

Symulacja cyfrowa

Raport końcowy

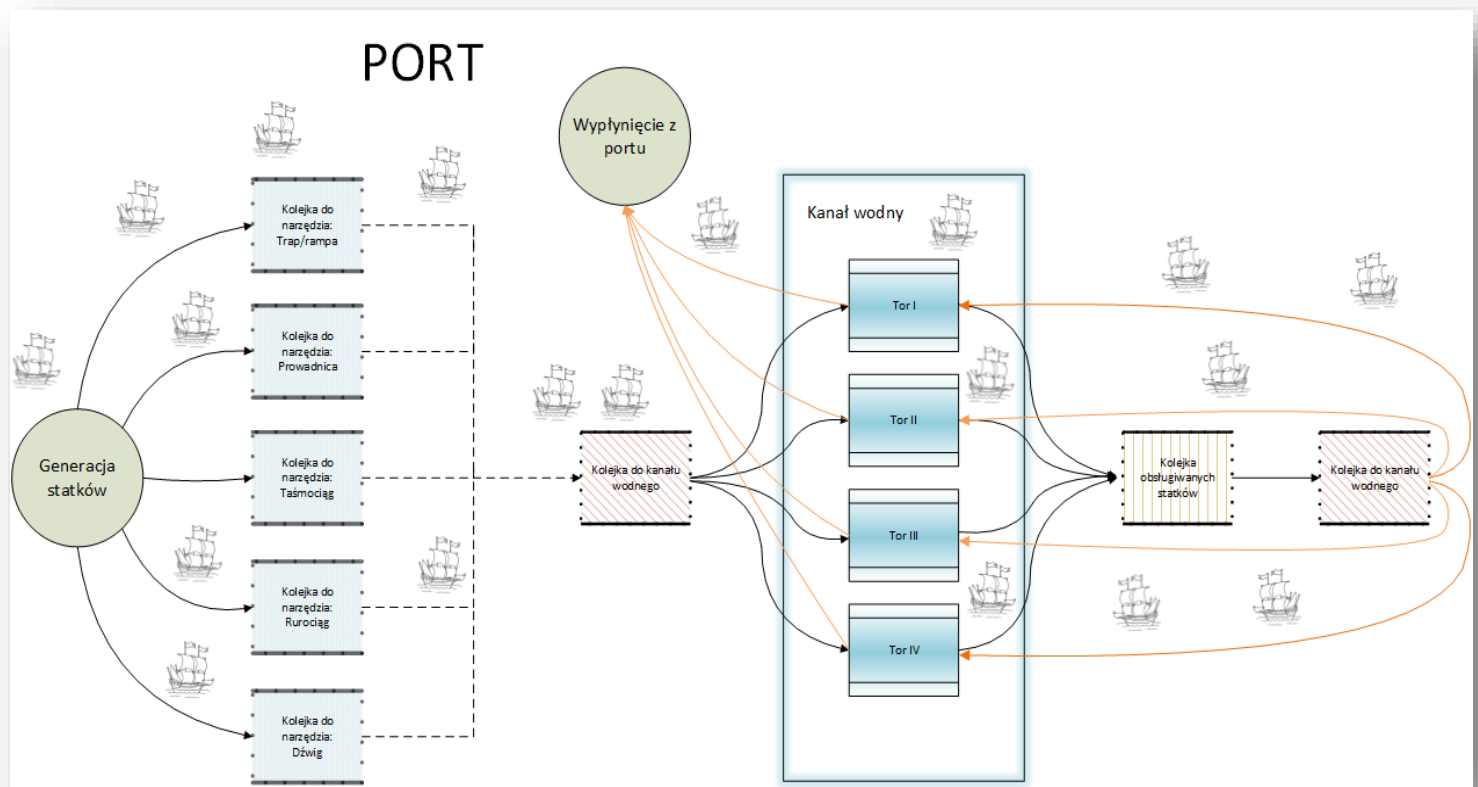
I. Rozwiązywane zadanie

Kanał wodny	K6
Dźwigi	5
Taśmociągi	4
Rurociągi	12
Trapy/Rampy	10
Prowadnice	8
Jachty	-
Tjp, Tjk [dni]	-
Nj	-
Drobnicowce	-
Ro-ro	20%
Kontenerowce I	10%
Kontenerowce II	20%
Masowce	25%
Zbiornikowiec	25%

Kanał wodny	Ilość oraz głębokość torów wodnych
K6	Cztery o głębokości 8 m, 12 m, 20 m oraz 25 m

II. Opis modelu symulacyjnego

A. Schemat blokowy systemu



B. Opis obiektów i struktur danych

1. Obiekt Statek – klasa Ship

Reprezentuje statek wpływający i będący załadowany lub rozładowany w porcie. Po wygenerowaniu trafia do kolejki do zasobów w porcie, odpowiedniej dla danego typu statku. Typ kolejki, do której trafia statek, zależy od narzędzi, które potrzebne są do rozładunku. Jeżeli statek jest pierwszy w kolejce do zasobów i zasoby w porcie są wolne to trafia do kolejki do kanału, przeznaczonej dla statków, które nie zostały jeszcze obsłużone przez narzędzia portowe. W tym momencie zajmuje zasoby w porcie. Warunek wpłynięcia statku do toru jest rozpatrywany najpierw pod względem zanurzenia statku i kierunku ostatniego użycia kanału, a następnie tylko pod względem zanurzenia. Po przepłynięciu toru, statek zostaje obsłużony (rozładunek i ewentualny załadunek) i po zakończeniu obsługi trafia do kolejki do kanału, która jest przeznaczona dla statków, które zostały już obsłużone. Po nadejściu swojej kolei do wypłynięcia do toru, zwalnia zasoby i wpływa do toru. Po wypłynięciu z toru statek opuszcza port.

2. Obiekt Tor – klasa CanalTrack

Tor wodny umożliwia przedostanie się statku do portu lub wydostanie się z niego. Przepłynięcie przez tor jest ostatnią fazą przed rozpoczęciem obsługi statku lub ostatnią fazą przed opuszczeniem portu.

3. Klasa Queue – reprezentuje kolejkę

W programie istnieje kilka typów kolejek. Kolejka przechowuje statki. Atrybutem kolejki jest jej długość.

4. Klasa PriorityQueue – reprezentuje kolejkę priorytetową (dziedzicząca z klasy Queue)

Kolejka priorytetowa potrzebna jest do ustawiania statków w porcie, co zależne jest od czasów obsługi statków. Priorytetowość jest ustalana ze względu na moment zakończenia obsługi w porcie. Atrybutem jest długość kolejki.

5. Klasa Port – reprezentuje port

W porcie zarządza się przydziałem narzędzi do rozładunku/załadunku statków i związanym z tym kolejkowaniem statków. Po przydziale zasobów i po przepłynięciu toru w kanale wodnym statki trafiają do portu, gdzie przetrzymane są na czas obsługi.

6. Narzędzia portowe – typ enumeracyjny

Narzędzia portowe to dostępne zasoby w porcie, które biorą czynny udział w rozładunku/załadunku statków. Są to: trap/rampa, prowadnica, taśmociąg, dźwig, rurociąg. Atrybutem każdego z tych obiektów jest ilość przenoszonego towaru, co przekłada się na czasu rozładunku/załadunku.

C. Zdarzenia

1. Czasowe:

a) *pojawienie się statku w porcie:*

równoważne przejściu do kolejki do zasobów – to zdarzenie generowane jest przez źródło; kolejny czas zdarzenia tego typu generowany jest w momencie zajścia tego zdarzenia

b) *wypłynięcie z toru w kanale wodnym:*

równoważne początkowi rozładunku albo opuszczeniu portu – zdarzenie generowane po przepłynięciu przez statek toru w kanale wodnym; zdarzenie jest czasowe, ponieważ w momencie wpłynięcia do kanału znany jest czas trwania przepłynięcia; zdarzenie to tworzy zdarzenie zakończenia rozładunku (w przypadku wpłynięcia do portu) lub usuwa dany statek z systemu

c) *koniec obsługi w porcie:*

równoważne przejściu do kolejki do kanału lub ponownemu umieszczeniu w kolejce w porcie – zdarzenie generowane po zakończeniu obsługi statku w porcie; z momentem rozpoczęcia obsługi znany jest czas zakończenia obsługi; zdarzenie to, w zależności od prawdopodobieństwa załadunku, tworzy zdarzenie zakończenia załadunku (czyli obsługi), jeżeli rozładowano towar ze statku albo tworzy zdarzenie wypłynięcia z toru, jednoznaczne opuszczeniu systemu.

2. Warunkowe:

a) *opuszczenie kolejki do zasobów:*

równoważne przejściu do kolejki do toru w kanale wodnym – zdarzenie, które zachodzi, gdy statek jest pierwszy w kolejce do zasobów i zasoby, które potrzebuje do obsługi są wolne

b) *opuszczenie kolejki do toru:*

równoważne przejściu do toru w kanale wodnym – zdarzenie zachodzi, gdy statek jest pierwszy w kolejce do toru i tor zostaje zwolniony

D. Parametry wywołania programu symulacyjnego

1. Intensywność rozkładu wykładniczego, określającego częstotliwość pojawiania się statków w systemie (*expDistIntensity*) – dalej określana także jako „intensywność L”

Parametr ten wymusza wartość długości odstępów czasu, po których pojawia się nowy statek w systemie. Im większy tym statki pojawiają się częściej. Jej sens jest taki, że dla przykładowej wartości X intensywności, na godzinę w systemie pojawi się średnio X statków.

2. Liczba eksperymentów dla jednej wartości intensywności (*num_of_sim*)

Parametr ten określa liczbę eksperymentów symulacyjnych, które zostaną przeprowadzone dla danej jednej wartości intensywności rozkładu wykładniczego, zgodnie z którym pojawiają się statki w systemie.

III. Generatory liczb pseudolosowych

Zastosowano generatory o rozkładzie jednostajnym oraz wykładniczym.

Kod generatora zaczerpnięto z przykładowej implementacji prowadzącego zajęcia projektowe z przedmiotu Symulacja Cyfrowa, mgr inż. Krzysztofa Bąkowskiego.

Niezależność sekwencji pseudolosowych została zapewniona poprzez wywołanie funkcji generującej z rozkładem jednostajnym 10000 x liczba ziaren generatora razy oraz zapamiętaniu co 10000 wartości ziarna, ponieważ z każdym wywołaniem funkcji generującej wartość ziarna się zmienia.

IV. Testowanie i weryfikacja poprawności działania programu

Warunkiem poprawnego działania programu określono wartość intensywności rozkładu wykładniczego, zgodnie z którym pojawiają się statki w systemie, wynoszącą 0.09 ± 0.02 , ponieważ dla takich wartości intensywności eksperyment był statystycznie wiarygodny.

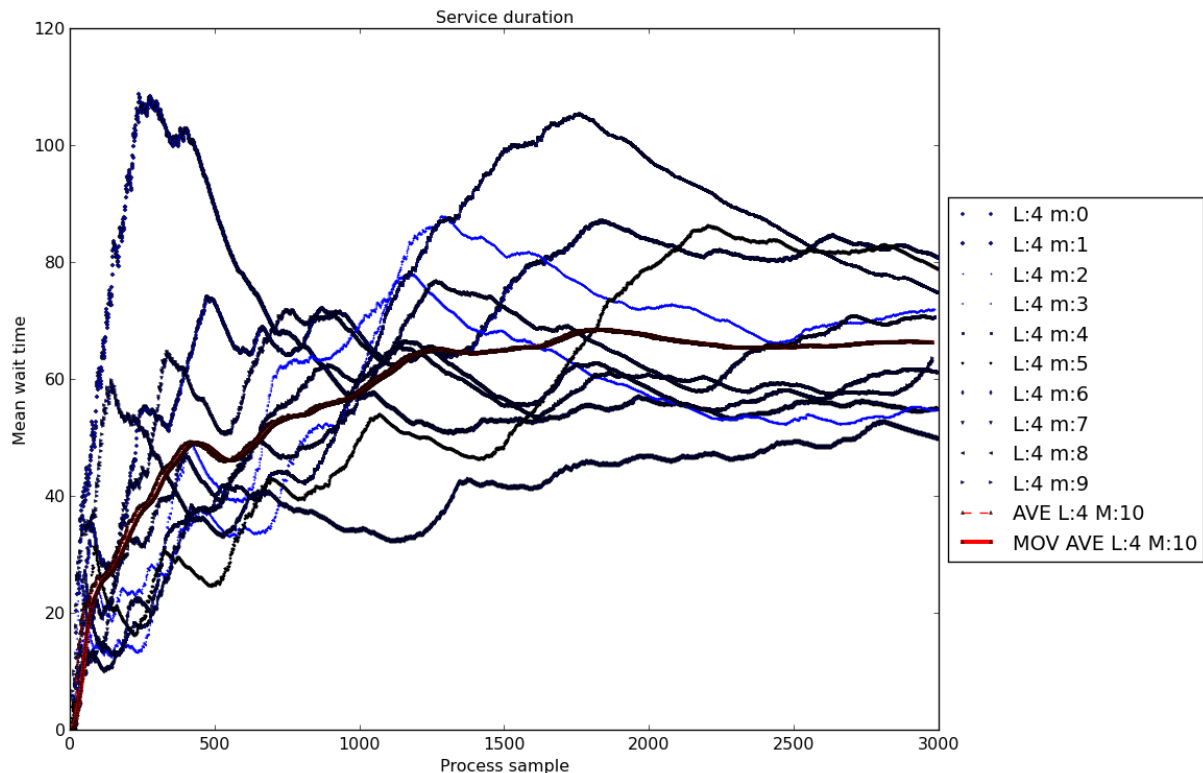
W celu sprawdzenia poprawności działania programu, sprawdzono w trybie debugowania m. in. następujące sytuacje:

- masy statków wylosowane zawierają się w przedziałach odpowiednich dla danego typu statku
- statki zajmują kolejki odpowiadające narzędziom, które je obsługują
- liczba zasobów w porcie jest odpowiednio uaktualniana w zależności od tego, czy statek zajmuje zasobym lub je zwalnia
- statki zajmują tory, które odpowiadają im ze względu głębokości zanurzenia
- czasy przepłynięcia przez tor są odpowiednio naliczane, biorąc pod uwagę także w którą stronę tor był wykorzystywany w określonym czasie
- czasy obsługi są odpowiednio liczone w zależności od typu narzędzia wykorzystywanego oraz ilości narzędzi użytych
- dochodzi do załadunku statku w losowych przypadkach, o określonym prawdopodobieństwie
- występuje korelacja pomiędzy zadanymi udziałami procentowymi poszczególnych parametrów a symulowanymi udziałami procentowymi tych parametrów

V. Plan symulacji

Zakończenie symulacji zachodzi dla 10000 wygenerowanych statków.

Aby wyznaczyć fazę przejściową, czyli moment osiągnięcia przez system stacjonarności, obserwowano zmiany średniego czasu oczekiwania na wpłynięcie statku do kanału dla 3000 początkowo generowanych statków. Obserwacje:



Brązowy wykres reprezentuje wartość uśrednioną po dziesięciu realizacjach procesu stochastycznego, tu: symulacji portu. Z wykresu wynika, że proces osiąga stacjonarność po wygenerowaniu około 2000 statków.

W celu obserwacji zachowania systemu przeprowadzono po 10 symulacji dla każdej wartości intensywności L. Wartości L było 10; rozpoczęto od wartości 0.076; inkrementowano z krokiem 0.003.

VI. Wyniki symulacji

A. Wartość intensywności L dla której średni czas oczekiwania jest na poziomie 120 min.

Symulacja przeprowadzona dla intensywności L: 0.09

Średni czas oczekiwania dla statku typu:

RoRo: 8.37488 min.

Kontenerowca I typu: 6.92421 min.

Kontenerowca II typu: 285.717 min.

Masowca: 16.7496 min.

Zbiornikowca: 183.376 min.

Tor 1, procent wykorzystania: 76.923%.

Tor 2, procent wykorzystania: 75.5996%.

Tor 3, procent wykorzystania: 76.6447%.

Tor 4, procent wykorzystania: 86.6093%.

Wykorzystanie procentowe narzędzi:

Trap/Rampa: 38.1287%.

Dźwig: 24.8651%.

Taśmociąg: 57.2366%.

Prowadnica: 85.1319%.

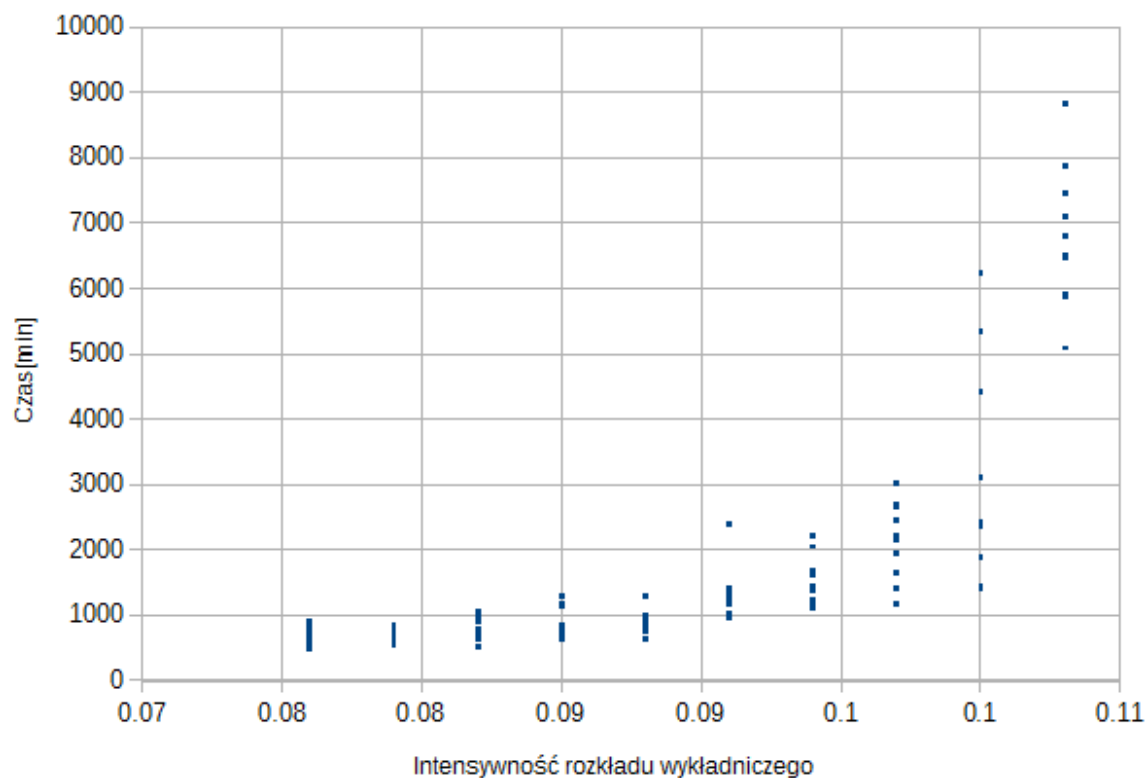
Rurociąg: 85.4933%.

Maksymalny czas oczekiwania na wpłynięcie do kanału: 896.662 min.

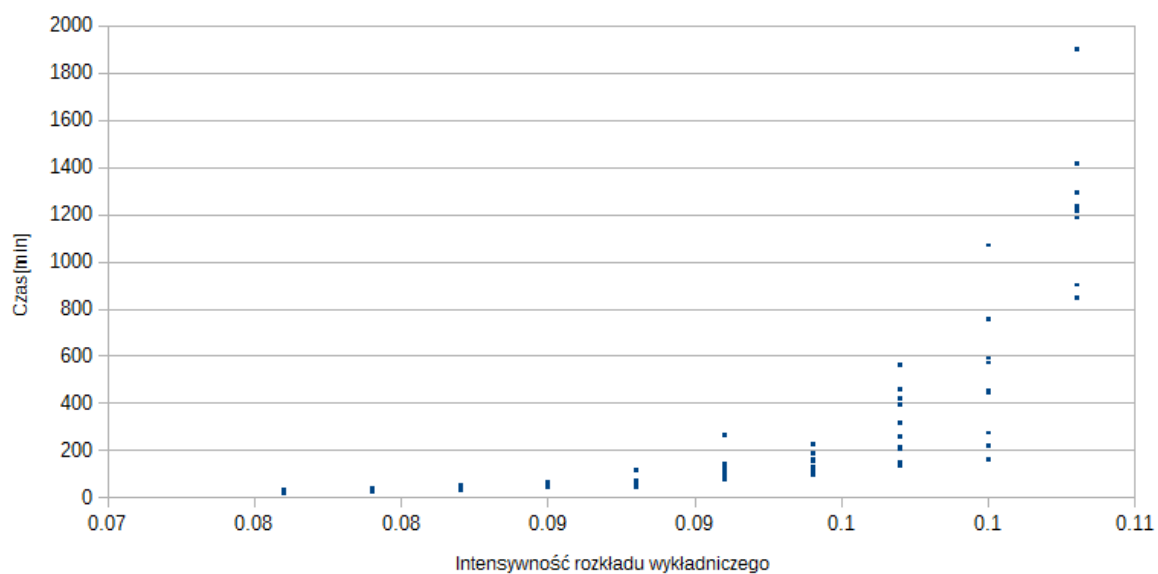
Średni czas oczekiwania na wpłynięcie do kanału: 111.348 min.

B. Maksymalny i średni czas oczekiwania na wpłynięcie do toru przez statek

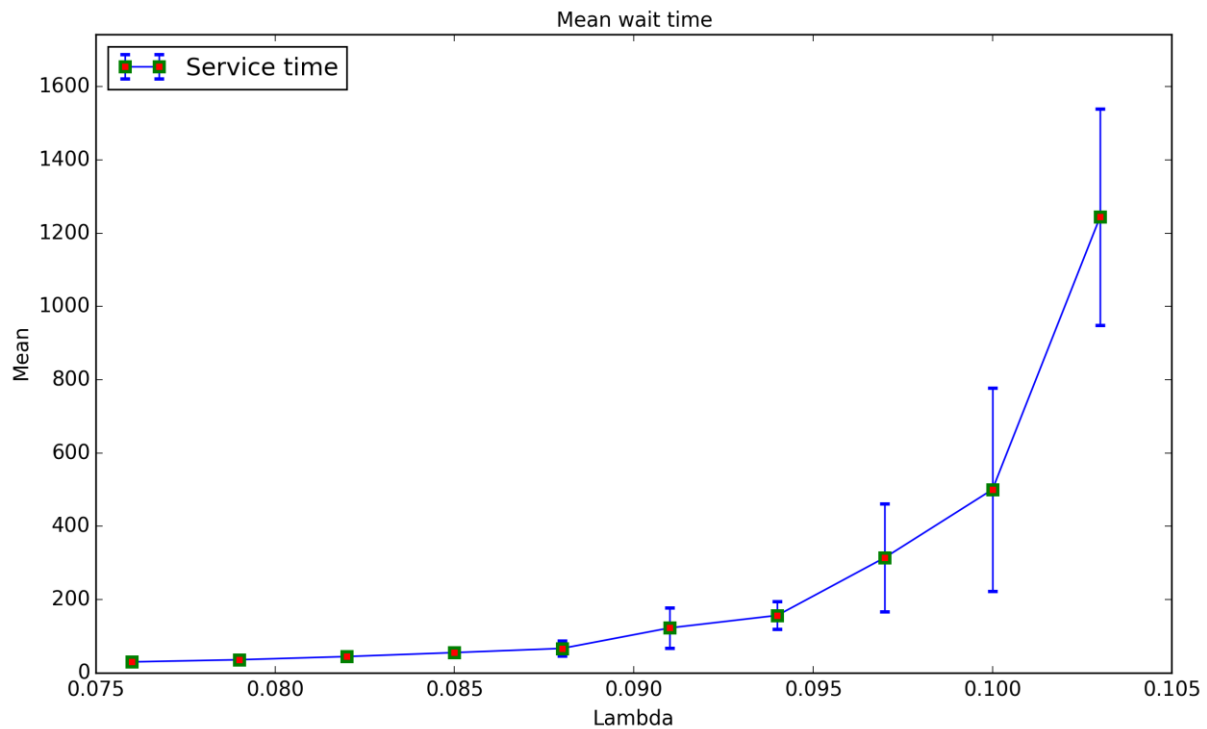
Maksymalny czas oczekiwania na wpłynięcie do kanału



Średni czas oczekiwania na wpłynięcie do kanału



C. Średni czas oczekiwania na wpłynięcie do toru przez statek wraz z przedziałami ufności



VII. Wnioski końcowe

Na podstawie przeprowadzonych prób oraz analizie programu w trybie debugowania można uznać, że wynik symulacji są wiarygodne. Można zauważyć, że wynik generowane przez symulacje robocze zawierają się w przedziałach ufności.

Bazowym założeniem, które można by było zmienić jest to, że ustalono zasadę, że w torze naraz może znajdować się tylko jeden statek. Nie pokrywa się to z rzeczywistością. Dodatkowo, takie założenie powoduje, że port obsługuje statki wolniej. W celu poprawy można by było założyć, że na raz w kanale może znajdować się więcej statków, ale istnieje pewien odstęp czasu po którym tor będzie gotowy na przyjęcie kolejnego statku, co miałyby odzwierciedlenie w rzeczywistości.