malacký průliv	3
2.6	Trasa přes Sundský průliv	3
2.7	Trasa přes Lombocký průliv	3
2.8	Trasa přes Jihočínské moře	4
3	Koncepce modelu	4
3.1	Parametry tras	4
3.2	Model tras	4
3.3	Validita modelu	6
4	Návrh architektury simulačního modelu	6
5	Experimenty	7
5.1	Podstata experimentů	7
5.2	Postup experimentů	7
5.3	Dokumentace experimentů	7
5.3.1	Experiment 1	7
5.3.2	Experiment 2	8
5.3.3	Experiment 3	9
5.4	Zhodnocení experimentů	11
6	Závěr	11

1 Úvod

Studie vznikla jako projekt v rámci předmětu Modelování a simulace na téma námořní doprava. Malacký průliv je důležitým strategickým bodem v lodní dopravě pro obchod s jihovýchodní asií, především pro obchod s ropou [30]. Denně se přes něj převezve okolo 16 milionů barelů ropy [32], především do Číny, Japonska a Jižní Korei [22]. Tento průliv se nachází na poměrně nebezpečném místě, kde jsou často bouřky, pirátská aktivita a nebo kouř z okolních požárů, který omezuje viditelnost [35] [1]. Proto již několik let hledá čínská vláda vhodnou alternativu, která by byla bezpečnější a efektivnější. Cílem této simulační studie je zjistit:

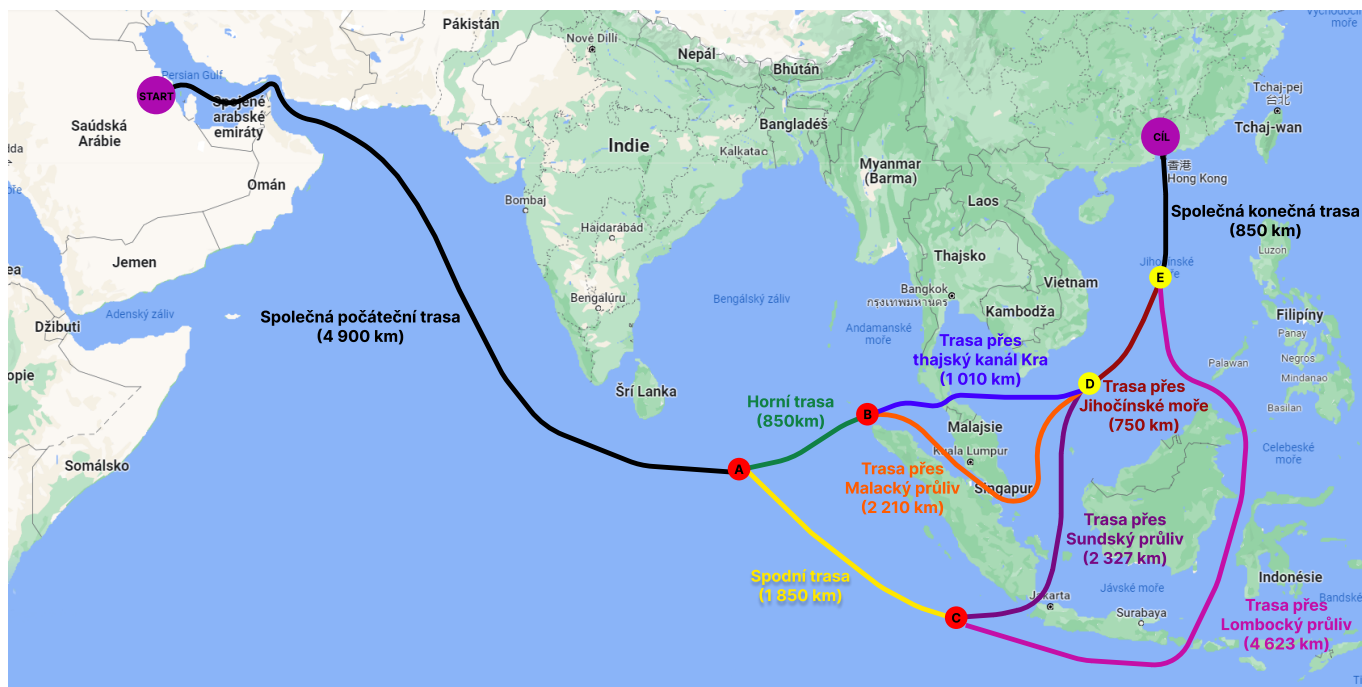
- Do jaké míry je efektivnější plavba v Malackém průlivu (i přes jeho nemalá rizika) oproti dalším momentálně dostupným alternativám [26]
- Jak se změní tato efektivita při změně podmínek na této trase?
- Do jaké míry bude efektivnější nová cesta vybudovaná čínskou vládou přes Thajský kanál Kra oproti Malackému průlivu a za jak dlouho se tato investice do tohoto kanálu Číně vrátí?

Tyto poznatky by měly vytvořit lepší představu o fenoménu *čínské malocké dilema* [29] a podtrhnout důležitost myšlenky pro vybudování nové lepší alternativní cesty.

1.1 Zdroje faktů

Zdroje informací byly čerpány především z internetu. Hlavními pilíři této práce jsou statistiky ze stránky *statista.com*, informace o malackém průlivu ze článku *Collision Safety in the Malacca Straits and Singapore Waters* [5] a informace o potencionálním vybudování nového kanálu ze článku *Thailand's Kra Canal: China's Way Around the Malacca Strait* [23]. Ostatní informace jsou řádně ozdrojovány na konci studie a reference na tyto zdroje jsou vyznačeny v textu.

2 Mapování a analyzování lodních tras



Obrázek 1: Mapa lodních tras

Pro modelování lodních tras a jejich následnou simulaci je nutné si tyto jednotlivé trasy namapovat a následně je analyzovat. Pro objektivní srovnávání se zvolil stejný počáteční a stejný koncový přístav pro všechny trasy. Počátečním přístavem se zvolil přístav Ras Tanura v Saúdské Arábii a koncovým přístavem se zvolil přístav Hong Kong v Číně.

Všechny trasy mají společný počáteční černý úsek vedoucí od Ras Tanury po bod A, který rozděluje trasu na horní tmavě zelenou trasu a spodní žlutou trasu. Tmavě zelená trasa se dále dělí v bodu B na modrou trasu vedoucí přes thajský kanál Kra a na červenou trasu vedoucí přes Malacký průliv. Žlutá trasa se dále dělí v bodu C na fialovou trasu vedoucí přes Sundský průliv a na purpurovou trasu vedoucí přes Lombocký průliv. Trasy (kromě purpurové) se napojují v bodu D, který započíná tmavě červený úsek vedoucí přes Jihočínské moře. Tato trasa se spojuje s purpurovou trasou v bodu E a dále pokračuje společná černá trasa přes Jihočínské moře do Hong Kongu [30] [7].

2.1 Společný počáteční a konečný úsek

V počátečním společném úseku musí tanker čelit několika nástrahám. Prvním problémem je plavba v Hormuzském průlivu. Tento průliv je nejdůležitějším strategickým bodem exportu ropy na světě [3]. Proto toto místo vyvolává vysoké politické napětí mezi státy [34]. Největší politické napětí je mezi Íránem a USA. Toto napětí vyvolávalo v 80. letech minulého století, kdy v Íránsko-Írácké tankerové válce bylo potopeno přes 50 tankerů a dalších 185 tankerů bylo zasaženo [21]. Od této války bylo zasaženo celkově 6 tankerů, které byly zasaženy v důsledku politické eskalace. Jelikož se naše studie nezaměřuje na export během válečného období, dovolíme si tento problém zanedbat. Dále se zanedbá i problém potopení při neválečném stavu, jelikož byly tyto útoky tendenční (s nulovou incidencí na tankerech plujících do Asie). Samotná pravděpodobnost takového potopení by se pohybovala v tisícinách procent (kolem 0,004%). Tato pravděpodobnost byla získána na základě počtu proplutí tankerů průlivem za den (14 tankerů [34]). Tedy za 30 let zde proplulo zhruba 153 300 tankerů z toho se potopilo pouze 6 tankerů.

Druhým problémem na tomto úseku jsou cyklóny v Arabském moři, které omezují export. V některých závažnějších případech dokaží daný tanker i potopit. Za posledních 22 let se vytvořilo 22 cyklón, které trvaly průměrně jeden týden [42]. Pravděpodobnost setkání tankeru s cyklónou je tedy 1,92%.

Dalším problémem jsou tsunami, které při srážce zničí jakýkoliv tanker. Tsunami se v Indickém oceánu objevilo dvakrát za posledních 121 let (naposledy v roce 2004 kvůli zemětřesení) [11]. Tato pravděpodobnost je natolik malá (0,0045%), že si dovolíme tento problém zanedbat. Bouřky v tomto úseku nepředstavují větší rizika, jelikož je tanker většinu tratě na otevřeném moři (nehrozí riziko srážky s jinou lodí pevninou). Případné malé ztráty spojené s nevhodným počasím v podobě času a peněz jsou v této studii zanedbány.

Konečný společný úsek se nachází za posledním spojovacím bodem E. V tomto úseku hrozí nebezpečí tajfunů - jinak zvaných cyklónů. Každý rok se v této oblasti vyskytne průměrně 10 cyklónů a každý na této trase působí 3 až 4 dny [46]. Pravděpodobnost setkání tankeru s cyklónem tedy činí 9,59%.

2.2 Horní trasa

Úsek začíná od bodu A, kde se začíná dělit společný úsek a směřuje více na sever k Malackému průlivu. Tento úsek se nachází na místě, kde se nevyskytují tropické cyklóny ani zde nejsou potvrzeny pirátské aktivity, které jsou pro jihovýchodní Asii typické (kolem 41% z celového ročního výskytu pirátských aktivit na světě [1]). Jelikož se jedná o otevřenou plochu, bouřky nepředstavují výrazné nebezpečí (srážka tankeru s jinou lodí či pevninou [24]). Tento úsek nepředstavuje pro tanker žádné větší rizika, proto malé rizika vyskytující se v tomto úseku (např. možná kratká zpoždění v důsledku špatného počasí) nebudou brány v potaz v této studii.

2.3 Spodní trasa

Úsek začíná od bodu A, kde se začíná dělit společný úsek a směřuje více na jih. Úsek se stejně jako horní trasa nachází na místě, kde nejsou potvrzeny pirátské aktivity. Bouřky zde taktéž nepředstavují velká rizika.

Největším možným rizikem jsou zde možné výskyty cyklón. Za posledních 20 let se v tomto úseku vyskytly 2 cyklóny [45]. Každá cyklóna působila na této trase průměrně 3 dny. Pravděpodobnost výskytu cyklóny tedy činí 0,082%.

Za možné riziko by se mohlo považovat tsunami, které se ve společné počáteční trase zanedbalo. Za posledních 20 let se v Indonésii vytvořily 4 tsunami, z nichž by dvě ohrozily tankery v tomto úseku [33] [39]. Tsunami trvá několik hodin až několik dní [31]. Studie bere v potaz hrozbu tsunami trvající 12 hodin. Pravděpodobnost takového setkání tankeru s tsunami činí 0,014%.

2.4 Trasa přes Thajský kanál Kra

Úsek začíná od bodu B, kde se začíná dělit horní úsek a trasa směřuje převážně rovně na východ. Kanál na této trase je plánovaný již několik let čínskou vládou, která chce zajistit bezpečnější a kratší trasu pro převoz ropy. Kanál by měl být dlouhý okolo 100 kilometrů a široký kolem 400 metrů. Kanál by měl být konkurencí nynějšího Malackého průlivu [38].

Největším rizikem na této trase by mohla být zhoršená smogová situace, která je každoročně v Thajsku po dobu 3 měsíců [12]. Pravděpodobnost výskytu smogu při proplouvání kanálu by čila přibližně 25%.

Studie předpokládá, že čínská vláda bude tento kanál udržovat bezpečný. Proto studie pirátskou aktivitu v tomto úseku nebude uvažovat.

2.5 Trasa přes Malacký průliv

Úsek začíná od bodu B, kde se začíná dělit horní úsek a trasa směřuje převážně na jih. Tato trasa je druhým nejvytíženějším místem převozu ropy. Trasa je nejcitlivějším místem exportu ropy do Asie. Průliv je dlouhý kolem 800 kilometrů a široký kolem 2,5 kilometru v nejužším bodě. Citlivost tohoto místa je dána vyskytující se pirátskou aktivitou, poměrně častými bouřkami a častým kouřem, který výrazně snižuje viditelnost [35].

Pirátská aktivita je zde podle zdrojů rozporuplná. Některé zdroje uvádí kolem 100 incidentů za rok [4], jiné uvádí téměř nulovou nynější aktivitu [37]. Proto se zde zavedla hypotetická situace, kdy piráti přepadávají přibližně 6 tankerů ročně [27]. Toto číslo se vyvodilo z počtu přepadnutých lodí v Malackém průlivu za rok (140 lodí, při vyšší aktivitě [4] [37]) a z poměru napadení tankerů ku celkovému napadení lodí za rok 2021 (5 tankerů ku 118 lodím [25]). Pravděpodobnost takového útoku činí 0,034%.

Dalším důležitým problémem jsou problémy s viditelností. Tento problém vytvářejí husté kouře z okolních požárů na ostrově Sumatra. Tyto požáry vznikají kvůli vytváření plantáží, které jsou určené pro výrobu palmového oleje. Každoročně přibývá těchto požárů, kdy největší z nich byl zaznamenán v roce 2019. Viditelnost lodí se snižuje na 200 metrů [35], což způsobuje, že u některých tankerů nevidí posádka na svoji před. Tyto požáry bývají v suchém období každý rok po dobu zhruba 3 měsíců [41]. Pravděpodobnost výskytu kouře při proplouvání Malackého průlivu je tedy 25%.

Neméně důležitým problémem jsou bouřky, kterých je v Malackém průlivu průměrně 168 za rok [15]. Bouřky mohou způsobovat nižší viditelnost a horší kontrolu nad tankerem. To může vyústit ve srážku tankeru s jinou lodí či pevninou na užších místech. Pravděpodobnost bouřky činí 46,03%.

2.6 Trasa přes Sundský průliv

Tento úsek začíná od bodu C, kde se začíná dělit spodní úsek a trasa směřuje přes Sundský průliv. Tato trasa je první alternativou k trase přes Malacký průliv.

Největším problémem je zde výskyt cyklón. Za posledních 20 let se v tomto úseku vyskytlo 6 cyklón [45]. Každá cyklóna působila na této trase průměrně 2 dny. Pravděpodobnost výskytu cyklóny tedy činí 0.15%.

Dalším problémem je zde předpokládaná pirátská aktivita, která je stejně vysoká jako v Malackém průlivu (0,034%) [8], jelikož trasa vede kolem Malackého průlivu a navíc trasa vede kolem hlavního města Indonésie - Jakarty.

Dalším možným rizikem, které by mohlo ohrozit tanker, je tsunami. Za posledních 20 let se zde tsunami vyskytlo jednou [44]. Studie bere v potaz hrozbu tsunami trvající 12 hodin. Pravděpodobnost takového setkání tankeru s tsunami činí 0,007%. Tato pravděpodobnost je natolik malá, že ji dovolíme ve studii zanedbat.

2.7 Trasa přes Lombocký průliv

Tento úsek začíná od bodu C, kde se začíná dělit spodní úsek a trasa směřuje přes Lombocký průliv. Tato trasa je druhou alternativou k trase přes Malacký průliv. Tato alternativa je často využívaná tankery, které jsou příliš hluboké na to, aby propluly Malackým průlivem.

Největším problémem je zde výskyt cyklón. Za posledních 20 let se v tomto úseku vyskytlo 11 cyklón [45]. Každá cyklóna působila na této trase průměrně 3 dny. Pravděpodobnost výskytu cyklóny tedy činí 0.45%.

Dalším problémem je zde předpokládaná pirátská aktivita, která nižší než v Malackém průlivu. Tato pirátská aktivita je především v oblasti Suluského a Celebského moře. Piráti se zde zaměřují především na rybářské lodě. Počet případů přepadených tankerů je natolik malý (pouze 1), že si tuto pravděpodobnost dovolíme ve studii zanedbat [40].

Dalším možným rizikem, které by mohlo ohrozit tanker, je tsunami. Za posledních 20 let se zde tsunami vyskytlo jednou [43]. Studie bere v potaz hrozbu tsunami trvající 12 hodin. Pravděpodobnost takového setkání tankeru s tsunami činí 0,007%. Tato pravděpodobnost je natolik malá, že ji dovolíme ve studii zanedbat.

2.8 Trasa přes Jihočínské moře

Tento úsek začíná od spojovacího bodu D a pokračuje do středu Jihočínského moře. Na této trase není potvrzená pirátská aktivita a ani výskyt tsunami. Jelikož se úsek vyskytuje na otevřeném moři, bouřky nejsou pro tanker větším rizikem. Možný výskyt cyklónů je analyzovaný v konečném společném úseku v sekci 2.1.

3 Koncepce modelu

V první řadě je nutné si v modelu definovat, co znamená pojem efektivnější trasa. Efektivnější trasa je trasa, která má nejnižší hodnotu klíčového parametru - ceny. Cena se odvíjí od:

1. Času a vzdálenosti (např. kolik nafty spotřebujeme)
2. Rizikových událostí (např. dojde ke zvýšení ceny, pokud přijdeme o tanker)

Nejdůležitějším parametrem v této studii jsou rizikové události, které ovlivňují čas i vzdálenost trasy. Parametr vzdálenosti trasy určuje studie podle zvolené trasy a podle výskytu rizikových událostí (např. tanker musí obeplout cyklón). Parametr času se určuje stejným způsobem jako parametr vzdálenosti.

Dále je nutné si definovat samotný tanker. Studie bere v potaz tanker VLCC, který se typicky využívá pro převoz ropy do států jihovýchodní Asie. Tanker pluje průměrnou rychlostí 14 uzlů (14 námořních mil za hodinu) [19]. Za hodinu cesty při průměrné rychlosti stojí převoz ropy kolem 1 600 dolarů a tanker spotřebuje kolem 3,7 tun paliva [2].

Veškeré informace o délce tras a času plavby studii poskytovala stránka sea-distances.org, která byla před zahrnutím do studie podrobena kritickému zkoumání (při průzkumu uváděla stejně dlouhou dobu při plavbě z přístavu Aden v Jemenu do přístavu Jokohama v Japonsku jako jiný zdroj [20]) a stránka freemaptools.com/measure-distance.htm.

3.1 Parametry tras

Hlavní transportní trasou je trasa vedoucí přes Malacký průliv. Trasa začíná společným úsekem, pokračuje horním úsekem přes Malacký průliv dále po trase přes Jihočínské moře až do Hong Kongu. Tato trasa měří 9 560 kilometrů a trvá 15 dní a 9 hodin. Pokud tanker nenarazí na rizikové události, tak spotřebuje přibližně 1 367 tun paliva a cesta tankeru stojí zhruba 587 000 dolarů.

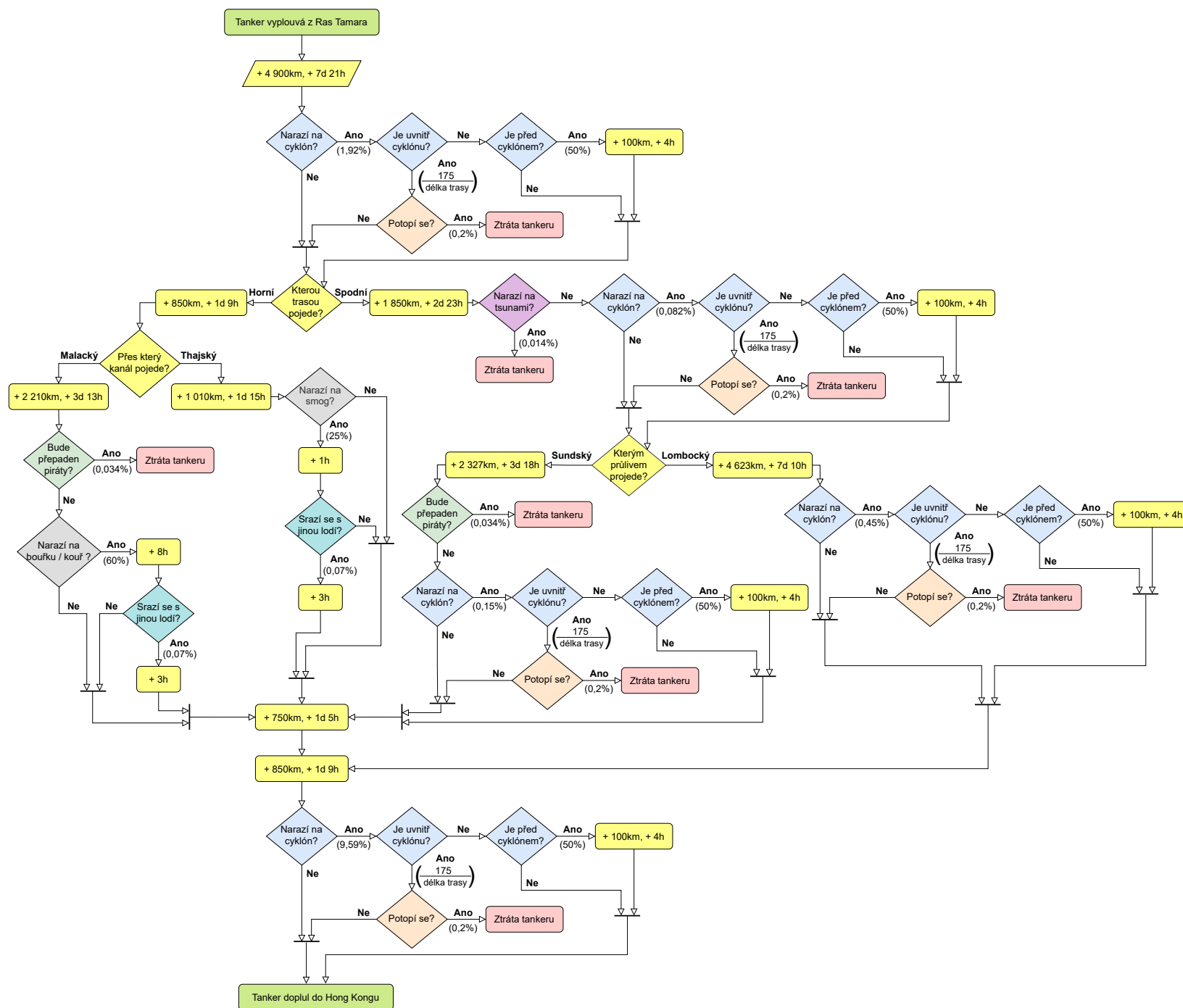
Alternativní trasou k této trase je trasa přes Sundký průliv. Trasa začíná společným úsekem, pokračuje spodním úsekem přes Sundký průliv dále po trase přes Jihočínské moře do Hong Kongu. Tato trasa měří 10 677 kilometrů a trvá 17 dní a 4 hodiny. Pokud tanker nenarazí na rizikové události, tak spotřebuje přibližně 1 526 tun paliva a cesta tankeru stojí zhruba 654 700 dolarů.

Druhou alternativní trasou, převážně pro velmi hluboké tankery, je trasa přes Lombocký průliv. Trasa začíná společným úsekem, pokračuje spodním úsekem přes Lombocký průliv dále po trase přes Celebské a Jihočínské moře do Hong Kongu. Tato trasa měří 12 223 kilometrů a trvá 19 dní a 15 hodin. Pokud tanker nenarazí na rizikové události, tak spotřebuje přibližně 1 745 tun paliva a cesta tankeru stojí zhruba 748 300 dolarů.

Novou konkurenční alternativou Malackému průlivu by měla být trasa přes plánovaný thajský kanál Kra. Trasa začíná společným úsekem, pokračuje horním úsekem přes kanál Kra dále po trase přes Jihočínské moře do Hong Kongu. Tato trasa má měřit okolo 8 360 kilometrů a trvat zhruba 13 dní 11 hodin. Pokud tanker nenarazí na rizikové události, tak spotřebuje přibližně 1 197 tun paliva a cesta tankeru stojí zhruba 513 200 dolarů.

3.2 Model tras

Trasy se modelovaly pomocí vývojového diagramu. V tomto modelu jsou především zohledněny rizikové události, které mohou měnit efektivitu jednotlivých tras. Model zachoval pouze události, které nebyly ve studii zanedbány.



Obrázek 2: Vývojový diagram lodních tras

Zelené obdélníky reprezentují start a cíl plavby tankeru. Žluté obdélníky reprezentují prodloužení vzdálenosti nebo doby plavby. Žluté kosočtverce reprezentují výběr trasy. Světle modré kosočtverce reprezentují rizikovou událost cyklónu společně s oranžovým kosočtvercem, který reprezentuje riziko potopení. Fialový kosočtverec reprezentuje riziko vzniku tsunami. Světle zelené kosočtverce reprezentují riziko setkání tankeru s piráty. Šedé kosočtverce reprezentují snížené viditelnostní podmínky. Zelenomodré kosočtverce reprezentují riziko srážky s jinou lodí a červené obdélníky reprezentují ztrátu tankeru.

Riziková událost cyklónu byla rozdělena do několika stavů. Pokud se tanker setká s cyklónem, je nutné zjistit, kde se daný cyklón nachází. Šance, zda se tanker nachází uvnitř cyklónu, je zjištěna podle průměrného průměru cyklónu (175 km [48]) děleného délkou dané trasy. Pokud se tanker nachází uvnitř cyklónu, má 0,2% šanci na potopení [13]. Pokud se tanker nenachází uvnitř cyklónu, tak je nutné zjistit, zda se tanker nachází před cyklónem (musí cyklón obeplout) nebo za cyklónem (nemusí nic řešit). Šance na výskyt cyklónu před tankerem je stejná jako za ním, jelikož se cyklón může vytvořit v jakýkoli čas - před samotným vyplutím tankeru, během plavby nebo po plavbě. Pokud se tanker nachází před cyklónem, musí cyklón obeplout. Vzdálenost obeplutí se spočítala podle vzorce: $(\frac{\pi}{2} - 1) \times 175$, jelikož studie předpokládá tvar cyklónu jako kruh, jehož průměr je 175 km. Polovina obvodu kruhu při počítání s průměrem je $\frac{\pi}{2} \times 175$. Zajímá nás pouze prodloužení vzdálenosti, ne vzdálenost samotná, proto se od této konstanty odečte průměr $(\frac{\pi}{2} \times 175) - 175$ a pro lepší přehlednost se konstanta 175 vytkne před výraz.

Další rizikovou událostí je snížení viditelnostních podmínek. V Malackém průlivu nastanou snížené viditelnostní podmínky s pravděpodobností 60%. Tato pravděpodobnost reprezentuje nastání jednoho jevu nebo obou jevů zároveň a spočítala se podle vzorce: $[1 - (0,5397 \times 0,75)] \times 100$, kde hodnota 0,5397 reprezentuje negaci pravděpodobnosti nastání bouřky a hodnota 0,75 reprezentuje negaci pravděpodobnosti nastání kouře. Po jejich vynásobení se zjistí pravděpodobnost nenastání ani jednoho jevu. Ta se odečte od celkové pravděpodobnosti a převede se na procenta. Při těchto podmínkách se doporučuje plout bezpečnou rychlostí. Ta se určí podle schopností a možností daného tankeru [9]. Studie předpokládá, že dané spomalení bude zhruba o 20%. Tanker pluje průměrnou rychlostí 14 uzlů, což je necelých 26 km/h. Po snížení o 20% (vynásobení konstantou 0,8) tanker bude plout okolo 20,7 km/h. V Malackém průlivu musí uplout vzdálenost 800 km a v thajském kanálu Kra musí uplout 100 km. V Malackém průlivu bude plout o 8 hodin navíc a v kanálu Kra bude plout o 1 hodinu navíc. Toto riziko navíc nese možnost srážky s jinou lodí. V Malackém průlivu se ročně srazí 60 lodí [14], přičemž podíl tankerů z celkové dopravy tvoří 25-30% [16] (ročně průlivem propluje kolem 83 000 lodí [17], tedy kolem 24 500 tankerů ročně). Z toho studie předpokládá, že má ročně srážku zhruba 17 tankerů. Pravděpodobnost srážky je tedy kolem 0,07%. Při srážce s jinou lodí (zanedbává se srážka tankeru s jiným tankerem, jelikož tato pravděpodobnost se pohybuje v tisícinách procent - nastane zhruba 1x do roka [5]) se musí sražená loď evakuovat (evakuace trvá průměrně 1 hodinu [28]), tanker musí dojet do přístavu a zpět (studie předpokládá trvání přes 1 hodinu - tanker pluje v užších místech Malackého průlivu zhruba 19 km od pobřeží [35] a v thajském kanálu Kra bude trvat odstavení lodi) a musí proběhnout samotné vylovení (necelou 1 hodinu [6], se zahrnutím řešení problémů s tím spojených - např. sepsání reportu o události). Celkově srážka trvá zhruba 3 hodiny.

Dalšími rizikovými událostmi, při jejichž nastání studie počítá se ztrátou daného tankeru, jsou výskyt tsunami nebo přepadení piráty.

3.3 Validita modelu

Model je vymodelovaný na základě zjištěných či případně odvozených faktů z několika nezávislých zdrojů. Případné fakta, které byly zanedbané v modelu, jsou řádně zdokumentovány v sekci 2. Důvodem zanedbání těchto fakt bylo minimální ovlivnění modelu (pravděpodobnosti rizikových událostí se pohybovaly v tisícinách procent). Hypotéza u pirátských aktivit byla vytvořena z důvodu rozdílných informací u jednotlivých zdrojů.

4 Návrh architektury simulačního modelu

Simulační model se implementoval v jazyce C++ bez použití knihoven pro simulaci. Knihovny nebyly využity z důvodu, že se při simulaci jedná pouze o iteraci výpočtů s úpravou proměnných hodnot. Vstupními parametry programu jsou základní informace, které nám definují model. Těmito parametry jsou:

- [-t <route_set>] – výběr trasy, která se má odsimulovat:

- 1: přes Thajský kanál Kra
- 2: přes Malacký průliv (kanál)
- 3: přes Sundský průliv
- 4: přes Lombocký průliv

- [-r <fuel_cost>] – cena ropy za barel v dolarech
- [-w <wind_coef>] – koeficient výskytu cyklónů
- [-s <tsunami_coef>] – koeficient výskytu tsunami
- [-k <haze_coef>] – koeficient výskytu kouře/mlhy
- [-p <pirate_coef>] – koeficient výskytu pirátů

Příklad použití: `./sim -t 1 -r 80 -k 2.5`

Po zpracování vstupních parametrů si simulační program vypočítá dodatečné informace, konkrétně:

- cenu plavby
- vzdálenost plavby
- délku plavby
- počet zničených tankerů

5 Experimenty

5.1 Podstata experimentů

Podstatou experimentů je zjištění informací, ze kterých lze vyvodit odpověď na otázky, které byly položeny v úvodní sekci studie (sekce 1).

5.2 Postup experimentů

Experimentování bude probíhat zkoumáním. Zkoumání bude probíhat tak, že se budou zadávat různé hodnoty vstupních parametrů. Tyto hodnoty mají věrohodně interpretovat realitu tak, aby simulovaly možnou situaci, která může nastat v budoucnosti. Nejprve se vždy nasimuluje situace s výchozími hodnotami parametrů (s výběrem konkrétní trasy) a následně se experimentuje s hodnotami jednotlivých parametrů.

5.3 Dokumentace experimentů

Každý experiment má nastavený stejný počet simulací - 10 miliónů. Parametry, které nejsou uvedeny při spuštění simulace, jsou nastaveny na výchozí hodnoty. Vstupy jsou vyznačeny **tučně** a výstupy jsou značeny písmem psacího stroje. Cena ropy za 1 barel je v simulačním programu nastavena na 80 dolarů [10]. Cena potopení tankeru se pohybuje kolem 220 - 240 miliónů dolarů (120 miliónů dolarů je cena tankeru [36] a 100 - 120 miliónů dolarů je cena převážené ropy [18]). Naše studie předpokládá cenu potopení tankeru za 220 miliónů dolarů.

5.3.1 Experiment 1

Tento experiment zjišťuje, do jaké míry je efektivnější plavba v Malackém průlivu oproti dalším momentálně dostupným alternativám.

`./sim -t 2`

```
Hodnoty Simulace t2___AVG.txt:
Průměrně najeto: 9565 kilometrů
Průměrný čas plavby: 15d 14h
Celkem zničeno tankerů: 3447 (0.0345%)
Průměrná cena plavby: 840824$
```

./sim -t 3

Hodnoty Simulace t3___AVG.txt:
Průměrně najeto: 10681 kilometrů
Průměrný čas plavby: 17d 4h
Celkem zničeno tankerů: 4695 (0.047%)
Průměrná cena plavby: 957513\$

./sim -t 4

Hodnoty Simulace t4___AVG.txt:
Průměrně najeto: 12228 kilometrů
Průměrný čas plavby: 19d 16h
Celkem zničeno tankerů: 1458 (0.0146%)
Průměrná cena plavby: 1010250\$

Po srovnání jednotlivých simulací jsme zjistili, že za normálních podmínek je trasa přes Malacký průliv nejlevnější a dokonce tato trasa není nejvíce nebezpečná (trasa 3 přes Sundský průliv má větší ztráty tankerů). Proto naše simulace potvrdila, že je pro export ropy nejvhodnější zvolit právě tuto trasu, která nese minimální riziko ztráty tankeru (0,0345%).

5.3.2 Experiment 2

Tento experiment zjišťuje, jak se změní efektivita v Malackém průlivu při změně podmínek. Konkrétně se zkoumá, jak se změní cena plavby při snížení ceny ropy na 40 dolarů (první část experimentu) a jak se změní efektivita trati při zvýšení výskytu pirátů a extrémního počasí (druhá část experimentu).

První část experimentu:

./sim -t 2 -r 40

Hodnoty Simulace t2_r40___AVG.txt:
Průměrně najeto: 9565 kilometrů
Průměrný čas plavby: 15d 14h
Celkem zničeno tankerů: 3476 (0.0348%)
Průměrná cena plavby: 458966\$

./sim -t 3 -r 40

Hodnoty Simulace t3_r40___AVG.txt:
Průměrně najeto: 10681 kilometrů
Průměrný čas plavby: 17d 4h
Celkem zničeno tankerů: 4685 (0.0468%)
Průměrná cena plavby: 530182\$

./sim -t 4 -r 40

Hodnoty Simulace t4_r40___AVG.txt:
Průměrně najeto: 12228 kilometrů
Průměrný čas plavby: 19d 16h
Celkem zničeno tankerů: 1402 (0.014%)
Průměrná cena plavby: 519934\$

Po srovnání jednotlivých simulací jsme zjistili, že při změně ceny ropy na 40 dolarů se stále vyplatí plavba přes Malacký průliv. Zajímavostí je, že se nejdelší trasa přes Lombocký průliv stala výhodnější než o necelých 2000 kilometrů kratší trasa přes Sundský průliv. Tato skutečnost je dána většími rizikovými událostmi v Sundském průlivu (ztráta tankerů je zde více než třináásobná oproti Lombockému průlivu).

Druhá část experimentu:

./sim -t 2 -w 5 -s 5 -k 5 -p 5

Hodnoty Simulace t2_w5_s5_k5_p5___AVG.txt:

Průměrně najeto: 9585 kilometrů

Průměrný čas plavby: 15d 18h

Celkem zničeno tankerů: 17159 (0.172%)

Průměrná cena plavby: 1143250\$

./sim -t 3 -w 5 -s 5 -k 5 -p 5

Hodnoty Simulace t3_w5_s5_k5_p5___AVG.txt:

Průměrně najeto: 10700 kilometrů

Průměrný čas plavby: 17d 4h

Celkem zničeno tankerů: 23729 (0.237%)

Průměrná cena plavby: 1376493\$

./sim -t 4 -w 5 -s 5 -k 5 -p 5

Hodnoty Simulace t4_w5_s5_k5_p5___AVG.txt:

Průměrně najeto: 12248 kilometrů

Průměrný čas plavby: 19d 17h

Celkem zničeno tankerů: 7025 (0.0702%)

Průměrná cena plavby: 1134077\$

Koeficienty musely být zvýšeny na pětinasobek běžných hodnot, abychom našli případ, kdy je Malacký průliv dražší než jiná alternativní cesta. Tento poznatek dokazuje, že i když Malacký průliv skýtá určitá nebezpečí jako jsou problémy s piráty nebo extrémním počasím, tak i přesto je jednoznačně nejlepší trasou pro export ropy do jihovýchodní Asie.

5.3.3 Experiment 3

Tento experiment zjišťuje, do jaké míry bude efektivnější nová cesta vybudovaná čínskou vládou přes Thajský kanál Kra oproti Malackému průlivu a za jak dlouho se tato investice do tohoto kanálu Číně vrátí. Cena vybudování kanálu se odhaduje na 25 miliard dolarů [47] [7]. Počet let návratnosti této investice se spočítá pomocí vzorce: $\frac{25\,000\,000}{d \times 25\,000}$, kde konstanta 25 000 000 představuje cenu kanálu, proměnná d představuje rozdíl ceny plavby a konstanta 25 000 představuje počet tankerů za rok. Po jednoduché upravě nám vznikl vzorec: $\frac{1\,000\,000}{d}$, který se bude aplikovat na jednotlivé výstupy.

Studie zjistila, že trasa přes Malacký průliv není natolik nebezpečná, aby se toto riziko více rozvádělo v tomto experimentu. Proto se tento experiment zaměřil zejména na zjišťování efektivity tras na základě změny cen ropy. V první části se bude zkoumat efektivita tras při aktuální ceně ropy (80 dolarů za barel). Ve druhé části se bude zkoumat efektivita tras při snížení ceny ropy na 40 dolarů za barel. Ve třetí části se bude zkoumat efektivita tras při zvýšení ceny ropy na 120 dolarů za barel a ve čtvrté části se bude zkoumat efektivita tras při aktuální ceně ropy a pětinasobně zvýšeném riziku výskytu pirátů v Malackém průlivu.

První část experimentu:

./sim -t 1 -r 80

Hodnoty Simulace t1_r80___AVG.txt:

Průměrně najeto: 8365 kilometrů

Průměrný čas plavby: 13d 11h

Celkem zničeno tankerů: 51 (0.00051%)

Průměrná cena plavby: 670370\$

./sim -t 2 -r 80

Hodnoty Simulace t2_r80__AVG.txt:
Průměrně najeto: 9565 kilometrů
Průměrný čas plavby: 15d 14h
Celkem zničeno tankerů: 3445 (0.0345%)
Průměrná cena plavby: 840781\$

Po srovnání jednotlivých simulací jsme zjistili, že dle aktuální ceny ropy je trasa přes thajský kanál Kra levnější než trasa přes Malacký průliv. Rozdíl ceny plavby je 170 411 dolarů (840 781 – 670 370). Z toho se vypočítala návratnost investice za necelých 6 let $\left(\frac{1\,000\,000}{170\,411}\right)$.

Druhá část experimentu:

./sim -t 1 -r 40

Hodnoty Simulace t1_r40__AVG.txt:
Průměrně najeto: 8365 kilometrů
Průměrný čas plavby: 13d 11h
Celkem zničeno tankerů: 36 (0.00036%)
Průměrná cena plavby: 335416\$

./sim -t 2 -r 40

Hodnoty Simulace t2_r40__AVG.txt:
Průměrně najeto: 9565 kilometrů
Průměrný čas plavby: 15d 14h
Celkem zničeno tankerů: 3524 (0.0352%)
Průměrná cena plavby: 460020\$

Po srovnání jednotlivých simulací jsme zjistili, že při snížení ceny ropy na 40 dolarů za barel je trasa přes thajský kanál Kra stále levnější než trasa přes Malacký průliv. Rozdíl ceny plavby je 124 604 dolarů (460 020 – 335 416). Z toho se vypočítala návratnost investice zhruba za 8 let $\left(\frac{1\,000\,000}{124\,604}\right)$.

Třetí část experimentu:

./sim -t 1 -r 120

Hodnoty Simulace t1_r120__AVG.txt:
Průměrně najeto: 8365 kilometrů
Průměrný čas plavby: 13d 11h
Celkem zničeno tankerů: 45 (0.00045%)
Průměrná cena plavby: 1004862\$

./sim -t 2 -r 120

Hodnoty Simulace t2_r120__AVG.txt:
Průměrně najeto: 9565 kilometrů
Průměrný čas plavby: 15d 14h
Celkem zničeno tankerů: 3405 (0.034%)
Průměrná cena plavby: 1222402\$

Po srovnání jednotlivých simulací jsme zjistili, že při zvýšení ceny ropy na 120 dolarů za barel je trasa přes thajský kanál Kra nadále levnější než trasa přes Malacký průliv. Rozdíl ceny plavby je 217 540 dolarů (1 222 402 – 1 004 862). Z toho se vypočítala návratnost investice zhruba za 4,5 roku $\left(\frac{1\,000\,000}{217\,540}\right)$.

Čtvrtá část experimentu:

./sim -t 1 -r 80

Hodnoty Simulace t1_r80___AVG.txt:
Průměrně najeto: 8365 kilometrů
Průměrný čas plavby: 13d 11h
Celkem zničeno tankerů: 51 (0.00051%)
Průměrná cena plavby: 670370\$

./sim -t 2 -r 80 -p 5

Hodnoty Simulace t2_r80_p5___AVG.txt:
Průměrně najeto: 9562 kilometrů
Průměrný čas plavby: 15d 13h
Celkem zničeno tankerů: 16838 (0.168%)
Průměrná cena plavby: 1134403\$

Po srovnání jednotlivých simulací jsme zjistili, že dle aktuální ceny ropy a pětinasobně zvýšeném riziku výskytu pirátů je trasa přes thajský kanál Kra jednoznačně efektivnější než trasa přes Malacký průliv. Průměrná cena plavby přes thajský kanál Kra je 1,75x levnější oproti trase přes Malacký průliv. Rozdíl ceny plavby je 464 033 dolarů (1 134 403 – 670 370). Z toho se vypočítala návratnost investice zhruba za 2 roky $\left(\frac{1\,000\,000}{464\,033}\right)$.

5.4 Zhodnocení experimentů

Jednotlivé experimenty nám pomohly odpovědět na otázky položené v úvodní sekci. Tyto experimenty nám pomohly simulovat možné situace, které mohou nastat v budoucnosti, a analyzovat jejich rizika. Některé simulace byly vytvořeny s téměř nerealistickou pravděpodobností za účelem jednoznačného podtrnutí efektivity nejlepší trasy.

6 Závěr

Studii provedenou na našem modelu byla jednoznačně prokázáno, že:

1. Trasa přes Malacký průliv je jednoznačně nejefektivnější trasou, která výjde levněji o více jak 100 000 dolarů oproti ostatním alternativním trasám. Experimenty bylo potvrzeno, že tato trasa nepředstavuje vysoká rizika, které se předpokládaly v úvodní sekci studie.
2. Při změně podmínek se efektivita trasy přes Malacký průliv snižuje, přesto je stále nejefektivnější a proto nejlepší volbou. Ceny paliva by v Malackém průlivu musely být extrémně nízké (nebo rizikové události extrémně vysoké), aby se vyplatila alternativní trasa přes Lombocký průliv. Trasa přes Sundský průliv se nevyplatí nikdy.
3. Trasa přes thajský kanál Kra bude efektivnější trasou než trasa přes Malacký průliv, protože bude o 170 411 dolarů levnější. Experimenty bylo potvrzeno, že výstavba tohoto kanálu bude velmi výhodnou investicí, jelikož se tato investice vrátí Číně přibližně do 6 let.

Reference

- [1] ADAM MCCAULEY. *The most dangerous waters in the world* [online]. 2014, Poslední modifikace: 22. září 2014 [cit. 2022-11-24]. Dostupné na: <<https://time.com/piracy-southeast-asia-malacca-strait/>>.
- [2] ALAN KLANAC. *Economics and environmental impact of ships speed reduction for the VLCC tanker* [online]. 2011, Poslední modifikace: leden 2011 [cit. 2022-11-30]. Dostupné na: <https://www.academia.edu/862153/Economics_and_environmental_impact_of_ships_speed_reduction_for_the_VLCC_tanker>.
- [3] BBC STAFF. *Iran tanker seizure: What is the Strait of Hormuz?* [online]. 2019, Poslední modifikace: 29. července 2019 [cit. 2022-11-25]. Dostupné na: <<https://www.bbc.com/news/world-middle-east-49070882>>.
- [4] BIRCHARD, E. L. *Piracy in the Strait of Malacca*. Houtlaan 4, Nijmegen: Radboud University Nijmegen, 2020. Diplomová práce. Dostupné na: <<https://theses.uibn.ru.nl/bitstream/handle/123456789/10228/Birchard%2C.Emma.Louise.1.pdf?sequence=1>>.
- [5] CAPT FADZLON. *Collision Safety in the Malacca Straits and Singapore Waters* [online]. 2014, Poslední modifikace: 27. června 2014 [cit. 2022-11-25]. Dostupné na: <<https://www.skuld.com/contentassets/d0459c5f5be24a1a938a9eece0ebcb15/collisions-in-the-malacca-and-singapore-straits.pdf>>.
- [6] FAMILY CRUISE COMPANION. *So How Long Does It Take To Disembark A Cruise Anyway?* [online]. 2022, Poslední modifikace: 17. března 2022 [cit. 2022-12-02]. Dostupné na: <<https://familycruise.com/how-long-does-it-take-to-disembark-a-cruise/>>.
- [7] GCR STAFF. *Influential Thais push to build \$28bn Kra canal* [online]. 2017, Poslední modifikace: 9. srpna 2017 [cit. 2022-11-25]. Dostupné na: <<https://www.globalconstructionreview.com/influential-thais-push-build-28bn-kra-canal/>>.
- [8] HERU PURWANTO. *Sunda Strait prone to piracy : Police* [online]. 2011, Poslední modifikace: 5. prosince 2011 [cit. 2022-11-29]. Dostupné na: <<https://en.antaranews.com/news/78188/sunda-strait-prone-to-piracy--police>>.
- [9] IAN FORTEY. *How to Navigate in Restricted Visibility* [online]. 2022, Poslední modifikace: 15. března 2022 [cit. 2022-12-01]. Dostupné na: <<https://community.wmo.int/activity-areas/aviation/hazards/tropical-cyclones>>.
- [10] INDEX MUNDI STAFF. *Crude Oil (petroleum) Monthly Price - US Dollars per Barrel* [online]. 2010, Poslední modifikace: září 2022 [cit. 2022-12-03]. Dostupné na: <<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=crude-oil&months=180>>.
- [11] INDIAN OCEAN TSUNAMIS INFORMATION CENTER STAFF. *Tsunamis in Indian Ocean* [online]. 2020, Poslední modifikace: 21. září 2020 [cit. 2022-11-26]. Dostupné na: <<https://iotic.ioc-unesco.org/tsunamis-in-indian-ocean/>>.
- [12] IQAIR STAFF. *New data exposes Thailand's 2021 "burning season"* [online]. 2022, Poslední modifikace: 28. září 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné na: <<https://www.iqair.com/newsroom/thailand-2021-burning-season>>.
- [13] JOHN EREMIC. *What do they do with ships when a hurricane comes? Wouldn't docking them cause more damage?* [online]. 2019, Poslední modifikace: 13. července 2019 [cit. 2022-12-01]. Dostupné na: <<https://qr.ae/pr70Ur>>.

- [14] KRISHNADEV CALAMUR. *High Traffic, High Risk in the Strait of Malacca* [online]. 2017, Poslední modifikace: 21. srpna 2017 [cit. 2022-12-01]. Dostupné na: <<https://www.theatlantic.com/international/archive/2017/08/strait-of-malacca-uss-john-mccain/537471/>>.
- [15] LYDIA LAM. *MRT lightning incident: Did you know Singapore is known as the 'lightning capital'?* [online]. 2017, Poslední modifikace: 23. listopadu 2017 [cit. 2022-11-29]. Dostupné na: <<https://www.straitstimes.com/singapore/mrt-train-on-east-west-line-struck-by-lightning-did-you-know-singapore-is-also-known-as>>.
- [16] MARCUS HAND. *EXCLUSIVE: Malacca Straits VLCC traffic doubles in a decade as shipping traffic hits all time high in 2017* [online]. 2018, Poslední modifikace: 19. února 2018 [cit. 2022-12-02]. Dostupné na: <<https://www.seatrade-maritime.com/asia/exclusive-malacca-straits-vlcc-traffic-doubles-decade-shipping-traffic-hits-all-time-high-2017>>.
- [17] MARTIN PLACEK. *Number of ships passing through the Malacca Straits from 2000 to 2017* [online]. 2022, Poslední modifikace: 6. dubna 2022 [cit. 2022-12-02]. Dostupné na: <<https://www.statista.com/statistics/1251659/number-of-transits-through-the-malacca-straits/>>.
- [18] MITSUI O.S.K. LINES STAFF. *How large is the Very Large Crude Carrier?* [online]. 2021, Poslední modifikace: 13. dubna 2021 [cit. 2022-12-03]. Dostupné na: <<https://www.mol-service.com/blog/how-large-is-the-very-large-crude-carrier>>.
- [19] MITSUI O.S.K. LINES STAFF. *Let's see the Routes and Speed of Cargo Ship* [online]. 2022, Poslední modifikace: 5. července 2022 [cit. 2022-11-30]. Dostupné na: <<https://www.mol-service.com/blog/vessel-speed-and-sailing-days>>.
- [20] MOHD HAZMI BIN MOHD RUSLI. *Straits of Malacca and Singapore: Ensuring Safe Navigation* [online]. 2011, Poslední modifikace: 13. září 2011 [cit. 2022-11-30]. Dostupné na: <<https://www.rsis.edu.sg/wp-content/uploads/2014/07/CO11131.pdf>>.
- [21] PAUL ADAMS. *Gulf crisis: Are we heading for a new tanker war?* [online]. 2019, Poslední modifikace: 21. června 2019 [cit. 2022-11-25]. Dostupné na: <<https://www.bbc.com/news/world-middle-east-48709049>>.
- [22] REUTERS STAFF. *Factbox: Asia region is most dependent on Middle East crude oil, LNG supplies* [online]. 2020, Poslední modifikace: 8. ledna 2020 [cit. 2022-11-24]. Dostupné na: <<https://www.reuters.com/article/asia-mideast-oil-factbox-idINKBN1Z71VW>>.
- [23] RHEA MENON. *Thailand's Kra Canal: China's Way Around the Malacca Strait* [online]. 2018, Poslední modifikace: 6. dubna 2018 [cit. 2022-11-25]. Dostupné na: <<https://thediplomat.com/2018/04/thailands-kra-canal-chinas-way-around-the-malacca-strait/>>.
- [24] RICHARD WOOD. *Why is it safe for a ship to be in a storm when it is far out at sea?* [online]. 2020, Poslední modifikace: 23. dubna 2020 [cit. 2022-11-26]. Dostupné na: <<https://qr.ae/prRkuJ>>.
- [25] STATISTA RESEARCH DEPARTMENT. *Number of pirate attacks on ships worldwide in 2021, by ship type* [online]. 2022, Poslední modifikace: 2. března 2022 [cit. 2022-11-29]. Dostupné na: <<https://www.statista.com/statistics/270084/pirate-attacks-on-ships-by-ship-type/>>.
- [26] STEPHEN KUPER. *The Indo-Pacific's maritime choke points: Sunda and Lombok* [online]. 2019, Poslední modifikace: 17. června 2019 [cit. 2022-11-24]. Dostupné na: <<https://www.defenceconnect.com.au/maritime-antisub/4240-the-indo-pacific-s-maritime-choke-points-sunda-and-lombok>>.
- [27] THE IRAN PRIMER STAFF. *Part 1: The Tanker Crisis in the Gulf* [online]. 2019, Poslední modifikace: 16. ledna 2020 [cit. 2022-11-29]. Dostupné na: <<https://iranprimer.usip.org/blog/2019/jun/13/tanker-crisis-gulf>>.

- [28] THE ROYAL INSTITUTION OF NAVAL ARCHITECTS. *Passenger Ship Evacuation* [online]. 2007, Poslední modifikace: 20. září 2007 [cit. 2022-12-02]. Dostupné na: <<https://www.rina.org.uk/cgi-bin/showpage.fcgi>>.
- [29] TILAK DEVASHER. *China's Malacca dilemma* [online]. 2020, Poslední modifikace: 7. září 2020 [cit. 2022-11-24]. Dostupné na: <<https://www.tribuneindia.com/news/comment/chinas-malacca-dilemma-137570>>.
- [30] TOMAS HIRST. *The world's most important trade route?* [online]. 2014, Poslední modifikace: 21. května 2014 [cit. 2022-11-24]. Dostupné na: <<https://www.weforum.org/agenda/2014/05/world-most-important-trade-route/>>.
- [31] UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE STAFF. *Tsunami Frequently Asked Questions* [online]. 2016, Poslední modifikace: 28. listopadu 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné na: <<https://www.tsunami.gov/?page=tsunamiFAQ>>.
- [32] VILLAR, L., HAMILTON, M. *The Strait of Malacca, a key oil trade chokepoint, links the Indian and Pacific Oceans* [online]. 2017, Poslední modifikace: 11. srpna 2017 [cit. 2022-11-24]. Dostupné na: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=32452#>>.
- [33] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *2004 Indian Ocean earthquake and tsunami — Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2004, Poslední modifikace: 22. listopadu 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/2004_Indian_Ocean_earthquake_and_tsunami>.
- [34] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Strait of Hormuz — Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2005, Poslední modifikace: 8. října 2022 [cit. 2022-11-25]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Strait_of_Hormuz>.
- [35] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Strait of Malacca — Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2005, Poslední modifikace: 11. října 2022 [cit. 2022-11-24]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Strait_of_Malacca>.
- [36] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Oil tanker — Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2007, Poslední modifikace: 21. listopadu 2022 [cit. 2022-12-03]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Oil_tanker>.
- [37] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Piracy in the Strait of Malacca — Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2007, Poslední modifikace: 29. listopadu 2022 [cit. 2022-12-1]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Piracy_in_the_Strait_of_Malacca>.
- [38] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Thai Canal — Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2009, Poslední modifikace: 16. října 2022 [cit. 2022-11-27]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Thai_Canal>.
- [39] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *2010 Mentawai earthquake and tsunami — Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2010, Poslední modifikace: 26. listopadu 2022 [cit. 2022-11-28]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/2010_Mentawai_earthquake_and_tsunami>.
- [40] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Piracy in the Sulu and Celebes Seas — Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2011, Poslední modifikace: 15. srpna 2022 [cit. 2022-11-30]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Piracy_in_the_Sulu_and_Celebes_Seas>.
- [41] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Southeast Asian haze — Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2014, Poslední modifikace: 23. října 2022 [cit. 2022-11-29]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Southeast_Asian_haze>.

- [42] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *List of Arabian Peninsula tropical cyclones* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2016, Poslední modifikace: 29. října 2022 [cit. 2022-11-25]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Arabian_Peninsula_tropical_cyclones>.
- [43] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *2018 Sulawesi earthquake and tsunami* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2018, Poslední modifikace: 3. prosince 2022 [cit. 2022-12-3]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/2018_Sulawesi_earthquake_and_tsunami>.
- [44] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *2018 Sunda Strait tsunami* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2018, Poslední modifikace: 22. listopadu 2022 [cit. 2022-11-29]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/2018_Sunda_Strait_tsunami>.
- [45] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *Tropical cyclones in Indonesia* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2021, Poslední modifikace: 16. července 2022 [cit. 2022-11-26]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tropical_cyclones_in_Indonesia>.
- [46] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. *2022 Pacific typhoon season* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online]. 2022, Poslední modifikace: 3. prosince 2022 [cit. 2022-12-03]. Dostupné na: <https://en.wikipedia.org/wiki/2022_Pacific_typhoon_season>.
- [47] WILLIAM MELLOR. *European business joins China in pushing \$28bn Thai Canal* [online]. 2017, Poslední modifikace: 11. září 2017 [cit. 2022-12-03]. Dostupné na: <<https://asia.nikkei.com/Economy/European-business-joins-China-in-pushing-28bn-Thai-Canal2>>.
- [48] WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Tropical Cyclones* [online]. 2020, Poslední modifikace: 1. října 2020 [cit. 2022-12-01]. Dostupné na: <<https://community.wmo.int/activity-areas/aviation/hazards/tropical-cyclones>>.