

Piotr POWROŹNIK

Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Metrologii Elektrycznej

## WPLYW PARAMETRÓW FUNKCJI CELU NA DOBÓR NASTAW OKRESÓW W ELASTYCZNYM MODELU SZEREGOWANIA ZADAŃ<sup>1</sup>

**Streszczenie.** Elastyczny model szeregowania zadań umożliwia zapewnienie warunku realizowalności zadań w węźle systemu pomiarowo – sterującego, w którym występują zadania aperiodyczne lub periodyczne, zmieniające swoje parametry czasowe. W elastycznym modelu algorytmy heurystyczne poszukują i oceniają nowe doборы okresów zadań za pomocą funkcji celu. W artykule przedstawiono wyniki badań symulacyjnych sprawdzające poprawność opracowanej funkcji celu.

**Słowa kluczowe:** elastyczny model szeregowania zadań, funkcja celu, algorytmy heurystyczne

## INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF FITNESS FUNCTION FOR THE PERIODS SET SELECTION IN ELASTIC TASK MODEL SCHEDULING

**Summary.** Elastic task model scheduling allows to ensure reliability condition for node that has aperiodic and periodic tasks changing their timing parameters. In this model heuristic algorithms seek and evaluate new periods of tasks with fitness function. This paper presents the results of simulation studies validate the developed fitness functions.

**Keywords:** elastic task model scheduling, fitness function, heuristic algorithms

---

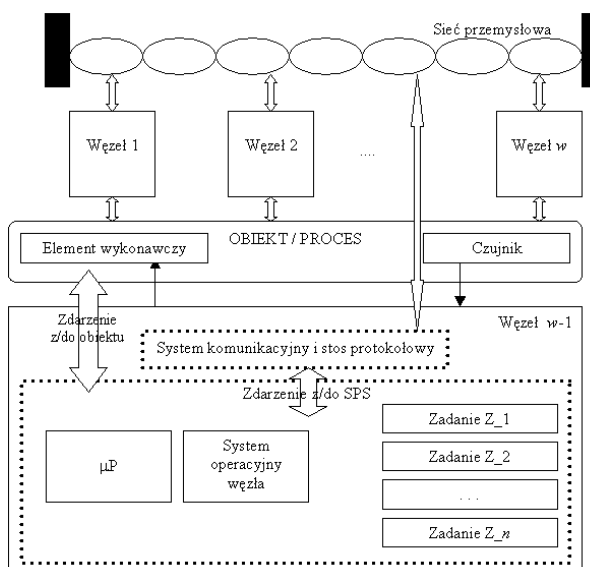
<sup>1</sup> Praca naukowa finansowana w ramach dotacji dla młodych naukowców oraz uczestników studiów doktorskich w latach 2011 – 2012 numer 506-06-01-01.

## 1. Wstęp

### 1.1. Elastyczny model szeregowania zadań

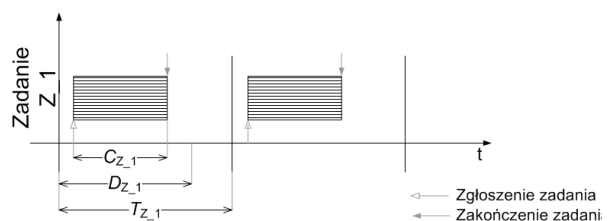
Zagadnienia szeregowania zadań, czyli ustalenie kolejności wykonywania wielu różnych operacji lub czynności na urządzeniach (np. maszyny, procesory) oraz rozdział zasobów znajdujących zastosowanie w wielu obszarach, m.in. w informatyce (np. systemy i sieci komputerowe), organizacji zarządzaniu produkcją i usługami (np. harmonogramowanie produkcji określonego wyrobu, koordynacja leczenia pacjentów w szpitalu) czy też w automatyce i robotyce (systemy pomiarowo - sterujące). Teoria szeregowania zadań pomimo swej uniwersalności wymaga jednak uwzględnienia specyfiki obszaru, w którym jest stosowana.

Szeregowanie zadań w ujęciu rozdziału różnorodnych zadań na procesorach (maszynach) [1, 2, 3] rozumiane jest jako zbiór operacji lub czynności wykonywanych w celu uzyskania pewnego produktu końcowego na obiekcie (procesor, maszyna lub człowiek) wykonującym te operacje [4]. Poszczególne obiekty realizujące zadania mogą wykonywać także wiele innych czynności (zadań), które z punktu widzenia np. procesu produkcyjnego nie są istotne i nie podlegają analizie szeregowania zadań. W przeciwieństwie do wcześniejszego podejścia, analizę szeregowania zadań można wykonać osobno dla każdego obiektu. Obiektami w tym przypadku mogą być węzły systemu pomiarowo – sterującego (SPS). Dla każdego węzła z osobna o ściśle określonych zasobach będą wówczas analizowane ograniczenia czasowe niezależnych, najczęściej okresowych, zadań [5, 6] (rys. 1).



Rys. 1. Schemat funkcjonalny systemu pomiarowo – sterującego

Fig. 1. Functional diagram of the control and measurement system



Rys. 2. Parametry czasowe dla jednego zadania  $Z_1$

Fig. 2. The timing parameters for one task  $Z_1$

SPS przedstawiony na rysunku 1 jest złożony z  $w$  jednoprocessorowych węzłów. Komunikacja pomiędzy węzłami odbywa się poprzez zadania komunikacyjne. Każdy z węzłów SPS może realizować różną liczbę zadań, które mogą pełnić funkcje związane z odczytem danych z obiektu lub procesu, sterowaniem obiektem lub procesem oraz z komunikacją pomiędzy węzłami w SPS. Zatem, każdy z węzłów może posiadać różną konfigurację sprzętową. Dla węzła oznaczonego jako  $w-1$  na rysunku 1 przedstawiono szczegółowy schemat funkcjonalny węzła z oznaczeniem jego poszczególnych bloków. Zadaniem mikroprocesora jest obsługa systemu operacyjnego węzła i obsługa  $n$  zadań, które dotyczą zdarzeń z SPS i z obiektu. Zdarzeniem z SPS może być obsługa zadania z zaimplementowanego w węźle systemu komunikacyjnego i stosu protokołowego. Zdarzenia z obiektu dostarczają informacji o stanie obiektu, przez co możliwe jest również sterowanie obiektem. Zadania realizowane w węźle SPS mają najczęściej charakter okresowy i każde z nich jest opisywane przez następujące parametry czasowe [7]:

$$\langle C, T, D \rangle, \quad (1)$$

gdzie:  $C$  – maksymalny czas wykonania zadania w węźle SPS,  $D$  – ograniczenia czasowe zadania w węźle SPS,  $T$  – okres występowania zadania w węźle SPS.

Na rysunku 2 oznaczono parametry czasowe określone wzorem (1) dla pojedynczego zadania, np.  $Z_1$  wykonywanego w jednoprocessorowym węźle SPS. Zgodnie z oznaczeniami przedstawionymi na rysunku 2 zadanie  $Z_1$  jest wykonywane periodycznie z maksymalnym czasem wykonania  $C_{Z_1}$ . Zadanie  $Z_1$  posiada swoje względne ograniczenie czasowe  $D_{Z_1}$ , które wymusza rozpoczęcie i zakończenie zadania w określonym czasie. Ze względu na periodyczność zadania  $Z_1$  jest podawany parametr  $T_{Z_1}$ , który określa czas, po jakim ponownie to zadanie jest zgłaszane. Często przyjmuje się, że parametry  $D$  i  $T$  są sobie równe.

W węźle SPS może być wykonywane jedno lub wiele zadań. Podczas zgłaszania do wykonania kolejnych zadań ważną kwestią jest również zapewnienie możliwości ich wykonywania. Decyduje o tym warunek wykorzystania zasobów węzła SPS  $U$ , który jest definiowany wzorem [5]:

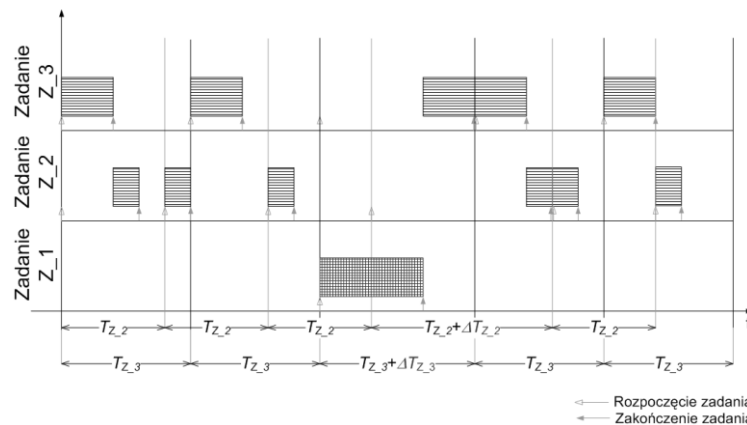
$$U = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i}, \quad (2)$$

gdzie:  $i$  – indeks zadania,  $n$  – liczba zadań w węźle SPS.

Uzyskana wartość  $U$  ze wzoru (2) nie może być większa od 1 ze względu na spełnienie warunku realizowalności zadań [5]. Wartość  $U$  większa od 1 oznacza, że nie wszystkie zadania w węźle SPS będą wykonane.

Wprowadzanie do SPS nowych technologii z zakresu elektroniki i informatyki oraz zastosowanie SPS w przypadkach, w których występują zadania aperiodyczne lub istnieje potrzeba zmiany nastaw okresów występowania zadań periodycznych, wymusza poszukiwanie nowych

elastycznych modeli szeregowania zadań. Takim przykładem może być robot mobilny, którego jednym z zadań jest omijanie przeszkód bez gwałtownego zatrzymywania się. Przy takim założeniu jest wymagane zwiększanie częstotliwości sprawdzania odległości do przeszkody, którą wykryto. Po wykryciu przeszkody (zadanie aperiodyczne) i uruchomieniu zadania związanego z pomiarem dystansu do przeszkody nastąpi podanie nowych nastaw okresów występowania zadań periodycznych, wyznaczonych na podstawie elastycznego modelu szeregowania zadań. Na rysunku 3 przedstawiono przykładową sytuację zgłoszenia do wykonania zadania aperiodycznego w węzle SPS.



Rys. 3. Przykład zastosowania elastycznego modelu szeregowania zadań  
 Fig. 3. An example of application of elastic task model scheduling

Zadania  $Z_2$  i  $Z_3$  są wykonywane w sposób periodyczny. Dla uproszczenia rysunku 3 przyjęto, że dla obu zadań względne ograniczenia czasowe  $D$  są równe okresom występowania tych zadań. Ponadto przyjęto, że okresy  $T_{Z_2}$  i  $T_{Z_3}$  są różne. Parametry czasowe zadań periodycznych  $Z_2$  i  $Z_3$  są tak dobrane, że zgodnie ze wzorem (2) jest spełniony warunek wykorzystania zasobów  $U$ . Natomiast zgłoszenie do wykonania aperiodycznego zadania  $Z_1$ , bez modyfikacji nastaw okresów  $T$  dla  $Z_2$  i  $Z_3$ , może doprowadzić do niedotrzymania warunku wykorzystania zasobów  $U$ . Zastosowanie wówczas elastycznego modelu szeregowania zadań spowoduje, że spełnienie warunku określonego wzorem (2) będzie możliwe przez modyfikację okresów  $T$  dla zadań  $Z_2$  i  $Z_3$ .

Przykłady modyfikacji okresów występowania zadań  $T$ , gdy nie zostają dotrzymane parametry realizacji zadań, przedstawiono w pracach [8, 9, 10]. Dotychczasowe propozycje przedstawionych w literaturze elastycznych modeli szeregowania zadań posiadają jednak następujące ograniczenia:

- niemożliwe jest decydowanie, od których zadań powinno nastąpić modyfikowanie wartości okresów, przez co modyfikacja okresów może zostać również wykonana dla zadań aperiodycznych (np. zadań krytycznych związanych z wystąpieniem sytuacji nietypowych, dla których ze względu na stabilność funkcjonowania całego SPS wartości okresów muszą pozostać niezmiennic lub są zmieniane w niewielkim zakresie);

- w przypadku prac [9] i [10] modyfikacja okresów  $T$  dla wszystkich zadań wykonywana jest w sposób proporcjonalny. Takie podejście może powodować, że w pewnych sytuacjach nie będzie możliwe znalezienie takiego doboru nastaw parametrów  $T$ , aby wartość wykorzystania zasobów  $U$  nie była większa od 1.

Uwzględniając dotychczasowy stan wiedzy w zakresie elastycznego modelu szeregowania zadań, a w szczególności jego ograniczenia, przeprowadzono prace badawcze, które umożliwiły opracowanie nowego elastycznego modelu szeregowania zadań (EMSzZ) opisywanego następującymi parametrami [11, 12]:

$$\langle C, T_{nom}, D, T_{min}, T_{max}, wwz, U_{zat} \rangle. \tag{3}$$

W przedstawionym modelu (wzór 3) zamieszczono parametry czasowe ze statycznego modelu szeregowania zadań (wzór 1) oraz dla każdego z zadań zdefiniowano parametrami  $T_{min}$  i  $T_{max}$  zakres możliwych modyfikacji nastaw okresów  $T$ . Nowymi parametrami wprowadzonymi do opracowanego modelu są: wartość nominalnego okresu zadania ( $T_{nom}$ ), waga ważności zadania ( $wwz$ ) i założona wartość wykorzystania zasobów węzła ( $U_{zat}$ ). Zadaniom, które mają istotny wpływ na pracę obiektu lub proces technologiczny nadzorowany przez SPS, będą przypisywane największe wartości parametru  $wwz$ . Oznacza to, że dla tych zadań nowe wybrane wartości  $T_{wyb}$  powinny być równe lub bliskie wartościom  $T_{nom}$  tych zadań. Zadaniami oznaczonymi przez najwyższe wartości parametru  $wwz$  mogą być zatem zadania aperiodyczne lub zadania periodyczne, które zmieniły swoje parametry czasowe. Modyfikacja nastaw okresów  $T_{wyb}$  zadań należy do problemów NP trudnych, dlatego też do doboru nowych nastaw okresów  $T_{wyb}$  w EMSzZ zastosowano algorytmy heurystyczne [11, 12].

### 1.2. Sposób oceny rozwiązania doboru parametrów $T_{wyb}$

W celu zapewnienia poprawności działania algorytmów heurystycznych w EMSzZ opracowano wzór (4), umożliwiający ocenę rozwiązania ( $Or$ ) doboru nowych nastaw okresów  $T_{wyb}$  dla wszystkich zadań.

$$Or = \begin{cases} \sum_{i=1}^n \left( \frac{(T_{nom_i} - T_{wyb_i})^2}{\sum_{j=1}^n (T_{nom_j} - T_{wyb_j})^2} \cdot \frac{wwz_i}{\sum_{k=1}^n wwz_k} \right) & , \text{gdy } \sum_{j=1}^n (T_{nom_j} - T_{wyb_j})^2 > 0 \\ 0 & , \text{gdy } \sum_{j=1}^n (T_{nom_j} - T_{wyb_j})^2 = 0 \end{cases} \tag{4}$$

gdzie:  $j, k$  – indeks zadania.

Opracowany wzór (4) zastosowano jako funkcję celu w algorytmach heurystycznych, której wartość minimalizowano pod kątem doboru  $T_{wyb}$ . Podczas minimalizacji wartości funkcji  $Or$  uwzględniano również w działaniu algorytmu heurystycznego dwa parametry EMSzZ:

$wwz$  i  $U_{zat}$ . W algorytmie heurystycznym wartość funkcji  $Or$  jest obliczana wówczas, gdy dla wszystkich zadań są wybrane przez ten algorytm nastawy  $T_{wyb}$  i obliczona dla tych nastaw ze wzoru (2) wartość  $U$  jest mniejsza lub równa wartości  $U_{zat}$ . Jeśli  $U \leq U_{zat}$  i dla wszystkich zadań wybrane nastawy  $T_{wyb}$  są równe  $T_{nom}$ , wówczas  $Or = 0$ . W celu sprawdzenia poprawności działania funkcji  $Or$  przeprowadzono badania symulacyjne pod kątem oceny:

- wpływu wartości nastaw okresów  $T_{wyb}$  przy założonych wartościach parametru  $wwz$ ,
- wpływu wartości parametru  $wwz$  przy założonych wartościach nastaw okresów  $T_{wyb}$  na wartość tej funkcji.

## 2. Wyniki badań symulacyjnych

### 2.1. Wpływ parametru $T_{wyb}$ na wartość funkcji celu $Or$

W tabeli 1 zamieszczono przykładowe wartości  $T_{nom}$  i  $wwz$  dla trzech zadań realizowanych w węźle SPS, które posłużyły do prostszego zobrazowania wpływu wartości  $T_{wyb}$  na  $Or$ .

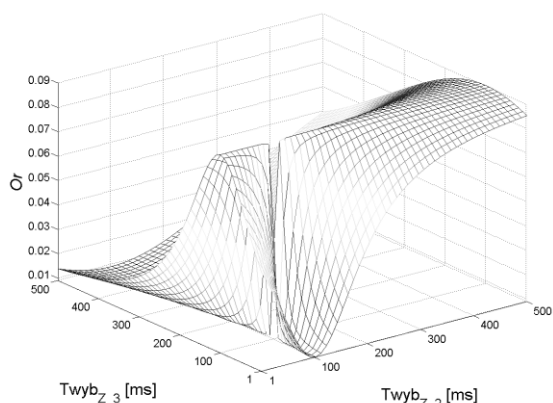
Tabela 1

Parametry  $T_{nom}$  i  $wwz$  dla węzła SPS z trzema zadaniami

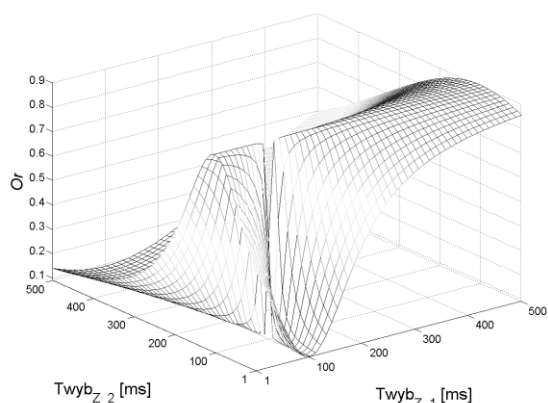
Zadanie	Z_1	Z_2	Z_3
$T_{nom}$ [ms]	100	100	100
$wwz$	100	10	1

Przyjęta najwyższa wartość parametru  $wwz$  dla zadania Z\_1 oznacza, że wartość  $T_{wyb}$  powinna być równa lub w niewielkim stopniu zmodyfikowana w stosunku do  $T_{nom}$  (zadanie aperiodyczne Z\_1 z rysunku 3). Natomiast dla zadania Z\_3 zmiany te powinny być jak największe.

Podczas przeprowadzania badań symulacyjnych (rys. 4 i 5) parametr  $T_{wyb}$  dla dwóch zadań był zmieniany w przedziałach od 1 ms do 500 ms. Dla trzeciego zadania wartość parametru  $T_{wyb}$  była stała i wynosiła 100 ms. Otrzymane wyniki badań symulacyjnych (rys. 4 i 5) wskazują, że wartość funkcji  $Or$  przyjmuje wartość minimalną, gdy dla wszystkich trzech zadań wartości  $T_{wyb}$  były równe wartościom  $T_{nom}$  tych zadań. Dla zadania Z\_2 (rys. 4) i Z\_1 (rys. 5) niewielkie modyfikacje wartości  $T_{wyb}$  względem wartości  $T_{nom}$  tych zadań powodowały, że wartość funkcji  $Or$  przyjmowała wartość maksymalną. W obu przypadkach wartości  $wwz$  zadania Z\_2 (rys. 4) i Z\_1 (rys. 5) były większe od odpowiednich wartości  $wwz$  zadania Z\_3 i Z\_2. Wartości funkcji  $Or$  z rysunku 4 są dziesięciokrotnie mniejsze od analogicznych wartości funkcji  $Or$  z rysunku 5, ponieważ dla badań symulacyjnych, których wyniki przedstawiono na rysunku 4, przyjęto, że dla zadania Z\_1  $T_{wybZ_1} = T_{nomZ_1}$  i wartość  $wwz_{Z_1}$  jest największa, równa 100.



Rys. 4. Wpływ wartości  $T_{wyb_{z_2}}$  i  $T_{wyb_{z_3}}$  na  $Or$  przy  $T_{wyb_{z_1}} = 100$  ms i  $w_{wz_{z_1}} = 100$   
 Fig. 4. Influence of parameters  $T_{wyb_{z_2}}$  and  $T_{wyb_{z_3}}$  for  $Or$  when  $T_{wyb_{z_1}} = 100$  ms and  $w_{wz_{z_1}} = 100$



Rys. 5. Wpływ wartości  $T_{wyb_{z_1}}$  i  $T_{wyb_{z_2}}$  na  $Or$  przy  $T_{wyb_{z_3}} = 100$  ms i  $w_{wz_{z_3}} = 1$   
 Fig. 5. Influence of parameters  $T_{wyb_{z_1}}$  and  $T_{wyb_{z_2}}$  for  $Or$  when  $T_{wyb_{z_3}} = 100$  ms and  $w_{wz_{z_3}} = 1$

## 2.2. Wpływ parametru $w_{wz}$ na wartość funkcji celu $Or$

Celem kolejnych badań symulacyjnych było sprawdzenie poprawności działania funkcji  $Or$  pod kątem oceny wpływu wartości parametru  $w_{wz}$ . W tabeli 2 zamieszczono wartości  $T_{nom}$  dla trzech zadań realizowanych w węzle SPS oraz przykładowe wartości  $T_{wyb}$ , które posłużyły do określenia wpływu wartości  $w_{wz}$  na funkcję  $Or$ . Przyjęte wartości  $T_{wyb}$  stanowiły jedną z możliwych nastaw  $T$ , które mógłby wybrać algorytm heurystyczny.

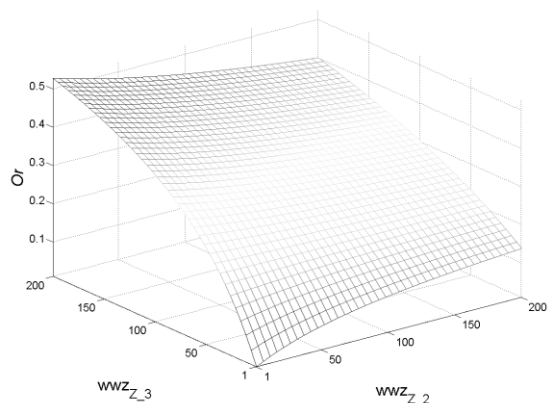
Tabela 2

Parametry  $T$  dla węzła SPS z trzema zadaniami

Zadanie	Z_1	Z_2	Z_3
$T_{nom}$ [ms]	100	100	100
$T_{wyb}$ [ms]	100	50	1

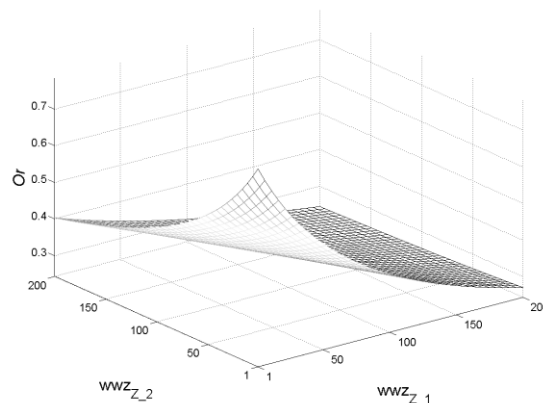
Wartość  $T_{wyb}$  dla zadania  $Z_1$  (tab. 2) jest równa wartości  $T_{nom}$  tego zadania. Zadanie  $Z_1$  z tabeli 2 jest odpowiednikiem zadania aperiodycznego  $Z_1$  przedstawionego na rysunku 3. W przypadku zadania  $Z_3$  (tab. 2) występuje największa różnica pomiędzy wartością  $T_{wyb}$  i  $T_{nom}$ . Potwierdzeniem poprawności działania wzoru (4) było otrzymanie mniejszej wartości funkcji  $Or$  dla zadań, dla których różnica pomiędzy wartościami  $T_{wyb}$  i  $T_{nom}$  była najmniejsza i jednocześnie dla tych zadań przypisano największą wartość  $w_{wz}$ .

Podczas przeprowadzonych badań symulacyjnych (rys. 6 i 7) parametr  $w_{wz}$  dla dwóch zadań był zmieniany w przedziałach od 1 do 200. Dla pozostałego zadania wartość parametru  $w_{wz}$  była stała i wynosiła 100.



Rys. 6. Wpływ wartości  $wwz_{Z_2}$  i  $wwz_{Z_3}$  na  $Or$  przy  $wwz_{Z_1} = 100$

Fig. 6. Influence of parameters  $wwz_{Z_2}$  and  $wwz_{Z_3}$  for  $Or$  when  $wwz_{Z_1} = 100$



Rys. 7. Wpływ wartości  $wwz_{Z_1}$  i  $wwz_{Z_2}$  na  $Or$  przy  $wwz_{Z_3} = 100$

Fig. 7. Influence of parameters  $wwz_{Z_1}$  and  $wwz_{Z_2}$  for  $Or$  when  $wwz_{Z_3} = 100$

Na rysunku 6 wraz ze zwiększaniem wartości liczbowej parametru  $wwz$  dla zadania  $Z_2$  i  $Z_3$  zwiększa się wartość funkcji  $Or$ . Dynamika wzrostu wartości funkcji  $Or$  jest większa dla zadania  $Z_3$  niż dla zadania  $Z_2$ , ponieważ dla zadania  $Z_3$  występuje większa różnica pomiędzy wartością  $T_{wyb}$  a wartością  $T_{nom}$  (tab. 2). Na rysunku 7 przedstawiono obliczone wartości funkcji  $Or$  przy zmieniających wartościach  $wwz_{Z_1}$  i  $wwz_{Z_2}$  od 1 do 200 dla przypadku, gdy  $wwz_{Z_3} = 100$ . Największą wartość funkcji  $Or$  otrzymano dla wartości  $wwz_{Z_1} = wwz_{Z_2} = 1$ , ponieważ dla zadania  $Z_3$  występuje największa różnica pomiędzy  $T_{wyb}$  i  $T_{nom}$  przy jednocześnie największej wartości liczbowej parametru  $wwz$  wśród wszystkich zadań.

Na podstawie analizy wyników z przeprowadzonych badań symulacyjnych (rys. 6 i 7) stwierdzono, że za każdym razem potwierdzał się wpływ parametru  $wwz$  przypisanego trzem zadaniom na wartości funkcji  $Or$  oraz zmniejszanie się wartości funkcji  $Or$  wraz ze zmniejszaniem różnicy pomiędzy wartościami  $T_{wyb}$  i  $T_{nom}$  zadań.

### 3. Podsumowanie

Dla prawidłowego działania algorytmu heurystycznego zastosowanego w EMSzZ (wzór (3)) wymagane było opracowanie funkcji celu, której zadaniem jest ocena doboru nowych nastaw okresów  $T_{wyb}$  dla wszystkich zdefiniowanych zadań. Jako funkcję celu zaproponowano funkcję  $Or$  określoną wzorem (4), w której uwzględniono również wprowadzony w EMSzZ parametr  $wwz$ . Parametr ten ma istotne znaczenie dla działania algorytmów heurystycznych. Podczas minimalizacji funkcji celu  $Or$  algorytmy heurystyczne będą dążyć do pozostawienia wartości  $T_{nom}$  tym zadaniom, dla których ze względów stabilności SPS przypisano najwyższą wartość  $wwz$ .



Przedstawione w artykule wyniki badań symulacyjnych potwierdziły skuteczność opracowanej funkcji celu  $Or$ . We wszystkich wynikach badań symulacyjnych wraz ze zwiększaniem się różnicy pomiędzy wartościami  $T_{nom}$  i  $T_{wyb}$  zadań następowało zwiększanie wartości  $Or$ , co było zgodne z założeniami. Przeprowadzone badania symulacyjne dla większych liczb zadań (nieprzedstawione w artykule) potwierdziły prawidłowe zachowanie się funkcji  $Or$ .

## BIBLIOGRAFIA

1. Allahverdi A., Cheng C.T., Kovalyov M. Y.: A survey of scheduling problems with setup times or costs, *European Journal of Operational Research* 187, 2008, s. 985÷1032.
2. Janiak A., Krysiak T.: Single processor scheduling with job values depending on their completion times, Springer, 2007, s. 129÷138.
3. Błażewicz J., Kovalyov M. Y., Machowiak M., Trystram D., Węglarz J.: Preemptable Malleable Task Scheduling Problem, *IEEE Transactions On Computers*, vol 55, 2006, 486÷490.
4. Winczaszek M.: Wybrane problemy szeregowania z optymalnym doбором przedziałów zakończenia wykonywania zadań, rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2006.
5. Michta E.: Modele komunikacyjne sieciowego systemu pomiarowo-sterującego, [w:] Monografia nr 99, Wydawnictwo Politechniki Zielonogórskiej, Zielona Góra 2000.
6. Michta E.: Scheduling systems, [in:] Sydenham P., Thorn R. (eds.): *Handbook of measuring system design*, John Wiley & Sons, Chichester, 2005, article 174.
7. Liu C., Layland J.: Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a Hard-Real-Time Environment, *Journal of the Association for Computing Machinery*, Vol 20, 1973, 46÷61.
8. Cervin A., Eker J.: Feedback Scheduling of Control Tasks, 39th IEEE Conference on Decision and Control, Sydney, Australia 2000.
9. Buttazzo G., Lipari G., Caccamo M., Abeni L.: Elastic scheduling for flexible workload management, *IEEE Transactions on Computers*, 51, n. 3, 2002, s. 289÷302.
10. Chantem T., Hu S., Lemmon M., Generalized Elastic Scheduling: Real-Time Systems Symposium, 27th IEEE International Volume, 2006, s. 236÷245.
11. Powroźnik P.: Elastyczny model szeregowania zadań w systemach pomiarowo-sterujących z wykorzystaniem algorytmu ewolucyjnego. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 2, 2009, s. 79÷82.

12. 12. Miczulski W., Powroźnik P.: Analiza właściwości wybranych algorytmów heurystycznych zastosowanych w elastycznym modelu szeregowania zadań. Przegląd Elektrotechniczny, nr 9a, 2011, s. 107÷111.

Wpłynęło do Redakcji 13 marca 2012 r.

### Abstract

In this paper results of simulation studies validate the developed fitness functions equation (4) which compare the periods set selection by heuristic algorithms in elastic task model scheduling are presented.

Before fitness function will be executed checking the condition calculations equation (2) the value of  $U$  for the set by setting  $T_{wyb}$  for all tasks is preceded. The elastic task model scheduling introduced  $w_{wz}$  parameter, which is also mentioned as a fitness function ( $Or$ ). This parameter is essential to the operation of heuristic algorithms.

Value of fitness function in heuristic algorithms is minimized when seek and evaluate new periods of tasks by leave the  $T_{nom}$  these tasks, for which highest value of  $w_{wz}$  parameters are assigned.

Based on the results of simulation studies (Fig. 4 to 7) can be stated that the fitness function value calculated from equation (4) were consistent with those expected. Every time confirmed the influence of parameter  $w_{wz}$  assigned for tasks to the fitness function. For tasks with have a smaller difference between their values  $T_{nom}$  and  $T_{wyb}$  calculated value was relatively smaller. The conducted simulation studies for larger number of tasks confirmed the correct behavior of the function  $Or$ .

### Adres

Piotr POWROŹNIK: Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Metrologii Elektrycznej,  
ul. Podgórna 50, 65-246 Zielona Góra, Polska, p.powroznik@ime.uz.zgora.pl