Zbigniew Rzemykowski

OPTYMALNA ORGANIZACJA PÓL MONTAŻOWYCH W STANOWISKA MONTAŻOWE W PRZYPADKU ZMIENNYCH ROZMIARÓW STANOWISK JAKO ZADANIE PCL

1. Wstęp

W opracowaniu [6] sformułowano problem wyznaczania harmonogramu montażu silników okrętowych w Zakładach „H. Cegielski" (ZPM HCP). Chodzi w nim nie tylko o ustalenie na podstawie szczegółowych zamówień stoczni które silniki i kiedy montować, lecz także o podzielenie pól montażowych w stanowiska montażowe i przydzielenie poszczególnych silników odpowiednim stanowiskom[1]. Istotnym faktem jest przy tym to, że ze względu na duże zróżnicowanie wytwarzanych silników podział pól w stanowiska jest zmienny w czasie. Przy wyznaczaniu harmonogramu należy uwzględnić obok kryterium terminowości realizacji zamówień (traktowanym jako kryterium podstawowe) postulat maksymalnej stabilności podziału pól w stanowiska. W pracach [1], [2] oraz [4] i [11] przedstawiono pewne propozycje jednoetapowego rozwiązywania tego problemu. W [10] zaproponowano natomiast pewną procedurę dwuetapową. W etapie pierwszym ustala się które silniki montować, kiedy i na jakich polach. Bierze się przy tym pod uwagę jedynie kryterium terminowości realizacji zamówień. Położenie stanowisk montażowych poszczególnych silników w obrębie ustalonych uprzednio pól montażowych określa się natomiast w drugim etapie procedury. Dopiero wówczas bierze się także pod uwagę kryterium stabilności podziału pól w stanowiska. Problem rozwiązywany w drugim etapie tej procedury nazwano w [8] problemem organizacji pól montażowych w stanowi-

[1] Montaż silników okrętowych w ZPM HCP jest montażem stacjonarnym (silniki w trakcie montażu nie są przemieszczane) na wielostanowiskowych polach montażowo-próbnych.

ska montażowe. Analizę uproszczonego wariantu tego problemu (uproszczonego w stosunku do rzeczywistej sytuacji w ZPM HCP) przeprowadzono w pracy [7]. Przyjęto tam mianowicie, że kształt i rozmiary stanowisk montażowych poszczególnych silników są stałe w trakcie całego procesu montażowego. W rzeczywistości są one zmienne. Wynika to z tego, że w okresie próby do każdego silnika jest przyłączane odpowiednie urządzenie hamownicze[2]. Fakt ten uwzględnimy w niniejszym artykule[3].

Problem wyznaczania organizacji pól montażowych w stanowiska montażowe przedstawimy w postaci graficznej, a następnie sformułujemy go w postaci liniowego zadania programowania całkowitoliczbowego (PCL). Problem ten jest problemem NP-trudnym. Wynika to z tego, iż jest to pewien nietypowy problem wielowymiarowego pakowania[4].

2. Słowne sformułowanie problemu wyznaczania dopuszczalnej organizacji pól w stanowiska

Dla każdego z pól montażowych[5] podane jest jakie silniki i kiedy będą na nim montowane. Ponieważ na wszystkich polach montuje się jednocześnie po kilka silników należy powierzchnię każdego z pól podzielić na stanowiska montażowe silników przydzielonych danemu polu. Podział ten zmienia się w czasie w zależności od liczby oraz wymiarów silników montowanych w kolejnych dniach na danym polu.

Stanowiskiem montażowym danego silnika jest ta część powierzchni pola montażowego, którą w trakcie montażu zajmuje silnik wraz z urządzeniem hamowniczym.

Stanowiska montażowe wszystkich silników mają kształt protokąta. W fazie budowy (montażu właściwego) oraz demontażu długość stanowiska jest równa długości odpowiedniego silnika, zaś w okresie próby - sumie długości silnika i urządzenia hamowniczego. Szerokość stanowiska jest natomiast we wszystkich fazach montażu (budowa, próba, demontaż) równa szerokości silnika. Ta część powierzchni pola, którą zajmuje dany silnik jest przy tym „zarezerwowana" przez cały okres jego montażu, natomiast część zajmowana przez urządzenie hamownicze może być wykorzystana, zarówno przed jak i po okresie próby, do montażu innych silników. Ponieważ szerokości silników są zbliżone do szerokości pól (wszerz pola można zorganizować tylko stanowisko montażowe jednego silnika), wielkości te

---

[2] Identyczne założenia upraszczające problem przyjęto również w pracach [1], [2], [8] i [10].

[3] Przedstawione tutaj rozważania oparte są na wynikach badań opisanych w [9].

[4] Sformułowanie problemu wielowymiarowego pakowania można znaleźć np. w [3].

[5] Pole montażowe to wydzielona część powierzchni hali montażowej w kształcie prostokąta.

będziemy w dalszych rozważaniach pomijać. Dla określenia położenia stanowiska montażowego danego silnika w obrębie pola wystarczy zatem podać:

a) numery kolejnych jednostek długości pola zajmowanych przez to stanowisko w kolejnych fazach montażu (dalej zamiast jednostka długości pola będziemy mówić metr pola),

b) orientację urządzenia hamowniczego w stosunku do początku pola.

Zauważmy teraz, iż organizacja jednego pola w stanowiska nie ma żadnego wpływu na podział innych pól na stanowiska. Problem organizacji pól w stanowiska można zatem rozłożyć na tyle niezależnych podproblemów ile jest pól montażowych. Dalsze rozważania bez ograniczenia ich ogólności będziemy zatem prowadzić dla jednego pola montażowego[6].

Zadanie I

Podziel powierzchnię pola montażowego na stanowiska montażowe poszczególnych silników w taki sposób, aby:

I.1. każdemu silnikowi przydzielić jedno stanowisko,

I.2. długości stanowisk były w fazie budowy i demontażu równe długościom odpowiednich silników, a w fazie próby - sumie długości silników i urządzeń hamowniczych,

I.3. każde stanowisko było „zarezerwowane" dla danego silnika przez cały okres jego montażu,

I.4. stanowiska silników montowanych jednocześnie nie nakładały się,

I.5. wszystkie stanowiska mieściły się w obrębie pola.

Dopuszczalną organizacją pola montażowego w stanowiska montażowe jest każdy podział powierzchni pola na stanowiska spełniający warunki I.1.-I.5.

3. Graficzne przedstawienie problemu wyznaczania dopuszczalnej organizacji pola

Zadanie II

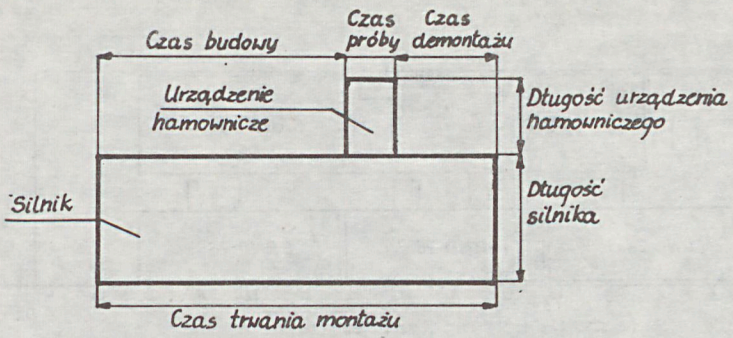
II.1. Dany jest:

a) prostokąt K obrazujący pole montażowe. Długość tego prostokąta odpowiada długości okresu planistycznego, a szerokość prostokąta - długości pola. Na odpowiednich bokach prostokąta - traktowanych jako osie współrzędnych - oznaczone są kolejne dni okresu planistycznego (oś czasu) i kolejne metry pola (oś długości).

b) zbiór figur $J_1, J_2, \ldots, J_n$ złożonych z dwu złączonych prostokątów reprezentujących stanowiska montażowe poszczególnych silników (n-liczba silników). Większe z tych prostokątów odpowiadają tym częściom stanowisk, które zajmują silniki, mniejsze zaś tym, które zajmują urządzenia hamownicze. Niezbędne dodatkowe wyjaśnienia są przedstawione na rys. 1.

---

[6] Kryterium optymalności omówimy w rozdziale 5.



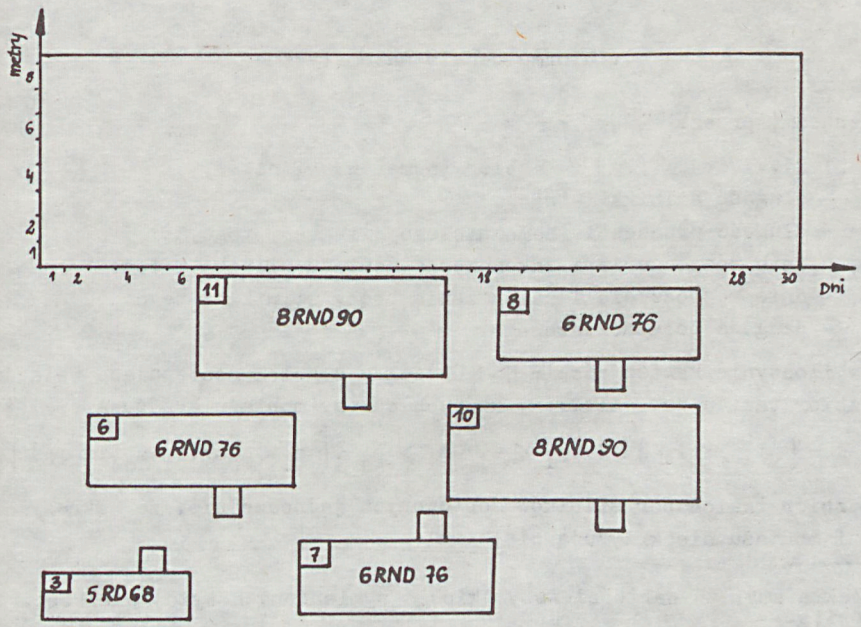
Rys. 1.

II.2. Figury $J_1, J_2, \ldots, J_n$ są ustawione w stosunku do prostokąta K w ten sposób, że:

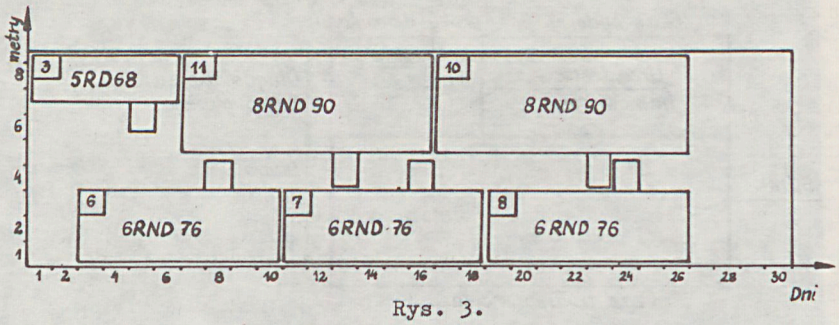
a) boki czasu trwania montażu są równoległe do osi czasu pola, a boki długości stanowisk do osi długości pola,

b) prawy kraniec figury J_i, dla i = 1,2,...,n, znajduje się w stosunku do osi czasu prostokąta K dokładnie na linii oznaczającej dzień zakończenia montażu, lewy zaś na linii oznaczającej dzień rozpoczęcia montażu silnika i-tego.

II.3. Należy przesuwać figury $J_1, J_2, \ldots, J_n$ wyłącznie względem osi długości pola (na rys. 2 i 3 w górę bądź w dół) oraz zmieniać orientację mniejszych prostokątów tych figur (na rys. 2 i 3 również w górę bądź w dół) w taki sposób, aby:



Rys. 2.



Rys. 3.

a) wszystkie figury $J_1, J_2, \ldots, J_n$ zmieściły się w całości w obrębie prostokąta K,

b) żadne z figur $J_1, J_2, \ldots, J_n$, nawet częściowo, nie pokrywały się.

Przykładowe zadanie przedstawia rys. 2, zaś jedno z jego rozwiązań rys. 3.

Każde rozmieszczenie figur $J_1, J_2, \ldots, J_n$ w prostokącie K spełniające warunki II.1-II.3 wyznacza pewną dopuszczalną organizację pola w stanowiska. Odpowiednie informacje można odczytać bezpośrednio z rysunku. Przykładowo stanowisko montażowe silnika 7 (patrz rys. 3) zajmuje pierwszy, drugi, trzeci oraz czwarty metr pola. Przy czym trzy pierwsze metry zajmuje silnik, a ostatni urządzenie hamownicze. Silnik ten jest montowany od jedenastego do osiemnastego dnia okresu, a faza próby przypada na dzień szesnasty.

4. Sformułowanie matematyczne

Oznaczmy przez:

$N = \{1,2,\ldots,i,j,\ldots,n\}$ - zbiór (numerów) silników,
a_i - długość silnika i-tego,
b_i - długość urządzenia hamowniczego silnika i-tego,
P_i, z_i - dnie rozpoczęcia i zakończenia montażu silnika i-tego,
$\hat{p}_i, \hat{z}_i$ - dnie rozpoczęcia i zakończenia próby silnika i-tego[7],
d - długość pola montażowego.

Na iloczynie kartezjańskim $N \times N$ określmy z kolei następujące relacje:
R - zbiór takich par silników, których okresy montażu krzyżują się, tzn.

$$(1)\quad R = \{\langle i,j\rangle : i \neq j \in N \wedge p_i \leqslant z_j \wedge z_i \geqslant p_j \wedge [\, z_i < z_j \vee (z_i = z_j \wedge i < j)\,]\}.$$

H_o - zbiór takich par silników montowanych jednocześnie, że okresy ich prób i montażu nie krzyżują się, tzn.

[7] Zakładamy, że wartości wszystkich z wymienionych wyżej wielkości są całkowite.

(2) $H_o = \{\langle i,j\rangle : \langle i,j\rangle \in R \wedge \hat{z}_i < p_j \wedge z_i < \hat{p}_j\}$,

H_i - zbiór takich par silników montowanych jednocześnie, że okres próby silnika i-tego krzyżuje się z okresem montażu silnika j-tego, tzn.

(3) $H_i = \{\langle i,j\rangle : \langle i,j\rangle \in R \wedge \hat{z}_i \geqslant p_j \wedge z_i < \hat{p}_j\}$,

H_j - zbiór takich par silników montowanych jednocześnie, że okres montażu silnika i-tego krzyżuje się z okresem próby j-tego silnika, tzn.

(4) $H_j = \{\langle i,j\rangle : \langle i,j\rangle \in R \wedge \hat{z}_i < p_j \wedge z_i \geqslant \hat{p}_j\}$,

H_{ij} - zbiór takich par silników montowanych jednocześnie, że okres próby silnika i-tego krzyżuje się z okresem montażu silnika j-tego, a okres montażu silnika i-tego krzyżuje się z okresem próby silnika j-tego, tzn.

(5) $H_{ij} = \{\langle i,j\rangle : \langle i,j\rangle \in R \wedge \hat{z}_i \geqslant p_j \wedge z_i \geqslant \hat{p}_j\}$,

Zauważmy teraz, że organizacja pola w stanowiska montażowe będzie określona jednoznacznie, jeżeli dla każdego silnika $i \in N$ podamy liczby x_i oraz v_i, gdzie:

x_i określa metr pola, od którego rozpoczyna się stanowisko montażowe i-tego silnika (kończy się ono wówczas na $x_i+a_i+b_i-1$ metrze pola), a

$$v_i = \begin{cases} 0 & \text{jeżeli urządzenia hamownicze i-tego silnika jest skierowane ku początkowi pola (na rys. 3 w dół),} \\ 1 & \text{jeżeli urządzenie to jest skierowane ku końcowi pola (na rys. 3 w górę).} \end{cases}$$

Jeżeli ponadto oznaczymy przez

$\bar{x}_i$ - metr pola od którego zaczyna się ta część stanowiska i-tego silnika, którą zajmuje silnik, to

(6) $$\bar{x} = x_i + (1 - v_i)b_i .$$

Zadanie III

Znajdź dla każdego $i \in N$ takie wartości x_i, $\bar{x}_i$ oraz v_i, aby[8]:

III.1. $\bar{x}_i + a_i \leqslant \bar{x}_j \perp \bar{x}_j + a_j \leqslant \bar{x}_i$ dla $\langle i,j\rangle \in H_o$,

III.2. $x_i + a_i + b_i \leqslant \bar{x}_j \perp \bar{x}_j + a_j \leqslant x_i$ dla $\langle i,j\rangle \in H_i \cup H_{ij}$,

III.3. $\bar{x}_i + a_i \leqslant x_j \perp x_j + a_j + b_j \leqslant \bar{x}_i$ dla $\langle i,j\rangle \in H_j \cup H_{ij}$,

III.4. $x_i = \bar{x}_i - (1 - v_i)\, b_i$ dla $i \in N$,

III.5. $x_i + a_i + b_i \leqslant d$ dla $i \in N$,

III.6. $x_i \geqslant 1$ dla $i \in N$,

III.7. $v_i = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$ dla $i \in N$.

Warunki III,1 - III.3 zapewniają spełnienie warunków I.1 - I.4, zaś warunki III.5 oraz III.6 spełnienie warunku I.5. Równość III.4 wiąże zmienne x_i oraz $\bar{x}_i$.

[8] Znak $\perp$ oznacza alternatywę rozłączną.

Zadanie III jest przeznaczone do wyznaczania dopuszczalnej organizacji pola w stanowiska. Praktycznie rzecz biorąc, przy rozwiązywaniu tego zadania standardowymi metodami należałoby zastąpić warunki alternatywne III.1 - III.3 odpowiednimi warunkami koniunkcyjnymi, zaś zmienne $\bar{x}_i$ zastąpić prawą stroną warunku (6)[9]. Przekształcone w ten sposób warunki III.1 - III.4 zawiera zadanie IV, które będzie sformułowane w następnym rozdziale.

5. Optymalna organizacja pól w stanowiska

Charakterystyczną cechą rozważanego tutaj problemu jest zmienny w czasie podział powierzchni pola na stanowiska montażowe. Może się jednak zdarzyć, że bezpośrednio po zakończeniu montażu jednego silnika, dokładnie na tej samej części pola, na której go montowano rozpocznie się montaż drugiego takiego samego silnika. Jeżeli ponadto orientacja urządzeń hamowniczych obu silników będzie identyczna, to nie trzeba wówczas demontować poprzedniego, ani przygotowywać nowego oprzyrządowania stanowiska. Mamy wówczas do czynienia z tzw. stabilnością stanowisk.

Stabilnym stanowiskiem montażowym jest stanowisko takiego silnika, który jest montowany na miejscu poprzedniego silnika w przypadku stabilności stanowisk obu silników.

Jako kryterium optymalności dla problemu organizacji pól w stanowiska przyjmijmy liczbę stabilnych stanowisk montażowych. Maksymalizacja liczby takich stanowisk jest równoznaczna z minimalizacją kosztów i pracochłonności organizacji pól w stanowiska[10]. Na rys. 3 ze stabilnością stanowisk mamy do czynienia w przypadku stanowisk silników 11, 10, 6, 7 i 8. Stabilne są natomiast tylko trzy stanowiska. Są to stanowiska silników 10, 7 i 8.

Zauważmy, że stanowisko silnika j-tego będzie stabilne względem stanowiska silnika i-tego jeżeli:

a) oba silniki, i-ty oraz j-ty, będą miały tę samą długość; gdy $a_i = a_j$,

b) stanowiska obu silników będą się rozpoczynały od tego samego metra pola; gdy $x_i = x_j$,

c) orientacja urządzeń hamowniczych obu silników będzie identyczna; gdy $v_i = v_j$,

d) będą to silniki „sąsiednie", tzn. nie będzie takiego silnika (i-tego), którego montaż odbywa się pomiędzy zakończeniem montażu silnika i-tego, a rozpoczęciem montażu silnika j-tego, albo

---

[9] Bądź zmienne x_i zastąpić prawą stroną warunku III.4.

[10] Organizacja stanowiska „niestabilnego" wiąże się z dodatkowymi kosztami wynikającymi z przeróbek pomostów montażowych, układu zasilania i wydechowego, stacji przysilnikowych itp.

d') będą to silniki „niesąsiednie", lecz na części pola zajmowanej przez i-ty silnik, w okresie od zakończenia montażu tego silnika do rozpoczęcia montażu silnika j-tego, nie będzie montowany żaden inny silnik (l-ty).

Zbiór par silników spełniających warunki a) oraz d) oznaczmy przez $\bar{R}$, tzn.

$$(7)\quad \bar{R} = \left\{\langle i,j\rangle : i \neq j \in N \wedge a_i = a_j \wedge z_i < p_j \wedge \sim \bigvee_{l \in N} (z_i < p_l \wedge z_l < p_j)\right\}.$$

Zbiór par silników spełniających warunki a) oraz d') oznaczmy z kolei przez $\tilde{R}$, tzn.

$$(8)\quad \tilde{R} = \left\{\langle i,j\rangle : i \neq j \in N \wedge a_i = a_j \wedge z_i < p_j \wedge \bigvee_{l \in N} (z_i < p_l \wedge z_l < p_j)\right\},$$

natomiast zbiór silników montowanych w okresie pomiędzy zakończeniem montażu silnika i-tego, a rozpoczęciem montażu silnika j-tego - dla $\langle i,j\rangle \in R$ - oznaczmy przez P_{ij}, tzn.

$$(9)\quad P_{ij} = \left\{l : l \in N \wedge z_i < p_l \wedge z_l < p_j\right\} \qquad \text{dla} \quad \langle i,j\rangle \in \tilde{R}.$$

Dla $\langle i,j\rangle \in \tilde{R}$ stanowisko montażowe j-tego silnika będzie stabilne względem stanowiska silnika i-tego, gdy będą spełnione warunki b) oraz c).

Dla $\langle i,j\rangle \in \tilde{R}$ musi dodatkowo zachodzić

$$(10)\quad \bar{x}_i + a_i \leqslant \bar{x}_l \perp \bar{x}_l + a_i \leqslant \bar{x}_i \quad [11].$$

Jeżeli przyjmiemy, że

$$y_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{jeżeli stanowisko montażowe j-tego silnika jest stabilne} \\ & \text{względem stanowiska montażowego silnika i-tego} \\ 1 & \text{jeżeli nie występuje stabilność stanowisk tych silników,} \end{cases}$$

to problem wyznaczania optymalnej organizacji pola montażowego w stanowiska montażowe można sprowadzić do rozwiązania następującego zadania PCL.

Zadanie IV

Znajdź takie wartości zmiennych x_i, v_i, y_{ij}, s^1_{ij}, s^2_{ij}, s^3_{ij}, z^1_{zjl}, z^2_{ijl}, aby:

$$\text{IV.1.}\quad \sum_{\langle i,j\rangle \in \bar{R} \cup \tilde{R}} (1 - y_{ij}) = \max,$$

$$\text{IV.2.}\quad x_i + a_i + (1 - v_i)\, b_i \leqslant x_j + (1 - v_j)\, b_j + m s^1_{ij},$$

$$\text{IV.3.}\quad x_j + a_j + (1 - v_j)\, b_j \leqslant x_i + (1 - v_i)\, b_i + m\,(1 - s^1_{ij}),$$

$$\text{dla} \quad \langle i,j\rangle \in H_o, \quad m \geqslant d,$$

---

[11] Tak więc założyliśmy, że umieszczenie urządzenia hamowniczego dowolnego (l-tego) silnika na tej części stanowiska silnika i-tego, którą zajmował silnik, nie wyklucza stabilności stanowiska silnika j-tego.

IV.4. $x_i + a_i + b_i \leqslant x_j + (1 - v_j)\, b_j + m s^2_{ij}$,

IV.5. $x_j + a_j + (1 - v_j)\, b_j \leqslant x_i + m\,(1 - s^2_{ij})$,

dla $\langle i,j\rangle \in H_i \cup H_{ij}$, $m \geqslant d$,

IV.6. $x_i + a_i + (1 - v_i)\, b_i \leqslant x_j + m s^3_{ij}$,

IV.7. $x_j + a_j + b_j \leqslant x_i + (1 - v_i)\, b_i + m(1 - s^3_{ij})$,

dla $\langle i,j\rangle \in H_j \cup H_{ij}$, $m \geqslant d$,

IV.8. $x_i + a_i + b_i \leqslant d$, dla $i \in N$,

IV.9. $m y_{ij} + x_i - x_j \geqslant 0$,

IV.10 $m y_{ij} + x_j - x_i \geqslant 0$,

IV.11. $m y_{ij} + v_i - v_j \geqslant 0$,

IV.12. $m y_{ij} + v_j - v_i \geqslant 0$, dla $\langle i,j\rangle \in \bar{R} \cup \tilde{R}$, $m \geqslant d$,

IV.13. $x_i + a_i\,(1 - v_i)\, b_i \leqslant x_l + (1 - v_l)\, b_l + m z^1_{ijl}$,

IV.14. $x_l + a_l\,(1 - v_l)\, b_l \leqslant x_i + (1 - v_i)\, b_i + m z^2_{ijl}$,

dla $\langle i,j\rangle \in \tilde{R}$, $l \in P_{ij}$, $m \geqslant d$,

IV.15. $2y_{ij} - z^1_{ijl} - z^2_{ijl} \geqslant -1$ dla $\langle i,j\rangle \in \tilde{R}$, $l \in P_{ij}$,

IV.16. $x_i \geqslant 1$, dla $i \in N$,

IV.17. $v_i = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ dla $i \in N$,

IV.18. $y_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ dla $\langle i,j\rangle \in \bar{R} \in \tilde{R}$,

IV.19. $z^1_{ijl}, z^2_{ijl} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ dla $\langle i,j\rangle \in \tilde{R}$, $l \in P_{ij}$,

IV.20. $s^1_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ dla $\langle i,j\rangle \in H_o$,

IV.21. $s^2_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ dla $\langle i,j\rangle \in H_i \cup H_{ij}$,

IV.22. $s^3_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ dla $\langle i,j\rangle \in H_j \cup H_{ij}$.

Warunki IV.1 - IV.8 powstały z przekształcenia warunków zadania III. Zmienne s^1_{ij}, s^2_{ij}, s^3_{ij} to pomocnicze zmienne zero-jedynkowe. Warunki IV.9 - IV.12 służą z kolei do sprawdzenia czy pary silników $\langle i,j\rangle \in \tilde{R} \cup \tilde{R}$ spełniają warunki wymienione w podpunktach a) - d); wymuszają one spełnienie tych warunków. Nierówności IV.13 - IV.15 służą natomiast do sprawdzenia czy silniki należące do $\langle i,j\rangle \in \tilde{R}$ oraz $l \in P_{ij}$ spełniają warunek (10). Funkcja celu żąda maksymalizacji liczby stanowisk stabilnych.

Rozmiary zadania IV zależą przede wszystkim od liczebności zbiorów $\bar{R}$, $\tilde{R}$, H_o, H_i, H_j oraz H_{ij}. Przykładowo dla sytuacji przedstawionej na rys. 2 odpowiednie zadanie miałoby 23 zmienne (w tym 6 rzeczywistych) i 44 warunki.

6. Zakończenie

W artykule sformułowano problem wyznaczania optymalnego podziału pola montażowego w stanowiska montażowe w przypadku zmiennych w czasie rozmiarów stanowisk, Optymalizacja podziału polega na dążeniu do maksymalizacji jego stabilności w czasie. Miarą stabilności jest liczba tzw. stanowisk stabilnych. Problem przedstawiono w postaci graficznej, a następnie w postaci liniowego zadania programowania zero-jedynkowego, mieszanego. Z tego względu do jego rozwiązywania można wykorzystać odpowiednie,standardowe algorytmy programowania binarnego[12].

Przy formułowaniu zadania dążono do minimalizacji jego rozmiarów. Tutaj przedstawiono wersję „kompromisową". Przykładowo, pewne zmniejszenie liczby zmiennych i warunków ograniczających jest możliwe przy bardziej złożonej definicji zbioru R. Wydaje się jednak, że zbudowanie odpowiedniego zadania o znacznie mniejszych rozmiarach jest niemożliwe.

Wykorzystanie przedstawionej tutaj metody do wyznaczania optymalnej organizacji pól w stanowiska w sytuacjach praktycznych może okazać się - ze względu na koszt obliczeń - nierealne. Jednym z możliwych sposobów postępowania jest wówczas przerywanie obliczeń wykonywanych za pomocą standardowych algorytmów programowania binarnego i przyjęcie najlepszego z uzyskanych do tej pory rozwiązań. Innym, korzystanie ze specjalnie skonstruowanych algorytmów przybliżonych. Pewną propozycję takiego algorytmu przedstawiono w [9].

Literatura

[1] Branowski M., Pankowski M.: Model alokacji silników okrętowych. Problemy Organizacji, nr 3, 1977.

[2] Branowski M.: Metodyka optymalizacji montażu stacjonarnego w przemyśle maszynowym w aspekcie rozdziału wyrobów na stanowiska montażowe. Praca doktorska, maszynopis, Politechnika Poznańska, 1981.

[3] Chung F.R.K., Garey M.R., Johnson D.S.: On Packing Two - Dimensional Bins. SIAM J.Alg. Disc. Meth., v. 3, no 1, 1982.

[4] Ciemniejewski R., Sokołowski R.: Osiągnięcia z zastosowań metod symulacyjnych dla potrzeb planowania produkcji (na przykładzie ZPM HCP). Materiały Konferencji Naukowej nt. „Użytkownik systemu w procesie komputeryzacji zarządzania", TNOiK, Oddział w Poznaniu, 1977.

[5] Garfinkel R.S., Nemhauser G.L.: Programowanie całkowito-liczbowe, PWN, Warszawa 1978.

[6] Lechowski W.: Plan montażu silników napędu głównego w układzie stanowisk montażowych (sformułowanie dla obliczeń na EMC). Maszynopis, ZOPI ZPM HCP, Poznań 1975.

---

[12] Szereg informacji na temat algorytmów tego typu można znaleźć np. w [5] rozdz. 10 i w uwagach do tego rozdziału.

[7] Rzemykowski Z.: Optymalna organizacja stanowisk montażowych. W: Studia i przyczynki młodych pracowników nauki. Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Poznaniu. Seria I, zeszyt nr 97, Poznań 1981.

[8] Rzemykowski Z.: Wyznaczanie harmonogramu montażu silników okrętowych. W: Optymalna organizacja złożonych działań. Red. Z. Czerwiński. PWE, Warszawa 1983.

[9] Rzemykowski Z.: Sterowanie rozdziałem zadań w systemach produkcyjnych. Praca doktorska, maszynopis, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, 1983.

[10] Rzemykowski Z., Sikora W.: Zastosowanie teorii grafów do ustalania planu montażu silników okrętowych. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej nt. „Ekonometria w przedsiębiorstwie", Konin 1976, Wyd. KSiE PAN, AE Poznań 1976.

[11] W2 - alokacja. Podręcznik użytkownika. Maszynopis, ZOPI ZPM HCP, Poznań 1978.

Optimal partition of mounting fields into mounting positions in the case of variable dimensions as integer programming problem

Summary

The paper presents graphical and mixed binary programming problem of optimal partition of mounting fields into mounting positions of ship engines in the case of variable dimensions. The number of the so-called stable positions is an optimization criterion. This problem is a certain particular version of the multidimensional bin-packing problem.