

Alojzy STAWINOGA

METODA ROZMIESZCZANIA OBIEKTÓW ZAKŁADU PRZEMYSŁOWEGO

Streszczenie. Opracowanie dotyczy komputerowego wspomagania projektowania rozmieszczenia obiektów zakładu przemysłowego. Przedstawiona metoda umożliwia optymalizację rozmieszczenia obiektów. Dokonuje się tego na podstawie kryteriów optymalizacji, którymi mogą być między innymi wielkość przewozów, długość dróg transportowych, koszty lokalizacji. Możliwe jest uwzględnienie innych kryteriów tzw. ograniczających, np. wynikających z warunków przeciwpożarowych oraz ze względów BHP.

Uwzględnienie innych kryteriów pozostawia się projektantowi, który ma decydującą rolę w procesie rozmieszczenia. Proces rozmieszczenia prowadzony jest w sposób dialogowy. Projektant ma możliwość narzucania stałych pozycji wybranych obiektów oraz wprowadzania miejsc zabronionych.

W celu weryfikacji metody opracowano kompleks programów "OPRO" pozwalających uzyskać wynik rozmieszczenia obiektów w postaci graficznej. Rysunki wykonywane są przy użyciu automatycznego stołu kreślarskiego zarówno w rzucie płaskim, jak i w rzucie aksonometrycznym.

1. Wstęp

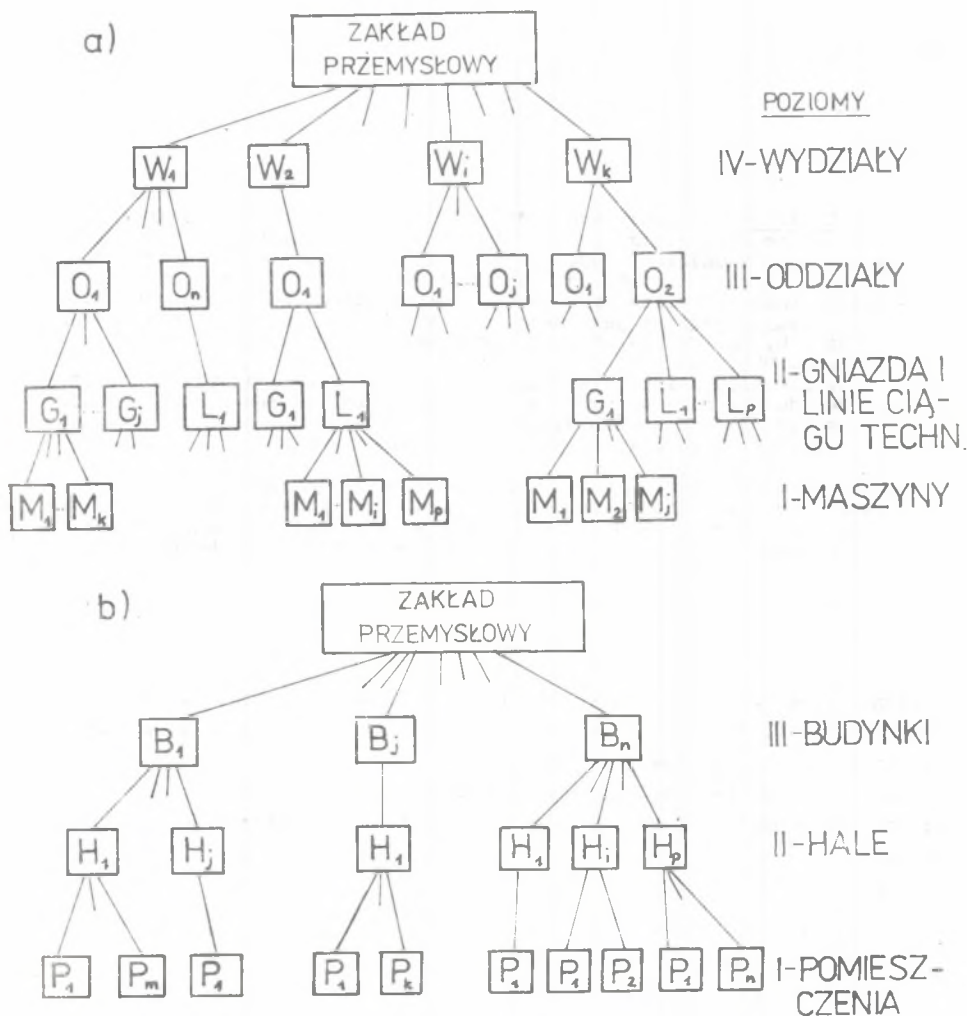
Pewną grupę zadań projektowych stanowią zadania projektowania rozmieszczenia obiektów, jako jedno ze studiów projektowania nowych oraz modernizacji istniejących zakładów przemysłowych.

Zakład przemysłowy, będący megaukładem technicznym, jest układem o znacznym stopniu złożoności. Mając na uwadze ustąpiowanie złożoności można wyodrębnić w nim ze względu na organizację procesu wytwórczego cztery poziomy złożoności, a mianowicie:

- IV poziom - wydziały,
- III poziom - oddziały wytwórcze,
- II poziom - gniazda i linie ciągu technologicznego,
- I poziom - maszyny.

Ta zasadnicza czteropoziomowa struktura bywa czasem bardziej złożona i tak zakład przemysłowy może obejmować szereg budynków. Budynki mogą składać się z jednej lub więcej hal, w których da się wyróżnić szereg pomieszczeń. Podział ten uwzględni relacje przestrzenne elementów struktury zakładu przemysłowego.

Zależności pomiędzy poszczególnymi poziomami przy uwzględnieniu obu tych struktur pokazano na rys. 1. Jak widać z rysunku, można wyodrębnić współ-



Rys. 1. Model blokowy struktury zakładu przemysłowego:

a) podział ze względu na organizację procesu wytwórczego, b) podział ze względu na relacje przestrzenne

Fig. 1. Block model of industrial plant structure

a) division according to organization of manufacturing process, b) division according to spatial relations

układy na tym samym stopniu złożoności, jak również na różnych stopniach złożoności.

Projektowanie rozmieszczenia obiektów wiąże się najczęściej z rozmieszczaniem współukładów jednego poziomu hierarchii. Obiektami rozmieszczanymi mogą być zarówno obiekty ustalone ze względu na organizację procesu wytwórczego, jak i ze względu na relacje przestrzenne.

2. Metody rozmieszczania obiektów

Tradycyjny sposób projektowania rozmieszczenia obiektów zakładu przemysłowego jest mało doskonały, opiera się bowiem wyłącznie na doświadczeniu i intuicji projektanta. Nie są stosowane matematyczne metody optymalizacji rozmieszczania obiektów. Proces ten wspomaga się stosując jedynie modelowanie za pomocą makiet płaskich lub modeli trójwymiarowych.

Rozwój metod matematycznych, a w nich rachunku optymalizacyjnego oraz elektronicznej techniki obliczeniowej, spowodował powstanie szeregu metod optymalizacji rozmieszczania obiektów. Można je podzielić na dwie zasadnicze grupy:

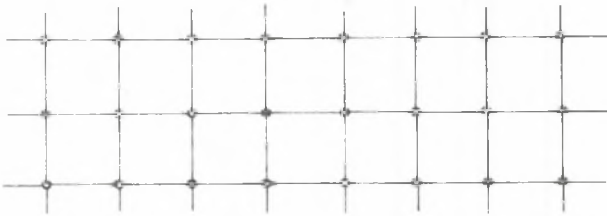
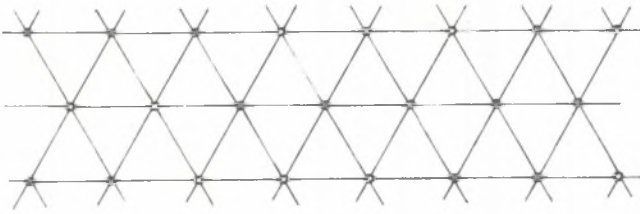
- a) heurystyczne,
- b) algorytmiczne.

Metody algorytmiczne, umożliwiające komputerowe wspomaganie procesu, różnią się między sobą głównie algorytmami obliczeń, dokładnością i szybkością uzyskiwania rozwiązań.

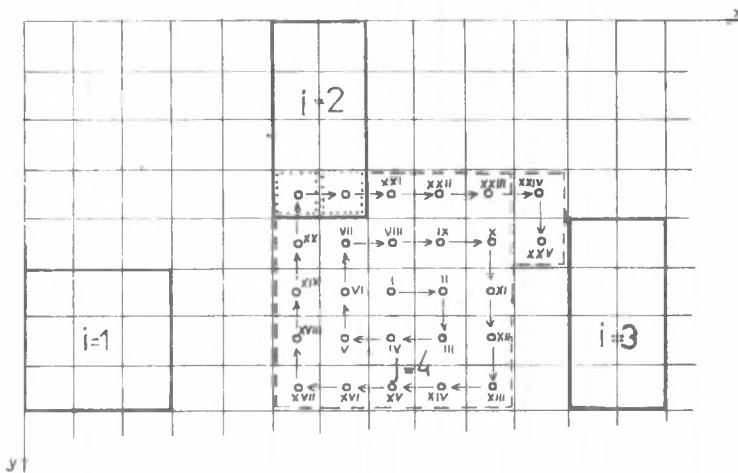
W metodach stosowanych w kraju [4], [5] rozmieszczane obiekty traktuje się jako punkty lub jako zbiór powierzchni modułowych. W przypadku rozmieszczania obiektów zakładu przemysłowego obiekty mają najczęściej znaczne wymiary. Wyklucza to stosowanie punktowych metod rozmieszczania (rys. 2a). Natomiast sposób rozmieszczania obiektów modułowych (rys. 2b) powoduje to, że nie wszystkie obiekty po zakończeniu rozmieszczania mają postacię odpowiadającą ich postaci wejściowej - zachodzi "deformacja obiektu". W praktycznych zadaniach, szczególnie przy modernizacji istniejących zakładów, często wymagane jest wprowadzenie ograniczeń, pozwalających na modyfikację obszarów, na których rozmieszczane są obiekty.

Z powyższych względów opracowano metodę optymalizacji rozmieszczenia obiektów (o zadanych wymiarach) na obszarach ograniczonych umożliwiającą prowadzenie tego procesu w sposób dialogowy.

a)



b)



Rys. 2. Rozmieszczenie obiektów:

a) punktowych, b) modułowych

Fig. 2. Lay out of plants

a) pointwise, b) module

3, Zakład przemysłowy jako megaukład techniczny

Zakład przemysłowy, traktowany jako megaukład techniczny, jest zespołem obiektów współdziałających ze względu na układ jako całość [1]. Właściwością megaukładu technicznego jest działanie możliwe dzięki współdziałaniu obiektów tworzących megaukład. Podstawą działania megaukładu technicznego - zakładu przemysłowego - jest system rozumiany jako układ relacji przekształceń i relacji sprzężeń odniesiony do energii, masy i informacji. Rozmieszczenie obiektów na optymalizacji relacji przekształceń, które w rozpatrywanym przypadku są relacjami przemieszczeń. Położenie obiektów uwarunkowane jest koniecznymi relacjami sprzężeń.

Jeżeli na danym obszarze dysponujemy co najmniej dwoma polami, na których może być umieszczony obiekt, to do rozstrzygnięcia pozostaje wybór jednego z wariantów rozmieszczenia. Ze względu na wariantowość rozmieszczeń istnieje możliwość racjonalizacji tego wyboru polegająca na optymalizacji rozmieszczenia wg obranego zbioru kryteriów.

Rozmieszczając obiekty należy dążyć do uzyskania optymalnej realizacji procesu wytwórczego. Ze względu na ograniczenie powierzchni, na której rozmieszczane będą obiekty, oraz w przypadku modernizacji zakładu trzeba uwzględnić już istniejącą sytuację, w której szereg obiektów jest już rozmieszczonych, istnieje określony układ dróg transportowych, sieci elektrycznych, energetycznych itd. Wynika z tego, że nie ma pełnej dowolności rozwiązywania zadania rozmieszczania obiektów. Występują bowiem powyższe ograniczenia.

Optymalizacji rozmieszczania obiektów dokonuje się najczęściej ze względu na następujące kryteria ilościowe:

- kryterium minimum długości dróg transportowych, sieci elektrycznych lub energetycznych,
- kryterium minimum wielkości przewozów,
- kryterium minimum kosztów lokalizacji obiektów.

Oprócz kryteriów ilościowych należy również uwzględnić kryteria jakościowe, np. estetyczne, psychologiczne itp. Istnieje więc szereg różnych kryteriów, na podstawie których optymalizuje się rozmieszczenie obiektów. Wskazuje to na konieczność dokonania optymalizacji wielokryterialnej bądź sprowadzenia wszystkich kryteriów do jednego kryterium uniwersalnego. Złożoność modeli polioptymalizacji i konieczność tworzenia ich praktycznie dla każdego z zadań zadecydowały o przyjęciu sposobu optymalizacji uwzględniającego kolejno każde kryterium ze zbioru kryteriów ilościowych. Uwzględnianie pozostałych kryteriów, a więc jakościowych i nie ujętych przy optymalizacji, pozostawiono projektantowi, który powinien odgrywać decydującą rolę w procesie rozmieszczania mając do dyspozycji metody i środki umożliwiające wspomaganie komputerowe tego procesu.

4. Metoda optymalizacji rozmieszczania obiektów o zadanej uogólnionej postaci

Opracowując metodę przyjęto następujące założenia i ograniczenia:

- Rzeczywista postać geometryczna obiektów została zastąpiona postacią prostopadłościanu opisanego na obiekcie rzeczywistym. Jest to tzw. postać uogólniona, wystarczająca dla rozmieszczenia obiektu rzeczywistego.
- Rozmieszczanie obiektów odbywać się będzie w układzie dwuwymiarowym.
- Prowadzona będzie optymalizacja jednokryterialna ze względu na pojedyncze kryteria ilościowe.
- Macierz miar sprzężeń pomiędzy obiektami jest macierzą określoną na podstawie strumienia masy ustalonego w procesie wytwórczym.
- Zakłada się możliwość ingerencji projektanta w proces rozmieszczania.
- Ze względu na ograniczone występowanie układów grafiki komputerowej, pozwalających na rozwiązywanie zadania w sposób dialogowy, przyjęto wsadowy tryb przetwarzania. Sposób ten musi pozwalać jednak na prostą modyfikację rezultatów rozmieszczenia.

W metodzie zastosowano następujący model matematyczny zadania rozmieszczania obiektów.

Dane są:

- zbiór "n" obiektów $E = \{e_1, \dots, e_n\}$
- o wymiarach $X = \{x_1, \dots, x_n\}$; $Y = \{y_1, \dots, y_n\}$; $Z = \{z_1, \dots, z_n\}$.
- macierz miar sprzężeń między obiektami $F = [f_{ij}]_{n \times n}$.

Wyznaczyć takie wzajemne położenie obiektów na obszarze P, aby uogólniona funkcja kryterialna:

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} f_{ij} l_{\pi(i)\pi(j)} + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n t_{ik} s_{ik} l_{\pi(i)\pi(k)} + \sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^n C_{ip} \cdot w_{x_i y_i}$$

- osiągnęła wartość minimalną,

gdzie:

- f_{ij} - macierz sprzężeń między obiektami rozmieszczanymi,
- $l_{\pi(i)\pi(j)}$ - odległość między obiektami rozmieszczanymi,
- t_{ij} - koszt jednostkowy transportu między obiektami rozmieszczanymi,

- S_{ik} - macierz miar sprzężeń między obiektami rozmieszczanymi i obiektami o zadanym wcześniej położeniu,
 $L_{\pi(i)\pi(k)}$ - odległość między obiektami rozmieszczanymi i obiektami o zadanym wcześniej położeniu,
 t_{ik} - koszt jednostkowy transportu między obiektami rozmieszczanymi i obiektami o zadanym wcześniej położeniu,
 C_{ip} - koszty lokalizacji jednostki powierzchni obiektu na danym polu,
 $W_{x_i y_i}$ - wielkość pola powierzchni podstawy figury obiektu.

Rozmieszczanie realizowane jest w dwóch stadiach:

- I stadium - wyznaczanie kolejności rozmieszczania obiektów,
 II stadium - optymalizacja rozmieszczania obiektów z uwzględnieniem powyższej kolejności.

Wyznaczenie kolejności rozmieszczania określa się przekształcając wzór E w E' tak, że:

$$E \stackrel{df}{=} U_d(E); \quad 0 < s < n$$

gdzie:

- U_d - operator umożliwiający przekształcenie zbioru E w E' ; przekształcenie to może być robione w sposób arbitralny lub kryterialny,
 E - zbiór obiektów podlegających rozmieszczeniu,
 E' - zbiór obiektów uporządkowany wg kolejności ich rozmieszczania,
 d - liczba obiektów, których kolejność rozmieszczania została określona kryterialnie,
 n - liczba obiektów podlegających rozmieszczeniu.

Zbiór E' składa się z dwóch zbiorów: zbioru obiektów, których kolejność rozmieszczania została ustalona arbitralnie E_1 , oraz zbioru obiektów, których kolejność rozmieszczania została określona kryterialnie E_2 , czyli:

$$E' = E_1 \cup E_2$$

Kolejność rozmieszczania wyznaczana kryterialnie może być określona na podstawie kryterium wielkości pola powierzchni podstawy obiektów lub na podstawie kryterium wartości miar sprzężeń.

Wyznaczanie kolejności rozmieszczania wg kryterium wartości miar sprzężeń - jako przypadek bardziej złożony - przeprowadza się następująco: Przekształca się zbiór S w S' tak, że:

$$E_2 = S' \setminus \{S = \{\emptyset\}\}$$

W tym celu wyznacza się wartość $M = \sup (f_{kj})$.

Zbiór

$$S = \{s_k; s_k = k; \sup (f_{k,j}) = M; k \in \langle 1, d \rangle, j \in \langle 1, d \rangle\}$$

zawiera obiekty o wartości sprzężeń równej M z innymi obiektami.

Natomiast zbiór $E(E'_1 \cup S)$ zawiera pozostałe obiekty.

W zbiorze S znajdują się obiekty uporządkowane wg kolejności ich rozmieszczenia. Zbiór S zawiera tzw. obiekty kandydujące, tzn. takie, spośród których wybiera się w danym kroku następny obiekt do rozmieszczania.

W przypadku gdy nie ma obiektów o kolejności rozmieszczania wyznaczonej arbitralnie, tzn. gdy $E'_1 = \{\emptyset\}$, wyznacza się pierwszy obiekt na podstawie następującej zależności:

$$ko(1) = \left\{ j : e_j = \max_{j \in \langle 1, n \rangle} \left| \sum_{i=1}^n f_{ij} \right| \right\}$$

Następnie aktualizuje się zbiory E'_2 , S i S' :

$$E'_2(u) = E'_2(u-1) \cup e_j$$

$$S'(v) = S'(v-1) \cup e_j$$

$$S(i-u) = S(i-u-1) \setminus e_j$$

$$u = u + 1$$

$$v = v + 1$$

gdzie:

u - liczba obiektów o wyznaczonej kolejności rozmieszczania w sposób kryterialny,

v - liczba obiektów, których kolejność rozmieszczania wyznacza się kryterialnie.

Gdy są obiekty o kolejności rozmieszczania wyznaczonej arbitralnie, to pierwszym obiektem wyznaczonym kryterialnie jest ten, którego wartość sumy miar sprzężeń z obiektami zbioru E_1 jest największa. Wyznacza się go na podstawie następującej zależności:

$$T(j) = \left\{ j : e_j = \max |f_{1j}|; 1 \in \langle ko(1), \dots, ko(v) \rangle; e_j \in S \right\}$$

Gdy liczba ich jest większa od jedności, tzn. gdy:

$$T(e_{j1}) = T(e_{j2}) = \dots = T(e_{jp})$$

gdzie

$$2 < P < (1-u)$$

wyznacza się jeden, korzystając z zależności:

$$ko(j) = \left\{ j ; e_j = \max_{j_1, \dots, j_p} \left| \sum_{i=1}^d f_{ij} \right| \right\}$$

Następnie aktualizuje się zbiory E_2 , S i S' jak poprzednio.

Gdy zbiór $S = \{\emptyset\}$, wyznacza się nową wartość M będącą kolejnym największym elementem macierzy f_{ij} i wyznacza się kolejność rozmieszczania pozostałych obiektów jak poprzednio.

Rozmieszczanie obiektów na odpowiednich polach wg powyższej kolejności polega na znajdowaniu takiego położenia obiektu na obszarze P , aby wartość cząstkowej funkcji kryterialnej osiągnęła wartość minimalną.

Obszar P określony jest wymiarami A i B :

$$P \stackrel{\text{df}}{=} P(A, B)$$

Obiekty rozmieszczane opisane są następująco:

$$e_i \stackrel{\text{df}}{=} e_i(x_i, y_i, z_i)$$

gdzie:

x_i, y_i, z_i - wymiary postaci uogólnionej obiektu.

Natomiast położenie obiektu opisano w sposób:

$$e_i \stackrel{\text{df}}{=} e_i^j(x'_i, y'_i, x_i, y_i, f_{ij}, s_{ik}, c_{ip}, R)$$

gdzie:

x'_i, y'_i - współrzędne środka ciężkości pola podstawy obiektu względem przyjętego układu odniesienia,

x_i, y_i - wymiary pola podstawy obiektu,

R - zbiór pól zabronionych i zajętych przez obiekty

$$R = R_1 \cup R_2$$

gdzie:

R_1 - zbiór pól zabronionych,

R_2 - zbiór pól zajętych przez obiekty o zadanym wcześniej położeniu R_2 oraz rozmieszczone w procesie optymalizacji R_2 .

Rozmieszczając obiekty, poszukuje się na obszarze P pól zajętych i nie zabronionych, w których możliwe jest umieszczenie obiektu. Stanowią one tzw. pole kandydujące K , czyli:

$$K = P \setminus R$$

Optymalne położenie obiektu (dające minimum wartości funkcji Q) wyznacza się, przemieszczając o wartość "mo" (moduł obszaru) w sposób iteracyjny obiekt po całym obszarze.

Pola opisane są w następujący sposób:

- pole zabronione

$$R_1 = \sum_{r=1}^q e_r(x'_r, y'_r, x_r, y_r)$$

- pola zajęte przez obiekty o zadanym wcześniej położeniu

$$R'_2 = \sum_{s=1}^m e_s(x'_s, y'_s, x_s, y_s)$$

- pola zajęte przez obiekty rozmieszczone w procesie optymalizacji

$$R''_2 = \sum_{j=1}^q e_j^j(x'_j, y'_j, x_j, y_j, f_{1j}, s_{1k}, c_{1p}, R)$$

Na początku cały obszar stanowi pole kandydujące. Z pola kandydującego eliminuje się najpierw pola zabronione:

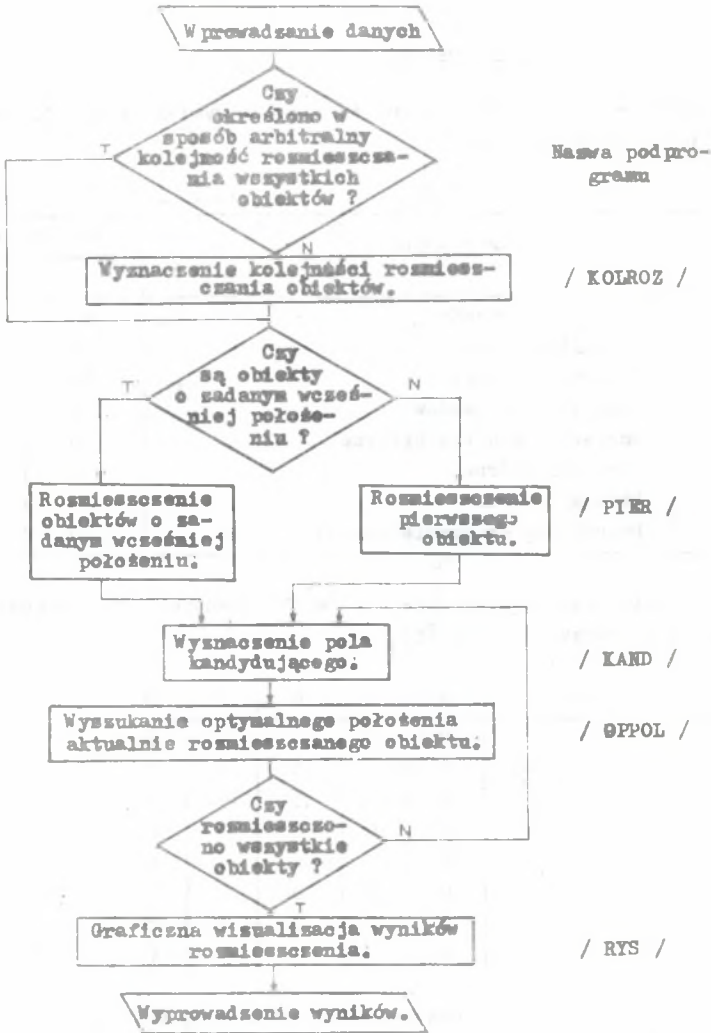
$$K = P \setminus R_1$$

Następnie pola zajęte przez obiekty o zadanym wcześniej położeniu:

$$K = K \setminus R'_2$$

Każdorazowo po znalezieniu optymalnego położenia aktualnie rozmieszczanego obiektu eliminuje się z pola kandydującego pole zajęte przez ten obiekt:

$$K = K \setminus R''_2$$



Rys. 3. Model blokowy algorytmu optymalizacji rozmieszczania obiektów
 Fig. 3. Block model of optimization of the lay out of plants

Na podstawie powyższego modelu opracowano algorytm, którego model blokowy przedstawiono na rys. 3.

5. Praktyczna weryfikacja metody

Na obszarze zakładu (oczyszczalni ścieków) o wymiarach 460x320 m rozmieścić następujące wydziały:

Nr obiektu	Nazwa obiektu	Wymiary w m	
		x	y
1	Pompownia ścieków	80	100
2	Osadniki wstępne	120	140
3	Pompownia osadów	60	60
4	Zagęszczacze osadów	60	60
5	Oczyszczalnia biologiczna	160	80
6	Osadniki wtórne	160	120
7	Stacja filtrów	80	100
8	Poletka do osuszania osadów	220	80

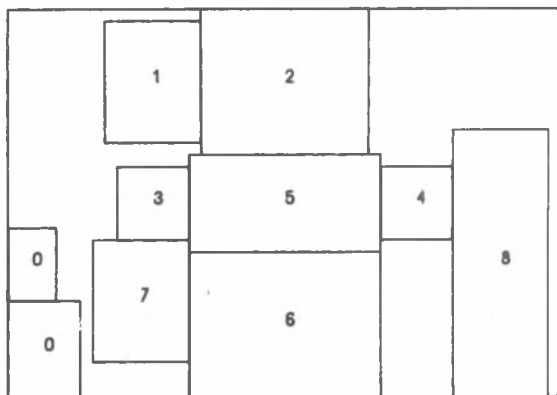
Strumień masy (wody oczyszczonej) w $[m^3/h]$ transportowany między wydziałami ujęto w macierzy sprzężeń $[f_{ij}]$

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	7624	0	0	0	0	0	0
2	0	0	90	0	8944	0	0	0
3	0	0	0	0	5450	0	15	0
4	0	0	15	0	0	0	0	0
5	0	0	0	50	0	8944	0	0
6	0	0	5424	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	15
8	0	0	0	0	0	0	0	0

Do wyznaczenia kolejności rozmieszczania obiektów przyjęto kryterium wartości sprzężeń.

Optymalizację rozmieszczenia przeprowadzono na podstawie kryterium minimum wielkości przewozów (przepływów).

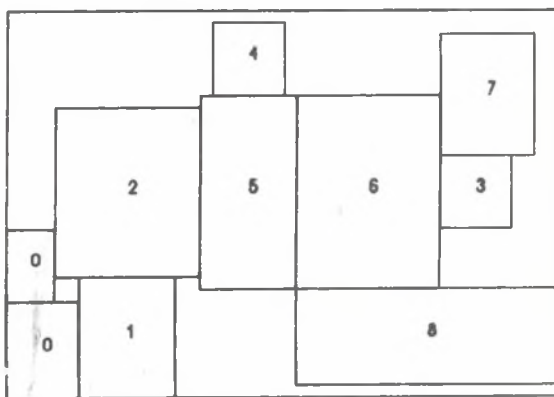
Na podstawie powyższych kryteriów otrzymano następujący wariant rozmieszczenia D (rys. 4).



154083

Rys. 4. Wstępny wariant rozmieszczenia wydziałów
Fig. 4. An introductory variant of divisions lay-out

Ze względu na to, że obszar rzeczywisty nie był pełnym prostokątem (ścięty lewy dolny róg), aproksymowano go wprowadzając w tej części obszaru pola zabronione (oznaczone zerami). Analizując otrzymany wariant, projektant ustalił arbitralnie położenie obiektu nr 1 w lewej dolnej części obszaru ze względu na jego sprzężenie z już istniejącą oczyszczalnią. Powyższa modyfikacja doprowadziła do następującego rozmieszczenia D (rys. 5).

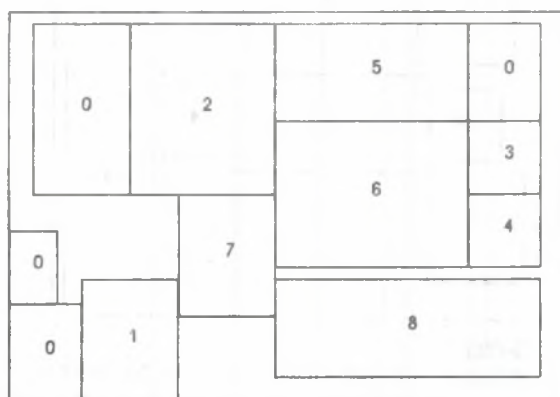


196150

Rys. 5. Rozmieszczenie uzyskane po arbitralnym ustaleniu położenia obiektu nr 1

Fig. 5. The lay-out obtained after an arbitrary location of object N . 1

Dalsza modyfikacja rozmieszczenia polegała na arbitralnym ustaleniu położenia obiektu nr 2 w górnej części obszaru ze względu na ukształtowanie terenu umożliwiające grawitacyjny rozptył cieczy. Do obiektu tego dołączono pole (oznaczone zerem) ze względu na ewentualną dalszą rozbudowę tego wydziału. Doprowadziło to do otrzymania kolejnego wariantu D (rys. 6).



253166

Rys. 6. Ostateczny wariant rozmieszczenia obiektów

Fig. 6. Final variant of lay-out of objects

Powyższe rozwiązanie wg oceny projektanta było najlepsze (spełniało kryteria nie uwzględniane przy komputerowo wspomaganym procesie optymalizacji). Analizując wartość funkcji kryterialnej Q widać, że jest ona największa dla tego właśnie wariantu. Po każdej modyfikacji wartość funkcji wzrastała, tzn. coraz bardziej odchodziło się od rozwiązania "idealnego" ze względu na przyjęte kryterium optymalizacji, którym jest wariant z rys. 6. Czas obliczeń wykonywany na m.c. ODRA 1305, każdego z poszczególnych wariantów wynosił około 1 min, zaś czas rysowania (przez automat kreślarski DIGIGRAF 1612) około 3 minut.

6. Wnioski

Opracowana metoda optymalizacji rozmieszczania obiektów umożliwia komputerowe wspomaganie tego procesu. Pozwala ona w szczególności rozmieszczać obiekty traktowane jako integralną całość, bez konieczności ich podziału na elementy modułowe. Optymalizacji rozmieszczenia można dokonywać ze względu na kolejno przyjmowane, pojedyncze kryteria ilościowe. Prowadzi to do otrzymania wielu wariantów rozmieszczenia optymalnych ze względu na przyjęte kryteria. Na podstawie otrzymanych wariantów projektant wybiera rozwiązanie

najlepsze spośród istniejących lub modyfikuje jedno z nich. Modyfikacja polega na decyzyjnym ustalaniu położenia wybranych obiektów, bądź na wprowadzeniu tzw. pól zabronionych. Możliwe jest zastosowanie obu tych sposobów. Uwzględnianie innych kryteriów, nie tylko ilościowych, pozostawione jest projektantowi, który odgrywa decydującą rolę w procesie rozmieszczania. Ze względu na podniesienie czytelności uzyskany wynik rozmieszczania wyprowadza się w postaci rysunku sporządzonego w sposób automatyczny. Możliwe jest otrzymanie rozmieszczenia w rzucie płaskim lub w rzucie aksonometrycznym (dla obiektów trójwymiarowych) [6].

LITERATURA

- [1] Dietrych J.: System i konstrukcja. WNT Warszawa, 1978.
- [2] Bąbiński C., Chorobiński A.: Metody optymalizacji w projektowaniu planów generalnych zakładów przemysłowych. Arkady, Warszawa 1971.
- [3] Lee R.C., Moore J.M.: CORELAP - Computerized RELationship LAYout PLANing. The Journal of Industrial Engineering. Vol XVIII No 3 1967.
- [4] Lis S., Santarek K.: Projektowanie rozmieszczenia stanowisk roboczych. PWN, Warszawa 1980.
- [5] Praca zbiorowa: Nowe techniki organizatorskie. PWN, Warszawa 1977.
- [6] Stawinoga A.: Metoda optymalizacji rozmieszczania obiektów zakładu przemysłowego (praca doktorska). Politechnika Śląska. Gliwice 1983.

Wpłynęło do Redakcji 26.10.84 r.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Zbigniew KIERZKOWSKI

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАВОДА

Р е з ю м е

В работе решены проблемы воспомогания проектирования расположения объектов промышленного завода с помощью ЭВМ. Обеспечен диалоговый метод реализации процесса. Упстреляя выработанный метод можно размещать отличные объекты как по признаку организации производства так и по признаку пространственного размещения объектов. Чтобы облегчить проектирование размещения, диалоговым порядком введен способ фиксирования позиции подобранных объектов и запрещенных мест. Для проверки разработан комплекс программ с целью графического отображения результатов размещения. Чертежи выполнены автоматически. Можно чертить плоские и аксонометрические отображения

A METHOD OF THE LAY-OUT OF OBJECTS OF AN INDUSTRIAL PLANT

S u m m a r y

A method is shown that makes possible to aid by computer the design of lay-out of objects of an industrial plant. The method has been worked out that enables to carry this lay-out process in a conversational manner. Using this method objects can be spaced that are separated in consideration of organizing an manufacturing process as well as these ones that are separated considering three dimensional relations between objects. Utilizing this method we can also include other criteria which are called "limiting" and for example are caused by five - fighting conditions as well as the industrial safety. For the reason of making it easier to design the layout of objects in a conversational manner the possibility to impose fixed positions of chosen objects and to determine prohibited place has been carried into the method.