



**POLSKA AKADEMIA NAUK**  
**Instytut Badań Systemowych**

**Edward Michalewski**

**PODSTAWY METODY  
ANALIZY DIAGNOSTYCZNEJ  
I PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW  
ZARZĄDZANIA (METODA DIANA)**



Publikację opiniowali do druku:

Prof. dr hab. inż. Ludosław Drelichowski

Prof. dr hab. inż. Piotr Sienkiewicz

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN

Warszawa 2004

**ISBN 83-85847-87-1**

**ISSN 0208-8029**

**Edward Michalewski**

**PODSTAWY METODY ANALIZY  
DIAGNOSTYCZNEJ  
I PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW  
ZARZĄDZANIA (METODA DIANA)**

## II. PODSTAWY FORMALNE METODY DIANA

### II.1. Q-algebra

#### II.1.1. Pojęcia podstawowe

Pierwsze wersje pakietu DIANA były realizowane na podstawie opisu formalnego, tworzono go za pomocą „klasycznych” środków – algebra Bool’a, rachunek zdań, teoria zbiorów (rzeczywistych) itd. [104], [105]. Trudności, wynikające z ograniczeń tych środków, prowadzące do konieczności stworzenia własnego aparatu do opisu formalnego (Q-algebra), zostały omówione w Rozdziale I. Tam też opisano ideę konstrukcji Q-algebry (w tym, bardzo ważny dla zrozumienia całości, mechanizm funkcjonowania relacji). Natomiast niniejszy rozdział przedstawia pojęcia podstawowe Q-algebry i sposób jej wykorzystania.

Na początek wprowadzimy pewne założenia, które jednocześnie uściślają obszar zastosowania Q-algebry.

**Założenie I:** Badany system zarządzania można podzielić na odrębne części (komórki), nie zmieniające się w czasie badań.

Kryterium podziału stanowi zestaw funkcji realizowanych przez te komórki. Podział ten powinien być zgodny ze strukturą organizacyjną (i jej hierarchią), gdzie komórką organizacyjną na najniższym szczeblu będzie pojedyncze stanowisko, ale może się zdarzyć, że nawet kilka komórek organizacyjnych zostanie potraktowanych jako jedna komórka funkcjonalna.

**Założenie II:** Dla każdej z komórek organizacyjnych badanego systemu zarządzania można ściśle określić listę zadań realizowanych przez tę komórkę.

Powyższe założenia wykluczają więc obiekty o nieokreślonej strukturze, lub obiekty o stale zmieniającym się zestawie wykonywanych zadań.

**Założenie III:** Dowolna wielkość, opisująca badany obiekt składa się z dwóch części: identyfikatora i zawartości.

Identyfikator ( $I$ ) pozwala określić, czy interesująca nas wielkość istnieje w danym przypadku, czy też jej brak. Posiada więc dwa możliwe stany (0 lub 1) i dzięki tej właściwości podlega regułom dwuwartościowej algebry boolowskiej.

Zawartość ( $w$ ) pozwala określić rzeczywistą wartość danej wielkości w odpowiednich dla niej jednostkach.

Przejsie od identyfikatora do jego zawartości dokonuje się za pomocą operatora  $R$ , czyli:  $IRw = w$   
 Jest oczywiste, że

$$(I = 0) \Rightarrow (IRw = 0) \Rightarrow (w = 0)$$

Natomiast z tego, że  $w = 0$  nie wynika, że również  $I = 0$ . Jeżeli w tym przypadku jednak

$$(I \neq 0)$$

wiadomo jedynie to, że dana wielkość istnieje, lecz poza jej symbolem nie posiadamy żadnej innej informacji o niej. Tak się dzieje, gdy jest ona w „sprzeczności” w relacji z innymi wielkościami (i byłaby traktowana jako „false”) lub też, gdy ta informacja na danym etapie nas nie interesuje. W obu przypadkach ta wielkość staje się niewidoczna i niedostępna dla użytkownika (znajdzie się w prawej stronie schematu funkcjonowania relacji – patrz Rys. 22). Pomiedzy poszczególnymi identyfikatorami istnieje ścisła zależność, odzwierciedlająca wewnętrzną hierarchię badanego obiektu, tworząc zbiory powiązań pionowych:

$$X(i) = \{x_1, \dots, x_k\}, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, k)$$

gdzie:  $X(i)$  jest oczywiście identyfikatorem  $i$ -tego zbioru,  
 zaś  $x_1, \dots, x_k$  - identyfikatorami elementów tego zbioru.

Zwróćmy uwagę na to, że o ile  $x_k$  oznacza  $k$ -ty element zbioru, to oznaczenie  $X(i)$  mówi, że interesuje nas układ hierarchiczny wszystkich elementów zbioru o identyfikatorze  $X(i)$ . Zakres zmienności indeksu „ $i$ ” odzwierciedla tzw. polihierarchię badanego obiektu i jest bezpośrednio związany z konstrukcją modelu (inna jest hierarchia na poziomie zadań, a inna np. na poziomie komórek organizacyjnych – patrz Rozdział III). W związku z tym, że dla  $X = 0$ , zawsze  $x = 0$ , mamy prostą odpowiedź na pytanie: jakie obiekty nie mogą być badane – te, które nie posiadają chociażby najprostszej struktury polihierarchicznej (patrz Założenia I i II). Do problemu polihierarchii wrócimy przy opisie formalnym modelu – Rozdział III.

### II.1.2. Podstawowe definicje

Q-algebra zajmuje się działaniami nad  $Q$ , gdzie  $Q$  jest odpowiednim przekształceniem kwantyfikatora ogólnego lub kwantyfikatora



egzystencjalnego [42]. Przekształcenia te mają na celu umożliwienie stosowania rachunku kwantyfikatorowego również w przypadku, gdy zmienne objęte kwantyfikatorem nie spełniają warunków narzuconych przez te kwantyfikatory.

Zastosowanie takiego podejścia stało się konieczne ze względu na przyjęcie pewnego założenia, które wcześniej nie było podane w sposób jawny, a które można sformułować następująco:

**Założenie IV.:** Wszystkie relacje, opisujące badany obiekt, są prawdziwe dla wszystkich zadeklarowanych zmiennych (zmiennych objętych kwantyfikatorem).

Konsekwencją tego założenia jest między innymi to, że przy badaniu rzeczywistego obiektu pierwsza napotkana relacja nieprawdziwa nie przerywa procesu przetwarzania i umożliwia dalsze modelowanie na komputerze (co nie byłoby możliwe przy podejściu konwencjonalnym).

Rozpatrzmy proponowane podejście bardziej szczegółowo. Zbiór  $X(i)$  zmiennych objętych danym kwantyfikatorem podzielimy na dwa podzbiory: podzbiór  $X_1(i)$  dla którego relacja jest zawsze prawdziwa i podzbiór  $X_0(i)$  dla którego jest zawsze fałszywa, przy czym:

$$X = X_1 \cup X_0 \quad (1)$$

$$X_1 \cap X_0 = 0 \quad (2)$$

Wówczas, np. dla  $\bigwedge_{i=1}^n X(i)$ , mamy:

$$\bigwedge_{i=1}^n X_1(i) \equiv 1 \quad (3)$$

$$\bigwedge_{i=1}^n X_0(i) \equiv 0 \quad (4)$$

Zgodnie z Założeniem IV negacja (4) będzie zawsze prawdziwa. Po to aby sprawdzić Założenie IV dla  $\bigwedge_{i=1}^n X(i)$  zapiszemy odpowiednio:

$$\bigwedge_{i=1}^n X(i) := \bigwedge_{i=1}^n X_1(i) \left[ \sim \bigwedge_{i=1}^n \right] X_0(i) \stackrel{def}{=} Q^* X(i) \equiv 1 \quad (5)$$

Powyższe jest jednocześnie formalną definicją Q-algebry dla przypadku kwantyfikatora ogólnego.

Dla  $\bigvee_{i=1}^n X(i)$  mamy analogicznie:

$$\bigvee_{i=1}^n X_1(i) \equiv 1 \quad (6)$$

$$\bigvee_{i=1}^n X_0(i) \equiv 0 \quad (7)$$

Zgodnie z Założeniem IV negacja (7) będzie zawsze prawdziwa. Po to, by spełnić Założenie IV dla  $\bigvee_{i=1}^n X(i)$  możemy napisać:

$$\bigvee_{i=1}^n X(i) := \bigvee_{i=1}^n X_1(i) \left[ \sim \bigvee_{i=1}^n \right] X_0(i) \stackrel{def}{=} Q_* X(i) \equiv 1 \quad (8)$$

Powyższe jest jednocześnie formalną definicją Q-algebry dla przypadku kwantyfikatora egzystencjalnego.

Intuicyjnie można zauważyć, że zależności (5) i (8) są prawomocne zarówno dla klasycznego rachunku zdań [104] jak też dla rachunku kwantyfikatorowego [42]. Istotne jest również, że zachodzi analogiczna do:

$$\bigwedge_{i=1}^u X(i) \equiv \sim \bigvee_{i=1}^u [\sim X(i)] \quad (9)$$

relacja między  $Q^*$  i  $Q_*$  :



$$\bigoplus_{i=1}^n X(i) \equiv \sim \bigoplus_{i=1}^n [\sim X(i)] \quad (10)$$

jak też

$$\bigoplus_{i=1}^n X(i) \equiv \sim \bigoplus_{i=1}^n [\sim X(i)] \quad (11)$$

Z powyższego można wywnioskować, że podstawowe zależności przedstawione w [42], [104] mają również zastosowanie w przypadku Q-algebry.

Istnieją jednak również istotne różnice, które ujawniają się dopiero przy rozwinięciu  $\bigoplus^*$  i  $\bigoplus_*$  zgodnie z (5) i (8). Można generalnie stwierdzić, że w przypadku, gdy wszystkie relacje są prawdziwe (dla wszystkich zmiennych) człon zawierający  $X_0$  znika, zaś relacja wynikowa dla  $X_1$  jest identyczna jak w przypadku stosowania do  $X$  zwykłego rachunku kwantyfikatorowego. Odwrotny skrajny przypadek – wszystkie relacje są fałszywe (dla wszystkich zmiennych) – znika człon zawierający  $X_1$ , a relacja wynikowa dla  $X_0$  będzie odwrotnością (pełną negacją) relacji dla  $X$ , gdy stosuje się do niego zwykły rachunek kwantyfikatorowy. Do najbardziej ciekawego, „mieszanego” przypadku (tzn. gdy występuje zarówno  $X_1$  jak i  $X_0$ ) wrócimy przy omówieniu podstawowych zależności Q-algebry. Natomiast teraz rozpatrzmy następane podstawowe definicje.

#### Definicja 1.

Pełną siecią nazywamy system

$$S^s = \langle W, D, O \rangle \quad (12)$$

gdzie:  $W$  - zbiór wszystkich węzłów sieci

$D$  - zbiór łuków wchodzących

$O$  - zbiór łuków wychodzących

Węzły sieci składają się z węzłów wewnętrznych ( $W^w$ ) i węzłów granicznych ( $W^g$ ), tzn.

$$W = W^w \cup W^g \quad (13)$$

przy czym:

$$W^w \cap W^g = 0 \quad (14)$$

Łukiem wchodzącym będzie  $d \in D$  w relacji  $(WRW^w)$ , zaś łukiem wychodzącym  $o \in O$  w relacji  $(W^wRW)$ .

Pełny opis wewnętrznego węzła sieci można więc przedstawić symbolicznie jako:

$w_w \in W^w$  w relacji

$$W^w R \left[ (WRW^w) \wedge (W^wRW) \right] \Rightarrow w_w R d \wedge W_w R o \quad (15)$$

Z powyższego wyniku dość istotna dla dalszych rozważań zależność:

$$D \oplus O = (W^g R W^w) \wedge (W^w R W^g) \quad (16)$$

oraz

$$D \cap O = (W^w R W^w) \quad (17)$$

zwróćmy uwagę, że:

$W_g \in W^g$  w relacji

$$W^g R \left[ (W^w R W^g) \vee (W^g R W^w) \right] \Rightarrow w_g R o \vee w_g R d \quad (18)$$

W dalszej części będzie używana szczególna postać kwantyfikatora ogólnego i egzystencjalnego. Rozpatrzmy ich najważniejsze własności:

### Definicja 2.

Kwasyfikatorem ogólnym opisu pełnej sieci jest kwasyfikator o ograniczonym zakresie, którego zasięgiem jest zbiór indeksowo uporządkowanych elementów, przypisany temu kwasyfikatorowi, zaś

zmienną zależną (związaną przez kwantyfikator) są indeksy elementów tego zbioru i spełnia następującą zależność:

$$\bigwedge_{i=1}^k X(i) \equiv x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_i \wedge \dots \wedge x_k \quad (19)$$

Kwasyfikator ten wywołuje kolejne identyfikatory elementów zbioru  $X(i)$  wg. zadeklarowanych indeksów „ $i$ ” (gdy element istnieje  $x_i = 1$ , gdy jego brak  $x_i = 0$ ), a następnie realizuje iloczyn logiczny wartości wszystkich identyfikatorów.

### Definicja 3

Kwasyfikatorem egzystencjalnym opisu pełnej sieci jest kwasyfikator o ograniczonym zakresie, którego zasięgiem jest zbiór indeksowo uporządkowanych elementów, przypisany temu kwasyfikatorowi, zaś zmienną zależną są indeksy elementów tego zbioru i spełnia następującą zależność:

$$\bigvee_{i=1}^k X(i) \equiv x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_i \vee \dots \vee x_k \quad (20)$$

Rozpatrzmy podstawowe zależności rachunku wprowadzonych wyżej kwasyfikatorów:

$$\begin{aligned} \bigwedge_{i=1}^k X(i) \bigvee_{j=1}^n Y(j) &\equiv \left[ (x_1 \wedge y_1) \vee \dots \vee (x_1 \wedge y_j) \vee \dots \vee (x_1 \wedge y_n) \right] \wedge \dots \\ &\dots \wedge \left[ (x_i \wedge y_1) \vee \dots \vee (x_i \wedge y_j) \vee \dots \vee (x_i \wedge y_n) \right] \wedge \dots \\ &\dots \wedge \left[ (x_k \wedge y_1) \vee \dots \vee (x_k \wedge y_j) \vee \dots \vee (x_k \wedge y_n) \right] \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned}
\bigvee_{i=1}^k X(i) \bigwedge_{j=1}^n Y(j) &\equiv \left[ (x_1 \wedge y_1) \vee \dots \vee (x_i \wedge y_1) \vee \dots \vee (x_k \wedge y_1) \right] \wedge \dots \\
&\dots \wedge \left[ (x_1 \wedge y_j) \vee \dots \vee (x_i \wedge y_j) \vee \dots \vee (x_k \wedge y_j) \right] \wedge \dots \quad (22) \\
&\dots \wedge \left[ (x_1 \wedge y_n) \vee \dots \vee (x_i \wedge y_n) \vee \dots \vee (x_k \wedge y_n) \right]
\end{aligned}$$

Z powyższego nie trudno zauważyć, że:

$$\bigvee_{i=1}^k X(i) \bigwedge_{j=1}^n Y(j) \Rightarrow \bigwedge_{j=1}^n Y(j) \bigvee_{i=1}^k X(i) \quad (23)$$

$$\begin{aligned}
\bigwedge_{i=1}^k X(i) \bigwedge_{j=1}^n Y(j) &\equiv \left[ (x_1 \wedge y_1) \wedge \dots \wedge (x_i \wedge y_1) \wedge \dots \wedge (x_k \wedge y_1) \right] \wedge \dots \\
&\dots \wedge \left[ (x_1 \wedge y_j) \wedge \dots \wedge (x_i \wedge y_j) \wedge \dots \wedge (x_k \wedge y_j) \right] \wedge \dots \quad (24) \\
&\dots \wedge \left[ (x_1 \wedge y_n) \wedge \dots \wedge (x_i \wedge y_n) \wedge \dots \wedge (x_k \wedge y_n) \right]
\end{aligned}$$

Oczywistym jest więc, że:

$$\bigwedge_{i=1}^k X(i) \bigwedge_{j=1}^n Y(j) \equiv \bigwedge_{j=1}^n Y(j) \bigwedge_{i=1}^k X(i) \quad (25)$$

(To samo dotyczy kwantyfikatorów egzystencjalnych)

$$\begin{aligned}
\bigvee_{i=1}^k X(i) \bigvee_{j=1}^n Y(j) &\equiv [(x_1 \wedge y_1) \vee \dots \vee (x_i \wedge y_1) \vee \dots \vee (x_k \wedge y_1)] \vee \dots \\
&\dots \vee [(x_1 \wedge y_j) \vee \dots \vee (x_i \wedge y_j) \vee \dots \vee (x_k \wedge y_j)] \vee \dots \quad (26) \\
&\dots \vee [(x_1 \wedge y_n) \vee \dots \vee (x_i \wedge y_n) \vee \dots \vee (x_k \wedge y_n)]
\end{aligned}$$

Równoważne są zapisy:

$$\bigwedge_{i=1}^k X(i) \bigvee_{j=1}^n Y(j) \equiv \bigwedge_{i=1}^k \bigvee_{j=1}^n X(i) Y(j) \quad (27)$$

$$\bigvee_{i=1}^k X(i) \bigwedge_{j=1}^n Y(j) \equiv \bigvee_{i=1}^k \bigwedge_{j=1}^n X(i) Y(j) \quad (28)$$

$$\bigwedge_{i=1}^k X(i) \bigwedge_{j=1}^n Y(j) \equiv \bigwedge_{i=1}^k \bigwedge_{j=1}^n X(i) Y(j) \quad (29)$$

$$\bigvee_{i=1}^k X(i) \bigvee_{j=1}^n Y(j) \equiv \bigvee_{i=1}^k \bigvee_{j=1}^n X(i) Y(j) \quad (30)$$

Z powyższego wynika również poprawność następujących wyrażeń dla zbiorów podwójnie indeksowanych

$$\begin{aligned}
\bigwedge_{i=1}^k \bigvee_{j=1}^n X(i) Y(j) &\equiv (x_{11} \vee \dots \vee x_{1j} \vee \dots \vee x_{1n}) \wedge \dots \\
&\dots \wedge (x_{i1} \vee \dots \vee x_{ij} \vee \dots \vee x_{in}) \wedge \dots \quad (31) \\
&\dots \wedge (x_{k1} \vee \dots \vee x_{kj} \vee \dots \vee x_{kn})
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bigvee_{i=1}^k \bigwedge_{j=1}^n X(i) Y(j) &\equiv (x_{11} \vee \dots \vee x_{i1} \vee \dots \vee x_{k1}) \wedge \dots \\
&\dots \wedge (x_{1j} \vee \dots \vee x_{ij} \vee \dots \vee x_{kj}) \wedge \dots \quad (32) \\
&\dots \wedge (x_{1n} \vee \dots \vee x_{in} \vee \dots \vee x_{kn})
\end{aligned}$$

Analogicznie do (23) mamy więc:

$$\bigvee_{i=1}^k \bigwedge_{j=1}^n X(ij) \Rightarrow \bigwedge_{j=1}^n \bigvee_{i=1}^k X(ij) \quad (33)$$

$$\begin{aligned}
\bigwedge_{i=1}^k \bigwedge_{j=1}^n X(ij) &\equiv (x_{11} \wedge \dots \wedge x_{1j} \wedge \dots \wedge x_{1n}) \wedge \dots \\
&\dots \wedge (x_{i1} \wedge \dots \wedge x_{ij} \wedge \dots \wedge x_{in}) \wedge \dots \quad (34) \\
&\dots \wedge (x_{k1} \wedge \dots \wedge x_{kj} \wedge \dots \wedge x_{kn})
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \bigvee_{i=1}^k \bigvee_{j=1}^n X(ij) &\equiv \left( x_{i1} \vee \dots \vee x_{i1} \vee \dots \vee x_{k1} \right) \vee \dots \\ &\dots \vee \left( x_{1j} \vee \dots \vee x_{ij} \vee \dots \vee x_{kj} \right) \vee \dots \\ &\dots \vee \left( x_{1n} \vee \dots \vee x_{in} \vee \dots \vee x_{kn} \right) \end{aligned} \quad (35)$$

Również tu zachowane jest prawo przemienności jednakowych kwantyfikatorów.

Warto zwrócić uwagę na współzależności między różnymi kwantyfikatorami. Są one nader użyteczne, a jednocześnie mogą służyć jako dodatkowe definicje kwantyfikatorów:

$$\bigwedge_{i=1}^k X(i) \equiv \sim \bigvee_{j=1}^n [\sim X(i)] \quad (36)$$

$$\bigvee_{i=1}^k X(i) \equiv \sim \bigwedge_{j=1}^n [\sim X(i)] \quad (37)$$

gdzie:  $\sim$  - znak negacji

Do wprowadzonych wyżej kwantyfikatorów stosuje się w zasadzie wszystkie prawa rachunku zdań [104] i rachunku kwantyfikatorów o ograniczonym zakresie [42]. Oprócz pokazanych już zależności, jak np. (23), (25), (36), (37), omówimy pokrótce te tylko, które są najczęściej stosowane przy opisie i analizie pełnej sieci, lub których użycie dla tych kwantyfikatorów nie jest w pełni oczywiste.

Prawa rozdzielności kwantyfikatorów:

- względem implikacji

$$\bigwedge_{i=1}^k [X(i) \Rightarrow Y(i)] \Rightarrow \left[ \bigwedge_{i=1}^k X(i) \Rightarrow \bigwedge_{i=1}^k Y(i) \right] \quad (38)$$

$$\bigwedge_{i=1}^k [X(i) \Rightarrow Y(i)] \Rightarrow \left[ \bigvee_{i=1}^k X(i) \Rightarrow \bigvee_{i=1}^k Y(i) \right] \quad (39)$$

- względem koniunkcji i alternatywy

$$\bigwedge_{i=1}^k [X(i) \wedge Y(i)] \equiv \left[ \bigwedge_{i=1}^k X(i) \wedge \bigwedge_{i=1}^k Y(i) \right] \quad (40)$$

$$\bigvee_{i=1}^k [X(i) \vee Y(i)] \equiv \left[ \bigvee_{i=1}^k X(i) \vee \bigvee_{i=1}^k Y(i) \right] \quad (41)$$

Prawa rozkładu kwantyfikatorów

$$\bigwedge_{i=1}^k [X(i) \equiv Y(i)] \Rightarrow \left[ \bigwedge_{i=1}^k X(i) \equiv \bigwedge_{i=1}^k Y(i) \right] \quad (42)$$

$$\bigwedge_{i=1}^k [X(i) \equiv Y(i)] \Rightarrow \left[ \bigvee_{i=1}^k X(i) \equiv \bigvee_{i=1}^k Y(i) \right] \quad (43)$$

Dwie ostatnie zależności są bardzo wygodne przy komputerowym porównywaniu dwóch zbiorów jednakowo indeksowanych i w komputerowej analizie pełnej sieci są często stosowane.

Nader pożyteczne są tu również prawa de Morgana, szczególnie w przypadku wielu różnych kwantyfikatorów występujących kolejno po sobie. Dlatego wykorzystamy twierdzenie uogólniające te prawa.

Niech każdy z symboli

$$Q^*_i, \dots, Q^*_j, \dots, Q^*_e$$

oznacza bądź kwantyfikator ogólny bądź kwantyfikator egzystencjalny, np.

$$\bigwedge_{i=1}^k, \dots, \bigvee_{j=1}^n, \dots, \bigwedge_{e=1}^m$$

zaś

$$Q_{*i}, \dots, Q_{*j}, \dots, Q_{*e}$$

symbolizuje ciąg przeciwnych kwantyfikatorów, czyli np.

$$\bigvee_{i=1}^k, \dots, \bigwedge_{j=1}^n, \dots, \bigvee_{e=1}^m$$

### Twierdzenie 1.

Każde wyrażenie o postaci

$$\begin{aligned} & \sim Q_{*i}, \dots, Q_{*j}, \dots, Q_{*e} X(i, \dots, j, \dots, e) \equiv \\ & \equiv Q_{*i}, \dots, Q_{*j}, \dots, Q_{*e} [\sim X(i, \dots, j, \dots, e)] \end{aligned} \quad (44)$$

jest prawem rachunku kwantyfikatorów (dowód jest analogiczny do podanego w [42]).

Dla naszego przykładu otrzymamy więc następujące prawo

$$\begin{aligned} & \sim \bigwedge_{i=1}^k, \dots, \bigvee_{j=1}^n, \dots, \bigwedge_{e=1}^m X(i, \dots, j, \dots, e) \equiv \\ & \equiv \bigvee_{i=1}^k, \dots, \bigwedge_{j=1}^n, \dots, \bigvee_{e=1}^m [\sim X(i, \dots, j, \dots, e)] \end{aligned} \quad (45)$$

Zostanie ono wykorzystane np. przy wykrywaniu „ślepych uliczek” informacyjnych (128)

Przy analizie pełnej sieci czasami korzystamy z tzw. kwantyfikatora jednostkowego, dlatego podamy również jego definicję:

Definicja 4.

Kwantyfikator jednostkowy  $\bigvee_1^k X(i)$  jest to kwantyfikator egzystencjalny o ograniczonym zakresie, który spełnia następującą zależność:

$$\bigvee_1^k X(i) \equiv \bigvee_{i=1}^k X(i) \wedge \bigwedge_{X(j)} \bigwedge_{X(1)} (j=1) \quad (46)$$

Wyrażenie  $\bigvee_1^k X(i)$  czytamy w następujący sposób: istnieje

dokładnie jeden identyfikator  $x_i$  w zbiorze  $X(i)$ .

Na zakończenie omawiania przedstawionych kwantyfikatorów należy zaznaczyć, że stosują się do nich w pełnej rozciągłości cztery podstawowe reguły (dyrektywy) klasycznego rachunku kwantyfikatorów [42], a mianowicie: reguły odrywania i podstawiania, oraz reguły dopisywania kwantyfikatora ogólnego i egzystencjalnego. Stosując je można uzyskać wszystkie pozostałe prawa rachunku kwantyfikatorów.

Budowa modelu dynamicznego, szczegółowo przedstawiona w następnym rozdziale, opiera się na teorii automatów skończonych [20]. W związku z tym podamy kilka określeń i pojęć niezbędnych przy konstruowaniu modelu.

Definicja 5.

Automatem skończonym nazywamy system

$$S = \langle A, I_D, I_O, T \rangle \quad (47)$$

gdzie

$A$  - zbiór stanów

$I_D$  - zbiór wejściowy

$I_O$  - alfabet wejściowy

$T$  - zbiór kolejnych kroków automatu

Interesuje nas specyficzny rodzaj automatu, a mianowicie quasi-automat dwustanowy z dwuwartościową strukturą alfabetu wejściowego i wyjściowego. Wynika to z następujących przyczyn:

- zarówno zbiór stanów jak i alfabety składają się wyłącznie z identyfikatorów
- quasi-automat jest faktycznie grupą automatów elementarnych, których ilość odpowiada ilości węzłów pełnej sieci.

Wielkość kroku wyznaczana jest przez najmniejszą okresowość wykonywanych w badanym obiekcie rzeczywistym operacji. Na podstawie tego określana jest ilość kroków dla modelowanego okresu (np. 1 rok), czyli zbiór  $T$ :

$$T = \{t_1, \dots, t_2, \dots, t_k\}$$

Wyznacza on numer kolejnego kroku  $v = 1, 2, \dots$

Działanie automatu charakteryzują dwie funkcje:

- funkcja przejścia, która określa stan quasi-automatu w następnym kroku

$$A(v+1) = \delta(I_D(v), A(v)) \quad (48)$$

- funkcja wyjścia:

$$I_O = \lambda(I_D(v), A(v)) \quad (49)$$

Postać funkcji  $\delta$  i  $\lambda$  zostanie podana przy opisie modelu dynamicznego. Tu należy jeszcze dodać, że quasi-automat jest automatem z pamięcią, m.in. przechowującą przez jeden krok poprzedni stan automatu.

### II.1.3. Istotne zależności Q-algebry

Jak już wspomniano, większość zależności wykorzystujących rachunek kwantyfikatorski [42], mają również zastosowanie w Q-algebrze. Tak na przykład zależność (23) można przedstawić w następującej postaci:

$$\bigcap_{i=1}^k X(i) \quad \bigcap_{i=1}^n Y(j) \Rightarrow \bigcap_{i=1}^n Y(j) \quad \bigcap_{i=1}^k X(i) \quad (50)$$

zaś na przykład (25) można przekształcić w:

$$\bigcap_{i=1}^k X(i) \quad \bigcap_{i=1}^n Y(j) \equiv \bigcap_{i=1}^n Y(j) \quad \bigcap_{i=1}^k X(i) \quad (51)$$

(podobnie jest z  $Q_*$  ).

Jak już wspomniano – patrz poprzedni rozdział (5) i (8), skrajne przypadki („wyjątki”), gdy wszystkie relacje są prawdziwe i człon zawierający  $X_0(i)$  znika, lub odwrotnie – fałszywe i znika człon zawierający  $X_1(i)$ , sprowadzają się do raczej trywialnego opisu za pomocą rachunku kwantyfikatorskiego. Dlatego dla nas bardziej interesujący jest przypadek „mieszany” (tzn. gdy występuje zarówno  $X_1$  jak i  $X_0$ ). W tym celu rozpatrzmy teraz szczegółowo podstawowe zależności Q-algebry dla tego ogólnego przypadku.

Zgodnie z (37) zależność (8) możemy zapisać następująco:

$$\bigcap_{i=1}^n X(i) \equiv \sim \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_1(i)] \quad \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \quad (52)$$

Z (8) i (52) mamy:

$$\bigvee_{i=1}^n X_1(i) \equiv \sim \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_1(i)] \Rightarrow \bigwedge_{i=1}^n X_1(i) \quad (53)$$

oraz

$$\sim \bigvee_{i=1}^n X_0(i) \equiv \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \Rightarrow \sim \bigwedge_{i=1}^n X_0(i) \quad (54)$$



Zależności (8) i (52) tworzą tzw. koniunkcyjno- koniunkcyjną formę Q-algebry (K-KFQ).

Analogicznie możemy postąpić z (5) - zgodnie z (36) mamy:

$$\bigvee_{i=1}^n X(i) \equiv \sim \bigvee_{i=1}^n [\sim X_1(i)] \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \quad (55)$$

z (5) i (55) wynika:

$$\bigwedge_{i=1}^u X_1(i) \equiv \sim \bigvee_{i=1}^n [\sim X_1(i)] \Rightarrow \bigvee_{i=1}^n X_1(i) \quad (56)$$

oraz

$$\sim \bigwedge_{i=1}^u X_0(i) \equiv \bigvee_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \Rightarrow \bigwedge_{i=1}^n X_0(i) \quad (57)$$

Zależności (5) i (55) tworzą tzw. dyzjunkcyjno - dyzjunkcyjną formę Q-algebry (D-DFQ)

Z (53) i (56) wynika:

$$\bigwedge_{i=1}^u X_1(i) \equiv \bigvee_{i=1}^n X_1(i) \quad (58)$$

zaś z (54) i (57):

$$\bigwedge_{i=1}^u X_0(i) \equiv \bigwedge_{i=1}^n X_0(i) \quad (59)$$

Analogicznie korzystając z podanych w [42] i [104] zależności można uzupełnić Q-algebrę o dwie pozostałe formy:

- konjunktyno - dyzjunkcyjna forma (K-DFQ):

$$\bigvee_{i=1}^n X(i) \equiv \bigwedge_{i=1}^u X_1(i) \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \quad (60)$$

$$\bigvee_{i=1}^n X(i) \equiv \bigwedge_{i=1}^n X_1(i) \left[ \sim \bigwedge_{i=1}^u X_0(i) \right] \quad (61)$$

- dyzjunkcyjno - konjunktoryjna forma (D-KFQ):

$$\bigvee_{i=1}^n X(i) \equiv \bigvee_{i=1}^n X_1(i) \left[ \sim \bigwedge_{i=1}^n X_0(i) \right] \quad (62)$$

$$\bigvee_{i=1}^n X(i) \equiv \bigvee_{i=1}^n X_1(i) \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \quad (63)$$

Uwzględniając (58) oraz (60) i (62) mamy również:

$$\bigvee_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \equiv \sim \bigwedge_{i=1}^u X_0(i) \quad (64)$$

zaś z (59) oraz (61) i (63) wynika:

$$\bigwedge_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \equiv \sim \bigvee_{i=1}^n X_0(i) \quad (65)$$

W analogiczny sposób możemy uzyskać podobne zależności dla  $X_1$ .

Reasumując podstawowe zależności dla  $X_1$  i  $X_0$  można przedstawić w następujący sposób:

dla  $X_1(i)$

$$\bigwedge_{i=1}^u X_1(i) \equiv \bigvee_{i=1}^n X_1(i) \equiv \sim \bigvee_{i=1}^n [\sim X_1(i)] \equiv \sim \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_1(i)] \quad (66)$$

$$\sim \bigwedge_{i=1}^n X_1(i) \equiv \bigvee_{i=1}^n [\sim X_1(i)] \equiv \sim \bigvee_{i=1}^n X_1(i) \equiv \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_1(i)] \quad (67)$$

dla  $X_0(i)$

$$\bigwedge_{i=1}^u X_0(i) \equiv \bigvee_{i=1}^n X_0(i) \equiv \sim \bigvee_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \equiv \sim \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \quad (68)$$

$$\sim \bigwedge_{i=1}^n X_0(i) \equiv \bigvee_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \equiv \sim \bigvee_{i=1}^n X_0(i) \equiv \bigwedge_{i=1}^n [\sim X_0(i)] \quad (69)$$

Korzystając z (66) ÷ (69) można dowolną relację sprowadzić do każdej z czterech podstawowych form Q-algebry. W zależności od wybranego sposobu prowadzenia rachunku w Q-algebrze, oraz zamierzonego celu wszystkim relacjom opisującym obiekt nadaje się jedną z tych form (jednakową dla wszystkich relacji).

Z (66) ÷ (69) oraz zależności opisujących podstawowe formy wynika jednocześnie dość istotny wniosek, który mimo iż na pierwszy rzut oka wydaje się być paradoksalnym, jest jednak oczywisty, jeżeli wnikać w sens zależności (3) i (4) oraz (6) i (7), a mianowicie:

$$\bigwedge_{i=1}^n Q^* X(i) \equiv \bigwedge_{i=1}^n Q_* X(i) \quad (70)$$

Z powyższego wynika więc, że kwantyfikatory ogólny i egzystencjalny ze zwykłego rachunku kwantyfikatorskiego mogą być przedstawione w Q-algebrze zarówno przy pomocy  $Q^*$  jak też  $Q_*$ . Dlatego dla uproszczenia opisu zlikwidujemy podwójne oznaczenia wartości prawdziwych i fałszywych, pozostawiając dla odróżnienia tylko różniące się znaki kwantyfikatorów pamiętając, że:

$$\bigwedge_{i=1}^n X(i) \equiv \bigwedge_{i=1}^n X_1(i) \quad (71)$$

$$\bigvee_{i=1}^n X(i) \equiv \bigvee_{i=1}^n X_1(i) \quad (72)$$

$$\bigwedge_{i=1}^n X(i) \equiv \bigwedge_{i=1}^n X_0(i) \quad (73)$$

$$\bigvee_{i=1}^n X(i) \equiv \bigvee_{i=1}^n X_0(i) \quad (74)$$

Teraz możemy cztery podstawowe formy Q-algebry przedstawić w jednolitej postaci, zapisując je w sposób następujący:

**K-KFQ**

$$\boxed{\prod_{i=1}^n X(i) \equiv \Lambda \left[ \underset{i=1}{\sim} \mathbf{\Lambda} \right] X(i)} \quad (75)$$

**D-DFQ**

$$\boxed{\prod_{i=1}^n X(i) \equiv V \left[ \underset{i=1}{\sim} \mathbf{V} \right] X(i)} \quad (76)$$

**K-DFQ**

$$\boxed{\prod_{i=1}^n X(i) \equiv \Lambda \left[ \underset{i=1}{\sim} \mathbf{V} \right] X(i)} \quad (77)$$

**D-KFQ**

$$\boxed{\prod_{i=1}^n X(i) \equiv V \left[ \underset{i=1}{\sim} \mathbf{\Lambda} \right] X(i)} \quad (78)$$

Przedstawione wyżej podstawowe pojęcia i definicje oraz zależności w Q-algebrze będą przydatne przy konstruowaniu modelu badanego obiektu (forma K-KFQ, rozdział III), algorytmów diagnozy (forma D-DFQ, rozdział IV) oraz projektowaniu struktury organizacyjnej (forma K-DFQ, rozdział V) i Systemu Informowania Kierownictwa (forma D-KFQ, rozdział VI) dla badanego systemu zarządzania.

## **XI. BIBLIOGRAFIA**

- [1] "ADW. Technical Reference, Knowledge Ware", London 1990.
- [2] "Algebraic theory of machines, languages and semigroups". Edited by M. A. Arbib; Academic Press, N-Y, London 1963
- [3] "Analyst Workbench", Infotech State of the Art Report, Maidenhead, 1987.
- [4] M. C. Barnes, A. M. Fogg, C. N. Stephens, L. G. Fitman : "Organizacja przedsiębiorstwa . Teoria-praktyka", PWE, Warszawa, 1972.
- [5] A. Barski, E. Michalewski : "DIANA-9. Pakiet wspomaganiej komputerowo analizy diagnostycznej i projektowania systemów zarządzania", Akademickie Forum Informatyki - INFOSYSTEM'94, Poznań 1994r.
- [6] A. Barski, E. Michalewski : "Komputerowa diagnostyka dużych sieci informacyjnych" DPP'2001, Łagów, 2001.
- [7] A. Barski, E. Michalewski : "Komputerowe monitorowanie zagrożeń organizacyjnych" Materiały konferencji KSW'2001 (Ciechocinek 5 – 7 września 2001 r. )
- [8] A. Barski, E. Michalewski : "Komputerowe wspomaganie procesu wdrażania dużych systemów informatycznych", BIS'99 - Poznań, kwiecień 1999r.
- [9] A. Barski, E. Michalewski : "Metodyka DIANA, a narzędzia klasy Workflow", w : "Komputerowe wspomaganie Zarządzania i Procesów Decyzyjnych w Gospodarce", Wyd. IBS PAN, Warszawa 2002
- [10] A. Barski, E. Michalewski : "Pakiet DIANA-9 (opis funkcjonowania pakietu)", Konf. : "Informatyka na wyższych uczelniach dla gospodarki narodowej" (Tempus Joint European Project), Gdańsk 1994
- [11] A. Barski, E. Michalewski : "Wspomagana komputerowo analiza diagnostyczna i projektowanie systemów zarządzania - pakiet DIANA-10", Wykład i demonstracja pakietu w ramach "Tutorials" na II Międzynarodowej Konferencji "Business Information Systems" BIS'98, Poznań, kwiecień 1998r.
- [12] A. Barski, E. Michalewski : "Wykorzystanie metodyki DIANA w Stoczni Gdynia S. A.", w : "Społeczeństwo informacyjne a badania operacyjne i zarządzanie", Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2002

- [13] A. Barski, E. Michalewski, H. Niedźwiedzińska, I. Rakhmanova, M. Pashkin, A. Smirnov : "Analiza porównawcza ocen grupowych ekspertów dotyczących przydatności czynników wpływających na decyzję o wdrożeniu" EDI, VI Międzynarodowa Konferencja EDI'98, Łódź-Dobieszków, maj 1998 (wydrukowane : wyd. Uniwersytet w Łodzi).
- [14] A. Barski, E. Michalewski, M. Pashkin, I. Rakhmanova, A. Smirnov : "Application of Decision Support Tools in Organization Management" Systems Sciences'2001, Wrocław, 2001.
- [15] A. Barski, E. Michalewski, M. Pashkin, I. Rakhmanova, A. Smirnov : "Concepts, methods and tools of business process computer-aided reengineering", "The Fifth International Conference on Advanced Computer Systems" ACS'98, Szczecin, listopad 1998r.
- [16] A. Barski, E. Michalewski, M. Pashkin, I. Rakhmanova, A. Smirnov : "Configuration management for business process reengineering : : concepts, methods and special tools". AMETMAS'99, St. Petersburg, 1999.
- [17] A. Barski, E. Michalewski, M. Pashkin, I. Rakhmanova, A. Smirnov : "Zintegrowane środowisko wspomaganie komputerowo reinyżynierii dużych przedsiębiorstw", Konf. Naukowa "Badania Operacyjne i Systemowe" BOS'98, czerwiec 1998.
- [18] A. Barski, E. Michalewski, I. Rakhmanova, A. Smirnov : "Organization Management Decision Support Tools For Manufacturing Systems Re-Engineering", III Internat. Conf. "Information Development System" (IDS'97) St. Petersburg, czerwiec 1997r.
- [19] Z. Biniek : "Systemowo-diagnostyczna strategia projektowania informatycznego systemów zarządzania" W : "Problemy projektowania systemów informatycznych zarządzania", Politechnika Szczecińska, Szczecin, 1979.
- [20] A. Blikle : "Automaty i gramatyki", PWN, Warszawa 1971
- [21] W. A. Bocchino : "Systemy informacyjne zarządzania. Narzędzia i metody.", WNT, Warszawa, 1975
- [22] S. Brinkkemper, S. Hong, A. Bulhuis, G. van den Goor : "Object-Oriented Analysis and Design Methods a Comparative" Review, University of Twente, 1998 ([http : //elex. amu. edu. pl/languages/oodoc/oo-a. html](http://elex.amu.edu.pl/languages/oodoc/oo-a.html) – styczeń 2003 r. )
- [23] W. Chmielarz : "Ocena systemów informatycznych dla małych i średnich firm – aspekt modelowy"; w : "Komputerowe wspomaganie Zarządzania i Procesów Decyzyjnych w Gospodarce", Wyd. IBS PAN, Warszawa 2002
- [24] "Current Trends in Information Systems Development Methodologies",



- Preprints of the Polish-Scandinavian Seminar Paraszyno, June 1988.
- [25] M. Dolińska : "Modelowanie zintegrowanego systemu informacyjnego przedsiębiorstwa"; Informatyka 7-8/99, wyd. Sigma, Warszawa 1999
- [26] L. Drelichowski : "Zastosowanie metod optymalizacyjnych w systemach logistyki jako pochodne zmian organizacyjnych i softwerowych"; w : "Społeczeństwo informacyjne a badania operacyjne i zarządzanie", Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2002
- [27] P. Drożdżyk, R. Krutak, R. Markiewicz, J. Ostrowski : "Mikrokomputerowe wspomaganie procesów projektowania usprawnień organizacyjnych w systemach informacyjno - decyzyjnych", Krajowa Konferencja "Komputerowe systemy i metody wspomagające podejmowanie decyzji". Warszawa 1987.
- [28] P. F. Drucker : "The Practice of Management", London, 1958.
- [29] P. H. Duffin : "Knowledge based systems - applications in administrative government", Ellis Horwood Ltd, Chichester, 1989.
- [30] I. Durlik : "Restrukturyzacja procesów gospodarczych. Reengineering, teoria i praktyka", Placet, Warszawa 1998.
- [31] A. Dzianott : "Podstawy metodologii i projektowania systemów informatycznych wg metody 'MERISE'. Ogólnopolska konferencja - Techniki Komputerowe w Zarządzaniu Produkcją" INFOPROD'91. Bydgoszcz 1991.
- [32] A. Elek, T. Rawiński, S. Wrycza : "Charakterystyka wybranych narzędzi komputerowego wspomagania tworzenia systemów informatycznych", Prace badawcze Politechniki Gdańskiej, nr 162, 1989.
- [33] W. L. Epsztejn, W. I. Seniczkin : "Językowe środki architekta ASU", "Energia", Moskwa 1979.
- [34] R. Gabryelczyk, M. Lasek : "Modelowanie procesów gospodarczych za pomocą ARIS-TOOLSET", UW, Warszawa 1998.
- [35] Z. Gackowski : "Projektowanie systemów informacyjnych zarządzania", WNT, Warszawa, 1974.
- [36] M. L. Gibson : "The CASE Philosophy", BYTE, April 1980, pp. 209-218.
- [37] R. W. Griffin : "Podstawy zarządzania organizacjami", PWN, Warszawa 1998
- [38] W. M. Grudzewski, I. K. Hejduk : "Koncepcja kreowania organizacji inteligentnej w przedsiębiorstwach", Organizacja i Kierowanie, nr 4, 1997.
- [39] W. Grudzewski, I. Hejduk : "Projektowanie systemów zarządzania", Difin, 2000.

- [40] W. Grudzewski, I. Hejduk : "Przedsiębiorstwo przyszłości", wyd. Difin, Warszawa 2000
- [41] W. Grudzewski, I. Hejduk : "Przemiany w technice i technologii prognozy XXI wieku", Wyd. Ekonomia i Organizacja Przedsiębiorstw, nr 11/98, Warszawa 1998
- [42] A. Grzegorzczak : "Zarys logiki matematycznej", PWN, Warszawa 1979
- [43] J. R. Hackman, G. R. Oldham : "Motivation Through the Design of Work", N-Y, 1976
- [44] M. Hammer, J. Champy : "Reengineering w przedsiębiorstwie", Neumann Management Institute, Warszawa 1996.
- [45] J. E. E. Hijmans : "Praktique de l'organisation industrielle", Paris, 1954.
- [46] "HIPO : Documentation Structure Design", Auerbach Publishers Inc. Philadelphia 1979.
- [47] <http://www.micrografx.top.pl>
- [48] R. Keller : "Expert System Technology (Development and Application)", Prentice-Hall Company, Englewood Cliffs, New Jersey 1987.
- [49] W. Kieżun : "Sprawne zarządzanie organizacją", wyd. SGH, Warszawa 1997
- [50] J. Kisielnicki, H. Sroka : "Systemy informacyjne biznesu", Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa, 2001.
- [51] T. Kotarbiński : "Traktat o dobrej robocie", Z-d im. Ossolińskich, Wrocław 1975
- [52] M. Lundeberg : "The ISAC Approach to Specification of Information Systems and its Application to the Organization". IFIP Working Conference, North-Holland, Amsterdam, 1988.
- [53] J. Martin, C. McClure : "Structured techniques Basis for CASE", Prentice Hall, New York 1988.
- [54] V. Merlyn, G. Boone : "CASE Product Classification Model", CASE Bulletin, March 1989.
- [55] "Meta Edit+, Dokumentacja firmowa", 2002 r.
- [56] "META-SIKOP. Raport prac wykonanych w 1975 - 1979"; ORGMASZ Warszawa 1979.
- [57] E. Michalewski : Computer - "Aided Advisor for organization management based on the package DIANA - 9". Int. Sem. "Operational and Systems Research of the Transition to Advanced Market Economies", Bratislava 1990.
- [58] E. Michalewski : "Algorithm for automatization of the first step of design of organization structure with the use of DIANA-9 package"; 9-th Polish-Italian & 6-th Polish-Finnish Conf. "Systems analysis and

- Decision Support in Economics and Technology” Radziejowice (Poland) 1993.
- [59] E. Michalewski : ”Application of a microcomputer package DIANA-8 for design computerized management systems”; II Polish - Scandinavian Seminar ”Current trends in information systems development methodologies”, Gdańsk 1990.
- [60] E. Michalewski : ”Computer-Aided Design Executive Information Systems”, III Internat. Conf. ”Information Development System” (IDS'95) St. Petersburg 1995r.
- [61] E. Michalewski : ”Computer-aided diagnostic analysis and design of information systems implemented on PC as a package DIANA-9”, Gdańsk 1992
- [62] E. Michalewski : ”DIANA-9 - pakiet wspomaganego komputerowo analizy diagnostycznej i projektowania struktur organizacyjnych”; ”Informatyka” Nr 11, 1992.
- [63] E. Michalewski : ”Formalizacja wybranych funkcji systemu zarządzania jednostką gospodarczą”. W : ”Metody cybernetyczne w zarządzaniu”, Warszawa 1974. Wyd. Ossolineum, Wrocław 1978
- [64] E. Michalewski : ”Komputerowo wspomagany system zarządzania Stoczną Gdynia S. A.”, KSW 2000, Ciechocinek 2000, wyd. IBS PAN, Warszawa 2000.
- [65] E. Michalewski : ”Mikrokomputerowa baza danych dla potrzeb symulacji dużych sieci”, IV Ogólnopolskie Sympozjum SPD-4 ”Symulacja procesów dynamicznych”. Zakopane 1987.
- [66] E. Michalewski : ”Mikrokomputerowy pakiet wspomaganego analizy diagnostycznej i projektowania struktur organizacyjnych”; IV Górska Szkoła Informatyczna, 1992.
- [67] E. Michalewski : ”Modern methods of computer-aided analysis and design of management systems”; Milano 1992.
- [68] E. Michalewski : ”Multilevel polyhierarchical model for organizational decision support implemented on IBM PC type package DIANA-9”; International Conf. ”Support Systems for Decision and Negotiation Processes”, Warszawa 1992.
- [69] E. Michalewski : ”Nowy trend w CAMS - komputerowy lekarz systemu zarządzania”; INFOGRYF 90, Szczecin 1990.
- [70] E. Michalewski : ”Package for computer-aided diagnostic analysis and design of management systems”; Intern. Workshop ”Intelligent Decision Support Systems” IDSS'92, Kuzively (Crimea) Ukraine 1992
- [71] E. Michalewski : ”Pakięt DIANA-10 jako platforma integrująca specjalistów różnych dziedzin”, Konf. Naukowa ”Badania Operacyjne

- i Systemowe” BOS'95, Szczecin 1995r.
- [72] E. Michalewski : ”Polyhierarchical dynamic model of a large - scale management system”; Prace Naukowe ICT PW, Nr 3, Wrocław 1978.
- [73] E. Michalewski : ”Problemy przeniesienia pakietu symulacji dużych sieci informacyjnych na technikę mikrokomputerową”, III Ogólnopolskie Sympozjum SPD-3 ”Symulacja procesów dynamicznych” Zakopane 1986.
- [74] E. Michalewski : ”Projektowanie systemów zasilających decydentów w informacje o najwyższym priorytecie dla decydentów”, XII Kołobrzeskie dni informatyki INFOGRYF'94 Kołobrzeg 1994r.
- [75] E. Michalewski : ”Reorganizacja, restrukturyzacja, re-engineering?”, III Konferencja ”Komputerowe systemy wielodostępne”, Bydgoszcz-Ciechocinek, wrzesień 1997r.
- [76] E. Michalewski : ”Some aspects of computer diagnostic analysis of the management systems”; ”Control and Cybernetics”, vol. 4 No 3 - 4, 1975.
- [77] E. Michalewski : ”Tworzenie środowiska przyjaznego dla EDI”, III Kraj. Konf, EDI, Łódź 1995r.
- [78] E. Michalewski : ”Wersja edukacyjna pakietu DIANA-9 - wspomaganej komputerowo analizy diagnostycznej i projektowania systemów zarządzania”, Konf. : ”Informatyka na wyższych uczelniach dla gospodarki narodowej” (Tempus Joint European Project), Gdańsk 1994r.
- [79] E. Michalewski : ”Wieloprocessorowy model dynamiczny dużych sieci”; V Ogólnopolskie Sympozjum SPD-5 ”Symulacja procesów dynamicznych”, Zakopane 1988.
- [80] E. Michalewski : ”Wskaźniki rozmyte przy projektowaniu dużych sieci”; VI Ogólnopolski Sympozjum SPD-6 ”Symulacja procesów dynamicznych”, Zakopane 1990.
- [81] E. Michalewski : ”Wspomagane komputerowo diagnoza i projektowanie systemów informacyjnych zarządzania”, wyd. WSISiZ, Warszawa 2003.
- [82] E. Michalewski : ”Wspomagane komputerowo projektowanie nowych organizacji”; 3 Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych BOS'93, Warszawa 1993.
- [83] E. Michalewski : ”Wspomagane komputerowo projektowanie systemu wczesnego ostrzegania dla banku centralnego”, Kraj. Konf. : ”Analiza decyzyjna, systemy eksperckie, zastosowania systemów komputerowych”, Warszawa 1994r.
- [84] E. Michalewski : ”Wykorzystanie metodyki DIANA w procesie projektowania i wdrażania” ISWD, Konferencja naukowa



- "Inteligentne Systemy Wspomagania Decyzji w Zarządzaniu", Katowice-Wisła, październik 1997r.
- [85] E. Michalewski : "Wykorzystanie pakietu DIANA-10 w przygotowaniu przedsiębiorstwa do wdrożenia EDI", IV Międzynarodowa Konferencja EDI'96, Łódź-Arturówek, maj 1996 (wydrukowane : wyd. Uniwersytet w Łodzi).
- [86] E. Michalewski : "Wykorzystanie pakietu DIANA-9 w procesie restrukturyzacji przedsiębiorstw", Międzynarodowa Konferencja "Business Information Systems '97" (BIS'97), Poznań, kwiecień 1997.
- [87] E. Michalewski : "Wykorzystanie techniki mikrokomputerowej do projektowania systemów informatycznych"; Międzynarodowa konferencja "Nowoczesne metody zarządzania", Wrocław 1990.
- [88] E. Michalewski : "Zastosowanie Q-algebry do komputerowego projektowania dużych sieci"; Zeszyty Naukowe WSI, ser. "Elektryka" z. 15, Opole 1980.
- [89] E. Michalewski, R. Markiewicz, J. Ostrowski : "Pakiet DIANA-8 do wspomagania decyzji organizatorskich w sferze zarządzania przedsiębiorstwa" : INFOGRYF'88, Kołobrzeg 1988
- [90] E. Michalewski, H. Niedźwiedzińska : "Komputerowo wspomagane diagnozowanie potrzeb organizacji w zakresie elektronicznej wymiany danych", V Międzynarodowa Konferencja EDI'97, Łódź-Dobieszków, czerwiec 1997 (wydrukowane : wyd. Uniwersytet w Łodzi).
- [91] E. Michalewski, J. Ostrowski : "Komputerowy model sfery zarządzania przedsiębiorstwa do wspomagania analiz systemowych". Międzynarodowa Konferencja "Badania Operacyjne i Systemowe" BOS'88, Książ k/Wałbrzycha 1988
- [92] E. Michalewski, J. Ostrowski : "Practical questions of applying computers to analysis and design of management systems". MECO'83, Ateny 1983.
- [93] E. Michalewski, J. Ostrowski, M. Stankiewicz : "Computer-aided diagnosis and design of plant organization"; AMPS - COMPCONTROL'85, Budapeszt 1985.
- [94] E. Michalewski, J. Ostrowski, M. Stankiewicz : "Pakiet DIANA-6 jako narzędzie do modelowania, analizy i projektowania systemu sterowania przedsiębiorstwem". III Konferencja "Zastosowanie komputerów w przemyśle". Szczecin 1983.
- [95] E. Michalewski, J. Ostrowski, M. Stankiewicz : "The concept of a software tool for analysis and simulation of decision and information flow in large-scale organization"; The First IASTED Symposium,

- Lille 1983.
- [96] J. Nadler : "Design information systems. Practical approach", McGraw Hill Publ., London 1987.
- [97] E. Niedzielska : "Projektowanie systemów informatycznych". PWE, Warszawa 1977
- [98] J. Nowicki : "Modernizacja systemu informacyjnego w przedsiębiorstwie przemysłowym". PWE. Warszawa, 1979.
- [99] J. Nunamaker : "A Methodology for the Design and Optimization of Information Processing Systems". AFIPS Conference Proceedings, Vol. 38, 1971.
- [100] J. Ostrowski : "Group Assignment problem", AMPS`85, Budapest, 1985.
- [101] "PACBASE (trade information); CGI Systems Inc"; N-Y, 1990.
- [102] S. Piasecki : "Teoria organizacji w świetle analizy systemowej jako teoria języka problemowo zorientowanego", Prace IBS PAN, Vol. 82, 83, Warszawa 1982
- [103] "Podstawy ekonomii", red. Milewski R., PWN, Warszawa 2003
- [104] A. W. Pogorzelski : "Klasyczny rachunek zdań", PWN, Warszawa 1973
- [105] W. V. Quine : "Logika matematyczna"; PWN, Warszawa 1974
- [106] S. E. Savory : "Expert systems in the organization (an introduction for decision- makers)" John Wiley & Sons, N-Y 1988.
- [107] A. W. Scheer : "Business Process Engineering. Reference Models for Industrial Enterprises", Springer-Verlag, 1994.
- [108] A. W. Scheer, C. Kocian, U. Markus : "Od modelowania danych do modelowania wiedzy – struktury, narzędzia"; Informatyka 2/98, wyd. Sigma, Warszawa 1998
- [109] J. A. F. Stoner, Ch. Wankel : "Kierowanie", PWE Warszawa 1997
- [110] STRATEGOR : "Zarządzanie firmą", PWE, Warszawa 1996
- [111] "System Development Workbench, CGP Case-Tools", Rijswijk 1991.
- [112] J. Szczupaczyński : "Anatomia zarządzania organizacją" MSM, Warszawa, 1998.
- [113] Teichrow : "PSL/PSA - Technical Reference", MIT Rep., 1980.
- [114] Teichrow, Gackowski : "Comparison Analysis of Methods for Design Information Systems", MIT Reports, Masuchet 1979.
- [115] J. Trzcieniecki, A. Stabryła : "Zagadnienia metodologii badania systemów zarządzania", AE, Kraków, 1980.
- [116] J. D. Warnier : "New method of design information flow in large systems", Honeywell-Bull Rep., Toulouse 1974.
- [117] S. Wrycza : "Aktualne trendy komputerowo wspomaganego tworzenia systemów informatycznych", Trzecia Wiosenna Szkoła PTI,

Swinoujście 1990.

- [118] S. Wrycza : "Współczesne metodyki tworzenia systemów informatycznych zarządzania". PTC, Gdańsk 1989.
- [119] "Zarządzanie (teoria i praktyka)", red. Koźmiński A., Piotrowski W., PWN, Warszawa 1997
- [120] J. Zieleniewski : "Organizacja i zarządzanie", PWN, Warszawa, 1979.



