Sprawozdanie 1 – Biblioteka SimEvents i typy kolejek

1. Wstęp

Celem tego ćwiczenia było zapoznanie się z biblioteką SimEvents oraz dla zadanego problemu stworzyć prostą aplikację obliczającą czas oczekiwanie wiadomości w kolejce, czas opuszczenia serwera przez wiadomość, itp. dla różnych typów kolejek (FIFO, LIFO, SIRO, SJF).

2. Wykonanie ćwiczenia

2.1. Opisanie stanów systemu

Rozważany system może znajdować się w podanych poniżej stanach (których nazwy świadczą o tym, co się w nich dzieje).

1) **Czekanie na wiadomość**
2) **Wstawienie nadchodzącej wiadomości do kolejki**
3) **Zdjęcie wiadomości z kolejki**
4) **Przetwarzanie wiadomości**
5) **Opuszczenie serwera przez wiadomość**

2.2. Pseudokod do wyliczania czasu oczekiwania w kolejce i-tej wiadomości d_i oraz czas opuszczenia serwera przez i-tą wiadomość c_i.

n – liczba wiadomości,
$a_i = [a_1, a_2, \ldots, a_n]$ – czasy przybycia każdej wiadomości,
$s_i = [s_1, s_2, \ldots, s_n]$ – czasy przetwarzania każdej wiadomości,
$d_i = [d_1, d_2, \ldots, d_n]$ – czasy oczekiwania w kolejce i-tej wiadomości,
$c_i = [c_1, c_2, \ldots, c_n]$ – czasy opuszczenie serwera i-tej wiadomości

$d_1 = 0$
aa = a % kopia a_i na którą są nanoszone poprawki związane z czekaniem wiad.
dla każdej wiadomości i:
jeśli $a_i + s_i > a_{i+1}$, **to:**
$aa_{i+1} = aa_i + s_i$
$d_{i+1} = aa_{i+1} - a_{i+1}$
w przeciwnym razie:
aa_{i+1} pozostaje bez zmian
$d_{i+1} = 0$
koniec warunku
$c_i = aa_i + s_i$
koniec pętli

2.3. Obliczenie d_i oraz c_i oraz średniego czasu nadchodzenia wiadomości dla podanych danych.

Po wykonaniu wcześniejszego kroku od razu przystąpiłem do implementacji kodu

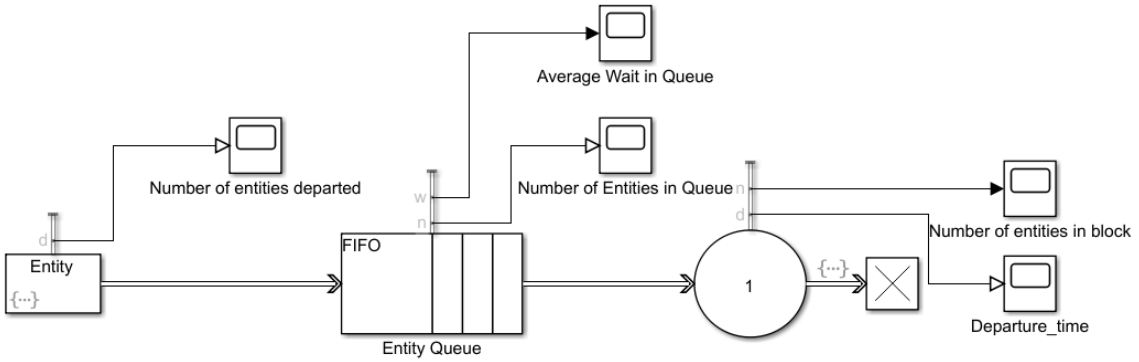
w Matlabie, dzięki czemu łatwo policzyłem wartości dla wszystkich wiadomości.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a_i	4	42	70	100	123	145	190	226	310	322
s_i	43	36	34	30	30	40	31	29	36	30
d_i	0	5	13	17	24	32	27	22	0	24
c_i	47	83	117	147	177	217	248	277	346	376
śr	4,0	23	24,7	26	25,4	24,8	27,7	28,8	34,9	32,6

Po przeanalizowaniu kilku początkowych wiadomości można stwierdzić, że są one poprawne

2.4. Schemat omawianego systemu w SimEvents.

Adaptując przykładowy model dostępny we wcześniej wymienionej bibliotece na potrzeby rozważanego problemu utworzyłem widoczny poniżej model symulacyjny, którego zasadniczym zadaniem jest zbieranie danych statystycznych z przeprowadzonej symulacji kolejkowania serwera.



2.5. Utworzenie aplikacji obliczającej czas oczekiwania wiadomości w kolejce, czas opuszczenia serwera przez wiadomość, średni czas nadchodzenia wiadomości, średni czas pozostawania wiadomości na serwerze oraz średnią długość kolejki.

Stworzona przeze mnie aplikacja opiera się na simulinkowym modelu oraz obliczeniach bazujących na wynikach jego symulacji znajdujących się w m-pliku. Aby symulacja działała poprawnie dla rożnych typów kolejek, konieczne było wygenerowanie w bloku *entity* wiadomości z odpowiednim czasem pojawienia się oraz czasu obsługi. Ponadto każda wiadomość, na potrzeby symulacji kolejki SJF, wiadomość otrzymywała priorytet zależny od czasu przetwarzania. Oprócz obsługi kolejki, w modelu znajduje się szereg bloczków „scope", dzięki którym możliwa jest wizualizacja symulacji oraz eksport danych do m-pliku, gdzie z łatwością można te dane przetwarzać. Poniżej zamieszczony jest kod służący do obliczeń.

```
sim('server');
a = [4 42 70 100 123 145 190 226 310 322];
%s = [43 36 34 30 30 40 31 29 36 30];
s = [53 46 44 40 40 50 41 39 46 40];
r = [4 38 28 30 3 22 45 36 84 12];
d = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
```

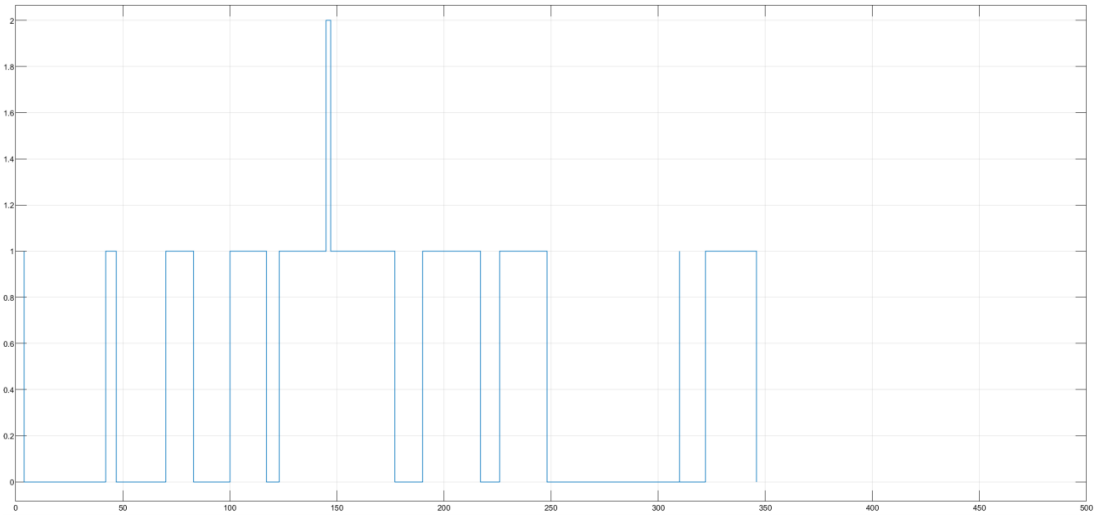
```
c = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
w = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
for i=1:1:10
    c(order(i)) = dep_time(i,1);
    d(order(i)) = dep_time(i,1)-s(order(i))-a(order(i));
    w(order(i)) = dep_time(i,1) -a(order(i));
end
average_w = mean(w);
average_r = mean(r);
aver_queue_size = aver_queue_size(ceil(c(order(10))/10) + 1,2);
```

3. Porównanie wyników

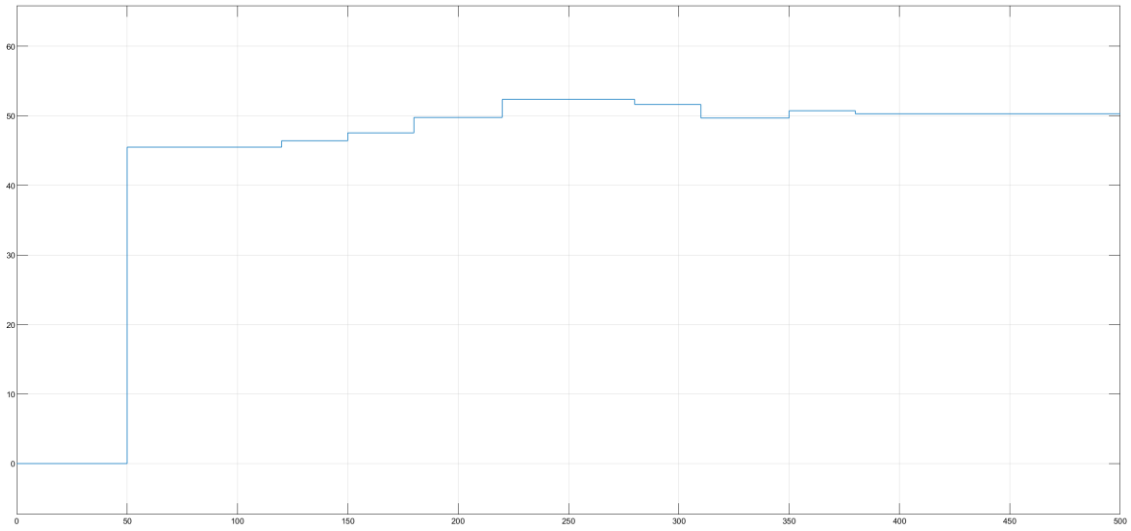
3.1. Kolejka FIFO

Numer wiadomości	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a_i (czas otrzymania wiadomości)	4	42	70	100	123	145	190	226	310	322
s_i (czas obsługi wiadomości)	43	36	34	30	30	40	31	29	36	30
c_i (czas opuszczenia serwera przez wiadomość)	47	83	117	147	177	217	248	277	346	376
d_i (czas oczekiwania wiadomości w kolejce)	0	5	13	17	24	32	27	22	0	24
w_i (całkowity czas pozostawania na serwerze)	43	41	47	47	54	72	58	51	36	54
Średni czas nadchodzenia wiadomości:	30.2									
Średni czas pozostawania wiadomości na serwerze	50.3									
Średnia długość kolejki	0.4103									

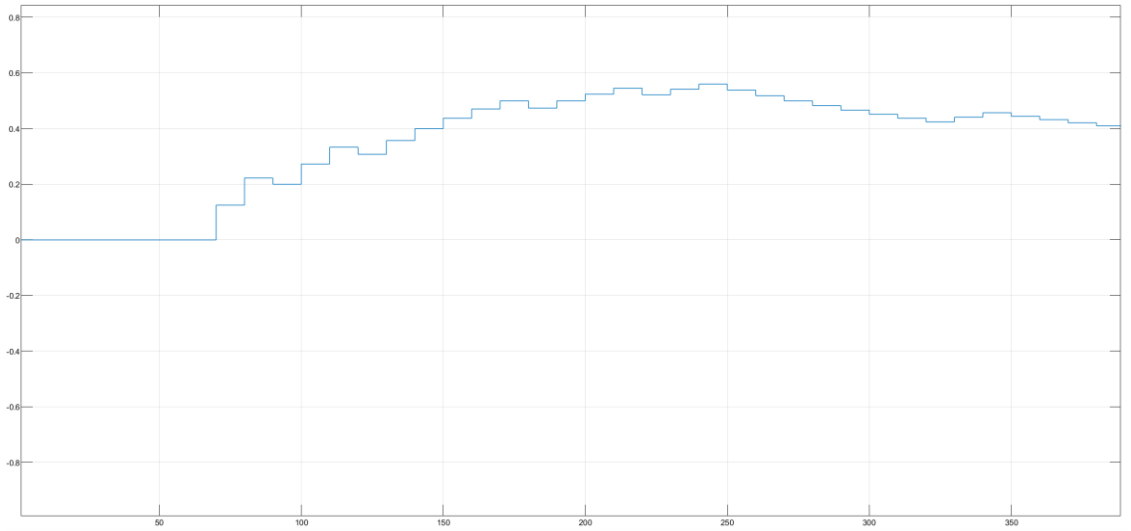
Na poniższym wykresie widać **długość kolejki** w czasie symulacji, na jej podstawie została obliczona **średnia** długość (z użyciem bloczka *mean*).



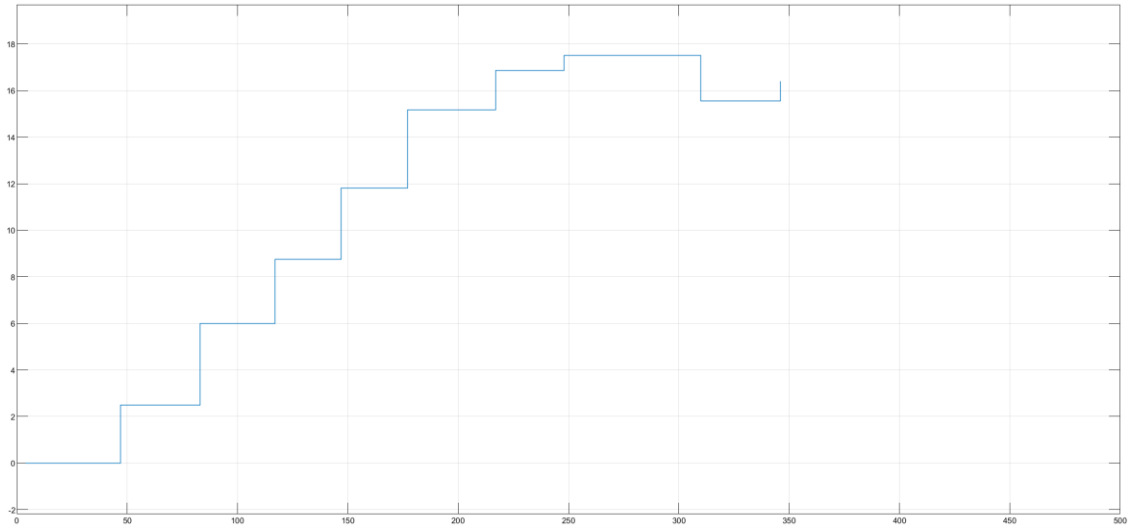
Wykres 1. Kolejka FIFO – ilość wiadomości w kolejce.



Wykres 2. FIFO -średni czas pozostawania wiadomości na serwerze (czekanie + przetwarzanie).



Wykres 3. FIFO - średnia długość kolejki. Końcowa wartość (380 sekunda) została umieszczona w tabeli.

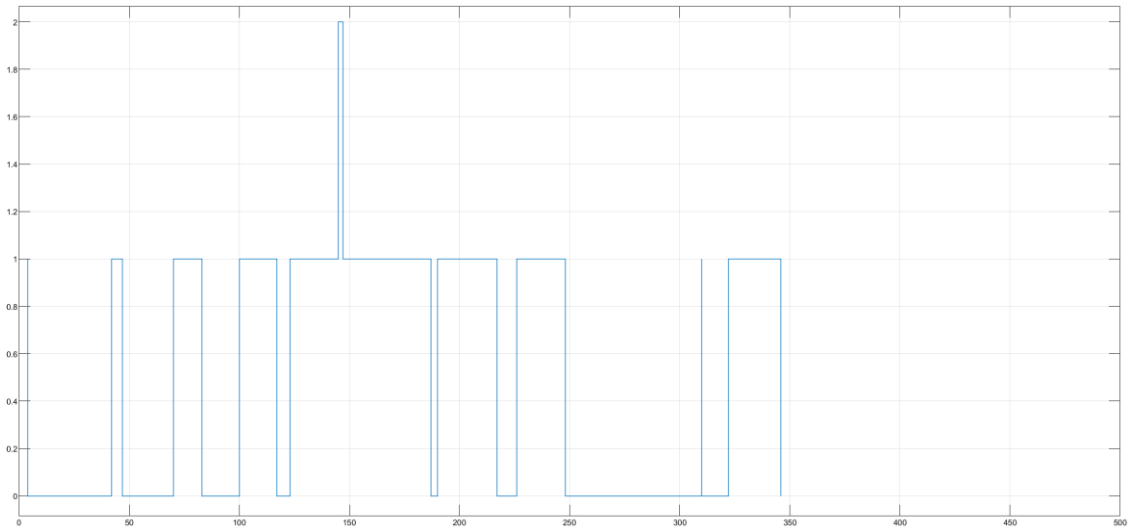


Wykres 4. FIFO - średni czas oczekiwania wiadomości w kolejce.

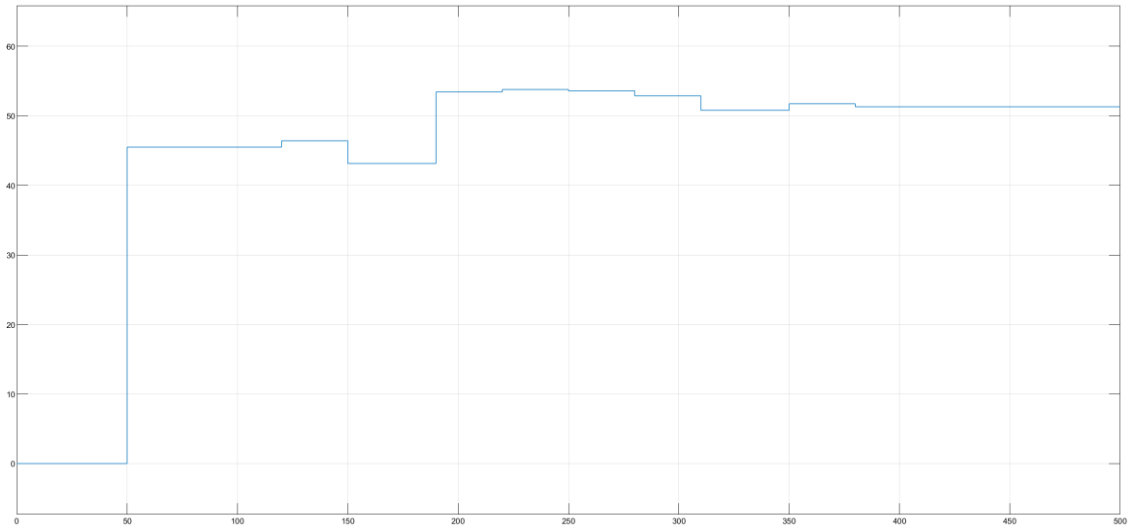
3.2. Kolejka LIFO

Numer wiadomości	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a_i (czas otrzymania wiadomości)	4	42	70	100	123	145	190	226	310	322
s_i (czas obsługi wiadomości)	43	36	34	30	30	40	31	29	36	30
c_i (czas opuszczenia serwera przez wiadomość)	47	83	117	147	217	187	248	277	346	376
d_i (czas oczekiwania wiadomości w kolejce)	0	5	13	17	64	2	27	22	0	24
w_i (całkowity czas pozostawania na serwerze)	43	41	47	47	94	42	58	51	36	54
Średni czas nadchodzenia wiadomości:	30.2									
Średni czas pozostawania wiadomości na serwerze	51.3									
Średnia długość kolejki	0.4359									

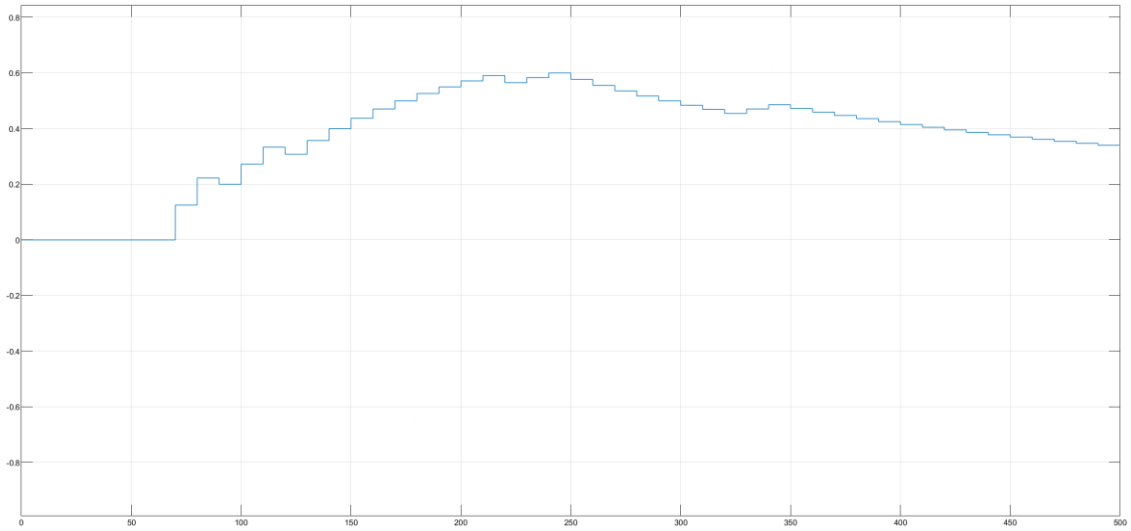
W powyższej tabeli zostały zaznaczone wiadomości, których kolejności przetworzenia zostały zamienione ze względu na zastosowanie kolejki LIFO. Sytuacja taka (zamiana miejsc względem FIFO) mogła wystąpić tylko w sytuacji, kiedy w kolejce są co najmniej 2 elementy do obsłużenia. Na czerwono zostały zaznaczone większe w porównaniu do kolejki FIFO średni czas pozostawania wiadomości na serwerze oraz średnia długość kolejki.



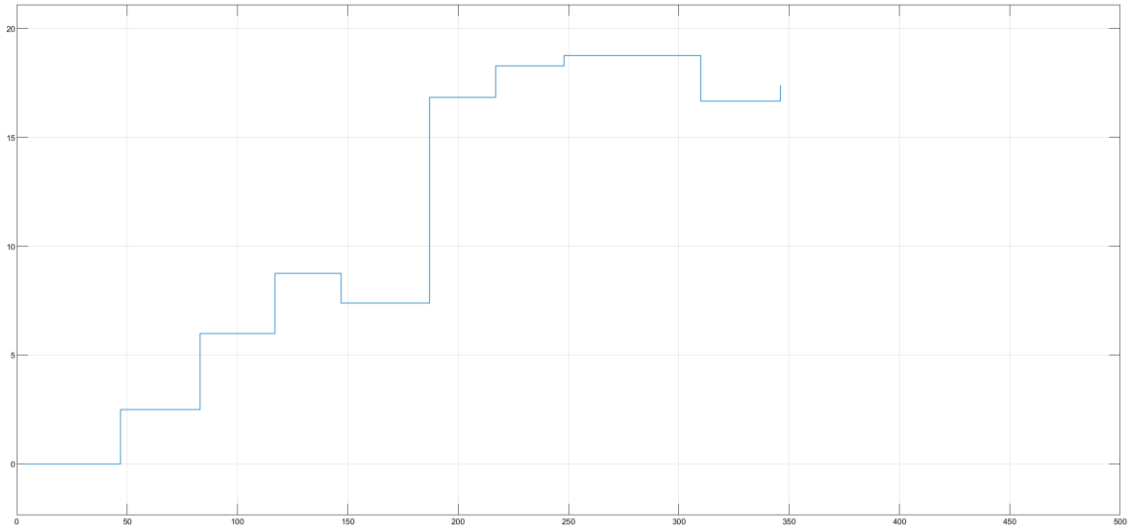
Wykres 5. Kolejka LIFO – ilość wiadomości w kolejce.



Wykres 6. LIFO -średni czas pozostawania wiadomości na serwerze (czekanie + przetwarzanie).



Wykres 7. LIFO - średnia długość kolejki. Końcowa wartość (380 sekunda) została umieszczona w tabeli.



Wykres 8. LIFO - średni czas oczekiwania wiadomości w kolejce.

3.3. Kolejka SJF

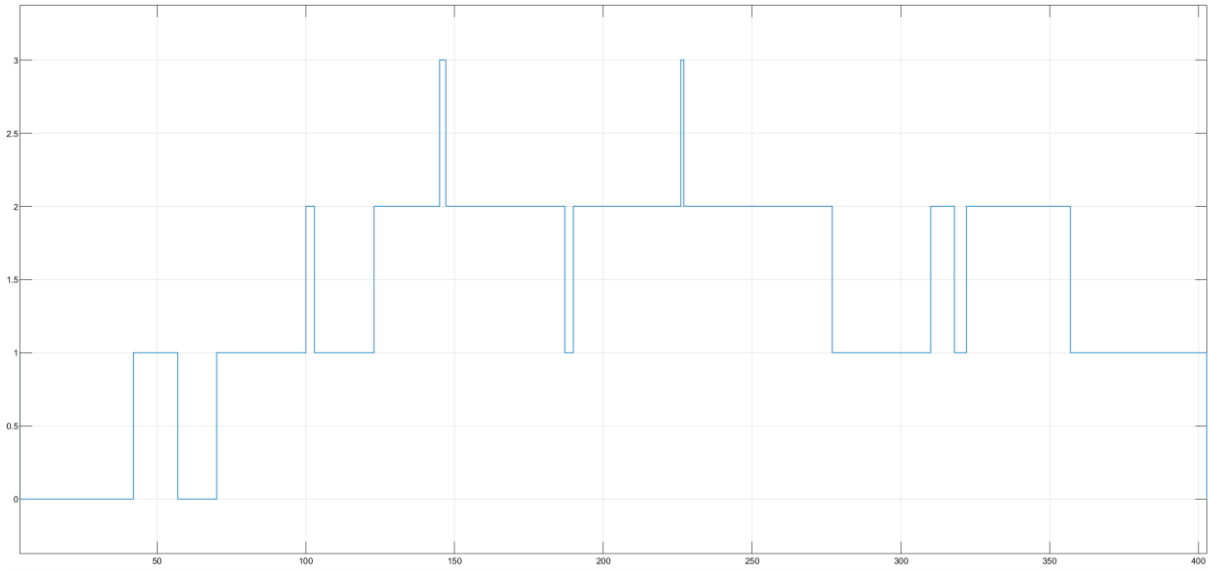
W kolejce tej każda wiadomość ma predefiniowany priorytet, który może być przeskalowany liniowo od najdłuższego czasu wykonania do najkrótszego. Inną opcją jest przypisanie wartości całkowitej priorytetu dla każdej wiadomości. Ja w swojej symulacji zdecydowałem się na tą drugą opcję ze względu na to, że wiadomości jest niewiele i z łatwością można je uszeregować według rosnącego czasu przetwarzania. Aby ustawić wiadomościom priorytety, skorzystałem z atrybutu PriorityA w bloku *entity generator*.

```
PRIO = [4 6 7 9 9 5 8 9 6 10];
(…)
entity.PriorityA = PRIO(idx);
```

Numer wiadomości	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a_i (czas otrzymania wiadomości)	4	42	70	100	123	145	190	226	310	322
s_i (czas obsługi wiadomości)	43	36	34	30	30	40	31	29	36	30
c_i (czas opuszczenia serwera przez wiadomość)	47	83	117	147	177	217	248	277	346	376
d_i (czas oczekiwania wiadomości w kolejce)	0	5	13	17	24	32	27	22	0	24
w_i (całkowity czas pozostawania na serwerze)	43	41	47	47	54	72	58	51	36	54
Średni czas nadchodzenia wiadomości:	30.2									
Średni czas pozostawania wiadomości na serwerze	50.3									
Średnia długość kolejki	0.4103									

Łatwo można zauważyć, że wartości w tabeli niczym się nie różnią od kolejki **FIFO**. Dzieje się tak, ponieważ tylko raz w kolejce są dwie wiadomości, między którymi należy rozstrzygnąć, która będzie przetworzona wcześniej. Jako że wyższy priorytet akurat w tym zestawie danych ma w tamtej sytuacji wiadomość o niższym indeksie, to kolejka jest identyczna do **FIFO**. Gdyby dłuższy czas obsługi oznaczał większy priorytet, to kolejka działałaby dla tego zestawu danych identycznie do **LIFO**.

Zamieszczanie wykresów z tej symulacji uznałem za zbędne, ponieważ są identyczne wyżej. Zamiast tego zmodyfikowałem nieco dane wejściowe tak, aby konieczność rozstrzygania pierwszeństwa wiadomości była częściej. W tym celu do czasu przetwarzania każdej wiadomości dodałem 10 i przeprowadziłem symulację.



Wykres 9. Kolejka SJF na zmienionych danych – liczba wiadomości w kolejce.

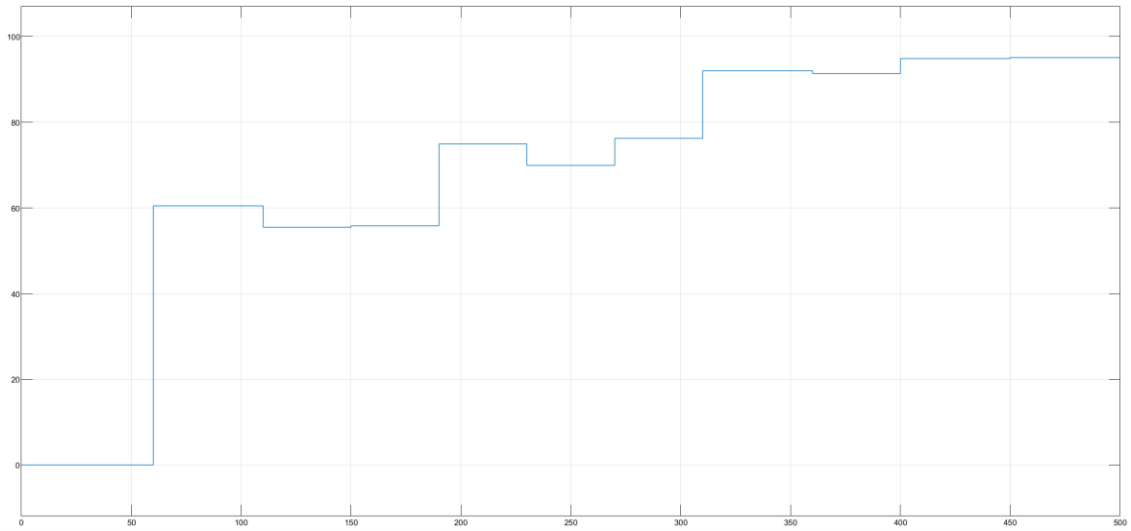
Widać na powyższym wykresie, że zamierzony cel został osiągnięty. Potrzeba rozstrzygnięcia pierwszeństwa wystąpiła 7 razy. Sprawdźmy zatem poprawność i co ważniejsze – efektywność implementacji tej kolejki.

Numer wiadomości	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
a_i (czas otrzymania wiadomości)	4	42	70	100	123	145	190	226	310	322
s_i (czas obsługi wiadomości)	53	46	44	40	40	50	41	39	46	40
priorytet wiadomości	4	6	7	9	9	5	8	10	6	9
c_i (czas opuszczenia serwera przez wiadomość)	57	103	227	143	183	357	307	266	443	397
d_i (czas oczekiwania wiadomości w kolejce)	0	15	113	3	20	162	76	1	87	35
w_i (całkowity czas pozostawania na serwerze)	53	61	157	43	60	212	117	40	133	75
Średni czas nadchodzenia wiadomości:	30.2									
Średni czas pozostawania wiadomości na serwerze	95.1									
Średnia długość kolejki	1.1304									

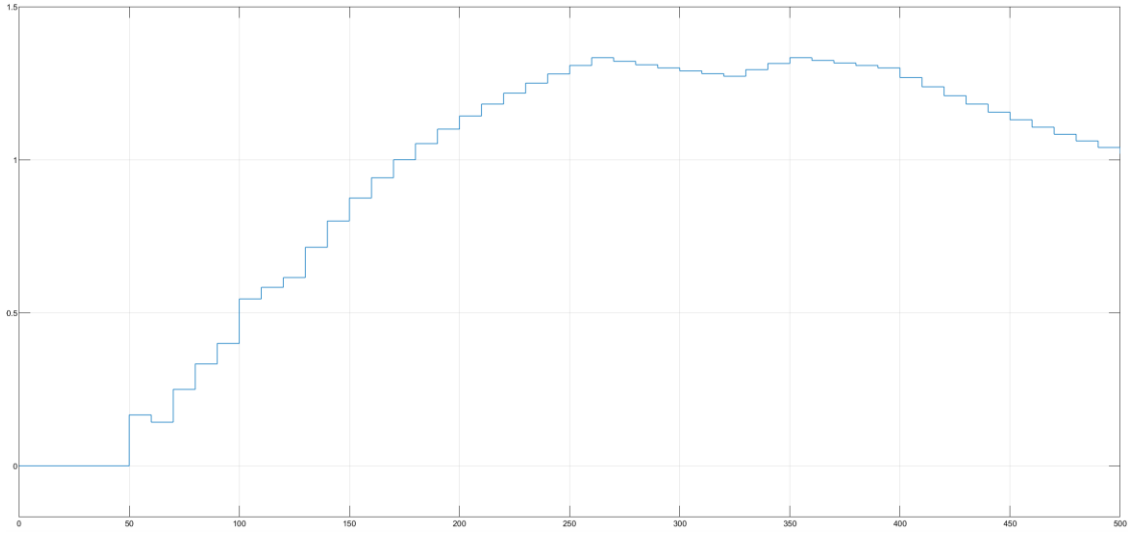
Widać, że wiadomości zostały obsłużone w następującej kolejności:

1 -> 2 -> 4 -> 5 -> 3 -> 8 -> 7 -> 6 -> 10 -> 9

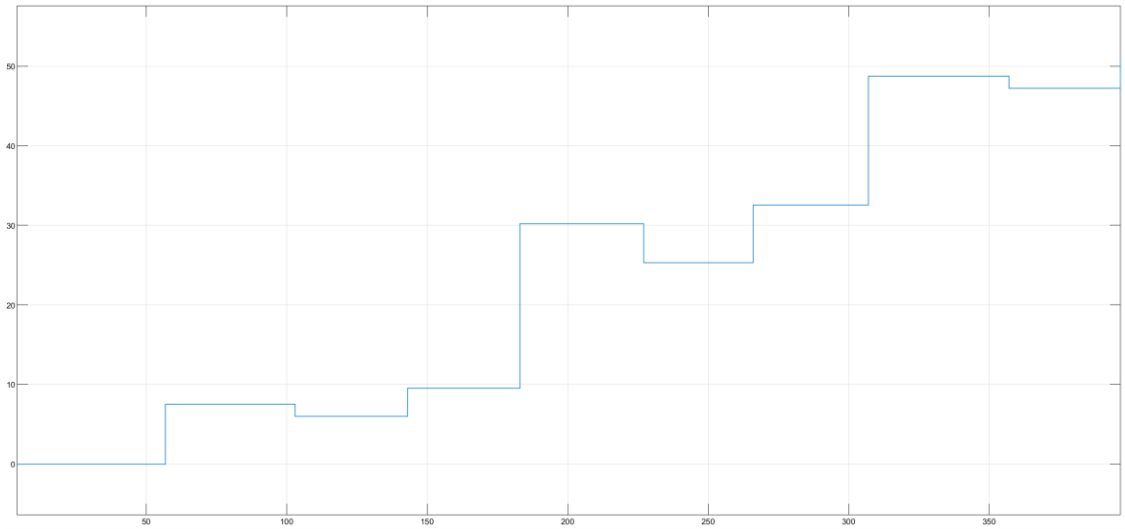
Poświęcając chwilę na analizę tej kolejności można stwierdzić, że kolejka prawidłowo przetwarza najpierw najkrótsze zadania. Efektywność takiego zabiegu sprawdzę później.



Wykres 10. SJF -średni czas pozostawania wiadomości na serwerze (czekanie + przetwarzanie).



Wykres 11. SJF - średnia długość kolejki. Końcowa wartość (450 sekunda) została umieszczona w tabeli.



Wykres 12. SJF - średni czas oczekiwania wiadomości w kolejce.

Na poniższych wykresach widać, że średni czas pozostawania wiadomości na serwerze oraz średni czas oczekiwania wiadomości w kolejce mają tendencje wzrostowe. Jest to spowodowane dłuższymi czasami przetwarzania każdej wiadomości niż interwały pomiędzy ich przychodzeniem. Jest to charakterystyczne dla wprowadzonego zestawu danych i dla innych może być zupełnie inaczej.

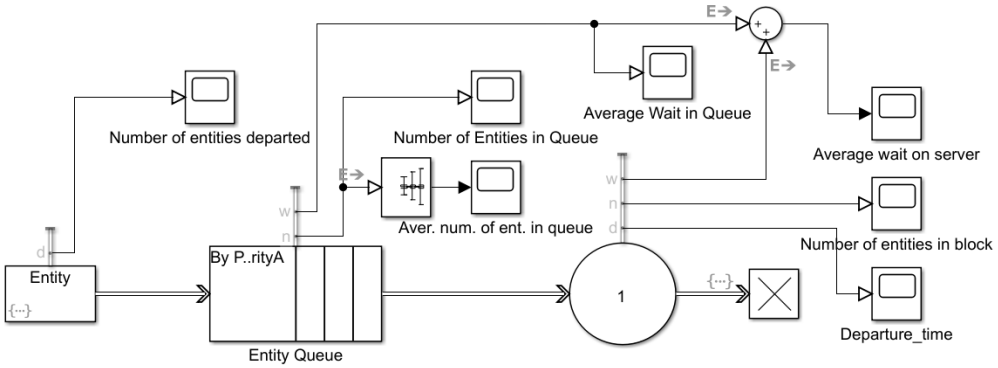
Dla takich danych uruchomiłem ponownie symulację z kolejkami **FIFO** i **LIFO** (dodałem też kolejkę **LJF** – Longest Job First) celem próby porównania kolejek względem przyjętych wskaźników, jakimi są średnia długość kolejki i średni czas oczekiwania wiadomości w kolejce (korelujący z czasem pozostawania na serwerze).

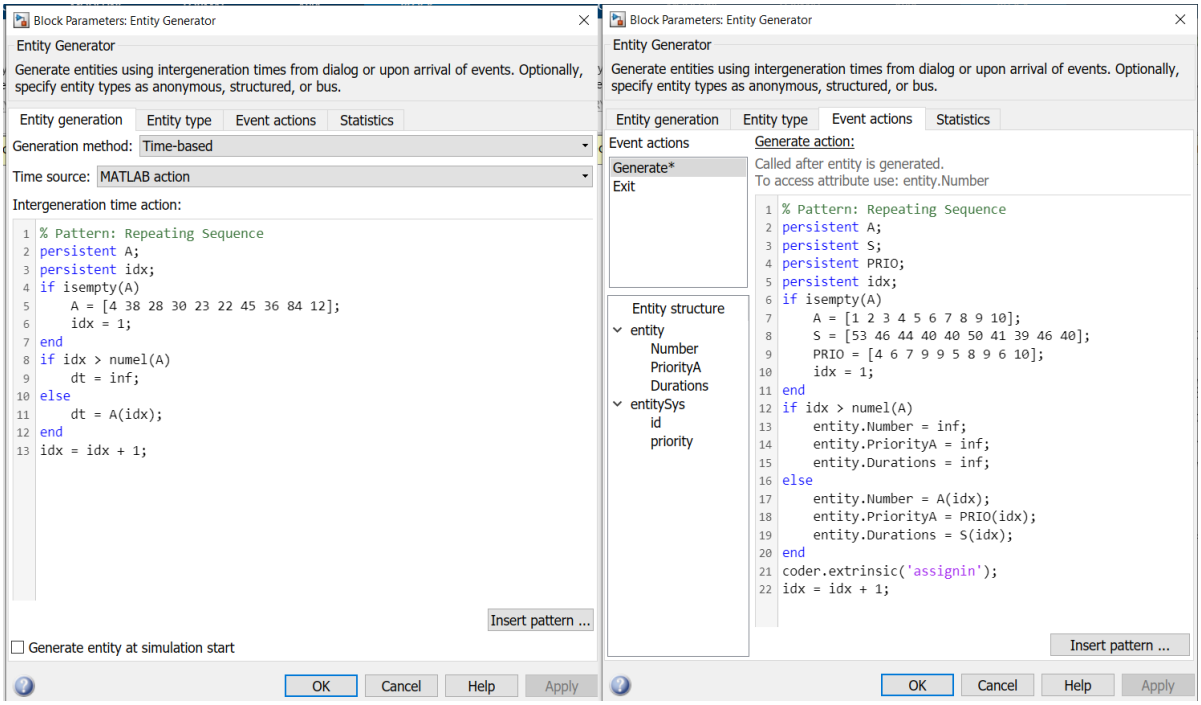
Typ kolejki	LIFO	FIFO	SJF	LJF
Średnia długość kolejki	1.1957	1.1957	1.1304	1.2609
Średni czas oczekiwania wiadomości w kolejce	53.4	54.8	51.2	57.7

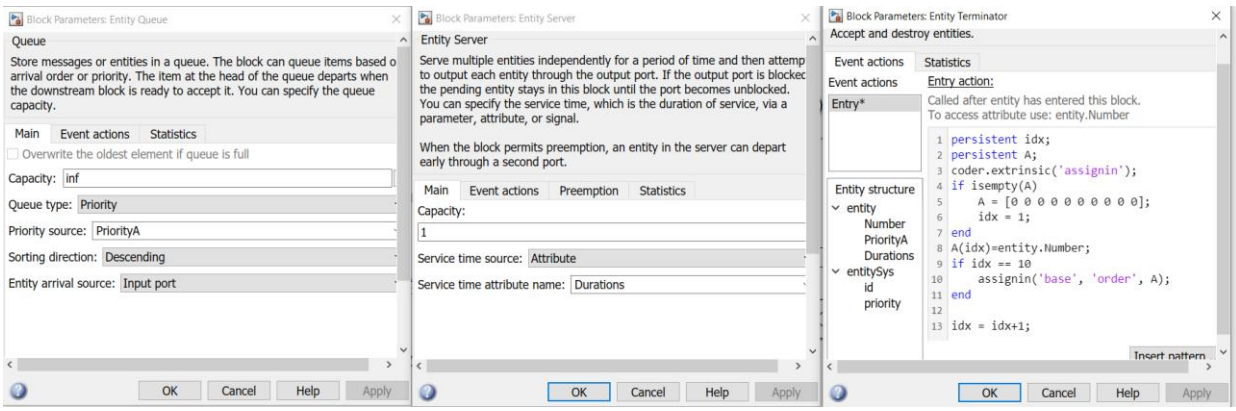
4. Wnioski

- Na podstawie danych wejściowych do symulacji (a_i, s_i) trudno jednoznacznie stwierdzić, która kolejka sprawdza się najlepiej, gdyż różnica między **FIFO** i **LIFO** jest w jednym elemencie, natomiast **SJF** w ogóle nie wprowadza nic nowego.
- Wymieniona wcześniej różnica sprawiła, że kolejka **FIFO** okazała się minimalnie lepsza (pod kątem przyjętych wskaźników optymalności). Jednak jest to różnica niewielka i raczej o niczym nie świadczy.
- Po przeprowadzeniu symulacji na nieco bardziej obciążających kolejkę danych można zauważyć, że najlepiej sprawdziła się kolejka **SJF**, a najgorzej **LJF.**
- Trudność jednoznacznej oceny efektywności różnych typów kolejek nie czyni modelu bezużytecznym. W przypadku palącej potrzeby rozstrzygnięcia, którego typu kolejki należy użyć do rzeczywistego modelu, można użyć wartości charakterystycznych dla danego obiektu i wtedy liczyć na satysfakcjonujące wyniki.
- Biblioteka SimEvents pozwala na *łatwe* tworzenie modeli zdarzeń dyskretnych i symulację tychże zdarzeń. Wykonany model w połączeniu z matlabowskim skryptem pozwala na „wyciągnięcie” bardzo wielu danych statystycznych i innych, pozwalających na ocenę modelu samego w sobie, zastosowanej kolejki i cech symulowanego zdarzenia.

5. Pełny model, kod Matlaba i ważniejsze ustawienia bloczków







```
%% zad2 obliczanie czasow (tylko dla FIFO)
clear all; close all;
n = 10;
a = [4 42 70 100 123 145 190 226 310 322];
s = [43 36 34 30 30 40 31 29 36 30];
a_copy = a;

d = (0);
c = (0);
for i = 1:n-1
    if (a_copy(i)+s(i) > a_copy(i+1))
        a_copy(i+1) = a_copy(i)+s(i);
        d(i+1) = a_copy(i+1)-a(i+1);
    else
        a_copy(i+1) = a_copy(i+1);
        d(i+1) = 0;
    end
    c(i) = a_copy(i) + s(i);
end
c(10) = a_copy(10) + s(10);

%% zad5 wyliczanie danych dla roznych rodzajow kolejek
clear all; close all;
sim('server');
a = [4 42 70 100 123 145 190 226 310 322];
%s = [43 36 34 30 30 40 31 29 36 30];
s = [53 46 44 40 40 50 41 39 46 40];
r = [4 38 28 30 3 22 45 36 84 12];
d = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
c = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
w = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
for i=1:1:10
    c(order(i)) = dep_time(i,1);
    d(order(i)) = dep_time(i,1)-s(order(i))-a(order(i));
    w(order(i)) = dep_time(i,1) -a(order(i));
end
average_w = mean(w);
average_r = mean(r);
aver_queue_size = aver_queue_size(ceil(c(order(10))/10) + 1,2);
```