CZESŁAW KULIK

# PROBLEM ROZMIESZCZENIA MASZYN LICZĄCYCH W DUŻYCH SYSTEMACH PRZEMYSŁOWYCH AUTOMATYCZNIE STEROWANYCH

Duże systemy przemysłowe, jak kopalnie, kombinaty metalurgiczne, chemiczne itp., mają złożoną strukturę i rozgałęzioną sieć połączeń, po której krążą informacje.

W takich warunkach niezawodność linii informacyjnych, zależna w dużym stopniu od sposobu rozmieszczenia maszyn liczących i pomocniczego sprzętu informacyjnego w systemie sterowania, jest ważnym zagadnieniem, którego rozwiązanie decyduje o poprawności pracy całego układu.

Celem niniejszego opracowania jest omówienie problemu optymalnego rozmieszczenia maszyn liczących w dużym obiekcie przemysłowym automatycznie sterowanym.

Układ sterowania kombinatem można podzielić na trzy stopnie hierarchii, mianowicie:

1) systemy lokalne (podsystemy systemu sterowania),

2) system sterowania transportem, np. wewnętrznym węzłem kolejowym,

3) system sterowania kombinatem.

Przyjmijmy, że w pierwszym (najniższym) stopniu sterowania nie przewiduje się zainstalowania maszyn liczących.

Drugi stopień sterowania będzie wyposażony w jedną EMC, rozwiązującą zadania związane ze sterowaniem ruchem transportu kolejowego w granicach węzła wewnętrznego.

Trzeci stopień rozwiązuje globalne zadania związane ze sterowaniem kombinatem, a także zadania sterowania ruchem transportu kolejowego na odcinkach między stacjami i wyposażony jest również w jedną EMC.

Z trzecim stopniem sterowania są bezpośrednio związane wyższe służby kombinatu, rozmieszczone w pomieszczeniu sterowiania kombinatem. Spośród tych służb, nas będzie głównie interesować dyspozytor kombinatu.

Tak więc rozpatrywany system będzie posiadał 4 węzły przyjmowania i wydawania informacji, które oznaczymy jako $m_j$ $(j = 1, 2, 3, 4)$:

1) Sterowany obiekt $m_1$:

2) EMC$_1$ $m_2$;
3) EMC$_2$ $m_3$;
4) Dyspozytor kombinatu $m_4$.

Dla tych węzłów istnieją następujące możliwe miejsca położenia (oznaczone jako $c_i$):

1) Węzeł $c_1$,
2) Sterowanie (zarząd) portu $c_2$,
3) Sterowanie projektowane $c_3$,
4) Stacja osobowa $c_4$,
5) Sterowanie transportem kolejowym $c_5$,
6) Sterowanie kombinatem $c_6$.

Należy podkreślić, że przebiegu między stacjami nie rozpatruje się jako oddzielnego węzła nadawania i przyjmowania informacji, ponieważ w dowolnym wariancie bezpośrednie połączenie z przebiegiem realizuje się z pomieszczenia sterowania transportu kolejowego, które jest już uwzględnione wśród węzłów połączeń.

Wymienione węzły $m_j$ ($j$ = 1, 2, 3, 4) należy w optymalny sposób rozmieścić w komórkach $c_i$ ($i$ = 1, 2, ..., 6), przy czym można wprowadzić pewne ograniczenia, np.:

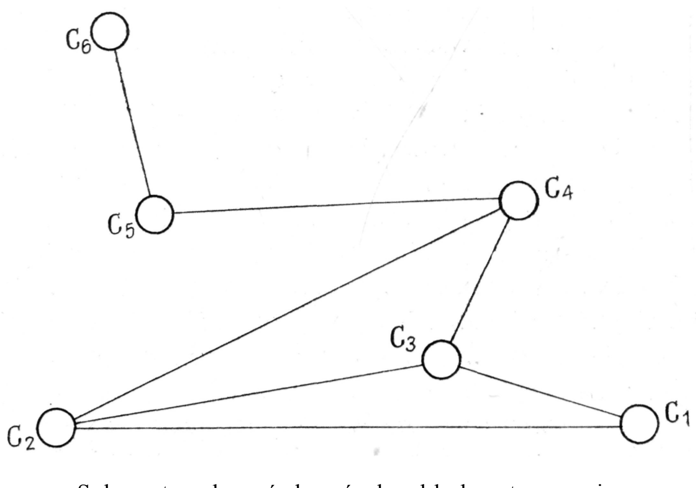
1) Węzeł $m_1$ umieszcza się w komórce $c_1$,
2) Węzeł $m_4$ umieszcza się w komórce $c_6$,
3) Węzeł $m_3$ można umieścić tylko w komórce $c_5$ albo w komórce $c_6$.

Jako kryterium optymalizacji można przyjąć korzyść w okresie $T$ (mierzoną w kategoriach ekonomicznych).

Wymienione wyżej komórki $c_i$ mogą być połączone między sobą liniami w sposób przedstawiony na rycinie.

Wprowadźmy następujące oznaczenia:

1) Intensywność potoku informacji między węzłem $j$ i $k$ — $h_{jk}$ bitów/sek.




Schemat połączeń komórek układu sterowania

2) Intensywność błędów przekazywania linii połączeń (z urządzeniami nadawczo-odbiorczymi) między komórką $j$ i $s$ — $f_{si}$,

3) Odpowiednie wagi informacji krążących między węzłem $j$ i $k$ — $p_{jk}$, $(\sum_{j,k} p_{jk} = 1)$.

4) Funkcja kosztu linii połączenia — $c_f = c_f\ (h,\ f,\ l)$, gdzie $l$ — długość linii.

W celu wyboru optymalnego rozmieszczenia węzłów w komórkach można zastosować metodykę postępowania omówioną szczegółowo w innej pracy. Ponieważ tę metodykę stosuje się tylko w odniesieniu do grafów liniowych, wydzielimy w naszym grafie (ryc.) wszystkie drogi prowadzące od $c_1$ do $c_6$.

Otrzymamy następujące drogi:

1) $c_1,\ c_2,\ c_3,\ c_4,\ c_5,\ c_6$.
2) $c_1,\ c_3,\ c_2,\ c_4,\ c_5,\ c_6$.
3) $c_1,\ c_3,\ c_4,\ c_5,\ c_6$.
4) $c_1,\ c_4,\ c_5,\ c_6$.

Dla każdej z tych dróg odszukujemy optymalne rozmieszczenie węzłów w komórkach, a następnie porównując wartość kryterium dla każdej z dróg, wybieramy ten schemat rozmieszczenia, dla którego wartość kryterium jest najważniejsza (najmniejsza).

Prześledźmy postępowanie zgodne z tą metodyką dla jednej w wymienionych wyżej dróg np.: dla 1.

Najpierw oblicza się wartość $g_{TS}$ według wzoru:

$g_{TS}=c_m(f_{T,\ T+1},\ l_{T,\ T+1},\ h_{r,\ r+1})+Kp_r f_{T,\ T+1}$ ,

gdzie

$f_{T,\ T+1}$ — intensywność błędów potoku przesyłania informacji w linii łączącej $T$ i $T+1$ komórkę,

$l_{T,\ T+1}$ — długość linii łączącej $T$ i $T+1$ komórkę,

$h_{r,\ r+1}$ — intensywność potoku informacji między $r$ i $r+1$ węzłem,

$p_r$ — odpowiednia waga potoku informacji między $r$ i $r+1$ węzłem.

Następnie przyjmiemy, że

gdzie

$r$ — straty w przekazywaniu informacji całego systemu, w jednostce czasu (można je szacować poprzez korzyści uzyskiwane dzięki systemowi w tej samej jednostce czasu),

$T$ — okres czasu, w którym maksymalizuje się korzyści.

Otrzymane wartości $g_{TS}$ można zestawić w postaci macierzy $M+N$, gdzie

$M$ — liczba węzłów,

$N$ — liczba komórek.

Przyjęte kryterium — korzyść wynikająca z eksploatacji systemu w okresie $T$ — $w/g$ może zostać sprowadzone do postaci

$$c = c_m + c_n,$$

gdzie

$c_m$ — koszt linii połączeń systemu,

$c_n$ — wielkość strat powstałych wskutek zawodności systemu, w wyrażeniu kosztowym.

Powyższe wyrażenie będzie podlegać minimalizacji.

Mamy już macierz:

$$G = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} & g_{14} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} & g_{24} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{61} & g_{62} & g_{63} & g_{64} \end{bmatrix}.$$

Optymalnemu rozmieszczeniu węzłów $m_j$ w komórkach $c_i$, z uwzględnieniem omówionych poprzednio ograniczeń, odpowiada pewien zestaw elementów (droga) macierzy, mający następujące cechy:

1) numer porządkowy elementu (jego miejsce z zestawie, licząc od lewej strony do prawej) określa się na podstawie jego pierwszego indeksu;

2) liczba elementów w zestawie w rozważanym przypadku wynosi 6;

3) każdy element zestawu znajduje się w macierzy albo bezpośrednio pod poprzednim (w zestawie) albo na prawo (lecz nie na lewo), tj. jeśli w macierzy $G$ połączyłoby się elementy pewnego zestawu liniami, to otrzymalibyśmy linię łamaną idącą od lewej strony do prawej i od góry do dołu;

4) suma elementów zestawu odpowiadającego optymalnemu rozmieszczeniu węzłów w komórkach, jest minimalna.

Poszukiwany zestaw elementów można otrzymać posługując się następującym algorytmem:

1) Wybieramy element $g_{11}$, a następnie w pierwszym wierszu wybieramy szereg elementów takich, żeby każdy z nich był mniejszy od poprzedniego. Te elementy są pierwszymi elementami możliwych zestawów. Uzyskamy:

$$g_{11}, g_{1l_1}, \dots, g_{1l_r}.$$

2) Do drugiego wiersza wybieramy elementy stojące w macierzy G bezpośrednio pod wybranymi elementami pierwszego wiersza. Tak więc rozpatrywać będziemy pary elementów np.: $[g_{11}, g_{21}]$ i do drugiego wiersza wybierzemy elementy $g_{2T}$, spełniające następujące warunki:

a) $g_{2T} < g_{21}$,

b) $g_{11} < g_{1T}$.

Analogicznie będziemy wybierać elementy drugiego wiersza spełniające te warunki, lecz w odniesieniu do pary $g_{1l_1}$, $g_{2l_2}$ itd. i w ten sposób otrzymujemy drugie elementy możliwych zestawów.

3) W taki sam sposób rozpatruje się trzeci wiersz oraz następne i otrzymuje poszczególne zestawy.

Obliczając sumę elementów każdego zestawu możemy zdecydować się na wybór poszukiwanego zestawu. Następnie według otrzymanej najkrótszej drogi znajdziemy odpowiadające jej optymalne rozmieszczenie węzłów w komórkach. W tym celu wypiszemy wszystkie pary indeksów elementów znalezionej drogi, w porządku odpowiadającym kolejności występowania tych elementów w zestawie:

$T_1 r_1, T_2 r_2, \ldots, T_6 r_6$.

W rozpatrywanym przypadku słuszne są następujące nierówności:

$i \leq T_j \leq 6;\ i \leq r_i \leq 4$, przy czym $T_j = j$.

Uwzględniając te nierówności, wypisane pary indeksów będą miały postać:

$1r_1, 2r_2, \ldots, 6r_6$.

Obecnie rozpatrujemy te pary od lewej strony do prawej otrzymując:

1) W komórce $c_1$ rozmieszcza się węzły $m_1, m_2, \ldots, m_{r1}$.

2) Następnie, jeśli $r_2 = r_1$, to w komórce $c_2$ nie wystąpią węzły.

3) Jeśli $r_1 > r_2$ (zgodnie z warunkami poszukiwania drogi niemożliwy jest przypadek $r_2 < r_1$), to w komórce $c_2$ rozmieszcza się węzły $m_{r_1+1}, \ldots, m_{r_2}$

Rozpatrując wszystkie pary indeksów, możemy w ten sposób znaleźć poszukiwane rozmieszczenie.

Opisane postępowanie powinno być przeprowadzone dla wszystkich dróg grafu, a następnie z wszystkich znalezionych wariantów rozmieszczenia należy wybrać najlepszy według przyjętego kryterium.

Przy realizacji analizy strukturalnej wygodne jest stosowanie efektywnych k-spisowych procedur.

Tak więc problem optymalnego rozmieszczenia maszyn liczących w dużym obiekcie automatycznie sterowanym może być stosunkowo łatwo rozwiązany, szczególnie gdy przedstawiony algorytm dla bardziej złożonych przypadków zostanie zaprogramowany i zrealizowany za pomocą komputera.

W aktualnych warunkach, gdy mało jest obiektów automatycznie sterowanych, wyposażonych w kilka maszyn cyfrowych, przedstawione zagadnienia mogą się wydawać mało ważne, obserwując jednak silny rozwój metod oraz technicznych środków automatyzacji można dojść do wniosku, że omówione zagadnienia będą w przyszłości nabierać coraz większego znaczenia.

## PROBLEM OF COMPUTER LOCATION IN THE LARGE AUTOMATICALLY STEARED INDUSTRIAL SYSTEMS

### Summary

The author deals with the methods of choice of the optimal location of points on the basis of linear graphs. He has also proposed an algorithm which may be aeasily programmed and used with the help of a computer.