

Anna KUBALA, Stanisław PIASECKI

Polska Akademia Nauk
Instytut Badań Systemowych

KOMPUTEROWE GENEROWANIE HARMONOGRAMÓW

Streszczenie. W referacie zaproponowano formalizację opisu organizacji, która pozwala na budowę języków problemowo zorientowanych, służących do komputerowego wyznaczania harmonogramów. Przedstawiona teoria organizacji została potraktowana jako teoria pewnej klasy języków problemowych ORGPLAN. Są to języki ukierunkowane na problemy organizacyjne, które można opisać za pomocą relacji określonych na czterech dyskretnych zbiorach: operacji (czyli zadań), elementów wykonujących zadania oraz na zbiorze miejsc i zbiorze chwil czasu.

Referat zawiera również ogólną koncepcję systemu konwersacyjnego, który na podstawie opisu sytuacji decyzyjnej sformułowanej w języku ORGPLAN wyznacza organizację działania.

1. WSTĘP

Stosowanie maszyn cyfrowych do wyznaczania harmonogramów wymaga umiejętności matematycznego sformułowania problemu oraz znajomości metod i technik programowania. W związku z tym rozwiązanie konkretnego problemu harmonogramowania produkcji pociąga za sobą konieczność zaangażowania wielu specjalistów, których zadaniem jest między innymi budowa odpowiedniego modelu matematycznego i określenie metody rozwiązania. Praktyka wykazuje, że duża część pracy wykonywanej przy rozwiązywaniu różnych problemów jest każdorazowo powtarzana. Wydaje się więc rozsądne przejście od rozwiązywania oddzielnych problemów do tworzenia pakietów programów przeznaczonych do rozwiązywania zadań pewnej klasy na podstawie modelu obliczeń zadanego w języku problemowo zorientowanym [1], [5].

Dla stworzenia matematycznych podstaw takiego systemu rozwiązywania problemów organizacyjnych podjęto próbę sformalizowania teorii organizacji.

2. PODSTAWY MATEMATYCZNEJ TEORII ORGANIZACJI

W zasadzie wszelkie informacje niezbędnego do określenia harmonogramu organizacji można przedstawić w postaci zbioru czterowyrazowych zadań [4].

Pierwszy wyraz odgrywa rolę podmiotu i definiuje materialny element podlegający organizacji. Wyraz ten udziela odpowiedzi na pytanie "KTO" lub "CO" wykonuje zadania. Drugi wyraz, odgrywający rolę orzeczenia zadania,

powinien określać czynność (wykonaną operację) odpowiadając na pytanie "CO ROBI". Pozostałe dwa wyrazy, odgrywające rolę okolicznika miejsca i czasu, precyzując miejsce pracy ("GDZIE") i czas, w którym dane zadanie jest wykonywane ("KIEDY").

Wspomniane zdania opisujące organizację działania tworzą zbiór trudny do analizy matematycznej i dlatego celowe jest przypisanie tym zdaniom reprezentacji liczbowej.

Przyjmijmy następujące oznaczenia:

$$\begin{aligned} E &= \{e_n : n = 1, \dots, N\} && \text{- zbiór elementów} \\ Z &= \{z_z : z = 1, \dots, Z\} && \text{- zbiór zadań} \\ V &= \{v_s : s = 1, \dots, S\} && \text{- zbiór miejsc} \\ T &= \{t_k : k = 1, \dots, K\} && \text{- zbiór chwil czasu} \end{aligned}$$

Każde zdanie można więc przedstawić jako ciąg czteroelementowy. Ciąg (e_n, z_z, v_s, t_k) oznacza, że element e_n wykonuje czynność z_z w miejscu v_s i w chwili t_k .

Proces ustalania organizacji działania można potraktować jako wyszukiwanie ze zbioru wszystkich możliwych ciągów (e_n, z_z, v_s, t_k) (gdzie $e_n \in E$, $z_z \in Z$, $v_s \in V$, $t_k \in T$) podzbioru H , opisującego wyznaczoną organizację. Wygodnie jest posłużyć się przy tym pojęciem zmiennej decyzyjnej zdefiniowanej w sposób następujący:

$$x_{z_s}^n = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } (e_n, z_z, v_s, t_k) \in H \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

Zmienna ta ma wartość niezerową wtedy i tylko wtedy, kiedy zadanie z_z jest wykonywane przez element e_n w miejscu v_s i w chwili t_k .

W celu zmniejszenia ilości zmiennych decyzyjnych, uproszczenia zapisu i utrzymania jego przejrzystości warto wprowadzić następujące zmienne: X_{z_s} , Y_{z_n} , T_{z_k} o podanych poniżej definicjach:

$$X_{z_s} = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } \exists (n, k): (e_n, z_z, v_s, t_k) \in H \\ & \text{tzn. } \sum_n \sum_k x_{z_s}^n > 1 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$Y_{z_n} = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } \exists (s, k): (e_n, z_z, v_s, t_k) \in H \\ & \text{tzn. } \sum_s \sum_k x_{z_s}^n > 1 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$T_{z_k} = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } \exists (n,s): (e_n, z_z, v_s, t_k) \in H \\ \text{tzn. } \sum_n \sum_s \frac{n}{z} x_s^k \geq 1 \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

Reguły organizacji różnych działalności mogących być przedmiotem formułowanej teorii wprowadzają swoiste ograniczenia na tak zdefiniowane zmienne decyzyjne. Należy jednak zauważyć, że pewne reguły-ograniczenia mają charakter uniwersalny, tzn. muszą być spełnione przez każdą organizację działania.

Te podstawowe ograniczenia zostały wyrażone w aksjomatach matematycznej teorii organizacji [3].

Poszczególne aksjomaty są sformułowane w postaci ograniczeń na zmienne decyzyjne.

Aksjomat 1

Każdemu zadaniu przydzielono co najwyżej jedno miejsce

$$\forall z \sum_{s=1}^S x_{z_s} \leq 1$$

Aksjomat 2

Każdemu wykonywanemu zadaniu przydzielono co najmniej jeden element wykonujący to zadanie

$$\forall z \left(\sum_{n=1}^N y_{z_n} \right) \left(\sum_{s=1}^S x_{z_s} \right) = \sum_{n=1}^N y_{z_n}$$

$$\forall z \left(\sum_{n=1}^N y_{z_n} \right) \left(\sum_{s=1}^S x_{z_s} \right) > \sum_{s=1}^S x_{z_s}$$

Aksjomat 3

Każdemu wykonywanemu zadaniu przydzielono spójny odcinek czasu

$$\forall z \sum_{k=1}^{K-1} (T_{z_k} - T_{z_{k+1}})^2 + T_{z_1} + T_{z_k} = 2 \left(\sum_{s=1}^S x_{z_s} \right)$$

Aksjomat 4

Każdy element w danej chwili może realizować co najwyżej jedno zadanie

$$\forall (n,k) \sum_{z=1}^Z Y_{z_n} \cdot T_{z_k} \leq 1$$

Aksjomat 5

W danym miejscu i w danej chwili może być wykonywane co najwyżej jedno zadanie

$$\forall (s,k) \sum_{z=1}^Z X_{z_s} \cdot T_{z_k} \leq 1$$

Pierwsze trzy aksjomaty zapewniają realizowalność zadań, tzn. przydzielenie każdemu wykonywanemu zadaniu elementów, czas oraz jednego miejsca, w którym zadanie będzie wykonywane. Dwa następne gwarantują niesprzeczność organizacji.

3. JĘZYKI ORGPLAN

Ograniczenia generowane przez aksjomaty stanowią podstawową grupę warunków, które muszą być spełnione dla każdej organizacji działania. Jednak dla konkretnego problemu założenia te trzeba będzie uzupełnić dodatkowymi ograniczeniami wynikającymi ze specyfiki problemu.

Jednym z możliwych sposobów wprowadzenia tych ograniczeń jest przedstawienie ich treści w postaci zdań pewnego języka. Dla zrealizowania tego podjęto próbę stworzenia klasy języków ORGPLAN problemowo zorientowanych na zagadnienia organizacyjne [2]. Są to języki ukierunkowane na problemy, które można opisać za pomocą przedstawionych pojęć teorii organizacji, mianowicie pojęcia zadania (z), elementu (e), miejsca (v) i czasu (t).

Klasyfikacja języków ORGPLAN jest dokonywana w oparciu o to, które z wyżej wymienionych pojęć są używane w danym języku. Przykładowo, za pomocą języka (e,z) można implementować zagadnienia, które dotyczą zadań oraz elementów przydzielonych do ich wykonania. Stosując język (e,z,t) można rozważać również rozmieszczenie w czasie realizowanych zadań. Natomiast wprowadzenie dodatkowo miejsc, w których mogą być wykonywane zadania - język (e,z,v,t) - pozwala również na rozpatrywanie struktury przestrzennej.

Poniżej wymieniono przykładowo problemy organizacyjne, które można implementować za pomocą języków ORGPLAN:

język (e,z) - problemy rozdziału zadań, przydziału wykonawców

- język (e,v) - problemy rozmieszczenia elementów, przydziału miejsc
- język (e,t) - problemy wyznaczania obciążenia sal, ustalania kolejki, planu dyżurów
- język (z,t) - problemy wyznaczania programu działania elementu, planu pracy osobistej
- język (z,v) - problemy planowania funkcjonalno-przestrzennego, wyznaczania struktury przestrzennej
- język (v,t) - problemy wyznaczania planu podróży, wycieczki
- język (e,z,v) - problemy terytorialnego podziału zadań, funkcjonalnego rozmieszczenia elementów, przydziału miejsc i funkcji elementów
- język (e,z,t) - problemy wyznaczania harmonogramu realizacji przedsięwzięć, organizacji produkcji, planu pracy zespołu, planu szkolenia
- język (z,v,t) - problemy wyznaczania programu zagospodarowania przestrzennego, programu robót drogowych, wycieczek
- język (e,v,t) - problemy planowania ruchu elementów wyznaczania rozkładu jazdy, rezerwacji miejsc
- język (e,z,v,t) - problemy wyznaczania rozkładu zajęć z uwzględnieniem sal, harmonogramu realizacji robót terenowych, planów koordynacji prac przestrzennych.

Jak widać, za pomocą wyżej wymienionych języków można opisać dość szeroką klasę problemów organizacyjnych.

4. SYSTEM ORGPLAN

Języki ORGPLAN są narzędziem do konwersacyjnego opisywania sytuacji decyzyjnej w systemie ORGPLAN.

W celu uzyskania rozwiązania konkretnego problemu system ORGPLAN realizuje dwa kolejne zadania:

1^o przekształca opis sytuacji danej w postaci zadań języka ORGPLAN do postaci matematycznej,

2^o wyznacza poszukiwaną organizację działania.

Zadanie pierwsze jest realizowane za pomocą automatu generującego dla każdego zdania (lub grupy zdań) równoważne mu znaczeniowo ograniczenia. Po takim przekształceniu otrzymuje się sformułowanie, które wraz z ograniczeniami wyrażającymi aksjomaty teorii organizacji tworzy problem programowania binarnego.

Zadanie drugie polega na zastosowaniu algorytmu optymalizacyjnego do tak sformułowanego problemu.

Następnie na podstawie otrzymanych wartości zmiennych decyzyjnych X_{z_s} , Y_{z_n} , T_{z_k} jest tworzony opis wyznaczonej organizacji działania w formie zrozumiałej dla użytkownika systemu (np. w postaci zdań języka ORGPLAN).

W systemie ORGPLAN możliwe są trzy sposoby przetwarzania:

- a) kreacja,
- b) aktualizacja,
- c) wyszukiwanie.

Przebieg kreacji jest pierwszym krokiem w procesie zastosowania języka ORGPLAN do konkretnego problemu. W tym przebiegu definiowane są (za pomocą zdań języka) podstawowe struktury danych i powiązania między nimi oraz formułowane są podstawowe warunki, które musi spełniać poszukiwana organizacja. Sprawdzana jest także poprawność sformułowania problemu. Przebieg ten jest zakończony rozwiązaniem podstawowego zagadnienia w sensie określenia optymalnej lub przynajmniej dopuszczalnej organizacji działania.

Przebieg aktualizacji odnosi się do konkretnej implementacji języka. Jego celem jest modyfikacja problemu zmieniająca struktury danych czy też sformułowane wcześniej ograniczenia.

W przebiegu wyszukiwania udzielane są użytkownikowi odpowiedzi na pytania sformułowane w języku ORGPLAN, a dotyczące wyznaczonej organizacji działania.

Uproszczona wersja systemu jest implementowana na maszynie OORA 1305 w języku FORTRAN. Aktualnie działającym modulem systemu jest analiza syntaktyczna tekstu w języku ORGPLAN.

5. PODSUMOWANIE

Przedstawioną matematyczną teorię organizacji można traktować jako teorię języków problemowo zorientowanych w tym sensie, że aksjomaty tej teorii są odwzorowane w formie reguł semantyki języka ORGPLAN. Poszczególne aksjomaty zostały sformułowane w postaci ograniczeń na zmienne decyzyjne. W takiej samej formie mogą być przedstawione warunki specyficzne dla konkretnego problemu decyzyjnego. Jest to realizowane za pomocą generowania ze zdań języka ORGPLAN odpowiednich ograniczeń. Stwarza to możliwość automatycznego generowania zdań z zakresu programowania binarnego, które można rozwiązać za pomocą metod programowania matematycznego. Zadanie to jest realizowane przez konwersacyjny system ORGPLAN komputerowego generowania harmonogramów.

LITERATURA

- [1] HACKSTEIN R., UTTENDORF K.: Erchiessung mathematischer Planungsverfahren für die Praxis durch Mensch-Computer-Dialog, *Angewandte Informatik*, 8, (1979), ss. 340-349.
- [2] KUBALA A., PIASECKI S.: Konceptcja języka ORGPLAN zorientowanego problemowo na zagadnienia organizacyjne. Przyjęto do druku w wydawnictwach IBS PAN.
- [3] KUBALA A., PIASECKI S.: Podstawy matematyczne teorii organizacji. Przyjęto do druku w wydawnictwach IBS PAN.
- [4] PIASECKI S.: Wstęp do ścisłej teorii organizacji i zarządzania, wydane w materiałach konferencyjnych "Metody cybernetyczne w zarządzaniu", Ossolineum, 1979, ss. 19-29.
- [5] ТАММ Б.Г., ТЫГУ Э.Х.: О создании проблемно-ориентированного программного обеспечения. *Кибернетика*, 4, 1975, ss. 76-85.

Recenzent: Prof. dr inż. Henryk KOWALOWSKI

Wpłynęło do Redakcji 15.05.1982 r.

КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Резюме

В настоящей работе предлагается сформализованное описание организации, позволяющей строить проблемно-ориентированные языки, предназначенные для составления календарных планов с помощью ЭВМ.

Описываемую теорию организации представлено в виде теории некоторого класса проблемно-ориентированных языков типа ОРГПЛАН. Языки этого типа употребляются для решения организационных задач, которые можно представить употребляя соотношения определённые на четырёх дискретных множествах: множестве операций (задач), множестве исполнителей задач, множествах места и времени выполнения задачи.

Работа содержит обобщённые идеи диалоговой системы, которая на основе описания условий для принятия решения данного на языке ОРГПЛАН, вырабатывает соответствующий календарный план.

COMPUTER GENERATION OF SCHEDULES**S u m m a r y**

The formalization of the description of organization, which permits constructing the problem-oriented languages for computer determination of organization is proposed. The theory of organization presented is treated as a theory of a certain class of the ORGPLAN problem-oriented languages. This report contains also the general concept of a conversational system on the basis of the ORGPLAN language.