



Winda - sprawozdanie

1. Wstęp

Badanym modelem jest model wind jeżdżących w biurowcu o zmiennej liczbie pięter. Windy poruszają się zgodnie z pewnym algorytmem, który dokładniej opisany zostanie później.

2. Cel badań

Celem badań jest sprawdzenie czy zwiększenie liczby wind w budynku sprawi, że pracownicy spędzą mniej czasu czekając na przyjazd windy. Sprawdzamy również jaki wpływ na czas spędzony w kolejce do windy jadącej na parter ma ilość pięter, o które wraca się winda podczas jazdy, jeżeli wyżej również pojawi się pasażer chcący zjechać na dół.

3. Model konceptualny

Opis modelu: Badanym modelem jest M wind o ładowności L jeżdżących między piętrami w biurowcu o N liczbie pięter. Po pojawieniu się w budynku pasażerowie wjeżdżają na wybrane piętro, gdzie spędzają ok. 8 godzin, a następnie zjeżdżają na parter.

Rozpatrywany jest algorytm jazdy windy - winda wraca się w zakresie A pięter do góry jeżeli pojawi się tam pasażer chcący zjechać na dół.

Pasażer:

1. Pasażer pojawia się w budynku (pasażerowie pojawiają się co t^\uparrow od 7:00)
2. Pasażer ustawia się w kolejce do windy
3. Po pojawieniu się windy na parterze pasażer wsiada do windy (gdy nadejdzie jego kolej w kolejce (FIFO) i jeżeli w windzie będzie dla niego miejsce (limit - L))
4. Pasażer wysiada na wybranym przez siebie piętrze

5. Pasażer zostaje na swoim piętrze przez ok. 8 godzin (8 godzin + wartość z rozkładu $\text{norm}(1000, 500)$)
6. Pasażer ustawia się w kolejce do windy
7. Po pojawieniu się windy, na piętrze na którym znajduje się pasażer, pasażer wsiada do windy (gdy nadejdzie jego kolej w kolejce (FIFO) i jeżeli w windzie będzie dla niego miejsce (limit - L))
8. Pasażer wysiada na parterze
9. Pasażer opuszcza budynek

Winda:

1. Winda startuje na parterze
2. Po pojawieniu się pasażera w kolejce do windy drzwi windy się otwierają
3. Pasażerowie z kolejki na parterze wsiadają do windy (do zapelnienia się windy L lub do wyczerpania się pasażerów w kolejce)
4. Pasażerowie wybierają na jakie piętra chcą dojechać
5. Winda jedzie na najniższe z wybranych pięter
6. Wysiadają wszyscy pasażerowie chcący wysiąść na danym piętrze
7. Powtarzają się kroki 5-6 aż winda będzie pusta
8. Winda jedzie na najwyższe z pięter na którym jest kolejka pasażerów czekających by zjechać na parter, jeżeli nie ma kolejek na piętrach to winda jedzie na parter i pomijane są kroki 9-13
9. Wsiadają pasażerowie z kolejki na danym piętrze (do zapelnienia się windy L lub do wyczerpania się pasażerów w kolejce)
10. Jeżeli winda jest pełna to jedzie na parter bez zatrzymywania się na pośrednich piętrach (pomijane są kroki 11-12)
11. Jeżeli pojawi się pasażer w kolejce w odległości A pięter powyżej danego piętra to winda jedzie na dane piętro, jeżeli nie to jedzie na najwyższe (poniżej piętra na którym jest aktualnie winda) z pięter na którym znajduje się kolejka pasażerów czekających by zjechać na parter
12. Powtarzają się kroki 9-11 aż winda dojedzie na parter
13. Pasażerowie z windy wysiadają na parterze

14. Powtarzają się kroki 3-14 aż wszyscy pasażerowie (P) opuszczą budynek

Przeglądanie działań

Zdarzenia czasowe:

- Przybycie pasażera do budynku
 - zwiększ counter pozostałych pasażerów w ciągu dnia o jeden - P
 - umieść pasażera na końcu kolejki na parterze
 - zapisz czas pojawienia się w systemie
 - zaplanuj przybycie kolejnego pasażera jeżeli aktualny czas $\leq 14:00$
- Koniec pracy pasażera
 - umieść pasażera na końcu kolejki na danym piętrze
- Opuszczenie piętra przez windę
 - zmień stan windy na 'jedzie'
- Przyjazd windy
 - zmień pozycję windy na k

Zdarzenia warunkowe:

- Wejście pasażera do windy na parterze

Warunek: Winda znajduje się na parterze, wolne miejsce w windzie

- dodaj pasażera do strumienia
- wylosuj na jakie piętro jedzie pasażer
- usuń pasażera z kolejki
- zwróć czas czekania w kolejce - Q_1

- Wejście pasażera do windy na piętrze

Warunek: Winda znajduje się na piętrze, na którym jest pasażer, wolne miejsce w windzie

- dodaj pasażera do strumienia
- usuń pasażera z kolejki
- zwróć czas czekania w kolejce - Q_1

- Wyjście pasażera z windy na parterze

Warunek: Winda znajduje się na parterze

- usuń pasażera ze strumienia
- zwróć czas spędzony w systemie - Q_2
- zmniejsz P o jeden
- Wyjście pasażera z windy na piętrze

Warunek: Winda znajduje się na piętrze na którym chce wysiąść pasażer

- usuń pasażera ze strumienia
- zwróć czas spędzony w systemie - Q_2
- zaplanuj koniec pracy pasażera
- Jazda windy w górę

Warunek: W windzie znajdują się pasażerowie chcący dojechać na piętro $i > j$ lub winda jest pusta i na piętrze $i > j$ znajdują się pasażerowie chcący zjechać na parter i nie ma zaplanowanej jazdy windy

- zaplanuj przyjazd windy na piętro $k = j + 1$
- Jazda windy w dół

Warunek: W windzie nie znajdują się pasażerowie chcący wjechać na piętro $i > j$ lub chcący zjechać na parter z piętra $i > j$ i nie ma zaplanowanej jazdy windy

- zaplanuj przyjazd windy na piętro $k = j - 1$
- Koniec dnia

Warunek: Wszyscy pasażerowie opuścili budynek ($cP = 0$, wszystkie kolejki są puste, winda jest pusta)

- zakończ symulację

4. Parametry modelu

Wejścia:

- N - liczba pięter
- M - liczba wind
- A - parametr algorytmu obsługi - liczba pięter o które wraca się winda

Zakłócenia:

- L - ładowność windy - liczba osób
- h - wysokość piętra w budynku
- v - prędkość jazdy windy
- t_p - czas jazdy między dwoma piętrami (h/v)
- p - liczba pasażerów w ciągu dnia
- t_l - czas odjazdu windy z piętra
- t^\uparrow - odstęp czasu między pojawianiem się pasażerów wjeżdżających z parteru (wartość z rozkładu $\exp(8)$)
- t^\downarrow - czas spędzony na piętrze po wjechaniu - ok. 8 godzin ($8h$ + wartość z rozkładu $\text{norm}(1800, 800)$ po wjechaniu)

	deterministyczne	niedeterministyczne
wejścia	M, A, N	
zakłócenia	L, t_p, p, t_l, h, v	t^\uparrow, t^\downarrow

Wyjścia:

- `time_in_queue` - średni czas spędzony na czekaniu na windę
- `time_in_queue_down` - średni czas spędzony na czekaniu na windę by zjechać na parter

6. Plan eksperymentu

Dziedziny parametrów:

$$N \in \{15, 30, 45\}$$

$$M \in \{1, 2, 3\}$$

$$A \in \{0, 2, 4\}$$

$$h = 2.7 [m]$$

$$v = 4 [m/s]$$

$$L = 20$$

$$p = 1500$$

$$t_l = 0.5[s]$$

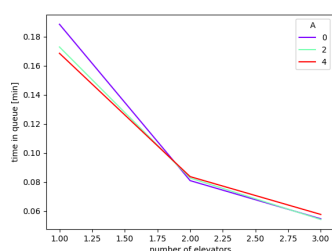
$$t^{\uparrow} = \text{exponential}(8)$$

$$t^{\downarrow} = 28800 + \text{norm}(1800, 800)$$

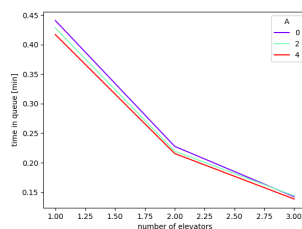
Macierz eksperymentu:

15	1	0
15	1	2
15	1	4
15	2	0
15	2	2
15	2	4
15	3	0
15	3	2
15	3	4
30	1	0
30	1	2
30	1	4
30	2	0
30	2	2
30	2	4
30	3	0
30	3	2
30	3	4
45	1	0
45	1	2
45	1	4
45	2	0
45	2	2
45	2	4
45	3	0
45	3	2
45	3	4

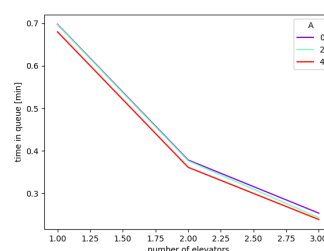
7. Wyniki badań symulacyjnych



rys. 1 Czas spędzony w kolejce w budynku z 15 piętrami



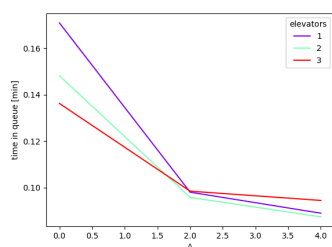
rys. 2 Czas spędzony w kolejce w budynku z 30 piętrami



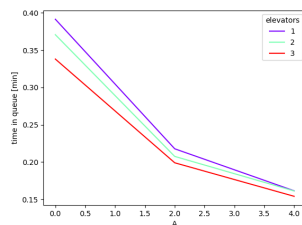
rys. 3 Czas spędzony w kolejce w budynku z 45 piętrami

Rysunki 1 - 3 przedstawiają jak zmienia się czas spędzony w kolejce w zależności od liczby wind w budynku, z rozróżnieniem na przypadki z różnymi parametrami algorytmu obsługi windy. Każdy z wykresów reprezentuje budynek z inną liczbą pięter.

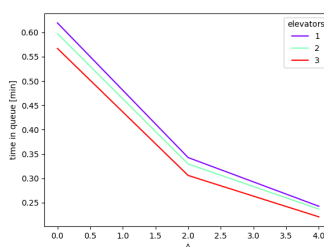
Można zauważyć, że w każdym z przypadków różnica między czasem w kolejce w budynku z jedną windą a dwoma jest znacząco większa od różnicy między czasami w budynku z dwoma a trzema windami.



rys. 4 Czas spędzony w kolejce by zjechać na parter w budynku z 15 piętrami



rys. 5 Czas spędzony w kolejce by zjechać na parter w budynku z 30 piętrami



rys. 6 Czas spędzony w kolejce by zjechać na parter w budynku z 45 piętrami

Rysunki 4 - 6 przedstawiają jak zmienia się czas spędzony w kolejce by zjechać na dół w zależności od parametru algorytmu obsługi windy, z rozróżnieniem na przypadki z różną liczbą wind w budynku.

8. Analiza statystyczna wyników

Badanymi hipotezami są: H_1 : Zwiększenie liczby wind w budynku zmniejszy czas czekania w kolejce, oraz H_2 : Zwiększenie liczby pięter, o które wraca się winda zmniejszy czas czekania w kolejce, by zjechać na parter.

Żeby sprawdzić prawdziwość hipotezy H_1 porównamy średnie czasy spędzone w kolejce w budynku z 15 piętrami i z parametrem algorytmu jazdy windy równym 0, jedną zmienną będzie ilość wind w budynku. Porównanie to można wykonać za pomocą testu Studenta dla prób niezależnych. Jednym z założeń testu pochodzenie wyników z obu prób z rozkładu normalnego lub zbliżonego do normalnego. Można to sprawdzić za pomocą testu Shapiro-Wilka.

Nazwa testu	test Shapiro-Wilka
H_0	średnie czasy w kolejce dla budynku z 1 windą należą do rozkładu normalnego
H_A	średnie czasy w kolejce dla budynku z 1 windą nie należą do rozkładu normalnego
α	0.05
p-value	0.4371991753578186
wynik testu	0.915647566318512

Nie mamy wystarczających dowodów żeby odrzucić H_0 , więc możemy uznać że czasy te są z rozkładu normalnego.

Nazwa testu	test Shapiro-Wilka
H_0	średnie czasy w kolejce dla budynku z 2 windami należą do rozkładu normalnego
H_A	średnie czasy w kolejce dla budynku z 2 windami nie należą do rozkładu normalnego
α	0.05
p-value	0.47826728224754333
wynik testu	0.9272117614746094

Nie mamy wystarczających dowodów żeby odrzucić H_0 , więc możemy uznać że czasy te są z rozkładu normalnego.

Nazwa testu	test Shapiro-Wilka
H_0	średnie czasy w kolejce dla budynku z 3 windami należą do rozkładu normalnego
H_A	średnie czasy w kolejce dla budynku z 3 windami nie należą do rozkładu normalnego
α	0.05

p-value	0.47191473841667175
wynik testu	0.9254740476608276

Nie mamy wystarczających dowodów żeby odrzucić H_0 , więc możemy uznać że czasy te są z rozkładu normalnego.

Jako, że testów wynika iż czasy te należą do rozkładów normalnych, możemy je porównać.

Nazwa testu	test Studenta dla prób niezależnych
H_0	średni czas w kolejce dla budynku z 1 windą jest równy średniemu czasowi w kolejce dla budynku z 2 windami
H_A	średni czas w kolejce dla budynku z 1 windą jest większy od średniego czasu w kolejce dla budynku z 2 windami
α	0.05
p-value	4.317802458677157e-06
wynik testu	36.70206210270249

Mamy wystarczające dowody, żeby odrzucić H_0 , przyjmujemy więc H_A .

Nazwa testu	test Studenta dla prób niezależnych
H_0	średni czas w kolejce dla budynku z 2 windami jest równy średniemu czasowi w kolejce dla budynku z 3 windami
H_A	średni czas w kolejce dla budynku z 2 windami jest większy od średniego czasu w kolejce dla budynku z 3 windami
α	0.05
p-value	0.00177829748853088
wynik testu	10.261226716724016

Mamy wystarczające dowody, żeby odrzucić H_0 , przyjmujemy więc H_A .

Takie same testy możemy zastosować żeby zbadać prawdziwość hipotezy H_2 . Porównujemy budynki z 15 piętrami i jedną windą, jedyną zmienną jest parametr algorytmu jazdy windy.

Nazwa testu	test Shapiro-Wilka
H_0	średnie czasy w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 0 należą do rozkładu normalnego
H_A	średnie czasy w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 0 nie należą do rozkładu normalnego

α	0.05
p-value	0.4371991753578186
wynik testu	0.915647566318512

Nie mamy wystarczających dowodów żeby odrzucić H_0 , więc możemy uznać że czasy te są z rozkładu normalnego.

Nazwa testu	test Shapiro-Wilka
H_0	średnie czasy w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 2 należą do rozkładu normalnego
H_A	średnie czasy w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 2 nie należą do rozkładu normalnego
α	0.05
p-value	0.47191473841667175
wynik testu	0.9254740476608276

Nie mamy wystarczających dowodów żeby odrzucić H_0 , więc możemy uznać że czasy te są z rozkładu normalnego.

Nazwa testu	test Shapiro-Wilka
H_0	średnie czasy w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 4 należą do rozkładu normalnego
H_A	średnie czasy w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 4 nie należą do rozkładu normalnego
α	0.05
p-value	0.6905661225318909
wynik testu	0.9739788174629211

Nie mamy wystarczających dowodów żeby odrzucić H_0 , więc możemy uznać że czasy te są z rozkładu normalnego.

Nazwa testu	test Studenta dla prób niezależnych
H_0	średni czas w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 0 jest równy średniemu czasowi w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 2
H_A	średni czas w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 0 jest większy od średniego czasu w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 2

α	0.05
p-value	0.009992551815859741
wynik testu	6.344071772312815

Mamy wystarczające dowody, żeby odrzucić H_0 , przyjmujemy więc H_A .

Nazwa testu	test Studenta dla prób niezależnych
H_0	średni czas w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 2 jest równy średniemu czasowi w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 4
H_A	średni czas w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 2 jest większy od średniego czasu w kolejce na parter dla budynku z parametrem algorytmu jazdy windy równym 4
α	0.05
p-value	0.025812980167012608
wynik testu	3.875128232786587

Mamy wystarczające dowody, żeby odrzucić H_0 , przyjmujemy więc H_A .

Z testów wynika, że obie hipotezy H_1 i H_2 zostały potwierdzone.