

ANDRZEJ SZROMNIK

## ANALIZA I SYNTEZA SYSTEMU KANAŁÓW DYSTRYBUCJI W UJĘCIU GRAFÓW PRZEPŁYWU SYGNAŁÓW

### I. WPROWADZENIE

W zagadnieniach realizacji wytworzonej masy towarowej wiele miejsca w teorii i praktyce handlu poświęca się sposobom dostarczenia towarów od producentów, przez cały aparat obrotu towarowego, aż do finalnych odbiorców. Potencjalnych rozwiązań w tym względzie jest zazwyczaj wiele. Różnią się one między sobą różnymi parametrami, wśród których najważniejszymi są: łączny koszt funkcjonowania danego wariantu, czas przepływu towarów między elementami, liczba pośredników i przepustowość<sup>1</sup>.

Całokształt podmiotów gospodarczych w produkcji i obrocie, włącznie z konsumentami, powiązanych wzajemnie ze sobą strumieniami (typu materialno-energetycznego) składa się na pewną całość, czyli system kanałów dystrybucji towarów. Kanał dystrybucji jest podstawowym instrumentem wykorzystywanym w strategii dystrybucji masy towarowej<sup>2</sup>.

Abstrahując od różnych ujęć definicyjnych kanałów dystrybucji w literaturze ekonomicznej, można ogólnie stwierdzić, że wspólną ich cechą jest fakt podkreślania jedności podmiotów gospodarczych, u podstaw której leży przepływ dóbr materialnych.

W niniejszej pracy przedmiotem rozważań jest kompleks kanałów dystrybucji, w postaci zamkniętego systemu jednostek powiązanych siecią przepływów zasileniowych, a więc system typu „produkcja-obrót-spożycie”. Głównym zamierzeniem jest identyfikacja struktury tego systemu oraz jej sformalizowany opis. W tym celu poddano analizie morfologicznej system kanałów dystrybucji, przy uwzględnieniu istniejącej organizacji aparatu obrotu towarowego oraz typowych procesów związanych z fizycznym ruchem towarów<sup>3</sup>. Zastosowane ujęcia metodologiczne, opierające się

<sup>1</sup> Wieloletnie, wieloaspektowe badania przebiegów towarowych prowadzono w Instytucie Ekonomiki Obrotu Towarowego A.E. w Krakowie pod kierunkiem prof. dr E. Garbacika (por. E. Garbacik, *Organizacja i koszty przebiegów masy towarowej*, Kraków 1974).

<sup>2</sup> J. Rutkowski, W. Wrzosek, *Marketingowa strategia sprzedaży*, Warszawa 1976.

<sup>3</sup> Por. J. Karolczyk, D. Surówka, A. Szromnik, J. Szumilak, *Optymalizacja obrotu w branży odzieżowej*, Kraków 1975 (maszynopis).

na teorii grafów, pozwalają ująć całość problemu, wyraźnie podkreślając relacje między elementami systemu przepływów realnych. Dążąc do dalszego doskonalenia i poszerzania narzędzi analizy założono istnienie pewnej analogii między przekazywaniem sygnałów a przepływem masy towarowej w systemie kanałów dystrybucji. Umożliwiło to przeniesienie pewnych właściwości i sposobów analizy grafów przepływu sygnałów na grunt zagadnień ekonomicznych, a szczególnie do modelowania procesu realizacji towarów w systemie „produkcja-obrót-spożycie”<sup>4</sup>.

## II. WŁASNOŚCI GRAFÓW PRZEPŁYWU SYGNAŁÓW

Modele graficzne, czyli rysunkowe przedstawienia pewnych własności systemu, traktowane zazwyczaj jako pomocnicze narzędzia w stosunku do innych technik modelowania, są sposobem wyrażania struktury, prezentacji złożonych zależności wewnętrznych i hierarchicznej struktury systemu. Podstawowymi narzędziami „algebry schematów strukturalnych” są schematy blokowe oraz grafy przepływów sygnałów. Jeżeli schematy blokowe są stosunkowo dobrze znane i często stosowane, to grafy przepływu sygnałów tylko w znikomym stopniu wyszły poza telekomunikację i elektrotechnikę (A. Tustin, S. J. Mason)<sup>5</sup>. Grafy te ilustrują związki przyczynowo-skutkowe, charakteryzujące się przy tym dużą prostotą, dzięki czemu nadają się znakomicie do uogólnienia<sup>6</sup>.

Grafem przepływu sygnałów nazywa się obwód złożony ze skierowanych gałęzi, łączących pewne punkty zwane węzłami, określający w sposób jednoznaczny układ algebraicznych równań liniowych. Jest więc to graficzny model układu, w którym węzły reprezentują zmienne, a zorientowane gałęzie wyrażają funkcjonalne zależności, zachodzące pomiędzy zmiennymi układu w postaci transmitancji (przepustowości lub funkcje przejścia). Zgodnie z tym zasadniczym zadaniem grafu przepływu sygnałów jest odzwierciedlenie układu jednoczesnych równań algebraicznych, w postaci pewnych symboli graficznych, w taki sposób aby silnie uwydatnić związki przyczynowe<sup>7</sup>.

Źródło grafu przepływowego zwane jest stacją nadawczą (zmienna niezależna), pozostałe zaś węzły spełniają rolę stacji przekaźnikowych, z wyjątkiem „studni” grafu, czyli stacji odbiorczej.

Transmitancja „ $a_{ij}$ ”, a więc stosunek zmiennej wyjściowej „ $X_j$ ” do

<sup>4</sup> Przebiegi towarowe były tematem wielu prac, głównie Z. Zakrzewskiego, J. Kurnala, Ł. Koźmińskiego, Z. Juchniewicza, R. Peretiatkowicza.

<sup>5</sup> L. P. A. Robichaud, M. Boisvert, J. Robert, *Grafy przepływu sygnałów*, Warszawa 1968.

<sup>6</sup> A. D. Hall, *Podstawy techniki systemów; ogólne zasady projektowania*, Warszawa 1968, s. 451 - 454.

<sup>7</sup> E. Mishkin, L. Braun, *Adaptacyjne układy sterowania automatycznego*, Warszawa 1965, s. 39 - 40.

zmiennej wejściowej „ $X_i$ ” jest w najogólniejszym sensie pewnego rodzaju operatorem. Można to zapisać:

$$\alpha_{ij} = \frac{X_j}{X_i} \quad \text{lub} \quad X_j = \alpha_{ij} X_i$$

Macierz transmitancji gałęzi jest macierzą kwadratową o rozmiarach odpowiadających ilości węzłów. Jej elementy „ $\alpha_{ij}$ ” są pochodnymi cząstkowymi, gdyż:

$$X_k = f_k(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

$$\alpha_{jk} = \frac{df_k}{dx_j}$$

Elementy na głównej przekątnej w macierzy transmitancji odpowiadają transmitancjom pętli własnych węzłów w grafie przepływowym.

Przejrzystość i uporządkowana postać grafu ułatwiają jego wykreślenie i analizę<sup>8</sup>. Dzięki temu graf przepływu sygnałów może spełniać swój zasadniczy cel, jakim jest ilustracja topologii przepływów w systemach złożonych. Obok wspomnianych już pozytywów metody grafów przepływowych ważnym czynnikiem przemawiającym za ich coraz szerszym stosowaniem w różnych dziedzinach nauki jest możliwość upraszczania tych grafów, przy pełnym zachowaniu merytorycznych własności grafów zredukowanych. Redukcja grafu polega na eliminacji pewnych węzłów grafu wyjściowego w celu otrzymania znacznie prostszego grafu zastępczego, w którym występuje tylko założony z góry zespół zmiennych (węzłów). Eliminować można dowolną zmienną, usuwając z grafu odpowiedni węzeł. W praktyce redukcja grafu przy użyciu przekształceń elementarnych, przekształcania pętli lub wzorów redukcji ma na celu podkreślenie pewnych zależności wewnętrznych, wyrażających się w transmitancji zastępczej (wypadkowej, operatorowej) układu zredukowanego.

Zastosowanie grafów przepływu sygnałów w analizie i syntezie systemu kanałów dystrybucji towarów pozwala ukazać morfologię przebiegów towarowych (wraz z całokształtem uwarunkowań) w nowym świetle, w nowym ujęciu metodologicznym, wnikałym głęboko w strukturę analizowanego systemu<sup>9</sup>.

### III. TRANSMITANCJA OPERATOROWA SYSTEMU KANAŁÓW DYSTRYBUCJI

Przystępując do szczegółowego omawiania grafu przepływu towarów wywodzących się z grafów przepływu sygnałów nieco miejsca należy poświęcić dotychczasowym próbom wdrażania metody grafów przepływowych w naukach ekonomicznych.

<sup>8</sup> Reguły budowy grafów przepływu sygnałów omawia m.in. T. Cholewicki, *Elektronika teoretyczna*, t. II, Warszawa 1972, s. 152 - 153.

<sup>9</sup> Z. Juchniewicz, *Morfologia przebiegów towarowych*, Roczniki IHW, 1970, s. 3.

W literaturze krajowej nie spotykano się z tego rodzaju techniką, natomiast nieliczne przypadki zastosowań grafów przepływu sygnałów w dziedzinie ekonomii występują w literaturze amerykańskiej. Jak podaje A. D. Hall, przy pomocy grafów przepływu sygnałów A. Tustin tłumaczył cykliczne zachowanie się systemów ekonomicznych jako systemów ze sprzężeniem zwrotnym, natomiast R. A. Howard zastosował je do analizy systemu kontroli zasobów<sup>10</sup>.

Jeżeli w sferze informacyjnej zastosowane podejście metodologiczne nie wiązałoby się z większymi trudnościami, to w sferze realnej wymaga szeregu dodatkowych wyjaśnień, celem wyraźnego naświetlenia podjętego problemu. Przepływy informacyjne w obrocie towarowym można utożsamiać z procesem przekazywania sygnałów, informacje mogą być bowiem przekazywane w postaci sygnałów czy też określony rodzaj sygnałów ma charakter informacyjny dla odbiorców. Informacje są również kumulowane w jednostkach przekąźnikowych i emituje się je do dalszych odbiorców, zanim nie dotrą w przekształconej postaci do stacji finansowej.

Jakkolwiek przebiegi masy towarowej wiążą się najogólniej rzecz biorąc również z procesem przesyłania, lecz tym razem dóbr materialnych, to jednak nie można nie dostrzegać w tym względzie pewnych różnic. Wynikają one przede wszystkim z faktu, że towary w przeciwieństwie do sygnałów nie podlegają zazwyczaj przekształceniu w swej istocie, przechodząc przez kolejne ogniwa obrotu towarowego, a fakt zmian parametrów strumieni towarów w różnych odcinkach kanałów dystrybucji wiąże się z innymi czynnikami. Nie bierze się pod uwagę czynności produkcyjnych w sferze cyrkulacji, gdyż dotyczą one małej części ogółu masy towarowej.

Punktem wyjścia rozważań jest stwierdzenie, że ruch towarów od producentów, przez ogniwa i szczeble obrotu towarowego, aż do konsumentów, odpowiada transmisji sygnałów między elementami systemu telekomunikacyjnego. Rolę stacji nadawczej sygnałów, czyli węzła źródłowego w grafie przepływowym, spełnia w systemie przepływów realnych „produkcja”, stacje przekąźnikowe to aparat obrotu towarowego, głównie magazyny i punkty sprzedaży zbytu, hurtu, hurtu-detalu, stacjami odbiorczymi są natomiast konsumenci. Podobnie jak w systemach informacyjnych (sieciach telekomunikacyjnych) zmienia się w każdym przypadku wartość emitowanych sygnałów tak również w systemie przepływów zasileniowych zmieniają się parametry natężenia strumieni towarów. Najogólniej rzecz biorąc przyczyną zróżnicowania strumienia pierwotnego (poza rozmiarami produkcji) i strumieni finalnych (wyjściowych) są zapasy towarowe, występujące w całym aparacie obrotu towarowego i u konsumentów.

Wyprodukowane wyroby gotowe przekazywane zostają do magazynów zbytu (pierwszy „zbiornik”) skąd sprzedaje się je do różnych ogniw handlo-

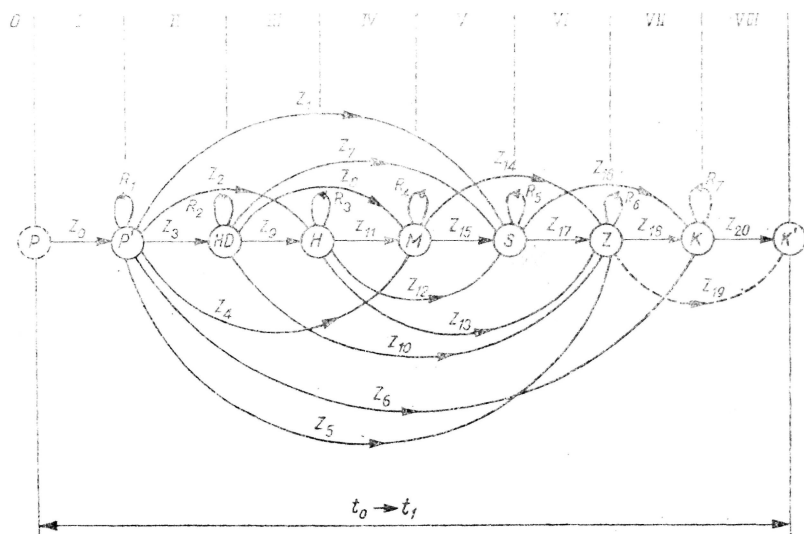
<sup>10</sup> A. D. Hall, *Podstawy techniki systemów*, op. cit., s. 464.

wych lub w ramach zaopatrzenia materiałowo-technicznego do jednostek produkcyjnych. Wartość sprzedaży nie równa się jednak wartości dostarczonych wyrobów gotowych z produkcji, a różnice wywołują zapasy, powstające w magazynach zbytu. Stany zapasów regulowane są przez strumień wejściowy i wyjściowy. Podobnie wyglądają ilościowe prawidłowości między zaopatrzeniem i sprzedażą w pozostałych ogniwach, spełniających między innymi rolę „zbiorników” w systemie przepływów materialnych — w magazynach hurtu, hurto-detalu i sklepach.

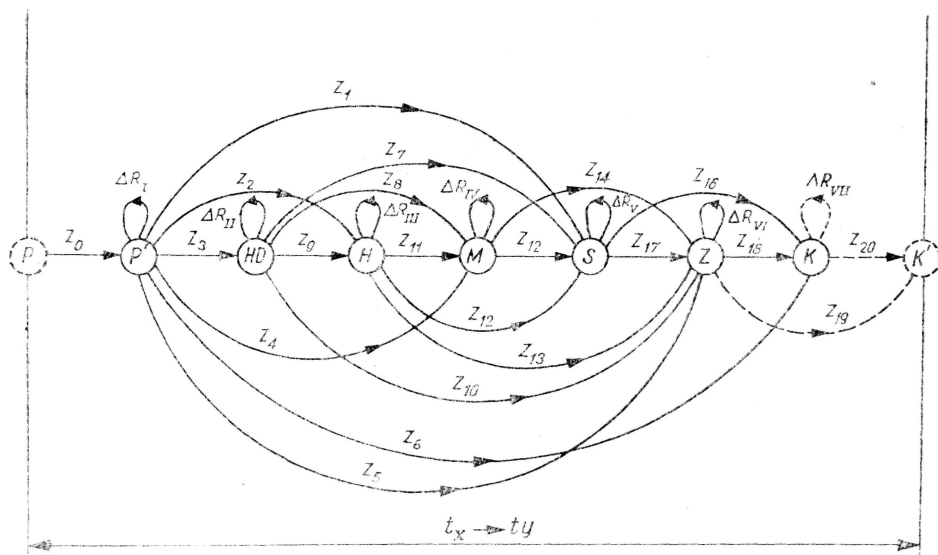
Występowanie zapasów, czyli pewnych zasobów towarów przechowywanych celowo w obrocie towarowym dla zabezpieczenia ciągłości sprzedaży i odpowiednio głębokiego asortymentu u odbiorców, determinuje strumienie zasileniowe, głównie strumienie wyjściowe z bloku „produkcji” (wejście systemu przepływu towarów) i strumienie wejściowe do bloku „spożycia” (wyjście systemu przepływu towarów). Wartość produkcji przeznaczonej do sprzedaży na rynku wewnętrznym w danym okresie, najczęściej, pod względem rozmiarów, nie odpowiada wartości spożycia. Produkcja jest większa od spożycia, w przypadku wystąpienia dostaw na zapas dla handlu i konsumentów oraz mniejsza w przypadku uruchomienia zgromadzonych wcześniej zasobów, tzn. sprzedaży lub konsumowania wcześniej zakupionych towarów. Dla uniknięcia dodatkowych trudności abstrahuje się w rozważaniach od mających miejsce w praktyce strat i ubytków w towarach, równanie bilansowe sprzedaży zawiera więc tylko najistotniejsze elementy — zakup, zapasy i sprzedaż.

Sumowanie sygnałów w stacjach przekąźnikowych sprowadza się w przypadku przepływów masy towarowej do jej gromadzenia w obrocie (magazynowania). Emisja sygnałów wypadkowych, zmodyfikowanych to, w grafach przepływu towarów, odsprzedaż zakupionych poprzednio towarów, lecz ilościowo odmienna od rozmiarów łącznego spływu. W oparciu o grafy przepływu sygnałów opracowano i skonstruowano uogólniony graf przepływu masy towarowej przedstawiony na rycinie 1 i rycinie 2. Węzły w tych grafach oznaczono następującymi symbolami literowymi:

- P* — produkcja, w ścisłym tego słowa znaczeniu,
- P'* — magazyny zbytu zlokalizowane najczęściej w zakładach produkcyjnych,
- HD* — magazyny, składy organizacji handlowych hurto-detalicznych,
- H* — magazyny, składy hurtowych organizacji handlowych,
- M* — magazyny przedsiębiorstw detalicznych (np. magazyny rozdzielcze,
- S* — punkty sprzedaży detalicznej,
- Z* — konsumenci zbiorowi,
- K* — konsumenci indywidualni,
- K'* — spożycie (zużycie konsumpcyjne).

Ryc. 1. Graf przepływów realnych (przepływ w okresie  $t_0-t_1$ )

Uwaga: symbole  $Z$  oznaczają natężenie strumieni towarów, natomiast  $R$  stan zapasów, czyli natężenie pętli własnych

Ryc. 2 Graf przepływów realnych (przepływ w okresie  $t_0-t_1$ )

Zorientowane gałęzie, odpowiadające przepływowi towarów, opatrzone symbolami  $Z_i$  ( $i=0, 1, 2, 3, \dots, 20$ ), natomiast pętle własne, które odzwierciedlają zasoby towarów w poszczególnych ogniwach obrotu, oznaczono symbolami  $R_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, 7$ ).

Graf przepływu towarów ze źródła ( $P$ ) do ujścia ( $K'$ ) odzwierciedla system kanałów dystrybucji, jego elementy oraz ich powiązania zasile-

niowe. Dodatkowo obok bloku produkcyjnego ( $P, P'$ ) i bloku handlowego ( $HD, H, M, S$ ) włączono do grafu blok konsumpcyjny ( $Z, K, K'$ ). W tej sytuacji wyjściem całego systemu nie jest sprzedaż detaliczna konsumentom indywidualnym i zbiorowym, lecz samo spożycie (linia przerywana na ryc. 1 i 2), odbywające się jednorazowo (spożycie jednorazowe) dla dóbr żywnościowych lub wielokrotnie (spożycie ciągłe), w przypadku towarów nieżywnościowych, głównie dóbr trwałego użytku.

Analizę całokształtu procesów dystrybucji w systemie „produkcja-obrót-spożycie”, przedstawionych w formie grafu przepływu sygnałów, przeprowadzono zasadniczo w dwóch wersjach, ściśle z sobą związanych, a odrębnie zaprezentowanych graficznie.

Celowe rozdzielenie analizy ma jedynie charakter pomocniczy i służyć ma zwiększeniu stopnia pogłębioności i wyrazistości rozważań. Przyjmując istniejący stan organizacji obrotu towarowego (1974 r.) oraz obowiązujący system organizacji zaopatrzenia i zbytu masy towarowej, czyli funkcjonujące w danych warunkach kanały dystrybucji masy towarowej, poddano szczegółowym analizom topologicznym przypadek skierowania z produkcji na rynek określonej partii wyrobów gotowych, przy założeniu braku zapasów danego towaru w całym systemie. Dla ułatwienia wyprodukowania i przeznaczony do sprzedaży wyrób można traktować jako „nowość rynkową”, po raz pierwszy wprowadzoną do sprzedaży, co odpowiadałoby warunkowi zerowych zapasów.

Zasygnalizowany wstępnie problem sprowadza się do identyfikacji wszystkich możliwych dróg spływu towarów do finalnego odbiorcy i ich spożycia. Cały proces przebiega w czasie  $t_0 \rightarrow t_1$ , należy jednak podkreślić, że spływ nie jest funkcją czasu.

Całokształt powiązań zasileniowych w ramach systemu „produkcja-obrót-spożycie” można wyrazić przy pomocy macierzy przepływów realnych „ $Z$ ”. Macierz ta, będąca macierzą trójkątną o rozmiarach „ $n \times n$ ”, ( $n$  — liczba przedmiotów gospodarujących w systemie) zawiera elementy  $Z_{ij}$ , które stanowią symboliczny zapis rozmiarów strumienia towarów między dowolną parą jednostek „ $i$ ” oraz „ $j$ ”. Na głównej przekątnej macierzy znajdują się elementy wyrażające rozmiary zapasów w każdym elemencie ogólnego systemu przepływów realnych, czyli „ $R_i$ ”.

Jeżeli przyjąć założenie, że rzeczywisty system przepływów towarowych daje się przedstawić w postaci gigantycznej sieci o „ $n$ ” węzłach, to w stosunku do każdego podmiotu gospodarującego, czyli węzła sieci można sformułować następujące równania:

$$Z_k^{(+)} = \sum_{i=1}^{k-1} Z_{ik} + \sum_{i=k+1}^n Z_{ik}$$

$$Z_k^{(-)} = \sum_{j=1}^{k-1} Z_{kj} + \sum_{j=k+1}^n Z_{kj}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Z_{ij} = Z \quad \text{oraz} \quad \sum_{j=i}^n Z_{ij} = \sum_{i=1}^n R_i = R$$

Zgodnie z tym można więc przyjąć, że:

$$R_k = Z_k^{(+)} - Z_k^{(-)}$$

czyli:

$$R_k = \sum_{i=1}^{k-1} Z_{ik} + \sum_{i=k+1}^n Z_{ik} - \sum_{j=1}^{k-1} Z_{kj} - \sum_{j=k+1}^n Z_{kj}$$

oraz:

$$Z_n^{(+)} = \sum_{i=1}^{n-1} Z_{in} \quad Z_n^{(-)} = 0$$

$$Z_1^{(+)} = 0 \quad Z_1^{(-)} = \sum_{j=2}^n Z_{ij}$$

gdzie:

- $n_{(+)}$  — ogólna ilość węzłów (obiektów gospodarczych);
- $Z_k$  — łączne rozmiary strumienia wejściowego do węzła „k”;
- $Z_k$  — łączne rozmiary strumienia wyjściowego z węzła „k”;
- $Z_{kj}$  — rozmiary strumienia (dostaw) między węzłem (podmiotem gospodarującym) „k” oraz „j”;
- $Z$  — łączne rozmiary strumieni w systemie;
- $R$  — łączne rozmiary zapasów w systemie;
- $Z_n$  — ostatni element sieci przepływów, czyli ujście;
- $Z_1$  — pierwotny element sieci przepływów, czyli źródło.

Nie wdając się w szczegółowe wyjaśnienia podanych równań poddano analizie model grafowy (ryc. 1), który w tym przypadku występuje w roli ogólnego wzorca systemu przepływów realnych między produkcją i konsumpcją, z podkreśleniem struktury wewnętrznej procesów oraz ich kierunku i natężenia w czasie. Dlatego też zamieszczone równania ponownie sprecyzowano lecz w formie znacznie bardziej analitycznej wyłącznie w odniesieniu do przyjętego modelu.

Kierunki i natężenia strumieni zasileniowych są bardzo różnorodne, tak jak różnorodny jest system zaopatrzenia i zbytu towarów w produkcji, w sferze obrotu towarowego oraz w sferze spożycia. Część strumieni bezpośrednio dociera do konsumentów, inne łączą kolejne ogniwa i szczeble obrotu etapowo, tzn. bez eliminacji szczebli pośredniczących. Wielkość analizowanej partii produkcji wynosi  $Z_0$ . W okresie „ $t_1$ ” spożycie indywidualne i zbiorowe danego towaru wynosi natomiast  $Z_{20} + Z_{19}$ .

Powstawanie zapasów towarowych, odpowiadających nie sprzedanym towarom powoduje, że:

$$Z_0 > Z_{19} + Z_{20}$$

przy czym

$$Z_0 - (Z_{19} + Z_{20}) = \sum_{i=1}^7 R_i$$

Jeżeli  $\sum_{i=1}^7 R_i$  odpowiada globalnym zapasom towarów w obrocie towarowym i u konsumentów, to  $\sum_{i=1}^{20} Z_i$  jest równowartością wszystkich transakcji kupna-sprzedaży zawartych w okresie  $t_0 \rightarrow t_1$  między odpowiednimi parami podmiotów gospodarujących i konsumentów.

Dla modelu przepływu towarów w systemie „produkcja-obrót-spożycie” można sformułować szereg równań bilansowych, oddających w pełni strukturę wewnętrzną rozpatrywanego grafu (ryc. 1). Ponieważ zgodnie z założeniem zapas początkowy  $R_p=0$ , więc ogólnie prawdziwa jest równość:

$$R(\text{zapas}) = Z(\text{zakup}) - S(\text{sprzedaż})$$

która dla poszczególnych węzłów, czyli elementów systemu przybiera postać:

$$(P') \quad R_1 = Z_0 - (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6) = Z_0 - \sum_{i=1}^6 Z_i$$

$$(HD) \quad R_2 = Z_3 - (Z_7 + Z_8 + Z_9 + Z_{10}) = Z_3 - \sum_{i=7}^{10} Z_i$$

$$(H) \quad R_3 = Z_2 + Z_9 - (Z_{11} + Z_{12} + Z_{13}) = Z_2 + Z_9 - \sum_{i=11}^{13} Z_i$$

$$(M) \quad R_4 = Z_4 + Z_8 + Z_{11} - (Z_{14} + Z_{15}) = Z_4 + Z_8 + Z_{11} - \sum_{i=14}^{15} Z_i$$

$$(S) \quad R_5 = Z_1 + Z_7 + Z_{12} + Z_{15} - (Z_{16} + Z_{17}) = Z_1 + Z_7 + Z_{15} - \sum_{i=16}^{17} Z_i$$

$$(Z) \quad R_6 = Z_5 + Z_{10} + Z_{13} + Z_{14} + Z_{17} - (Z_{18} + Z_{19}) = Z_5 + Z_{10} + Z_{13} + Z_{14} + \\ + Z_{17} - \sum_{i=18}^{19} Z_i$$

$$(K) \quad R_7 = Z_6 + Z_{16} + Z_{18} - Z_{20}$$

Graf przepływu towarów jest jak gdyby fotografią nieco uproszczonej, zagregowanej rzeczywistości. Pomimo założonej na wstępie abstrakcji ujęcia, dla zwiększenia zakresu tematycznego rozważań graf przepływu towarów może być zweryfikowany w praktyce, pod warunkiem przeprowadzenia analitycznych badań nad organizacją przepływów masy towarowej, w wybranym układzie branżowym, terytorialnym, czy organizacyjnym. Określenie parametrów natężenia wszystkich strumieni w grafie wiąże się

z bardzo pracochłonnymi i uciążliwymi badaniami zaopatrzenia i zbytu jednostek produkcyjnych i handlowych, lecz nawet identyfikacja pewnego podgrafu, czyli tylko wybranych kanałów dystrybucji (ścieżek) w grafie, wnosi wiele cennych informacji o strukturze i funkcjonowaniu systemu cyrkulacji towarów w gospodarce narodowej.

Procesy realizacji masy towarowej sprowadzić można do prostej relacji „strumienie-zasoby”. Natężenia strumieni towarów uzależnione są, z jednej strony, od ich zasobów, jako parametrów ograniczających, z drugiej strony, istnieje ścisły związek między strumieniami a zasobami, gdyż strumienie są czynnikiem uzupełniającym, a nawet tworzącym zapasy. Stan zapasów rzutuje więc zarówno na strumienie wchodzące jak i strumienie wychodzące. W rzeczywistości ustawicznemu krążeniu towarów towarzyszą ciągle zmiany stanów zapasów, a ich przyrost lub spadek są ważną informacją, sterującą funkcjonowaniem całego systemu przepływów realnych. W dowolnych dwóch momentach różne są nie tylko natężenia strumieni towarów, ale również odmienne są stany zapasów (ryc. 2). Stan końcowy zapasu może być równy, większy lub mniejszy od jego stanu początkowego. Jeżeli sprzedaż jest większa od dostaw towarów, to występuje zjawisko spadku zapasów, czyli  $\Delta R < 0$  i przeciwnie, w sytuacji wystąpienia większych dostaw, w stosunku do sprzedaży,  $\Delta R > 0$ .

Elementy systemu przepływów realnych, których odzwierciedleniem w grafie przepływowym są węzły, posiadają pewne cechy właściwe dla obiektów dynamicznych.

Nie wdając się w szczegóły tego zagadnienia, skoncentrowano uwagę jedynie na wyjaśnieniu równań stanu obiektu. Jeżeli przyjmie się oznaczenia:

$x$  — wektor współrzędnych stanu

$u$  — wektor wielkości wejściowych

$y$  — wektor wielkości wyjściowych

$x(t_1)$  — warunki początkowe obiektu

to równanie stanu obiektu wygląda następująco <sup>11</sup>:

$$\dot{x} = f(x, u)$$

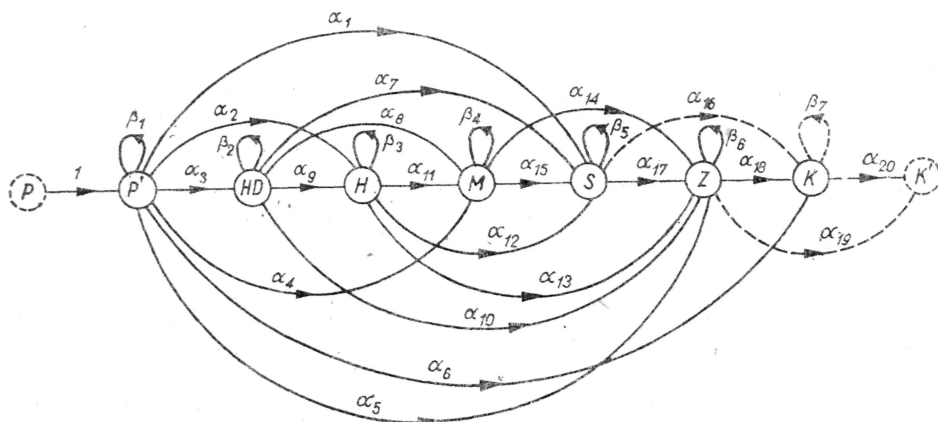
a równanie wyjść:

$$y = g(x, u)$$

Stan obiektu dynamicznego w danej chwili jest funkcją wielkości wejściowych oraz stanów początkowych. Odpowiada to w niniejszych rozważaniach stwierdzeniu, że zasoby towarów (stany) są pewną funkcją dostaw (wejść) oraz zapasów początkowych (stany początkowe). Związek między wektorem wyjść a wektorem wejść opisuje macierz transmitancji operatorowej zdefiniowana w postaci prostej zależności liniowej:

$$y(s) = K(s)u(s)$$

<sup>11</sup> W. Findeisen, *Wielopoziomowe układy sterowania*, Warszawa 1974, s. 11 - 15.



Ryc. 3. Graf przepływów realnych (z uwzględnieniem parametrów transmitancji)  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$  parametry transmitancji gałęzi,  $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$  parametry transmitancji pętli własnych

w której  $y(s)$  oraz  $u(s)$  są transformatorami Laplace'a wektorów zmiennych wyjściowych  $y(t)$  oraz zmiennych wejściowych  $u(t)$ . Dla niezerowych warunków początkowych zależność między stanem wyjścia a stanem wejścia obiektu daje się przedstawić w postaci relacji:

$$\Delta y(s) = K(s) \Delta u(s)$$

Graf przepływu towarów w systemie „produkcja-obrót-spożycie” (ryc. 3), będący przedmiotem rozważań, jest odpowiednikiem następującego układu liniowych równań jednoczesnych, które wyrażają wewnętrzne zależności pomiędzy poszczególnymi elementami systemu:

- 1)  $P' = P + \beta_1 P'$
- 2)  $HD = \alpha_3 P' + \beta_2 HD$
- 3)  $H = \alpha_2 P' + \alpha_9 HD + \beta_3 H$
- 4)  $M = \alpha_4 P' + \alpha_8 HD + \alpha_{11} H + \beta_4 M$
- 5)  $S = \alpha_1 P' + \alpha_7 HD + \alpha_{12} H + \alpha_{15} M + \beta_5 S$
- 6)  $Z = \alpha_5 P' + \alpha_7 HD + \alpha_{13} H + \alpha_{14} M + \alpha_{17} S + \beta_6 Z$
- 7)  $K = \alpha_6 P' + \alpha_{16} S + \alpha_{18} Z + \beta_7 K$
- 8)  $K' = \alpha_{19} Z + \alpha_{20} K$

Parametry  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_{20}$  wyrażają siłę i kierunek zależności między odpowiednią zmienną zależną ( $P', HD, H, M, S, Z, K, K'$ ) a zespołem zmiennych niezależnych w tym układzie równań, natomiast parametry  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_7$ , charakteryzują powiązania pętlowe, czyli sprzężenia zwrotne w systemie. Pierwsza grupa parametrów wyjaśnia natężenie poszczególnych

strumieni, czyli przesunięcia towarów w przestrzeni (transport), a druga grupa dotyczy wyłącznie zapasów towarów pozostających w obiektach systemu (magazynowanie). Ponieważ transmitancja to funkcjonalna zależność między strumieniem wyjścia a strumieniem wejścia, dlatego jej wysoka wartość świadczyć będzie o ilości masy towarowej przesyłanej wzdłuż danej gałęzi a nawet całym kanałem, może więc być podstawą ustalenia hierarchii ważności powiązań odcinkowych. Tym samym istnieje możliwość wytyczenia najważniejszych dróg przebiegu masy towarowej, ze sfery produkcji do sfery spożycia, z punktu widzenia faktycznego natężenia przepływów dóbr materialnych.

W analizie transmitancji pomocną okazuje się najczęściej macierz transmitancji  $K(s)$ , (macierz trójkątna o wymiarach zgodnych z liczbą węzłów w grafie):

$$K(s) = \begin{matrix} & \begin{matrix} P & P' & HD & H & M & S & Z & K & K' \end{matrix} \\ \begin{matrix} P \\ P' \\ HD \\ H \\ M \\ S \\ Z \\ K \\ K' \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_1 & \alpha_3 & \alpha_2 & \alpha_4 & \alpha_1 & \alpha_5 & \alpha_6 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_2 & \alpha_9 & \alpha_8 & \alpha_7 & \alpha_{10} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \beta_3 & \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \beta_4 & \alpha_{15} & \alpha_{14} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \beta_5 & \alpha_{17} & \alpha_{16} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \beta_6 & \alpha_{18} & \alpha_{19} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \beta_7 & \alpha_{20} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Elementy macierzy transmitancji, czyli parametry  $\alpha$  i  $\beta$  układają się powyżej głównej przekątnej, lecz ich analizę można prowadzić dodatkowo w układzie wierszowym i kolumnowym.

Na głównej przekątnej macierzy transmitancji znajdują się transmitancje pętli własnych, a więc transmitancje „zapasów”. Równolegle do głównej przekątnej przylegają parametry transmitancji „transportowych”. W zależności od odległości od głównej przekątnej, wyrażają one dostawy magazynowe (obróć składowy) lub różnego rodzaju dostawy bezpośrednie, z uwzględnieniem liczby eliminowanych ogniw pośredniczących. W wierszach macierzy transmitancji występują transmitancje strumieni wyjściowych, a w kolumnach transmitancje stanów wejść kolejnych obiektów rozpatrywanego systemu.

Największą zaletą grafów przepływowych jest możliwość dokonywania ich redukcji, aż do grafu podstawowego, złożonego wyłącznie z dwóch węzłów, połączonych zorientowaną gałęzią. Jest to równoznaczne z obliczeniem transmitancji wypadkowej całego systemu przepływów, jako miernika liniowej zależności między stanem wejścia systemu oraz jego wyjściem.

W przypadku przepływów masy towarowej zagadnienie upraszczania grafu (tzw. przekształcenia ekwiwalentne) polega na eliminacji wszystkich

jednostek pośredniczących w przepływie towarów od produkcji do konsumpcji, czyli całego aparatu obrotu towarowego — zbytu, hurtu i detalu. Graf zredukowany, wobec powyższego, składa się tylko ze źródła (produkcja) oraz odpływu (spożycie), a wewnętrzne powiązania zasileniowe w systemie przepływów realnych wyraża transmitancja operatorowa, jako relacja spożycia (wyjście) do produkcji dóbr materialnych (wejście). Przybiera ona postać stosunkowo złożonego wyrażenia algebraicznego. Z reguły jest to wielomian dla powiązań szeregowych i równoległych lub wyrażenie ułamkowe, w przypadku wystąpienia sprzężeń zwrotnych.

Redukcja grafu polega na ogół na iteracyjnym wprowadzeniu transmitancji zastępczych ( $K$ ) w miejsce sprzężeń szeregowych, równoległych oraz sprzężeń zwrotnych, zgodnie z następującymi regułami redukcji:

— transmitancja układu powiązań szeregowych

$$K = \frac{x_n}{x_1} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \dots \alpha_n$$

— transmitancja układu powiązań równoległych (dwuwęzłowego)

$$K = \frac{x_2}{x_1} = \alpha_1 + \alpha_2$$

— transmitancja układu ze sprzężeniem zwrotnym (dwuwęzłowego)

$$K = \frac{x_2}{x_1} = \frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1 \alpha_2}$$

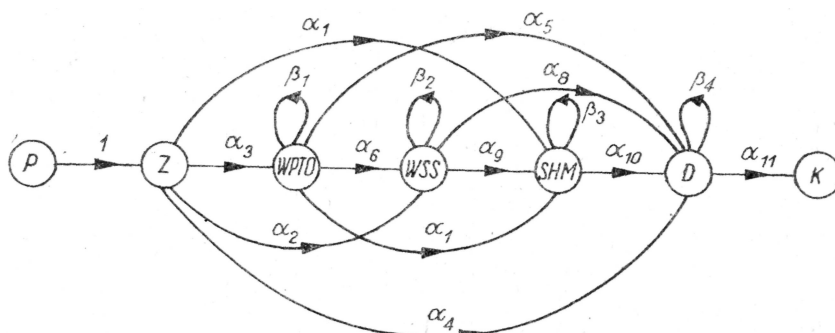
gdzie:

$x_1, x_2 \dots x_n$  — węzły grafu przepływowego

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots \alpha_n$  — transmitancje gałęzi grafu przepływowego.

Wyznaczenie wypadkowej funkcji przejścia na podstawie grafu przepływu masy towarowej (ryc. 3), jakkolwiek jest zagadnieniem niezmiernie interesującym i użytecznym dla oceny funkcjonowania całego systemu, wiąże się jednak z obiektywnymi trudnościami, wynikającymi z bardzo złożonej struktury tego systemu rzutującej w dużej mierze na pracochłonność tego przedsięwzięcia. Wystarczy podkreślić fakt, że transmitancja operatorowa przepływów materialnych z produkcji do konsumpcji, w pewnym przybliżeniu, jest wyrażeniem ułamkowym, przy czym licznik i mianownik tego ułamka to wielomiany złożone z kilkadziesiątu, a nawet kilkuset składowych. Praktyczne wykorzystanie wskaźnika transmitancji, posługiwanie się nim jest w praktyce bardzo uciążliwe.

Napotkane trudności nie świadczą jednak o nieprzydatności czy niecelowości samej koncepcji grafów przepływu towarów, która bezwzględnie posiada wiele cennych walorów. Rozwiązanie problemu polega z jednej strony na zastosowaniu elektronicznej techniki obliczeniowej do redukcji grafu i obliczenia transmitancji zastępczej systemu oraz z drugiej strony,



Ryc. 4. Uproszczony graf przepływu artykułów odzieżowych

na agregacji modelu, sprowadzającej złożony wewnętrznie system wyłącznie do najbardziej istotnego zespołu elementów ich wzajemnych powiązań.

W niniejszych rozważaniach zredukowano system kanałów dystrybucji, uwzględniając jedynie jego najważniejsze elementy strukturalne. Zmodyfikowany graf przepływów masy towarowej (na przykładzie branży odzieżowej) będzie przedmiotem analiz, zmierzających do obliczenia funkcji przejścia całego systemu branżowego (ryc. 4). Pętle w grafie przepływu odzieży oznaczają proces gromadzenia zapasów w jednostkach obrotu towarowego, pozostający w ścisłym związku z samym przepływem. Zrezygnowano z identyfikacji procesów spożycia, ograniczając się ostatecznie do sprzedaży towarów konsumentom, jako elementu wyjściowego z systemu. Węzłami w grafie są: „produkcja” — (źródło grafu), „zbyt”, „WPTO” (obecnie WPHW), WSS „Społem”, „SHM” oraz „inny detal” — węzły pośredniczące oraz „konsument” — ujście grafu.

Obliczając transmitancję wypadkową układu zamkniętego „producent-konsument” zrezygnowano z techniki iteracyjnej, wykorzystującej przekształcenia elementarne, posłużono się natomiast metodą Masona, szczególnie przydatną przy redukcji wielołańcuchowych grafów pętlowych. Zgodnie z regułą Masona, funkcje przejścia układu otwartego można wprost wyznaczyć w oparciu o wzór:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^s \Delta_i K_i}{\Delta}$$

przy czym

$$\Delta = 1 - \sum P_{im} + \sum P_{2m} - \sum P_{3m} + \dots$$

gdzie:

- $K$  — transmitancja wypadkowa układu zredukowanego;
- $K_i$  — transmitancja  $i$ -tej drogi głównej (kaskady);
- $\Delta$  — wyznacznik grafu;

- $\Delta_i$  — dopełnienie  $i$ -tej drogi głównej, czyli wartość wynikająca z części nie stykających się z  $i$ -tą drogą główną ( $i = 1, 2, 3 \dots S$ );  
 $P_{nm}$  — iloczyn transmitancji  $m$ -tej możliwej kombinacji z „ $n$ ” nie stykających się pętli.

Drogami głównymi w analizowanym grafie przepływowym są wszystkie możliwe ścieżki łączące „produkcję” z „konsumentem”. Inaczej można powiedzieć, że drogi główne to kanały dystrybucji odzieży, czyli alternatywne kanały spływu artykułów odzieżowych do konsumenta. Transmitancję drogi głównej stanowi iloczyn transmitancji jej członów składowych i można ją interpretować jako miernik sprawności kanału, decydującej o hierarchii danego kanału w aktualnym systemie organizacji zaopatrzenia i zbytu. Im większy jest wskaźnik funkcji przejścia kanału, tym większe jest natężenie strumienia masy towarowej przepływającej przez niego i tym większe jest jego znaczenie.

W grafie przepływów odzieży (ryc. 4) istnieje osiem podstawowych kanałów dystrybucji. A oto one wraz z transmitancjami wypadkowymi:

- |                                                                                                   |                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1) $P \rightarrow Z \rightarrow D \rightarrow K$                                                  | $K_1 = \alpha_4 \alpha_{11}$                               |
| 2) $P \rightarrow Z \rightarrow SHM \rightarrow D \rightarrow K$                                  | $K_2 = \alpha_1 \alpha_{10} \alpha_{11}$                   |
| 3) $P \rightarrow Z \rightarrow WSS \rightarrow D \rightarrow K$                                  | $K_3 = \alpha_2 \alpha_8 \alpha_{11}$                      |
| 4) $P \rightarrow Z \rightarrow WSS \rightarrow SHM \rightarrow D \rightarrow K$                  | $K_4 = \alpha_2 \alpha_9 \alpha_{10} \alpha_{11}$          |
| 5) $P \rightarrow Z \rightarrow WPTO \rightarrow D \rightarrow K$                                 | $K_5 = \alpha_3 \alpha_5 \alpha_{11}$                      |
| 6) $P \rightarrow Z \rightarrow WPTO \rightarrow WSS \rightarrow D \rightarrow K$                 | $K_6 = \alpha_3 \alpha_6 \alpha_8 \alpha_{11}$             |
| 7) $P \rightarrow Z \rightarrow WPTO \rightarrow WSS \rightarrow SHM \rightarrow D \rightarrow K$ | $K_7 = \alpha_3 \alpha_6 \alpha_9 \alpha_{10} \alpha_{11}$ |
| 8) $P \rightarrow Z \rightarrow WPTO \rightarrow SHM \rightarrow D \rightarrow K$                 | $K_8 = \alpha_3 \alpha_7 \alpha_{10} \alpha_{11}$          |

Stosunek sprzedaży detalicznej odzieży do jej produkcji, czyli funkcja przejścia systemu przepływów  $K(s)$ , będąc ułamkiem składa się z następujących wielomianów:

$$K(s) = \frac{K}{P} = \frac{\Delta_1 K_1 + \Delta_2 K_2 + \Delta_3 K_3 + \Delta_4 K_4 + \Delta_5 K_5 + \Delta_6 K_6 + \Delta_7 K_7 + \Delta_8 K_8}{\Delta}$$

Ponieważ

$$\Delta = 1 - \beta_1 - \beta_2 - \beta_3 - \beta_4 + \beta_1 \beta_2 + \beta_1 \beta_3 + \beta_1 \beta_4 + \beta_2 \beta_3 + \beta_2 \beta_4 + \beta_3 \beta_4 - \beta_1 \beta_2 \beta_3 - \beta_1 \beta_2 \beta_4 - \beta_1 \beta_3 \beta_4 - \beta_2 \beta_3 \beta_4 + \beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4$$

oraz

$$\Delta_1 K_1 = [1 - \beta_1 - \beta_2 - \beta_3 + \beta_1 \beta_2 + \beta_1 \beta_3 + \beta_2 \beta_3 - \beta_1 \beta_2 \beta_3] \alpha_4 \alpha_{11}$$

$$\Delta_2 K_2 = [1 - \beta_1 - \beta_2 + \beta_1 \beta_2] \alpha_1 \alpha_{10} \alpha_{11}$$

$$\Delta_3 K_3 = [1 - \beta_1 - \beta_3 + \beta_1 \beta_3] \alpha_2 \alpha_8 \alpha_{11}$$

$$\Delta_4 K_4 = [1 - \beta_1] \alpha_2 \alpha_9 \alpha_{10} \alpha_{11}$$

$$\Delta_5 K_5 = [1 - \beta_2 - \beta_3 + \beta_2 \beta_3] \alpha_3 \alpha_5 \alpha_{11}$$

$$\Delta_6 K_6 = [1 - \beta_3] \alpha_3 \alpha_6 \alpha_8 \alpha_{11}$$

$$\Delta_7 K_7 = \alpha_3 \alpha_6 \alpha_9 \alpha_{10} \alpha_{11}$$

$$\Delta_8 K_8 = [1 - \beta_2] \alpha_3 \alpha_7 \alpha_{10} \alpha_{11}$$

więc transmitancja układu otwartego „ $P-K$ ” jest ułamkiem, którego licznik jest sumą podanych wyrażeń  $\Delta_i K_i$ , podczas gdy mianownik równa się  $\Delta$ . Ze względu na stosunkowo rozbudowaną formę samego zapisu wskaźnika oraz nieuproszczoną postać algebraiczną, pominięto jego pełny zapis ułamkowy. Po przekształceniu algebraicznym, transmitancja układu równa się:

$$K(s) = \frac{\alpha_4 \alpha_{11}}{(1-\beta_4)} + \frac{\alpha_1 \alpha_{10} \alpha_{11}}{(1-\beta_3)(1-\beta_4)} + \frac{\alpha_2 \alpha_8 \alpha_{11}}{(1-\beta_2)(1-\beta_4)} + \frac{\alpha_2 \alpha_9 \alpha_{10} \alpha_{11}}{(1-\beta_2)(1-\beta_3)(1-\beta_4)} +$$

$$+ \frac{\alpha_3 \alpha_5 \alpha_{11}}{(1-\beta_1)(1-\beta_4)} + \frac{\alpha_3 \alpha_6 \alpha_8 \alpha_{11}}{(1-\beta_1)(1-\beta_2)(1-\beta_4)} + \frac{\alpha_3 \alpha_7 \alpha_{10} \alpha_{11}}{(1-\beta_1)(1-\beta_3)(1-\beta_4)} +$$

$$+ \frac{\alpha_3 \alpha_6 \alpha_9 \alpha_{10} \alpha_{11}}{(1-\beta_1)(1-\beta_2)(1-\beta_3)(1-\beta_4)}$$

a ostatecznie:

$$K(s) = \frac{(1-\beta_3)\{(1-\beta_2)[(1-\beta_1)\alpha_4\alpha_{11} + \alpha_3\alpha_5\alpha_{11}] + (1-\beta_1)\alpha_2\alpha_8\alpha_{11} + \alpha_3\alpha_6\alpha_8\alpha_{11}\}}{(1-\beta_1)(1-\beta_2)(1-\beta_3)(1-\beta_4)} +$$

$$+ \frac{(1-\beta_2)[(1-\beta_1)\alpha_1\alpha_{10}\alpha_{11} + \alpha_3\alpha_7\alpha_{10}\alpha_{11}] + (1-\beta_1)\alpha_2\alpha_9\alpha_{10}\alpha_{11} + \alpha_3\alpha_6\alpha_9\alpha_{10}\alpha_{11}}{(1-\beta_1)(1-\beta_2)(1-\beta_3)(1-\beta_4)} =$$

$$= \frac{(1-\beta_3)\alpha_{11}\{(1-\beta_2)[(1-\beta_1)\alpha_4 + \alpha_3\alpha_5] + \alpha_8[(1-\beta_1)\alpha_2 + \alpha_3\alpha_6]\}}{(1-\beta_1)(1-\beta_2)(1-\beta_3)(1-\beta_4)} +$$

$$+ \frac{\alpha_{10}\{(1-\beta_2)[(1-\beta_1)\alpha_1 + \alpha_3\alpha_7]\}}{(1-\beta_1)(1-\beta_2)(1-\beta_3)(1-\beta_4)}$$

Wartość transmitancji wypadkowej całego systemu dystrybucji i sprzedaży odzieży może zawierać się w trzech przedziałach liczbowych.

I tak:

$$\text{I. } 0 < K < 1$$

$$\text{II. } K = 1$$

$$\text{III. } K > 1$$

W pierwszym przypadku, strumień produkcji zostaje zatrzymany w ogniwach pośredniczących (gromadzenie się zapasów) i tylko jego pewna część, dociera w badanym odcinku czasu do konsumenta. Jeżeli transmitancja zastępcza układu zredukowanego wynosi jeden oznacza to wówczas, że kanały pracują bez zarzutu, zapasy utrzymują się na stałym poziomie i cała otrzymana masa towarowa zostaje przekazana do dalszych ogniw systemu. Większa od jedności wartość transmitancji wiąże się z faktem uruchamiania zapasów, a wówczas sprzedaż w każdym elemencie przewyższa dostawę. W efekcie w rozpatrywanym odcinku czasu sprzedaż detaliczna będzie większa od produkcji.

#### UWAGI KOŃCOWE

Zaprezentowana koncepcja grafów przepływowych jakkolwiek w niniejszej pracy ma jedynie charakter teoretyczny, to jednak jej idea oraz wstępne rozwiązania zrodziły się na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych. Zaobserwowane prawidłowości, organizacji produkcji i rynku odpowiadają stanowi rzeczywistości. Przeprowadzone badania w zakresie natężenia, częstotliwości i kierunków spływu masy towarowej z produkcji do ogniw handlowych w dużym stopniu wyjaśniają faktyczny obraz przedstawionych ujęć modelowych i w pewnym zakresie są ich weryfikacją.

Modelowanie całokształtu przebiegów towarowych między rozmieszczonymi w różnych punktach przestrzeni podmiotami gospodarującymi miało na celu dokonanie syntezy przepływów dóbr materialnych, wyrażających ekonomiczne powiązania przestrzenne w produkcji, w obrocie towarowym i w sferze konsumpcji. Zastosowane ujęcia metodologiczne z teorii grafów są grupą metod z gruntu związaną z badaniami przepływów materii lub informacji.

Graficzny model systemu dystrybucji i sprzedaży towarów przedstawia, co jest jego niewątpliwą zaletą, w sposób prosty i przejrzysty złożony proces krążenia dóbr w gospodarce. Nie oznacza to jednak, że model grafowy posiada wyłącznie interpretację deterministyczną. Jeżeli przyjąć założenie, że transmitancja danej gałęzi grafu przepływowego jest prawdopodobieństwem zdarzenia, polegającego na przepływie towarów między odpowiednią parą podmiotów lub w przypadku pętli, na magazynowaniu towarów to cały tak zbudowany graf jest probabilistycznym odbiciem struktury systemu dystrybucji towarów. Graf probabilistycznej struktury systemu poddaje się podobnym działaniom redukcji jak graf przepływu sygnałów, umożliwiając wyznaczenie prawdopodobieństwa przejścia dla poszczególnych kanałów dystrybucji i całego systemu.

ANALYSIS AND SYNTHESIS OF A SYSTEM OF DISTRIBUTION  
CHANNELS WITH THE AID OF GRAPHS OF SIGNALS FLOWS

## Summary

The article deals with modelling as well as with an analysis of a system of commodity distribution channels when graphs of signals flows utilized. On the analogy of information transmission with the aid of communication channels a process of circulation of goods in production and turnover as well as in the sphere of consumption is considered as certain closed entirety, which is mutually conditioned. A simplified reflection of reality is created by a graph of commodity flow, in which curves present a physical circulation of commodities between economic subjects, and internal loops (feedbacks) are reflections of collecting commodities in a given element.

Together with the very construction of a graph and its formal description, an attempt has been undertaken to reduce some elements in order to determine resultant capacity of the whole distribution system (the Mason's method) as well as of its particular channels. Such approach to the synthesis of a distribution channels system enables an appraisal of its functioning in definite time with the aid of the "output : input" relation, i.e. the relation "retail sales : production".