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 I

## POJĘCIA PODSTAWOWE

Analizując określone zjawisko będące przedmiotem naszych zainteresowań, możemy wyróżnić pewne obiekty (fragmenty otoczenia), o których domniemamy, że ich istnienie ma wpływ na przebieg interesującego nas zjawiska.

Oznaczmy symbolem $O^p$ tak wyróżnione OBIEKTY gdzie $p$ jest nazwą obiektu. Wyróżnionymi obiektami nie koniecznie muszą być obiekty materialne. Mogą to być także obiekty abstrakcyjne np. czynności. Zbiór $P$ wszystkich nazw wyróżnionych obiektów materialnych jest podzbiorem rzeczowników własnych języka potocznego. Dla uproszczenia przyjmiemy, że nazwami są numery $p = 1,2,...,P$ poszczególnych obiektów.

Z punktu widzenia celu prowadzonych badań oraz uwzględniając rodzaj obiektów (organizmy żywe, twory abstrakcyjne, minerały itp.), możemy wyróżnić różne zbiory $C^p$ cech $C_q$, gdzie $q$ jest nazwą CECHY, opisujących poszczególne obiekty o numerach $p = 1,2,...,P$. Dla obiektów tego samego rodzaju, zbiory $C^p$ wyróżnionych cech opisujących będą identyczne. Przeciwnie, jeśli zbiory $C^p$ i $C^{p'}$ dwóch obiektów $p$ i $p'$ są identyczne, to obiekty są tego samego rodzaju.

W zależności od celu i przedmiotu badań, wybrane mogą być różnego rodzaju cechy. Mianowicie:

— „fizyczne", takie jak na przykład: masa, wymiary, kolor, temperatura, gęstość itp.;

— „przestrzenne", takie jak na przykład: miejsce przebywania, czas istnienia, prędkość itp.;

— „operacyjne", takie jak na przykład: wykonywana czynność, koszt, materiałochłonność, czas trwania operacji itp.

Zbiór wszystkich nazw wyróżnionych cech jest także podzbiorem rzeczowników abstrakcyjnych języka potocznego.

Dla uproszczenia przyjmiemy, że nazwami są numery $q = 1,2,...,Q$ poszczególnych cech. Oczywiście obiekt o numerze $p$ nie musi być opisany wszystkimi wyróżnionymi cechami $C_q$; $q = 1,2,...,Q$ tworzącymi zbiór $C$ wszystkich wyróżnionych cech $C = \bigcup_{p \in P} C^p$; przy czym zapis powyższy należy traktować jako mnogościową sumę zbiorów $C^p$ o indeksach $p$ należących do zbioru $P$.

Przykładowo, jeżeli rozpatrujemy dwa obiekty o numerach $p = 1,4$ i wtedy $P = \{1,4\}$ oraz jeżeli $C^1 = \{C_1, C_2, C_3\}$, $C^4 = \{C_2, C_7\}$ to

$$C = \{C_1, C_2, C_3, C_7\}$$

jest zbiorem wszystkich rozpatrywanych cech. Dla wygody, niezależnie od zbioru cech $C$ wyróżnijmy zbiór $Q$ nazw tych cech. Przy tym załóżmy, że nazwami mogą być (podobnie jak w naszym przykładzie) liczby.

Wtedy, w naszym przykładzie zbiór $Q$ ma postać

$$Q = \{1,2,3,7\}$$

Jeżeli więc $C^p$ jest zbiorem cech opisujących obiekt $p \in P$ to $Q^p$ jest odpowiadającym mu zbiorem nazw cech opisujących obiekt $p$.

W szczególności w naszym przykładzie mamy $Q^1 = \{1,2,3\}$ oraz $Q^1 = \{2,7\}$.

Zauważmy, że zarówno zbiory $Q^p$ jak i odpowiadające im zbiory $C^p$ nie mogą być puste dla żadnego $p \in P$ gdzie $P$ jest zbiorem nazw (numerów) wyróżnionych obiektów.

Przykładowo, w zagadnieniach ekonomicznych wyróżniamy obiekty będące bądź wyrobami, bądź obiekty niezbędne do ich wytworzenia - surowce, a interesującymi cechami tych obiektów są koszty ich wytworzenia, wartość użytkowa itp.

Wyróżnienie obiektów jak i opisujących cech z punktu widzenia naszych zainteresowań powoduje, że tak sporządzony opis jest jednostronny, nie zapewnia stworzenia ogólnego opisu otoczenia - i tak właśnie powinno być.

Nie będziemy bowiem poszukiwali opisu rzeczywistości „w ogóle", gdyż nawet gdyby to nam się udało to taki opis byłby mało przydatny do rozwiązywania interesującego nas specyficznego i szczególnego problemu. Byłby on zbyt obszerny i zbyt skomplikowany. A przecież zależy nam na rozwiązaniu pewnego, określonego problemu i opis interesuje nas tylko z tego punktu widzenia. Nie tworzymy więc opisu dla samego opisu, ponieważ interesuje nas rozwiązanie problemu możliwie małym nakładem sił.

Uważny Czytelnik może stwierdzić, że jak na razie nie zostało powiedziane, jak wybierać obiekty i cechy. Zagadnienie to zostanie naświetlone dalej.

Niech dla każdej cechy nr $q$ jest określony zbiór $A_q$ możliwych wartości $a_q$ cechy. Wartość $a_q$ cechy $C_q$ nie musi być liczbą - może to być wektor liczbowy czy nawet macierz funkcyjna. Dla ustalenia uwagi, $a_q$ będziemy traktowali dalej jako liczbę, przy tym oczywiście $a_q \in A_q$.

Istotnym założeniem jest natomiast wymaganie aby wybrane cechy były cechami mierzalnymi - aby wartość cechy mogła być obiektywnie mierzona, a wynik pomiaru nie zależał od osoby dokonującej pomiaru (poza granicami błędu metody pomiarowej).

Aby założenie o mierzalności cech mogło być konsekwentnie egzekwowane musimy przyjąć

POSTULAT ***istnienia zbioru cech mierzalnych charakteryzujących każdy obiekt z punktu widzenia określonego celu zainteresowań.***

Dla uniknięcia nieporozumień zauważmy, że postulat nie wymaga aby dowolnie wybrany zestaw cech opisujących był mierzalny.

Postulat natomiast zakłada, że dla ustalonego celu badań zawsze można wybrać taki zestaw cech mierzalnych, który w pełni charakteryzuje obiekt (z punktu widzenia rozwiązywanego problemu).

Należy podkreślić, że postulat istnienia mierzalnych cech nie jest warunkiem ograniczającym stosowanie teorii. Jest on podstawowym warunkiem gwarantującym obiektywność ścisłej teorii organizacji. Cecha obiektywności jest warunkiem niezbędnym aby jakakolwiek teoria mogła być nazwana naukową. Tak więc żadna teoria naukowa nie może odstąpić od tego podstawowego założenia.

Zauważmy, że chociaż obiektywność jest koniecznym warunkiem aby teoria mogła uchodzić za naukową to nie jest to warunek wystarczający. Niebagatelnym warunkiem każdej teorii naukowej jest wymaganie jej prawdziwości, a przynajmniej niemożliwości zaprzeczenia jej prawdziwości.

Zdefiniujemy następne pojecie. Mianowicie STANEM obiektu $O^p$ będziemy nazywali uporządkowany (np. wg rosnących wartości $q$) zbiór $\boldsymbol{a}^p$ wartości $a_q^p$ cech o numerach $q \in Q^p$

$$\boldsymbol{a}^p = < a_q^p : q \in Q^p, a_q^p \in A_q >$$

Liczności (moce) zbiorów $Q^p$ oraz $A^p$ decydują o dokładności identyfikacji stanu obiektów oraz o ich czasowo-przestrzennej rozróżnialności.

W szczególności gdy zbiory $Q^p$ są jednoelementowe - każdy obiekt jest opisany jedną cechą, nie koniecznie tą samą - a zbiory $A_q$ są dwuelementowe (obiekt może posiadać cechę w pełnym lub niedostatecznym stopniu) otrzymujemy binarny opis obiektów. O takich obiektach mówimy, że są dwustanowe. Powyższy system opisu spotykamy często w zagadnieniach niezawodności obiektów złożonych - układów składających się z wielu prostych obiektów - elementów W tym przypadku także zbiór

$Q$ wyróżnionych cech jest zbiorem jednoelementowym. Cechą wyróżnioną jest tu sprawność (układu lub elementów). Jeżeli cechę tę układ lub element posiada w stopniu dostatecznym, to mówimy, że jest on sprawny i przyjmujemy jedność jako wartość cechy. Jeżeli sprawność układu lub elementu jest niewystarczająca, to mówimy, że jest on uszkodzony i przyjmujemy zero jako wartość cechy. Badanym zjawiskiem jest w tym przypadku związek między sprawnością elementów a sprawnością układu, w sytuacji, gdy sprawność elementów jest wielkością losową.

W przypadku gdy zarówno przestrzeń fizyczna jak i przestrzeń czasowa są zbiorami mocy continuum, to najczęściej są to zagadnienia fizyki (np. z dziedziny teorii pól).

Często, szczególnie w ekonometrii, o cechach dwuwartościowych mówi się, że są to cechy jakościowe, przeciwstawiając je cechom ilościowym (mierzalnym).

Jednakże nie należy zapominać, że cechy dwuwartościowe można często uznać za mierzalne, chociaż „przyrządem pomiarowym" są niekiedy zmysły człowieka.

Pomiar taki - wartościowanie cechy dwuwartościowej - jest obarczony dużym błędem jeżeli nie jest ustalony „regulamin" oceny. Często mamy przypadek, że pomiarowi podlegają pewne pierwotne cechy a następnie na podstawie tych pomiarów kwalifikujemy czy obiekt posiada daną cechę „jakościową" czy też jej nie posiada.

W przypadku gdy przepisy oceny kwalifikacyjnej nie istnieją a fakt posiadanej cechy przez obiekt jest przesądzony wyłącznie na podstawie subiektywnych odczuć badacza, wtedy taka subiektywna cecha nie może być oczywiście zaliczona do cech mierzalnych i nie może stanowić podstawy do naukowych rozważań w dziedzinie teorii organizacji.

Z „językowego" punktu widzenia stan obiektu jest wyrażeniem złożonym, pełniącym rolę rozwiniętego podmiotu w wyrażeniach zdaniowych i składającym się z rzeczownika pełniącego funkcję imienia własnego oraz ciągu rzeczowników abstrakcyjnych dopełniających opis podmiotu.

Podsumujmy nasze dotychczasowe rozważania w sposób formalny. Wprowadziliśmy pojęcie wartości $a_q \in A_q$ cechy nr $q = 1,2,\ldots,Q$.

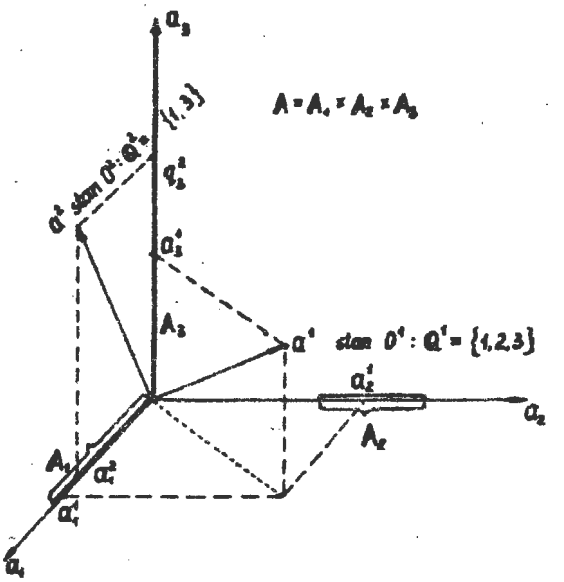
Jeżeli oznaczymy symbolem

$$a = < a_1,\ldots,a_q,\ldots,a_Q >$$

wektor wartości wszystkich cech, który jest elementem zbioru $A$ będącego iloczynem kartezjańskim zbiorów $A_q$

$$A = A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_q$$

a symbolem $Q^p$ oznaczymy hiperpłaszczyznę w przestrzeni $A$ o określonych składowych nr $q \in Q^p$ to formalnie, wektor $a^p$ opisujący stan obiektu nr $p$ możemy uważać za rzut wektora $a$ na tę hiperpłaszczyznę a zbiór $A^p$ (którego elementem jest $a^p$) jako analogiczny rzut zbioru $A$ (porównaj rys. 1).




Rys. 1. Przykład trójwymiarowej przestrzeni $A$ wartości cech $q = 1,2,3$ z zaznaczonym wektorem stanu $a^1$ oraz $a^2$ dwóch obiektów o numerach $p = 1,2$.
Przy tym ($A_3 = < 0, \infty)$, $Q^1 = \{1,2,3\}$, $Q^2 = \{1,3\}$.

Celem uniknięcia różnej interpretacji, często dalej wykorzystywanego pojęcia rzutu, posłużmy się następującym przykładem.

Weźmy zwykłą (euklidesową) przestrzeń trójwymiarową, w której współrzędne $x$, $y$, $z$ możemy interpretować jako nazwy cech, tak że $q = x, y, z$ oraz $Q = \{x, y, z\}$. Dla takiej przestrzeni zwykle przyjmuje się, że zbiory $A_x$, $A_y$, $A_z$ są przedziałami $< 0, \infty)$ liczb wymiernych (dodatnimi „półosiami"). Zatem formalnie przestrzeń $A$ jest w tym przypadku określona iloczynem kartezjańskim

$$A = A_x \times A_y \times A_z$$

a elementami tej przestrzeni są wektory o postaci

$$a = < a_x, a_y, a_z >$$

Zdefiniujemy obecnie płaszczyznę $\alpha$ zbiorem $Q^\alpha = \{x, y\}$ (o której często mówimy krótko - płaszczyzna "$xy$"). Wtedy rzutem wektora $a$ na płaszczyznę $Q^\alpha$ będzie wektor $a^\alpha = < a_x, a_y >$.

Kontynuując nasze rozważania zauważmy, że pełny opis $\hat{a}$

$$\hat{a} = < a^1, a^2, ..., a^P >$$

wszystkich elementów składa się z uporządkowanego (wg numerów obiektów) zbioru opisu stanów $a^p$ poszczególnych obiektów.

Hiper wektor $\hat{a}$ jest elementem zbioru $\hat{A}$ będącego produktem iloczynu kartezjańskiego $A^p$

$$\hat{A} = A^1 \times A^2 \times ... \times A^P$$

Fizycznie $\hat{A}$ jest przestrzenią wszystkich możliwych opisów stanów wszystkich elementów. Objętość tej przestrzeni wyznacza między innymi niezbędną pojemność banku danych w systemach przetwarzania danych.

Wprowadźmy następnie pojęcie WŁASNOŚCI obiektu. Przykładowo dla różnych obiektów mogą być określone następujące własności

— ciężki (lekki), na zbiorze wartości masy obiektu
— drogi (tani), na zbiorze wartości cen obiektów
— duży (mały) na zbiorze wartości wymiarów obiektu
— bliski (daleki), na zbiorze wartości współrzędnych miejsca obiektu
— przydatny (nieprzydatny) na zbiorze kartezjańskim wartości: masy, wymiarów, ceny i niezawodności obiektów itp.

Własności obiektów informują nas o przedziałach, w których znajdują się wartości cech tych elementów. Często także wyrażają pozytywną lub negatywną ocenę cech obiektu z punktu widzenia przydatności obiektu do realizacji określonych celów. Nie trudno zauważyć, że ponieważ własność obiektu jest „wtórną cechą" obiektu, określoną na podstawie wartości cech „pierwotnych", to pojęcie własności ściśle odpowiada pojęciu wspomnianej uprzednio „cechy jakościowej" chętnie używanej w naukach ekonomicznych. Z punktu widzenia budowy języka wyrażają się one najczęściej przymiotnikami.

Oznaczmy symbolem "$w$" nazwę wyróżnionej własności, przy czym podobnie jak uprzednio, zamiast nazw naturalnych będziemy posługiwali się numerami tych nazw $w = 1,2,...,W$.

Zbiór $W$ numerów nazw rozpatrywanych własności możemy więc uważać jako zbiór numerycznych nazw - a nie jako zbiór liczb.

Każda własność $w$ określona jest na charakterystycznym dla niej podzbiorze $Q(w) \subset Q$ cech. Na przykład, uznanie czy obiekt jest drogi, czy tani zależy wyłącznie od jednej jego cechy - ceny, a nie zależy np. od koloru obiektu.

Stwierdzenie czy dany obiekt o numerze $p$ ma określoną własność $w$ (np. jest niezawodny) wymaga określenia dla danej klasy $P(w) \subset P$ obiektów, podzbioru

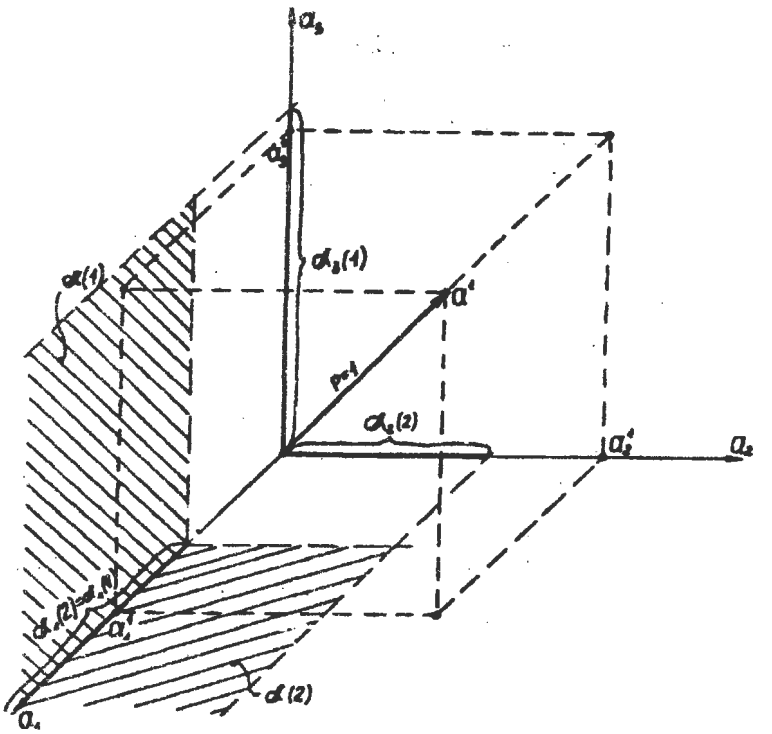
$\alpha_q(w) \subset A_q$ wartości, dla każdej z charakterystycznych cech $q \in Q(w)$ a więc takich podzbiorów, że jeżeli wartości $a_q^p$ odpowiednich składowych opisujących stan obiektu należą do tych podzbiorów to mówimy, że obiekt posiada własność $w$. Przykładowo, o obiekcie mówimy, że posiada własność „niezawodnego działania", jeżeli wartość prawdopodobieństwa poprawnego działania (cechy nr $q$) jest większa od zadanej liczby $\alpha$, wtedy:

$$\alpha_q = (\alpha, 1>.$$

Własność $w$ jest więc zdefiniowana rodziną zbiorów $\alpha_q(w)$ $(q \in Q(w))$ dla danej klasy $w$ obiektów, przy czym

$$P(w) \subset \{p : Q(w) \subset Q^p\}$$

jest podzbiorem zbioru obiektów, u których doszukiwanie się własności $w$ ma sens - to jest takich obiektów, które są scharakteryzowane (między innymi) wszystkimi cechami $q \in Q(w)$, na wartościach których zdefiniowana jest własność $w$.




Rys. 2. Przykład określenia własności $w = 1$, podzbiorami $\alpha_1(1) \subset A_1$ i $\alpha_3(1) \subset A_3$ wartości cech $q = 1$, $q = 3$ odpowiednio oraz cechy $w = 2$ podzbiorami $\alpha_1(2)$, $\alpha_2(2)$ wartości cech $q = 1$ i $q = 2$.

Zauważmy, że zbiór $Q(w)$ określa hiperpłaszczyznę w przestrzeni $A$.

Mianowicie, jeżeli $a$ jest elementem tej przestrzeni, to $a(w)$, o składowych $a_q(w)$ (gdzie $q \in Q(w)$) uporządkowanych kolejno wg rosnących wartości $q$ jest rzutem wektora $a$ na hiperpłaszczyznę $Q(w)$. Wektor $a(w)$ zawierający składowe $a_q(w)$ jest elementem przestrzeni $A(w)$ będącej rzutem przestrzeni $A$ na hiperpłaszczyznę $Q(w)$. Z kolei, ciąg zbiorów $\alpha_q(w)$ dla $q \in Q(w)$ odpowiadających poszczególnym składowym $a_q(w)$ wektora $a(w)$ definiuje zbiór - wektor $\alpha(w)$, który jest podzbiorem zbioru $A(w)$

$$\alpha(w) \subset A(w),$$

Inaczej, $\alpha(w)$ jest produktem iloczynu kartezjańskiego zbioru $\alpha_q(w)$:

$$\alpha(w) = \bigcap_{q \in Q(w)} \alpha_q(w)$$

gdzie symbolem $\cap$ oznaczono wielokrotny iloczyn kartezjański.

Wykorzystując wprowadzone pojęcia, własność $w$ możemy krótko zdefiniować zbiorem $\alpha(w)$, który jest podzbiorem rzutu $A(w)$ przestrzeni $A$ na hiperpłaszczyznę $Q(w)$.

Zdefiniujemy następnie pojęcie PROCESU.

Potocznie, procesem nazywamy zachodzące w czasie $t$ zmiany wartości wybranych cech. Oznaczmy symbolem $s$ nazwę procesu, przy tym dla ustalenia uwagi założymy, że nazwami są numery $s = 1,2,...,S$.

Z punktu widzenia budowy języka, nazwą procesu jest najczęściej czasownik lub imiesłów (pochodzący od czasownika). Proces jest określony na wartościach wybranych cech niektórych obiektów. Oznaczmy symbolem $P_s$ zbiór nazw $p$ obiektów o określonych cechach.

Oczywiście $P_s \subset P$ oraz $P_s \neq \emptyset$. Jeżeli zbiór $P_s$ jest zbiorem jednoelementowym $P_s = \{p\}$ to proces o nazwie $s$ jest procesem zmiany wybranych składowych stanu obiektu $p$. Oznaczmy symbolem $Q_s^p$ zbiór tych cech obiektu $p \in P_s$, wartości których są składowymi procesu $s$. Oczywiście mamy

$$Q_s^p \neq \emptyset \quad \text{dla każdego} \quad p \in P_s$$

Jeżeli zbiór $P_s$ jest jednoelementowy $P_s = \{p\}$ oraz $Q_s^p = Q^p$ to proces $s$ jest procesem zmiany stanu obiektu $p$. Zauważmy, że jeżeli znamy wszystkie zbiory $Q_s^p$ (dla każdego $p \in P$) to wtedy mamy określony także zbiór $P_s$ mianowicie:

$$P_s = \{p : Q_s^p \neq \emptyset, p \in P\}$$

Oznaczmy następnie iloczyn kartezjański zbioru jednoelementowego $p$ i zbioru $Q_s^p$ symbolem $\{p \times Q_s^p\}$.

Na przykład jeżeli $p = I$ oraz $Q_s^I = \{2,4\}$ to $\{I \times Q_s^I\} = \{<I,2>, <I,4>\}$. Wykorzystując powyższe oznaczenie, możemy zdefiniować zbiór $B_s$ par typu $<p,q>$ charakteryzujący proces w sposób następujący

$$B_s = \bigcup_{p \in P_s} \{p \times Q_s^p\}$$

Na przykład, jeżeli $P_s = \{I, II\}$ oraz $Q_s^I = \{2,4\}$, $Q_s^{II} = \{5\}$ to $B_s = \{<I,2>, <I,4>, <II,5>\}$.

Zauważmy że jeżeli zbiory $Q_s^p$ są identyczne dla $p \in P_s$ i takie że $Q_s^p = Q(w)$ to będzie to proces zmian własności $w$ wszystkich obiektów $p \in P_s$.

Na przykład, jeżeli $P_s = \{I, II, III\}$. oraz $Q_s^p = Q(w) \equiv \{1\}$ to $B_s = \{<I,1>, <II,1>, <III,1>\}$. Jeżeli własność $w$ ma interpretację sprawności a obiektem $I$ jest element $I$, obiektem $II$ - element $II$, obiektem $III$ jest układ dwóch elementów - to proces $s$ ilustruje zmiany sprawności elementów i zależną od sprawności elementów - sprawność całego układu.

Zgodnie z podaną na wstępie intuicyjną definicją procesu, każdy proces jest określony w czasie, na pewnym zbiorze $T_s$ chwil $t$. Zbiór chwil jest mocy continuum, jednak w pewnych przypadkach zadawala nas znajomość procesu w pewnych wybranych chwilach, wtedy zbiór $T_s$ ma charakter ziarnisty (dyskretny) i jest zbiorem przeliczalnym oraz najczęściej zbiorem skończonym.

Jeżeli następnie symbolem $\hat{a}_s$ oznaczymy uporządkowany, w dowolny lecz jednoznaczny sposób, zbiór wartości $a_q^p$ cech $q \in a_q^p$ obiektów $p \in P_s$, to formalnie proces możemy zdefiniować jako rodzinę (dla $t \in T_s$) par $<\hat{a}_s(t), t>$. Krócej: proces jest zbiorem $T_s$ par $<\hat{a}_s(t), t>$ gdzie $\hat{a}_s(t)$ - stan procesu w chwili $t$ jest wektorem o składowych $a_q^p(t)$ dla $<p,q> \in B_s$. Oczywiście jeżeli zbiór $T_s$ jest mocy continuum to także zbiór

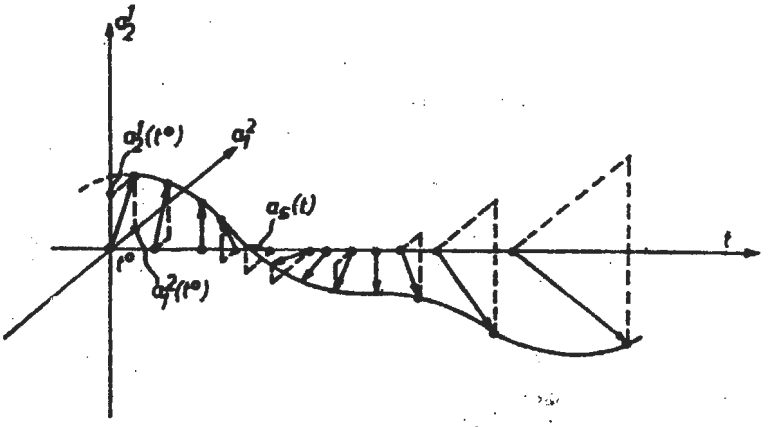
$$T_s = \{<\hat{a}_s(t), t> t \in T_s\}$$

jest mocy continuum. Jeżeli zbiór $T_s$ ma charakter ziarnisty to proces można opisać przy pomocy tabelki

| $t$ | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$... |
|---|---|---|---|
| $\hat{a}_s(t)$ | $\hat{a}_s(t_1)$ | $\hat{a}_s(t_2)$ | $\hat{a}_s(t_3)$... |

Zauważmy, że wykorzystując pojęcie rzutu, wektor $\hat{a}_s$ możemy uważać za rzut wektora $\hat{a}$ na płaszczyznę $B_s$. Podobnie, jeżeli na tę płaszczyznę zrzutujemy zbiór $A$, oznaczając jego rzut symbolem $A_s$, to oczywiście mamy $\hat{a}_s \in A_s$. W przestrzeni $A$ możemy więc wyróżnić tyle różnych procesów ile jest możliwych rzutów.

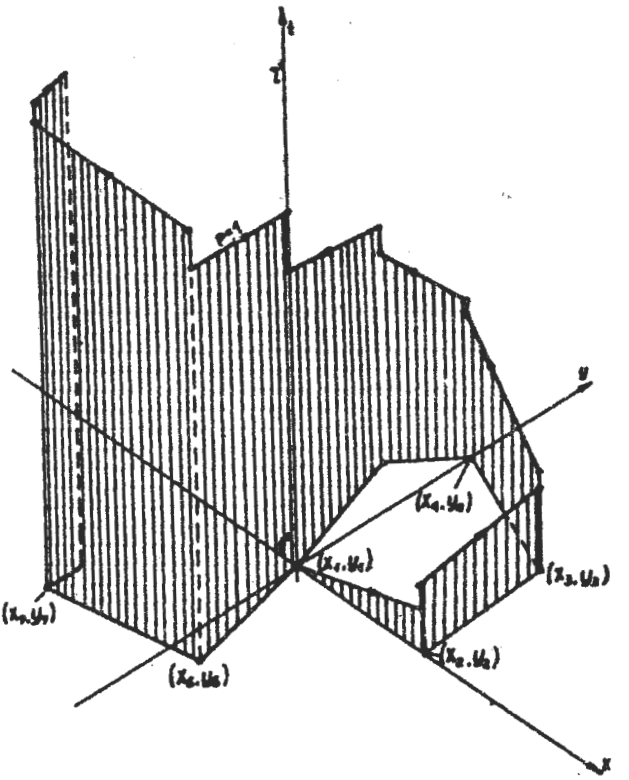
Ponieważ wielkość $\hat{a}_s$ jest funkcją czasu $t$ więc na hiperpłaszczyźnie $B_s$ możemy nanieść punkty odpowiadające wartościom procesu o różnych chwilach, otrzymując wykres fazowy procesu - ślad procesu na płaszczyźnie $B_s$. Jeżeli natomiast hiperpłaszczyznę $B_s$ uzupełnimy jeszcze jednym wymiarem - zmiennej $t$, to w tak otrzymanej przestrzeni możemy proces $T_s$ zobrazować odpowiednim wykresem w czasie (porównaj rys. 3).




Rys. 3. Przykład dwuwymiarowego procesu $a_s(t) = <\hat{a}_2^1(t), a_1^2(t)>$ dla $B_s = \{<1,2>, <2,1>\}$: drugiej cechy pierwszego obiektu oraz pierwszej cechy drugiego obiektu.

Na rysunku nr 4 pokazany jest wykres procesu ruchu obiektu na płaszczyźnie $xy$. Trzecią współrzędną jest czas $t$. Na rysunku nr 5a pokazany jest wykres fazowy tego samego procesu - jego ślad na płaszczyźnie $xy$, a na rysunku 5b wykres przebytej drogi w funkcji czasu. Wszystkie powyższe rysunki są obrazami tego samego procesu - ruchu jednostki transportowej.

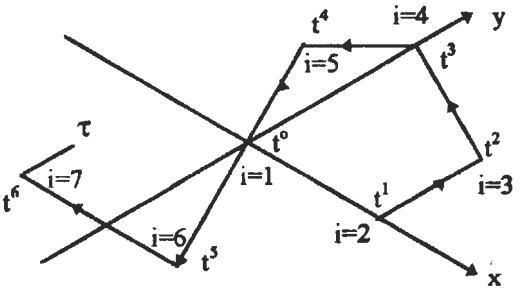
Zwróćmy uwagę, że proces jest szczególnym przypadkiem znanego w matematyce pojęcia funkcji przyporządkowującej wartościom zmiennej niezależnej, wartości zmiennej zależnej. Jednakże nie każdą funkcję możemy nazwać procesem. Na przykład, zależność momentu na wale od obrotu silnika jest funkcją którą nazywamy charakterystyką silnika, lecz nie jest to opis procesu. Podobnie funkcja gęstości prawdopodobieństwa zmiennej losowej nie jest procesem. Funkcję możemy nazywać procesem jedynie wtedy gdy zmienna niezależna posiada interpretację fizyczną jako czas. Inaczej mówiąc tylko funkcja czasu może być nazwana procesem. Oczywiście pojęcie procesu nie jest i nie może być pojęciem matematycznym.



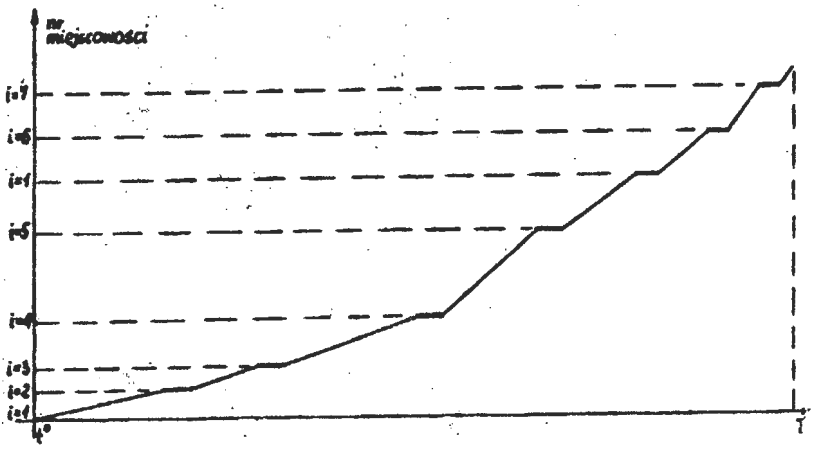
Rys. 4. Przykład przebiegu procesu ruchu jednostki transportowej:

$$a(t) = < a_1^1(t) > \quad \text{dla} \quad t \in [t^o, \tau]$$

gdzie: $a_1^p = < x^p, y^p >$ są współrzędnymi płaskimi natomiast $(x_i, y_i)\, i = 1,2,\ldots,\tau$ współrzędnymi miejscowości.

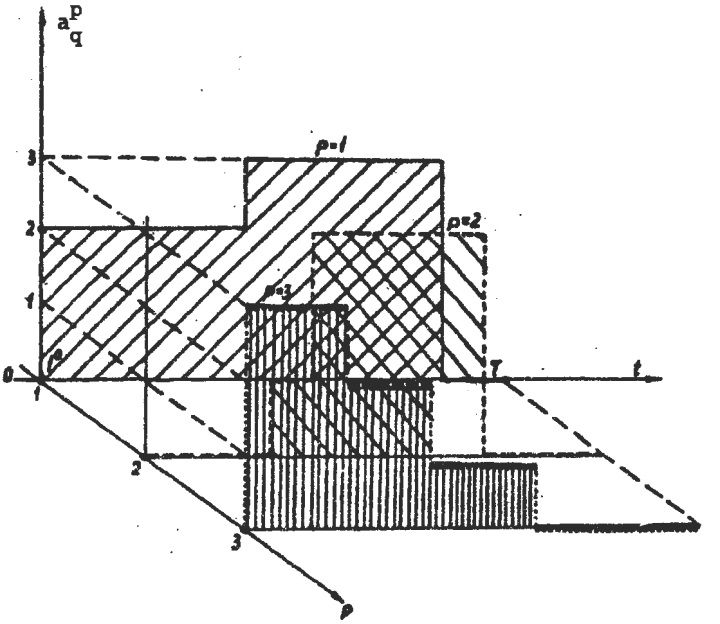



Rys. 5a. Ślad procesu drogi jednostki transportowej na płaszczyźnie fazowej $(x, y)$ w czasie $[t^o, \tau]$.`




Rys. 5b. Wykres „płaski" procesu ruchu jednostki transportowej w czasie $[t^o, \tau]$.

Wyróżnienie procesu jako specjalnego rodzaju funkcji nie jest wynikiem przypadku. Podczas analizy zjawisk materialnych, mamy niekiedy duże trudności z wykryciem która wielkość zależy od której. W takich przypadkach, najwygodniej jest w początkowej fazie analizy, przyjąć jako zmienną niezależną czas, gdyż rzeczywiście zmiana czasu nie zależy od innych zjawisk a więc jest to zmienna rzeczywiście niezależna. Wiadomo np., że jak dotychczas nie udało się wynaleźć tzw. „wehikułu czasu" przy pomocy którego moglibyśmy regulować szybkość zmiany czasu.

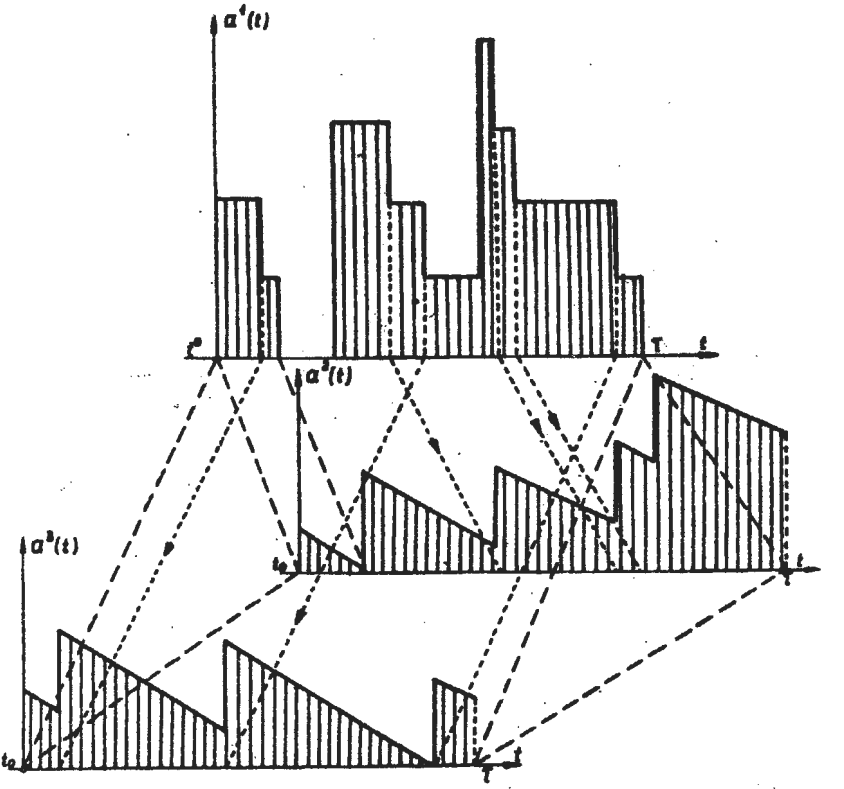



Rys. 6. Przykład procesu produkcyjnego $a_q^1(t)$, $a_q^2(t)$, $a_q^3(t)$ dla $A_q = \{0,1,2,3\}$, $T = [t^o, \tau]$

Na rysunku 6 pokazany jest przebieg innego rodzaju procesu - procesu produkcyjnego o trzech składowych. Każda składowa opisuje stan-czynność, którą wykonuje jedno stanowisko produkcyjne. Na osi pionowej numerami są oznaczone poszczególne stany - możliwe czynności (operacje), które te stanowiska mogą wykonywać. Stan „zerowy" przyjmuje się jako stan, w którym stanowisko nr $p$ nie wykonuje żadnej czynności.

Na rysunku 7 pokazany jest proces zmiany stanu zapasów w trzech magazynach przy czym magazyn pierwszy ($p = 1$) zaopatruje pozostałe magazyny ($p = 2$ i 3). Na rysunku kreskowanymi strzałkami pokazano powiązania miedzy stanami magazynów wynikające z przesyłanych z magazyny centralnego do magazynów fabrycznych dostaw towarów. W rezultacie procesy obrazujące stan w magazynach fabrycznych są zależne od dostaw z magazynu centralnego.

Wprowadźmy następnie pojęcie PROCESU LOSOWEGO. Zwróćmy uwagę, że procesu losowego nie można narysować w postaci wykresu tak jak to miało miejsce w przypadku funkcji czasu.




Rys. 7. Przykład zależnych przebiegów stanów w magazynach systemu zaopatrzenia: $a^1(t)$ - stan zapasów w magazynie centralnym, $a^2(t)$ oraz $a^3(t)$ - stany zapasów w magazynach fabrycznych zależne od zmian stanu magazynu centralnego (od dostaw z magazynu centralnego).

W tym przypadku, pojęciu funkcji czasu odpowiada realizacja procesu losowego, która może być opisana wykresem. Natomiast pojęciu procesu losowego odpowiada pełny zbiór wszystkich realizacji procesu - zbiór funkcji czasu.

Następnym bardzo ważnym pojęciem jest WSPÓŁZALEŻNOŚĆ (ZALEŻNOŚĆ) PROCESÓW. Pojęcie to zdefiniujemy korzystając z osiągnięć probabilistyki, wprowadzając jednocześnie miarę tej własności: zależność.

W pierwszej kolejności przypomnijmy definicje niezależności stochastycznej dwóch zmiennych losowych: $\tilde{X}_r$ oraz $\tilde{X}_s$. Jak wiadomo zmienne losowe są określone swoimi dystrybuantami

$$F_r(x) \equiv \Pr\{\widetilde{X}_r \le x\}$$

$$F_s(x) \equiv \Pr\{\widetilde{X}_s \le x\}$$

Jeżeli są to zmienne typu ciągłego, wtedy możemy scharakteryzować je funkcjami gęstości prawdopodobieństwa

$$f_r(x) \equiv \lim_{\Delta x \to 0} \frac{1}{\Delta x} \Pr\{x < \widetilde{X}_r \le x + \Delta x\}$$

$$f_s(x) \equiv \lim_{\Delta x \to 0} \frac{1}{\Delta x} \Pr\{x < \widetilde{X}_s < x + \Delta x\}$$

Jeżeli są to zmienne typu dyskretnego (ziarnistego) to możemy je scharakteryzować rozkładami prawdopodobieństwa

$$p_r(x) \equiv \Pr\{\widetilde{X}_r = x\}$$

$$p_s(x) \equiv \Pr\{\widetilde{X}_s = x\}$$

W podobny sposób możemy określić dystrybuantę łączną

$$f_{rs}(x_r, x_s) \lim_{\substack{\Delta x_r \to 0 \\ \Delta x_s \to 0}} \frac{\Pr\{x_r < \widetilde{X}_r \le x_r + \Delta x_r, x_s < \widetilde{X}_s \le x_s + \Delta x_s\}}{\Delta x_r \cdot \Delta x_s}$$

Przyjmuje się [17], że dwie zmienne losowe $\widetilde{X}_r$, $\widetilde{X}_s$ są niezależne jeżeli zachodzi równość

$$f_{rs}(x_r, x_s) - f_r(x_s) \cdot f_s(x_s) = 0$$

dla zmiennych typu ciągłego lub

$$p_{rs}(x_r, x_s) - p_r(x_r) \cdot p_s(x_s) = 0$$

dla zmiennych typu ziarnistego (dyskretnego). Dla ułatwienia będziemy dalej prowadzili rozważania dla zmiennych losowych typu ciągłego Jeżeli jedna zmienna losowa np. $X_r$ zależy całkowicie od drugiej np. $X_s$ tak, że

$\widetilde{X}_r = \varphi(\widetilde{X}_s)$, gdzie $\varphi$ jest funkcją definiującą rodzaj zależności to

$$f_{r,s}(x_r, x_s) - f_r(x_r) \cdot f_s(x_s) = \begin{cases} f_{rs}(\varphi(x_s), x_s) - f_r(\varphi(x_s)) \cdot f_s(x_s) & \text{dla } x_r = \varphi(x_s) \\ 0 - f_r(x_r) \cdot f_s(x_s) & \text{dla pozostałych wartości} \end{cases}$$

Oznaczając

$$C_{rs}(x) = \max_{x_r} [f_{rs}(x_r, x) - f_r(x_r) \cdot f_s(x)]$$

Możemy wprowadzić następujący miernik współzależności

$$\varepsilon_{rs} = E\left\{\frac{C_{rs}(x)}{f_{rs}(\varphi(x),x) - f_r(\varphi(x))\cdot f_s(x)}\right\}$$

gdzie symbol $E$ oznacza wartość oczekiwaną (ze względu na $x \equiv \tilde{X}_s$) wyrażenia w nawiasie.

Dla niezależnych zmiennych losowych wartość $\varepsilon_{rs}$ będzie równa zeru, dla całkowicie zależnych - równa jedności. W podobny sposób postępujemy gdy zmienne mają naturę ziarnistą.

Wracając do pojęcia współzależności (i niezależności) procesów, oznaczmy symbolem $\tilde{\pi}_s$ proces losowy o nazwie $s$ a jego realizację symbolem $\pi_s$.

Formalnie, wielkość $\tilde{\pi}_s$ możemy potraktować podobnie jak zwykłą zmienną losową wprowadzając pojęcie dystrybuanty

$$F_s(\pi_s) \equiv P_r\{\tilde{\pi}_s \le \pi_s\}$$

gdzie nierówność w nawiasie należy rozumieć jako zachodzenie nierówności

$$\tilde{a}_s(t) \le a_s(t)$$

dla każdego $t \in T_s$. Wielkość $\tilde{a}_s(t)$ jest losowym stanem procesu w chwili $t$. Ponieważ tak zdefiniowana dystrybuanta przypisuje każdej funkcji $\pi_s$ liczbę (interpretowaną jako prawdopodobieństwo zdarzenia, że wylosowany przebieg procesu będzie „leżał" poniżej wykresu funkcji $\pi_s$) więc taka dystrybuanta jest funkcjonałem. Podobnie, jeżeli zbiór wartości procesu jest mocy continuum to możemy określić funkcjonał gęstości prawdopodobieństwa

$$f_s(\pi_s) \equiv \lim_{\Delta \to 0} \frac{1}{|\Delta|} P_r\{\pi_s < \tilde{\pi}_s \le \pi_s + \Delta\}$$

lub funkcjonał rozkładu prawdopodobieństwa

$$p_s(\pi_s) \equiv P_r\{\tilde{\pi}_s = \pi_s\}$$

gdy zbiór realizacji procesu jest przeliczany.

W ten sposób możemy zdefiniować niezależność dwóch procesów $\tilde{\pi}_r$, $\tilde{\pi}_s$. Mianowicie są one niezależne gdy

$$f_{rs}(\pi_r, \pi_s) - f_r(\pi_r)\cdot f_s(\pi_s) = 0$$

przy tym $f_{rs}$ jest gęstością łączną procesów losowych: $\tilde{\pi}_r$, $\tilde{\pi}_s$. Przeciwnie, o dwóch procesach $\tilde{\pi}_r$, $\tilde{\pi}_s$ powiemy, że są one współzależne, gdy spełniony jest między stanami procesów jednoznaczny związek (dla pewnego $\tau_t$):

$$\tilde{a}_r(t) = \varphi_t(\tilde{a}_s(t - \tau_t)),$$

Zauważmy, że związek ten może uzależniać wartość procesu $r$ w chwili $t$ od wartości procesu $s$ w chwili $t - \tau_t$, przy tym zależność $\varphi$ może być także funkcją czasu.

Zwróćmy następnie uwagę że wielkość $\tau_{rs}$ może być zarówno ujemna jak i dodatnia (w szczególności może być także równa zeru).

Jeżeli $\tau_t$ jest wielkością ujemną oznacza to tylko, że proces $\tilde{\pi}_r$ nie zależy od $\tilde{\pi}_s$, lecz bądź $\tilde{\pi}_s$ zależy od $\tilde{\pi}_r$ bądź oba procesy zależą od innego. Jeżeli natomiast $\tau_t$ jest dodatnie to bądź istotnie $\tilde{\pi}_r$ zależy od $\pi_s$ bądź oba procesy zależą od trzeciego. W rezultacie badając procesy nie tylko możemy stwierdzić, że są one współzależne (bądź niezależne) ale także możemy stwierdzić, który od którego nie może zależeć, co prowadzi nas w końcu do ustalenia, który od którego zależy.

Rozumowanie powyższe oparte jest o powszechnie uznany w nauce

POSTULAT PRZYCZYNOWOŚCI głoszący, że ***każde zjawisko ma swoją przyczynę i skutek*** i ***że skutek musi następować po przyczynie. Niemożliwa jest więc równoczesność przyczyny i skutku a tym bardziej nie jest możliwe aby skutek poprzedzał przyczynę.***

Postulat przyczynowości jest drugim postulatem prezentowanej tu teorii organizacji. Wracając do problemu określenia współzależności procesów możemy, podobnie jak w przypadku „zwykłych" zmiennych losowych, określić miernik zależności.

$$\varepsilon_{rs} = E\left\{\frac{C_{rs}(\pi_s)}{f_{rs}(\varphi_r(\pi_s),\pi_s) - f_r(\varphi(\pi_s))\cdot f_s(\pi_s)}\right\}$$

gdzie

$$C_{rs}(\pi_s) = \max_{\pi_r}[f_{rs}(\pi_r,\pi_s) - f_r(\pi_r)\cdot f_s(\pi_s)]$$

jak poprzednio.

W rzeczywistości, zagadnienie określania współzależności procesów jest bardziej skomplikowane a przytoczone rozumowanie miało na celu pokazanie Czytelnikowi w możliwie prosty sposób zasadę pomiaru współzależności.

Wartość zmiennej losowej $\tilde{a}_r(t)$ stanu procesu $r$ w chwili $t$ może zależeć nie od wartości chwilowej stanu procesu $s$ w chwili $t-\tau_t$ lecz od całego ciągu wartości procesu $s$. Wtedy $\varphi_t$ nie będzie funkcją lecz funkcjonałem, komplikując dalej zagadnienie określenia współzależności. Tym niemniej, główne zasady pomiaru pozostaną niezmienione, podobnie jak możliwość określenia który z procesów na pewno nie jest przyczyną innego.

Wyznaczenie wielkości $\varepsilon_{rs}$ na podstawie eksperymentu pomiarowego możemy przedstawić w sposób następujący. Na podstawie zaobserwowanych realizacji procesu, wyznaczamy funkcje gęstości zgodnie z regułami postępowania statystycznego. Następnie przy pomocy metod regresji statystycznej wyznaczymy zależność i obliczamy wielkość $\varepsilon_{rs}$.

Jest oczywistym, że dla dowolnych dwóch procesów, teoretycznie nigdy nie jest spełniona równość $\varepsilon_{rs} = 0$. Tym niemniej, ze względu na ograniczoną dokładność pomiaru wielkości $\varepsilon_{rs}$, jak i ze względu na trudności posługiwania się wielowymiarowymi modelami zjawisk oraz skończoną dokładność analizy zjawisk, musimy ustalić jakiś minimalny próg $\varepsilon_0$ miary współzależności. Posługując się wielkością $\varepsilon_0$ możemy przyjąć, że dwa procesy są niezależne jeżeli $\varepsilon_{rs} \leq \varepsilon_0$. W ten sposób możemy analizując dany proces wybrać te procesy, od których istotnie nasz proces zależy i te na które istotnie (z „siłą" większą od $\varepsilon_0$) nasz proces ma wpływ. Definiujemy w ten sposób WZGLĘDNIE ODOSOBNIONY UKŁAD (obiektów).

Ponieważ procesy są określone na stanach pewnych obiektów, to możemy w ten sposób wydzielić „odosobniony" zbiór obiektów, których stan ma istotny wpływ na przebieg interesującego nas procesu lub których stan zależy od tego procesu. Analizując w ten sposób współzależność obiektów możemy określić ich wzajemne zależności (współzależności).

Typowe są przy tym dwie kolejności prowadzonej analizy współzależności obiektów:

— pierwsza, w której kolejno dla każdego obiektu ustalamy te obiekty, których stan zależy od aktualnie analizowanego obiektu;

— druga, w której dla każdego obiektu ustalamy te obiekty, od stanu których zależy stan aktualnie analizowanego obiektu.

Pierwsza metoda analizy nazywa się metodą „od ogółu do szczegółu", druga - „od szczegółu do ogółu". Oczywiście wynik analizy nie zależy od przyjętej metody.

Zwróćmy następnie uwagę, że zależność jest także pewną własnością (o których mówiliśmy poprzednio) z tą różnicą, że jest ona określona na parach procesów, a nie na obiektach fizycznych. Ponieważ do klasy obiektów możemy zaliczyć dowolne fragmenty rzeczywistości, więc nic nie stoi na przeszkodzie aby rozszerzyć klasę obiektów, obejmując nią także wszystkie procesy oraz wszystkie pary procesów określonych na zbiorach obiektów fizycznych. W tym przypadku nazwami obiektów - procesów będą przeważnie rzeczowniki utworzone z odpowiednich czasowników.

U podstaw teorii organizacji leży postulat istnienia zamierzonego CELU [19] jaki chcemy osiągnąć, w związku z czym należy zdefiniować pojęcie celu. W osiągnięciu tego celu winna być nam pomocna teoria organizacji. W sposób naturalny cel $\alpha^*$ zdefiniowany jest przez wyliczenie własności, których żądamy od określonej grupy $D^*$ obiektów.

Oznaczmy symbolem $P^*$ zbiór nazw tych obiektów, których stanem jesteśmy zainteresowani. Dla każdego obiektu $p \in P^*$ oznaczmy symbolem $W^{*p}$ zbiór tych własności, które chcielibyśmy nadać obiektowi $p$. Jak sobie przypominamy, każda własność $w$ określona jest zbiorem $Q(w)$ cech $q$, na wartościach których określony jest przedział $\alpha_q(w)$ dla $q \in Q(w)$. W rezultacie, dla każdego obiektu $p \in P^*$ możemy określić zbiór

$$Q^{*p} = \bigcup_{w \in W^{*p}} Q(w)$$

tych cech, na wartościach których określone są przedziały $\alpha : \alpha_q(w) \equiv \alpha_q^{*p}$ dla $q \in Q^{*p}$ oraz $w \in W^{*p}$. W przypadku gdy, z punktu widzenia różnych wymaganych własności obiektu, ta sama cecha musi spełniać różne warunki, to znaczy gdy

$$Q(w_1) \cap Q(w_2) \neq \varnothing \quad \text{dla} \quad w_1, w_2 \in W^{*p}$$

wtedy wartość cechy winna należeć do przedziału

$$\alpha_q^{*p} = \bigcap_{\substack{w \in W^{*p} \\ q \in Q(w)}} \alpha_q(w)$$

gdzie iloczyn mnogościowy wyznaczony jest dla tych wszystkich własności, które:

— należą do zbioru $W^{*p}$ własności wymaganych od danego obiektu $p$,

— są określone przy pomocy cechy $q$, to znaczy tej, która należy do zbioru $Q(w)$.

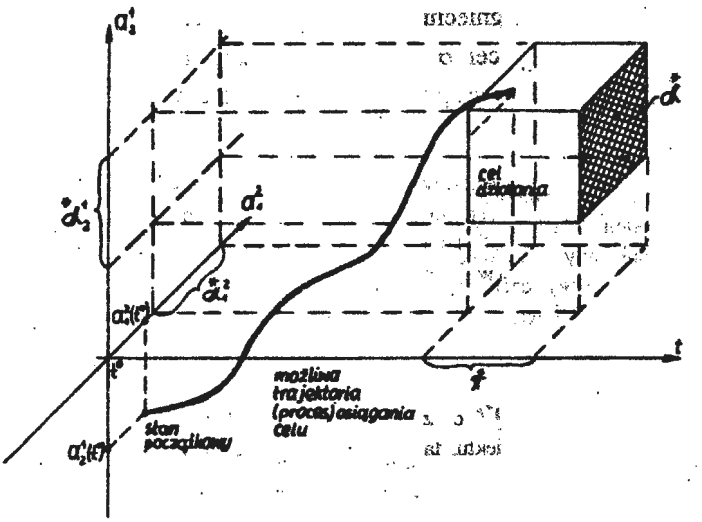
Oczywiście tak otrzymane przecięcie $\alpha_q^{*p}$ zbiorów $\alpha_q(w)$ nie może być zbiorem pustym, gdyby takie zdarzenie rzeczywiście zaszło oznaczałoby to, że na wartość rozważanej własności postawiono sprzeczne warunki - cel byłby wewnętrznie sprzeczny. W praktyce takie zdarzenia występują nierzadko, dlatego analiza poprawności określenia celu winna być przeprowadzona bardzo starannie. Jeżeli następnie ponownie wykorzystamy oznaczenie $\{p \times Q^{*p}\}$ iloczynu kartezjańskiego zbioru jednoelementowego $p$ oraz zbioru $Q^{*p}$, to możemy określić zbiór $D^*$ wszystkich par typu $< p,q >$

$$D^* = \bigcup_{p \in P^*} \{p \times Q^{*p}\}$$

charakteryzujących cel. Jeżeli oznaczymy symbolem

$$\alpha^* = \{\alpha_p^{*q} : < p,q > \in D^*\}$$

zbiór wymagań nałożonych na wartości wybranych cech określonej grupy obiektów, to cel możemy zdefiniować jako parę $< \alpha^*, T^* >$, gdzie $T^*$ jest pożądanym przedziałem czasu $w$, którym określona grupa obiektów winna mieć pożądane własności (rys. 8).




Rys. 8. Ilustracja graficzna celu działania i działania jako procesu osiągania pożądanych własności obiektu nr $p=1$ oraz $p=2$.

Zauważmy, że jeżeli zbiory $\alpha_q^{*p}$ zawężimy do pojedynczego punktu, to cel będzie określony jako doprowadzenie określonej grupy obiektów do ściśle określonego stanu - bez jakiejkolwiek tolerancji.

Cel zostanie osiągnięty wtedy i tylko wtedy gdy w pewnej chwili spełnione zostaną równości

$$a_q^p = \alpha_q^{*p}$$

dla każdej pary $<p,q> \in D^*$.

Opierając się na pojęciu rzutu, możemy wyznaczyć $A^*$ - zbiór możliwych wartości, na którym określony jest cel $\alpha^*$ jako rzut zbioru $A$ na hiperpłaszczyznę $D^*$. Wtedy $\alpha^* \subset A^*$.

Jednakże cel nie musi być określony jako nadanie określonych, stałych w czasie własności obiektów. Celem naszym może być wymuszenie określonego procesu. Wtedy zbiór $D^*$ ma to samo znaczenie, podobnie jak $\alpha^*$ z tą różnicą, że ta ostatnia jest funkcją $t$, to znaczy $\alpha^* = \alpha^*(t)$ dla $t \in T^*$. Cel będzie wtedy określony - jako pożądany proces - rodzina par:

$$<\alpha^*(t), t>$$

dla $t \in T^*$.

Przejdźmy następnie do zidentyfikowania innego, podstawowego dla teorii organizacji pojęcia - ZADANIA.

Zadaniem nazwiemy wymuszenie - nakazany proces. Oczywiście, nakaz wiąże się z istnieniem ośrodka decyzyjnego. Jeżeli będziemy rozważać zadanie z punktu widzenia ośrodka decyzyjnego, proces nakazany dla podległej jednostki będzie jednocześnie procesem - celem istnienia podległej jednostki. Zjawisko dwuznaczności takiego procesu, zwanego bądź zadaniem bądź celem, występuje wyraźnie, gdy cel określa się w sposób naturalny jako pożądany proces.

W przypadku, gdy cel określony jest jako pożądany stan, można uniknąć tej dwuznaczności, gdyż wtedy zadaniem jest proces (nakazany i pożądany) prowadzący do zmiany aktualnego stanu obiektu na stan pożądany. Natomiast celem jest właśnie ten pożądany stan. Zadanie jest więc wtedy określone na zbiorze możliwych procesów a cel na zbiorze możliwych stanów.

Ponieważ pożądany stan możemy zawsze określić (może nieco w sposób „sztuczny") jako pożądany proces, więc powyższą dwuznaczność celu i zadania musimy tolerować. Jednakże dla uniknięcia nieporozumień i zachowania klarowności dalszych wywodów będziemy dalej przyjmowali, że cel jest określony pożądanymi własnościami (stanem) a zadanie jest nakazanym procesem prowadzącym do osiągnięcia celu. Zadanie jest więc zdefiniowane zbiorem rodzin par $<\hat{a}_0(t),t>$ dla $t \in T$ takich, że $\hat{a}_0(t_0)=\hat{a}_0$, $\hat{a}(t) \in \alpha^*$ dla $t \in T^*$, gdzie $t_0$ jest chwilą rozpoczęcia działań zmierzających do osiągnięcia celu, a $\hat{a}_0(t)$ jest stanem interesujących nas obiektów a dokładniej: wartością cech $q$ obiektów $p$ dla wszystkich $<p,q> \in D^*$. Zadanie jest więc określone stanem początkowym i docelowym interesujących nas obiektów, obejmując wszystkie możliwe realizacje procesów prowadzące do osiągnięcia celu.

## 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 $\varepsilon$. 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 $\varepsilon_{min}$ (zależność procesu celowego od procesu działania jest nie mniejsza od $\varepsilon_{min}$).

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 $\varepsilon_{min}$ 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