

Michał KRZEMIŃSKI

PROGRAM DO SZEREGOWANIA ZADAŃ W BUDOWNICTWIE KASS V.1.0

Streszczenie

W artykule omówiony został autorski program służący do szeregowania zadań KASS v.1.0. Program dedykowany jest dla Budownictwa. Zostały w nim wprowadzone kryteria minimalnego czasu, ciągłości brygad oraz minimalizacji kosztów przenoszenia frontu robót. W artykule zaprezentowano algorytm programu wraz z instrukcją obsługi oraz przykładem sprawdzającym.

WSTĘP

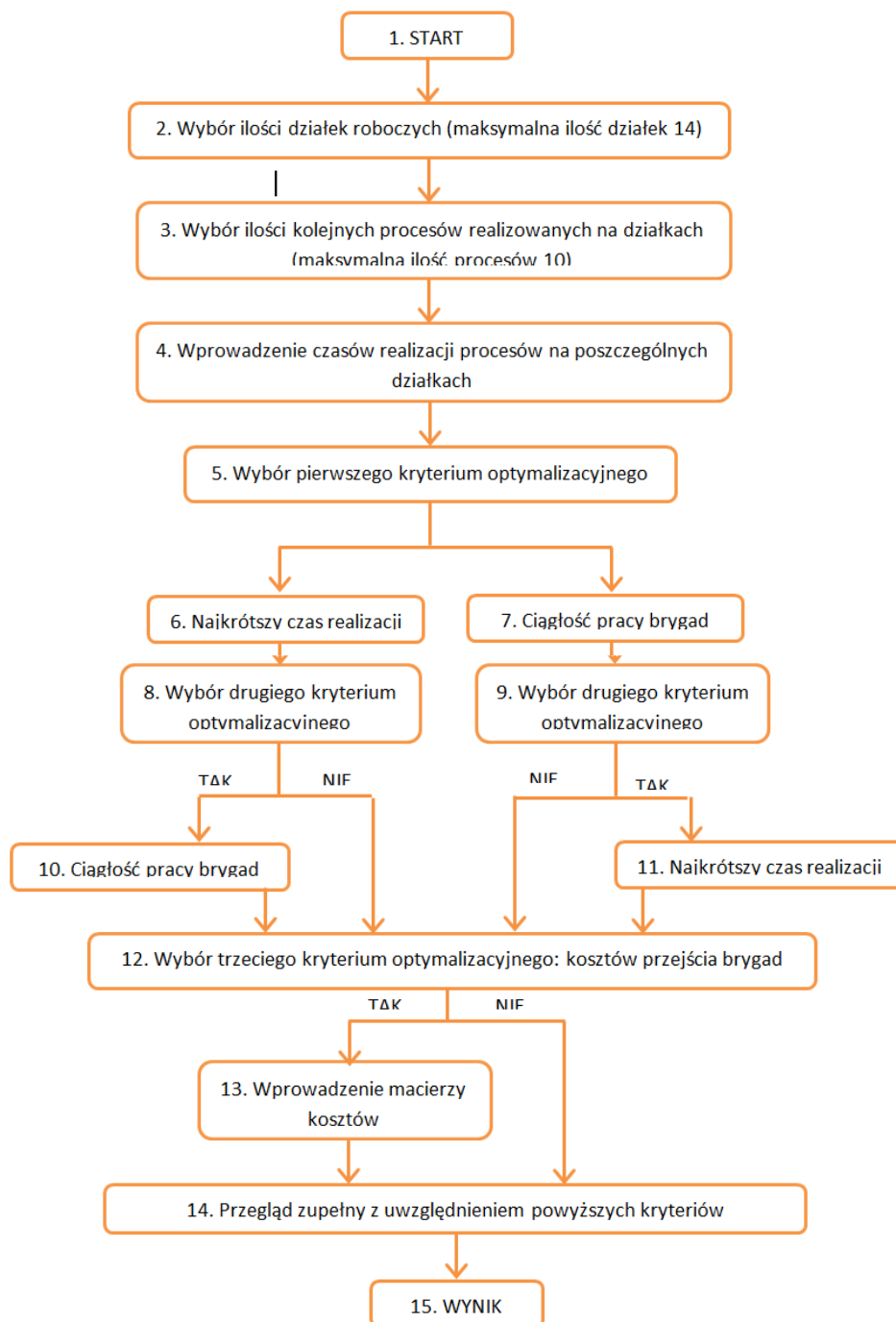
W ostatnich latach nastąpił znaczny rozwój w dziedzinie komputerów. Posiadane powszechnie komputery mają wielokrotnie większe moce obliczeniowe niż te z przełomu tysiącleci. Taka sytuacja pozwoliła na opracowanie modelu szeregowania zadań bazującego na idei przeglądu zupełnego. W ramach niniejszego artykułu zaprezentowany został autorski program szeregowania zadań KASS v.1.0 (Krzeminski Algorithm Scheduling System wersja 1.0) Prezentowane oprogramowanie pozwala na rozwiązanie problemu optymalizacyjnego szeregowania zadań na maksymalnie 14 działkach roboczych i przy założeniu pracy do 10 kolejno wykonujących pracę brygad. W programie możliwe jest zastosowanie trzech kryteriów minimalnego czasu realizacji i/lub maksymalnej ciągłości pracy brygad oraz kryterium minimalizacji kosztów przejścia brygad pomiędzy działkami. W dalszej części artykułu zaprezentowany zostanie algorytm modelu. Znajduje się w nim skrócona instrukcja obsługi pozwalająca jednak w pełni wykorzystać możliwości programu. Wykonane zostały także przykłady sprawdzające poprawność metodyczną modelu.

1. PROGRAM KASS V.1.0

1.1. Algorytm programu

Prezentowany w ramach artykułu program KASS v.1.0 pozwala na opracowanie uszeregowania pracy brygad maksymalnie 10 brygad roboczych na 14 działkach. Dla potrzeb szeregowania zadań w budownictwie można uznać że 14 działek roboczych to liczba wystarczająca.

Program w pierwszej wersji pracuje jedynie na liczbach całkowitych, należy zauważyć że opracowano go celem sprawdzenia zasadności prowadzenia badań w tym kierunku.



Rys. 1. Algorytm programu KASS v.1.0 [opracowanie własne]

Wielką zaletą programu opracowanego jest możliwość wykorzystywania w optymalizacji kryteriów dedykowanych specjalnie dla celów optymalizacji budowlanej. Program pozwala na optymalizację z uwzględnieniem kryterium minimum łącznego czasu realizacji i/lub minimalnych łącznych czasów przestoju brygad. Należy określić które kryterium będzie wykorzystywane jako pierwsze. Program działa na takiej zasadzie że na początku przeszukuje przestrzeń możliwych rozwiązań pod względem kryterium pierwszego a następnie jeżeli występują przypadki o takim samym np. minimalnym łącznym czasie realizacji program używa drugiego kryterium celem wyłonienia rozwiązania bardziej korzystnego. Możliwe jest również użycie dodatkowego kryterium minimalizacji kosztów przenoszenia brygad pomiędzy kolejnymi działkami.

1.2. Kryteria szeregowania zadań

Najkrótszy czas realizacji

Rozumiany jako najmniejsza długość uszeregowania. Kryterium często pojawiające się w zadaniach optymalizacyjnych z zakresu szeregowania zadań. Dla budownictwa szczególnie istotne, ponieważ pozwala na określenie terminu wykonania wszystkich prac.

W przypadku poszukiwania najkrótszego terminu realizacji dla całego uszeregowania należy stosować następującą zależność:

$$T_{min} = \min(T_{nm}^{k,1}, T_{nm}^{k,2}, \dots, T_{nm}^{k,u}), \quad (1)$$

gdzie:

u – oznacza kolejne warianty uszeregowania zadań,

T_{nm}^k – termin wykonania ostatniej czynność w wybranym uszeregowaniu p .

W przypadku zastosowania tego kryterium uszeregowanie z najmniejszą wartością całkowitego czasu prowadzenia robót zostanie wybrane jako najlepsze.

Ciągłość pracy brygad

Jedno z najważniejszych kryteriów stosowanych w budownictwie w procesie szeregowania zadań. Każdemu właścicielowi firmy zależy na posiadaniu dobrze wykwalifikowanego i zgranego zespołu. Jednym z elementów które pozwalają osiągnąć ten cel jest zapewnienie wynagrodzeń na odpowiednim poziomie dla swoich pracowników. Wynagrodzenia płyną natomiast między innymi z przerobu wypracowanego przez brygadę roboczą. Można stwierdzić że, żeby posiadać dobrą kadre należy zapewnić jej jak największą ciągłość w pracy. Ciągłość pracy pozwala również na prostsze wypracowanie zgrania w zespole.

Ciągłość pracy brygad można wyznaczyć poprzez wybór rozwiązania posiadającego najmniejszą wartość czasu przestojów pracy brygady. W tym celu można posłużyć się następującą zależnością:

$$CPB_{min} = \min \left\{ \left[\left(\sum_{j=1}^m T_{1,j}^p - T_{1,j-1}^k \right)^{(1)} + \left(\sum_{j=1}^m T_{2,j}^p - T_{2,j-1}^k \right)^{(2)} + \dots + \left(\sum_{j=1}^m T_{i,j}^p - T_{i,j-1}^k \right)^{(i)} \right], \right. \\ \left. \left[\left(\sum_{j=1}^m T_{i,j}^p - T_{i,j-1}^k \right)^{(2)} + \left(\sum_{j=1}^m T_{i,j}^p - T_{i,j-1}^k \right)^{(2)} + \dots + \left(\sum_{j=1}^m T_{i,j}^p - T_{i,j-1}^k \right)^{(2)} \right], \right. \\ \left. \left[\left(\sum_{j=1}^m T_{i,j}^p - T_{i,j-1}^k \right)^{(i)} + \left(\sum_{j=1}^m T_{i,j}^p - T_{i,j-1}^k \right)^{(i)} + \dots + \left(\sum_{j=1}^m T_{i,j}^p - T_{i,j-1}^k \right)^{(i)} \right] \right\} \quad (2)$$

gdzie :

u – oznacza kolejne warianty uszeregowania zadań,

i – numer brygady roboczej,

j - numer kolejnej działki roboczej.

W przypadku zastosowania tego kryterium uszeregowanie z najmniejszą wartością całkowitego czasu przestoju brygad zostanie wybrane jako najlepsze.

Koszt przenoszenia frontu robót

Koszt w tym przypadku należy rozumieć nie tylko jako nakład finansowy ale jako nakład wszelkiego rodzaju środków.

Czasy wykonania robót na poszczególnych działkach mogą być niekiedy bardzo różne od siebie. W takim przypadku model szeregowania zadań, mógłby podać kolejność optymalną pod względem wcześniej podanych kryteriów, takich jak na przykład ciągłość pracy brygad. Uszeregowanie takie mogłoby być jednak nacechowane brakiem płynności przechodzenia brygad w planie placu budowy.

Wyobraźmy sobie przypadek w którym działki robocze są mieszkaniami do wykończenia i znajdują się w obrębie dwóch klatek schodowych, przenoszenie brygad roboczych pomiędzy klatkami i piętrami mogłoby generować koszty i powodować zamieszanie.

Zadaniem kryterium jest wpływanie na uszeregowanie zadań w taki sposób aby łączny koszt przenoszenia frontów robót był najmniejszy. Należy w tym celu na etapie wprowadzania danych dla zadania utworzyć szereg macryc kosztów dla przenoszenia poszczególnych brygad (MK_i) pomiędzy poszczególnymi frontami robót. Matryce nie muszą być symetryczne. Jeżeli natomiast przenoszenie brygady nie stanowi żadnego problemu, można dla niej nie wprowadzać macierzy przejścia. Macierz kosztów powinna być definiowana w następujący sposób:

$$MK_i = \begin{bmatrix} 0 & k_{12} & \dots & k_{1j} \\ k_{21} & 0 & \dots & k_{2j} \\ \dots & \dots & 0 & \dots \\ k_{j1} & k_{j2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

gdzie:

i – oznacza numer brygady,

j – oznacza numer działki.

Mając dane uszeregowanie można wyznaczyć koszt przejścia brygady KB_i pomiędzy poszczególnymi działkami. Należy wybrać rozwiązanie o najmniejszym koszcie przejścia brygady, zgodnie z poniższą zależnością:

$$KB_i = \min\{KB_i^{(1)}, KB_i^{(2)}, \dots, KB_i^{(u)}, \} \quad (4)$$

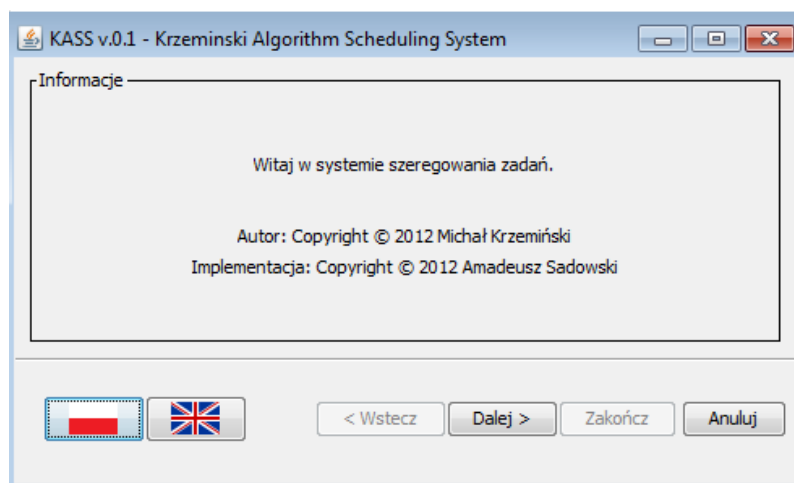
gdzie :

u – oznacza kolejne warianty uszeregowania zadań,

W przypadku zastosowania tego kryterium uszeregowanie z najmniejszym kosztem przejścia brygad zostanie wybrane jako najlepsze.

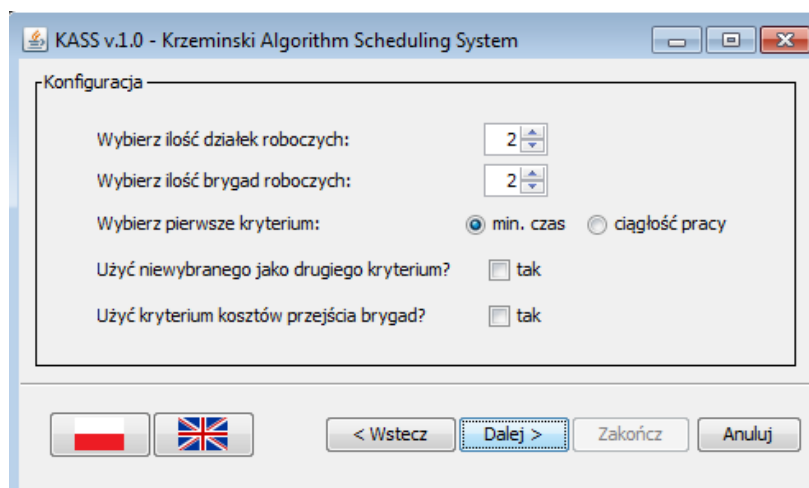
1.3. Instrukcja obsługi programu KASS v.1.0

Instrukcja została opracowana w formie zrzutów ekranowych wraz z opisem. Program działa w środowisku Windows, nie wymaga instalacji. Został napisany w języku Java. Czas wykonywania obliczeń może zależeć od wydajności obliczeniowej procesora. Poniżej znajduje się ekran powitalny, wyświetlany po uruchomieniu programu.



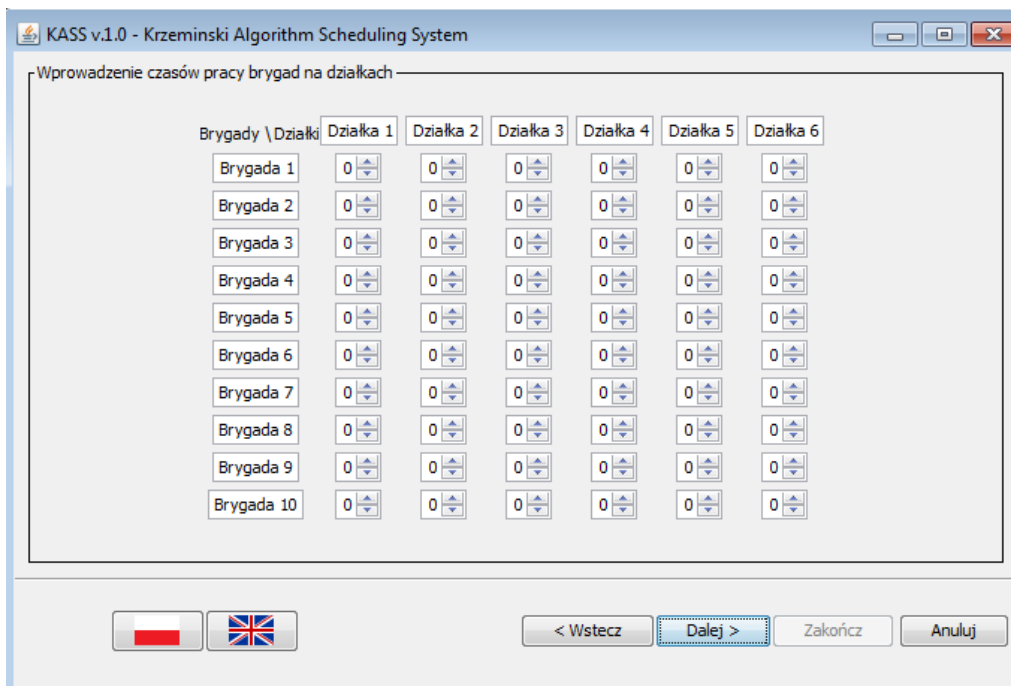
Rys. 2. Ekran powitalny programu KASS v.1.0 [opracowanie własne]

Program może być obsługiwany po Polsku lub po Angielsku. Język obsługi można w każdej chwili przełączyć klikając na symbol odpowiedniej flagi znajdujący się w lewym dolnym rogu okna programu. W celu wprowadzania danych należy przycisnąć przycisk Dalej(eng. Next).

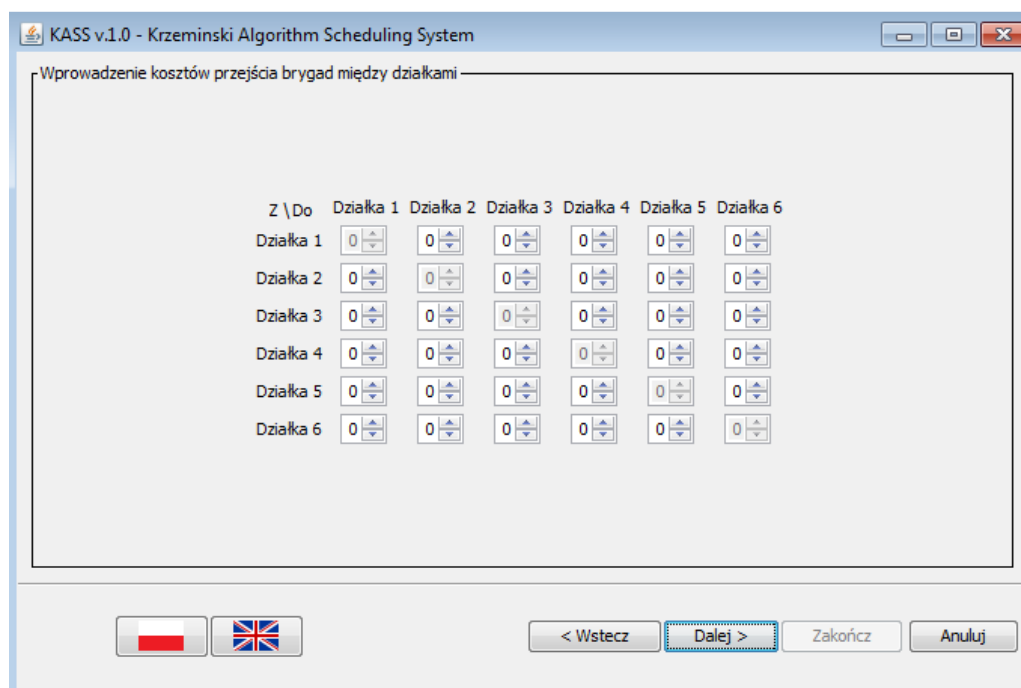


Rys. 3. Wybór kryteriów optymalizacyjnych [opracowanie własne]

W programie istnieje możliwość wprowadzenia czasów trwania dla maksymalnie 10 czynności i 14 działek roboczych. Należy wybrać które kryterium uznajemy za najważniejsze, do wyboru jest minimum czasu i ciągłość pracy brygad. Można prowadzić również optymalizację przy użyciu dwóch kryteriów równocześnie, należy jednak wybrać które jest nadrzędne wybierające je jako pierwsze kryterium. W programie istnieje możliwość użycia dodatkowego kryterium kosztów przejścia brygad pomiędzy poszczególnymi działkami. Koszty przejścia wprowadzane są w postaci macierzowej. Macierz nie musi być symetryczna (rys. 2.12). Na poniższym rysunku pokazano przykładową macierz dla wprowadzania czasów pracy poszczególnych brygad na określonej liczbie działek. Czasy pracy wprowadza się w postaci liczb całkowitych.



Rys. 4. Macierz wprowadzania czasów wykonania wszystkich prac [opracowanie własne]



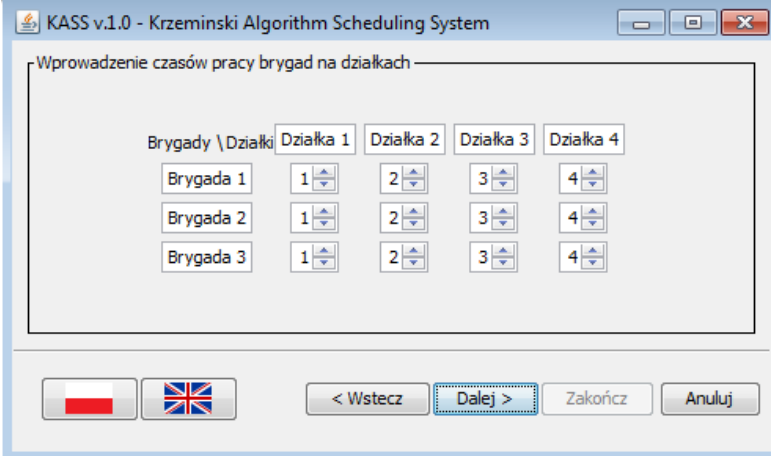
Rys. 5. Macierz wprowadzania kosztów przejścia pomiędzy działkami [opracowanie własne]

Na rysunkach 4 i 5 pokazane zostały zrzuty z ekranu pokazujące macierze wprowadzania danych, wielkości macierzy zostały określone przez założenie że praca będzie wykonywana przez 10 brygad pracujących na 6-ciu działkach roboczych.

Program jest dostępny na stronie internetowej: wektor.il.pw.edu.pl/~mkrz, w zakładce Programy.

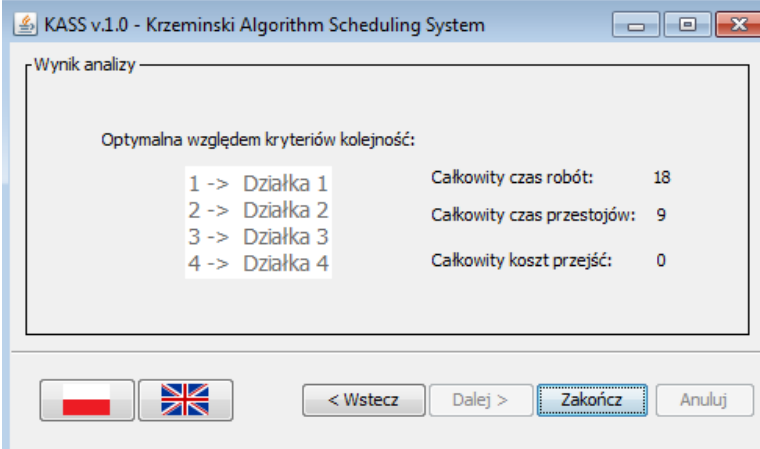
2. PRZYKŁAD SPRAWDZAJĄCY DLA PROGRAMU KASS V.1.0

Celem sprawdzenia poprawności reguł i implementacji wykonano kilka przykładów sprawdzających. Poniżej znajdują się zrzuty z ekranu opatrzone krótkim komentarzem.



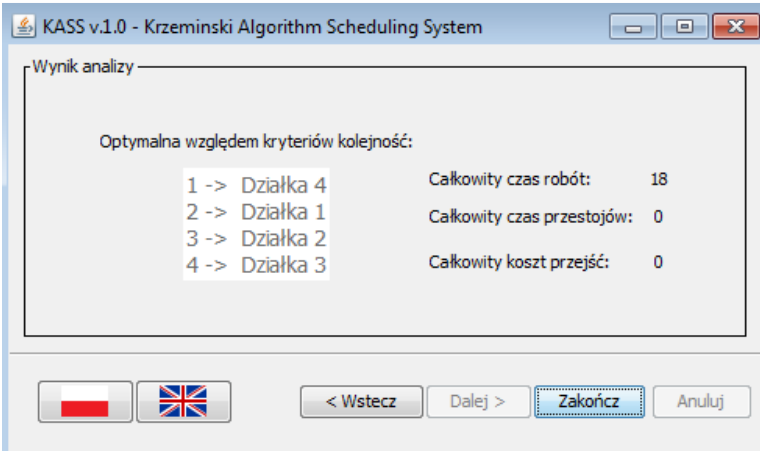
The screenshot shows the 'Wprowadzenie czasów pracy brygad na działkach' (Introduction of brigade working times on plots) screen. It features a table with 3 rows (Brygada 1, 2, 3) and 4 columns (Działka 1, 2, 3, 4). Each cell contains a spinner control with the value 1, 2, 3, or 4. At the bottom, there are flags for Poland and the UK, and navigation buttons: '< Wstecz', 'Dalej >', 'Zakończ', and 'Anuluj'.

Rys. 6. Dane wejściowe [opracowanie własne]



The screenshot shows the 'Wynik analizy' (Analysis result) screen. It displays the optimal sequence of plots: 1 -> Działka 1, 2 -> Działka 2, 3 -> Działka 3, 4 -> Działka 4. To the right, it lists the total working time (18), total waiting time (9), and total transition cost (0). Navigation buttons at the bottom include '< Wstecz', 'Dalej >', 'Zakończ', and 'Anuluj'.

Rys. 6. Wynik działania z uwzględnieniem jedynie kryterium minimum czasu [opracowanie własne]



The screenshot shows the 'Wynik analizy' (Analysis result) screen with an alternative optimal sequence: 1 -> Działka 4, 2 -> Działka 1, 3 -> Działka 2, 4 -> Działka 3. The total working time is 18, total waiting time is 0, and total transition cost is 0. Navigation buttons at the bottom include '< Wstecz', 'Dalej >', 'Zakończ', and 'Anuluj'.

Rys. 6. Wynik działania z uwzględnieniem jedynie kryterium minimum czasu [opracowanie własne]

Zasada działania programu jest taka, że znajduje on pierwsze rozwiązanie a następnie porównuje je z kolejnymi. Jeżeli więc przyjęto jedynie optymalizację z uwzględnieniem tylko jednego kryterium, najkrótszego czasu realizacji uzyskano wynik kolejności identycznej z kolejnością wprowadzania danych. Po wprowadzeniu dodatkowego kryterium uzyskano zmianę kolejności. Zmiana nie wpłynęła na łączny czas realizacji zadania, wpłynęła natomiast na czas przestoju brygad, który zmniejszył się z 9 jednostek do 0 – uzyskano to dzięki przeniesieniu czynności o najdłuższych czasach na początek uszeregowania.

PODSUMOWANIE

W artykule zaprezentowany został algorytm, instrukcja obsługi oraz przykład sprawdzający dla nowo opracowanego programu szeregowania zadań KASS v.1.0

Planuje się rozbudowanie programu polegające na możliwości wprowadzania wartości nie tylko całkowitoliczbowych, dodatkowo wprowadzone zostaną nowe kryteria optymalizacyjne, opisane w niniejszej pracy. Program zostanie także dostosowany do współpracy z programem Excel.

Program posiada interfejs w języku polskim i angielskim. Program pracuje w środowisku Windows, potrzebuje jedynie instalacji dodatku Java. Dodatek jest bezpłatny, program natomiast informuje o konieczności instalacji, jeżeli jest ona konieczna.

Badania przedstawione w artykule wskazują na przydatność wykonywania tego typu modeli. Model po wprowadzeniu niezbędnych udogodnień opisanych powyżej będzie mógł być wykorzystywany w pełni jako część większego systemu optymalizacyjnego dla harmonogramów budowlanych

Program dostępny jest na stronie internetowej wektor.il.pw.edu.pl/~mkrz → PROGRAMY → KASS .

BIBLIOGRAFIA

1. Coffman jr. E.G.: *Teoria szeregowania zadań*. Wydawnictwo Naukowo Techniczne 1980
2. Kuchta D.: *Zagadnienie czasu i kosztów w zarządzaniu projektami : wybrane metody planowania i kontroli*. Politechnika Wrocławska 2011,
3. Pinedo M. L.: *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. Springer 2012,
4. Pinedo M. L.: *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*. Springer 2009,
5. Połoński M.: *Harmonogramy sieciowe w robotach inżynierskich*. Wydawnictwo SGGW 2001,
6. Reid R. D., Sanders N. R.: *Operations management*. 3rd Edition Wiley 2007

SCHEDULING SYSTEM FOR CONSTRUCTION KASS V.1.0

Abstract

Paper discussed the author's program for scheduling KASS v.1.0. The program is dedicated to the construction industry. It was introduced criteria for the minimum time, continuity and minimize costs brigades moving front works. The paper presents the algorithm of the program with an instruction manual and an example of checking.