

Skład grupy:

Paweł Horbaczewski #127739

Michał Ociepka #128128

Krystian Piećko #128187

Jakub Cabański #127555

Badania Operacyjne w Informatyce

Raport z laboratorium

IV rok ISK

System sterowania windami

1) Wprowadzenie

Rozważanym problemem jest ocena wydajności i funkcjonalności programu symulującego system sterowania windami. Oprogramowanie ma na celu znalezienie optymalnego algorytmu poruszania się windy oraz ilości szybów wind w zależności od ilości pięter, kosztów budowy i eksploatacji. Można tego dokonać budując model matematyczny problemu i wykonując na nim szereg symulacji. Takie właśnie możliwości oferuje badany produkt.

2) Sformułowanie problemu

Dla przedstawienia pełnego obrazu problemu należy sformułować kilka pojęć. Zakładamy, że badany budynek ma m pięter. Zatem niech:

v_j – częstość wezwań na j – te piętro

x_j – prawdopodobieństwo zgłoszenia wezwania na j – te piętro

Każde piętro będzie opisane przez tablice wartości logicznych $c = [c_1, c_2, \dots, c_m]$ gdzie

c_j – przyjmuje wartości TRUE / FALSE w zależności od wystąpienia / braku wezwania na j – tym piętrze

Do przeprowadzenia analizy będą niezbędne wielkości:

n – ilość wind

k – maksymalna ilość pasażerów windy

t_1 – czas przejazdu windy o jeden poziom

t_2 – średni czas postoju niepustej windy

Stan każdej windy jest opisany wektorem stanu

$$W_i = [p_i, a_i, f_i, g_i]$$

gdzie

W_i – wektor stanu – tej windy

p_i – pozycja – tej windy

a_i – atrybut i – tej windy dla -1 jedzie w dół dla 0 stoi dla 1 w górę

f_i – tablica logiczna przechowująca informacje o wciśniętych klawiszach

g_i – tablica wartości logicznych opisująca przystanki na trasie windy

Powyższe dane umieszczamy na wejściu systemu. Na ich podstawie musimy wywnioskować czas dojazdu windy od momentu otrzymania zgłoszenia. Będzie nam on potrzebny do wybrania windy która ze względu na swoje położenie będzie mogła najszybciej obsłużyć wezwanie. W tym celu możemy zdefiniować macierz stanu systemu wind:

$$S = \begin{matrix} & s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1m} \\ s_{21} & s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2m} \\ & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{nl} & s_{n1} & s_{n2} & \dots & s_{nm} \end{matrix}$$

gdzie:

s_{ij} przewidywany czas dojazdu i-tej windy na j-te piętro. Jest on obliczany w przypadku wystąpienia zgłoszenia, w przeciwnym razie $s_{ij}=0$

W przypadku wystąpienia zgłoszenia obliczamy szukany, przewidywany czas dojazdu ze wzoru:

$$S_{ij} = t_1 |j - p_i| + t_2 \sum_{p_i + \text{sgn}(j - p_i)}^{j + \text{sgn}(p_i)} [((f_{il}) \vee (g_{il}) = \text{true}) + (f_{il} \wedge (g_{il}) = \text{false}) V_l]$$

V_l - częstość występowania zgłoszenia na l-piętrze;

$$V_l = \begin{cases} v_l \Delta t \text{ dla } v_l \Delta t < 1 \\ 1 \text{ dla } v_l \Delta t \geq 1 \end{cases}$$

Zatem szacowany czas dojazdu windy do l-piętra możemy wyrazić w następujący sposób.

$$t = [l - p_i - \text{sgn}(j - p_i)] t_1 + \sum_{p_i + \text{sgn}(j - p_i)}^{l-1} ((f_{il}) \vee (g_{il}) = \text{true})$$

Dysponując tymi danymi jesteśmy w stanie podjąć decyzję o przydziale windy do obsługi konkretnego zgłoszenia. Mamy ponadto pewność, że dana winda obsłuży zgłoszenie najszybciej.

3) Rozwiązanie problemu

Do analizy problemu posłużył produkt opracowany przez inną grupę badawczą. Był to program symulacyjny o nazwie Elevators Simulator 1.0. Pozwala on zamodelować dowolny budynek, w którym określamy ilość pięter, szybów wind oraz takie wielkości jak czas przejazdu między sąsiednimi piętrami T_m , czas postoju niepustej windy T_s , maksymalna liczba pasażerów windy M_e , maksymalna liczba oczekujących na piętrze M_f .

Kluczową rzeczą jaka wymaga określenia jest algorytm poruszania się windy. W programie zostały zaimplementowane trzy takie algorytmy.

Down-up – Winda porusza się na zmianę w górę i w dół. Zmiana kierunku ruchu następuje jedynie gdy winda jest pusta i nie ma już żadnego zgłoszenia w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu windy.

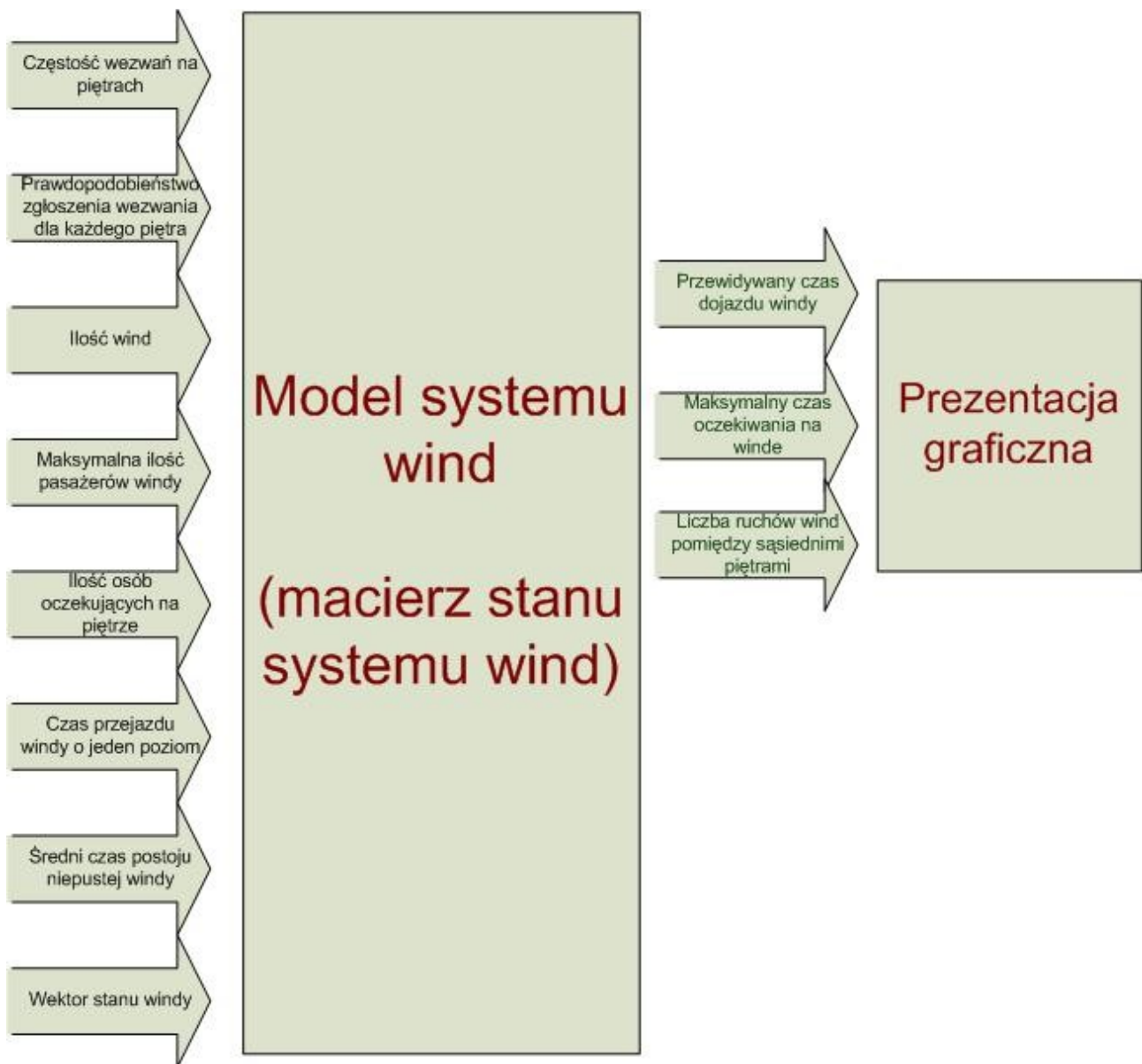
Next Floor – winda zatrzymuje się zawsze na najbliższym piętrze, na którym wystąpi zgłoszenie zgodnie z kierunkiem jazdy. Jeżeli jest pusta wybiera zgłoszenie o najkrótszym czasie dojazdu (niezależnie czy zgodne z atrybutem kierunku czy nie). W pierwszej kolejności rozpatrywane są piętra o największym atrybucie zgłoszeń.

Last Floor – Winda jedzie na najbliższe piętro na którym wystąpi zgłoszenie zgodne z jej kierunkiem jazdy. Jeżeli jest pusta wybiera najbardziej skrajne zgłoszenie. W pierwszej kolejności rozpatrywane są piętra o największym atrybucie zgłoszeń.

4) System eksperymentowania

Środowisko Elevators Simulator v1.0 pozwala w sprawny i szybki sposób zasymulować układ wind w dowolnym budynku. Konstruując budynek przeznaczony do badań określamy ilość pięter oraz szybów wind. Następnie określamy czas przejazdu windy oraz czas jej postoju. Program umożliwia nam także zmianę atrybutów budynku, czyli tego z jaką częstością odpowiednie piętra są wybierane. Ponadto możemy ustalić maksymalną liczbę pasażerów windy oraz maksymalną liczbę osób oczekujących na piętrze. Po wprowadzeniu tych danych możemy przystąpić do symulacji. Jako jej wynik otrzymujemy wykresy ilustrujące średni czas oczekiwania na windę, maksymalny czas oczekiwania, liczbę ruchów wind pomiędzy sąsiednimi piętrami.

Oprogramowanie dzięki małym wymaganiom sprzętowym można z powodzeniem uruchomić na każdym komputerze klasy PC z systemem operacyjnym MS-DOS. Jest to niewątpliwie zaletą, dla ludzi dysponujących starszym sprzętem. Interfejs użytkownika jest przejrzysty i łatwy w obsłudze. Wyniki testów wyświetlane są w czytelnej formie. Autorom nie udało uciec się jednak od błędów i ograniczeń. Przy podaniu odpowiednio dużej liczby pięter, winda potrafi “wylecieć w powietrze”. Na piętrze nie może być więcej niż 60 osób.



1. Badanie sprawności systemu w zależności od występowania wykluczających się instytucji na wybranych piętrach dla algorytmu Last Floor.

Symulacja przedstawia przypadek, gdy na dwóch wybranych piętrach znajdują się wykluczające się instytucje. Oznacza to, że jeśli klient odwiedzi już jedno z pięter na którym jest pierwsza instytucja to istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo, że na piętrze na którym jest druga instytucja w ogóle się nie pojawi. Przykładem mogą być sieci restauracji na dwóch piętrach.

Symulacja została przeprowadzona dla następujących parametrów określających budynek :

Dane wejściowe :

ilość pięter = 10

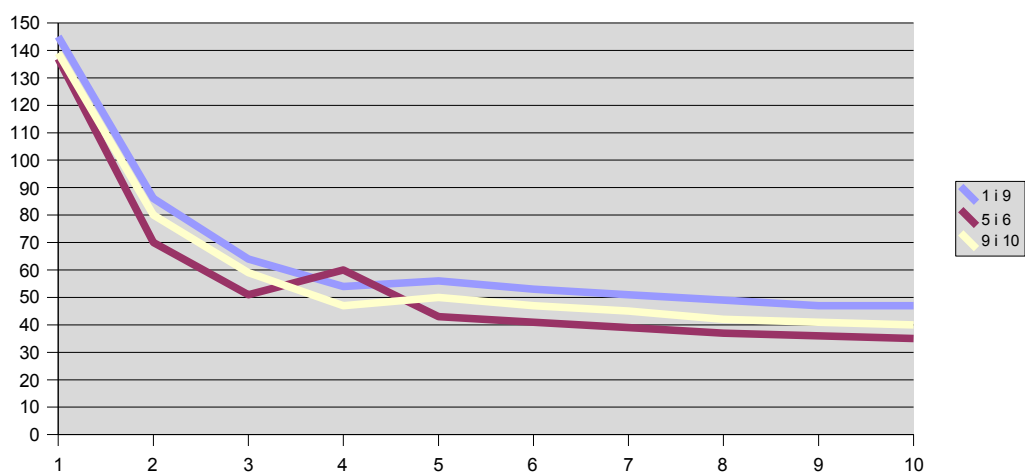
czas przejazdu windy między sąsiednimi piętrami = 5 [s]

czas postoju niepustej windy na piętrze= 5 [s]

maksymalna liczba pasażerów windy = 20

maksymalna liczba oczekujących na piętrze = 60

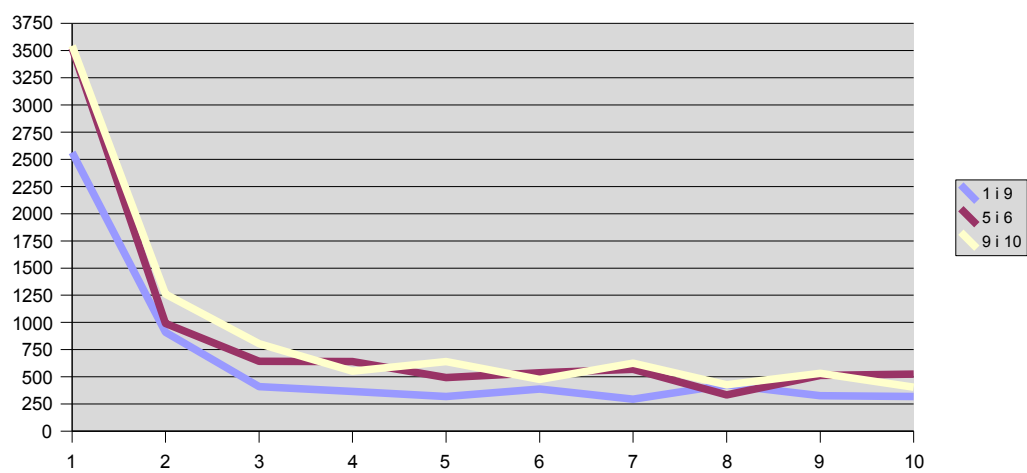
Symulację przeprowadzono przy odpowiednim natężeniu ruchu oraz odpowiedniej częstotliwości występowania zgłoszeń na każdym z pięter. Największe wartości przypisane zostały piętrům pierwszemu i dziesiątemu, następnie piątemu i szóstemu oraz dziewiątemu i dziesiątemu.



Wykres 1: Wpływ rozmieszczenia instytucji na średni czas oczekiwania dla algorytmu Last Floor

Piętra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 i 9	145	86	64	54	56	53	51	49	47	47
5 i 6	137	70	51	60	43	41	39	37	36	35
9 i 10	139	80	59	47	50	47	45	42	41	40

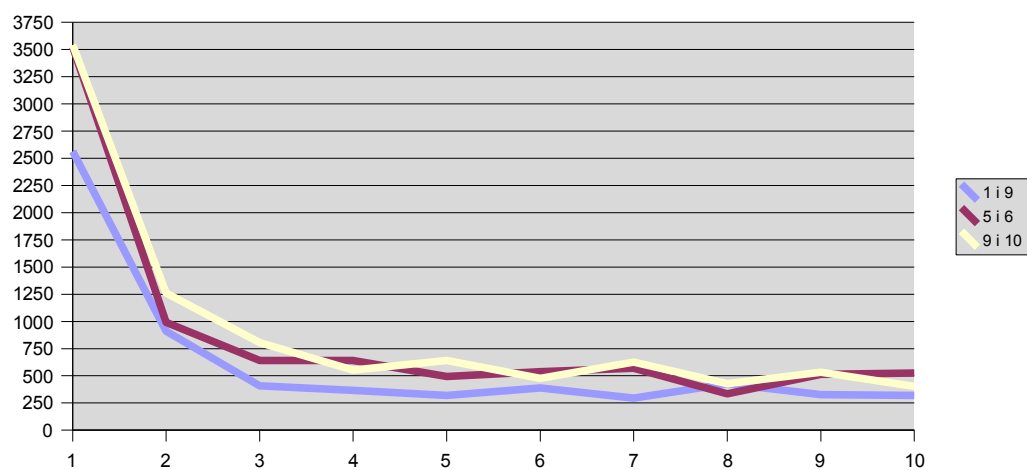
Table 1: Wpływ rozmieszczenia instytucji na średni czas oczekiwania dla algorytmu Last Floor



Wykres 2: Wpływ rozmieszczenia instytucji na maksymalny czas oczekiwania dla algorytmu Last Floor

Piętra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 i 9	2563	911	409	365	320	389	296	427	327	319
5 i 6	3523	992	642	640	494	537	570	335	514	525
9 i 10	3544	1262	806	552	640	476	627	427	532	404

Table 2: Wpływ rozmieszczenia instytucji na maksymalny czas oczekiwania dla algorytmu Last Floor



Wykres 3: Wpływ rozmieszczenia instytucji na liczbę ruchów wind dla algorytmu Last Floor

Piętra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 i 9	10795	23235	35421	44144	51310	57341	62314	66350	71195	72184
5 i 6	10559	22421	33630	39486	44686	47234	50416	53235	54721	57206
9 i 10	10861	23043	34739	42419	49187	53933	58202	63003	64248	68078

Table 3: Wpływ rozmieszczenia instytucji na liczbę ruchów wind dla algorytmu Last Floor

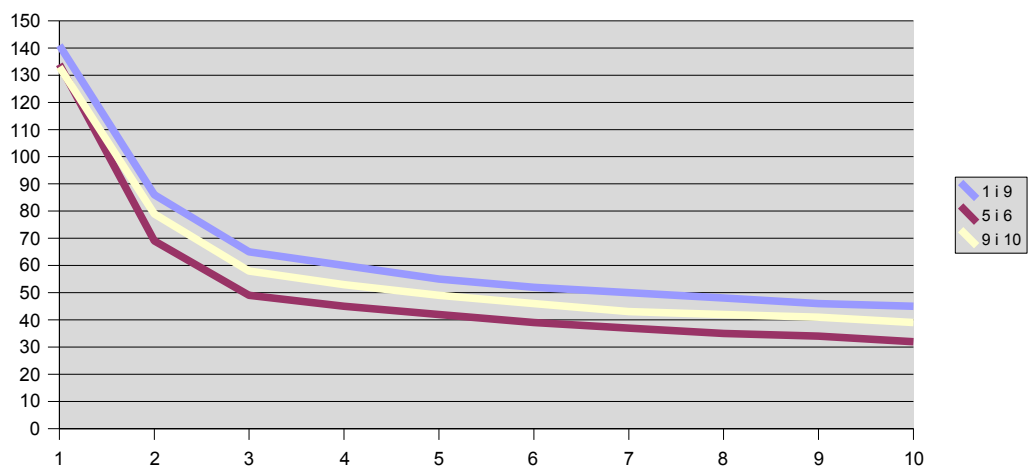
Dla dziesięciopiętrowego budynku bez względu na ilość wind najkrótszy średni czas oczekiwania uzyskuje się podczas umiejscowienia wykluczających się instytucji na piętrach piątym i szóstym przy zastosowaniu algorytmu Last Floor. Na dalszych pozycjach plasują się umiejscowienia instytucji na piętrach dziewiątym i dziesiątym oraz najgorszy wybór, czyli piętra pierwsze i dziesiąte. Różnice w średnim czasie oczekiwania pomiędzy wyborami umiejscowienia instytucji dla trzech wyborów wynoszą odpowiednio między najlepszym, a średnim wyborem 8s, a najlepszym i najgorszym 13s, mając na uwadze fakt, iż przy najlepszym wyborze będziemy na windę czekać średnio 51s.

Trochę inaczej przedstawiają się wyniki, jeśli pod lupę weźmiemy maksymalny czas oczekiwania na windę. Tutaj ważną rolę odgrywa ilość wind, które zastosujemy. Analizując wykresy, stwierdzić można, że powyżej trzech wind, maksymalne czasy dla różnych umiejscowień instytucji są bardzo podobne i tylko podczas określania konkretnej ilości wind można stwierdzić które rozwiązanie jest najlepsze. Usiłując wybrać najlepsze rozłożenie instytucji najbardziej trafnym wyborem okazuje się rozłożenie ich na pierwszym i dziesiątym piętrze.

W przypadku rozpatrywania kosztów eksploatacji systemu, najlepszym wyborem okazuje się rozmieszczenie instytucji na piętrach piątym i szóstym, podobnie jak było to podczas rozpatrywania najkrótszego średniego czasu oczekiwania. Dużą różnicę w kosztach zauważyć można od chwili użycia więcej niż trzech wind.

Biorąc pod uwagę wymienione wcześniej spostrzeżenia oraz wyciągnięte wnioski, w przypadku użycia algorytmu Last Floor, najlepszym rozwiązaniem będzie rozmieszczenie instytucji na piętrach piątym i szóstym.

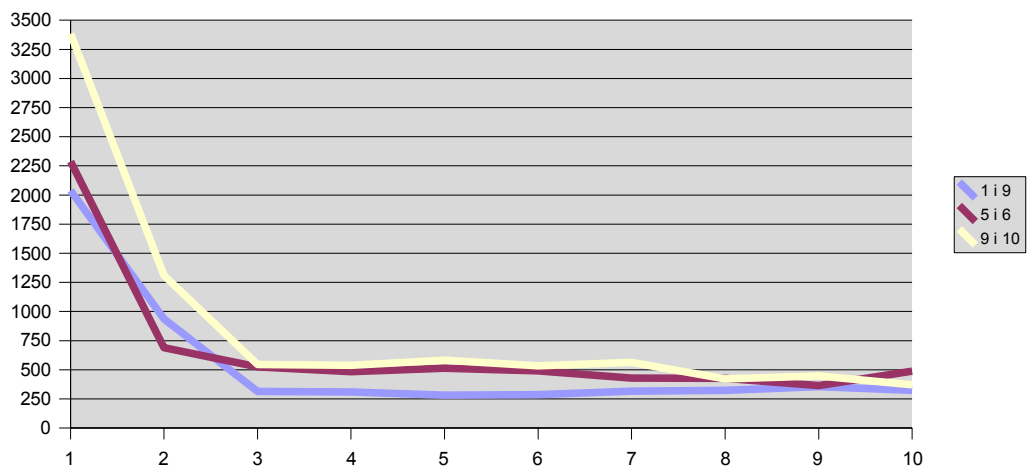
2. Badanie sprawności systemu w zależności od występowania wykluczających się instytucji na wybranych piętrach dla algorytmu Next Floor.



Wykres 4: Wpływ rozmieszczenia instytucji na średni czas oczekiwania dla algorytmu Next Floor

Piętra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 i 9	141	86	65	60	55	52	50	48	46	45
5 i 6	134	69	49	45	42	39	37	35	34	32
9 i 10	133	79	58	53	49	46	43	42	41	39

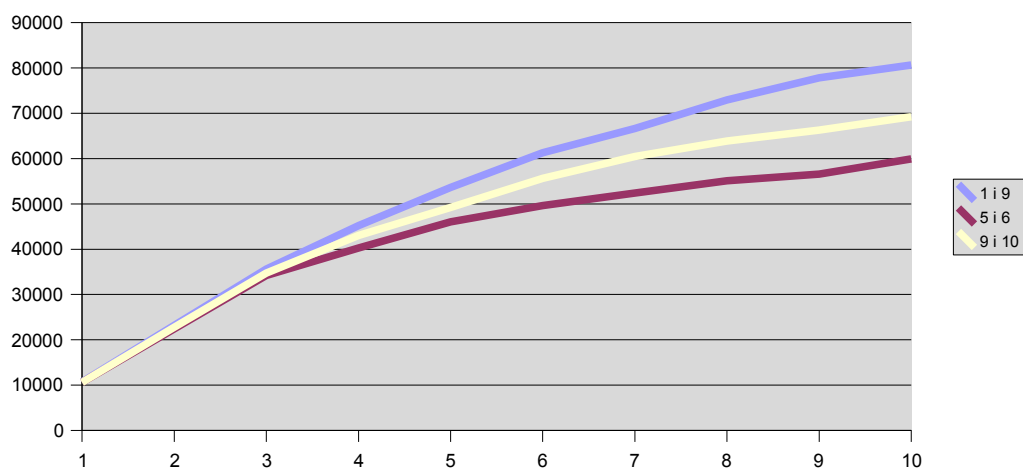
Table 4: Wpływ rozmieszczenia instytucji na średni czas oczekiwania dla algorytmu Next Floor



Wykres 5: Wpływ rozmieszczenia instytucji na maksymalny czas oczekiwania dla algorytmu Next Floor

Piętra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 i 9	2039	937	313	309	281	286	317	323	355	324
5 i 6	2288	689	525	484	514	490	428	426	365	488
9 i 10	3385	1310	546	539	583	534	564	421	448	372

Table 5: Wpływ rozmieszczenia instytucji na maksymalny czas oczekiwania dla algorytmu Next Floor



Wykres 6: Wpływ rozmieszczenia instytucji na liczbę ruchów wind dla algorytmu Next Floor

Piętra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 i 9	10721	23215	35591	45186	53640	61277	66664	72942	77859	80623
5 i 6	10597	22417	34215	40281	46042	49628	52407	55101	56554	59924
9 i 10	10580	22799	34731	43059	49207	55616	60489	63894	66320	69258

Table 6: Wpływ rozmieszczenia instytucji na liczbę ruchów wind dla algorytmu Next Floor

Symulacja przedstawia taki sam model, jak w poprzednim badaniu. Różnicą jest jedynie zmiana algorytmu na Next Floor. Badanie przeprowadzono przy odpowiednim natężeniu ruchu oraz odpowiedniej częstotliwości występowania zgłoszeń na każdym z pięter. Największe wartości przypisane zostały piętrům pierwszemu i dziesiątemu, następnie piątemu i szóstemu oraz dziewiątemu i dziesiątemu.

Dla dziesięciopiętrowego budynku bez względu na ilość wind najkrótszy średni czas oczekiwania uzyskuje się podczas umiejscowienia wykluczających się instytucji na piętrach piątym i szóstym przy zastosowaniu algorytmu Next Floor. Na dalszych pozycjach plasują się umiejscowienia instytucji na piętrach dziewiątym i dziesiątym oraz najgorszy wybór, czyli piętra pierwsze i dziesiąte. Różnice w średnim czasie oczekiwania pomiędzy wyborami umiejscowienia instytucji dla trzech wyborów wynoszą odpowiednio

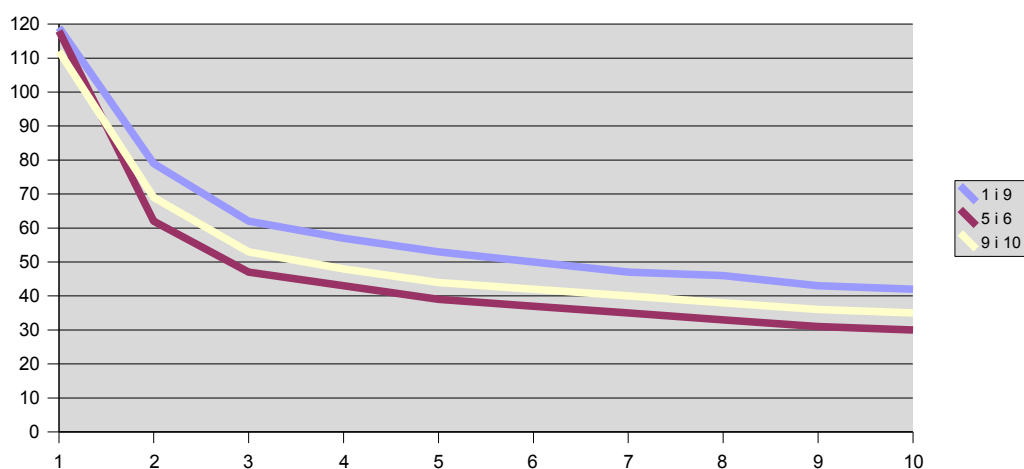
między najlepszym, a średnim wyborem 9s, a najlepszym i najgorszym 16s, mając na uwadze fakt, iż przy najlepszym wyborze będziemy na windę czekać średnio 49s.

Nieco inaczej przedstawiają się wyniki, jeśli pod lupę weźmiemy maksymalny czas oczekiwania na windę. Tutaj ważną rolę odgrywa ilość wind, które zastosujemy. Analizując wykresy, stwierdzić można, że powyżej dwóch wind, maksymalne czasy dla różnych umiejscowień instytucji są bardzo podobne i tylko podczas określania konkretnej ilości wind można stwierdzić które rozwiązanie jest najlepsze. Usiłując wybrać najlepsze rozłożenie instytucji najbardziej rozsądnym wyborem okazuje się rozłożenie ich na pierwszym i dziesiątym piętrze.

W przypadku rozpatrywania kosztów eksploatacji systemu, najlepszym wyborem okazuje się rozmieszczenie instytucji na piętrach piątym i szóstym, podobnie jak było to podczas rozpatrywania najkrótszego średniego czasu oczekiwania. Dużą różnicę w kosztach zauważyć można od chwili użycia więcej niż trzech wind.

Biorąc pod uwagę wymienione wcześniej spostrzeżenia oraz wyciągnięte wnioski, w przypadku użycia algorytmu Next Floor, najlepszym rozwiązaniem będzie również rozmieszczenie instytucji na piętrach piątym i szóstym.

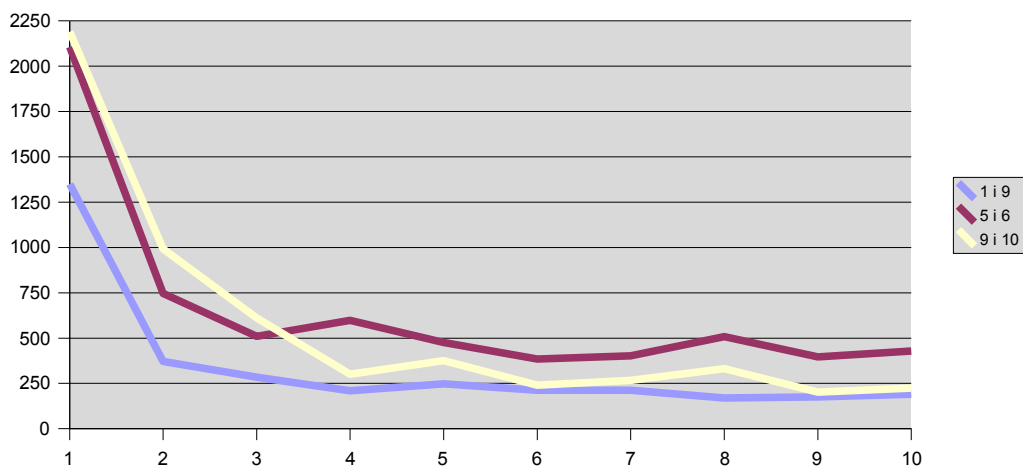
3. Badanie sprawności systemu w zależności od występowania wykluczających się instytucji na wybranych piętrach dla algorytmu Down-Up.



Wykres 7: Wpływ rozmieszczenia instytucji na średni czas oczekiwania dla algorytmu Down-Up

Piętra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 i 9	119	79	62	57	53	50	47	46	43	42
5 i 6	118	62	47	43	39	37	35	33	31	30
9 i 10	112	69	53	48	44	42	40	38	36	35

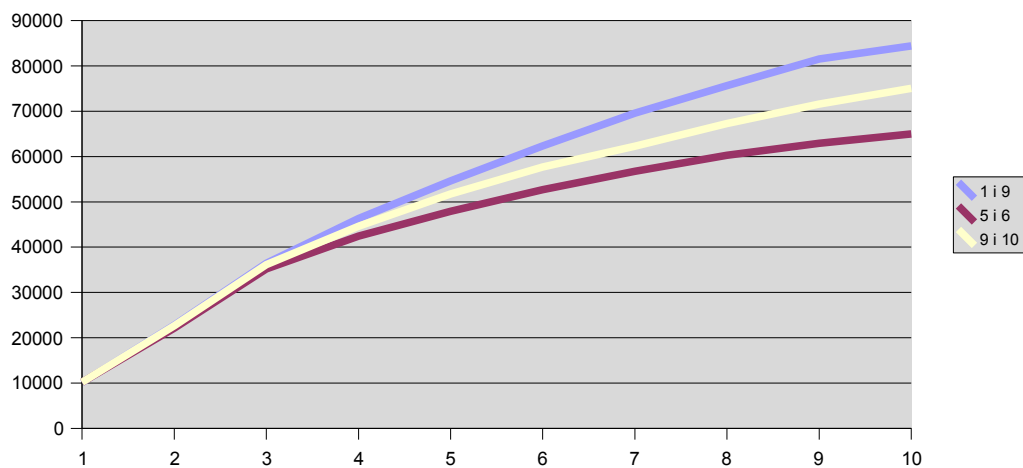
Table 7: Wpływ rozmieszczenia instytucji na średni czas oczekiwania dla algorytmu Down-Up



Wykres 8: Wpływ rozmieszczenia instytucji na maksymalny czas oczekiwania dla algorytmu Down-Up

Piętra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 i 9	1350	371	285	210	248	212	212	170	176	190
5 i 6	2106	746	510	598	476	385	402	508	396	428
9 i 10	2190	992	611	300	375	240	267	331	202	224

Table 8: Wpływ rozmieszczenia instytucji na maksymalny czas oczekiwania dla algorytmu Down-Up



Wykres 9: Wpływ rozmieszczenia instytucji na liczbę ruchów wind dla algorytmu Down-Up

Piętra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 i 9	10128	22753	36444	46331	54651	62348	69560	75633	81505	84416
5 i 6	10190	22128	35179	42421	47900	52702	56745	60293	62906	65021
9 i 10	10203	22636	36123	44647	51762	57677	62298	67283	71563	75063

Table 9: Wpływ rozmieszczenia instytucji na liczbę ruchów wind dla algorytmu Down-Up

Symulacja przedstawia taki sam model, jak w poprzednim badaniu. Różnicą jest jedynie zmiana algorytmu na Down-Up. Badanie przeprowadzono przy odpowiednim natężeniu ruchu oraz odpowiedniej częstości występowania zgłoszeń na każdym z pięter. Największe wartości przypisane zostały piętrům pierwszemu i dziesiątemu, następnie piątému i szóstému oraz dziewiątemu i dziesiątemu.

Dla dziesięciopiętrowego budynku bez względu na ilość wind najkrótszy średni czas oczekiwania uzyskuje się podczas umiejscowienia wykluczających się instytucji na piętrach piątym i szóstym przy zastosowaniu algorytmu Down-Up. Na dalszych pozycjach plasują się umiejscowienia instytucji na piętrach dziewiątym i dziesiątym oraz najgorszy wybór, czyli piętra pierwsze i dziesiąte. Różnice w średnim czasie oczekiwania pomiędzy wyborami umiejscowienia instytucji dla trzech wyborów wynoszą odpowiednio między najlepszym, a średnim wyborem 6s, a najlepszym i najgorszym 15s, mając na uwadze fakt, iż przy najlepszym wyborze będziemy na windę czekać średnio 47s.

Trochę inaczej przedstawiają się wyniki, jeśli pod lupę weźmiemy maksymalny czas oczekiwania na windę. Tutaj ważną rolę odgrywa ilość wind, które zastosujemy. Analizując wykresy, stwierdzić można, że powyżej trzech wind, maksymalne czasy dla różnych umiejscowień instytucji są bardzo podobne i tylko podczas określania konkretnej ilości wind można stwierdzić które rozwiązanie jest najlepsze. Usiłując wybrać najlepsze rozłożenie instytucji najbardziej trafnym wyborem okazuje się rozłożenie ich na pierwszym i dziesiątym piętrze.

W przypadku rozpatrywania kosztów eksploatacji systemu, najlepszym wyborem okazuje się rozmieszczenie instytucji na piętrach piątym i szóstym, podobnie jak było to podczas rozpatrywania najkrótszego średniego czasu oczekiwania. Dużą różnicę w kosztach zauważyć można od chwili użycia więcej niż trzech wind.

Biorąc pod uwagę wymienione wcześniej spostrzeżenia oraz wyciągnięte wnioski, w przypadku użycia algorytmu Down-Up, najlepszym rozwiązaniem będzie rozmieszczenie instytucji na piętrach piątym i szóstym.

Analizując wszystkie algorytmy, czyli First Floor, Next Floor oraz Down-Up można zauważyć, iż każdy z nich jednoznacznie wskazał rozłożenia instytucji na piętrach piątym i szóstym, jako najbardziej efektywne. Pytanie, na które warto również znaleźć odpowiedź, to skoro wiadomo, jakie roztawienie jest najlepsze, jaki więc zastosować algorytm? Aby można było na nie odpowiedzieć, pomocna będzie nam poniższa sumaryczna tabelka, która w sposób bardzo ciekawy ilustruje zachowanie konkretnych algorytmów przy podanych warunkach.

Algorytm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LF	137	70	51	60	43	41	39	37	36	35
NF	134	69	49	45	42	39	37	35	34	32
DU	118	62	47	43	39	37	35	33	31	30

Table 10: Wpływ rozmieszczenia instytucji na średni czas oczekiwania

Algorytm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LF	3523	992	642	640	494	537	570	335	514	525
NF	2288	689	525	484	514	490	428	426	365	488
DU	2106	746	510	598	476	385	402	508	396	428

Table 11: Wpływ rozmieszczenia instytucji na maksymalny czas oczekiwania

Algorytm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LF	10559	22421	33630	39486	44686	47234	50416	53235	54721	57206
NF	10597	22417	34215	40281	46042	49628	52407	55101	56554	59924
DU	10190	22128	35179	42421	47900	52702	56745	60293	62906	65021

Table 12: Wpływ rozmieszczenia instytucji na liczbę ruchów wind

Jak widać na zamieszczonych powyżej wykresach nie można jednoznacznie określić, który z algorytmów jest najlepszy. Jednak jeśli weźmiemy pod uwagę fakt nieznaczących różnic w liczbie ruchów wind, przy różnych algorytmach, to jako najlepszy algorytm w naszym rozpatrywanym badaniu najbardziej efektywnym okazuje się być algorytm Down-Up.

1. Badanie sprawności układu w zależności od ilości osób jakie może przemieszczać się winda.

Badanie zostało przeprowadzone przy pomocy programu 'Elevators Simulator ver. 1.0'. Dane, które są generowane przez program są ściśle związane z pseudolosowymi liczbami, które stanowią o ilości osób zamawiających windę piętrach. Dlatego też, dla każdej z założonych ilości osób, wykonano po 10 testów, a wartość podana w tabeli jest wartością średnią.

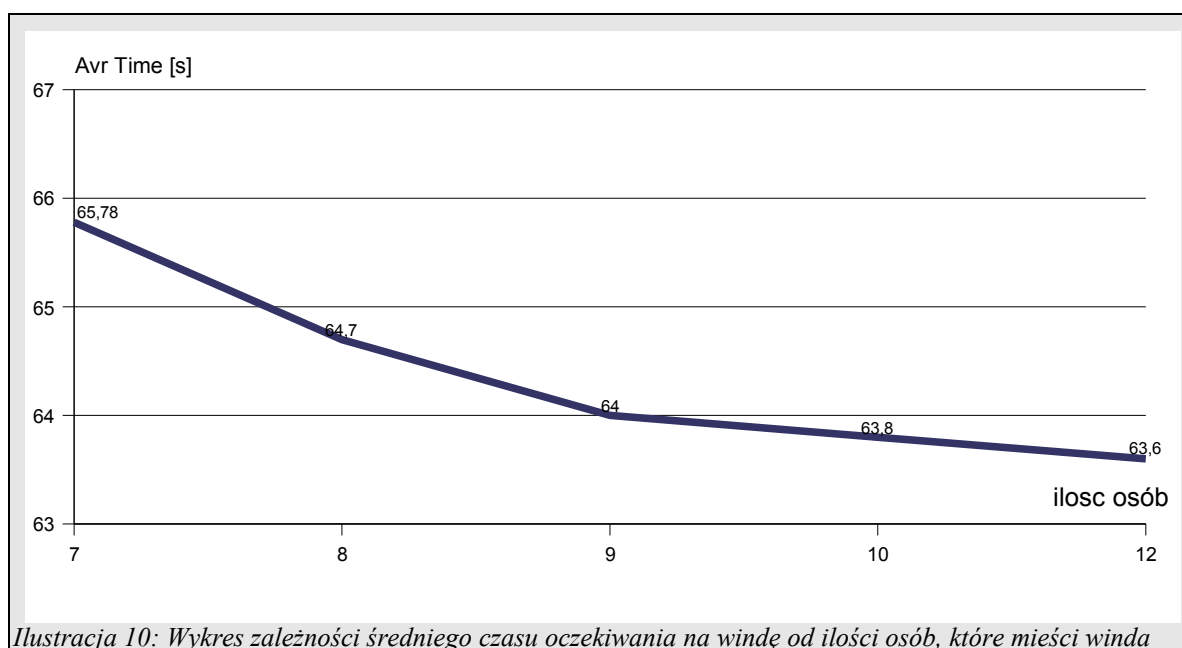
Legenda:

- *Avr Time* – średni czas oczekiwania na windę w sekundach,
- *Max Time* – maksymalny czas oczekiwania na windę w sekundach,
- *Moves* – suma wykonanych ruchów przez windy,

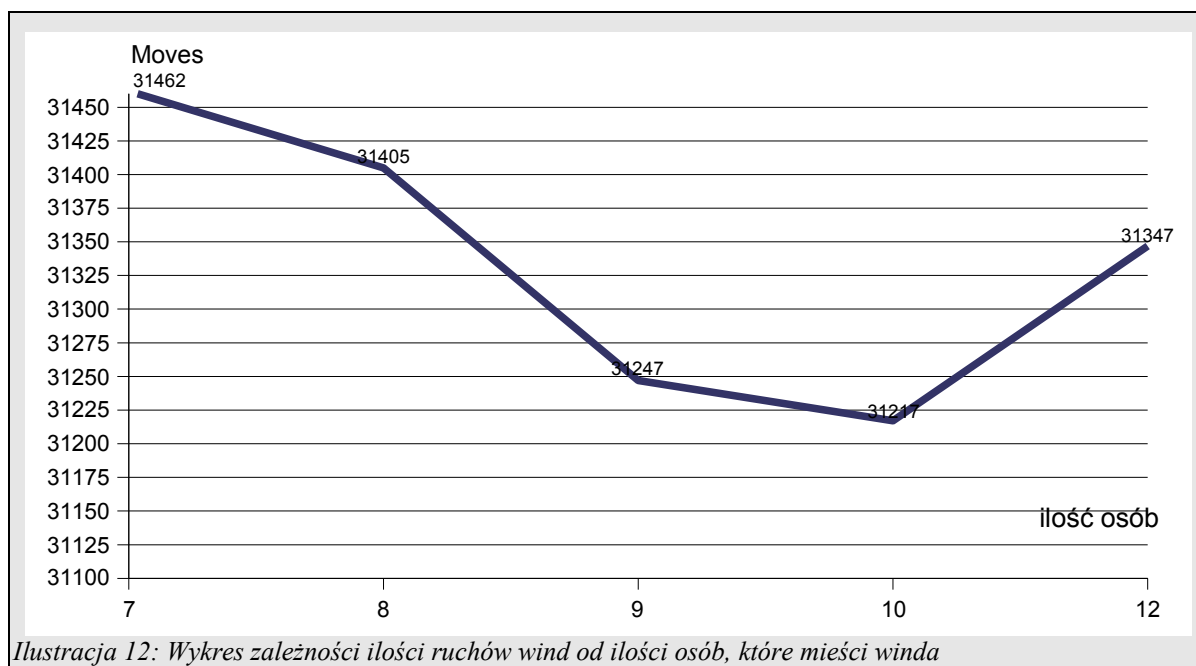
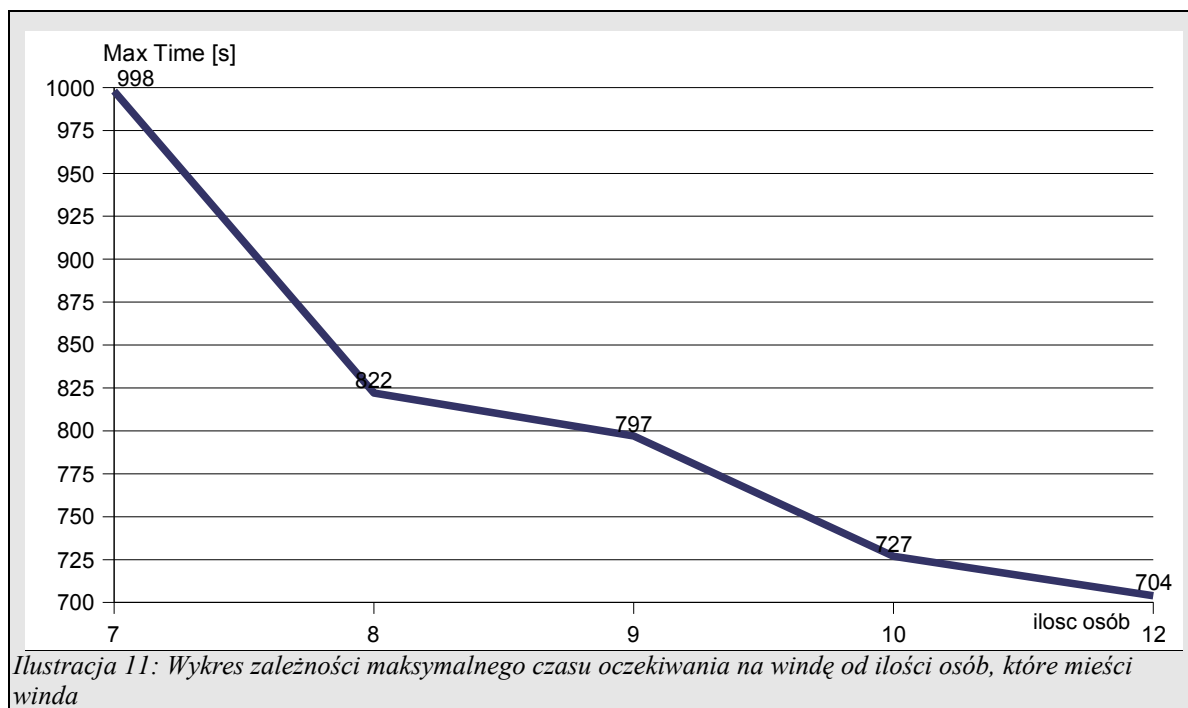
a) badanie dla algorytmu Last Floor

Ilość osób w windzie	7	8	9	10	12
Avr Time	65,78	64,7	64	63,8	63,6
Max Time	998	822	797	727	704
Moves	31462	31405	31247	31217	31347

Tabela 13: Wyniki symulacji dla algorytmu Last Floor



Ilustracja 10: Wykres zależności średniego czasu oczekiwania na windę od ilości osób, które mieści winda



W przypadku algorytmu Last Floor można zauważyć jak zmiana ilości osób korzystnie wpłynęła na średni czas oczekiwania na przyjazd windy. Ciekawym zjawiskiem jest to iż z przeprowadzonych testów wynika, że zmiany nie są liniowe. Przy 10 i 12 osobach zmiana jest minimalna, a 7 i 10 już większa o ponad sekundę.

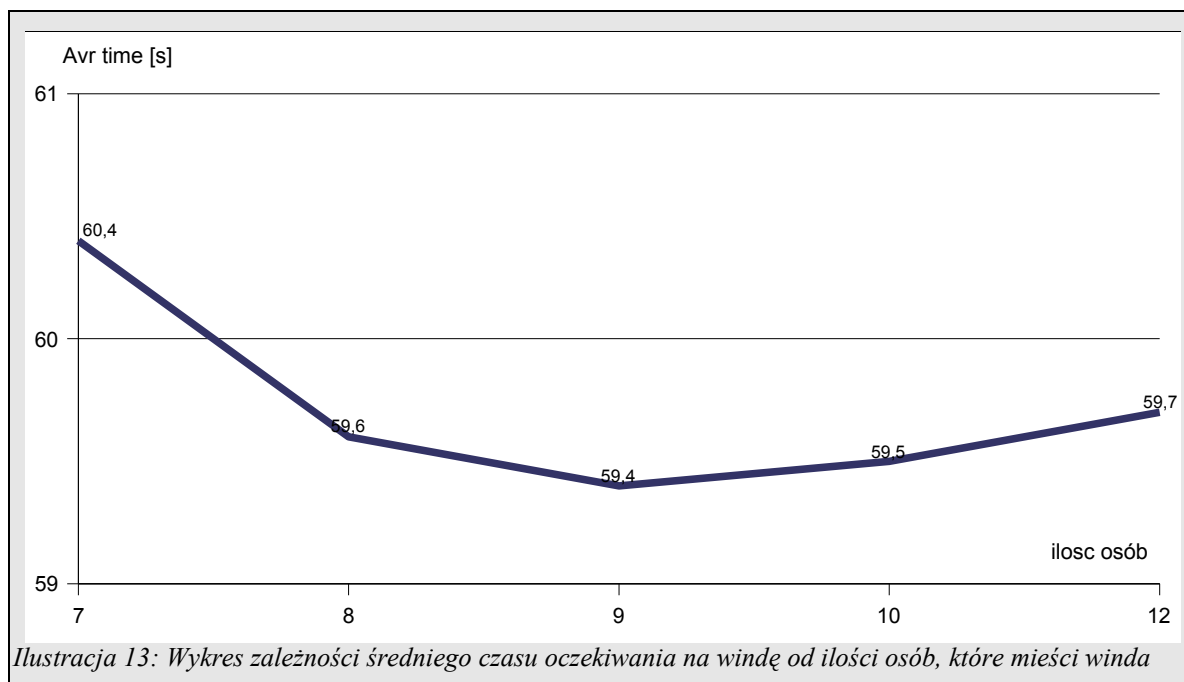
Największa poprawa ujawnia się w maksymalnym czasie oczekiwania na windę.

Z testów wynika także, że ilość ruchów jakie muszą wykonać windy jest praktycznie taka sama dla każdej ilości osób.

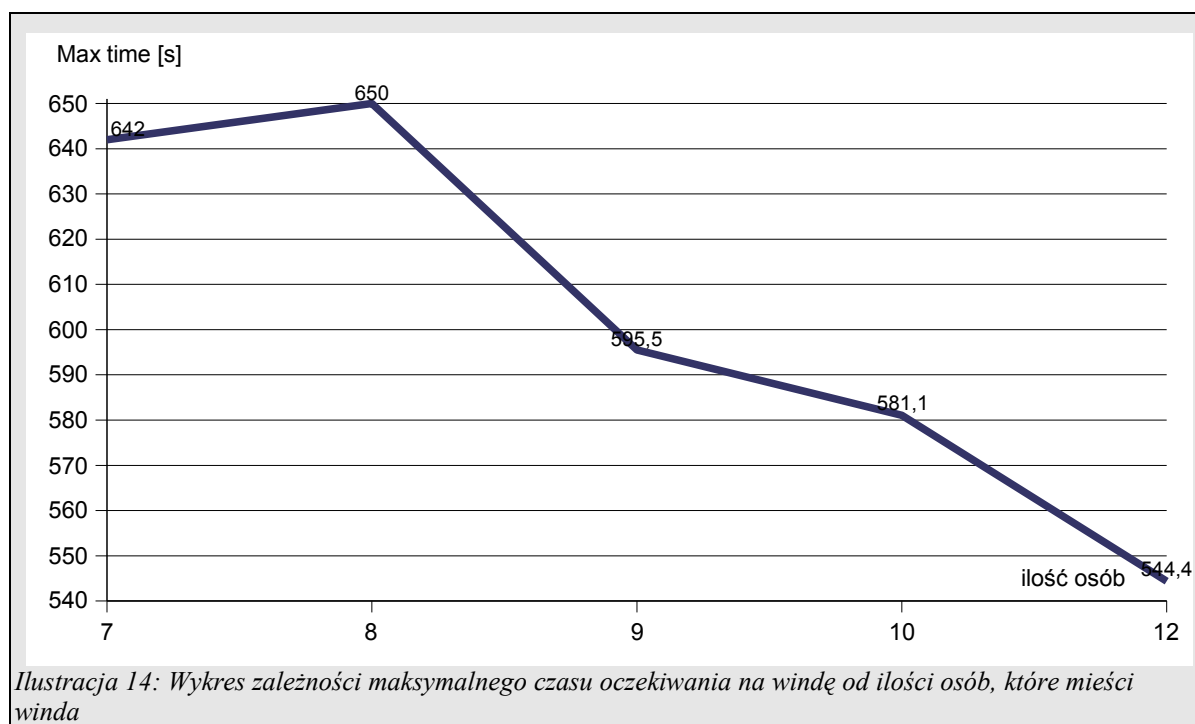
b) badanie dla algorytmu Next Floor

Ilość osób w w	7	8	9	10	12
Avr Time	60,4	59,6	59,4	59,5	59,7
Max Time	642	650	595,5	581,1	544,4
Moves	33350	33268	33190	33192	33254

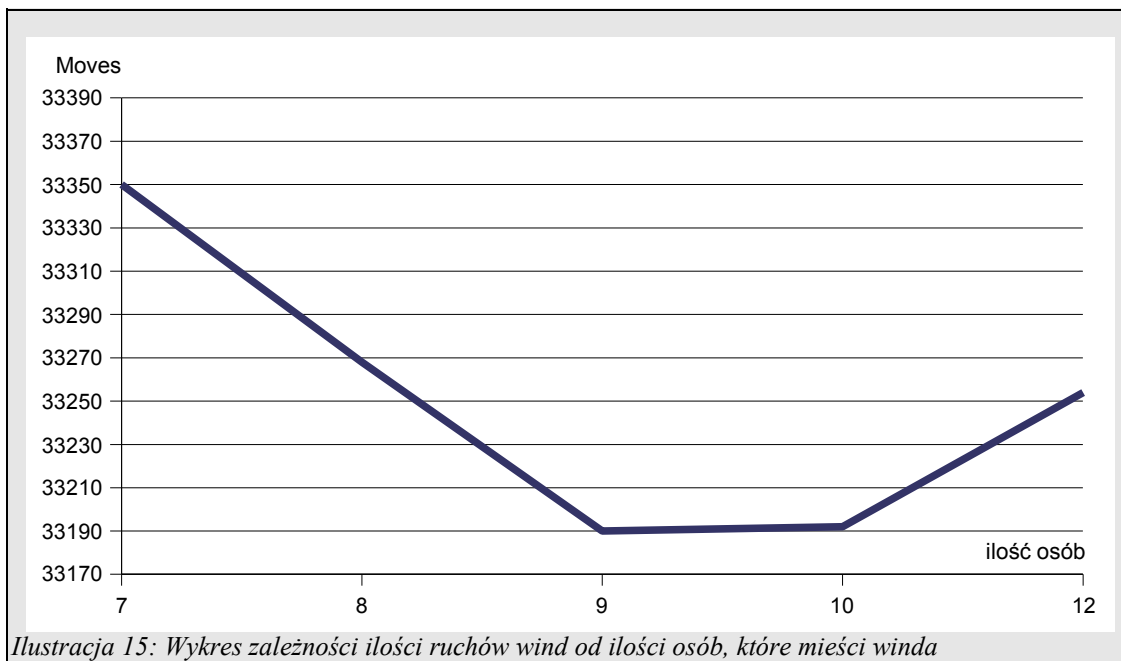
Tabela 14: Wyniki symulacji dla algorytmu Next Floor



Ilustracja 13: Wykres zależności średniego czasu oczekiwania na windę od ilości osób, które mieści winda



Ilustracja 14: Wykres zależności maksymalnego czasu oczekiwania na windę od ilości osób, które mieści winda



Jak widać algorytm Next Floor jest bardziej efektywny niż Last Floor. Dla tej samej liczby osób, które mogą wejść do windy średni czas oczekiwania dla algorytmu Next Floor jest o około 4 sekundy krótszy. Taki sam wniosek można wysunąć badając zależność między maksymalnymi czasami oczekiwania.

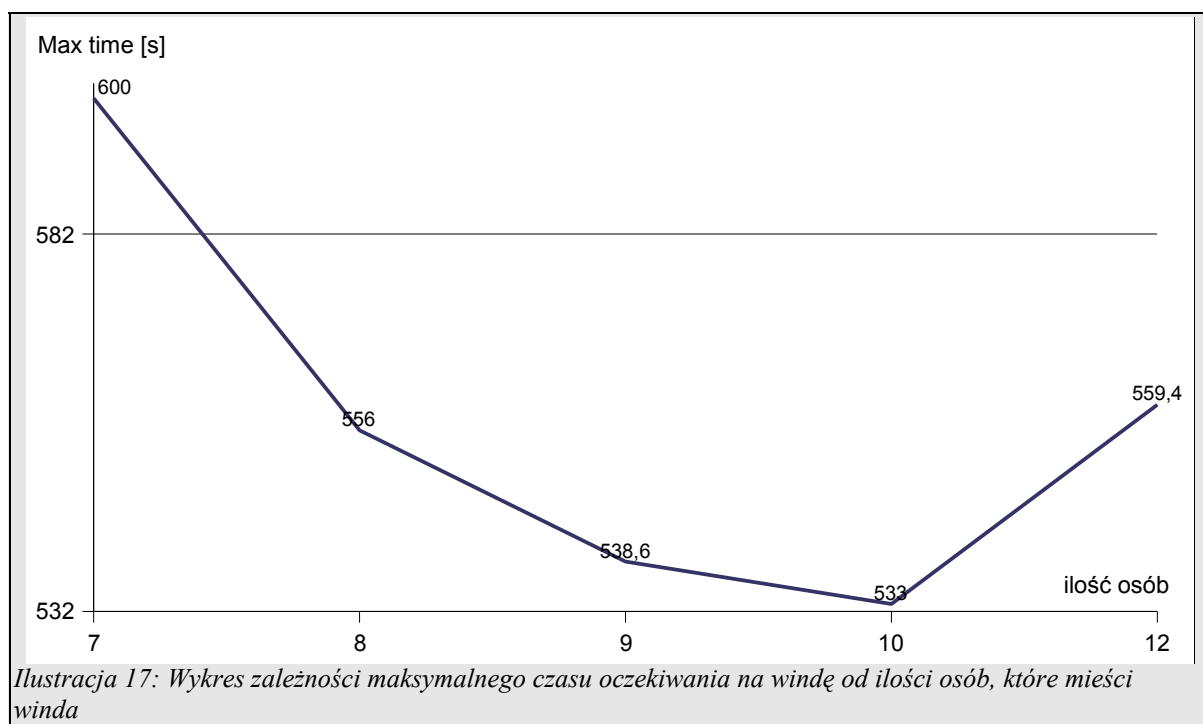
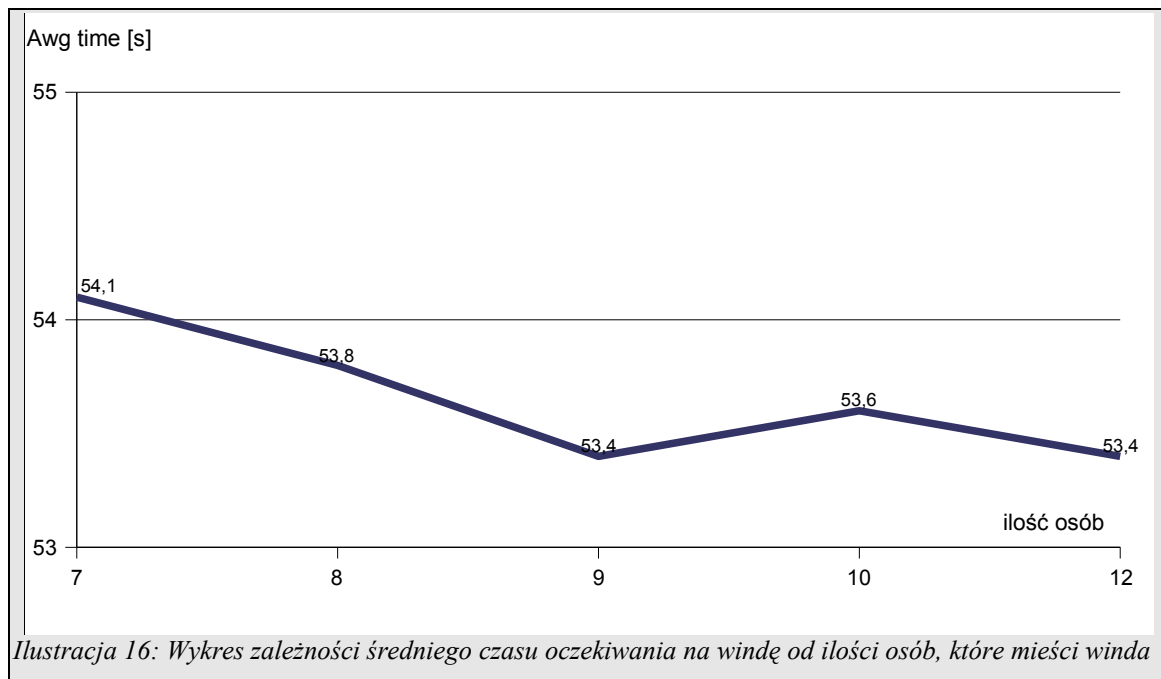
Zaskakujące jest to iż liczba ruchów wind jest stała, niezależnie od ilości osób mieszczących się w windzie.

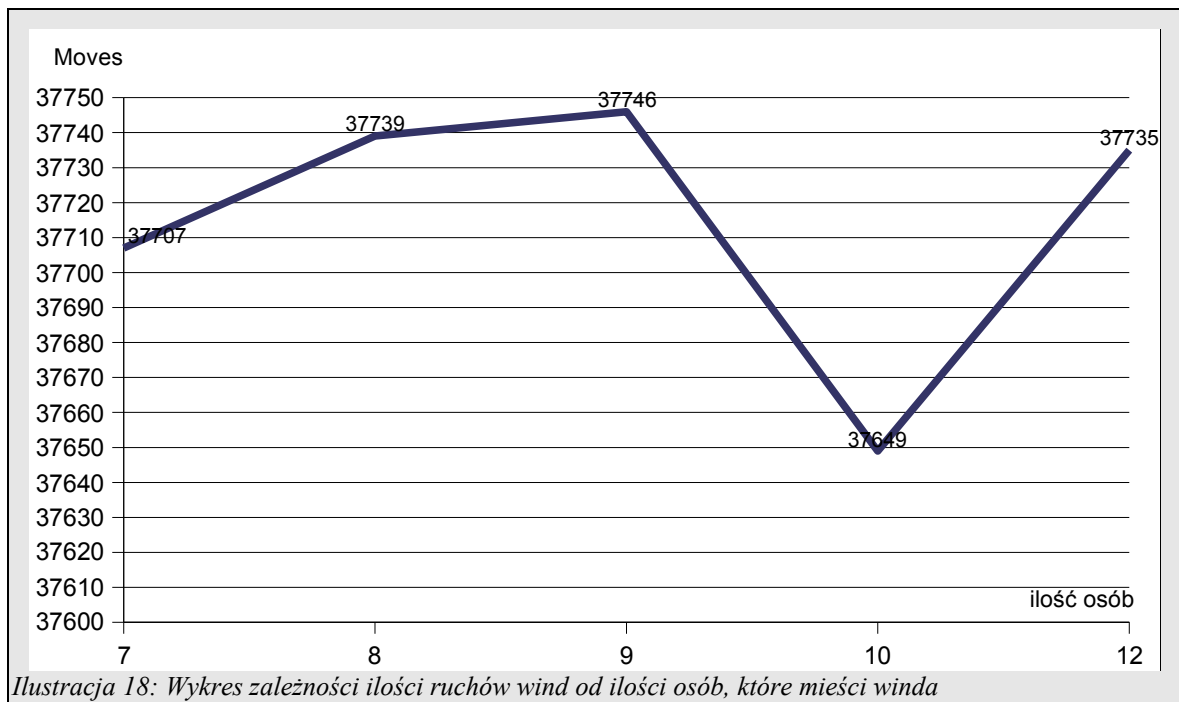
Różnice między maksymalnymi czasami oczekiwania dla algorytmu Last Floor są większe niż te dla Next Floor.

c) badanie dla algorytmu Down-Up

Ilość osób w windzie	7	8	9	10	12
Avr Time	54,1	53,8	53,4	53,6	53,4
Max Time	600	556	538,6	533	559,4
Moves	37707	37739	37746	37649	37735

Tabela 15: Wyniki symulacji dla algorytmu Down-Up





Zwiększenie ilości osób, które mogą przemieszczać się winda w algorytmie Down-Up nie zmieniło znacznie sprawności układu. Ilość ruchów wykonywanych przez windy praktycznie jest stała.

Minimalne zmniejszenie średniego czasu oczekiwania jest nie tak wyraźne jak przy pozostałych algorytmach.

d) wnioski

Testy zostały przeprowadzone przy ustalonych wartościach:

- T_m – średni czas przejazdu windy pomiędzy dwoma sąsiednimi piętrami: $T_m = 5s$,
- T_s – średni czas postoju niepustej windy na piętrze: $T_s = 5s$,
- $Men\ Flr$ – maksymalna liczba oczekujących na windę na jednym piętrze: $Men\ Flr = 60$ (jest to maksymalna ilość osób dla akademików przy ulicy Wróblewskiego i Wiktiga),
- $Floors$ – ilość pięter rozpatrywanego budynku: $Floor = 10$ (akademiki w/w),
- $Timer$ – licznik czasu symulacji: $Timer = 1h$.

Zmiennymi były:

- $Men\ Elv$ – maksymalna liczba pasażerów w windzie,
- ilość osób oczekujących na windę – zmienna losowa.

6) Propozycje usprawnień

Testowany produkt należy ocenić jako bardzo dobrze zbudowane narzędzie. Posiada on sporo możliwości symulacyjne (choć mogłby być większe). Krótko podsumowując do zalet produktu należą:

- prostota obsługi;
- możliwość implementacji autorskich, alternatywnych do opracowanych przez autorów algorytmów;
- przejrzyste środowisko graficzne, wraz z graficzną ilustracją symulacji;
- automatyczne generowanie wykresów przedstawiających wyniki symulacji.

Wady i możliwości usprawnień:

- ograniczony zakres możliwości eksperymentowania; przy maksymalnej liczbie pasażerów w windzie wynoszącej 6 osób, nastąpiło przeciążenie układu i wyskakiwał błąd. Oznacza to iż przy 10 piętrach i 60 osobach przypadających na piętro 6-osobowe windy powodowałyby bardzo duże opóźnienia w oczekiwaniu na windę. Oczywiście 60 osób oczekujących na windę na jednym piętrze jest to sytuacja prawie niemożliwa, ale należy rozważyć taką sytuację, gdyż może ona wystąpić na przykład w przypadku ewakuacji budynku.
- program powinien sprawdzać wszystkie warunki krytyczne odrazu w trakcie wpisywania elementów, pozwoliłoby to uniknąć błędnego działania programu w przypadku zadania dużych wartości na wejściu.
- Zdarza się występowanie błędów w oprawie graficznej programu; windy “wylatują w powietrze”.
- W epoce directx i okienek DOSowe środowisko pracy jest przestarzałe i mało atrakcyjne.

7) Literatura

- [1] Jędrzejczyk Z., Skrzypek J., Badania operacyjne w przykładach i zadaniach, PWN, Warszawa, 1996.
- [2] Wagner H., Badania operacyjne, PWE, Warszawa, 1980.
- [3] Michał Molodyński, Jarosław Mroczek, Wojciech Ojrzyński, System sterowania windami – raport z projektu, Elevators Simulator ver 1.0 – program symulacyjny.