

Mirosław Loręcki

Instytut Gospodarki Magazynowej
w Poznaniu

Tadeusz Puchałka

Politechnika Poznańska

IDENTYFIKACJA MAGAZYNÓW WYSOKIEGO SKŁADOWANIA W UJĘCIU SYSTEMOWYM

Streszczenie. W pracy autorzy podejmują próbę wykorzystania ogólnej teorii systemów do identyfikacji magazynów wysokiego składowania (MWS), przedstawionego w postaci uogólnionego, fizycznego modelu funkcjonalnego. W oparciu o przyjęty model funkcjonalny oraz określenie podstawowych wielkości pierwotnych i wtórnych sformułowane zostają dwa ujęcia opisu MWS na gruncie systemowym: relacyjne i binarno-stanowe.

1. Wprowadzenie

Obserwowana w ostatnich latach koncentracja i intensyfikacja procesów produkcyjnych stawia do rozwiązania nowe problemy również przed magazynami. Do podstawowych wymogów stawianych magazynom można zaliczyć: 1) zwiększenie przepustowości, 2) zwiększenie pojemności przy zmniejszeniu wielkości zajmowanej powierzchni, 3) polepszenie jakości działania.

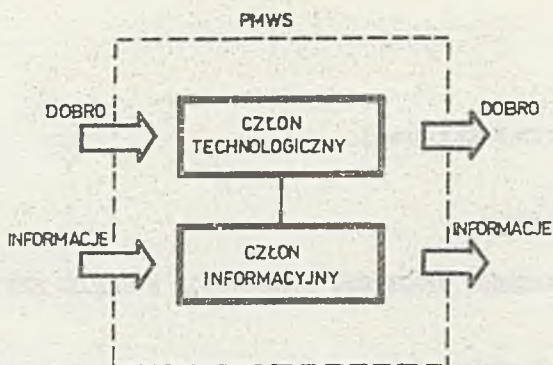
Pierwszym dwóm wymogom czynią zadość, w ogólności, magazyny wysokiego składowania (MWS). Spełnienie trzeciego wiąże się z koniecznością komputerowej automatyzacji działania MWS.

Pierwszym krokiem na drodze automatyzacji komputerowej jest identyfikacja analityczno-modelowa^{*)} automatyzowanego obiektu, umożliwiająca sformułowanie zadania technicznego dla systemu automatyki. Dokonanie identyfikacji złożonych obiektów o działaniu dyskretnym, do których można zaliczyć MWS, należy do zadań trudnych. Ważnego znaczenia nabierają zagadnienia metodyczne.

W pracy autorzy podejmują próbę wykorzystania ogólnej teorii systemów do identyfikacji MWS, przedstawionego w postaci uogólnionego modelu funkcjonalnego (rysunek 1) [1]. Celem identyfikacji jest uzyskanie danych wyjściowych, umożliwiających sformułowanie zadań dla komputerowego systemu automatyki (KSA) MWS.

W chwili obecnej znanych jest szereg ujęć ogólnej teorii systemów, różniących się preliminarniami pojęciowo-definicyjnymi, terminologią, notacją, jak również stopniem abstrakcji. Trzy z nich, a mianowicie: Mesaro-

^{*)}Przez identyfikację analityczno-modelową MWS autorzy rozumieją konstrukcję analityczno-systemowego opisu jego założonego modelu.



Rys. 1. Schemat blokowy uogólnionego, fizycznego modelu przemysłowego MWS (PMWS)

wicza, Wymora i Klira [3] noszą znamiona sformalizowanych teorii. Dla potrzeb pracy wykorzystano - dokonując modyfikacji - ujęcie Klira, głównie dlatego, że zaproponowany przez niego aparat pojęciowy zachowuje w znacznym stopniu treść semantyczną, co zwiększa komunikatywność rozważań, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganej ścisłości.

2. Konstrukcja analityczno-systemowego opisu przemysłowego magazynu wysokiego składowania (PMWS)

2.1. Założenia wyjściowe oraz określenie podstawowych wielkości i atrybutów

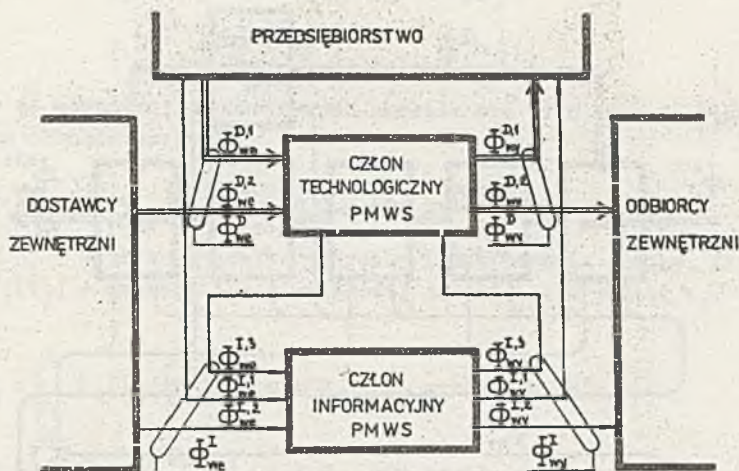
2.1.1. Założenia fizyczne

Badania istniejących i projektowanych PMWS [2] wykazały możliwość określenia uogólnionego modelu fizycznego na poziomie węzłów i modułów funkcjonalnych (rysunki 2,3).

2.1.2. Podstawowe wielkości i atrybuty

Do podstawowych pierwotnych wielkości zewnętrznych PMWS zaliczamy dobra d_i i elementy informacji e_j . Zbiór dóbr $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ funkcjonuje w obrębie członu technologicznego, a elementy informacji $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ w obrębie członu technologicznego i informacyjnego.

Dobrem d_i nazywa się [4] ciało stałe, ciekłe lub gazowe, przeznaczone do magazynowania w PMWS, odpowiednio opakowane, które stanowi surowiec, ma-



Rys. 2. Schemat powiązań zewnętrznych uogólnionego fizycznego modelu PMWS

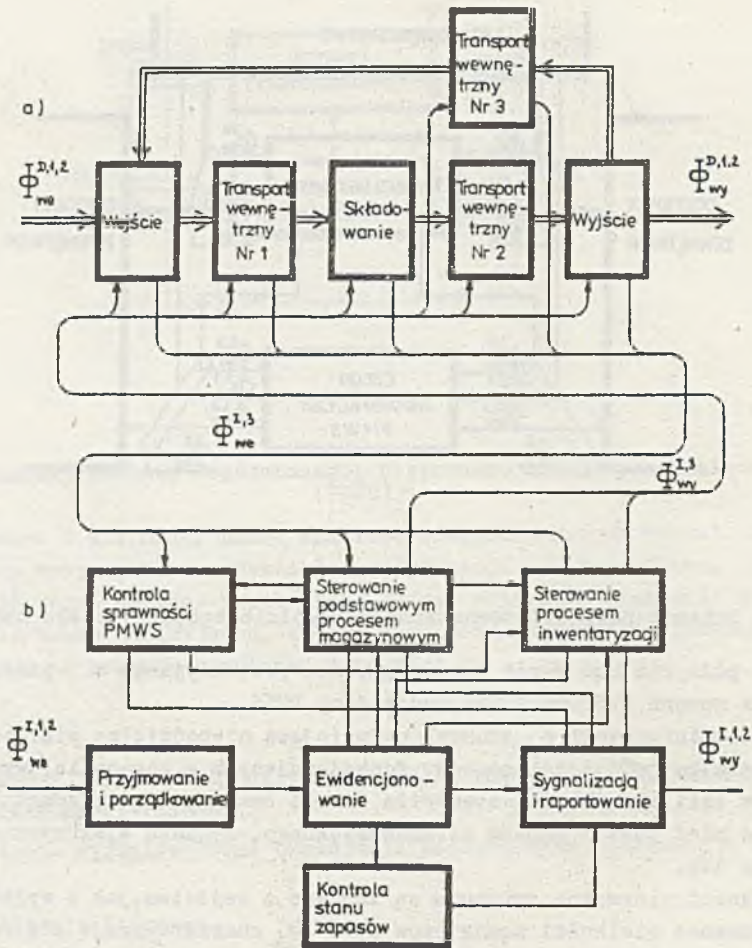
teriał, półwyrób lub wyrób gotowy procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie, w ramach którego funkcjonuje dany PMWS.

Element informacji e_j stanowi najmniejszą niepodzielną wielkość składową komunikatów^{*)} i dokumentów, funkcjonujących w magazynie, wydzieloną z nich w taki sposób, aby stanowiła całość semantyczną. Element informacji może mieć postać zapisu alfanumerycznego, sygnału elektrycznego, akustycznego itp.

Wielkości pierwotne związane są zarówno z wejściem, jak i wyjściem PMWS.

Podstawowe wielkości zewnętrzne d_i i e_j charakteryzuje się za pomocą atrybutów C_i^D i C_j^E , gdzie C_i^D , C_j^E - podzbiory i -ty i j -ty zbiorów atrybutów C^D i C^E . Do podstawowych atrybutów określających dobra można zaliczyć [2]: nazwę (nazwę asortymentu) - $C^{D,1}$, symbol (indeks, kod) - $C^{D,2}$, jednostkę - $C^{D,3}$, wymiary paletyzacyjne - $C^{D,4}$, ciężar paletyzacyjny - $C^{D,5}$, rotację - $C^{D,6}$ itp. Do podstawowych atrybutów określających elementy informacji można zaliczyć [2]: zapis tekstu treści semantycznej - $C^{E,1}$, symbol - $C^{E,2}$, jednostkę - $C^{E,3}$, postać - $C^{E,4}$ itp.

*) Komunikatem nazwano odpowiednio uporządkowany zbiór elementów informacyjnych, występujący w określonej chwili czasu t_1 , tworzący semantyczną całość. Dokumentem nazwano komunikat w postaci zapisu utrwalonego (umożliwiającego wielokrotne traktowanie).



Rys. 3. Struktura uogólnionego modelu fizycznego PMWS: a) człon technologiczny, b) człon informacyjny

Z pierwotnych wielkości zewnętrznych można utworzyć wielkości wtórne. Do podstawowych, zewnętrznych wielkości wtórnych PMWS zaliczamy: strumienie dóbr Φ^D i partie dóbr P , oraz strumienie informacji Φ^I i komunikaty K .

Dobra przemieszczane przez wejście i wyjście tworzą strumienie Φ_{we}^D i Φ_{wy}^D , rozumiane jako zbiory strumieni jednostkowych w sensie czasowym, odnoszących się do poszczególnych asortymentów dóbr:

$$\Phi_{we}^D = \left\{ \Phi_{we}^{D_1}, \Phi_{we}^{D_2}, \dots, \Phi_{we}^{D_n} \right\}, \quad /1/$$

$$\Phi_{wy}^D = \left\{ \Phi_{wy}^{D_1}, \Phi_{wy}^{D_2}, \dots, \Phi_{wy}^{D_n} \right\}.$$

Każdy ze strumieni jednostkowych określa się jako sumę dóbr przemieszczonych w okresie czasu T:

$$\Phi^{D_1} = \sum_{j=1}^m \varphi_i(t_j) [C_i^{D,3}] / t_j \in T \quad \text{dla wyróżnionych } t_j, \quad /2/$$

gdzie: T - okres charakterystyczny (czas trwania zmiany, doby itp.),

$\varphi_i(t_j)$ - wartość i-tej składowej strumienia w chwili t_j .

Zatem:

$$\Phi_{we}^{D_1} = \sum_{j=1}^{m'} \varphi_i(t_j) [C_i^{D,3}] / t_j \in T \quad \text{dla wyróżnionych } t_j, \quad /3/$$

$$\Phi_{wy}^{D_1} = \sum_{j=1}^{m''} \varphi_i(t_j) [C_i^{D,3}] / t_j \in T \quad \text{dla wyróżnionych } t_j,$$

gdzie: m' - liczba dostaw i-tego dobra w okresie T,

m'' - liczba odbiorów i-tego dobra w okresie T.

Dobra są dostarczane i wysyłane w partiach P, przy czym l-tą partię można określić w momencie t_j jako zbiór:

$$P_l = \left\{ \varphi_p, \varphi_q, \dots, \varphi_r \right\}, \quad /4/$$

gdzie: $(p, q, \dots, r) \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Oprócz strumieni wejściowego i wyjściowego istnieje w magazynie strumień zwany zapasem magazynowym Z, który można określić jako zbiór jednostkowych strumieni zapasu Z^i :

$$Z = \left\{ Z^1, Z^2, \dots, Z^n \right\}, \quad /5/$$

przy czym:

$$Z^i = \Phi_{we}^{D_i} - \Phi_{wy}^{D_i}. \quad /6/$$

(Oczywiście zakłada się, iż $\Phi_{we}^{D_i} \leq \Phi_{wy}^{D_i}$ dla każdego podprzedziału $[t_j, t_{j+1})$ zawartego w przedziale $[0, T]$).

Przyjmując, iż $\xi^i(t)$ oznacza wielkość zapasu i-tego dobra w przedziale $t_j < t < t_{j+1}$, zaś $\Delta \xi^i(t_j)$ przyrost tego zapasu w chwilach t_j , zachodzą związki:

$$\Delta \xi^i(t_j) = \varphi_{we}^i(t_j) - \varphi_{wy}^i(t_j), \quad t_j \in T, \quad /7/$$

$$\xi^i(t) = \xi^i(t_j) + \Delta \xi^i(t_j), \quad t_j < t < t_{j+1}, \quad /8/$$

przy czym

$$\xi^i(t_j) \geq 0. \quad /9/$$

W analogiczny sposób można określić strumienie Φ^I i komunikaty K:

$$\Phi_{we}^I = \left\{ \Phi_{we}^{I_1}, \Phi_{we}^{I_2}, \dots, \Phi_{we}^{I_n} \right\}, \quad /10/$$

$$\Phi_{wy}^I = \left\{ \Phi_{wy}^{I_1}, \Phi_{wy}^{I_2}, \dots, \Phi_{wy}^{I_n} \right\}.$$

Każdy ze strumieni jednostkowych określa się jako sumę elementów informacji, przemieszczonych w okresie czasu T:

$$\Phi_{we}^{I_1} = \sum_{j=1}^t \mathcal{Y}_i^*(t_j) [C_1^I, \beta] / t_j \in T \text{ dla wyróżnionych } t_j, \quad /11/$$

gdzie: $\mathcal{Y}_i^*(t_j)$ - wartość i-tej składowej strumienia w chwili t_j .

Zatem

$$\Phi_{we}^{I_i} = \sum_{j=1}^{f'} \mathcal{Y}_i^m(t_j) [C_1^I, \beta] / t_j \in T \text{ dla wyróżnionych } t_j, \quad /12/$$

$$\Phi_{wy}^{I_1} = \sum_{j=1}^{f''} \mathcal{Y}_i^*(t_j) [C_1^I, \beta] / t_j \in T \text{ dla wyróżnionych } t_j,$$

gdzie: f' - liczba wejść, w okresie T; i-tego elementu dla członu informacyjnego,

f'' - liczba wyjść, w okresie T, i-tego elementu z członu informacyjnego.

Elementy informacyjne wchodzi w skład komunikatów K, funkcjonujących w PMWS:

$$K_1 = \left\{ \mathcal{Y}_p, \mathcal{Y}_q, \dots, \mathcal{Y}_r \right\}, \quad /13/$$

gdzie: $(p, q, \dots, r) \in \{1, 2, \dots, n\}$, $l \in \{1, 2, \dots, m\}$.

Komunikaty tworzą skończony zbiór:

$$K = \left\{ K_1, K_2, \dots, K_m \right\}. \quad /14/$$

2.1.3. Założenia analityczne

Przyjmuje się, że działanie PMWS przejawia się między innymi w zmienności strumieni Φ w czasie, zgodnie z przyjmowaniem i wydawaniem partii P i komunikatów K (rysunek 4).

W szczególności zakłada się, iż:

- 1) podstawowe wielkości pierwotne i wtórne związane z wejściem i wyjściem PMWS, zarówno w odniesieniu do członu technologicznego, jak i informacyjnego, są dyskretnymi funkcjami czasu (przyjmuje się przy tym - rysunek 4 - że czas wykonywania operacji jest pomijalny w stosunku do okresu między-operacyjnego),
- 2) ma miejsce całkowita rozróżnialność elementów zbiorów D i E,
- 3) wielkość zapasu w przedziałach $[t_j, t_{j+1})$ jest stała i określona przez wartość $\mathcal{X}(t_j)$ (por. rys. 4).

2.2. Analityczno-systemowy opis

PMWS

Poczynione w punktach 2.1.1 do 2.1.3 założenia fizyczne oraz analityczne, a także dokładne określenie podstawowych wielkości związanych z PMWS umożliwiającą podjęcie próby jego opisu na gruncie systemowym.

Szczegółowa analiza struktury i działania PMWS prowadzi do konkluzji, iż można wyróżnić dwa ujęcia jego systemowego opisu.

Opis pierwszy, zwany ujęciem relacyjnym, wiąże relacyjnie wielkości zewnętrzne, ściślej mówiąc strumienie wejściowe i wyjściowe odniesione do członów technologicznego i informacyjnego.

Opis drugi, którego nazwę autorzy przyjęli jako ujęcie binarno-

-stanowe, uwzględnia strukturę wewnętrzną PMWS, materialnie realizowaną poprzez elementy i sprzężenia między nimi, zachodzące w postaci związków, określających przejścia od stanu do stanu. Zakłada się przy tym, iż poszczególne stany, wyrażające szczegółową sytuację, w jakiej znajduje się w określonej chwili czasu struktura PMWS, reprezentowane są binarną k-tką.

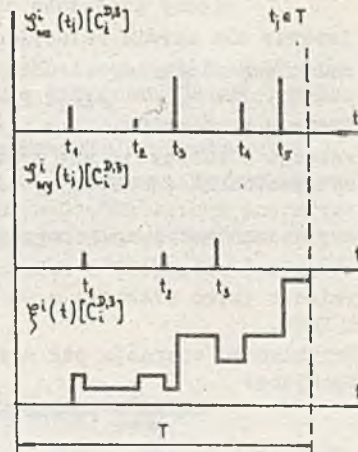
2.2.1. Ujęcie relacyjne

Nadając ujęciu relacyjnemu postać algebraiczną, możemy PMWS zapisać w postaci systemowej (S_{PMWS}^R):

$$S_{PMWS}^R = \left\langle \left\{ \Phi_{we}^{D,1}, \Phi_{we}^{D,2}, \Phi_{we}^{I,1}, \Phi_{we}^{I,2}, \Phi_{we}^{I,3}, \Phi_{wy}^{D,1}, \Phi_{wy}^{D,2}, \Phi_{wy}^{I,1}, \Phi_{wy}^{I,2}, \Phi_{wy}^{I,3} \right\}; \left\{ R^D, R^I, R^{DI} \right\} \right\rangle, \quad /15/$$

gdzie:

- $\Phi_{we(wy)}^{D,1}$ jest zbiorem strumieni wejściowych (wyjściowych) poszczególnych dóbr, związanych z przedsiębiorstwem (por. rys. 2),
- $\Phi_{we(wy)}^{D,2}$ jest zbiorem strumieni wejściowych (wyjściowych) poszczególnych dóbr, związanych z dostawcami (odbiorcami) zewnętrznymi,
- $\Phi_{we(wy)}^{I,1(I,2)}$ oznaczają odpowiednio zbiory strumieni wejściowych (wyjściowych) poszczególnych informacji, związanych z przedsiębiorstwem - I,1 (dostawcami i odbiorcami - I,2),
- $\Phi_{we(wy)}^{I,3}$ jest zbiorem strumieni wejściowych (wyjściowych) wiążących człon technologiczny i człon informacyjny;



Rys. 4. Przykładowe przebiegi $y_{we}^i(t_j)$ i $\xi^i(t)$

$R^D, (I), (DI)$ odpowiednio oznaczają zbiory relacji zachodzących bądź między indeksowo jednorodnymi strumieniami (indeksy D albo I), bądź między indeksowo niejednorodnymi strumieniami (indeks DI).

Istotne dla ujęcia relacyjnego są następujące przesłanki:

- 1) relacje R wiążą odpowiednie strumienie w kategoriach czasowych. Oznacza to, iż: $\Phi_t R \Phi_{t+\beta}$, przy czym β jest okresem czasu, w którym relacja R jest ważna,
- 2) relacje R zawiązują się wyłącznie między dwoma strumieniami. Oznacza to, że maksymalna ilość relacji, jakie można parami utworzyć dla dziesięciu strumieni, wynosi $10^2 - 10 = 90$ (zakłada się, iż nie zachodzi relacja między dwoma tymi samymi strumieniami),
- 3) struktura relacji R w przedziałach $t, t+\beta$ jest niezmienna w czasie. Oczywiście tylko niektóre z 90 relacji mają sens operacyjny w poszczególnych PMWS.

Przykładowo operacja pod nazwą „przyjęcie zewnętrzne” jest określona następująco:

$$\Phi_{we}^{D,2}(t) R^{D,2}; I,2 \Phi_{we}^{I,2}(t+\beta). \quad /16/$$

2.2.2. Ujęcie binarno-stanowe

Uwzględniając założenia sprecyzowane na początku punktu 2.2, można dokonać zapisu działania PMWS według poniżej określonego ujęcia binarno-stanowego:

$$S_{PMWS}^{BS} = \langle W, S, \delta \rangle, \quad /17/$$

gdzie: W jest zbiorem symboli wejściowych, w szczególności mogą to być strumienie Φ ,

S jest zbiorem stanów PMWS. Każdy stan scharakteryzowany jest jako binarna k-tka,

δ jest funkcją określającą działanie PMWS. Ma ona postać:

$$\delta: (W \times S)_t \rightarrow S_{t+1}, \quad /18/$$

przy czym:

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_{2^k}\}, \quad S_i \in \{0, 1\}^k \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, 2^k, \quad /19/$$

to znaczy:

$$S_i = S_i^1 S_i^2 \dots S_i^k, \quad S_i^l \in \{0, 1\}, \quad l = 1, 2, \dots, k. \quad /20/$$

W ujęciu binarno-stanowym należy wziąć pod uwagę następujące przesłanki:

- 1) nie wszystkim k-tkom przyporządkowane są realne stany, w jakich znajduje się PMWS,
- 2) nie wszystkie przejścia od stanu do stanu mają realny sens. Jeśli one istnieją, to przy założeniu, iż mamy do czynienia z modelem deterministycznym, prawdopodobieństwo przejścia jest równe 1.

3. Uwagi końcowe

Reasumując rozważania zawarte w poprzednich punktach, można stwierdzić, że teoria systemów stwarza dogodną podstawę dla procesu analityczno-modelowej identyfikacji PMWS. Precyzja systemowego opisu PMWS jest oczywiście każdorazowo uwarunkowana dokładną znajomością uogólnionego modelu PMWS oraz szczegółowym określeniem podstawowych wielkości i atrybutów, charakteryzujących PMWS.

LITERATURA

- [1] Gudehus T.: Grundlagen der Kommissioniertechnik - Dynamik der Warenverteil - und Lagersysteme. Verlag W. Girardet. Essen. 1973.
- [2] Ioręcki M.: Komputerowa automatyzacja przemysłowych magazynów wysokiego składowania. Rozprawa w przygotowaniu do druku.
- [3] Ogólna teoria systemów pod redakcją G.J. Klira . Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1976.
- [4] Teski S.: Mechanizacja procesów magazynowych. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1971.

СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЫСОТНЫХ, ТАРНО-ШТУЧНЫХ СКЛАДОВ

Р е з ю м е

В работе авторы делают попытку использования общей теории систем для идентификации высотных, тарно-штучных складов, представленных в виде обобщенной, функциональной физической модели. На основании принятой функциональной модели, после определения первичных внешних величин формулируется два вида системного описания складов: реляционное и бинарно-состоянное.

IDENTIFICATION OF HIGH STORAGE WAREHOUSES ON THE BASIS OF GENERAL SYSTEMS THEORY

S u m m a r y

In the paper the authors are using general systems theory to analytical identification of high storage warehouses /HSW/. It is assumed, that exists generalized physical model of HSW. On the base of this model, after determining primary and secondary quantities, two algebraic HSW descriptions are formulated: the first of them is called-relation approach, the second-binary-state approach.