POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

TEORIA ORGANIZACJI
PROCEDURY PROJEKTOWANIA

STANISŁAW PIASECKI

Warszawa 1997

TEORIA ORGANIZACJI
PROCEDURY PROJEKTOWANIA

STANISŁAW PIASECKI

Warszawa 1997

Opiniodawcy: Prof. dr inż. Wiesław Grudzewski
Prof. dr hab. Jerzy Kisielnicki

Wydanie publikacji dofinansowane przez KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH

Wykonano z oryginałów tekstowych dostarczonych przez autora

ISBN 83-85847-03-0

Pamięci moich Rodziców
poświęcam

ZAMIAST WSTĘPU

W otaczającym świecie wyróżniamy pewne obiekty, które charakteryzujemy za pomocą wybranego zestawu cech. Wybór obiektów i zestawu cech zależy od celu analizy. Każdy obiekt jest więc scharakteryzowany wartościami wyróżnionych cech - stanem obiektu. Niektóre własności wyróżnionych obiektów szczególnie nas interesują, przy czym własność jest zdefiniowana podzbiorem zbioru wartości możliwych stanów obiektu.

PRZYKŁAD 1

W działalności gospodarczej wyróżnianymi obiektami są dobra występujące w postaci zasobów i strumieni. Charakterystyką zasobów są ich ilość i rodzaj dobra tworzącego zasób. Charakterystyką strumieni są intensywność przepływu i rodzaj przemieszczającego się dobra. Każde dobro może być zdefiniowane wartościami jego mierzalnych cech.

Zestaw cech definiujących dobra możemy podzielić na:

— *podzbiór jakościowych cech fizycznych, takich jak kształt, masa, kolor, twardość, skład itp.,*

— *podzbiór określający współrzędne przestrzenno-czasowe dobra.*

Z jakościowych cech fizycznych dobra wynikają jego własności takie jak: niezawodność, przydatność itp. Z cech fizycznych i współrzędnych dobra wynikają inne własności takie jak na przykład dostępność, użyteczność itp. Na zbiorze wartości cech fizycznych i współrzędnych dobra mogą być określone takie wielkości, jak: wartość (indywidualna i społeczna) dobra, koszt wytwarzania, cena jednostki dobra itd. Z ich pomocą możemy określić inne własności. Na przykład mówimy, że dane dobro posiada tę własność, iż jest tanie, ponieważ jego cena jest mniejsza od zadanej wartości itp.

Zarówno cechy, jak i własności obiektów ulegają zmianie w czasie. Zmiany te definiują procesy zachodzące w otaczającej nas rzeczywistości.

Jeżeli wartości dwóch wyróżnionych procesów są od siebie statystycznie niezależne, mówimy, że procesy są niezależne. W szczególności jeżeli przebieg jednego procesu (skutek) zależy od drugiego (przyczyny) to pierwszy nazywamy procesem wymuszonym, a drugi wymuszającym (inicjującym).

Jeżeli w zbiorze obiektów możemy wydzielić te, których stan jest od nas zależny (obiekty sterowalne), a jednocześnie stan pewnych obiektów, których własności nas

interesują, zależy od stanu tych obiektów sterowalnych, to możemy wymusić pewien proces który obiektom stanowiącym przedmiot naszego zainteresowania może nadać określone własności. Proces taki będziemy nazywali celowym, zaś proces zmiany stanów obiektów sterowalnych wymuszających proces celowy nazwiemy działaniem.

Inaczej mówiąc, działaniem jest proces określony na obiektach sterowalnych, w którego wyniku przedmiotom działania nadajemy pożądane własności lub cechy, określone celem działania. Dla wygody, zbiór obiektów sterowalnych będziemy dalej nazywali podmiotem działania, przypisując mu zamierzony cel działania w odróżnieniu od przedmiotu działania, na którym cel ten jest określony.

PRZYKŁAD 2

Typowym działaniem gospodarczym jest produkcja. W tym przypadku procesem wymuszającym jest praca ludzi i maszyn, a procesem wymuszonym zmiana cech uczestniczących w procesie dóbr. Wydając odpowiednie polecenia załodze możemy zmieniać rodzaj i natężenie pracy ludzi i maszyn wpływając odpowiednio na przebieg procesu przekształcania dóbr.

Obiektami sterowanymi są w tym przypadku stanowiska i gniazda produkcyjne, za których pomocą przekształcamy dobra wejściowe na dobra wyjściowe

Działanie - proces celowy określony na stanach podmiotu działania - możemy podzielić na szereg charakterystycznych, typowych podprocesów, które będziemy nazywali operacjami lub czynnościami. W rezultacie działanie możemy także określić jako celowy ciąg czynności. Drobiazgowość podziału działania (jako czynności złożonej) na poszczególne czynności proste zależy wyłącznie od naszych potrzeb.

Dla ustalonego podmiotu działania i związanego z nim celu działania możemy określić zadanie jako wymuszenie zmiany stanu przedmiotu działania z aktualnego w pożądany.

Z każdym działaniem związane są: określone nakłady, a z każdym pożądanym stanem przedmiotu działania - określone korzyści. Przez efekt działania będziemy rozumieli zarówno korzyści, jak i nakłady, natomiast pod pojęciem rezultatu działania - osiągnięty stan przedmiotu działania. Działania uznamy za skuteczne (a zadanie za wykonane), jeżeli rezultatem działania jest osiągniecie celu działania.

Prawie zawsze w zbiorze wyróżnionych czynności prostych określony jest pewien porządek ich wykonywania, którego zachowanie jest konieczne, jeżeli działanie ma osiągnąć swój cel. Porządek ten będziemy nazywali fizycznym warunkiem realizowalności procesu celowego. Należy przy tym zwrócić uwagę, iż

niezmiernie rzadko warunki realizowalności wymuszonego procesu jednoznacznie wyznaczają przebieg zadania. Najczęściej istnieje cały szereg procesów spełniających warunek realizowalności - szereg możliwych działań prowadzących do celu.

PRZYKŁAD 3

W produkcji, zadanie polegające na wytworzeniu określonego wyrobu jest rozbite na szereg wzajemnie uwarunkowanych i powiązanych zadań prostych - operacji technologicznych. Każda operacja jest określona nazwą procesu - czynności, którą należy wykonać, oraz parametrami (a często także rysunkami) określającymi stan początkowy i końcowy przedmiotu działania.

W dokumentacji technologicznej dla każdej operacji podawane są ponadto charakterystyki techniczne stanowisk niezbędnych do wykonania operacji. Dokumentacja technologiczna określa tylko jeden z możliwych procesów realizacji zadania. W zasadzie winien to być taki proces, który realizuje zadanie przy najmniejszych nakładach.

Poddając analizie podmiot działania możemy wydzielić z niego szereg elementów funkcjonalnych, to jest najmniejszych części mogących realizować poszczególne zadania proste, na które rozłożyliśmy zadanie złożone. Wyliczenie elementów funkcjonalnych podmiotu określa jego skład funkcjonalny, którego nie należy mylić ze składem rozumianym jako spis obiektów fizycznych składających się na podmiot. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że najczęściej skład fizyczny pokrywa się ze składem funkcjonalnym, a elementy funkcjonalne najczęściej stanowią także odrębne obiekty fizyczne.

PRZYKŁAD 4

W produkcji najmniejszym obiektem mogącym wykonywać operację technologiczną - zadanie proste - jest stanowisko robocze. W rezultacie zakład produkcyjny możemy rozbić na elementy funkcjonalne - stanowiska robocze.

Zbiór stanowisk roboczych wykonujących tę samą operację nazywamy gniazdem, natomiast zestaw stanowisk zdolny do wykonywania wszystkich operacji (całego zadania złożonego) nazywany jest linią lub nitką produkcyjną

W szczególności w przemyśle maszynowym podział funkcjonalny odpowiada podziałowi fizycznemu. Zauważmy, że również w przetwarzaniu danych lub ogólniej - zarządzaniu, możemy wydzielić szereg stanowisk pracy z przyporządkowanymi czynnościami, podobnie jak to ma miejsce w produkcji.

Każdy element funkcjonalny jest przeznaczony do wykonywania w czasie realizacji zadania określonej czynności - pełnienia określonej funkcji.

Oczywiście, zadania proste wykonywane przez poszczególne elementy funkcjonalne nie mogą być wykonywane w sposób niezależny od siebie, gdyż na ogół nie prowadzi to do osiągnięcia celu działania. Ogólnie, stany elementów funkcjonalnych charakteryzujące ich działalność muszą być ze sobą powiązane, współzależne, gdyż w przeciwnym wypadku spełnienie warunków fizycznej realizowalności procesu celowego byłoby sprawą przypadku - szczęśliwego zbiegu okoliczności - a skuteczność takiego działania, rozumiana jako wartość prawdopodobieństwa osiągnięcia celu, byłaby bliska zera.

Jeżeli przez efektywność procesu rozumielibyśmy różnicę bądź iloraz oczekiwanej wartości korzyści i nakładów, to efektywność takiego procesu także byłaby bardzo mała.

Będziemy twierdzili, że elementy funkcjonalne współdziałają ze sobą przy realizacji zadania wtedy i tylko wtedy, gdy skuteczność (i efektywność) ich działania jest większa od skuteczności (i efektywności) uzyskiwanej przy niezależnym działaniu każdego elementu.

PRZYKŁAD 5

Załóżmy, że zadanie polega na przeniesieniu belki przez zespół pracowników, przy czym jest ona tak ciężka, że wymaga zaangażowania całego zespołu do wykonania zadania. Współdziałanie elementów zespołu (robotników) będzie tu polegało na zsynchronizowaniu chwil szarpnięcia belki przez poszczególnych robotników celem jej podniesienia, ułożenia na ramionach, przeniesienia, a następnie zrzucenia na ziemię. Przy tym do przeniesienia obiektu niezbędne jest równomierne rozmieszczenie robotników wzdłuż belki oraz zgodne poruszanie się w tym samym kierunku i z tą samą szybkością. Im bardziej precyzyjnie zsynchronizowane są w czasie czynności robotników i ich rozmieszczenie w przestrzeni, tym mniejszego nakładu pracy wymaga przeniesienie belki lub tym większą belkę mogą oni przenieść. Przeciwnie, przy niedoskonałym współdziałaniu członków zespołu o wiele więcej muszą się oni „naszarpać", aby wykonać tę samą pracę.

Dla zapewnienia synchronizacji działania może okazać się korzystne wydzielenie jednego robotnika do podawania komend. Oczywiście ich wykonywanie leży w zrozumiałym interesie każdego członka zespołu.

Zwróćmy uwagę, że istnieje możliwość uzyskania jeszcze niższej skuteczności działania aniżeli w przypadku, gdy elementy działają od siebie niezależnie Mianowicie sytuacja taka wystąpi, gdy elementy celowo przeszkadzają sobie wzajemnie w realizacji procesu - mówimy wtedy o przeciwdziałaniu elementów.

Będziemy uważali, że współdziałanie elementów jest tym doskonalsze, im większa jest efektywność ich działania. Sposób współdziałania elementów podczas realizacji nazwiemy organizacją[1] działania elementów, a zbiór elementów współdziałających przy realizacji zadania - zespołem. Zespół jest zdefiniowany zadaniem, składem i organizacją. Opis organizacji sprowadza się do opisu współzależności stanów (czynności) elementów w czasie i przestrzeni. Najczęściej opis współdziałania elementów w czasie nosi nazwę harmonogramu, a współdziałania w przestrzeni - planu rozmieszczenia (przemieszczania).

Zwróćmy następnie uwagę, że szeroko używana nazwa organizacja pracy dotyczy organizacji działania zespolów ludzkich, natomiast w miejsce nazwy „opis organizacji działania zespołu technicznego" używa się nazw: „opis konstrukcji urządzenia", „opis działania maszyny", „opis współdziałania zespołów" itp.

Podobnie zamiast „zespół techniczny" mówimy: „maszyna", „urządzenie" itp. oraz zamiast „zespół ludzki": „załoga", „personel" itp.

Pod pojęciem „organizowanie" będziemy rozumieli ustanawianie określonych powiązań - współzależności - między stanami elementów zespołu. Efektem pracy organizacyjnej jest ustalenie zasad współdziałania elementów w określonych sytuacjach. Formą zewnętrzną istnienia tych zasad są odpowiednie przepisy (regulaminy) lub plany działania elementów (dokładniej: współdziałania elementów podczas realizacji zadania).

Jeżeli określony zespół wykonuje jednocześnie wiele różnych zadań (co dla elementu jest niemożliwe), to dla podkreślenia tego faktu możemy mówić bądź o złożonej organizacji zespołu, bądź o organizacji systemu. W tym ostatnim przypadku używając w miejsce słowa „zespół" słowo „system" podkreślamy, że mamy do czynienia ze złożonym przypadkiem realizacji wielu zadań jednocześnie - złożonym w porównaniu z przypadkiem, gdy zespół realizuje jednocześnie tylko jedno zadanie. System realizuje więc jednocześnie wiele różnych celów, a jego skuteczność i efektywność działania jest zależna od skuteczności i efektywności osiągania poszczególnych celów.

---

[1] Jest to nieco inna definicja organizacji aniżeli spotykana w dotychczasowej literaturze.

PRZYKŁAD 6

Rozpatrzmy, na przykład, system zaopatrzenia. Elementami tego systemu są magazyny rozmieszczone na pewnym terytorium. Stany zapasów w tych magazynach są powiązane między sobą zależnościami określonymi planami wzajemnych dostaw, które determinują organizację działania systemu.

Zadaniem systemu jest równoczesne zaopatrywanie wielu odbiorców w wiele rodzajów towaru przy danych potrzebach odbiorców, możliwościach źródeł zaopatrywania i możliwościach przewozowych.

Innym przykładem jest system transportowy, którego zadaniem jest jednoczesne przemieszczanie wielu różnych ładunków w różnych relacjach. W skład systemu wchodzą przede wszystkim środki transportowe, za których pomocą przemieszczane są ładunki.

Organizacja transportu jest określona rozkładem jazdy (planem ruchu) jednostek transportowych.

Organizacja dotyczy sposobu realizacji zadania i w związku z tym nazwa „organizacja" występuje w połączeniu z nazwą zadania lub czynności, której dotyczy zadanie. Jak na przykład: organizacja zarządzania, organizacja ewakuacji, organizacja przemarszu, organizacja leczenia itp. Wtedy z nazwy nie wynika, którego zespołu ona dotyczy.

Z drugiej strony, organizacja odnosi się do pewnego zespołu elementów i w związku z tym nazwa „organizacja" niekiedy występuje w połączeniu z nazwą zespołu, jak na przykład: organizacja szpitala, organizacja zakładu pracy, organizacja szkoły wyższej itp. Wtedy z nazwy na ogół nie wynika, realizacji jakiego zadania ona dotyczy.

Często mówimy krótko „organizacja systemu" (lub zespołu) rozumiejąc pod tym pojęciem organizacje działania elementów systemu (lub zespołu) realizującego określony zbiór zadań.

Jeżeli zwrócimy uwagę na fakt, że rzeczywiste obiekty realizują jednocześnie bardzo wiele zadań (być może częściowo od siebie zależnych), to odpowiednio możemy wyróżnić w obiekcie różnego rodzaju organizacje związane z wykonywaniem poszczególnych zadań.

PRZYKŁAD 7

W każdym zakładzie produkcyjnym możemy wyróżnić:

— *organizację produkcji,*

— *organizację transportu,*

— *organizację zarządzania,*

— *organizację ewakuacji pożarowej itp.*

Z kolej w organizacji zarządzania możemy dalej wydzielić następujące „warstwy":

— *organizację przetwarzania informacji dla potrzeb zarządzania,*

— *organizację kierowania przetwarzaniem informacji dla potrzeb zarządzania,*

— *organizację przetwarzania informacji dla potrzeb kierowania przetwarzaniem informacji dla potrzeb zarządzania itp.*

Należy zwrócić uwagę, że terminy: „system", „zespół" i „element" są pojęciami względnymi. I tak, w czasie analizy obiekt, który początkowo był traktowany jako element, staje się zespołem, a następnie systemem w miarę wzrostu stopnia szczegółowości analizy. Przeciwnie, podczas syntezy, ten sam zbiór elementów traktowany początkowo jako system może stać się następnie zespołem, a w końcu elementem innego większego systemu.

I jeszcze uwaga techniczna - przy pierwszym czytaniu tekstu tej książki można pominąć zbyt szczegółowe i zbyt formalne definicje, które są zapisane drobnym drukiem.

CZĘŚĆ I

PROCEDURY PROJEKTOWANIA ORGANIZACJI DZIAŁAŃ

ROZDZIAŁ IV

SYNTEZA ORGANIZACJI DZIAŁAŃ - LINGWISTYCZNE I MATEMATYCZNE ASPEKTY

W rozdziale przedstawimy sposoby konstrukcji (syntezy) organizacji działań. W tym celu wskażemy na pewne lingwistyczne aspekty problemu konstrukcji planów współdziałania elementów, jako problemu konstrukcji sensownych tekstów zbudowanych z ciągu zdań pewnego języka.

Następnie pokażemy związek formalny między poprawnym tekstem opisującym organizacje a rozwiązaniem dopuszczalnym zadania programowania matematycznego.

W końcowym efekcie sprowadzimy zagadnienie syntezy optymalnej organizacji działania do problemu wyznaczania optymalnego rozwiązania zadań programowania matematycznego. Przy tym, optymalne rozwiązania tych zadań - mają także interpretacje najlepszego tekstu pewnego języka opisującego organizację działania.

Jak wiadomo opis organizacji działania najłatwiej przedstawić graficznie - w postaci wielowymiarowych harmonogramów, planów sytuacyjnych itp.

Formalnie, każdy tego typu grafik może być opisany [56] ciągiem „czwórek" tak jak to określiliśmy w poprzednim rozdziale (lub ciągiem „piątek" lub itd.).

Ustalmy uwagę na „czwórkach" typu

$$(\varepsilon_j, Z_k, T_h, \vartheta_m)$$

które formalnie możemy potraktować jako czterowyrazowe zdania w których „wyraz"

— pierwszy, pełni rolę podmiotu w naszym zdaniu (odpowiada na pytanie - kto?),

— drugi, pełni rolę orzeczenia (odpowiada na pytanie - co robi?),

— trzeci, pełni rolę okolicznika czasu (odpowiada na pytanie - kiedy?),

— czwarty, pełni rolę okolicznika miejsca (odpowiada na pytanie - gdzie?).

Ponieważ nasz język ma ograniczone, lecz ściśle określone przeznaczenie, więc dla naszych celów potrzebna będzie tylko część wyrazów języka polskiego specyfikująca jego implementacje. Zauważmy, że w podobny sposób powstają naturalne języki specjalistyczne, tak zwane żargony zawodowe. Skonkretyzujmy więc słownik naszego języka będącego niewielkim fragmentem słownika języka polskiego. Przykładowo zdefiniujmy zbiór wyrazów dla elementarnej postaci tego języka.

W zbiorze wyrazów wyróżnimy cztery klasy wyrazów:

— nazwy wyróżnionych elementów funkcjonalnych e_i, podmiotu działania E lub (i) podzbiorów tych elementów ($\varepsilon_j \subset E$)

— nazwy wyróżnionych czynności $Z_k \in Z$ (zadań cząstkowych)

— nazwy odcinków czasu $T_h \subset T$ (podzbiorów chwil czasowych t)

— nazwy miejsc $\vartheta_m \subset V$ (podzbiorów punktów przestrzeni v).

Będziemy przy tym przyjmowali, że nazwy wyróżnionych elementów funkcjonalnych są rzeczownikami. Ogólnie mogą to być frazy składające się z rzeczownika i dodatkowych słów lub liczb identyfikujących elementy. Podobnie będziemy przyjmowali, że nazwami czynności są czasowniki.

Obydwa powyższe zbiory E i Z, nazw obiektów i czynności, muszą być zdefiniowane przez wymienienie wszystkich ich elementów. Zbiór odcinków czasu $T_h \subset T$ może być zbiorem nieprzeliczalnym w związku z czym należy go w takim przypadku zdefiniować nieco inaczej. Mianowicie, może to być rodzina wszystkich spójnych, prawostronnie domkniętych zbiorów utworzonych z elementów danego (spójnego) zbioru liczb rzeczywistych.

Nazwą każdego elementu tak utworzonej rodziny będzie para liczb - kres dolny i górny podzbioru. Morfologia dla takiego zbioru nazw może być określona następującymi zasadami:

1) Nazwą odcinka czasu jest para liczb oddzielona przecinkiem.

2) Pierwsza liczba w parze musi być mniejsza od drugiej.

3) Obydwie liczby są elementami zadanego lewostronnie domkniętego i spójnego zbioru liczb $T = [t_0, T)$ określonego jego kresem górnym T i liczbą t_0.

Podobnie możemy postąpić definiując zbiór V miejsc jeżeli rozważamy ośrodek ciągły. Jeżeli zbiór miejsc jest „łatwo" przeliczalny możemy zbiór nazw miejsc ϑ_m zdefiniować przez wyliczenie wszystkich miejsc o numerach $m = 1,2,...,M$. Analogicznie, jeżeli zbiór chwil t_n jest skończony, to możemy zdefiniować zbiór chwil przez wyliczenie nazw t_n chwil dla wszystkich $n = 1,2,...,N$ lub przez podanie reguły wyliczenia wszystkich jego elementów

Oczywiście ilość wyróżnionych klas nazw - wyrazów języka - jak i ich zawartość może być dowolnie deklarowana przez użytkownika, jednakże zawsze musi być określona jednoznacznie, lub musi być określony algorytm identyfikacji wyrazów pod względem przynależności do słownika wyrazów naszego języka.

Dla ustalenia uwagi Czytelnika przykładowo przyjmiemy, że w naszym elementarnym modelu języka wyróżnimy cztery wymienione klasy wyrazów. Przy tym dla uproszczenia przyjmiemy, że są one zdefiniowane przez wyliczenie elementów, a więc mają postać:

$$E = \{e_1, e_2, \ldots, e_i, \ldots, e_I\}$$

$$Z = \{Z_1, Z_2, \ldots, Z_k, \ldots, Z_K\}$$

$$T = \{t_1, t_2, \ldots, t_h, \ldots, t_H\}$$

$$V = \{v_1, v_2, \ldots, v_m, \ldots, V_M\}$$

W rezultacie dla omawianego elementarnego przypadku mamy

$$\text{SŁOWNIK} = (E, Z, T, V)$$

Semozjologię określoną na wyrazach słownika i pojęciach zdefiniujemy w sposób naturalny, przypisując każdemu wyrazowi słownika takie znaczenie, jakie mają słowa języka polskiego i jakie przypisane są liczbom, określającym bądź przedziały czasowe bądź obszary przestrzeni.

Przejdźmy obecnie do zdefiniowania syntaktyki zdań takiego najprostszego języka. Każde ZDANIE oznajmujące lub nakazujące naszego elementarnego języka niech będzie uporządkowaną czwórką

$$(e, z, t, \vartheta)$$

wyrazów języka, w której pierwszą składową jest element zbioru E, drugą - element zbioru Z, trzecią - podzbiór t zbioru T, czwartą - podzbiór ϑ zbioru V. Przy tym, z punktu widzenia formalnego - syntaktyki języka - każda czwórka spełniająca powyższe wymagania jest zdaniem poprawnym w naszym elementarnym języku chociaż nie koniecznie sensownym w kontekście zaistniałej sytuacji decyzyjnej.

W bardziej ogólnym przypadku, pierwszym elementem zdania byłby podzbiór $\varepsilon \subset E$. Nie trudno jednak zauważyć, że zdanie typu

$$(\varepsilon, Z, t, \vartheta)$$

można zamienić na zbiór zdań typu

$$(e, Z, t, \vartheta)$$

różniących się tylko pierwszą składową $e \in \varepsilon$, przy tym liczność powyższego zbioru zdań będzie równa liczności zbioru ε. W związku z powyższym rozważany prosty typ języka różni się od ogólniejszej postaci jedynie tym, że jest bardziej „rozwlekły".

Podobnie zdefiniujemy zdanie pytające, z tą tylko różnicą, że dodatkowo, każda ze składowych czwórki może być zastąpiona znakiem pomocniczym - znakiem zapytania. Przykładami zdań pytających będą więc następujące czwórki:

$$(?,Z,t,\vartheta),\ (e,Z,?,\vartheta),\ ?,?,t,\vartheta),\ (?,?,?,?)$$

Struktura zdań naszego elementarnego języka jest więc zdefiniowana trzema klasami zdań: oznajmujących, pytających i nakazujących

W ten sposób zdefiniowaliśmy syntaktykę zdań naszego języka. Przejdźmy obecnie do zdefiniowania semantyki logicznej zdań. W celu określenia znaczenia tych zdań w dziedzinie informacji, określmy sposób przetłumaczenia ich znaczenia na język polski.

Zacznijmy od zdań oznajmujących. Czwórkę (e,z,t,ϑ) możemy potraktować jako skrócony zapis zdania w języku polskim, w którym e pełni rolę podmiotu, z - orzeczenia, t - okolicznika czasu, ϑ - okolicznika miejsca.

Czwórkę (e,z,t,ϑ) należy zatem czytać w sposób następujący. „Element e wykonuje z w czasie t i miejscu ϑ". W ten sposób staje się jasny sens znaczeniowy zdania oznajmującego.

W zdaniach pytających interpretacja składowych jest identyczna, z tym że znak zapytania należy zastąpić słowem

* kto - jeżeli występuje na miejscy pierwszej składowej zdania;
* co wykonuje - jeżeli występuje na miejscu drugiej składowej;
* kiedy - jeżeli występuje na miejscu trzeciej składowej;
* gdzie - jeżeli występuje na miejscu czwartej składowej, które należy postawić na pierwszym miejscu zdania przetłumaczonego na język polski.

Przykładowo, ciąg poprzednio wymienionych zdań pytających należy odczytać następująco:

* „kto wykonuje Z w chwili t i miejscu ϑ";
* „kiedy element e wykonuje Z w miejscu ϑ";
* „kto, co wykonuje w chwili t i miejscu ϑ";
* „kto, co wykonuje, kiedy i gdzie".

Przykłady interpretacji zdań nakazujących wymienionych poprzednio będą mieć postać: „wykonać Z w czasie t", „element e wykonać Z", „element e wykonać Z w

miejscu ϑ". Każdy rodzaj zdania ma w ten sposób jasno określone znaczenie. Przy czym

— zdania oznajmujące definiują warunki nazywane danymi o sytuacji organizacyjnej;

— zdania pytające definiują informacje sterujące, będące pytaniami użytkownika dotyczącymi organizacji działań;

— zdania nakazujące definiują informacje wynikowe będące poleceniami (decyzjami) organizacyjnymi.

Zauważmy, że łatwo jest zdefiniować inne rodzaje języków elementarnych, mianowicie gdy zdania będą posiadały: dwie składowe (np. element i czynność), trzy składowe, pięć składowych (np. element, czynność, obiekt na którym realizowana jest czynność, czas i miejsce) itp.

Będziemy nazywali RZĘDEM JĘZYKA liczbę składników zdania zmniejszoną o jedność. Rząd języka ma znaczenie podobne jak stopnie swobody układów mechanicznych. Przykład nasz dotyczył więc języka trzeciego rzędu, gdyż cztero elementowe relacje mają trzy stopnie swobody.

Zauważmy, że język zerowego rzędu sprowadza się do zbioru wyrazów SŁOWNIKA a więc nie jest językiem w normalnym tego słowa znaczeniu. Możemy określić taki język jako język pusty gdyż pusty jest zbiór zdań języka, lub inaczej, gdyż puste jest ciało języka.

Wracając do semantyki logicznej zdań naszego języka musimy określić kiedy zdanie formalnie poprawne jest bezsensowne. W tym celu załóżmy, że posiadamy daną, pewną wiedzę o sytuacji organizacyjnej. Przykładowo załóżmy, że znamy możliwości realizacji różnych czynności przez różne elementy i wzajemne uwarunkowanie czynności. Możliwości te są opisane zbiorem zdań stanowiących całość - TEKST zawierający dane dotyczące możliwości elementów i uwarunkowań czynności. Tekst jest oczywiście zbiorem zadań oznajmujących, które w przypadku rozważanego elementarnego języka rzędu dwa, typu (e,z,t), mają np. postać $(e,z,\varnothing)$.

Przykładowo niech taki tekst ma postać: $(e_1,z_1,\varnothing)$, $(e_2,z_1,\varnothing)$, $(e_2,z_2,\varnothing)$.

Zdaniem niesensownym, w kontekście wyżej podanej wiedzy (danych) o możliwościach elementów, będzie na przykład zdanie $<e_1,z_2,t>$ gdyż element e_1 nie ma możliwości realizacji zadania z_2.

Semantyka logiczna - sensowność zdań - może więc być określona tylko w stosunku do ustalonej wiedzy o problemie (danych). Podobnie sprzeczność

wewnętrzna zdań może być ustalona tylko względem pewnego zbioru zdań - na przykład tekstu opisującego nakazaną organizację działań.

Przy tym, przez tekst będziemy rozumieli skończony zbiór zdań wyrażający naszą wiedzę o sytuacji decyzyjnej lub opisujący nakazaną organizację działań.

Tekst uznamy za formalnie poprawny, jeżeli składa się z poprawnych formalnie zdań. Natomiast znaczeniowo tekst uznamy za poprawny jeżeli nie zawiera

— żadnego niesensownego zdania (względem posiadanej wiedzy)

— żadnej pary zdań znaczeniowo sprzecznych.

Jak wiemy para różnych zdań jest znaczeniowo sprzeczna jeżeli istnieje taka chwila, że

— ten sam element e_1, występujący w obydwu zdaniach winien wykonywać jednocześnie dwie różne czynności

— w tym samym miejscu ϑ_m, występującym w obydwu zdaniach, winny być wykonywane jednocześnie dwie różne czynności.

Sprzeczności takich nie mogą zawierać zarówno tekst opisujący sytuację decyzyjną, jak i tekst określający nakazaną (pożądaną) organizację działania. Ten ostatni dodatkowo nie może zawierać żadnego niesensownego zdania to jest sprzecznego z tekstem opisującym daną sytuację decyzyjną.

Każdy tekst poprawny formalnie (gramatycznie) i znaczeniowo (semantycznie) - będziemy uważali za tekst poprawny.

Przy wyżej przedstawionych założeniach, można ustalić pewien zestaw reguł - w postaci twierdzeń - które koniecznie winien spełniać tekst-opis poprawnej organizacji działalności. Zestaw twierdzeń, które zostaną dalej podane nie jest jedynym możliwym. Można utworzyć szereg innych zestawów reguł w zależności od przyjętych dodatkowych założeń.

Wydaje się, że podany niżej kompletny zestaw twierdzeń jest najmniej liczny. Tym dodatkowym założeniem jest w tym przypadku przyjęcie, że długość τ_{kjm} odcinka czasowego T_k realizacji zadania Z_k przez zespół ε_j w miejscu ϑ_m jest równa normatywnemu czasowi wykonania zadania.

$$\tau_{kjm} = \tau_{jk}(t_k', \vartheta_m)$$

Przy tym, nie jest możliwe dalsze skracanie czasu wykonania zadania (bez zmniejszenia przyjętego progu pewności wykonania zadania). Założenie to jest

równoznaczne z przyjęciem, że długość τ przedziału czasowego $T_k = (t_k', t_k'']$ realizacji zadania Z_k jest minimalna. Ponieważ zbiór zadań Z_k jest najmniej licznym zbiorem zadań, które należy w całości zrealizować aby osiągnąć cel działania, więc każdy element czwórek typu

$$(\varepsilon_j, Z_k, T_h, \vartheta_m)$$

jest elementem „minimalnym". Pozostałe dwa dodatkowe założenia mają charakter formalny. Mianowicie przyjmiemy, że w zbiorze H czwórek opisujących organizacje, nie ma czwórek identycznych a każda czwórka opisuje w pełni realizację jednego i tylko jednego zadania Z_k. Przyjęcie tych technicznych założeń ułatwia sformułowanie wyczerpującego zestawu twierdzeń.

Załóżmy, że opis H będzie składał się dokładnie z K czwórek, w związku z czym można je ponumerować indeksem $k = 1,2,\ldots,K$. Wtedy każda z nich będzie miała postać

$$(\varepsilon_k, Z_k, T_k, \vartheta_k)$$

W rezultacie, twierdzenia które winna spełniać prawidłowa organizacja działania zdefiniowana opisem H będą miały następującą postać:

TWIERDZENIE 1

Jeżeli czwórka $(\varepsilon_k, Z_k, T_k, \vartheta_k)$ jest elementem zbioru definiującego organizację, to do realizacji zadania Z_k zarówno wykonawca ε_k jak i termin wykonania T_k oraz miejsce ϑ_k są odpowiednie.

Określenie „odpowiednie" oznacza w stosunku do

— wykonawcy ε_k, że czas realizacji τ_k zadania Z_k przez wykonawcę jest mniejszy od $\tau_{max} = \infty$

— terminu realizacji T_k, że długość $\tau_k = |T_k|$ przedziału czasu jest nie mniejsza od liczby $\tau_k(t_k, \varepsilon_k, \vartheta_k)$ - normatywnego czasu realizacji

— miejsca realizacji ϑ_k, że czynność Z_k może być zrealizowana w tym miejscu przez zespół ε_k, co jest równoważne stwierdzeniu, że czas normatywny $\tau_k(t_k, \varepsilon_k, \vartheta_k)$ jest mniejszy od $\tau_{max} = \infty$.

Dowód tego twierdzenia jest oczywisty. Jeżeli jakaś czwórka nie spełnia tych wymagań, to zadanie którego sposób realizacji jest opisany tą czwórką nie zostanie wykonane a zbiór H nie będzie opisem organizacji realizacji zadania Z i osiągnięcia celu działania. Ostatni wniosek wynika z założenia formalnego, że zbiór H nie zawiera innej czwórki zawierającej to samo zadanie.

TWIERDZENIE 2

Jeżeli H jest opisem organizacji oraz $T_k \cap T_l \neq 0$ i $k \neq l$ to $\varepsilon_k \cap \varepsilon_l = \varnothing$ oraz $\vartheta_k \cap \vartheta_l = \varnothing$.

Dowód. Ponieważ istnieje wspólny odcinek czasu realizacji dwóch różnych (gdyż $k \neq l$) zadań to w skład zespołów ε_k i ε_l nie może wchodzić ten sam element e_i, gdyż jego udział w realizacji każdego z zadań jest niezbędny w całym okresie czasu realizacji każdego zadania

(porównaj założenie o minimalności elementów czwórek). Z tych samych powodów, minimalności elementów czwórek wynika rozdzielność miejsc realizacji zadań.

TWIERDZENIE 3

Jeżeli H jest opisem realizacji oraz $\varepsilon_k \cap \varepsilon_l = \varnothing$ i $k \neq l$ to $T_k \cap T_l = 0$.

Dowód. Ponieważ istnieje co najmniej jeden wspólny element należący do dwóch zespołów realizujących różne zadania (gdyż $k \neq l$) i element ten w każdym zespole jest zajęty realizacją zadań Z_k i Z_l, to czas jego pracy musi być równy sumie czasów wykonywania poszczególnych zadań. Z powyższego wynika rozdzielność czasów realizacji zadań.

TWIERDZENIE 4

Jeżeli H jest opisem organizacji oraz $\vartheta_k \cap \vartheta_l \neq \varnothing$ i $k \neq l$ to $T_k \cap T_l = 0$.

Dowód. Jeżeli dwie różne czynności ($k \neq l$) mają być wykonywane w tym samym (chociażby częściowo) miejscu, to suma czasów zajętości każdego wspólnego miejsca musi być równa sumie czasów realizacji każdej czynności, co dowodzi rozdzielności tych odcinków.

TWIERDZENIE 5

Jeżeli H jest opisem organizacji a Z_k jest podzbiorem czynności, które muszą być wykonane przed czynnością Z_k to dla każdego k musi być spełniona nierówność

$$\max\{\bigcup_{l:Z_l \in Z_k} T_l\} < \inf T_k$$

Zauważmy przy tym, że

$$\max\{\bigcup_{l:Z_l \in Z_k} T_l\} = \max_{l:Z_l \in Z_k} \{t_l^{''}\}$$

W związku z czym, nierówność tę możemy zapisać w postaci

$$\max_{l:Z_l \in Z_k} t_l^{''} \leq t_k^{'}$$

Dowód. Jeżeli dla jakiegoś zespołu ε_k termin wykonania zadania Z_k będzie wcześniejszy od zakończenia terminu czynności ε_l to nie będą zachowane warunki realizacji zadań wcześniejszych, zakończenie których jest konieczne aby cel działania mógł być osiągnięty Wtedy opis H nie będzie opisem organizacji działania celowego - prowadzącego do osiągnięcia celu.

Niektóre spośród dopuszczalnych - spełniających wymienione twierdzenia i dodatkowe ograniczenia - organizacji działania mogą być bardziej wygodne od innych. Do wybrania najlepszej organizacji potrzebna jest wtedy dodatkowa miara jakości organizacji w postaci funkcji - kryterium, której wartości zależą od wartości elementów zbioru H. Przykładowo funkcją taką może być czas realizacji zadania liczony jako najwcześniejsza chwila zakończenia wszystkich zadań Z_k, których chwila rozpoczęcia nie może przekraczać zadanej chwili τ_0.

W przypadku wyznaczania funkcjonalnych struktur organizacyjnych, opisanych zbiorem par (Z_k, ε_k), w których nie występują terminy i miejsca realizacji zadań,

zestaw podanych twierdzeń odpowiednio się redukuje. Podobnie zmienia się zestaw twierdzeń gdy wyznaczamy harmonogram działania opisany trójkami $(Z_k, \varepsilon_k, T_k)$.

Różne warianty definiowania organizacji działania, omówione wcześniej, można traktować jako różne warianty JĘZYKA PROBLEMOWO ZORIENTOWANEGO [36], traktując teorię organizacji jako teorię pewnej klasy języków. Jest to szczególnie ważne ponieważ istnieje możliwość wykorzystania komputerów cyfrowych dla celów doradztwa organizatorskiego, jeżeli tylko reguły języka zostaną ściśle określone i będą one jednocześnie dostatecznie bliskie języka, którym organizator posługuje się na co dzień oraz języka „zrozumiałego" przez komputer.

Zauważmy, że wymienione wyżej reguły w postaci pięciu Twierdzeń definiują syntaktykę tekstów. W ten sposób zdefiniowaliśmy nasz język umożliwiający łatwą konwersację człowiek-maszyna w zakresie problematyki organizacyjnej.

Oczywiście udzielanie odpowiedzi na pytania przez komputer wymaga nie tylko „zrozumienia" przez maszynę postawionego pytania i okoliczności sytuacji decyzyjnej ale także dysponowania odpowiednimi programami (algorytmami) wyznaczania (syntezy) organizacji działania.

Jednakże opisany przez nas elementarny język, bazujący na zdaniach czteroelementowych, posiada szereg jeszcze prostszych odmian, odpowiednich dla różnych klas problemów organizacyjnych.

Mianowicie, opierając się na powyższych zasadach definiowania gramatyki i semantyki można sprecyzować szereg języków różnego rzędu.

Pierwszą klasę problemów organizacyjnych stanowią te, które możemy opisać wyrażeniami (zdaniami) dwuelementowymi. W tej klasie możemy wyróżnić następujące rodzaje problemów.

- Typ (e,z) do których należą problemy: rozdziału zadań, przydziału wykonawców itp.
- Typ (e,ϑ) do którego należą problemy: rozmieszczenia elementów, przydziału miejsc itp.
- Typ (z,t) do którego należą problemy wyznaczania: programu działania, planu pracy osobistej itp.
- Typ (z,ϑ) do którego należą problemy planowania przestrzennego i przestrzennego zagospodarowania.

- Typ (ϑ,t) do którego należą problemy wyznaczania planu podróży (jazdy), rezerwacji miejsc itp.

Następną klasę problemów organizacyjnych stanowią te z nich, które możemy opisać wyrażeniami trójelementowymi. W tej klasie możemy wyróżnić następujące rodzaje problemów:

- Typ (e,z,ϑ) do którego należą problemy: terytorialnego podziału zadań, funkcjonalnego rozmieszczenia elementów przydziału miejsc i funkcji elementom itp.
- Typ (e,z,t) do którego należą problemy wyznaczania: harmonogramu realizacji przedsięwzięć, organizacji produkcji, planu pracy zespołu, planu szkolenia itp.
- Typ (z,t,ϑ) do którego należą problemy wyznaczania: programu zagospodarowania przestrzennego, programu robót ziemnych, drogowych itp.
- Typ (e,t,ϑ) do którego należą problemy: planowania ruchu elementów, wyznaczania rozkładów jazdy, planu transportu (przewozów) itp.

Wreszcie trzecią klasę problemów stanowią te z nich, które są opisywane czwórkami (e,z,t,ϑ). Do tej klasy problemów należą, między innymi, wyznaczanie rozkładów zajęć szkolnych z uwzględnieniem sal, harmonogramów realizacji robót terenowych, planów operacji wojskowych, planu koordynacji prac przestrzennych itp.

Jak wynika z powyższego, dość pobieżnego wyliczenia, zastosowanie problemowego języka czwórek jest dostatecznie szerokie. Z drugiej strony staje się widocznym fakt, że algorytm rozwiązywania typowych problemów rodzaju (z,t) jest fragmentem algorytmu rozwiązywania typowych problemów rodzaju (e,z,t) itd.

Zwrócenie uwagi na ten fakt, umożliwia zastosowanie w komputerowej implementacji języka, segmentowej (modułowej) budowy algorytmów oraz łączenia metod ścisłych i heurystycznych do rozwiązywania problemów bardziej skomplikowanych.

Zauważmy następnie, że zagadnienie wyznaczania ciągów czwórek $(\varepsilon,z,T,\vartheta)$ zawsze można sprowadzić do zagadnienia wyznaczania czwórek rodzaju (e,z,t,v), składających się z pojedynczych elementów, a nie zbiorów. Oczywiście jest to możliwe jeżeli zbiór T jest przeliczany. Chociaż z punktu widzenia zastosowań zawsze możemy przyjąć, że zbiór T ma strukturę ziarnistą, to jednak operowanie takimi czwórkami jest kłopotliwe, ponieważ ilość zmiennych (czwórek) rośnie wtedy bardzo znacznie.

Rozpatrzmy następnie związek między zagadnieniami: wyznaczania poprawnych tekstów nakazujących organizację działania i wyznaczania dopuszczalnego rozwiązania ZADAŃ PROGRAMOWANIA MATEMATYCZNEGO. Zaczniemy od najprostszych przypadków.

Najprostszym językiem jest język dwuelementowy pierwszego rzędu typu (e,z). Jest on zorientowany na rozwiązywanie zagadnień przydziału zadań elementom. Jeżeli są to zadania powtarzalne, to odpowiada to zagadnieniu wyznaczania optymalnej specjalizacji lub struktury funkcjonalnej. W tym przypadku słownik ma postać pary (E,Z) w którym E jest zbiorem nazw elementów e, dla których wyznacza się zadania oraz Z zbiorem zadań które należy rozdzielić miedzy elementy wykonawcze:

$$E=\{e_1,\dots,e_i,\dots,e_I\},\quad Z=\{Z_1,\dots,Z_k,\dots,Z_K\}$$

gdzie i - jest numerem elementu k - numerem zadania:

$$i\in I,\quad k\in K,\quad I=\overline{1,I},\quad K=\overline{1,K}$$

Specjalizacja lub przydział zadań będzie w tym przypadku zdefiniowany ciągiem zdań

$$<e^s,Z^s>$$

$s=1,2,\dots,S$ gdzie s jest numerem zdania w tekście

Syntaktyka języka jest określona dwoma warunkami a mianowicie

$$e^s\in E \tag{1}$$

$$Z^s\in Z \tag{2}$$

Tak więc zdanie jest formalnie poprawne jeżeli pierwszy jego element wzięty jest ze zbioru „rzeczowników" E a drugi ze zbioru „czasowników" Z.

Przejdźmy następnie do określenia semantyki. Jak wiemy, sensowność zdań ustala się w stosunku do pewnego tekstu opisującego sytuację decyzyjną. W naszym przypadku mogą być np. zabronione niektóre skojarzenia elementów wykonawczych i zadań.

Załóżmy, że przydatność elementów do realizacji zadań opisana jest macierzą liczbową $[C_i^k]_{I\times K}$ której elementy C_i^k mają interpretacje szeroko rozumianego kosztu realizacji zadania e przez i-ty element.

Jeżeli więc i-ty element nie nadaje się do realizacji k-tego zadania to wartość C_i^k jest praktycznie nieskończenie duża (największa liczba maszynowa) co przy jednoczesnym żądaniu najmniejszych kosztów realizacji wszystkich prac (funkcji)

zapewnia nam eliminacje niepożądanych skojarzeń. W rezultacie, wszystkie pary $< e_i, Z_k >$ będą dopuszczalne i każde zdanie poprawne formalnie jest także poprawne znaczeniowo. Określmy następnie zasady semantyki dla tekstów - opisów planu przydziału zadań lub specjalizacji.

Przyjmijmy, że opis planu przydziału - ciąg zdań $< e^s, Z^s >$ nie powinien zawierać identycznych zdań - nie powinien zawierać powtórzeń. Warunek ten ma dwie postacie w zależności od tego czy liczba K jest większa od liczby I wykonawców czy przeciwnie. Jeżeli $K \geq I$ to warunek możemy zapisać w postaci

$$Z^r \cap Z^s = \varnothing$$

gdzie r oraz s są numerami (różnymi) zdań. Warunek ten mówi, że dla każdej pary (r,s) różnych numerów r,s zdań, „czasowniki" tych zdań muszą być różne. Formalnie zapiszemy to w postaci

$$Z^r \cap Z^s = \varnothing \tag{3a}$$

dla każdej pary $(r,s) \in S \times S$ takiej, że $r \neq s$. Przy tym S oznacza zbiór numerów zdań: $S = \{1,2,...,S\}$.

Jeżeli natomiast $I \geq K$ to warunek ten będzie miał postać

$$e^r \cap e^s = \varnothing \tag{3b}$$

dla każdej pary $(r,s) \in S \times S$ takiej, że $r \neq s$.

Następnie aby plan (tekst) był kompletny musi być spełniony warunek o postaci

$$\bigcup_{s=1}^{S} Z^s = Z \tag{4}$$

stwierdzający, że plan przydziału musi zapewniać wykonanie wszystkich zadań (funkcji). O ile warunek 3 (a lub b) miał charakter formalny z punktu widzenia znaczenia tekstu, o tyle warunek 4 jest istotnym wymaganiem semantyki odnośnie tekstów. W ten sposób komplet wymienionych warunków definiuje gramatyka języka

Spróbujmy obecnie przedstawić IMPLEMENTACJĘ MASZYNOWĄ JĘZYKA.

W pierwszym rzędzie, ze względu na oszczędność pamięci operacyjnej maszyny, nie będziemy posługiwali się pełnymi nazwami e_i elementów wykonawczych i zadań Z_k lecz tylko ich numerami i oraz k. W rezultacie maszyna będzie operowała parami liczb $< i^s, k^s >$ w miejsce par nazw $< e^s, Z^s >$. Przy tym i^s jest liczbą stojącą na pierwszej pozycji w „zdaniu" o numerze s a k^s - odpowiednio liczbą stojącą na drugiej pozycji w tym samym „zdaniu". Podczas „komunikowania się" z człowiekiem, maszyna będzie używała pełnych nazw korzystając z translatora numerów na nazwy i

odwrotnie. Mianowicie jeżeli np. $i^s = 3$ to temu numerowi odpowiada nazwa e_3 ze słownika rzeczowników E. Jeżeli natomiast $Z^s = 5$ a więc jest to liczba stojąca na drugim miejscu w parze $< i^s, Z^s >$ to odpowiada jej nazwa Z_5 ze słownika czasowników Z. Podobnie zachodzi proces translacji w drugą stroną - nazw na numery nazw. Formalnie translator nazw z matematycznego punktu widzenia jest funkcją jedno, jednoznaczną.

Wprowadźmy następnie zmienne decyzyjne pomocnicze, zero-jedynkowe

$$X_{is} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \tag{1}$$

$$X^{ks} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \tag{2}$$

mające następujące znaczenie. Jeżeli $X_{is} = 1$ oznacza to, że w s-tym „zdaniu" $< i^s, k^s >$ pierwszy element i^s ma wartość dokładnie i. Jeżeli $X_{is} = 0$ oznacza to że w s-tym zdaniu i^s jest różne od i. Podobnie jeżeli $X^{ks} = 1$ oznacza to, że w s-tym zdaniu drugi element k^s ma wartość dokładnie k i przeciwnie, jeżeli $X^{ks} = 0$ to nie jest on równy liczbie k.

Zauważmy, że wyznaczenie wartości wszystkich zmiennych X_{is} oraz X^{ks} określa plan przydziału. Plan jest poprawny formalnie, gdy zmienne te spełniają następujące warunki:

$$\sum_i X_{is} = 1 \tag{3}$$

$$\sum_k X^{ks} = 1 \tag{4}$$

Odpowiadają one opisanym warunkom (1) i (2) gwarantujących formalną poprawność zdania

$$< i^s, k^s > \tag{a}$$

gdzie

$$i^s = \sum_{i=1}^{J} X_{is} \cdot i \tag{b}$$

$$k^s = \sum_{k=1}^{K} X^{ks} \cdot k \tag{c}$$

Zwróćmy uwagę, że wzory (b) i (c) umożliwiają przetłumaczenie danego rozwiązania zadania przydziału, opisanego wartościami zmiennych decyzyjnych X_{is} oraz X^{ks} na ciąg „zdań" liczbowych (a), który, jak to było pokazane, może być łatwo

„przetranslowany" na ciąg zdań zrozumiałych dla człowieka (w których występują nazwy e_i elementów wykonawczych i nazwy Z_k czynności - zadań lub funkcji).

Następnie, aby ciąg zdań $< i^s, k^s >$ był tekstem znaczeniowo poprawnym, to znaczy opisywał plan przydziału, zmienne X_{is} oraz X^{ks} winny spełniać warunki

$$\sum_{i=1}^{J} X_{ir} \cdot X_{is} = 0 \tag{5a}$$

dla każdej pary $(r,s) \in S \times S$ takiej, że $r \neq s$ jeżeli $I \geq K$ lub

$$\sum_{k=1}^{K} X^{kr} \cdot X^{ks} = 0 \tag{5b}$$

jeżeli $K \geq I$.

Warunki te odpowiadają warunkom (3a) i (3b) gwarantującym niepowtarzanie się zdań w tekście. Niezależnie, zmienne te muszą spełniać warunek

$$\sum_{s=1}^{S} X^{ks} = 1 \quad \text{dla} \quad k = 1,2,\ldots,K \tag{6}$$

odpowiadającemu warunkowi (4), a więc gwarantującemu wykonanie wszystkich zadań.

Warunki (5) i (6) zwiazane są z semantycznym znaczeniem tekstu. Oczywiście nie wszystkie teksty poprawne formalnie i znaczeniowo oraz opisujące plany rozdziału są dla nas równie dobre. Jedne teksty (plany) są lepsze a inne gorsze. Zależy to od kosztów jakie poniesiemy przy realizacji danego planu przydziału. Koszt C realizacji wszystkich zadań możemy ocenić, opierając się na znajomości macierzy kosztów C_i^k przy pomocy wzoru

$$C = \sum_{s=1}^{S} \sum_{k=1}^{K} \sum_{i=1}^{J} X^{ks} \cdot C_i^k \cdot X_{is}$$

W rezultacie, maszynie można postawić zadanie wyznaczanie takich wartości zmiennych X^{ks}, X_{is}, które spełniałyby ograniczenia od (1) do (6) oraz minimalizowałyby koszt C realizacji zadania Z. Odpowiada to znalezieniu najlepszego planu definiującego optymalny rozdział zadań (optymalna specjalizacja wykonawców lub optymalna struktura funkcjonalna pewnego systemu).

Zauważmy, że warunki od (1) do (6) wraz z kryterium optymalizującym, są z formalnego punktu widzenia, opisem zadania matematycznego z zakresu PROGRAMOWANIA CAŁKOWITOLICZBOWEGO. Sposoby rozwiązywania (algorytmy) takich zadań są szeroko znane i opisane w podręcznikach [43].

Współczesne komputery posiadają gotowe programy standardowe, służące do rozwiązywania tego typu zadań.

Zauważmy następnie, że jeżeli $I \geq K$ to można przyjąć $s \equiv i$ (oraz $S = I$) i tedy „zdanie" tekstu opisującego plan przydziału można przedstawić w postaci ciągu par

$$< i, k^i >$$

w takim przypadku mamy

$$X^{ks} = X^{ki}$$

$$X_{is} - X_{ii} = i \quad \text{z definicji}$$

a więc wystarczy tylko jedna zmienna X^{ki}. Wtedy wyznaczenie planu optymalnego będzie równoznaczne z rozwiązywaniem zadania na wyznaczenie wartości X^{ki} takich, aby spełnione było ograniczenie

$$X^{ki} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad i = 1,2,\ldots,I, \quad k = 1,2,\ldots,K$$

$$\sum_{k=1}^{K} X^{ki} = 1 \quad i = 1,2,\ldots,I$$

$$\sum_{i=1}^{J} X^{ki} = 1 \quad k = 1,2,\ldots,K$$

oraz aby wartość funkcji

$$C = \sum_{(i,k)} C_i^k \cdot X^{ki}$$

osiągnęła minimum.

Oczywiście tak jak poprzednio mamy

$$k^i = \sum_{k=1}^{K} X^{ki} \cdot k$$

dla kolejnych zdań $< i, k^i >$ o numerach $i = 1,2,\ldots,I$.

Zauważmy, że w uproszczonym sformułowaniu niepotrzebny jest warunek 5a gdyż jeżeli $r \neq s$ to $X_{ir} \cdot X_{js} = 0$ z definicji ($X_{ir} = 1$ tylko dla $i = r$). Z podobnych przyczyn znika także warunek (3). Zadanie to znane jest w matematyce pod nazwą zadania o przydziale, a metody rozwiązywania są opisane w każdym podręczniku programowania matematycznego.

Przejdźmy następnie do opisu trójelementowego języka drugiego rzędu typu (e,z,t). Jest on zorientowany na rozwiązywanie zagadnień harmonogramowania produkcji, prac budowlanych itp. Podamy jedynie uproszczoną wersję tego języka (do wyznaczania harmonogramów), dla czasu „ziarnistego" oraz przy ograniczeniu, że czas realizacji każdego zadania trwa jednostkę czasu. Trzeci element każdego zdania t jest zbiorem składającym się z jednego elementu. Podobnie jak poprzednio załóżmy, że dany jest słownik:

E - wykonawców („rzeczowników") pełniących w zdaniach rolę podmiotu

Z - zadań („czasowników") pełniących rolę orzeczenia

T - odcinków czasu pełniących rolę okolicznika czasu.

Elementami słownika są odpowiednio nazwy e_i, Z_k oraz t_u przy czym $i=1,\dots,I$, $k=1,2,\dots,K$, $u=1,\dots,U$.

Formalnie zdanie nr s o postaci

$$< e^s, Z^s, t^s > \quad s=1,2,\dots,S$$

jest poprawne jeżeli

$$e^s \in E,\ Z^s \in Z,\ t^s \in T \tag{1}$$

Jest to jedyne wymaganie syntaktyki języka.

Przejdźmy następnie do wyznaczenia wymagań semantyki. W tym celu załóżmy, że dane są zbiory

$$Z^i = \{Z_k : \text{jeżeli zadanie } Z_k \text{ może wykonywać element } e_i\}$$

określające jakie operacje może wykonywać element (stanowisko) e_i. Inaczej mówiąc, zbiór ten definiuje repertuar możliwych czynności stanowiska wykonawczego. W rezultacie, pierwszym wymaganiem semantycznym dotyczącym pojedynczych zdań będzie spełnienie realizacji

$$Z^s \in Z^{i(s)},\quad s=1,2,\dots,S \tag{2}$$

gdzie $i(s)$ funkcja przyporządkowująca numerowi zdania numer nazwy elementu wykonawczego.

Zauważmy, że w identyczny sposób można wprowadzić ograniczenia dotyczące zabronionych terminów wykorzystywania elementów wykonawczych do wszelkiego rodzaju prac (np. ze względu na urlopy pracowników lub remonty maszyn uniemożliwiające działalność danego stanowiska e_i). Mielibyśmy wtedy

$$e^s \in T^{i(s)}, \quad s = 1,2,\ldots,S \tag{3}$$

gdzie $T^{i(s)} \subset T$ jest podzbiorem odcinków czasu w którym stanowisko $i = i(s)$ może pracować.

Zbiór podobnych warunków można oczywiście dalej rozszerzać. Przejdźmy następnie do wymagań semantyki dla tekstów. Po pierwsze, tak jak w poprzednim przypadku, zażądamy aby tekst nie posiadał powtórzeń - to znaczy aby nie powtarzały się identyczne zdania. Warunek ten można zapisać w postaci

$$|e^r \cap e^s| \cdot |Z^r \cap Z^s| \cdot |t^r \cap t^s| = 0$$

dla wszystkich par $(r,s) \in S \times S$ takich że $r \neq s$.

Przypomnijmy, że iloczyny $a \cap b$ należy traktować jako iloczyny mnogościowe zbiorów jednoelementowych a znak $|\ |$ - wartości bezwzględnej - jako liczność zbioru ujętego znakiem. Jednakże jak się okaże warunek ten jest zbyteczny, gdyż zażądamy spełnienia o wiele ostrzejszego warunku o postaci

$$|e^r \cap e^s| \cdot |t^r \cap t^s| = 0 \tag{4}$$

dla wszystkich par $(r,s) \in S \times S$ takich, że $r \neq s$ ponieważ w tekście nie powinno być zdań o tych samych elementach e oraz t.

Wynika to stąd, iż występowanie tych samych elementów oznaczałoby, że bądź w tym samym czasie ten sam element musiałby wykonywać dwie różne czynności (jeżeli $Z^r \neq Z^s$) lub tę samą czynność (jeżeli $Z^r = Z^s$). Pierwszy przypadek jest niemożliwy do realizacji - sprzeczny z twierdzeniem nr 2 - a drugi niedopuszczalny ze względu na przyjęty warunek niepowtarzania się zdań. W rezultacie warunek (4) jako „mocniejszy" eliminuje konieczność przestrzegania poprzedniego warunku na niepowtarzanie się zdań.

Następnym oczywistym wymaganiem kompletności dla tekstu definiującego harmonogram jest spełnienie równości

$$\bigcup_{s=1}^{S} Z^s = Z \tag{5}$$

Innym wymaganiem przy układaniu harmonogramu jest przestrzeganie kolejności realizacji zadań. Załóżmy, że dla każdej czynności $Z_k \in Z$ określony jest zbiór $Z_k \subset Z$ czynności, które koniecznie winny być wykonane przed rozpoczęciem realizacji czynności Z_k. Wykorzystując znak poprzedzania $\prec$ możemy zapisać

$$Z_k = \{Z_l : Z_l \prec Z_k\}$$

W rezultacie, zadanie opisane jest zbiorem Z czynności, które należy wykonać i wymaganym porządkiem ich realizacji, opisanym wielkością $\Gamma = \{Z_1, Z_2, ..., Z_k, ..., Z_K\}$.

Zauważmy, że niezbędnym warunkiem jest, aby przynajmniej jeden ze zbiorów Z_k był zbiorem pustym, co oznacza, że istnieje co najmniej jedna czynność początkowa nie uwarunkowana wykonaniem jakiejkolwiek innej czynności. Jeżeli oznaczymy symbolem

$$R_s = \{r : Z^r \in Z_{k(s)}\}$$

zbiór numerów zdań, których drugie składowe Z^r należą do zbioru zadań poprzedzających wykonanie zadania $k = k(s)$ występującego w s-tym zdaniu, to warunek przestrzegania niezbędnej kolejności możemy zapisać w postaci (patrz twierdzenie nr 5)

$$t^s > \max_{r \in R_s} t^r, \quad s = 1,2,...,S \tag{6}$$

głoszący, że czas wykonania czynności występującej w s-tym zdaniu musi być późniejszy od czasu wykonania najpóźniejszej czynności wśród czynności, które muszą być zakończone przed rozpoczęciem czynności występującej w tym zdaniu. Zauważmy, że jeżeli wszystkie zbiory Z_k są puste to warunek (6) znika.

W przykładzie tym widoczne jest, że wymagania semantyki związane są z pewnym tekstem (opisującym sytuację decyzyjną) traktowanym jako punkt odniesienia przy sprawdzaniu poprawności semantycznej. Takim tekstem są pary elementów zbiorów Z^i oraz T^i, które przyjmują odpowiednio postaci ciągów zdaniowych $(e_i, Z_k, \varnothing)$, $(e_i, \varnothing, t_u)$ wskazujących dopuszczalną postać zdań. Natomiast wielkość Γ określa wewnętrzną strukturę słownika Z ustalając hierarchię czasową słów Z_k. Hierarchia ta ustala, które słowa $Z_l \in Z_k$ winny być wcześniej użyte - przed słowem Z_k.

Podobna hierarchia wykonawcza może być ustalona wewnątrz słownika E, opisująca które elementy $e_j \in E_i$ winny być wykorzystane do realizacji zadania przed użyciem do jego realizacji elementu e_i. Wielkość Z_k (oraz E_i) winny być deklarowane wraz ze słownikiem Z (oraz E).

W realizacji maszynowej, tak jak poprzednio, zamiast zdań $< e^s, Z^s, t^s >$ składających się z nazw, używamy wektorów liczbowych $< i^s, k^s, u^s >$ a zadanie wyznaczania harmonogramu sprowadzamy do wyznaczania wartości zero-jedynkowych zmiennych X_{is}, X^{ks}, y^{us}. Po wyznaczeniu tych wartości obliczamy ciąg wektorowy $< i^s, k^s, u^s >$, $s = 1,2,...,S$ przy pomocy wzorów:

$$i^s = \sum_i i \cdot X_{is}; \quad k^s = \sum_k k \cdot X^{ks}; \quad u^s = \sum_u u \cdot y^{us}$$

Następnie, przy pomocy TRANSLATORA, ciąg wektorowy tłumaczymy na ciąg zdań, których elementami są: nazwy stanowisk pracy, nazwy operacji i daty odcinków czasu, w których operacje winny być wykonane.

Załóżmy, że opis sytuacji decyzyjnej a w tym możliwości elementów i struktury zadań cząstkowych, ma formę trzech macierzy liczbowych. Przy tym liczby g_{ik}, d_{iu} oraz q_{lk} tworzące trzy macierze liczbowe są określone w sposób następujący

$$g_{ik} = \begin{cases} 1 \text{ jeżeli } Z_k \in \boldsymbol{Z}^i \\ 0 \text{ w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$d_{iu} = \begin{cases} 1 \text{ jeżeli } t_u \in \boldsymbol{T}^i \\ 0 \text{ w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

$$q_{lk} = \begin{cases} 1 \text{ jeżeli } Z_l \prec Z_k \text{ (lub } Z_l \in \boldsymbol{Z}_k) \\ 0 \text{ w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

Tablice liczbowe wartości g_{ik}, d_{iu}, q_{lk} mogą być wprowadzone z zewnątrz jako opis sytuacji decyzyjnej bez konieczności opisu językowego.

W rezultacie problem wyznaczania harmonogramu sprowadza się do rozwiązania zadania matematycznego wyznaczenia wartości zmiennych

$$X^{is} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

$$X^{ks} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

$$y^{us} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

spełniających następującego ograniczenia

$$\sum_i X_{is} = 1, \ \sum_k X^{ks} = 1, \ \sum_u y^{us} = 1, \quad s = 1,2,\ldots,S \tag{1}$$

$$\sum_k \sum_i X_{is} g_{ik} X^{ks} = 1, \quad s = 1,2,\ldots,S \tag{2}$$

$$\sum_i \sum_u X_{is} d_{iu} y^{us} = 1, \quad s = 1,2,\ldots,S \tag{3}$$

$$\sum_i X_{ir} \cdot X_{is} + \sum_u y^{ur} y^{us} \le 1, \quad (r,s) \in S \times S, \quad r \ne s \tag{4}$$

$$\sum_s X^{ks} = 1, \quad k = 1,2,\ldots,K \tag{5}$$

$$\sum_u u \cdot y^{us} > \max_{r \in R_s} \sum_u u \cdot y^{ur}, \quad s = 1,2,\ldots,S \tag{6}$$

gdzie $R_s = \left\{ r : \sum_l \sum_k X^{lr} \cdot q_{lk} \cdot X^{ks} = 1 \right\}$.

Numery ograniczeń odpowiadają numerom opisanych reguł poprawności gramatycznej pod względem syntaktyki i semantyki.

Zauważmy następnie, że na ogół niespotykaną w programowaniu matematycznym formę warunku (6) możemy zamienić warunkiem równoważnym

$$(\sum_l \sum_k X^{lr} \cdot X^{ks})(\sum_u u \cdot [y^{us} - y^{ur}]) \geq 0 \tag{6}$$

dla $(r,s) \in S \times S$, $r \neq s$.

Ponadto spośród wszystkich możliwych harmonogramów chcielibyśmy aby został wybrany ten, który np. zapewnia wykonanie wszystkich zadań w najkrótszym czasie. Sprowadza się to do żądania wyznaczenia takich wartości zmiennych decyzyjnych, spełniających wymienione ograniczenia, dla których wartość funkcji

$$C = \max_s \sum_u u \cdot y^{us}$$

byłaby minimalna.

Metody rozwiązywania powyższych zadań są opisane w odpowiedniej literaturze z dziedziny programowania matematycznego, są to jednak dość złożone algorytmy, których zastosowanie wymaga niejednokrotnie zmiany formy ograniczeń drogą formalnych przekształceń zmiennych decyzyjnych.

Przejdźmy następnie do wstępnego opisu czteroelementowego języka trzeciego rzędu typu (e,z,v,t). Jest on zorientowany na rozwiązywaniu zagadnień harmonogramowania czynności w czasie i w przestrzeni. Język ten opiszemy na najprostszym, mającym jedynie znaczenie ilustracyjne, przykładzie. Załóżmy, że zbiory ϑ i T w zdaniu (e,z,ϑ,t) są zbiorami jednoelementowymi v oraz t. Słownik będzie miał obecnie składniki

$E = \{e_1,\ldots,e_i,\ldots,e_I\}$ nazw wykonawców

$Z = \{Z_1,\ldots,Z_k,\ldots,Z_k\}$ nazw zdań elementarnych czynności, operacji z określoną strukturą

$\Gamma = \{Z_1,\ldots,Z_2,\ldots,Z_k,\ldots,Z_K\}$

$V = \{v_1,\ldots,v_m,\ldots,v_M\}$ nazw miejsc

$T = \{t_1, \ldots, t_u, \ldots, t_U\}$ nazw odcinków czasowych

Tak jak poprzednio, będziemy operowali wektorami liczbowymi $< i^s, k^s, m^s, u^s >$ $s = 1,2,\ldots,S$ w miejsce nazw $< e^s, z^s, v^s, t^s >$ sprowadzając problem do wyznaczenia wartości zero-jedynkowych zmiennych decyzyjnych

$$X_{is}, \quad X^{ks}, \quad y_{ms}, \quad y^{us}$$

przy czym

$$i^s = \sum_i i \cdot X_{is}, \quad k^s = \sum_k k \cdot X^{ks}$$

$$m^s = \sum_m m \cdot y_{ms}, \quad u^s = \sum_u u \cdot u^{us}$$

Reguły syntaktyki określające jakiego typu słowo winno znajdować określone pozycje w zdaniu:

$$e^s \in E, \; z^s \in Z, \; v^s \in V, \; t^s \in T,$$

przyjmą postać

$$\sum_i X_{is} = 1, \qquad \sum_k X^{ks} = 1,$$

$$\sum_m y_{ms} = 1, \qquad \sum_u y^{us} = 1,$$

Dla uproszczenia załóżmy, że zbiory Z^i oraz T^i opisane w poprzednim przykładzie pokrywają się z pełnymi zbiorami Z oraz T, co oznacza, że tego typu ograniczenia nie występują.

Zwróćmy natomiast szczególną uwagę na reguły semantyczne dotyczące sensowności tekstu opisującego plan realizacji zadania. Reguły te zapiszemy w postaci funkcji logicznej czterech zmiennych

$$y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$$

gdzie

$$x_1 = |z^r \cap z^s|$$

$$x_2 = |t^r \cap t^s|$$

$$x_3 = |v^r \cap v^s|$$

$$x_4 = |e^r \cap e^s|$$

Wszystkie zmienne mogą przybierać wartości jeden lub zero. Przy tym jeżeli $y=1$ to będziemy to interpretowali, że zdania r i s są niesprzeczne. Jeżeli natomiast $y=0$ to zdania znaczeniowo są sprzeczne - przynajmniej jedno z nich jest fałszywe.

Jeżeli którakolwiek wartość x dla dwóch zdań jest równa jedności oznacza to, że zgodnie z podanymi wzorami w zdaniach występują identyczne elementy na danym miejscu, jeżeli zero - że są to różne elementy.

Wykorzystując powyższe oznaczenia można pokazać [36], że reguły semantyczne dadzą się opisać następującą funkcją logiczną:

$$y=\begin{cases} 1 & \text{jeżeli} \quad 8x_1+4x_2+2x_3+x_4 \le 4 \\ & \text{lub} \quad 8x_1+4x_2+2x_3+x_4=14 \\ 0 & \text{w pozostałych przypadkach} \end{cases}$$

Takie formalne określenie reguł semantyki wynika z następujących postulatów logicznych.

1. Ten sam element e_i nie może w tym samym czasie wykonywać dwóch różnych czynności, co odpowiada regule: jeżeli $x_1=0$ i $x_2=1$ to $x_4=0$.
2. Ten sam element e_i nie może jednocześnie przebywać w dwóch różnych miejscach, co odpowiada regule: jeżeli $x_2=1$ i $x_3=0$ to $x_4=0$.
3. Ta sama czynność Z_k nie może być wykonywana w dwóch różnych miejscach: jeżeli $x_1=1$ to $x_3=1$.
4. Ta sama czynność Z_k nie może być wykonywana w dwóch różnych odcinkach czasowych: jeżeli $x_1=1$ to $x_2=1$.
5. Jeżeli dwa elementy e_i, e_j znajdują się w tym samym czasie w jednym miejscu to wykonują tę samą czynność: jeżeli $x_4=0$, $x_2=1$ oraz $x_3=1$ to $x_1=1$.
6. Dwie różne czynności nie mogą być wykonywane w tym samym czasie w tym samym miejscu: jeżeli $x_1=0$, $x_2=1$ to $x_3=0$.

Oczywiście opisana funkcja logiczna służy do sprawdzenia poprawności tekstu z punktu widzenia semantyki, ale nie wyczerpuje wszystkich reguł. Po wykonaniu sprawdzenia tekstu i stwierdzenia, że dla każdej pary zdań $(r,s)\in S\times S$ takiej, że $r\neq s$ wartość funkcji jest równa jedności, przechodzimy do sprawdzenia pozostałych warunków, a w tym - warunku wykonania całości zadania, to znaczy

$$\sum_s X^{ks}=1, \quad k=1,2,\ldots,K$$

oraz warunków kolejności wykonywanych zadań, a więc spełnienia nierówności

$$(\sum_{l}\sum_{k} X^{lr} \cdot g_{lk} \cdot X^{ks}) \cdot \sum_{u} (y^{us} - y^{ur}) \cdot u \geq 0$$

dla każdej pary $(r,s) \in S \times S$ takiej, że $r \neq s$.

Podany tu szkic komputerowej implementacji języka czteroelementowego miał jedynie zorientować Czytelnika o możliwościach budowania języka o bardzo skomplikowanej strukturze i gramatyce.

Jednocześnie jest zrozumiałe, że w naszych przykładach język bardziej skomplikowany, czteroelementowy zawiera w sobie język trójelementowy, specjalizowany wyłącznie na zagadnienia harmonogramowania, a ten z kolei zawiera język dwuelementowy służący do wyznaczania zadań - funkcji elementów. Zredukowanie problemu i języka wyższego rzędu do niższego może być dokonane automatycznie przez maszynę w zależności od postawionego problemu.

Zwróćmy uwagę na fakt, że do pełnego rozwiązania problemu syntezy organizacji działania jest jeszcze dość daleko.

Mianowicie dotychczas opisaliśmy tylko sposób matematycznego formułowania problemu. Następnym etapem o czym wspominaliśmy jest ustalenie ALGORYTMÓW (i programów) rozwiązywania problemów organizacyjnych.

Tym zagadnieniem zajmuje się specjalny dział matematyki (lub jak chcą niektórzy - zastosowań matematyki): BADANIA OPERACYJNE. Zwalnia to nas od opisu tych algorytmów a zainteresowanych odsyłam do bogatej literatury światowej z tego zakresu np. [7], [9], [18], [20], [43]. Jak nietrudno się zorientować zakres problemowy badań operacyjnych odpowiada ściśle problematyce syntezy organizacji działania.

Jednakże nie na tym koniec naszych kłopotów gdyż okazuje się, że algorytmy rozwiązywania takich zadań wymuszają konieczność stosowania komputerów do ich rozwiązywania ze względu na pracochłonność obliczeń a nawet konstrukcji specjalnych komputerów i specjalnych języków programowania. Na szczęście zestawy takich komputerowych programów użytkowych można dziś nabyć wraz z komputerem.

W rezultacie, organizatorom pozostaje tylko jedna czynność - „przetłumaczenia" zaistniałej sytuacji rzeczywistej na odpowiednie dane, zgodne z wymaganiami programu komputerowego, co wcale nie musi być łatwe [51], [52], [53].

Do powyższego celu może być wykorzystany opisany język: ORGPLAN.

Jednakże jest możliwość bardziej efektywnego wykorzystania tego języka. Ze względu na jego jednoznaczny sens, istnieje możliwość aby komputer sam,

automatycznie „tłumaczył sobie" opis tekstowy sytuacji decyzyjnej na odpowiednią formę danych do programu komputerowego. Wykorzystanie tej możliwości usuwa ostatnią trudność SYNTEZY organizacji działania.

Można to uczynić jeszcze inaczej, pomijając zbędny etap komputerowego „tłumaczenia" opisu sytuacji z języka ORGPLAN na stosowną postać danych wejściowych do programu optymalizacyjnego mianowicie, konstruując tak algorytm i program aby mógł bezpośrednio korzystać z danych opisanych w tym języku [50].

Przykładem takiego rozwiązania jest pakiet programów ORGPLAN skonstruowany w latach 80-tych w IBS PAN działający pod DOS-em na komputerach typu PC (dla problemów rzędu od dwóch do czterech). Konstruktorami pakietu są A. Kurzydłowska i A. Partyka.

Dołączona do książki dyskietka ORGPLAN umożliwia bezpośrednie porozumiewanie się przy pomocy opisanego języka. Po opisie problemu organizacyjnego komputer generuje gotowe projekty organizacji działania.

Pakiet programów na dyskietce ma charakter demonstracyjny gdyż algorytmy wyznaczania optymalnych rozwiązań, większych wymiarowo, praktycznych problemów, wymagają dużych komputerów i są nakierowane na rozwiązywanie tylko określonej wąskiej klasy problemów.

W przeciwieństwie, dołączony, demonstracyjny pakiet programów ma charakter uniwersalny i może być wykorzystywany do rozwiązywania wszelkich, niedużych wymiarowo problemów dwu-, trzy oraz czteroelementowych w oparciu o zasady heurystyczne a więc nie gwarantujący uzyskania rozwiązań optymalnych. Dla uzyskania rozwiązań optymalnych, pakiet programów musiałby zostać wyposażony w komplet wszystkich programów optymalizacyjnych. Uniemożliwiłoby to wykorzystanie do tego celu komputerów klasy PC.

Pakiet ten nadaje się szczególnie dla celów kształcenia studentów w umiejętności ścisłego formułowania problemów organizacyjnych. Wszelkie nieścisłości w tym zakresie natychmiast są widoczne w komputerowo wygenerowanych projektach organizacji i działania.

Załączony na dyskietce pakiet programów jest przeznaczony do pracy pod DOS-em i nie wymaga dużej pamięci komputera.

PODSUMOWANIE

PROCEDURA PROJEKTOWANIA ORGANIZACJI

Zakładając, że dziedziną zainteresowania organizatora jest głownie działalność zespołów ludzkich, to jego najważniejszym zadaniem jest umiejętność ustalania organizacji działania zespołu (dla danego zadania i składu zespołu) w taki sposób, aby realizacja poszczególnych czynności (operacji, funkcji) przez elementy zespołu

— gwarantowała osiągnięcie celu (korzyści),

— przy możliwie najniższych kosztach (nakładach).

Podsumowując nasze dotychczasowe rozważania, przedstawimy przepis (niemal kuchenny) postępowania organizatora przy ustalaniu najlepszej organizacji działania zespołu. Zgodnie z podstawową zasadą uczenia, wróćmy ponownie do przykładu „z belką" opisanego we wstępie do książki.

Załóżmy, że musimy przemieścić dużą belkę z jednego miejsca w inne. Do dyspozycji mamy grupę pracowników fizycznych. Należy wybrać zespół ludzi, którzy będą wykonywać to zadanie i określić sposób w jaki należy belkę przemieścić.

W pierwszym rzędzie musimy dobrać zespół. W tym celu wybieramy grupę osób o jednakowym wzroście i kierownika (dowolnego wzrostu), który musi mieć „posłuch" wśród podwładnych.

Następnie, proces przemieszczania „dzielimy" na poszczególne operacje: podniesienie belki, przeniesienie w pożądane miejsce a następnie - zrzucenie.

Nietrudno zauważyć, że podniesienie belki musi być dokonywane w sposób synchroniczny - jednocześnie W tej samej chwili, każda osoba w grupie musi ją podnieść. Przy tym poszczególne osoby muszą być rozstawione wzdłuż belki w jednakowych odstępach.

Podczas wykonywania operacji przeniesienia belki, każda osoba musi iść w tym samym kierunku, z tą samą szybkością „krok w krok", dostosowaną do możliwości najwolniejszej osoby.

Podobnie zrzucenie belki musi odbywać się jednocześnie.

Istotnym tu zagadnieniem jest zapewnienie odpowiedniej synchronizacji wszystkich czynności. Aby to osiągnąć, jest niezbędna osoba kierująca grupą przez głośne skandowanie odpowiednich komend.

Organizacja działalności grupy polega więc na odpowiednim zharmonizowaniu działań poszczególnych osób zarówno w czasie jak i w przestrzeni.

Oczywiście skład grupy jak i sposób jej działania winny zapewnić osiągniecie celu przy możliwie najmniejszych nakładach.

Zauważmy, że w opisanym przykładzie ludzie nie byli „uzbrojeni" w jakiekolwiek narzędzia. Oczywiście w ogólnym przypadku mogą oni być wyposażeni w dowolnie złożone maszyny tworząc jednostki robocze, gniazda obróbcze itp. Wreszcie, nie muszą to być ludzie - mogą to być automaty.

Po tym wstępie, przedstawimy przepis, dotyczący sposobu przeprowadzenia analizy systemowej, wielokrotnie sprawdzony w okresie kilkunastu ostatnich lat.

POCZĄTEK PRZEPISU

ETAP I. Należy możliwie dokładnie uświadomić sobie na czym nam zależy, co chcemy osiągnąć (w danych warunkach i w danej chwili)

W przykładzie było to pożądane miejsce belki.

ETAP II. Należy sprecyzować przedmiot działania, to znaczy obiekty i te ich cechy na wartościach, których nam zależy precyzując cel działania i zadanie.

Jeżeli przez STAN OBIEKTU będziemy rozumieli chwilową wartość wyróżnionych cech obiektu, to CELEM DZIAŁANIA jest pożądany stan określonego obiektu (lub grupy obiektów), który nazywamy PRZEDMIOTEM DZIAŁANIA, a ZADANIEM jest pożądana zmiana aktualnego stanu przedmiotu działania na stan pożądany. Miarą wielkości zadania jest różnica stanów (aktualnego i pożądanego).

W przykładzie przedmiotem działania była belka. Wyróżnionymi cechami belki było jej położenie i masa. Stan aktualny i pożądany belki był określony położeniem belki aktualnym i pożądanym. Zadaniem była zmiana położenia belki. Miarą wielkości zadania była różnica położeń - odległość przemieszczenia.

ETAP III. Należy wyróżnić podmiot działania.

Przez podmiot działania będziemy uważali zbiór takich obiektów których stan

— zależy od naszej woli;

— wpływa na stan przedmiotu działania.

Z tak określonymi obiektami identyfikujemy się, nazywając je podmiotem działania. Oczywiście stan podmiotu nie musi zależeć wyłącznie od naszej woli, może on być zależny także od innych czynników i okoliczności. Podobnie stan podmiotu nie musi wpływać wyłącznie na stan przedmiotu działania, może mieć wpływ także na inne obiekty.

Jeżeli PROCESEM nazwiemy zmianę w czasie wartości cech jednego lub więcej obiektów, to DZIAŁANIEM nazwiemy proces określony na obiektach podmiotu, a PROCESEM CELOWYM proces określony na obiektach będących przedmiotem działania.

Tak więc celowe działanie wymusza określony proces celowy. Przez ZALEŻNOŚĆ procesów rozumiemy najogólniej istnienie statystycznych związków między procesami. Na przykład, dla stochastycznych procesów normalnych miarą zależności jest kowariancja. Stopień zależności może być określony liczbą, którą oznaczamy symbolem ε. Wtedy pojecie podmiotu możemy zdefiniować ściślej, ustalając, że jest to taki zbiór obiektów, od stanu których stan przedmiotu działania zależy w stopniu nie mniejszym aniżeli ε_{min} (zależność procesu celowego od procesu działania jest nie mniejsza od ε_{min}).

W naszym przykładzie podmiotem działania była określona grupa pracowników fizycznych, procesem celowym - proces zmiany położenia belki, a działaniem, proces zmiany stanu - zachowania się - zespołu przemieszczającego belkę.

ETAP IV. Należy wyznaczyć zbiór obiektów wpływających na stan

a) podmiotu,

b) przedmiotu działania

oraz zbiór obiektów, których stan zależy od stanu

a) podmiotu,

b) przedmiotu działania.

Jeżeli ustalimy, że siła wpływu stanu jednego obiektu na drugi nie może być mniejsza od wartości ε_{min} to suma mnogościowa tak wyróżnionych zbiorów obiektów (w etapie IV) definiuje nam układ zwany w cybernetyce WZGLĘDNIE ODOSOBNIONYM.

Zauważmy, że etap IV jest także etapem kontrolnym, gdyż

— zbiór obiektów wpływających na stan przedmiotu działania musi zawierać podmiot działania,

— zbiór obiektów, których stan zależy od stanu podmiotu działania musi zawierać przedmiot działania.

Jednocześnie

— zbiór obiektów wpływających na stan podmiotu wyznacza obiekty zakłócające działanie,

— zbiór obiektów wpływających na stan przedmiotu (poza podmiotem) wyznacza obiekty zakłócające proces celowy,

— zbiór obiektów (za wyjątkiem przedmiotu działania), których stan zależy od podmiotu pozwala określić uboczne skutki działalności podmiotu,

— zbiór obiektów, których stan zależy od przedmiotu działania pozwala określić uboczne skutki osiągnięcia celu.

ETAP V. Należy sprawdzić możliwość osiągnięcia celu (określonego na przedmiocie działania) przy pomocy dotychczas wydzielonych obiektów stanowiących podmiot działania (uwzględniając przewidywane zakłócenia i uboczne skutki działalności). Jeżeli stwierdzimy brak takiej możliwości należy ponownie wrócić do ETAPU I lub II celem skorygowania celu działania, bądź do ETAPU III i rozszerzenia zbioru analizowanych obiektów celem powiększenia „mocy" podmiotu.

ETAP VI. Należy zdekomponować proces działania na podprocesy cząstkowe - OPERACJE (CZYNNOŚCI) oraz wydzielić ciąg odpowiadających im CELÓW CZĄSTKOWYCH umożliwiających osiągnięcie celu działania, sprecyzowanego w ETAPIE II. Przy tym każda operacja wymusza określoną cząstkę procesu celowego, którą często nazywamy etapem procesu celowego.

Do opisu tak zdekomponowanych procesów wygodnie jest używać pojęć z dziedziny teorii grafów. Graficznie możemy sobie wyobrazić, że łukom skierowanym grafu odpowiadają operacje podmiotu (fragmenty procesu działania) a wierzchołkom stany - cele cząstkowe określone na przedmiocie działania.

Oczywiście aby zapewnić osiągnięcie celu, operacje muszą być wykonywane w określonym porządku. Niezbędny minimalny porządek, który musi być przestrzegany aby można było osiągnąć cel, może być zobrazowany grafem współzależności. Taki graf współzależności definiuje warunek fizycznej realizowalności zadania - osiągnięcia celu.

Oczywiście im więcej taki graf ma składowych spójności tym lepiej dla nas, gdyż tym większą mamy swobodę wykonywania operacji gwarantujących najwygodniejszy sposób osiągnięcia celu. Istotnym jest więc warunek aby graf współzależności określał wyłącznie, bezwzględnie konieczny porządek (kolejność) wykonywania operacji.

W naszym przykładzie były to operacje: podniesienie belki, przeniesienie i zrzucenie belki. Przy tym, jest to jedynie możliwa kolejność ich wykonywania.

ETAP VII. Należy dokonać analizy funkcjonalnej podmiotu działania przez wydzielenie wszystkich fragmentów podmiotu nadających się do wykonania kolejno wybranych operacji.

Czynność tę opiszemy na następującym przykładzie. Załóżmy, że podmiot składa się z czterech obiektów - elementów oznaczonych literami A, B, C, D. Natomiast zbiór operacji składa się z dwóch - oznaczonych cyframi I oraz II.

Wybieramy operację I: analizujemy, które elementy lub podzbiory tych elementów mogą realizować te operacje (czynność). Załóżmy, że w wyniku analizy stwierdziliśmy, że operację I może wykonać element A lub dwa elementy C i D. Natomiast operacje II może wykonać element C lub trzy elementy A, B i D.

W ten sposób przeprowadziliśmy analizę funkcjonalną podmiotu z punktu widzenia realizacji określonego zbioru operacji.

Zauważmy, że etap ten ma także charakter kontrolny. Mianowicie gdyby się okazało, że czynność II może wykonać obiekt C lub A, D to wynikałoby stąd, że element B podmiotu jest zbyteczny gdyż nie nadaje się do wykonania żadnej z wymienionych czynności a więc w wyniku dotychczasowej procedury wydzielony został „zbyt duży" podmiot.

Przeciwnie gdyby okazało się, że żaden podzbiór obiektów podmiotu nie nadaje się do wykonania jednej z operacji to popełniliśmy błąd w ETAPIE V fałszywie oceniając możliwości podmiotu (przeceniając te możliwości).

ETAP VIII. Należy określić

— rodzinę wybranych (z punktu widzenia możliwości osiągnięcia celu) zbiorów elementów mogących wymusić proces celowy,

— dla każdego z tak wyróżnionych zbiorów ustalić zestaw sposobów współdziałania elementów funkcjonalnych podmiotu w procesie działania.

Zwykle ograniczamy się do jednego lub dwóch (podmiotów) zbiorów elementów określających możliwe warianty składu zespołu realizującego zadanie i co najwyżej do kilku sposobów współdziałania dla każdego wariantu składu zespołu.

Do opisania sposobów współdziałania: synchronizacji w czasie czynności, kolejności wykonywania czynności w czasie itp. najbardziej nadaje się język graficzny w postaci wykresów harmonogramów, cyklogramów itp.

Do opisu sposobów współdziałania w przestrzeni, podobnie, najbardziej nadaje się język graficzny w postaci topogramów, szkiców sytuacyjnych itp.

ETAP IX. Należy ustalić kryterium (ilościowe) wyboru najlepszego sposobu realizacji i najlepszego zespołu (na podstawie rozważań przeprowadzonych w ETAPIE I).

Zauważmy, że kryterium wyboru musi być związane z dwiema wielkościami:

NAKŁADAMI na realizację działania, których wielkość jest wyrażana najczęściej w postaci KOSZTÓW oraz EFEKTAMI związanymi z osiągnięciem celu, wyrażanymi najczęściej w postaci osiągniętego PRZYCHODU.

Kryterium wyboru najczęściej ma postać różnicy lub ilorazu tych dwóch wielkości.

ETAP X. Należy dokonać wyboru najlepszego wariantu: zespół realizacyjny - sposób współdziałania, dla którego wartość kryterium osiąga ekstremum.

W rezultacie wyboru, zdefiniowany zostaje

— najlepszy zespół dla wykonania zadania

oraz

— najlepszy sposób współdziałania elementów tego zespołu zapewniający osiągnięcie celu - pożądanego stanu przedmiotu działania.

Najlepszy sposób działania definiuje najlepszą organizację działania zespołu (dla osiągnięcia danego celu).

KONIEC PRZEPISU.

Jak nietrudno zauważyć, fragment przepisu, dotyczący sposobu przeprowadzania analizy systemowej kończy się na ETAPIE VII. ETAPY: VIII, IX i X dotyczą wykorzystania wyników analizy systemowej w celu wybrania najlepszego zespołu i sposobu jego działania gwarantujących osiągnięcie zamierzonego celu.

Zauważmy, że wszystkie etapy do IX-tego włącznie nie poddają się prostej mechanizacji wszystkich czynności. Do ich wykonania niezbędny jest twórczy wysiłek organizatora, projektanta lub konstruktora. Z drugiej strony etapy VIII i X są najtrudniejsze do realizacji. Wymagają skonstruowania wielu wariantów organizacji, ich oceny i wyboru najlepszego. Im więcej rozpatrzymy tych wariantów tym większą mamy pewność, że wybrany wariant będzie najlepszym. Ponieważ konstrukcja każdego dopuszczalnego wariantu harmonogramu z rozmieszczeniem, jest bardzo pracochłonna to z konieczności w praktyce organizatorskiej, ograniczano się zwykle do dwóch, najwyżej trzech wariantów.

Dziś, gdy posiadamy takie narzędzia pracy jakimi są współczesne komputery, możemy je wykorzystać do automatycznej generacji wariantów organizacji działania i wyboru najlepszego.

Aby móc wykorzystać te możliwości musimy umieć porozumieć się komputerem i przedstawić nasz problem. Do tego właśnie celu służy opisana klasa języków problemowo zorientowanych.

W ten sposób najtrudniejszy etap X-ty może być równie łatwo jak poprzednie zrealizowany. I ponadto, (zależy to już tylko od jakości programów komputerowych), tak wyznaczona organizacja działań będzie najdoskonalszą z możliwych.

POSŁOWIE

Historia tej książki rozpoczęła się 27 lat temu, publikacją [] w kwartalniku PAN Zagadnienia Naukoznawstwa. Istotnym wsparciem prac w tej dziedzinie było przyznanie środków finansowych w ramach Problemu Węzłowego 06.1.1 („Algorytmy rozwiązywania problemów z zakresu badań Operacyjnych"). Przykładowo tylko w roku 1972 przygotowano następujące niepublikowane opracowania

- Aksjomatyczna teoria harmonogramów procesów produkcyjnych (*B. Andrzejewski*)
- Analiza i optymalizacja struktur administracyjnych na przykładzie systemu zaopatrzenia (*A. Grabowski*)
- Problemy optymalnego sterowania produkcją w złożonych systemach z przykładem praktycznego zastosowania w Kombinacie Budowy Domów (*I. Pluciński, J. Cichocki*)
- Wstęp do ścisłej teorii organizacji (*S. Piasecki*)

Wiele z nich przyczyniło się do powstania całego szeregu tematów prac doktorskich w latach następnych.

Wśród tych, których tematyka jest bardzo ściśle związana z treścią książki należy wymienić:

J. Dudziński: Problemy optymalnej organizacji działań specjalistycznych oddziałów inżynieryjnych (1973).

A. Grabowski: Synteza optymalnych systemów kierowania (1973).

J. Chmurzyński: Projektowanie systemów operacyjnych komputerów dla zadań mocno uwarunkowanych czasowo (1976).

T. Karbowski: Optymalizacja struktury organizacyjnej hierarchicznego systemu obsługi technicznej (1976).

Z. Kaszubowski: Optymalizacja regularnych terytorialnych systemów zaopatrzenia (1977).

G. Mikielewicz: Metoda syntezy systemu kierowania (1977).

T. Ambroziak: Optymalizacja harmonogramów realizacji przedsięwzięć przedstawionych grafem (1978).

R. Weydman: Operatywne kierowanie kolejowymi przewozami kontenerowymi (1978).

T. Jurkowska: Optymalizacja procesu kierowania rozrządzaniem wagonów (1979).

A. Wilk: Metody agregacji i dekompozycji danych dla potrzeb planowania produkcji (1979).

A. Kurzydłowska: Język problemowo zorientowany na zagadnienia organizacyjne i jego wykorzystanie w komputerowym systemie automatycznego wyznaczania harmonogramów (1985).

J. Stępień: Metoda harmonogramowania procesu produkcyjnego z uwzględnieniem przezbrojeń i remontów (1987).

J. Joszczuk: Komputerowy system kierowania ruchem statków na ograniczonych akwenach (1991).

Zarówno wymienione prace doktorskie jak i uczestnictwo wielu osób formalnie nie należących do zespołu, pozwoliło sprawdzić (i poprawić) przyjęte założenia ścisłej teorii organizacji w ramach wielu, wieloletnich prac prowadzonych dla różnych instytucji z których należy wymienić dwie - Ministerstwo Obrony Narodowej i Ministerstwo Transportu i Łączności. W pracach tych wyróżnili się szczególnie A. Chojnacki, B. Mażbic-Kulma i A. Rakus.

W załączonym wykazie literatury (artykułów i monografii) dotyczących ściśle tematyki książki - zamieszczono tylko wybrane prace. Wykaz ten nie obejmuje oczywiście wszystkich pozycji z dziedziny organizacji i zarządzania, gdyż musiałby on zająć oddzielny, kilkudziesięcio stronicowy tom.

W wykazie tym, na honorowym miejscu znalazłaby się zaginiona (znana tylko ze streszczenia) praca Karola Adamieckiego, który „wynalazł" harmonogram (w postaci graficznej), wprowadzając pojęcie harmonizacji w 1903 roku - podczas pracy nad udoskonaleniem organizacji wydobycia węgla w Jekaterynosławiu (Rosja). Podobnie podstawowe znaczenie dla przedstawionej organizacji miały prace G. Nadlera [19] i T. Kotarbińskiego [13].

Oddając tę książkę do rąk Czytelnika sądzę, że tezy w niej zawarte zostały dostatecznie przemyślane i sprawdzone w praktyce. Jednocześnie zdaję sobie sprawę, że dla wielu tezy te będą oczywiste jednak dla innych wkroczenie mechanizacji (dokładniej - komputeryzacji) w tak delikatną materię jaką jest Sztuka Kierowania i Zarządzania może być bulwersujące. Mam jednak nadzieję, że dalszy rozwój nauk ścisłych zmieni tę Sztukę w Naukę.

LITERATURA

a) Druki zwarte

[1] Ambroziak T.: *Optymalne planowanie operatywne*. Skrypt Wydz. Cyb. Techn. WAT (229 s.). Warszawa 1972.

[2] Bagielski J.: *Badanie zdolności procesów, maszyn i narzędzi pomiarowych*. Bellona, Warszawa 1993 (20 s.).

[3] Bittel L.R.: *Krótki kurs zarządzania*. Tłum. z ang. PWN, Warszawa 1994 (328 s.).

[4] Bubnicki Z.: *Podstawy informatycznych systemów zarządzania*. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1993 (393 s.).

[5] Chorofas D.N.: *Systems and Simulation*. RAND Corporation Academic Press. N. York 1965 (420 s.).

[6] Chajtman S.: *Podstawy organizacji procesu produkcyjnego*. Warszawa 1971.

[7] Dantzig G.B.: *Linear Programing and Extensions*. Princeton University Press, New Jersey 1963.

[8] Drucker P.F.: *Praktyka zarządzania*. Akademia Ekonomiczna, Kraków 1994 (431 s.).

[9] Ford L.R. Jr., Fulkerson P.R.: *Przepływy w sieciach*. PWN, Warszawa 1969.

[10] Griffin R.W.: *Podstawy zarządzania organizacjami*. Tłum. z ang. PWN, Warszawa 1996 (828 s.).

[11] Grudzewski W.: Badania operacyjne w organizacji i zarządzaniu. Warszawa 1985.

[12] Karbowski T.: *Optymalizacja struktury organizacyjnej terytorialnego systemu obsługi technicznej*. Skrypt Wydz. Cyb. Techn. WAT (58 s.). Warszawa 1975.

[13] Korzan B.: *Elementy teorii grafów i sieci*. WNT, Warszawa 1978.

[14] Kotarbiński T.: *Traktat o dobrej robocie*. Wrocław-Warszawa-Kraków 1965.

[15] Krzyżanowski L.: *Podstawy nauk o organizacji i zarządzaniu*. PWN, Warszawa 1992 (328 s.).

[16] Kubała A., Piasecki S.: *Koncepcja języka ORGPLAN zorientowanego problemowo na zagadnienia organizacyjne*. Prace IBS PAN z. 72 (30 s.). IBS PAN Warszawa 1981.

[17] Kubala A., Piasecki S.: *Podstawy matematyczne teorii organizacji*. Prace IBS PAN z. 73 (17 s.). IBS PAN Warszawa 1982.

[18] Loéve M.: *Probability Theory*. D.Van Nostrad Company Inc., Princeton, New Jersey 1960 (717 s.).

[19] Muller Y.: *Wprowadzenie do nauki organizacji i badań operacyjnych*. T. I i II. Warszawa 1971.

[20] Nadler G.: *Work Systems Design - The Ideals Concept*. Illinois 1967.

[21] Nykowski I.: *Programowanie liniowe*. PWN, Warszawa 1980.

[22] Pawlak Z.: *Matematyczne aspekty procesu produkcyjnego*. PWE, Warszawa 1969 (190 s.).

[23] Penc J.: *Strategie zarządzania. Perspektywiczne myślenie*. Systemowe działanie. PLACET, Warszawa 1994 (224 s.).

[24] Pełka B.: *Zarys ekonomiki i organizacji przemysłowych procesów produkcyjnych*. PWE, Warszawa 1974 (319 s.).

[25] Piasecki S.: *Optymalizacja systemów obsługi technicznej*. WNT, Warszawa 1972 (283 s.).

[26] Piasecki S.: *Optymalizacja systemów produkcyjnych*. Skrypt Wydz. Cyb. Techn. WAT (121 s.). Warszawa 1972.

[27] Piasecki S., Chojnacki A.: *Planowanie operacji wojennych*. Skrypt Wydz. Cyb. Techn. WAT, Warszawa 1973 (104 s.).

[28] Piasecki S.: *Optymalizacja systemów przewozowych*. WKiŁ, Warszawa 1973 (187 s.).

[29] Piasecki S.: *Optymalizacja organizacji przestrzennej osiedli*. Prace IBS PAN z. 11 (91 s.). IBS PAN Warszawa 1977.

[30] Piasecki S.: *Problemy projektowania układów „Zielonych fal" w miastach*. Prace IBS PAN Z. 41 (20 s.). IBS PAN, Warszawa 1979.

[31] Piasecki S.: *Sterowanie procesem rozrządzania wagonów*. Prace IBS PAN z. 42 (20 s.). IBS PAN, Warszawa 1979.

[32] Piasecki S.: *Optymalizacja pierevozocznogo processa*. Izdat. Transport. Moskva 1979 (175 str.).

[33] Piasecki S.: *Podstawowe pojęcia i definicje analizy systemowej*. Prace IBS PAN z. 36 (20 s.). IBS PAN Warszawa 1979.

[34] Piasecki S., Palczewski A.: *Harmonogramowanie produkcji radiowej*. Prace IBS PAN z. 40 (24 s.). IBS PAN Warszawa 1979.

[35] Piasecki S., Rudnicki J.: *Problemy organizacji serwisu dla elektronicznego sprzętu powszechnego użytku*. Prace IBS PAN z. 60 (24 s.). IBS PAN Warszawa 1980.

[36] Piasecki S.: *Operatywne kierowanie pracą linii montażowej*. Prace IBS PAN z. 64 (20 s.). IBS PAN Warszawa 1981.

[37] Piasecki S.: *Teoria organizacji w świetle analizy systemowej jako teoria języka problemowo-zorientowanego*. Prace IBS PAN z. 82 (Część I, 112 s.) oraz z. 83 (Część II, 115 s.). IBS PAN, Warszawa 1982.

[38] Piasecki S., Kaszubowski Z.: *Optymalizacja systemów zaopatrzenia*. PWN, Warszawa-Łódź 1982 (178 s.).

[39] Piasecki S.: *Zagadnienia użytkowania maszyn i środków transportowych*. Polskie Nauk.-Techn. Tow. Eksploatacyjne. LTN, Warszawa-Lublin 1995 (86 s.).

[40] Piasecki S.: *Organization of Transport of Parcel Cavgoes*. Inst. Bad. Syst. PAN, Warszawa 1996 (88 s.).

[41] Sienkiewicz S.: *Inżynieria systemów*. Wyd. MON, Warszawa 1983 (355 s.).

[42] Strabrya A.: *Doskonalenie struktury organizacyjnej*. PWE, Warszawa 1991 (254 s.).

[43] Vollmuth H.J.: *Controlling. Planowanie, kontrola, zarządzanie*. Tłum. z niem. PLACET, Warszawa 1993 (248 s.).

[44] Walukiewicz S.: *Programowanie dyskretne*. PWN, Warszawa 1986.

[45] Weber R.A.: *Zasady zarządzania organizacjami*. Tłum. z ang. PWE, Warszawa 1996 (614 s.).

[46] Zieleniewski J.: *Organizacja zespołów ludzkich*. Warszawa 1964.

[47] *Zarządzanie firmą. Strategie, struktury, decyzje, tożsamości*. Tłum. z fr. PWE, Warszawa 1996 (598 s.).

b) Artykuły

[47] Grabowski A.: Analiza zadań systemu zaopatrzenia. Część II. *Biuletyn WAT*, nr 10, październik 1973 r. Warszawa 1973.

[48] Hackstein R., Uttendorf K.: Erchlissung Mathematischer Plannungs Verfare für die Praxis durch Mensch-Computer-Dialog. *Angewandte Informatic* nr 8 1979.

[49] Kroshnevis B., Chignell M.N.: A Framework for Artificial Intelligence Applications Software Development. *Computer in Industry* no 6 (1985).

[50] Kurzydłowska A., Piasecki S.: Le systéme conversational ORGPLAN comme on outil pour la composition automatique des harmonogrammes d'organisation de l'activité des enterprisess. *Proc. Internat. AMSE Conf. on Modelling and Simulation*. Paris-Sud 1-3 July 1982.

[51] Kurzydłowska A., Piasecki S.: Formalization and Computer Reprezentation of Organizing Problems for Purposes of Computer-Aided Problem Resolution. *Computer in Industry* no 10 (1988). North-Holland 1988 (13 str.).

[52] Kurzydłowska A., Piasecki S.: A Semantic Analysis of ORGAPLAN. *Computer in Industry* no 10 (1989). North-Holland 1988 (11 str.).

[53] Kurzydłowska A., Piasecki S.: ORGAPLAN - An Information-Decisive Aid System to Resolving Organizing Problems. *Computer in Industry* no 11 (1989). North-Holland 1989 (11 str.).

[54] Meyer B.E., Schneider H.J.: Tools for Information System Design and Realization. *Proceedings of the IFIP TC-8 Working Conference on Formal Models and Practical Tools for Information System Design*. Oxford U.K. 1979.

[55] Piasecki S.: Organizacyjne aspekty eksploatacji urządzeń. Konf. *„Sympozjum eksploatacji urządzeń technicznych"*. Poznań, wrzesień 1969. Specjalny Zeszyt Prac Zespołu Teorii Eksploatacji WAT. WAT, Warszawa 1969.

[56] Piasecki S.: Matematyczne aspekty teorii organizacji. *Zagadnienia Naukoznawstwa*, nr III/1970. PAN, Warszawa 1970 (35 str.).

[57] Matematyczne aspekty teorii organizacji. Konf. *„Badania operacyjne w zarządzaniu"*. Wrocław, styczeń 1973, TNOiK i PAN, Wrocław 1973 (29 str.).

[58] Piasecki S.: Wstęp do ścisłej teorii organizacji i zarządzania. Konf. *„Metody cybernetyczne w zarządzaniu"*. Warszawa, kwiecień 1974, Inst. Org. i Kier. PAN i MNSzWiT, Warszawa 1974 (35 str.).

[59] Piasecki S.: Matematyczne aspekty wyboru struktury organizacyjnej uczelni wyższej. *Badania Operacyjne*, t. 3. Inst. Cyb. Techn. WAT, Warszawa 1975 (16 str.).

[60] Piasecki S.: Teoria organizacji w świetle cybernetyki. *Człowiek i Światopogląd* nr 7-8. Warszawa 1975.

[61] Piasecki S., Zalewski W.: Wybrane zagadnienia z metodyki projektowania wieloprocesowych systemów operacyjnych komputerów. Konf. *„Problemy wielodostępu w systemach komputerowych"*. Międzyzdroje 18-21.10.1976. Wyd. Polit. Wrocł. Wrocław 1976 (12 str.).

[62] Piasecki S.: Matematiczeskoje aspekty opredelenia organizacionnoj struktury wyższej szkoły. Konf. *„Management of Research and Education"*. Wrocław 18-21.IX.1976. Wyd. Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1976.

[63] Piasecki S.: Projektowanie terytorialnego systemu informatycznego dla hierarchicznych systemów zarządzania. Konf. *INFOGRYF 80*. TNOiK Oddz. Szczecin 1980 (13 str.).

[64] Piasecki S.: Applications of Systems Theory of Economics Management. Konf. *„Proceedings of the 5-th Polish-Italian Symposium"*. Toruń, June 11-16 1980. PWN, Warszawa-Łódź 1980 (11 str.).

[65] Piasecki S.: Operatywne kierowanie pracą linii montażowych. Konf. *„Zastosowanie komputerów w przemyśle"*. Szczecin 17-18.IX.1981. Komitet NOT d/s Informatyki, Szczecin 1981. Tom III (17 str.).

[66] Piasecki S., Grzegorczyk H.: Organizacja kolejowych przewozów kontenerowych z wykorzystaniem ETO. Konf. *„Nauka-Transport-Polityka"*. Politechnika Warszawska, Warszawa 1981 (17 str.).

[67] Piasecki S.: Matematiczeskaja teoria operacji kak teoria specjalirizovanego jazyka. Konf. *„Mathematical Methods in Operation Research"*. Sofia 24-29 October 1983. Plenary Lectures. Institute of Mathematic with Computer Centre. Sofia 1983 (13 str.).

[68] Tamm B.G., Tyung E.Ch.: About Forming of Problem-Oriented Software. *Kibernetika 4* (1975).

ISBN 83-85847-03-0

W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 37-68-22 e-mail: kotuszew@ibspan.waw.pl