

Michał KRZEMIŃSKI

SZEREGOWANIE ZADAŃ PRZY ZASTOSOWANIU PROGRAMU KASS V.1.0

Streszczenie

W artykule omówiony został przykład zastosowania systemu harmonogramowania KASS v.1.0 do uszeregowania prac brygad na kolejnych działkach roboczych. System zastosowano dla wykonania harmonogramu robót wykończeniowych w poszczególnych boksach przykładowej galerii handlowej. Jako kryteria optymalizacyjne przyjęto minimalizację łącznego czasu wykonania i maksymalną możliwą ciągłość pracy brygad.

WSTĘP

Harmonogram realizacji robót budowlanych jest jednym z podstawowych narzędzi organizacyjnych dla każdego przedsięwzięcia budowlanego. Poprawność przyjętych w nim założeń ma bezpośredni wpływ na czas trwania cyklu budowlanego oraz wiele aspektów ekonomicznych wykonywania prac budowlanych.

Z punktu widzenia inwestora harmonogram powinien zakładać jak najkrótszy czas wykonania. Dla inwestora bowiem, w trakcie realizacji budowy inwestycja nie przynosi żadnych zysków a generuje jedynie koszty, których część stanowi środki przekazywane wykonawcy w miarę postępu robót, a część jest tak zwanym kosztem kapitału zależnym od sposobu i czasu finansowania. Od momentu zakończenia budowy, inwestycja staje się aktywną częścią biznesu i zaczyna spełniać swoje podstawowe założenia. W tym przynosić zyski lub środki na spłatę zaciągniętych kredytów.

W przypadku robót powtarzalnych duże znaczenia ma odpowiednie uszeregowanie zadań, czyli ustalenie kolejności przechodzenia brygad pomiędzy działkami roboczymi. W modelach przepływowych (ang. Flowshop, FS) na każdej działce roboczej praca powinna zostać wykonana przez określone brygady w określonej kolejności. Zakłada się również że dana wyspecjalizowana brygada wykonuje pracę tylko raz na kolejnej działce.

W artykule zaprezentowano możliwość zastosowania programu KASS v.1.0 (Krzeminski Algorithm Scheduling System wersja 1.0). Program jest implementacją przepływowego modelu przeglądu zupełnego. Dokładny opis modelu znajduje się w artykule p.t. Program do szeregowania zadań w budownictwie KASS v.1.0

1. OPIS GALERII HANDLOWEJ – DANE DO PRZYKŁADU

Potokowe metody realizacji robót budowlanych są zaczerpnięte z przemysłowych metod produkcji taśmowej. Analogia polega na tym, że brygady robocze są rozpatrywane jak maszyny w fabryce a kolejność prac przez nie wykonywanych ma określoną technologicznie

kolejność. Założenia te powodują, że jedynym modyfikacjom może podlegać kolejność poszczególnych działek roboczych.

Podstawową zaletą organizacyjną wynikającą z zastosowania modelu pracy równomiernej jest uzyskanie pożądaných właściwości organizacyjnych takich jak ciągłość zatrudnienia, równomierność produkcji oraz zużycia materiałów budowlanych. W tak przyjętym systemie organizacyjnym możliwe jest stałe podnoszenie wydajności pracy brygad roboczych oraz zmniejszenie lub nawet wyeliminowanie niepożądanych przerw roboczych.

Analizowany przykład galerii handlowej idealnie wpasowuje się w założenia prezentowanej metody. Galeria składa się z 72 boksów, w których należy wykonać ten sam zestaw robót w ustalonej kolejności technologicznej.



Rys. 1. Rzut galerii handlowej [2]

Zastosowanie metody pracy równomiernej wymaga podziału na działki robocze. Podział ten wynika często bezpośrednio z uwarunkowań konstrukcyjnych takich jak podział na pomieszczenia. Jednak nie zawsze taki naturalny podział sprawdza się w ujęciu tej metody.

Działki powinny być możliwie zbliżone do siebie wielkością. Ilości realizowanych robót nie powinny różnić się o więcej niż 15 procent. W praktyce taka sytuacja rzadko ma miejsce. Wpływ na to ma nie tylko architektura budynku, ale także niejednorodności technologicznej poszczególnych robót. Dokonując podziału nie traktujemy powyższego warunku jako konieczny. Dążenie w tym kierunku ma jedynie zapobiec sytuacji, w której znaczne różnice w wielkościach działek powodują niewspółmierne czasy wykonania robót, które uniemożliwiają uzyskanie ciągłości pracy.

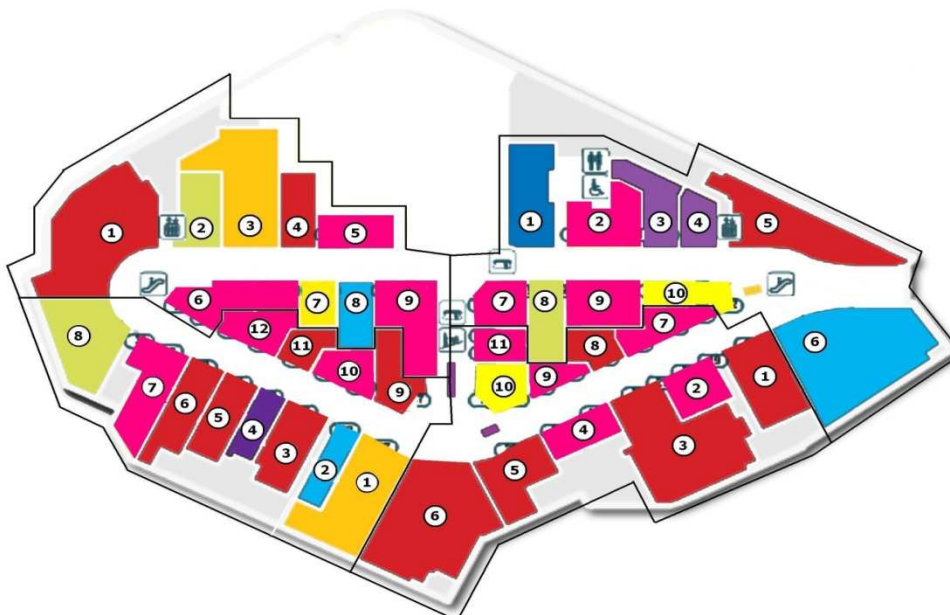


Rys.2. Podział na fronty robót [2]

Algorytmy wykorzystane do obliczeń, nie zawierają czasu potrzebnego na przejście ekipy do następnego boksu. W celu pominięcia tego czynnika w obliczeniach dokonano podziału dwuetapowo. Galerię podzielono na 4 fronty robót, w obrębie których boksy znajdują się w odległości nie powodującej znacznego wpływu na przyjęte czasy trwania. Ponadto normy czasu pracy zawarte w KNR, na podstawie których zostały wyznaczone w pewnym stopniu uwzględniają w sobie czas przenoszenia stanowisk roboczych.

Rozpatrywanie galerii jako całości powodowałoby paradoks błędzenia ekip po całym obiekcie. Z punktu widzenia organizacyjnego takie rozwiązanie byłoby niedopuszczalne.

W każdym z czterech frontów, które będą realizowane równoległe, wyodrębniono działki robocze mając na uwadze następujące kryterium. Najmniejsze sąsiadujące ze sobą boksy zostały scalone tak, aby powierzchnia powstałej w ten sposób działki była zbliżona do pozostałych. Taki podział zapewnia zbliżone ilości robót posadzkarskich i montażu sufitu. Nie daje jednak równości dla pozostałych robót.



Rys.3. Podział na działki robocze [2]

W poniższej tabeli nr 1 zostały zestawione wyniki obliczeń czasów trwania poszczególnych robót na poszczególnych działkach roboczych. Niektóre działki zostały ze sobą połączone. Zostało to oznaczone w kolumnie Boks, która prezentuje które boksy będą wykonywane jako jedna działka robocza. Wszystkie połączone w ten sposób boksy są boksami sąsiadującymi i tworzą jednolite działki robocze.

Tab. 1. Zestawienie czasów trwania robót w boksach na froncie nr 1 [2]

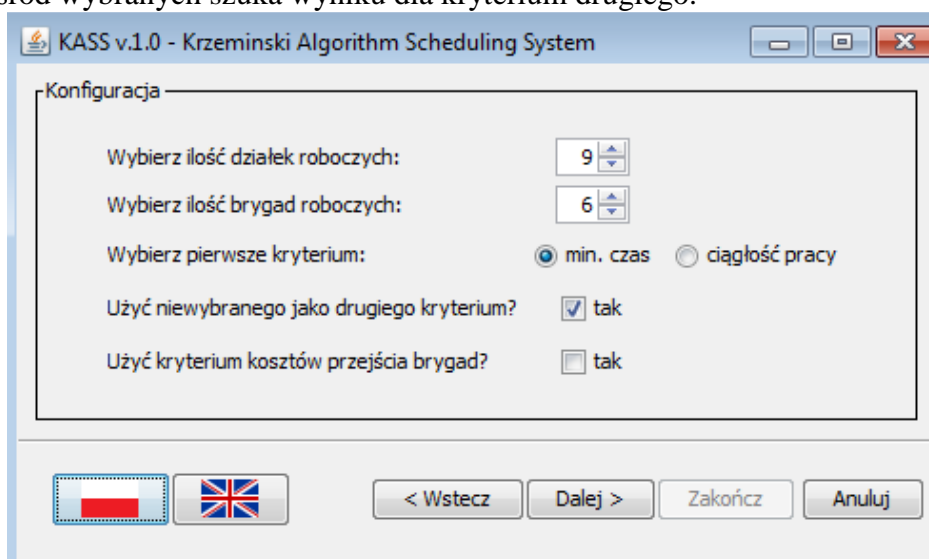
L.p.	Boks	Montaż płyt g-k	Wykonanie sufitu podwieszanego	Ułożenie posadzki gres z cokolikami	Montaż witryny i rolet	Malowanie	Montaż okładziny kamiennej
1	1	43	59	82	35	50	23
2	2	22	16	23	18	26	15
3	3	42	41	58	24	50	18
4	4	22	14	20	15	26	14
5	5 - 8.	39	12	19	28	47	40
6	36 - 40	34	17	24	91	39	76
7	41	15	9	13	16	17	14
8	42	20	12	18	15	23	14
9	43 - 46	36	16	23	59	42	54

Dane przedstawione w tabeli zostały wprowadzone do programu KASS v.1.0. Działanie programu oraz wyniki zaprezentowane zostały w następnym rozdziale.

2. OBLICZENIA W PROGRAMIE KASS V.1.0

W omawianym przykładzie przyjęto że optymalizacja prowadzona będzie z uwzględnieniem dwóch kryteriów optymalizacyjnych minimum czasu jako pierwsze i minimum kosztu jako drugie. Wybór opcji prezentuje poniższy rysunek nr. 4. Na zrzucie ekranowym widać również że rozpatrywany przykład dotyczy uszeregowania pracy 6-ciu brygad roboczych na 9-ciu działkach. Zgodnie z założeniami opisywanymi w poprzednim rozdziale, dotyczącymi pominięcia kosztów przenoszenia frontów robót to kryterium nie zostało oznaczone.

W programie występuje zależność które kryterium zostanie wybrane jako pierwsze, program prowadząc przegląd zupełny najpierw szuka wyniku dla pierwszego kryterium a następnie wśród wybranych szuka wyniku dla kryterium drugiego.



Rys.4. Wybór kryteriów optymalizacyjnych [opracowanie własne]

Czasy wykonywania kolejnych czynności przedstawiono na rysunku nr. 5 będącym zrzutem z ekranu programu KASS v.1.0 znajdującym się poniżej. Czasy pochodzą z tabeli nr. 1, są to czasy w godzinach.

Brygady \ Działki	Działka 1	Działka 2	Działka 3	Działka 4	Działka 5	Działka 6	Działka 7	Działka 8	Działka 9
Płyty G-K	43	22	42	22	35	34	15	20	36
Sufit	55	16	41	14	12	17	9	12	16
Posadzki	82	22	58	20	15	24	12	18	22
Witryny	35	18	24	15	28	91	16	15	55
Malowanie	50	26	50	26	47	35	17	22	42
Oklładziny	23	15	18	14	40	76	14	14	54

Rys.5. Rozpatrywane czasy pracy brygad [opracowanie własne]

Na poniższym rysunku nr. 6 przedstawiono zrzut z ekranu prezentujący wyniki działania programu. Całkowity czas wykonania wszystkich czynności przez wszystkie brygady wyniósł 625 godzin. Łączny czas przestojów brygad wyniósł 463 godziny. W białym oknie program prezentuje optymalną kolejność przechodzenia brygad. Wynikiem działania programu jest uszeregowanie rozpoczynające prace na działce trzeciej a kończące na działce drugiej.

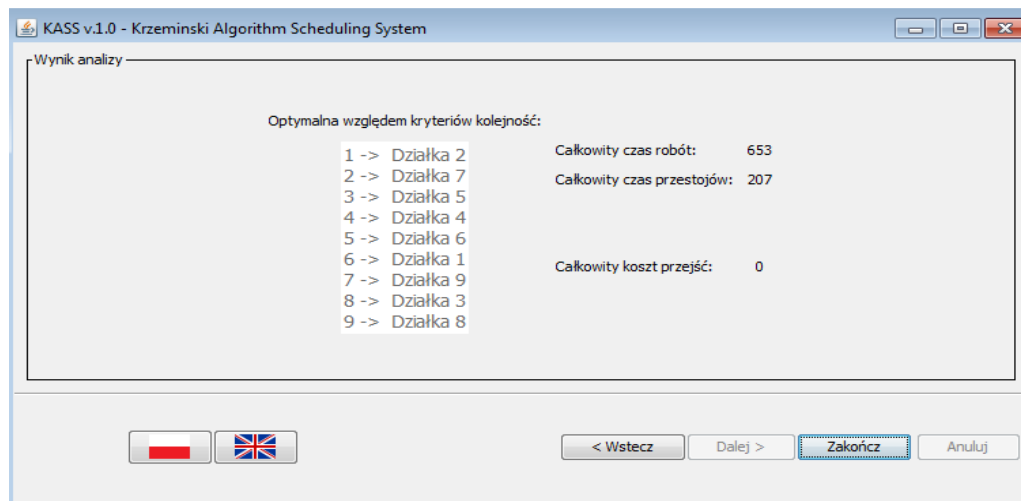
Optymalna względem kryteriów kolejność:	
1 ->	Działka 3
2 ->	Działka 1
3 ->	Działka 4
4 ->	Działka 5
5 ->	Działka 6
6 ->	Działka 7
7 ->	Działka 8
8 ->	Działka 9
9 ->	Działka 2

Całkowity czas robót:	625
Całkowity czas przestojów:	463
Całkowity koszt przejść:	0

Rys.6. Wyniki działania programu KASS v.1.0 [opracowanie własne]

Po wykonaniu obliczeń zdecydowano się na zmianę kolejności kryteriów. Jako pierwsze przyjęto kryterium minimalizacji przestojów brygad natomiast jako drugie kryterium minimalizacji całkowitego czasu wykonania. Wyniki prezentuje rysunek nr. 7 poniżej.

Nastąpiło wydłużenie czasu realizacji do 653 godzin czyli o około 5%. Znacząco natomiast zmniejszyła się liczba godzin przestojów w pracy brygad, przeszło dwukrotnie. Naturalnie zmieniła się kolejność obsługiwanych działek roboczych



Rys.7. Wyniki działania programu KASS v.1.0 [opracowanie własne]

PODSUMOWANIE

Zastosowani programu bazującego na modelu przeglądu zupełnego dają najlepszy z możliwych rezultatów. Przedstawiony przykład pokazuje jak ważny jest wybór kryteriów optymalizacyjnych. Nie zastosowano kryterium kosztów przejścia, które również mogłoby mieć duży wpływ na wyniki.

W przyszłości planowane jest rozszerzenie programu polegające na uszczegółowieniu kryteriów wyboru. Możliwa będzie optymalizacja za pomocą takich kryteriów jak na przykład ciągłość pracy wybranej brygady, czy nieprzekraczalność terminu wykonania robót na danej działce. Dodatkowo planowane jest rozszerzenie ilości możliwych działek roboczych, poprzez wprowadzenie technik sztucznej inteligencji do obliczeń. Program można pobrać ze strony: wektor.il.pw.edu.pl/~mkrz → Programy.

BIBLIOGRAFIA

1. Butterworth R.: *Scheduling theory*, Department of Combinatorics and Optimization, University of Waterloo 1979,
2. Frąckiewicz R., Krzemiński M.: *Analiza możliwości wykorzystania w harmonogramowaniu budowlanym reguł szeregowania zadań stosowanych w produkcji przemysłowej*
XV International Conference TRANSCOMP, 5 - 8 Grudnia 2011, Zakopane
3. Jaworski K. M.: *Metodologia projektowania realizacji budowy*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2009,
4. Połowski M.: *Harmonogramy sieciowe w robotach inżynierskich*, Wydawnictwo SGGW 2001,
Pinedo M. L.: *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*, Springer 2012.

SCHEDULING WITH USING THE KASS V.1.0

Abstract

Paper discussed the example of the scheduling system KASS v.1.0 to rank brigades work on the next working plots. The system was used for the execution of finishing work schedule in each sample shopping stalls. As optimization criteria adopted to minimize the total execution time and the maximum possible continuity teams.