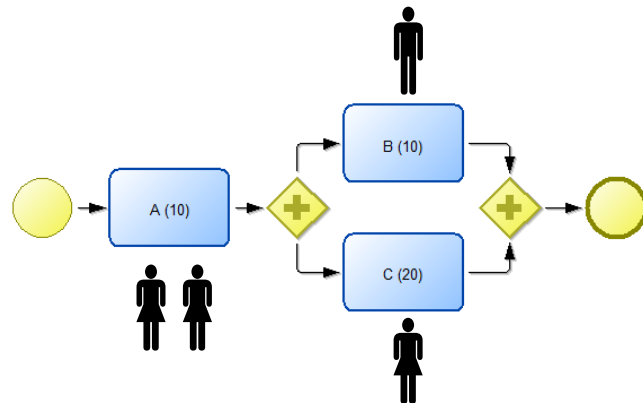


Analiza wydajności procesu biznesowego

Szacowanie obciążenia procesu



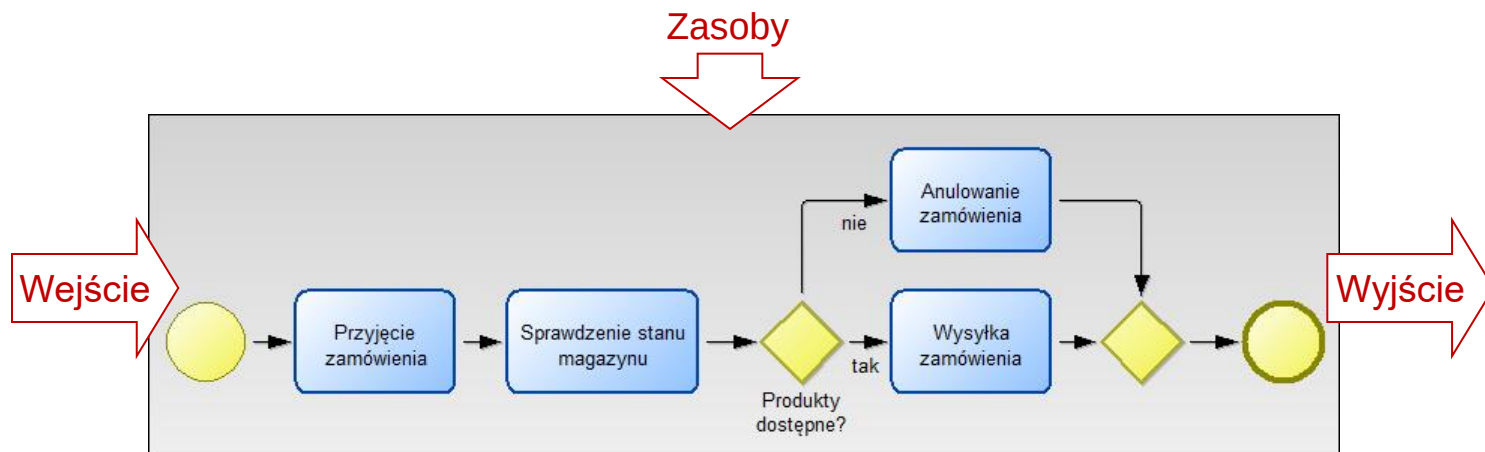
BPMN a zasoby

Pojęcia

Proces biznesowy to zbiór powiązanych ze sobą czynności, które przekształcają wejście w wyjście według określonych reguł, w oparciu o określone zasoby ...

Do wykonania procesu (do wykonania jego czynności składowych) niezbędne są **zasoby**:

- rzeczowe (maszyny, urządzenia, środki transportu)
- ludzkie (pracownicy)
- finansowe (kapitał finansowy)
- informacyjne (dane niezbędne do podejmowania decyzji)



Pojęcia

Zasoby można dzielić na:

aktywne – które wykonują czynności procesowe autonomicznie

pasywne – które tylko są wykorzystywane do wykonania czynności

Pracownik Jan Kowalski drukuje dokument na drukarce.

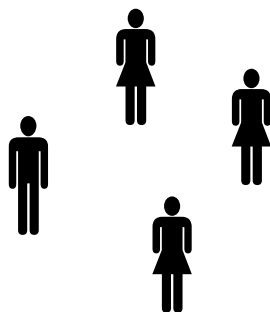
zasób aktywny: *pracownik Jan Kowalski*, zasób pasywny: *drukarka*.

Aplikacja zapisuje dane klienta w bazie danych.

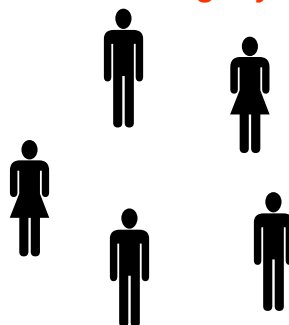
zasób aktywny: *aplikacja*, zasób pasywny: *baza danych*.

- ogranicza się do modelowania procesów
- tworzenie modeli organizacyjnych i modelowanie zasobów nie jest uwzględniane przez notację
- z punktu widzenia modelowania procesów istotne są **zasoby aktywne**, które wykonują czynności procesowe lub są odpowiedzialne za ich wykonanie
- w modelu procesu odpowiedzialność za realizację czynności jest przypisywana zwykle nie pojedynczemu zasobowi (np. *pracownikowi Kowalskiemu*) ale grupie zasobów, które zamiennie mogą przyjmować odpowiedzialność za daną czynność (grupę taką mogą stanowić np. *pracownicy wybranej jednostki organizacyjnej* lub *pracownicy skojarzeni z określoną rolą procesową*).

Pracownik biurowy



Pracownik magazynu



Księgowy



Analiza obciążenia

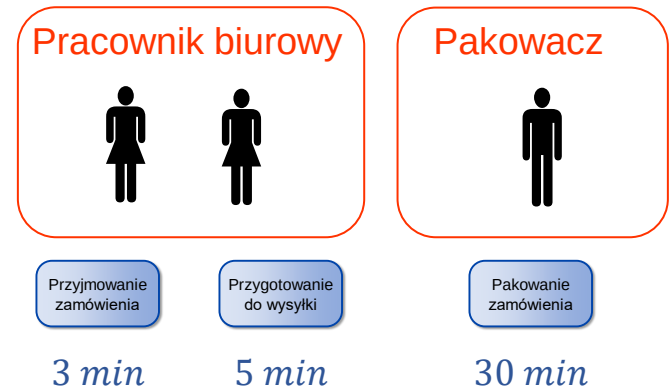
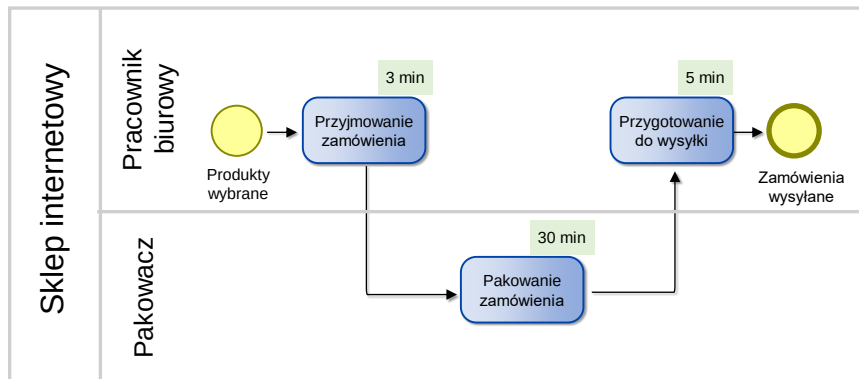
Obciążenie pracą

Analiza obciążenia

Analiza obciążenia koncentruje się na ocenie wykorzystania zasobów procesu (uzupełnia w ten sposób analizę czasu przebiegu procesu).

W celu przeprowadzenia analizy, dla każdej czynności procesu, należy określić:

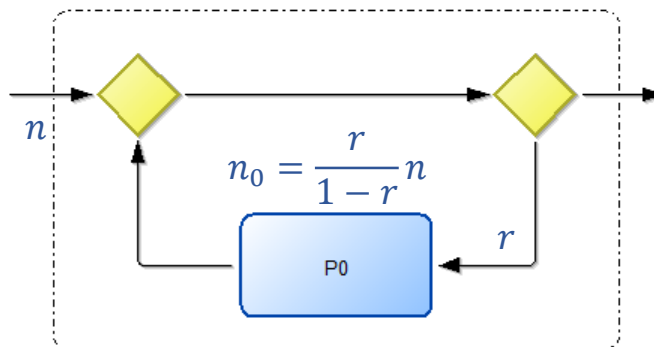
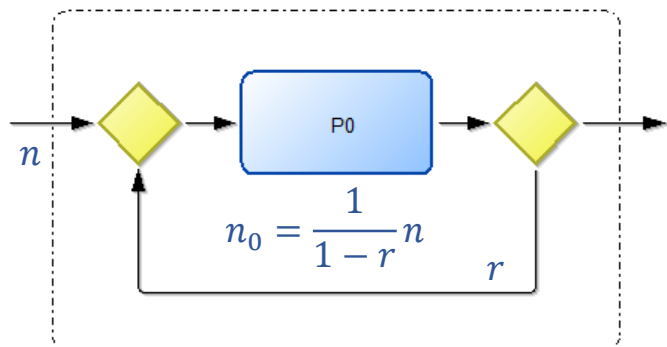
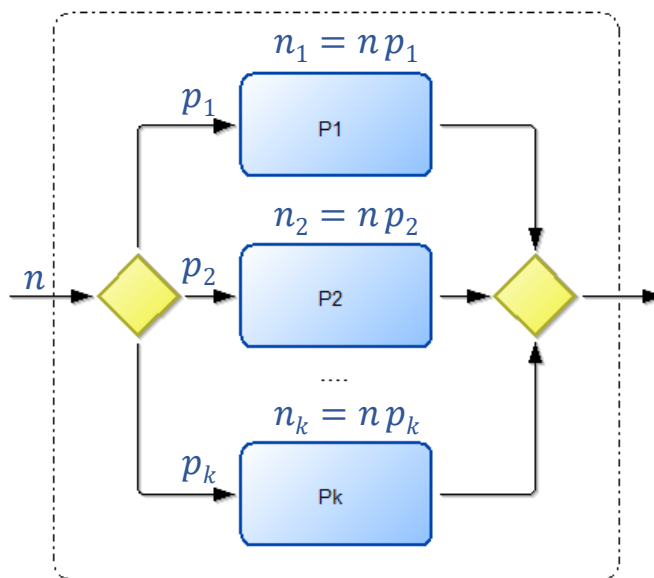
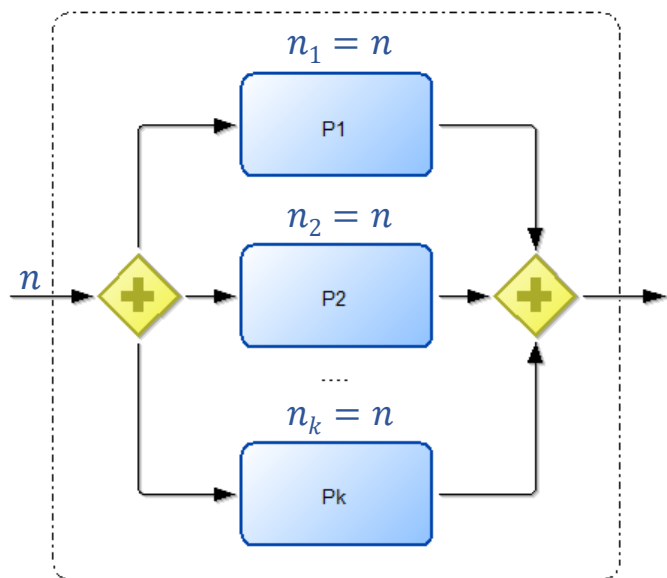
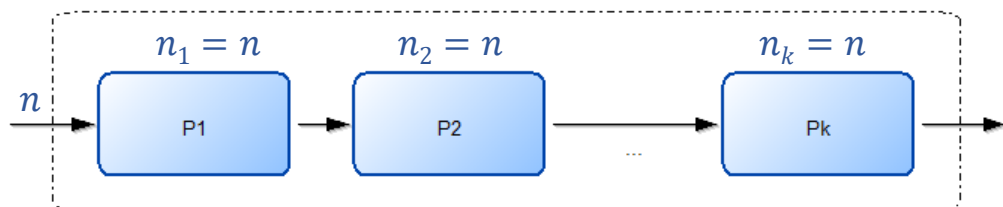
- **rzeczywisty czas wykonania**, przy założeniu, że czynność będzie realizowana przez jednostkowy zasób
- **pulę (grupę) zasobów** odpowiedzialnych za wykonanie czynności, grupa taka jest zbiorem jednostkowych zasobów, które zamiennie mogą realizować czynność
- **liczbę jednostek/pracy** (*unit flow/job*) przepływających przez czynność



Liczba jednostek przepływających przez czynność

n – liczba jednostek na wejściu bloku

n_i – liczba jednostek na wejściu czynności



Jednostkowe obciążenie pracą jednostkowego zasobu (ang. unit load of a resource unit)

- ilość czasu, jaką zasób poświęca na przetworzenie na 1 instancję procesu
- obciążenie pracą na 1 instancję procesu

$$ul_j = \sum_{i=1}^k n_i t_i$$

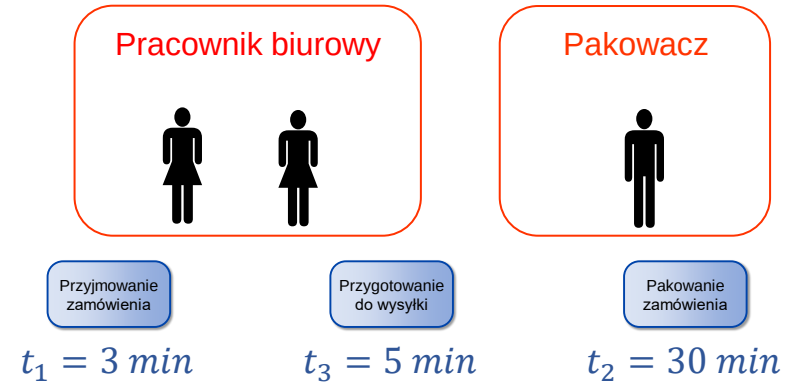
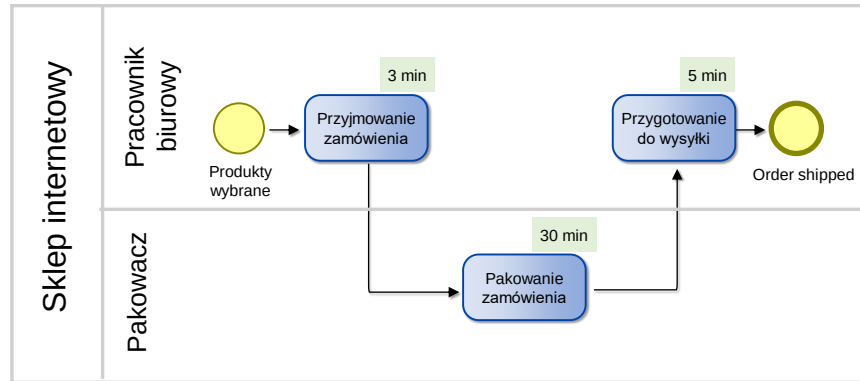
j – pula zasobów

k – ilość czynności realizowanych przez pulę zasobów

n_i – liczba jednostek/pracy przepływających przez i -tą czynność dla jednej instancji procesu

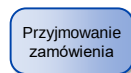
t_i – czas realizacji i -tej czynności

Przykład 1

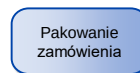


Liczba jednostek pracy przepływających przez czynność

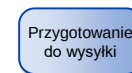
ze względu na sekwencyjny charakter procesu liczba zamówień na wejściu każdej czynności wyniesie 1, tzn.:



$$n_1 = 1$$

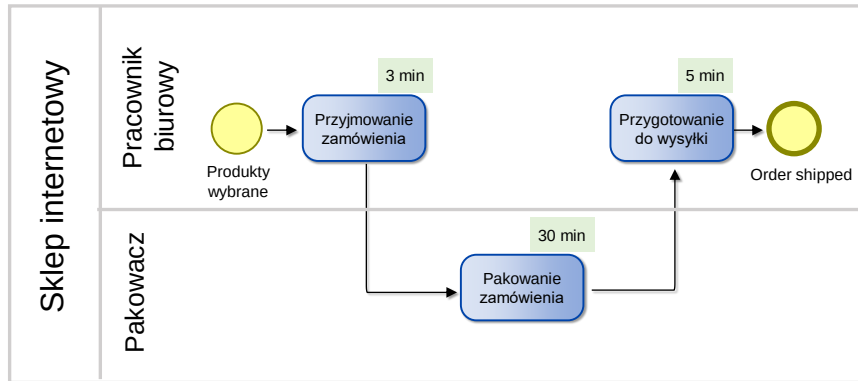


$$n_2 = 1$$



$$n_3 = 1$$

Przykład 1



Przyjmowanie zamówienia

$$t_1 = 3 \text{ min}$$

$$n_1 = 1$$

Pakowanie zamówienia

$$t_2 = 30 \text{ min}$$

$$n_3 = 1$$

Przygotowanie do wysyłki

$$t_3 = 5 \text{ min}$$

$$n_2 = 1$$

Pracownik biurowy



Pakowacz

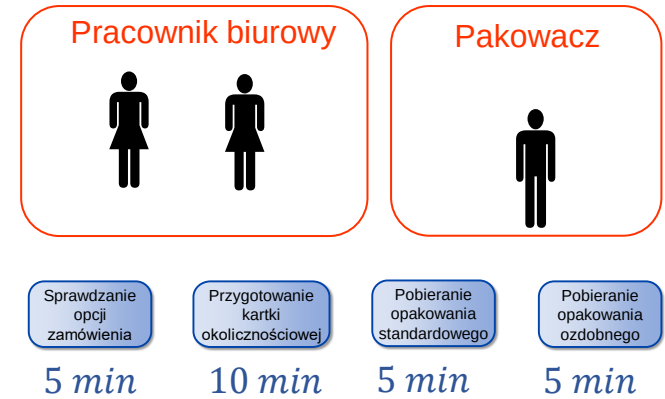
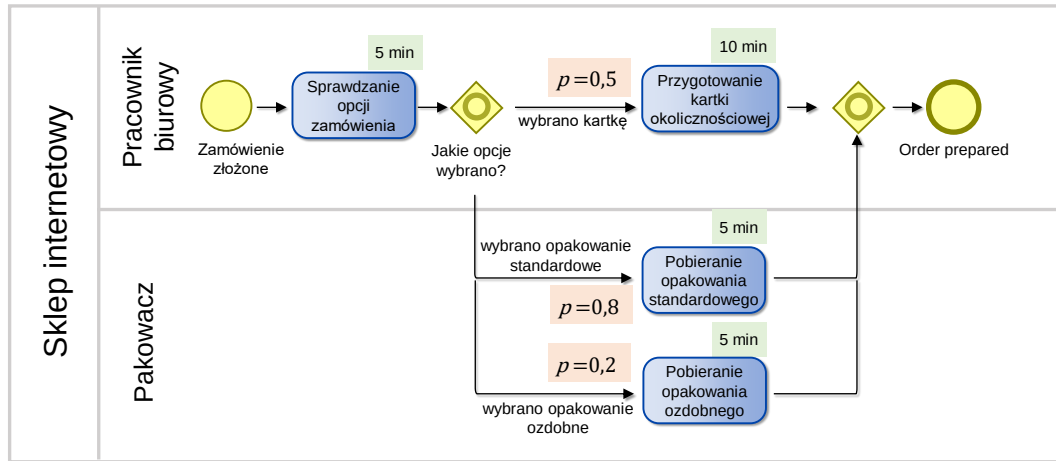


Jednostkowe obciążenie pracą jednostkowego zasobu

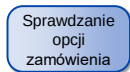
$$ul_1 = 1 \cdot 3 + 1 \cdot 5 = 8 \left[\frac{\text{min}}{\text{job}} \right]$$

$$ul_2 = 1 \cdot 30 = 30 \left[\frac{\text{min}}{\text{job}} \right]$$

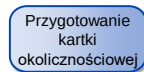
Przykład 2



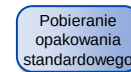
Liczba jednostek pracy przepływających przez czynność



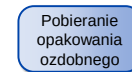
$$n_1 = 1$$



$$n_2 = 1 \cdot 0,5 = 0,5$$

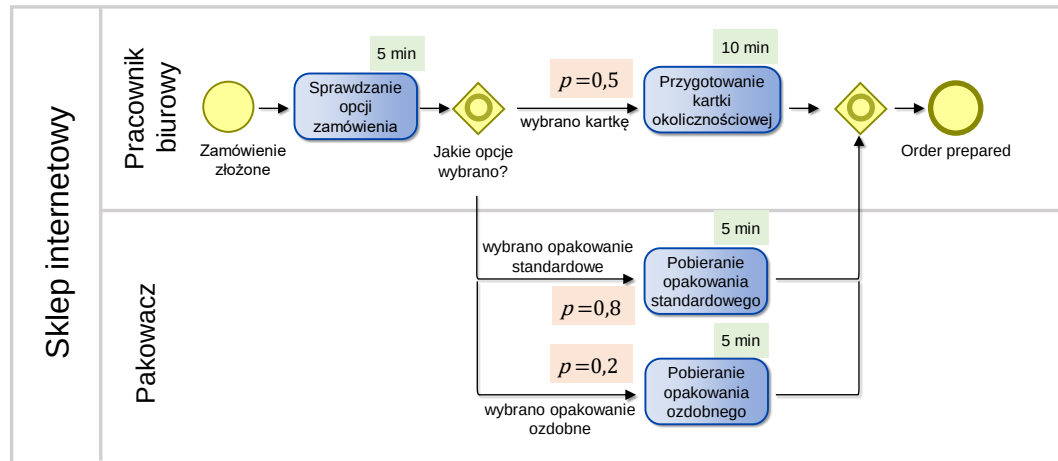


$$n_3 = 1 \cdot 0,8 = 0,8$$



$$n_4 = 1 \cdot 0,2 = 0,2$$

Przykład 2



Sprawdzanie
opcji
zamówienia

$t_1 = 5 \text{ min}$

$n_1 = 1$

Przygotowanie
kartki
okolicznościowej

$t_2 = 10 \text{ min}$

$n_2 = 0,5$

Pobieranie
opakowania
standardowego

$t_3 = 5 \text{ min}$

$n_3 = 0,8$

Pack as
standard order

$t_4 = 5 \text{ min}$

$n_4 = 0,2$

Pracownik biurowy



Pakowacz



Jednostkowe obciążenie pracą jednostkowego zasobu

$$ul_1 = 1 \cdot 5 + 0,5 \cdot 10 = 10 \left[\frac{\text{min}}{\text{job}} \right]$$

$$ul_2 = 0,8 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 5 \left[\frac{\text{min}}{\text{job}} \right]$$

Analiza obciążenia

Wydajność

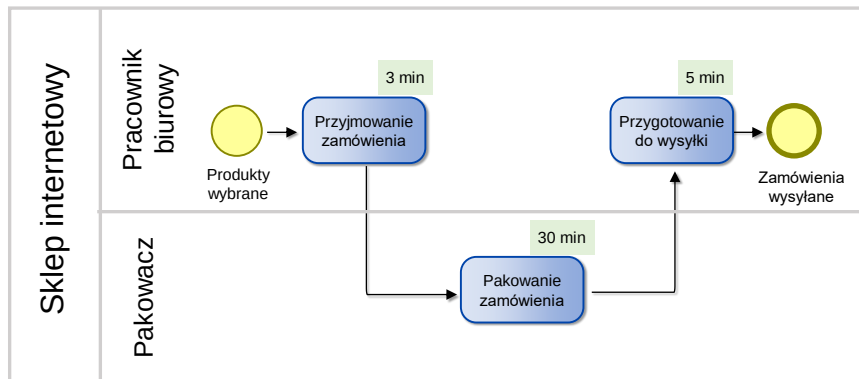
Pojęcia

Wydajność (*ang. capacity*)

liczba jednostek/pracy, która może być wykonana w określonym przedziale czasu

Przykłady:

- pracownik może przyjąć 20 zamówień na *godz.* (0,33 zamówienia na *min*),
- pracownik może przygotować do wysyłki 12 zamówień na *godz.* (0,2 zam. na *min*)
- pakowacz może spakować 2 zamówienia na *godz.* (0,033 zamówienia na *min*)



Pojęcia

Teoretyczna wydajność jednostkowego zasobu (*ang. theoretical capacity of resource unit*)

maksymalna wydajność zasobu przy pełnym jego wykorzystaniu

$$cr_j = 1/ul_j$$

Teoretyczna wydajność puli zasobów (*ang. theoretical capacity of resource pool*)

suma wydajności wszystkich zasobów w puli

$$cp_j = r_j/ul_j$$

-
- j – pula zasobów
 - r_j – liczba zasobów w j -tej puli zasobów
 - uc_j – jednostkowa pojemność j -tej puli zasobów
 - ul_j – jednostkowe obciążenie pracą j -tej puli zasobów
 - cr_j – teoretyczna wydajność pojedynczego zasobu w j -tej puli zasobów
 - cp_j – teoretyczna wydajność j -tej puli zasobów

Pojęcia

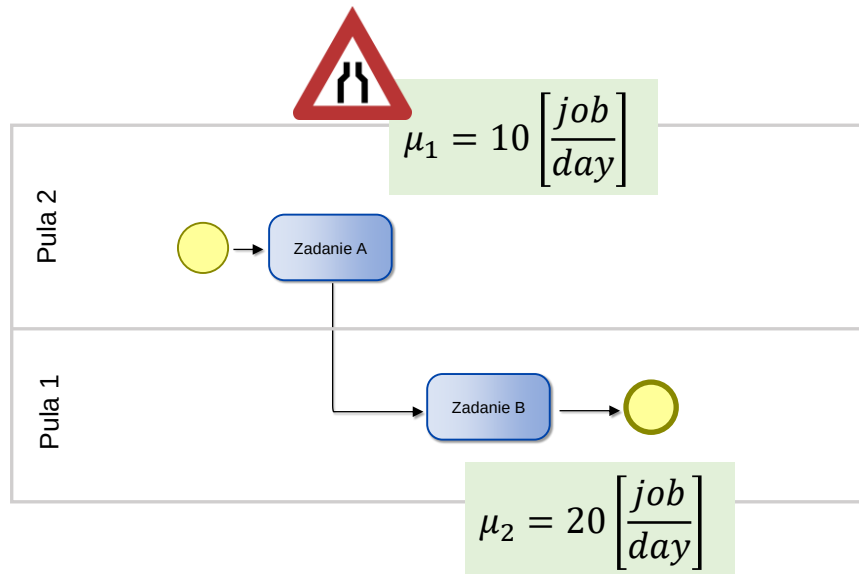
Wąskie gardło

pula zasobów o najniższej teoretycznej wydajności



Teoretyczna wydajność procesu (*ang. theoretical capacity of the process*)

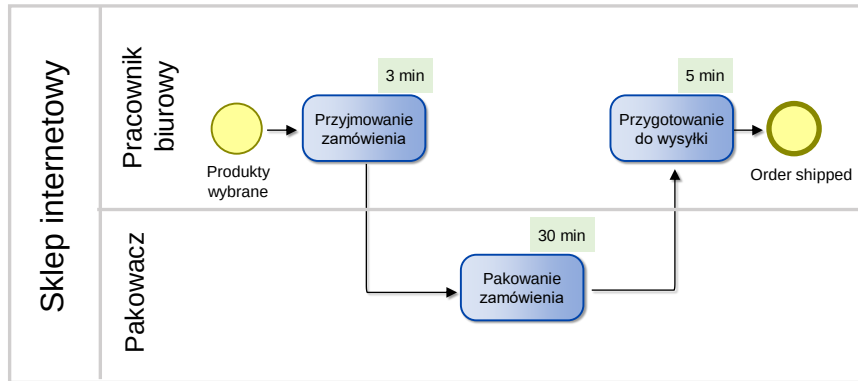
- jest równa teoretycznej wydajności wąskiego gardła procesu



Teoretyczna wydajność procesu

$$\mu = 10 \left[\frac{job}{day} \right]$$

Przykład 1



Przyjmowanie
zamówienia

$$t_1 = 3 \text{ min}$$

$$n_1 = 1$$

Pakowanie
zamówienia

$$t_2 = 30 \text{ min}$$

$$n_3 = 1$$

Przygotowanie
do wysyłki

$$t_3 = 5 \text{ min}$$

$$n_2 = 1$$

Pracownik biurowy



Pakowacz



Założenia

- jest 2 pracowników biurowych i 1 pakowacz

Jednostkowe obciążenie pracą jednostkowego zasobu

$$ul_1 = 1 \cdot 3 + 1 \cdot 5 = 8 \left[\frac{\text{min}}{\text{job}} \right]$$

$$ul_2 = 1 \cdot 30 = 30 \left[\frac{\text{min}}{\text{job}} \right]$$

Przykład 1

Pracownik biurowy



Pakowacz



Teoretyczna wydajność jednostkowego zasobu

$$cr_1 = 1/8 \left[\frac{job}{min} \right]$$

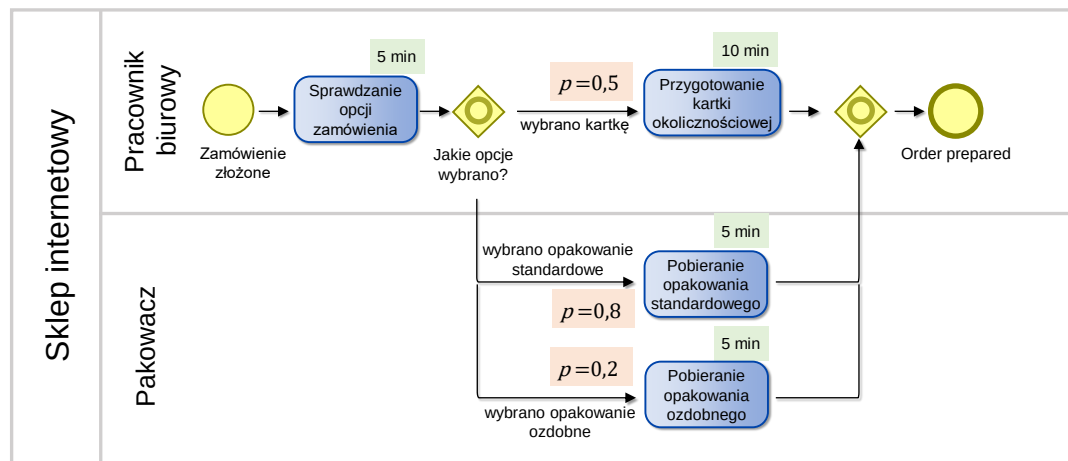
$$cr_2 = 1/30 \left[\frac{job}{min} \right]$$

Teoretyczna wydajność puli zasobów

$$cp_1 = 2 \cdot 1/8 = 1/4 \left[\frac{job}{min} \right]$$

$$cp_2 = 1 \cdot 1/30 = 1/30 \left[\frac{job}{min} \right]$$

Przykład 2



Pracownik biurowy



Pakowacz



Sprawdzanie opcji zamówienia	Przygotowanie kartki okolicznościowej
$t_1 = 5 \text{ min}$	$t_2 = 10 \text{ min}$
$n_1 = 1$	$n_2 = 0,5$
Pobieranie opakowania standardowego	Pack as standard order
$t_3 = 5 \text{ min}$	$t_4 = 5 \text{ min}$
$n_3 = 0,8$	$n_4 = 0,2$

Założenia

- jest 2 pracowników biurowych i 1 pakowacz

Jednostkowe obciążenie pracą jednostkowego zasobu

$$ul_1 = 1 \cdot 5 + 0,5 \cdot 10 = 10 \left[\frac{\text{min}}{\text{job}} \right]$$

$$ul_2 = 0,8 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 5 \left[\frac{\text{min}}{\text{job}} \right]$$

Przykład 2



Teoretyczna wydajność jednostkowego zasobu

$$cr_1 = 1/10 \left[\frac{job}{min} \right]$$

$$cr_2 = 1/5 \left[\frac{job}{min} \right]$$

Teoretyczna wydajność puli zasobów

$$cp_1 = 2 \cdot 1/10 = 1/5 \left[\frac{job}{min} \right]$$

$$cp_2 = 1 \cdot 1/5 = 1/5 \left[\frac{job}{min} \right]$$

Analiza obciążenia

Obciążenie

Pojęcia

Tempo napływu zadań (*ang. Throughput Rate*)

liczba jednostek/pracy, która ma przepłynąć przez proces w pewnym przedziale czasu

$$\lambda = \frac{n}{T_c}$$

Obciążenie jednostkowego zasobu (*ang. Resource Utilization of the resource unit*)

Stopień wykorzystania jednostkowego zasobu

- miara określająca część czasu zasobu wykorzystywaną przez proces
- stosunek czasu zajętości zasobu w pewnym okresie czasu do tego czasu

$$ur_j = \frac{\lambda}{cp_j}$$

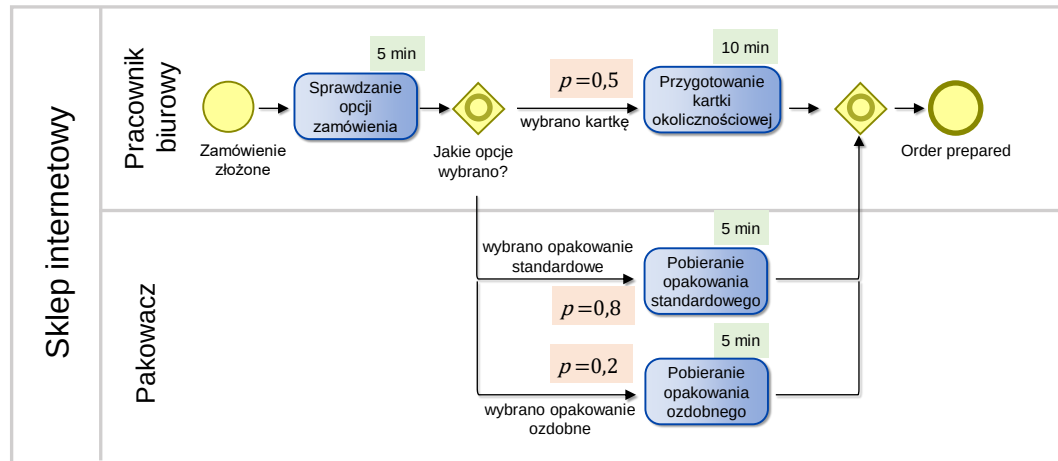
Obciążenie puli zasobów (*ang. Resource Utilization of the resource pool*)

Stopień wykorzystania puli zasobów

- miara określająca część czasu puli zasobów wykorzystywaną przez proces
- stosunek czasu zajętości puli zasobów w pewnym okresie czasu do tego czasu

$$up_j = \frac{\lambda}{cr_j}$$

Przykład 2



Sprawdzanie
opcji
zamówienia

$t_1 = 5 \text{ min}$

$n_1 = 1$

Przygotowanie
kartki
okolicznościowej

$t_2 = 10 \text{ min}$

$n_2 = 0,5$

Pobieranie
opakowania
standardowego

$t_3 = 5 \text{ min}$

$n_3 = 0,8$

Pack as
standard order

$t_4 = 5 \text{ min}$

$n_4 = 0,2$

Pracownik biurowy



Pakowacz



Założenia

- tempo napływu zadań to $n = 48$ zadań w 8 godzinnym dniu roboczym

$$\lambda = 48 \left[\frac{\text{jobs}}{\text{day}} \right] = 48 \left[\frac{\text{jobs}}{8 \cdot 60 \text{ min}} \right] = 1/10 \left[\frac{\text{jobs}}{\text{min}} \right]$$

Przykład 2

Pracownik biurowy



$$cr_1 = 1/10 \left[\frac{\text{job}}{\text{min}} \right]$$

$$cp_1 = 1/5 \left[\frac{\text{job}}{\text{min}} \right]$$

Pakowacz



$$cr_2 = 1/5 \left[\frac{\text{job}}{\text{min}} \right]$$

$$cp_2 = 1/5 \left[\frac{\text{job}}{\text{min}} \right]$$

Tempo napływu zadań

$$\lambda = 1/10 \left[\frac{\text{jobs}}{\text{min}} \right]$$

Obciążenie jednostkowego zasobu

$$ur_1 = \frac{1/10}{1/5} = 0,5$$

$$ur_2 = \frac{1/10}{1/5} = 0,5$$

Obciążenie puli zasobów

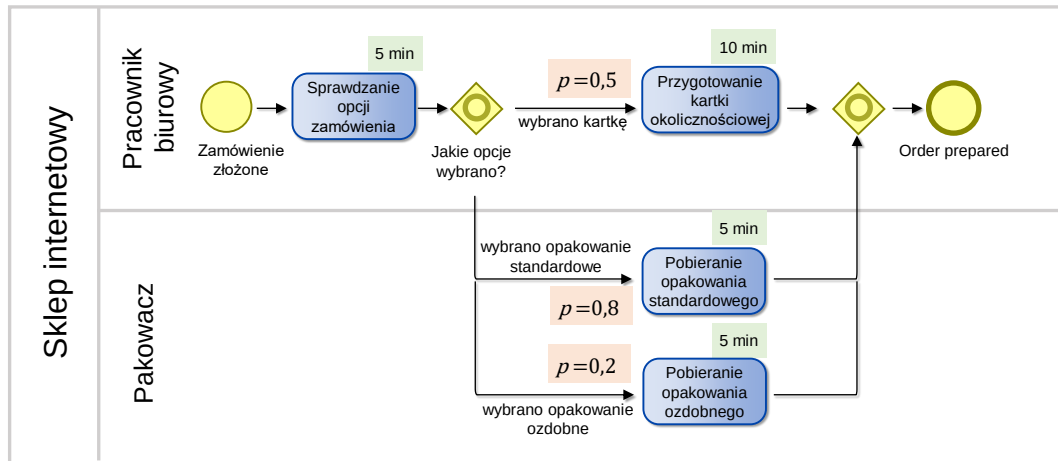
$$up_1 = \frac{1/10}{1/10} = 1$$

$$up_2 = \frac{1/10}{1/5} = 0,5$$

Wnioski

- $ur_1 = ur_2 = 0,5$ oznacza, że pracownicy przez połowę dnia roboczego są wolni
- $up_1 = 1$ oraz $up_2 = 0,5$ oznaczają, że na stanowiskach pracownik biurowy i pakowacz teoretycznie wystarczy odpowiednio: 1 *etat* oraz 1/2 *etatu*

Przykład 2



Sprawdzanie
opcji
zamówienia

$t_1 = 5 \text{ min}$

$n_1 = 1$

Przygotowanie
kartki
okolicznościowej

$t_2 = 10 \text{ min}$

$n_2 = 0,5$

Pobieranie
opakowania
standardowego

$t_3 = 5 \text{ min}$

$n_3 = 0,8$

Pack as
standard order

$t_4 = 5 \text{ min}$

$n_4 = 0,2$

Pracownik biurowy



Pakowacz



Założenia

- tempo napływu zadań to $n = 2400$ zadań w miesiącu
- roku ma *240 dni roboczych* po *8 h* każdy

$$\lambda = 2400 \left[\frac{\text{jobs}}{\frac{240}{12} \cdot 8 \cdot 60 \text{ min}} \right] = 1/4 \left[\frac{\text{jobs}}{\text{min}} \right]$$

Przykład 2

Pracownik biurowy



$$cr_1 = 1/10 \left[\frac{\text{job}}{\text{min}} \right]$$

$$cp_1 = 1/5 \left[\frac{\text{job}}{\text{min}} \right]$$

Pakowacz



$$cr_2 = 1/5 \left[\frac{\text{job}}{\text{min}} \right]$$

$$cp_2 = 1/5 \left[\frac{\text{job}}{\text{min}} \right]$$

Tempo napływu zadań

$$\lambda = 1/4 \left[\frac{\text{jobs}}{\text{min}} \right]$$

Obciążenie jednostkowego zasobu

$$ur_1 = \frac{1/4}{1/5} = 1,25$$

$$ur_2 = \frac{1/4}{1/5} = 1,25$$

Obciążenie puli zasobów

$$up_1 = \frac{1/4}{1/10} = 2,5$$

$$up_2 = \frac{1/4}{1/5} = 1,25$$

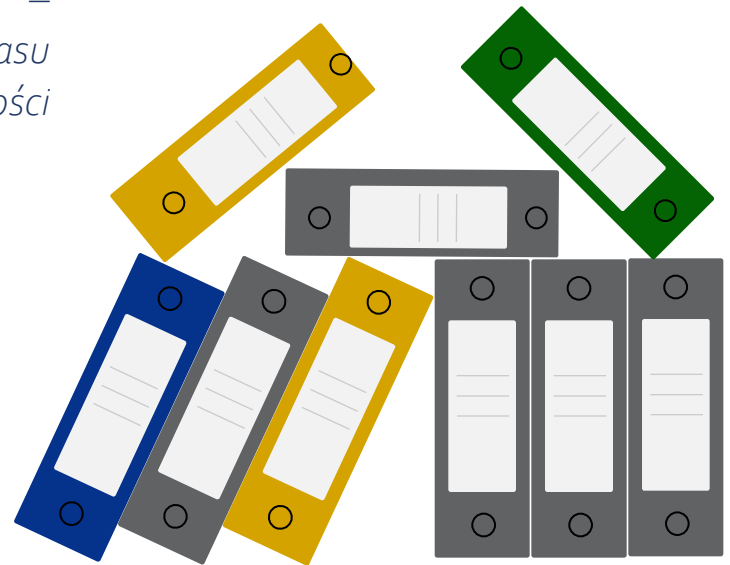
Wnioski

- $ur_1 = ur_2 = 1,25$ oznacza, że pracownicy nie mogą przetworzyć wszystkich zamówień
- $up_1 = 2,5$ oraz $up_2 = 1,25$ oznaczają, że na stanowiskach pracownik biurowy i pakowacz teoretycznie potrzebne są : $2,5 \text{ etatu}$ oraz $1,25 \text{ etatu}$

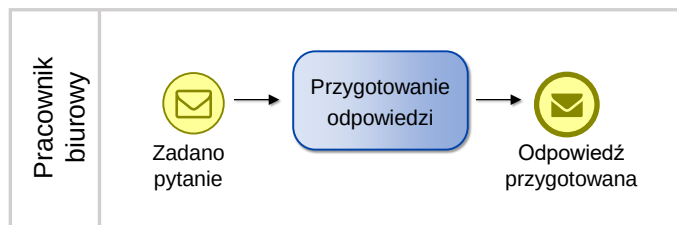
Podsumowanie

- wymaga wiedzy o czasach wykonania wszystkich czynności procesu,
- uwzględnia tempo tworzenia nowych instancji procesu,
- pozwala na oszacowanie obciążenia istniejących zasobów,
- pozwala na oszacowanie ilości zasobów niezbędnych do realizacji procesu.

Analiza czasu przebiegu procesu w połączeniu z analizą obciążenia nie pozwalają na dokładne szacowanie czasu przebiegu procesu – podstawowym problem jest szacowanie czasu oczekiwania, który w przypadku braku dostępności zasobów rośnie.



Przykład 3



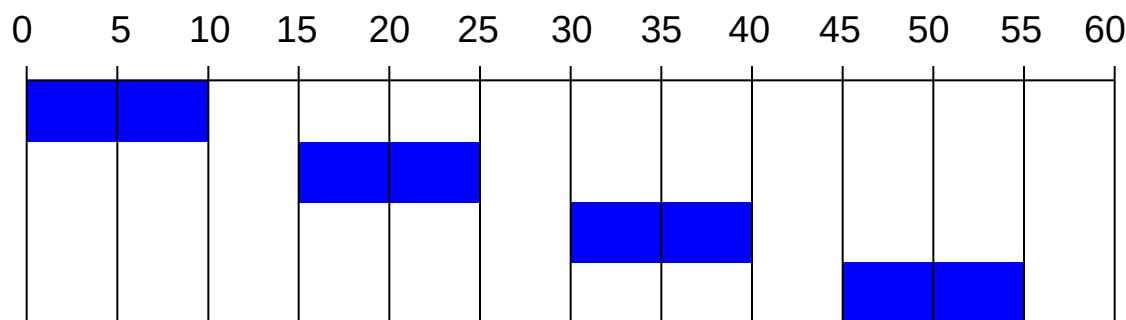
Pracownik biurowy



Założenia

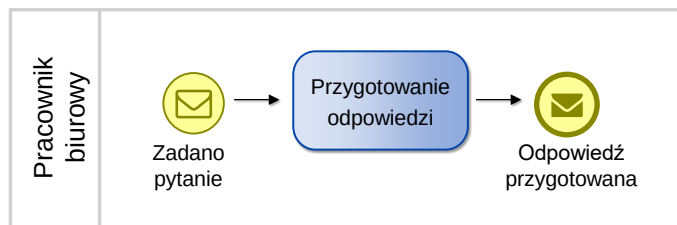
- udzielaniem odpowiedzi zajmuje się jeden pracownik,
- czas udzielenia odpowiedzi wynosi *10 min*,
- pytania nadchodzą co *15 min*.

Jaki jest średni czas realizacji zadania?



Realizacja zadania tzn. oczekiwanie klienta na odpowiedź wynosi: *10 min*.

Przykład 3



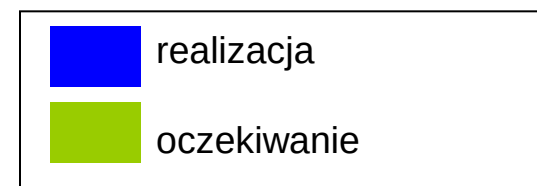
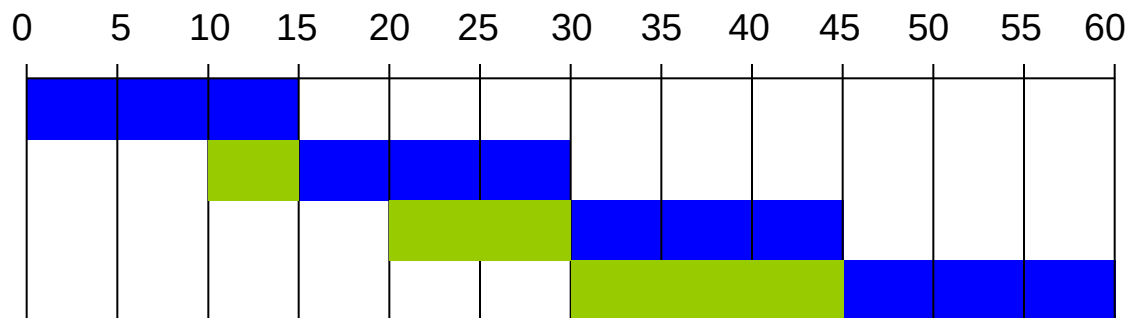
Pracownik biurowy



Założenia

- udzielaniem odpowiedzi zajmuje się jeden pracownik,
- czas udzielenia odpowiedzi wynosi *15 min*,
- pytania nadchodzą co *10 min*.

Jaki jest średni czas oczekiwania na odpowiedź?



Realizacja zadania (oczekiwanie na odpowiedź) rośnie do nieskończoności wraz z upływem czasu.

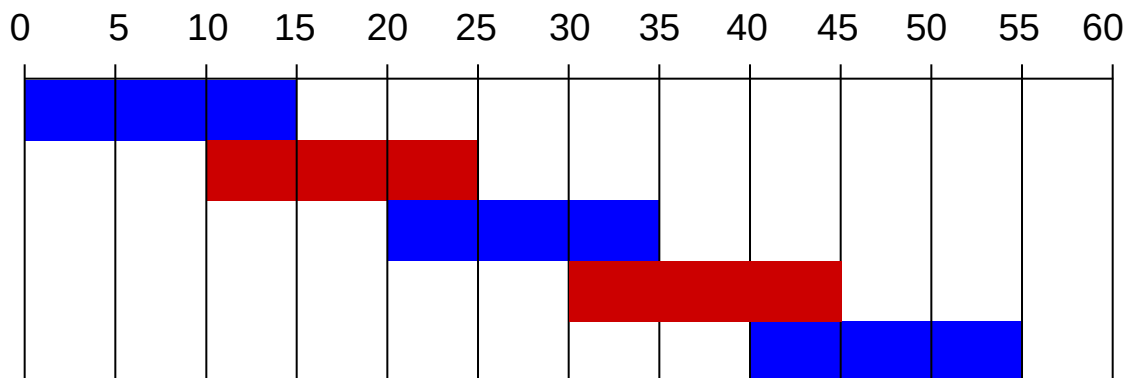
Przykład 3. cd.

Obciążenie pracowników biurowych

- obciążenie pracą dla jednostkowego zasobu: $ul = 15[\text{min/job}]$
- teoretyczna wydajność jednostkowego zasobu: $cr = 1/15 [\text{job/min}] = 4[\text{job/h}]$
- tempo napływu zadań: $\lambda = 1/10 [\text{job/min}] = 6[\text{job/h}]$

Obciążenie pracowników wynosi: $up = \lambda/cr = 6/4 = 1,5$, co oznacza, że do realizacji zadanie należy zatrudnić na $1/2$ etatu dodatkowego pracownika.

Założenie: Zatrudniono dodatkowego pracownika na cały etat – jaki jest średni czas oczekiwania na odpowiedź?



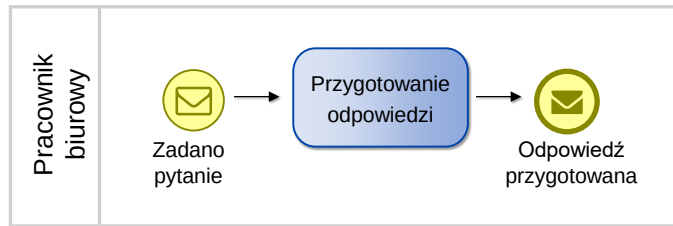
Pracownik biurowy



-  realizacja – pracownik 1
-  realizacja – pracownik 2

Realizacja zadania (oczekiwanie na odpowiedź) wynosi 15 min.

Przykład 3. cd.



Pracownik biurowy

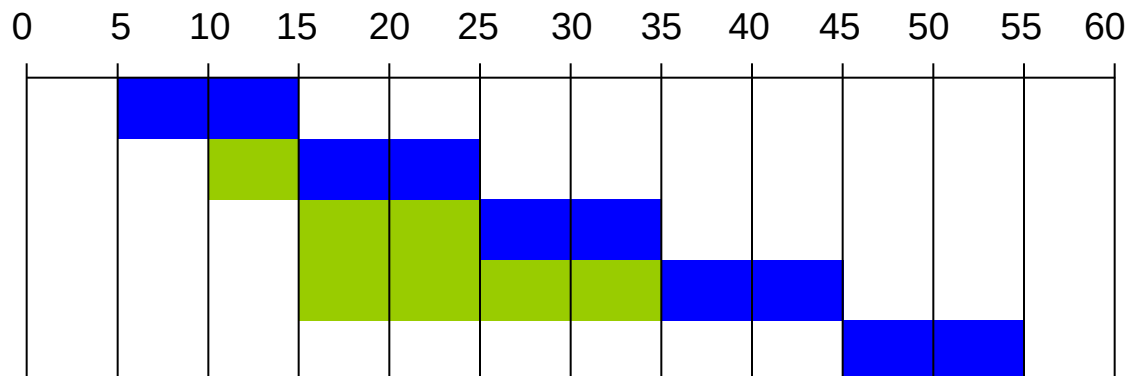


Założenia

- udzielaniem odpowiedzi zajmuje się jeden pracownik
- czas udzielenia odpowiedzi wynosi *10 min*
- w czasie *1 godz.* pracy pracownika przyszło *5 pyt.*, czasy nadejścia pytań były następujące:
 - 1 pytanie: *5 minuta*,
 - 2 pytanie: *10 minuta*,
 - 3 pytanie: *15 minuta*,
 - 4 pytanie: *15 minuta*,
 - 5 pytanie: *45 minuta*.

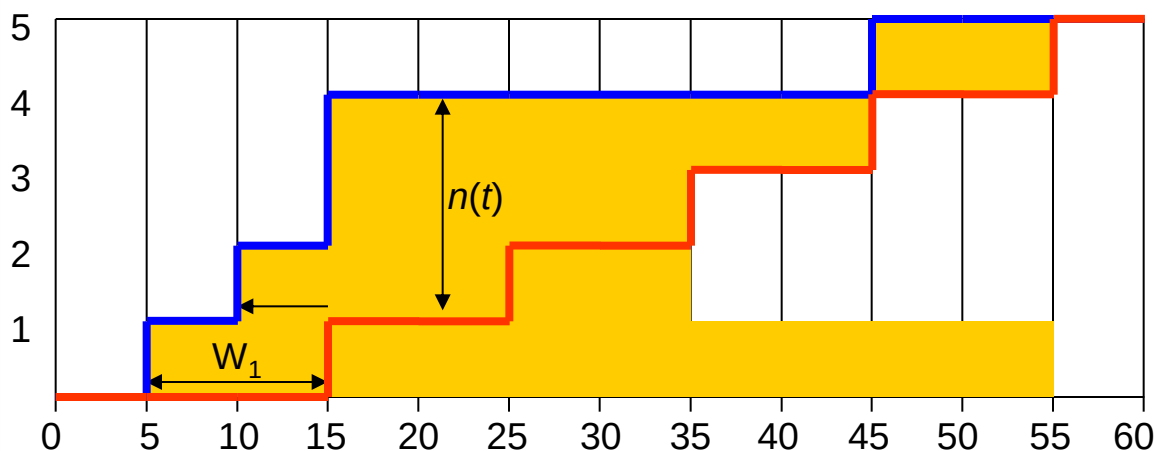
Jaki jest średni czas realizacji zadania?

Przykład 3. cd.



■ realizacja
■ oczekiwanie

- 1 pytanie: 5 *minuta*
- 2 pytanie: 10 *minuta*
- 3 pytanie: 15 *minuta*
- 4 pytanie: 15 *minuta*
- 5 pytanie: 45 *minuta*

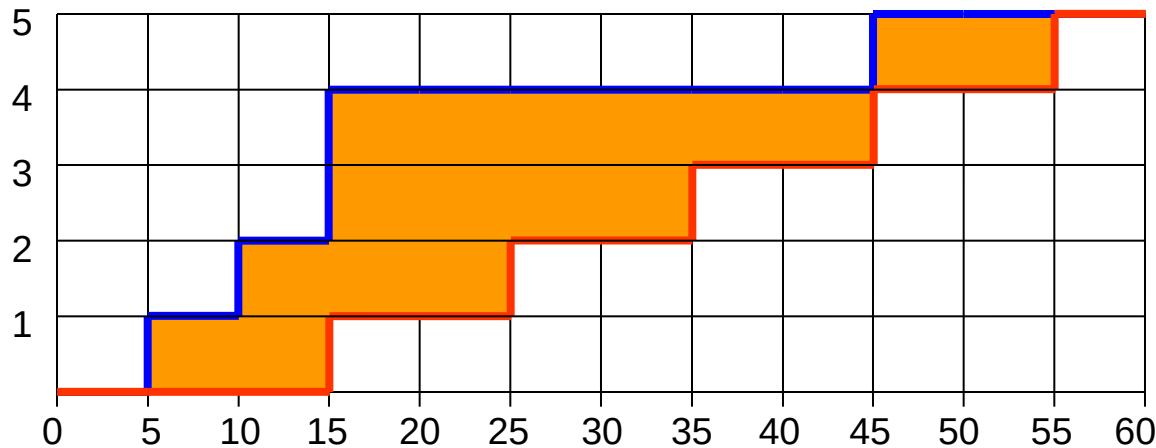


— $In(t)$ – skumulowane tempo napływu zadań
— $Out(t)$ – skumulowane tempo obsługi zadań (wypływu zadań)
■ $n(t)$ – liczba zadań w systemie

$$n(t) = In(t) - Out(t)$$

$W_i(t)$ – czas aktywności (realizacji + oczekiwania) i -tego zadania

Przykład 3. cd.



 $n(t)$ – liczba zadań w systemie w chwili t

Niech A oznacza zapętnienie systemu:

$$A = \int_0^T n(t) dt$$

$A =$

$1 \text{ zad} \cdot 5 \text{ min}$
 $+ 2 \text{ zad} \cdot 5 \text{ min}$
 $+ 3 \text{ zad} \cdot 5 \text{ min}$
 $+ 3 \text{ zad} \cdot 5 \text{ min}$
 $+ 2 \text{ zad} \cdot 5 \text{ min}$
 $+ 2 \text{ zad} \cdot 5 \text{ min}$
 $+ 1 \text{ zad} \cdot 5 \text{ min}$
 $+ 1 \text{ zad} \cdot 5 \text{ min}$
 $+ 1 \text{ zad} \cdot 5 \text{ min}$
 $+ 1 \text{ zad} \cdot 5 \text{ min}$

$= 85 \text{ zad} \cdot \text{min}$

- równomierny podział czasu $T = k\Delta T$ ($n_i = n(t_i) = n(i\Delta T)$):

$$A = \sum_{i=1}^k n_i \Delta T = \Delta T \sum_{i=1}^k n_i$$

- podział na obsługiwane zadania, N to liczba obsłużonych zadań:

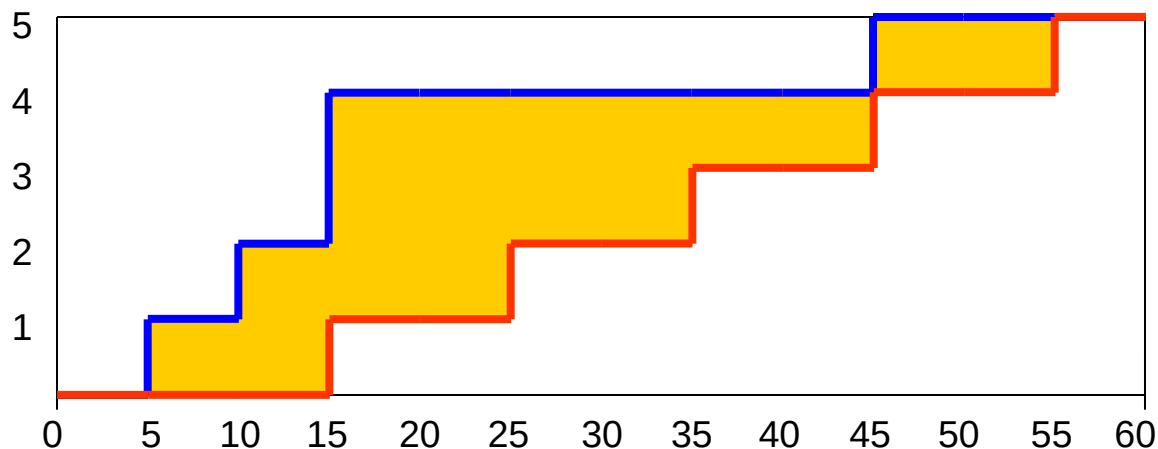
$$A = \sum_{i=1}^N W_i \cdot 1 \text{ zad}$$

$A =$

$10 \text{ min} \cdot 1 \text{ zad}$
 $+ 15 \text{ min} \cdot 1 \text{ zad}$
 $+ 20 \text{ min} \cdot 1 \text{ zad}$
 $+ 30 \text{ min} \cdot 1 \text{ zad}$
 $+ 10 \text{ min} \cdot 1 \text{ zad}$

$= 85 \text{ zad} \cdot \text{min}$

Przykład 3. cd.



$$A = 85 \text{ zad} \cdot \text{min}$$

$$L = \frac{85 \text{ zad} \cdot \text{min}}{60 \text{ min}} = 1,42 \text{ zad}$$

$$W = \frac{85 \text{ zad} \cdot \text{min}}{5 \text{ zad}} = 17 \text{ min}$$

Zapełnienie systemu A w okresie obserwacji $[0, T]$ pozwala na oszacowanie:

- średniej liczby zadań w systemie:

$$L = \frac{A}{T},$$

- średniego czasu obsługi zadania:

$$W = \frac{A}{N}.$$

Realizacja zadania (oczekiwanie na odpowiedź) wynosi średnio 17 min .

Prawo Little'a

Średnią liczbą zadań L w systemie można obliczyć jako:

$$L = \frac{A}{T}$$

Uwzględniając, że:

$$W = \frac{A}{N}$$

wykorzystując średnie tempo napływu zadań $\lambda = \frac{N}{T}$, średnią liczbę zadań można wyznaczyć jako:

$$L = \frac{A}{T} = \frac{NW}{T} = \frac{N}{T} W = \lambda W.$$

Otrzymana zależność to tzw. prawo Little'a*:

$$L = \lambda W$$

oznacza, że:

średnia liczba zadań w systemie jest równa iloczynowi średniego tempa napływu zadań oraz średniego czasu obsługi zadania.

* John D. C. Little, Proof for the Queuing Formula: $L = \lambda W$, Operations Research, 1961, Vol. 9, No. 3 pp. 383-387.

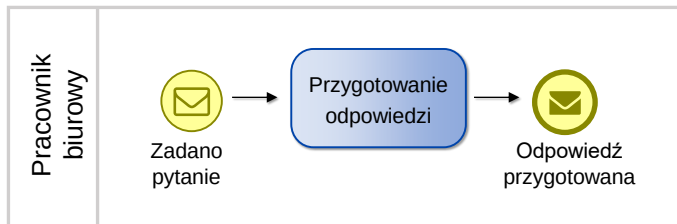
Przykład 3

Obciążenie pracowników biurowych

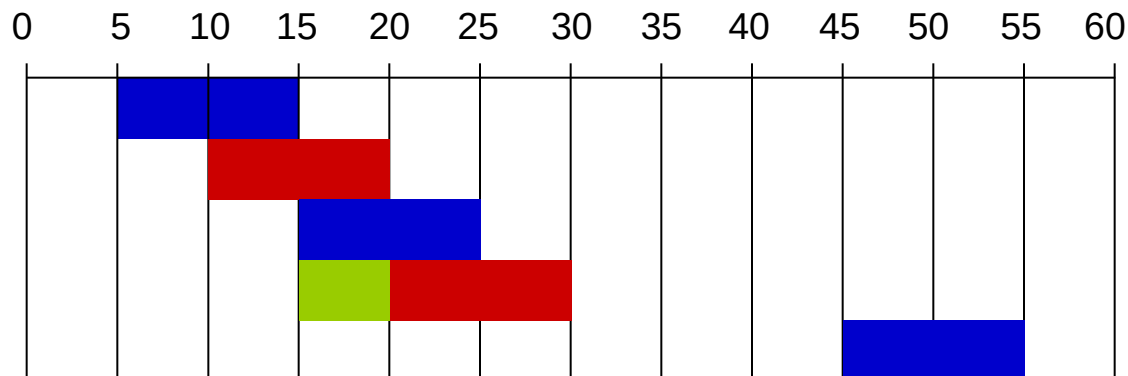
- obciążenie pracą jednostkowego zasobu wynosi: $ul = 10[min/job]$
- teoretyczna wydajność jednostkowego zasobu: $cr = 1/10 [job/min] = 6[job/h]$
- tempo napływu zadań: $\lambda = 5[job/h]$

Obciążenie pracowników wynosi: $up = \lambda/cr = 6/5 = 1,2$, co oznacza, że do realizacji zadanie należy zatrudnić dodatkowego pracownika (na $0,2 etatu$).

Założenie: Zatrudniono dodatkowego pracownika na cały etat – jaki jest średni czas oczekiwania na odpowiedź?



Przykład 3



■ realizacja – pracownik 1
■ realizacja – pracownik 2
■ oczekiwanie

1 pytanie: 5 minuta
 2 pytanie: 10 minuta
 3 pytanie: 15 minuta
 4 pytanie: 15 minuta
 5 pytanie: 45 minuta

$$\begin{aligned}
 A = & 10 \text{ min} \cdot 1 \text{ zad} \\
 & + 10 \text{ min} \cdot 1 \text{ zad} \\
 & + 10 \text{ min} \cdot 1 \text{ zad} \\
 & + 15 \text{ min} \cdot 1 \text{ zad} \\
 & + 10 \text{ min} \cdot 1 \text{ zad} \\
 \hline
 & = 55 \text{ zad} \cdot \text{min}
 \end{aligned}$$

$$W = \frac{55 \text{ zad} \cdot \text{min}}{5 \text{ zad}} = 11 \text{ min}$$

Realizacja zadania (oczekiwanie na odpowiedź) wynosi średnio 11 min.

Nowy etat nie doprowadził do wyeliminowania czasu oczekiwania.

Jeśli znane są:

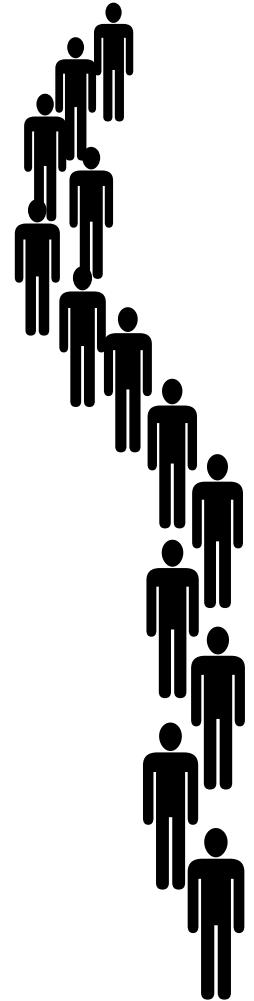
- średnie tempo napływu zadań λ
(średni czas pomiędzy kolejnymi zadaniami wynosi $1/\lambda$) i
- średnie tempo obsługi zadań μ
(średni czas obsługi zadania wynosi $1/\mu$)

to:

- jeżeli zmienność czasów napływu i obsługi zadań jest niewielka to można wyznaczyć ilość zasobów umożliwiającą bezkolejkową realizację procesu,
- jeżeli zmienność napływu i/lub obsługi zadań jest duża to nawet nadmiarowa liczba zasobów nie eliminuje kolejek.

Analiza obciążenia

- daje dobre rezultaty dla procesów o małej zmienności tempa napływu i obsługi zadań,
- wyjaśnieniem wpływu zmienności na wzrost czasu oczekiwania zajmuje się teoria kolejek.



Dodatek

Analiza obciążenia

Obciążenie jednostkowego zasobu (*ang. Resource Utilization of the resource unit*)

Stopień wykorzystania jednostkowego zasobu

- miara określająca część czasu zasobu wykorzystywaną przez proces
- stosunek czasu zajętości zasobu w pewnym okresie czasu do tego czasu:

$$ur_j = \frac{t_j}{T_c}$$

Uwzględniając jednostkowe obciążenie pracą jednostkowego zasobu ul_j (obciążenie pracą na 1 instancję procesu), czas zajętości zasobu w przypadku realizacji n instancji procesu przez r_j zasobów w j -tej puli wyniesie:

$$t_j = n \frac{ul_j}{r_j} = \frac{n}{cp_j}$$

obciążenie jednostkowego zasobu wynosi:

$$ur_j = \frac{n}{T_c} \frac{1}{cp_j} = \frac{\lambda}{cp_j}$$

Analiza obciążenia

Obciążenie puli zasobów (*ang. Resource Utilization of the resource pool*)

Stopień wykorzystania puli zasobu

- miara określająca część czasu puli zasobów wykorzystywaną przez proces
- stosunek czasu zajętości puli zasobów w pewnym okresie czasu do tego czasu:

$$up_j = \frac{T_j}{T_c}$$

Uwzględniając **jednostkowe obciążenie pracą jednostkowego zasobu** ul_j (obciążenie pracą na 1 instancję procesu), czas zajętości puli zasobów w przypadku realizacji n instancji procesu wyniesie:

$$T_j = n ul_j = \frac{n}{cr_j}$$

obciążenie puli zasobów wynosi:

$$up_j = \frac{n}{T_c} \frac{1}{cr_j} = \frac{\lambda}{cr_j}$$