

UNIwersytet Łódzki

DANUTA ROGALSKA

WYBÓR ASORTYMENTU I STEROWANIE ZAPASAMI
W PRZEDSIĘBIORSTWIE / ZASTOSOWANIE
PROGRAMOWANIA LINIOWEGO I TEORII ZAPASÓW
W PRZEMYSŁE CELULOZOWO — PAPIERNICZYM /

ROZPRAWA DOKTORSKA
NAPISANA POD KIERUNKIEM
PROF. DR. HABIL. Z. CZERWIŃSKIEGO.

ŁÓDŹ 1973 r.



Rps 1941

1941

J367/73
6.10.

WSTĘP	4
1. STEROWANIE UKŁADEM EKONOMICZNYM	7
1.1. Ogólne uwagi o sterowaniu	7
1.2. Regulacja	11
1.3. Sterowanie procesami gospodarczymi	13
2. WYBÓR OPTIMALNEGO PLANU ASORTYMENTOWEGO W PRZEDSIĘ- BIORSTWIE	17
2.1. Uwagi wstępne	17
2.2. Charakterystyka modeli	18
2.3. Analiza obliczeń wyników numerycznych	28
3. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU ZAOPATRZENIA	37
3.1. Aktualny system zaopatrzenia	37
3.2. Warianty warunków składania i realizacji zamówień....	38
3.3. Tradycyjna metoda ustalania zapasów w przedsiębiorstwie	42
3.4. Ocena tradycyjnego sposobu ustalania zapasów	47
3.5. Postulaty odnośnie systemu zaopatrzenia	50
4. STATYSTYCZNA ANALIZA STRUMIENI ZUŻYCIA I DOSTAW SUROWCÓW	52
4.1. Klasyfikacja strumieni zapotrzebowania i dostaw	52
4.2. Badanie trendu	54
4.2.1. Analiza wyników obliczeń	57
4.2.1.1. Analiza trendu zużycia surowców	58
4.2.1.2. Analiza trendu dostaw surowców	58
4.3. Badanie wahań sezonowych	61
4.3.1. Analiza wyników obliczeń	65
4.3.1.1. Badanie sezonowości i trendu zużycia surowców ...	65
4.3.1.2. Badanie sezonowości i trendu dostaw surowców ...	67
5. WYBRANE ZAGADNIENIA STEROWANIA ZAPASAMI	74
5.1. Ogólne uwagi o sterowaniu zapasami	74
5.2. Model zamówień kwartalnych dla przypadku, gdy dostawy realizowane są zgodnie z zamówieniami	78
5.2.1. Charakterystyka modelu	78
5.2.2. Weryfikacja założeń modelu z 5.2.1.	82

5.2.3. Wyznaczenie wielkości zamówień w przypadku	
zgodności zamównienia i dostawy	91
5.3. Model zamówień kwartalnych dla przypadku, w którym	
dostawa nie jest zgodna z zamówieniem	92
5.3.1. Charakterystyka modelu	92
6. WNIOSKI KONCOWE	98
ZAŁĄCZNIKI	100
BIBLIOGRAFIA	123

W s t ę p

Przedsiębiorstwo socjalistyczne powinno realizować cele dwojakiego rodzaju: zadania ogólnogospodarcze /określane przez władze zwierzchnie tzw. wskaźniki dyrektywne planu/ oraz pewne zadania szczegółowe. Ustalenie tych ostatnich leży w gestii przedsiębiorstwa, które w tym zakresie może się kierować własną korzyścią.

Realizacja tych celów wymaga istnienia systemu regulacji, który dostosowałby działalność przedsiębiorstwa do zmian zachodzących w otoczeniu. Rolę takiego systemu spełnia obecnie tzw. planowanie operatywne, polegające w zasadzie na podejmowaniu decyzji krótkookresowych. Przy podejmowaniu tych decyzji należy uwzględnić warunki, w których działa przedsiębiorstwo takie jak: zasoby surowców, moce produkcyjne, limity siły roboczej itp., a do realizacji wybrać wariant najlepszy z punktu widzenia korzyści przedsiębiorstwa zapewniający jednocześnie spełnienie wymagań określonych przez dyrektywne wskaźniki planu. Realność ustalonych zadań uzależniona jest od wielu czynników. Jednym z nich jest zaopatrzenie materiałowe. System zaopatrzenia nie zawsze zapewnia otrzymanie dostawy zgodnie z potrzebami określonymi przez zamówienie. Powoduje to konieczność odpowiedniej regulacji zapasów.

Przedmiotem rozważań będzie wybór optymalnego planu asortymentowego oraz próba ustalenia takich metod sterowania zapasami, które mogłyby znaleźć zastosowanie w przedsiębiorstwie.

Rozdział pierwszy ma charakter teoretyczny. Przedstawione są w nim ogólne uwagi o sterowaniu układami z uwzględnieniem procesów ekonomicznych.

W rozdziale drugim zostały sformułowane pewne modele wyboru asortymentu w przedsiębiorstwie. Uwzględniają one różny zakres swobody przy podejmowaniu decyzji produkcyjnych. Do rozwiązania tych modeli wykorzystane zostały metody programowania liniowego. Otrzymane rezultaty były wykorzystane w dalszym ciągu do sformułowania wniosków i postulatów dotyczących planowania. Okazało się, że jedną z przyczyn powstawania nierealnych planów produkcyjnych jest nieprawidłowo funkcjonujący system zaopatrzenia materiałowego. Fakt ten był punktem wyjścia do przeprowadzenia analizy istniejącego systemu zaopatrzenia, która jest zawarta w rozdziale trzecim. Zostały tam przedstawione różne warianty składania i realizacji zamówień oraz ocena ze względu na ich efektywność w procesie regulacji zapasów.

W rozdziale czwartym przeprowadzona została analiza statystyczna strumieni zużycia i dostaw surowców. Otrzymane rezultaty posłużyły za podstawę do sformułowania propozycji wyboru polityki zaopatrzenia.

Przedstawione w rozdziale piątym modele tej polityki uwzględniają dwie możliwe sytuacje charakteryzujące realizację zamówień w badanym przedsiębiorstwie. W pierwszym przypadku ciąg dostaw jest zgodny, a w drugim nie jest zgodny ze złożonymi zamówieniami. Otrzymane rezultaty zostały porównane z polityką zaopatrzenia aktualnie prowadzoną w przedsiębiorstwie.

Materiały liczbowe, na podstawie których przeprowadzono obliczenia numeryczne pochodzą ze sprawozdawczości dotyczącej wielkości planowanej produkcji, norm technologicznych i rozmiarów zużycia surowców, wielkości dostaw i zamówień, z Zakładów Celulozowo-Papierniczych im. J. Marchlewskiego we Włocławku. Obliczenia numeryczne wykonane zostały na elektronicznej maszynie cyfrowej GIER w Zakładzie Obliczeń Numerycznych Uniwersytetu Warszawskiego oraz na e.m.c. ODRA-1013 w Zakładzie Ekonometrii Uniwersytetu Łódzkiego.

R o z d z i a ł p i e r w s z y

STEROWANIE UKŁADEM EKONOMICZNYM

1.1. Ogólne uwagi o sterowaniu

Podstawą teorii sterowania jest założenie, że stan układu¹ można opisać za pomocą skończonego zbioru wielkości x_1/t , x_2/t , ... x_n/t , zwanych współrzędnymi stanu.

Stan układu w momencie t opisany jest zatem za pomocą wektora stanu x/t , którego składowymi są wielkości x_1/t , x_2/t , ..., x_n/t . Interesuje nas zwykle nie tylko stan układu, ale również przebieg procesu w czasie, czyli zmiany stanów układu.

W pewnych przypadkach można przyjąć założenie, że zmiany stanów zależą wyłącznie od aktualnego stanu układu. Proces zmian zachodzących w układzie można wtedy opisać za pomocą następujących równań²:

1 "Układ" lub "system" jest najogólniejszym pojęciem cybernetyki /teorii systemów/. Oznacza on dowolny zbiór obiektów w pewien sposób powiązanych i wyodrębnionych z otoczenia. Pojęcie układu można stosować w analizie procesów badanych w różnych dziedzinach nauki, np. w fizyce, biologii, medycynie, ekonomii.

2 Por. np. R. Bellman: "Adaptacyjne procesy sterowania". PWN, Warszawa 1965, str. 19 i następne.

$$\frac{dx}{dt} = g/x, t/, \quad x/0/ = c \quad \text{gdy proces jest ciągły} \quad /1.1/$$

lub

$$\begin{aligned} x/t + \Delta/ &= g/x, t/ & x/0/ &= c \quad \text{gdy proces jest} \\ t=0, \Delta, 2\Delta \dots & & & \text{dyskretny} \end{aligned} \quad /1.2/$$

gdzie:

$x/t/$ - wektor stanu

$x/0/$ - stan początkowy

t - czas

g - funkcja opisująca zmiany stanu

Przyjęcie wymienionego wyżej założenia nie zawsze jest uzasadnione, bowiem na przebieg procesu mogą też mieć wpływ stany z przeszłości. Jeżeli można uznać, że prędkość zmian stanów zależy od aktualnego stanu układu i od stanu w pewnych wcześniejszych momentach czasu, to przebieg procesu można opisać za pomocą następującego równania:

$$\frac{dx}{dt} = g \left[x/t/, x/t-t_1/, \dots, x/t-t_k/, t \right] \dots\dots /1.3/$$

Natomiast, gdy prędkość zmian stanów układu zależy od wszystkich stanów z przeszłości oraz od aktualnego stanu układu, to równanie opisujące przebieg procesu ma bardziej złożoną postać. Zmiany procesu mogą być opisane za pomocą równania różniczkowo-całkowego:

$$\frac{dx}{dt} = g \left[x/t/, \int_{-\infty}^t x/s/dG_1/s,t/... \int_{-\infty}^t x/s/dG_k/s,t/, t \right] ... \quad /1.4/$$

lub równaniem całkowym

$$x/t/ = g \left[\int_{-\infty}^t x/s/dG_1/s,t/... \int_{-\infty}^t x/s/dG_k/s,t/ \right] ... \quad /1.5/$$

Przebieg procesu ocenia się za pomocą tzw. k r y t e r i u m

j a k o ś c i. Jest ono zazwyczaj funkcjonałem funkcji $x/t/$.

Jeżeli jest ustalony z góry pożądany stan układu w każdym momencie

to rolę kryterium pełnić może pewna miara odchylenia faktycznego

przebiegu procesu od pożądanego poziomu w danym okresie czasu.

Kryterium jakości procesu można wtedy zapisać następująco:

$$\int_0^T Q /x-z/ dt \quad /1.6/$$

gdzie:

$x/t/$ - rzeczywisty stan układu

$z/t/$ - pożądany stan układu

Q - skalarna funkcja wektora $/x-z/$.

Najczęściej używanym kryterium tego rodzaju jest kryterium posta-

ci¹:

$$\int_0^T /x-z, x-z/ dt \quad /1.7/$$

gdzie

$$/x-z, x-z/ = \sum_{i=1}^n /x_i - z_i/ ^2$$

¹ Takie kryterium jest dogodne z matematycznego punktu widzenia gdyż pozwala ono często na uzyskanie rozwiązania w jawnej postaci. Ponadto kryterium to ma w pewnych przypadkach określoną interpretację pozamatematyczną.

Jeśli ocena przebiegu procesu nie jest zadowalająca to można wtedy podjąć działanie mające na celu zmianę zachowania się układu w pożądanym kierunku. Działanie takie nosi nazwę **sterowania**¹, a procesy z nim związane - **procesów sterowania**. Analitycznie, ciągły proces sterowany można scharakteryzować następującym równaniem:

$$\frac{dx}{dt} = g /x,y/, \quad x/0/ = c \quad /1.8/$$

gdzie:

$x/t/$ - wektor stanu

$y/t/$ - wektor sterujący

c - wielkości określające początkowy stan układów.

Wzór /1.8/ opisuje ciągły proces sterowania przy dodatkowym założeniu, że zmiana stanu nie zależy od stanów przeszłych.

W pewnych przypadkach interesuje nas tylko osiągnięcie pożądanego, końcowego stanu układu /w danym momencie $T/$. Mówimy wtedy o **sterowaniu docelowym**. W tym przypadku pożądane jest takie sterowanie, aby zminimalizować różnicę $|x/T/ - z/T/|$. Sytuacja znacznie się komplikuje jeśli nie można ustalić z góry momentu T , w którym porównywać będziemy faktyczny i pożądaný stan układu. Dotyczyć to może tych układów, w których moment osiągnięcia stanu końcowego zależy w istotny sposób od przebiegu procesu.

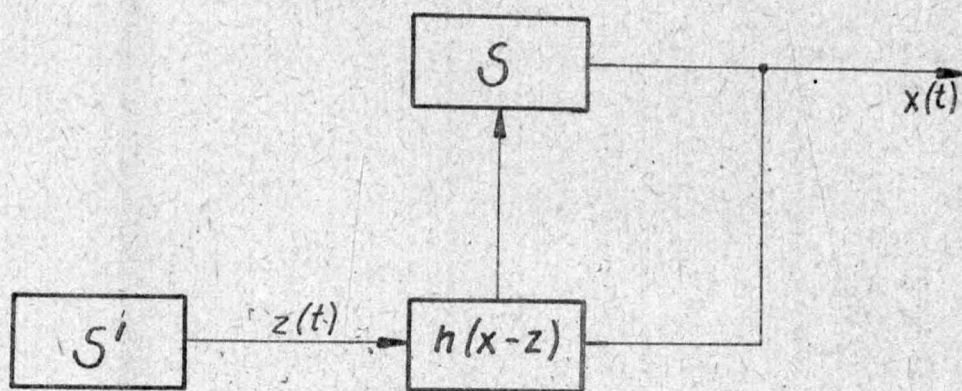
¹ Teorię dotyczącą metod sterowania znaleźć można m.in.:
R.Bellman: "Adaptacyjne procesy sterowania", op.cit.; W.Bożtkański
"Matematyczne metody sterowania optymalnego", WNT, Warszawa 1971;
L.Wołgin: "Optymalizacja", WNT, Warszawa 1970, str.73-83.

Kryterium jakości ma wtedy bardzo skomplikowaną postać i rozwiązanie zagadnień tego typu staje się bardzo trudne.

W dalszym ciągu omówiony zostanie jeden ze sposobów sterowania, a mianowicie regulacja¹.

1.2. Regulacja

Podstawową ideą regulacji jest wykorzystanie sprzężenia zwrotnego do korygowania działania układu. Oddziaływaniem za pomocą którego dokonuje się korekty jest pewna funkcja odchylenia aktualnego stanu układu od stanu pożądanego.



Rys. 1

Schemat ten można interpretować następująco:

S - jest rozpatrywanym układem znajdującym się w stanie x/t ,

S' - jest innym układem rzeczywistym lub hipotetycznym znajdującym się w stanie z/t ,

1. Regulacja procesów omówiona jest m.in.: R.Bellman: "Adaptacyjne procesy sterowania" op.cit.; O.Lange: "Wstęp do cybernetyki ekonomicznej", PWN, Warszawa 1965, s.19-46; W.S.Pugaczew: "Teoria słuczających funkcji i jeje prymenienie k zadaczom awtomatyczeskowo uprawlenia", Gosudarstwennoje izdatielstwo techniko-teoreticeskoj literatury, Moskwa 1957, s.337-572.

$z/t/$ - pożądany stan układu.

Stany $z/t/$ i $x/t/$ są porównywalne w pewien sposób. Efektem tego porównania jest wystąpienie oddziaływania $h/x-z/$, które wpływa na układ S. W wyniku takiego sprzężenia zwrotnego równanie opisujące zachowanie się układu w czasie t przyjmie postać¹:

$$\frac{dx}{dt} = g \left[x, h/x-z/ \right], \quad x/0/ = c \quad /1.9/$$

Sposób w jaki zostanie zastosowane sprzężenie zwrotne wyznacza postać funkcji h , która z kolei określa postać równania /1.9/.

Przy rozwiązywaniu zagadnień związanych z procesami regulacji możliwe są dwie koncepcje. Pierwsza z nich polega na stałym dokonywaniu pomiarów w układzie i stosowanie odpowiedniego sposobu regulacji w zależności od stanu układu. Druga koncepcja polega na wprowadzaniu wektora sterującego $y/t/$ jako określoną z góry funkcję czasu, tak aby stan układu $x/t/$ był możliwie bliski pożądanemu stanowi $z/t/$. Pierwszy sposób postępowania wymaga zastosowania programowania dynamicznego, a drugi - rachunku wariacyjnego.

Wybór sposobu postępowania zależy głównie od rodzaju procesu regulacji, bowiem w pewnych przypadkach pierwszy sposób okazuje się bardziej skuteczny, w innych drugi. Zdarzają się również procesy, w których konieczne jest zastosowanie kombinacji obu podejść.

¹ Przyjęty jest tu dodatkowy warunek, że zmiany wektora stanu nie zależą od przeszłości.

1.3. Sterowanie procesami gospodarczymi

W ekonomicznych zastosowaniach rozpatruje się bardzo różnorodne układy dwójakiego typu: makro- i mikroekonomiczne.

Procesem regulacji układu makroekonomicznego jest np. sterowanie gospodarką narodową. W tym przypadku mamy zwykle do czynienia ze sterowaniem docelowym, bowiem planuje się na ogół stan końcowy określający np. pożądaną wielkość dochodu narodowego, konsumpcję, wielkość produkcji poszczególnych gałęzi itp. w pewnym przyszłym momencie lub okresie czasu.

Sterowanie układem makroekonomicznym stwarza wiele problemów spowodowanych:

- złożonością układu /z tego względu do opisania stanu układu konieczna jest duża ilość informacji/,
- długim horyzontem sterowania /co w efekcie utrudnia znacznie podejmowanie racjonalnych decyzji oraz przewidywanie ich efektów/.

Przykładem sterowania układem mikroekonomicznym może być np. sterowanie produkcją w przedsiębiorstwie, sterowanie zapasem określonego surowca itp. Sterowanie produkcją w przedsiębiorstwie ma zwykle charakter sterowania docelowego. Stan końcowy może być określony przez pożądaną wielkość produkcji poszczególnych wyrobów, natomiast stan układu w momencie t określają: produkcja w danym momencie, zasoby surowców, limity siły roboczej, moce produkcyjne.

Za składowe wektora sterującego $y/t/$ uznać można decyzje produkcyjne. Są one poddane ograniczeniom wynikającym z konieczności uwzględnienia w nich istniejących warunków determinujących działalność przedsiębiorstwa.

Odmienny charakter ma sterowanie zapasem surowca. Stan układu w tym przypadku określony jest za pomocą jednej liczby /aktualny poziom zapasu surowca/. Sterowanie procesem polega na podjęciu decyzji dotyczących wielkości dostaw bądź zużycia, w zależności od tego, na które z tych wielkości można wpływać.

Wybór decyzji jest ograniczony przez terminy czy rozmiary zamówień w pierwszym przypadku, bądź koniecznością wykorzystania mocy produkcyjnych i wykonania pewnych zadań w przypadku drugim.

Racjonalna polityka zamówień polega na tym, aby stan zapasu zawierał się w z góry ustalonych granicach /np. aby należał do przedziału $[0, M]$ gdzie M jest pojemnością magazynu/ lub też aby przeciętny stan zapasu kształtował się na wybranym poziomie. Pewne metody regulacji zapasów omówione będą szczegółowo w dalszej części pracy. Ciągła obserwacja stanu zapasu nie zawsze jest możliwa, ograniczamy się wobec tego do jego kontroli w ustalonych, dostatecznie bliskich sobie momentach czasu.

Sterowanie układami ekonomicznymi napotyka w praktyce na poważne trudności. Podstawowy problem związany jest z właściwym określeniem stanu układu, czyli z takim wyborem $x_i/t/$, aby można uznać, że opisuje on układ w sposób wystarczający.

Należy zwrócić uwagę na to, że im dokładniej próbujemy opisać układ, tym większą ilość składowych zawiera wektor $x/t/$, co znacznie komplikuje procedurę obliczeniową.

Ponadto w rzeczywistości występują układy, których nie można uznać za deterministyczne.

Proces zmian takich układów można najogólniej opisać równaniem¹:

$$\frac{dx}{dt} = g \left[x/t/, y/t/, r/t/ \right] \quad x/0/ = c \text{ gdy proces jest ciągły} \quad /1.10/$$

bądź, gdy proces jest dyskretny:

$$x/t + \Delta/ = g \left[x/t/, y/t/, r/t/ \right] \quad /1.11/$$

$$x/0/ = c \quad t = 0, \Delta, 2\Delta, \dots$$

gdzie:

$x/t/$ - wektor stanu

$y/t/$ - wektor sterowania

$r/t/$ - wektor stochastyczny reprezentujący nieznane bliżej zjawiska.

W pewnych przypadkach można przyjąć założenie, że własności nieznanych elementów poznaje się w trakcie trwania procesu. Koncepcja taka prowadzi do teorii procesów adaptacyjnych. W przypadku sterowania docelowego ponadto ważnym problemem praktycznym jest ustalenie odpowiedniego stanu końcowego. W procesach produkcyjnych pożądanym stanem układu $z/T/$ może być optymalny asortyment.

¹ Por. R. Bellman: "Adaptacyjne procesy sterowania", op.cit. str. 24 i nast.

towy plan produkcji na koniec roku. Sposób ustalenia takiego planu w przedsiębiorstwie branży papierniczej przedstawiony zostanie w dalszej części pracy.

R o z d z i a ł d r u g i

WYBÓR OPTIMALNEGO PLANU ASORTYMENTOWEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE

2.1. Uwagi wstępne

Przedsiębiorstwo, tak jak każda jednostka gospodarcza, stoi przed koniecznością układania planów działania. Warunki w jakich funkcjonuje przedsiębiorstwo nie pozwalają na wybór dowolnego planu. Są one określone np. przez zasoby surowców, moce produkcyjne, limity siły roboczej. Ponadto przedsiębiorstwo socjalistyczne ma do spełnienia pewne cele ogólnogospodarcze, narzucone przez władzę, której podlega, np. zaspokojenie określonego zapotrzebowania. Realizację tych celów zapewnia się w praktyce przez tzw. wskaźniki dyrektywne planu. Szczegółowe ustalenie pozostałych zadań leży w gestii przedsiębiorstwa, które w tym zakresie może kierować się pewnym własnym celem.

Przy podejmowaniu decyzji produkcyjnych należy zatem uwzględnić warunki działania, a do realizacji wybrać wariant najlepszy z punktu widzenia własnego celu. Przy wyborze mogą być pomocne metody matematyczne. Plan konstruuje się wtedy na podstawie modelu operacyjnego opisującego cel i warunki działania. Posługiwanie się modelami matematycznymi pozwala na dokładniejsze zbadanie konsekwencji określonych decyzji w założonych warunkach. Wynika to z faktu, że każdy model odtwarza podstawowe związki między uwzględ-

nionymi w nim wielkościami. Z konieczności jest on jednak uproszczonym opisem modelowanej rzeczywistości. Jest to spowodowane następującymi przyczynami:

- pomija się te elementy, których wpływ wydaje się nieistotny;
- w praktyce na proces produkcyjny działa wiele czynników; wpływu niektórych z nich nie potrafimy zmierzyć, wobec tego nie uwzględnia się ich w modelu;
- prostota modelu jest często konieczna ze względów numerycznych /tzn. ze względu na ograniczone możliwości maszyn cyfrowych lub brak odpowiednich procedur obliczeniowych/;
- uproszczenie może być podyktowane znacznym kosztem informacji, czasem trwania obliczeń numerycznych itp.

W dalszej części tego rozdziału przedstawione zostaną modele opisujące różne sytuacje, które mogą wystąpić w przedsiębiorstwie przy podejmowaniu decyzji produkcyjnych. Rozwiązania optymalne tych modeli mają służyć do oceny ustalonego planu asortymentowego w przedsiębiorstwie oraz do sformułowania pewnych postulatów dotyczących planowania produkcji.

2.2. Charakterystyka modeli

Model wyboru asortymentowego w przedsiębiorstwie można opisać następująco:¹

¹ Por. np. Z.Czerwiński "Matematyka na usługach ekonomii", PWN, Warszawa 1969 str 22-27; E.G. Golsztejn, D.B. Judin "Nowyje napravlenije w liniejnóm programirowanii", Moskwa 1967; "Elementy ra-chunku ekonomicznego" praca zbiorowa pod red. Z.Hellwiga, PWE, Warszawa, 1972 str 227-240; W.Sadowski "Teoria podejmowania decyzji" PWE Warszawa 1964.

Przedsiębiorstwo dysponuje listą wyrobów /określoną np. przez zjednoczenie/ i ma podjąć decyzję dotyczącą rozmiarów produkcji tych wyrobów. Zbiór decyzji dopuszczalnych wyznaczony jest przez warunki ograniczające, które określone są przez:

- zasoby środków produkcji
- technologię
- warunki zbytu.

Przyjmijmy następujące oznaczenia:

x_j - wielkość produkcji poszczególnych wyrobów

b_{lj} - nakłady l-tego surowca konieczne do wytworzenia jednostki j-tego wyrobu

$b_j^{/1/}$ - dolny poziom produkcji j-tego wyrobu

$b_j^{/2/}$ - górny poziom produkcji j-tego wyrobu

$b_l^{/0/}$ - ilość l-tego surowca.

Przyjmijmy, że przedsiębiorstwo produkuje n wyrobów $/j = 1, \dots, n/$ zużywając w procesie produkcji m surowców $/l = 1, \dots, m/$. Załóżmy ponadto, że znane są warunki zbytu wyznaczające górny i dolny poziom produkcji¹. Wtedy warunki określające zbiór dopuszczalnych decyzji można przedstawić następująco²:

$$\sum_{j=1}^n b_{lj} x_j \leq b_l^{/0/} \quad /l = 1, \dots, m/ \quad /2.1/$$

$$b_j^{/1/} \leq x_j \leq b_j^{/2/} \quad /j = 1, \dots, n/ \quad /2.2/$$

1 Przedsiębiorstwo może określić dolny poziom produkcji np. na podstawie zawartych umów z odbiorcami, a górny poziom znając możliwości zbytu wytwarzanych przez siebie wyrobów.

2 Przyjmujemy tu, że swobodę w podejmowaniu decyzji w istotny sposób ograniczają tylko te warunki, które uwzględnione są w modelu.

Warunki /2.1/ wynikają z istnienia ograniczonych zasobów surowców, a /2.2/ są ograniczeniami zbytu.

W praktycznych zastosowaniach mogą wystąpić różne odmiany tego modelu. Na przykład przedsiębiorstwo może wytwarzać produkty, z których pewna część jest zużywana w dalszej fazie produkcji.

Przyjmijmy, że występuje k takich wyrobów. Ograniczenia modelu można wtedy zapisać w postaci:

$$x_1 - \sum_{j=k+1}^n a_{1j} x_j = y_1 \quad /i = 1, \dots, k/ \quad /2.3/$$

$$\sum_{j=1}^n b_{1j} x_j \leq b_1^{/0/} \quad /1 = 1, \dots, m/ \quad /2.4/$$

$$b_j^{/1/} \leq y_j \leq b_j^{/2/} \quad /j = 1, \dots, k/ \quad /2.5/$$

$$b_j^{/1/} \leq x_j \leq b_j^{/2/} \quad /j = k+1, \dots, n/ \quad /2.6/$$

Przedsiębiorstwo zwykle zainteresowane jest w podjęciu możliwie najkorzystniejszej dla siebie decyzji.

Do dokonania tego wyboru konieczne jest posiadanie pewnego kryterium pozwalającego ocenić osiągnięte efekty przy różnych decyzjach. W naszej gospodarce kryterium to nie jest określone jednoznacznie. W ogólnych rozważaniach przyjmuje się tylko, że kryterium to powinno odnosić się do rozmiarów produkcji. Załóżmy więc, że przedsiębiorstwo dąży do zmaksymalizowania pewnej wielkości Z określonej następująco:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad /2.7/$$

przy czym c_j nazwiemy umownie "zyskami jednostkowymi".

Zatem przedsiębiorstwo powinno podjąć taką decyzję produkcyjną, przy której spełnione są warunki /2.1/ - /2.2/ i wartość funkcji $Z/x/$ jest największa.

W dalszym ciągu zostaną przedstawione różne odmiany, przedstawionego powyżej, ogólnego modelu. Mogą one służyć do wyboru asortymentu w przedsiębiorstwie przy różnym stopniu swobody w podejmowaniu decyzji produkcyjnych. I tak, model I przedstawia sytuację następującą:

- występują ograniczone możliwości zaopatrzenia surowcowego,
- ustalone są przez władze nadrzędne minimalne rozmiary: produkcji wyrobów gotowych i sprzedaży półfabrykatów.

W modelu II przyjęto, że przedsiębiorstwo posiada całkowitą swobodę w wyborze asortymentu, natomiast występują ograniczenia w surowiec.

W następnym modelu III zakłada się również, że występują ograniczenia w uzyskaniu surowców. Ponadto przyjmuje się, że istnieje możliwość zarówno przekroczenia jak i niewykonania planu asortymentowego. Za niewykonanie planu wyznaczona jest pewna "kara". Zostanie to wyjaśnione bliżej przy omawianiu odpowiedniego modelu.

W praktycznych zastosowaniach modelu liniowego do wyboru asortymentu należy ustalić co rozumie się przez zysk jednostkowy, występujący jako współczynnik funkcji celu przy zmiennej reprezentującej wielkość produkcji. W naszej gospodarce spotyka się naj-

częściej jeden z następujących wariantów:

- zysk w sensie księgowym,
- cena fabryczna,
- cena zbytu,
- produkcja czysta.

W dalszych rozważaniach za współczynniki funkcji celu przyjęto ceny zbytu. Argumentem przemawiającym za uwzględnieniem cen zbytu było to, że są one dość obiektywną oceną działalności przedsiębiorstwa. Pozostałe warianty nie były rozważane z następujących względów:

- produkcja części wyrobów w omawianym przedsiębiorstwie jest deficytowa wobec tego nie można było przyjąć za c_j zysku,
- cena fabryczna zależy od kosztów wytwarzania, zatem maksymalizacja wartości produkcji w cenach zbytu oznaczałaby w pewnych przypadkach preferowanie wyrobów o wysokim koszcie produkcji,
- brak danych pozwalających na ustalenie rozmiaru produkcji czystej na jednostkę wyrobu uniemożliwił również przyjęcie czwartego z wymienionych wariantów.

Model I.

$$Z = \sum_{j=1}^r c_j y_j + \sum_{j=k+1}^n c_j x_j = \max \quad /2.8/$$

$$x_1 - \sum_{j=k+1}^n a_{1j} x_j = y_1 \quad i = 1, 2, \dots, r \quad /2.9/$$

$$x_1 - \sum_{j=k+1}^n a_{1j} x_j \geq 0 \quad i = r+1, \dots, k \quad /2.10/$$

$$\sum_{j=1}^n b_{lj} x_j \leq b_l^{/0/} \quad l = 1, \dots, m \quad /2.11/$$

$$x_j \geq b_j^{/1/} \quad j = k+1, \dots, n \quad /2.12/$$

$$y_j \geq b_j^{/1/} \quad j = 1, \dots, r \quad /2.13/$$

gdzie:

a_{ij} - nakład i-tego półfabrykatu niezbędny do wytworzenia
jednostki wyrobu gotowego j / $i = 1, \dots, k, j = k+1, \dots, n$ /

b_{lj} - nakład l-tego surowca niezbędny do wytworzenia jednostki
produktu j / $l = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$ /

$b_l^{/0/}$ - ilość l-tego surowca / $l = 1, 2, \dots, m$ /

$b_j^{/1/}$ - dolny poziom wielkości sprzedaży j-tego produktu
/ $j = 1, \dots, n$ /

x_j - wielkość produkcji j-tego półfabrykatu / $j = 1, \dots, k$ /

x_j - wielkość produkcji j-tego wyrobu gotowego / $j = k+1, \dots, n$ /

y_j - sprzedaż j-tego półfabrykatu / $j = 1, \dots, r$ /

c_j - ceny zbytu j-tego produktu / $j = 1, \dots, n$ /.

W modelu zakłada się, że wytwarzane są dwa rodzaje produktów: wyroby gotowe i półfabrykaty. W dalszej fazie produkcyjnej zużywane są wszystkie półfabrykaty, zatem powinny być one wytwarzane w ilościach wystarczających na zaspokojenie wewnętrznego zapotrzebowania. Spełnienie tego wymagania zapewniają warunki /2.9/ - /2.10/. Ponadto cele ogólnogospodarcze wymagają, aby wielkość produkcji wyrobów gotowych i przeznaczona na sprzedaż ilość półfabrykatów były nie mniejsze od ustalonego z góry poziomu. Spełnienie tego warunku zapewniają ograniczenia /2.12/ - /2.13/.

M o d e l II.

$$Z = \sum_{j=1}^r c_j y_j + \sum_{j=k+1}^n c_j x_j = \max \quad /2.14/$$

$$x_1 - \sum_{j=k+1}^n a_{1j} x_j = y_1 \quad i = 1, \dots, r \quad /2.15/$$

$$x_1 - \sum_{j=k+1}^n a_{1j} x_j \geq 0 \quad i = r+1, \dots, k \quad /2.16/$$

$$\sum_{j=1}^n b_{lj} x_j \leq b_l^{/0/} \quad l = 1, \dots, m \quad /2.17/$$

$$x_j \geq 0 \quad j = k+1, \dots, n \quad /2.18/$$

$$y_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, r \quad /2.19/$$

Używane symbole mają takie samo znaczenie jak w modelu I.

W tym przypadku przyjmujemy, że decyzje przedsiębiorstwa ograniczone są wyłącznie zasobami surowców. Model ten opisuje

sytuację korzystną dla przedsiębiorstwa, która może jednak być sprzeczna z interesami odbiorców. Jeśli uznamy, że wektor $b_j^{/1/}$ wyrażał faktyczne zapotrzebowanie odbiorców to może się okazać, że w rozwiązaniu optymalnym modelu II wielkość produkcji pewnych wyrobów jest znacznie niższa od potrzeb. Dotyczy to zwłaszcza wyrobów, których ceny zbytu są stosunkowo niskie. Inne wyroby o wysokich cenach zbytu mogą być produkowane w ilościach zbyt dużych w stosunku do możliwości zbytu. Spowodowałoby to wzrost zapasów wyrobów nie sprzedanych przy jednoczesnym niezaspokojonym popycie na inne wyroby.

M o d e l III.

$$Z = \sum_{j=k+1}^n c_j^{/1/} x_j + \sum_{j=1}^r c_j^{/1/} y_j - \sum_{j=1}^r c_j^{/2/} d_j +$$

$$- \sum_{j=k+1}^n c_j^{/2/} d_j = \max \quad /2.20/$$

$$x_i - \sum_{j=k+1}^n a_{ij} x_j = y_i \quad i = 1, \dots, r \quad /2.21/$$

$$x_i - \sum_{j=k+1}^n a_{ij} x_j \geq 0 \quad i = r+1, \dots, k \quad /2.22/$$

$$\sum_{j=1}^n b_{lj} x_j \leq b_l^{/0/} \quad l = 1, \dots, m \quad /2.23/$$

$$y_j - z_j + d_j = b_j^{/1/} \quad j = 1, \dots, r \quad /2.24/$$

$$x_j - z_j + d_j = b_j^{/1/} \quad j = k+1, \dots, n \quad /2.25/$$

$$x_j, y_j, z_j, d_j \geq 0 \quad /2.26/$$

gdzie:

z_j - nadwyżka produkcji wyrobu j w stosunku do planu

d_j - niedobór produkcji wyrobu j - " -

$c_j^{/2/}$ - jednostkowa kara za /niewykonanie planu/ niedobór produkcji.

W modelu tym dopuszcza się możliwość niewykonania planu, z tym, że wiąże się to z "karą" w wysokości $c_j^{/2/} d_j$. Jeśli produkcja przekracza zaplanowaną wielkość, to uzyskuje się pewną dodatkową wartość produkcji liczoną, tak jak produkcja planowa, w cenach zbytu.

Ze względu na duże rozmiary /uniemożliwiające obliczenia numeryczne/ model /2.20/ - /2.26/ został przekształcony.

Z warunku /2.24/ i /2.26/ wynika, że

$$\begin{aligned} d_j &= b_j^{/1/} - y_j + z_j & j &= 1, \dots, r & /2.27/ \\ i \quad d_j &\geq 0 \end{aligned}$$

Wobec tego warunki /2.24/ i /2.26/ można zastąpić warunkiem postaci:

$$y_j - z_j \leq b_j^{/1/} \quad j = 1, \dots, r \quad /2.28/$$

Analogicznie warunki /2.25/ i /2.26/ można zastąpić warunkiem następującym:

$$x_j - z_j \leq b_j^{/1/} \quad j = k+1, \dots, n \quad /2.29/$$

Jeśli zmienne d_j w funkcji celu wyrazimy przez zmienne x_j , y_j oraz z_j to korzystając z zależności /2.24/ i /2.25/ otrzymamy:

$$\begin{aligned}
 Z = & \sum_{j=k+1}^n c_j^{(1)} x_j + \sum_{j=1}^r c_j^{(1)} y_j - \sum_{j=k+1}^n c_j^{(2)} (b_j^{(1)} - x_j + z_j) + \\
 & - \sum_{j=1}^r c_j^{(2)} (b_j^{(1)} - y_j - z_j) = \sum_{j=k+1}^n (c_j^{(1)} + c_j^{(2)}) x_j + \sum_{j=1}^r (c_j^{(1)} + c_j^{(2)}) y_j + \\
 & - \sum_{j=k+1}^n c_j^{(2)} z_j - \sum_{j=1}^r c_j^{(2)} z_j - \sum_{j=1}^r c_j^{(2)} b_j^{(1)} - \sum_{j=k+1}^n c_j^{(2)} b_j^{(1)}
 \end{aligned} \quad /2.30/$$

W dalszym ciągu przyjęte zostało założenie upraszczające funkcję celu: $c_j^{(1)} = c_j^{(2)} = c_j$. Wówczas zamiast modelu IV rozpatrujemy model następujący:

$$\begin{aligned}
 Z = & 2 \sum_{j=k+1}^n c_j x_j + 2 \sum_{j=1}^r c_j y_j - \sum_{j=k+1}^n c_j z_j - \sum_{j=1}^r c_j z_j + \\
 & - \sum_{j=1}^r c_j b_j^{(1)} - \sum_{j=k+1}^n c_j b_j^{(1)} = \max
 \end{aligned} \quad /2.31/$$

$$x_1 - \sum_{j=k+1}^n a_{1j} x_j = y_1 \quad 1 = 1, \dots, r \quad /2.32/$$

$$x_1 - \sum_{j=k+1}^n a_{1j} x_j \geq 0 \quad 1 = r+1, \dots, k \quad /2.33/$$

$$\sum_{j=1}^n b_{1j} x_j \leq b_{11}^{(0)} \quad 1 = 1, \dots, m \quad /2.34/$$

$$x_j - z_j \leq b_j^{(1)} \quad j = k+1, \dots, n \quad /2.35/$$

$$y_j - z_j \leq b_j^{(1)} \quad j = 1, \dots, r \quad /2.36/$$

$$x_j \geq 0 \quad /2.37/$$

$$y_j \geq 0 \quad /2.38/$$

$$z_j \geq 0 \quad /2.39/$$

2.3. Analiza wyników obliczeń numerycznych

Obliczenia wykonano na podstawie danych dotyczących: jednostkowych norm zużycia¹, planowanej wielkości produkcji poszczególnych wyrobów² oraz planowanego zużycia surowców³. W wybranych modelach⁴ uwzględniono 34 produkty i 39 surowców. Wśród tych ostatnich wyodrębnione zostały następujące grupy:

- półfabrykaty wytwarzane w przedsiębiorstwie

w tym:

1. produkty przeznaczone na zużycie wewnętrzne /do wytworzenia innych produktów/,
2. produkty przeznaczone wyłącznie na własny użytek przedsiębiorstwa,
3. produkty bądź surowce sprowadzane z zewnątrz /wyłącznie zużywane/.

Model I okazał się sprzeczny. Oznacza to, że występuje brak koordynacji między planowaną produkcją i czynnikami, które na nią wpływają⁵.

-
- 1 Schemat macierzy nakładów znajduje się w załączniku Nr 1, a jej elementy w załączniku Nr 5.
 - 2 Wykaz tych wielkości zamieszczony jest w załączniku Nr 8.
 - 3 Lista surowców znajduje się w załączniku Nr 9.
 - 4 Schematy blokowe modeli przedstawione są w załączniku Nr 2-4.
 - 5 Potwierdziła to praktyka. W analizowanym przedsiębiorstwie nastąpiła zmiana technologii spowodowana zbyt małym w stosunku do potrzeb zaopatrzeniem. Zmiana ta nie została jednak uwzględniona w modelach ze względu na brak danych dotyczących norm technologicznych wykorzystania surowców.

Przyczyną tego stanu może być konieczność składania zamówień wcześniej niż znany jest plan produkcji. Przedsiębiorstwo nie może wtedy określić dokładnie zapotrzebowania /planuje je zatem na podstawie dotychczasowej praktyki/.

Model II zakładał całkowitą swobodę przedsiębiorstwa przy wyborze produkowanego asortymentu. Na podstawie otrzymanego rozwiązania optymalnego /por. tablica Nr 1/ stwierdzić można, że korzystne dla przedsiębiorstwa byłoby produkowanie tylko ośmiu produktów, a mianowicie:

- ścieru drzewnego,
- celulozy bielonej normalnej,
- celulozy niebielonej normalnej,
- celulozy niebielonej skomowej,
- celulozy osikowej,
- spirytusu,
- papieru celulozowo-makulaturowego białego,
- " " " " " role,

Otrzymane rozwiązanie nie jest możliwe do zastosowania w naszych warunkach. W modelu pominięte zostały warunki zapewniające dostarczenie na rynek określonej ilości produktów. Jeśli wektor b_j ^{/1/} istotnie przedstawiałby zapotrzebowanie odbiorców, to okazuje się, że pewne produkty /np. ścier drzewny czy celuloza osikowa bielona/ wytwarzane byłyby w zbyt dużych ilościach. Pozostałe wyroby nie byłyby produkowane /produkty nie występujące w rozwiązaniu/ lub

T a b l i c a N r 1

Rozwiązanie optymalne modelu II

Zmienne decyzyjne	Ilość ton	Zmienne decyzyjne	Ilość ton
y_1	28 037,1	x_{18}	-
y_2	11 403,2	x_{19}	-
y_3	45 528,7	x_{20}	-
y_4	12 375,0	x_{21}	-
y_5	-	x_{22}	-
y_6	-	x_{23}	-
y_7	10 598,0	x_{24}	-
x_8	661,2	x_{25}	-
x_9	-	x_{26}	-
x_{10}	-	x_{27}	-
x_{11}	-	x_{28}	-
x_{12}	-	x_{29}	-
x_{13}	-	x_{30}	-
x_{14}	-	x_{31}	5 632,4
x_{15}	-	x_{32}	44 055,1
x_{16}	-	x_{33}	-
x_{17}	-	x_{34}	-

Wartość funkcji celu = 684 487 000 zł.

Zródło: Obliczenia własne na podstawie danych ze sprawozdań ilościowych.

produkcja ich byłaby zbyt mała w stosunku do zapotrzebowania odbiorców.

Uzyskana optymalna wartość funkcji celu jest równa 684 487 000zł. Jak się okazuje jest ona niższa od planowanej wartości produkcji w cenach zbytu wynoszącej 10 270 786 657 zł. Porównanie to pozwala stwierdzić, że plan przedsiębiorstwa był nierealny zarówno ze względu na planowane rozmiary jak i wartość produkcji.

Rozwiązanie optymalne modelu III podaje tablica Nr 2. Okazuje się, że mimo ponoszenia "kary" z tytułu niewykonania planu produkowana byłaby tylko część produktów, a mianowicie:

- ścier drzewny,
- celuloza bielona słomowa,
- celuloza bielona normalna,
- celuloza niebielona normalna,
- celuloza bielona osikowa,
- spirytus,
- papier do pisania kl. III,
- " " " kl. V,
- papier wkład drukowy kl. III - role,
- papier siarczynowy niebielony kl. IV - role,
- papier celulozowo-makulaturowy - bele,
- " " " - role.

Otrzymane rozwiązanie potwierdza brak możliwości wykonania zadań nałożonych przedsiębiorstwu. Wartość funkcji celu jest ujemna.

T a b l i c a Nr 2

Rozwiązanie optymalne modelu III

Produkcja towarowa		Nadwyżki w stosunku do planu		Niedobory w stosunku do planu	
zmien- na	ilość ton	zmien- na	ilość ton	zmien- na	ilość ton
y ₁	1 800,0	z ₁	-	d ₁	-
y ₂	6 488,0	z ₂	-	d ₂	-
y ₃	21 099,2	z ₃	17 723,2	d ₃	-
y ₄	14 491,0	z ₄	-	d ₄	-
y ₅	1 189,0	z ₅	-	d ₅	-
y ₆	6 621,0	z ₆	-	d ₆	-
x ₇	-	z ₇	-	d ₇	-
x ₈	660,3	z ₈	-	d ₈	2 139,7
x ₉	-	z ₉	-	d ₉	6 175,0
x ₁₀	-	z ₁₀	-	d ₁₀	3 325,0
x ₁₁	-	z ₁₁	-	d ₁₁	2 300,0
x ₁₂	-	z ₁₂	-	d ₁₂	-
x ₁₃	-	z ₁₃	-	d ₁₃	2 960,0
x ₁₄	125,3	z ₁₄	-	d ₁₄	614,7
x ₁₅	-	z ₁₅	-	d ₁₅	2 296,0
x ₁₆	-	z ₁₆	-	d ₁₆	1 440,0
x ₁₇	-	z ₁₇	-	d ₁₇	1 850,0
x ₁₈	-	z ₁₈	-	d ₁₈	1 805,0
x ₁₉	-	z ₁₉	-	d ₁₉	95,0
x ₂₀	-	z ₂₀	-	d ₂₀	2 000,0
x ₂₁	-	z ₂₁	-	d ₂₁	2 092,0
x ₂₂	-	z ₂₂	-	d ₂₂	974,9
x ₂₃	-	z ₂₃	-	d ₂₃	300,0

T a b l i c a Nr 2 /c.d/

! Produkcja towarowa		! Nadwyżki w stosunku		! Niedobory w stosunku	
		! do planu		! do planu	
! zmien-	! ilość ton	! zmien-	! ilość ton	! zmien-	! ilość ton
! na		! na		! na	
! x ₂₄	-	! z ₂₄	-	! d ₂₄	434,0
! x ₂₅	-	! z ₂₅	-	! d ₂₅	200,0
! x ₂₆	-	! z ₂₆	-	! d ₂₆	
! x ₂₇	-	! z ₂₇	-	! d ₂₇	3 049,0
! x ₂₈	-	! z ₂₈	-	! d ₂₈	1 200,0
! x ₂₉	-	! z ₂₉	-	! d ₂₉	2 061,0
! x ₃₀	9,3	! z ₃₀	-	! d ₃₀	980,7
! x ₃₁	1 012,0	! z ₃₁	-	! d ₃₁	-
! x ₃₂	3 388,0	! z ₃₂	-	! d ₃₂	-
! x ₃₃	-	! z ₃₃	-	! d ₃₃	200,0
! x ₃₄	-	! z ₃₄	-	! d ₃₄	1 400,0

Wartość funkcji celu jest równa - 147 21200 zł.

Źródło: Obliczenia własne na podstawie danych ze sprawozdań ilościowych.

Oznacza to, że "kara" za niewykonanie planu jest większa od wartości osiągniętej produkcji.

Lista produktów uległa rozszerzeniu w porównaniu do rozwiązania modelu II, jednak przeważająca ich część nie występuje w rozwiązaniu. Okazuje się, że mimo "kar" przedsiębiorstwu nie opłaca się produkować tych wyrobów.

Porównanie rozwiązań modeli II i III skłania do rozważania możliwości zmiany asortymentu. Występuje ilość produktów, których produkowanie jest korzystne dla przedsiębiorstwa. Z tego względu celowo byłoby skoncentrowanie produkcji przede wszystkim na wyrobach występujących w rozwiązaniu modelu II.

Rozwiązanie modelu III stanowiłoby drugą /mniej korzystną dla przedsiębiorstwa/ propozycję wyboru asortymentu. Oczywiście przy tych rozważaniach powinny być uwzględnione realne możliwości wytwarzania pozostałych produktów w innych przedsiębiorstwach tej branży. W przypadku ich braku pewną poprawę mogłaby dać zmiana obowiązujących cen zbytu.

W n i o s k i k o Ń c o w e .

Przeprowadzona powyżej analiza wyników obliczeń numerycznych skłania do wyciągnięcia następujących wniosków:

- aktualny system tworzenia planów-nakazów w połączeniu z obowiązującymi zasadami zaopatrzenia jest wadliwy. Powoduje bowiem powstawanie nierealnych planów zarówno pod względem struktury produkcji jak i wartości produkcji. Wydaje się, że nakazy produkcyjne konieczne w odniesieniu do pewnych wyrobów można, w ograniczonym zakresie, zastąpić systemem "kar",
- w przedsiębiorstwie występują nieujawnione technologie, dzięki którym zadania produkcyjne mogą być wykonane prawie całkowicie. Jak się wydaje, może się to wiązać z obniżeniem jakości produktów,
- aktualne ceny zbytu nie sprzyjają godzeniu korzyści przedsiębiorstwa /zainteresowanego w maksymalizacji wartości produkcji/ z interesami odbiorców /wyrażonymi przez zadania produkcyjne/. Złagodzenie tego stanu można osiągnąć za pomocą opracowania nowego systemu cen uwzględniającego interesy obu stron,
- wątpliwości budzi wiarygodność wykorzystanych w procesie obliczeń norm technologicznych. Są one zwykle zawyżone w stosunku do rzeczywistego zużycia jednostkowego stanowiąc tym samym pewną rezerwę surowcową, w ujawnianiu której przedsiębiorstwo nie jest zainteresowane,

- dyskusyjny jest zawsze wybór kryterium optymalności, tym bardziej, że jak się wydaje każde z nich odpowiada w niewielkim stopniu tendencjom /trudnym do ustalenia/ w postępowaniu przedsiębiorstwa.

Rozdział trzeci

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU ZAOPATRZENIA

System zaopatrzenia określa terminy i formy składania zamówień przez odbiorcę oraz warunki realizacji tych zamówień przez dostawcę. Obowiązujące dla bardzo wielu artykułów warunki dostaw preferują, jak się wydaje, interesy dostawców co wyraża się między innymi w ustalaniu obowiązujących odbiorcę dat składania zamówień i bardzo długich okresów realizacji dostaw. W tej sytuacji możliwości odbiorcy w zakresie wyboru polityki zaopatrzenia odpowiadającej jego interesom są bardzo ograniczone. Zaznaczyć jednak należy, że opisana sytuacja charakterystyczna dla tzw. rynku dostawcy ulega poważnym zmianom. Z tych względów rozpatrzona będzie dalej polityka zaopatrzenia dająca odbiorcy większą swobodę wyboru.

3.1. Aktualny system zaopatrzenia

W praktyce występują zazwyczaj trzy warianty składania i realizacji zamówień stwarzające odbiorcy odrębne możliwości wyboru polityki zaopatrzenia i ustalania poziomu zapasów. Wszystkie warianty charakteryzują się występowaniem okresu realizacji zamówienia T_{zd} , na który składa się:

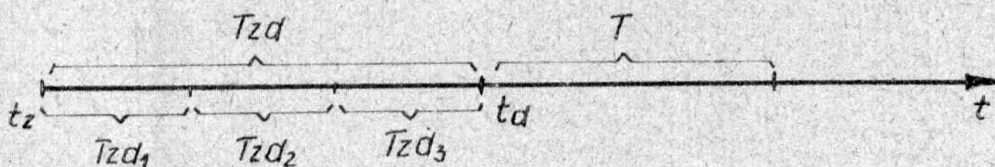
- T_{zd_1} - czas potrzebny na dostarczenie zamówienia,
 T_{zd_2} - czas oczekiwania u dostawcy na przygotowanie i wysłanie zamówienia,
 T_{zd_3} - czas niezbędny na transport towaru,
 T_{zd_4} - czas potrzebny odbiorcy na przyjęcie do magazynu i przygotowanie produktu do spożycia.

3.2. Warianty warunków składania i realizacji zamówień

W a r i a n t I.

1. Odbiorca składa zamówienie w dogodnym dla siebie momencie t_z .
2. Odbiorca żąda dostarczenia towaru na okres T .
3. Dostawa następuje w początkowym momencie okresu T .

Przy tym wariacie składania zamówień okres realizacji T_{zd} rozpoczyna się w momencie t_z , a kończy w momencie t_d , który jest jednocześnie początkiem okresu T . Ilustracją graficzną tej sytuacji jest rysunek 1.



Rys. 1. Pierwszy wariant składania i realizacji zamówień

W tym przypadku okres realizacji zamówienia można wyrazić wzorem:

$$T_{zd} = T_{zd_1} + T_{zd_2} + T_{zd_3} \quad /3.1/$$

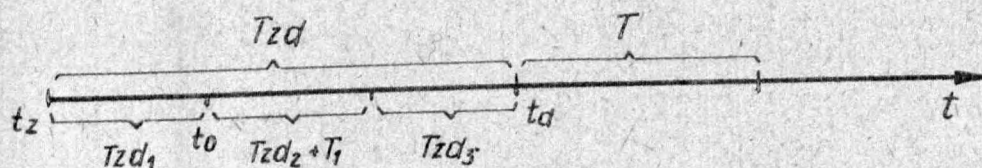
Opisane powyżej warunki składania i realizacji zamówień są najbardziej korzystne z punktu widzenia odbiorcy. Dzięki temu, że odbiorca sam ustala termin składania zamówienia oraz wielkości dostawy /określając długość okresu T /, osiąga znaczne możliwości wyboru polityki zaopatrzenia.

W a r i a n t II.

1. Odbiorca składa zamówienie w wybranym momencie t_z .
2. Odbiorca ustala okres T , na który składane jest zamówienie.
3. Dostawa następuje po upływie okresu T_1 od momentu t_0 otrzymania zamówienia przez dostawcę. Okres T_1 ustala dostawca.

W tym przypadku czas realizacji zamówienia można uznać za wynik porozumienia między odbiorcą a dostawcą.

Ten wariant zamówień zilustrowano na rysunku 2.



Rys. 2. Drugi wariant składania i realizacji zamówień.

Okres T_1 liczony jest od momentu otrzymania zamówienia przez dostawcę, czyli od początku okresu T_{zd_2} . Praktycznie oznacza to,

że czas oczekiwania na dostawę przedłuża się o T_1 , w konsekwencji czas realizacji zamówienia zwiększa się o ten sam okres.

Wariant II stwarza, tak samo jak I, dogodną dla odbiorcy sytuację. Pozostawia bowiem odbiorcy swobodę w wyborze terminu składania zamówienia, oraz w ustalaniu długości okresu T /pod warunkiem, że czas realizacji zamówienia T_{zd} jest krótki/. Pozwala to na uniknięcie dużych błędów w prognozie zapotrzebowania /jeśli okres T jest stosunkowo krótki/ oraz na korygowanie ich dzięki możliwości wybrania dogodnego dla odbiorcy terminu t_z .

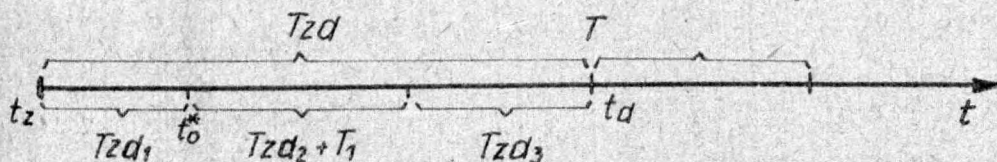
Na koniec omówiony zostanie trzeci wariant składania i realizacji zamówień. Jest on najczęściej spotykany w naszej praktyce gospodarczej.

W a r i a n t III.

W tym wariacie odbiorca działa w ramach sztywnych terminów narzuconych przez dostawcę. I tak, dostawca ustala:

1. Termin najpóźniejszego złożenia zamówienia / t_0 /.
2. Dodatkowy okres wyprzedzenia T_1 /liczony tak jak poprzednio, od momentu otrzymania zamówienia przez dostawcę/.
3. Okres T , na który odbiorca powinien składać zamówienie.

Sytuację tę ilustruje rysunek 3.



Rys. 3. Trzeci wariant składania i realizacji zamówień.

Omówiona powyżej sytuacja jest najmniej korzystna dla odbiorcy. Wybór odpowiedniej polityki zamówień jest w tym przypadku znacznie ograniczony.

W przedstawionych powyżej wariantach wszystkie terminy t_1 traktowane są jako momenty czasu. W praktyce długości poszczególnych okresów T_{zd_1} wchodzących w skład okresu realizacji zamówienia ulegają zwykle wahaniom spowodowanym najczęściej czynnikami losowymi np. czas oczekiwania na przygotowanie dostawy może się wydłużać, gdy dostawca otrzyma równocześnie wiele zamówień.

Z tego względu nie zawsze jest możliwe dokładne określenie tych terminów. Wtedy wyznaczane są przedziały, w których się one znajdują. Oczywiście, do wyboru odpowiedniej polityki zaopatrzenia konieczna jest znajomość długości tych przedziałów¹.

Podstawą do ustalenia zarówno rozmiarów, jak i terminów zamówień jest prognoza zapotrzebowania, która jest obarczona zazwyczaj pewnym błędem. Przy długim horyzoncie planowania błąd ten może być znaczny. Występowanie długiego okresu realizacji zamówienia /zależy to głównie od okresu T_{zd_2} / może być powodem dużych błędów prognozy przyszłego zapotrzebowania, a w konsekwencji prowadzić do powstawania nadmiaru zapasów w pewnych okresach, a braku w innych. Natomiast przyjęcie długiego okresu T /na który składane jest zamówienie/ prawie uniemożliwia korygowanie popełnionych w prognozie błędów. Odbiorca w zasadzie nie może wprowadzić

¹ Konieczność określenia długości tych przedziałów, a w związku z tym wahań w długości okresu T_{zd} , w pewnych przypadkach stwarza dodatkowe komplikacje. Będzie o tym mowa w dalszej części pracy.

zmian w rozmiarach i terminach dostaw ustalonych w umowie z dostawcą¹.

Dodatkowe trudności /niezależnie od rodzaju wariantu składania zamówień/ wiążą się z formą określenia dostawy przez dostawcę. Często podany zostaje przedział czasu, w którym nastąpi dostawa. W tej sytuacji odbiorca może się spodziewać dostawy zarówno w pierwszym jak i w ostatnich dniach ustalonego przedziału. Wymaga to zwiększenia poziomu zapasów, ponieważ przy wystąpieniu najmniej korzystnej sytuacji, czyli dostawy w końcu okresu mogą wystąpić zakłócenia w toku produkcji spowodowane brakiem surowców /produktów/.

3.3. Tradycyjna metoda ustalania zapasów w przedsiębiorstwie

W przedsiębiorstwie sporządzane są roczne plany zapasów z podziałem na poszczególne kwartały. Uwzględnione w planie wielkości dotyczą zapasu bieżącego² oraz pewnych szczególnych form zapasu /np. zapasów sezonowych, nadmiernych itp./.

Wielkości stanów zapasu bieżącego ustala się na podstawie tzw. norm zapasu³, które są w istocie wielkościami zapasu przeciętnego.

1 Jest to powodem ciągłych interwencji zarówno u dostawcy, jak i u władz zwierzchnich, wyjazdów pracowników w poszukiwaniu odpowiedniego surowca lub produktu w innych przedsiębiorstwach i regionach kraju. Nie zawsze przynosi to rezultaty, co w efekcie może prowadzić do postojów wydziałów jeżeli zapas zostanie wyczerpany.

2 Bieżącym nazywamy ten rodzaj zapasu, którego utrzymanie wiąże się z aktualnymi zadaniami produkcyjnymi przedsiębiorstwa.

3 Zasady ustalania norm i planowania zapasów w przedsiębiorstwie przemysłowym. Załącznik do zarządzenia Nr 70 Przewodniczącego Komisji Planowania przy Radzie Ministrów z 12 grudnia 1966r.

Normy wyrażane są w jednostkach naturalnych, bądź wartościowo w zależności od celu jakiemu mają służyć. I tak np. do bieżącej kontroli zaopatrzenia lub do określenia zapotrzebowania służy ilościowa norma zapasu, a do planowania wielkości stanów zapasów w zagregowanych grupach norma wartościowa.

Norma zapasu uzależniona jest od:

- 1/ wielkości zużycia,
- 2/ charakteru produkcji,
- 3/ warunków zamawiania,
- 4/ wielkości pojedynczej dostawy,
- 5/ czasu niezbędnego na przyjęcie dostawy i przygotowanie produktu /surowca/ do zużycia.

W dalszym ciągu szczegółowo omówiony zostanie sposób wyznaczania indywidualnej normy zapasów¹ materiałów przy ciągłym zużyciu produkcyjnym, ze względu na to, że tym rodzajem zapasów zajęto się w dalszej części pracy.

I n d y w i d u a l n a n o r m a z a p a s u składa się z:

- a/ zapasu minimalnego /zapas stały/,
- b/ zapasu niezbędnego do zaspokojenia potrzeb między dostawami /zapas zmienny/.

Z a p a s m i n i m a l n y określany jest dwójako:

¹ Indywidualną normę zapasu ustala się dla tych materiałów, które występują w oddzielnych pozycjach w ewidencji.

1/ w przypadku doraźnych zamówień realizowanych z zapasów dostawcy

$$Z_{\min} = \bar{R}_d / T_{zd_2} + T_{zd_3} + T_{zd_4} / \quad /3.2/$$

gdzie:

$Z_{\min}$ - zapas minimalny,

$\bar{R}_d$ - średnia wielkość dziennego zużycia.

2/ gdy zamówienia składane są okresowo i realizowane z bieżącej produkcji dostawcy zapas minimalny wyznaczony jest ze wzoru:

$$Z_{\min} = \bar{R}_d / S_o + t_o / \quad /3.3/$$

gdzie:

S_o - średnie odchylenie od średniego cyklu dostaw¹

t_o - czas niezbędny do przyjęcia dostawy i przygotowania materiału do zużycia.

Drugą część indywidualnej normy zapasu, tzn. zapas konieczny do zaspokojenia potrzeb między dostawami ustala się następująco:

$$Z_o = \bar{R}_d \cdot \bar{\tau} \quad /3.4/$$

gdzie:

Z_o - zapas niezbędny do zaspokojenia zapotrzebowania między dostawami,

¹ Średnie odchylenie od średniego cyklu dostaw wyznaczone jest ze wzoru:

$$S_o = \frac{\sum_{\tau_i > \bar{\tau}} (\tau_i - \bar{\tau})}{\sum_{\tau_i > \bar{\tau}} d_i}$$

gdzie: τ_i - okres czasu między dwoma kolejnymi dostawami,
 d_i - wielkość dostawy w momencie "i", $\bar{\tau}$ - średni cykl dostaw.

- średni cykl dostaw liczony w dniach¹.

Mając wyznaczoną wielkość zapasu minimalnego oraz średni cykl dostaw można wyznaczyć normy zapasów: maksymalnego i przeciętnego.

I tak:

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \bar{R}_d \cdot \bar{T} \quad /3.5/$$

$$Z_p = Z_{\min} + \frac{1}{2} \bar{R}_d \cdot \bar{T} \quad /3.6/$$

gdzie:

$Z_{\max}$ - wielkość zapasu maksymalnego,

$Z_{\min}$ - wielkość zapasu minimalnego,

Z_p - wielkość zapasu przeciętnego.

Okres czasu, w ciągu którego powinien być utrzymywany zapas, wyznaczany jest na podstawie średniego cyklu dostaw oraz środków wygospodarowanych na ten cel w przedsiębiorstwie.

Wynika stąd, że mogą występować znaczne różnice w wielkościach norm dotyczących tych samych materiałów.

W tablicy Nr 3 podane są normy zapasu wybranych surowców drzewnych przyjęte w Zakładach Papierniczo-Celulozowych we Włocławku.

¹ Średni cykl dostaw wyznacza się jako średnią arytmetyczną bądź ważoną /wagami są wielkości dostaw w tych okresach/ z cykli dostaw w przeszłości.

T a b l i c a N r 3

Indywidualne normy zapasu surowców drzewnych

! Lp. !	Asortyment	1968		1969		1970	
		Ilość dni	Norma, zapa- su m	Ilość dni	Norma za- pasu m	Ilość dni	Norma za- pasu m
1	Papierówka św. n/s	70	29 987	70	33 781	80	36 545
2	Papierówka św. w korze	70	5 809	70	6 806	80	4 667
3	Papierówka sosnowa	70	778	70	714	80	667
4	Papierówka osikowa	70	1 541	70	1 899	80	2 222
5	Żerdzie	70	2 320	70	2 528	80	1 778
6	Papierówka św. okorow. import	70	6 806	70	5 834	80	7 111
7	Papierówka św. w korze import	70	7 786	70	2 917	80	6 687

Źródło: Dane ze sprawozdań liczbowych

3.4. Ocena tradycyjnego sposobu ustalania zapasów

Tradycyjny sposób ustalania wielkości zapasów byłby uzasadniony w następujących warunkach:

- w momencie składania zamówienia na okres T przedsiębiorstwo dysponuje zatwierdzonymi planami produkcyjnymi na ten okres,
- znane są normy zużycia, zatem można dość dokładnie określić zapotrzebowanie na dany produkt w ustalonym okresie czasu.

Spełnienie warunku pierwszego wydaje się wątpliwe, bowiem w praktyce stosowany jest stosunkowo długi okres wyprzedzenia przy składaniu zamówienia /najczęściej kwartalny¹/, zatem nie zawsze znane, a przynajmniej zatwierdzane są plany produkcyjne. Zamówienia składane są jeden raz na kwartał. Jest to stosunkowo długi okres czasu. Z tego względu trudno wykluczyć występowanie wahań w zapotrzebowaniu, które mogą być spowodowane np. przez:

- nierytmiczne wykonywanie krótkookresowych np. dziennych zadań produkcyjnych,
- różnice występujące między intensywnością zużycia i pobierania materiałów do produkcji,
- awarie maszyn i urządzeń,
- absencja personelu.

¹ Uchwała Rady Ministrów z dnia 23.III.1970r. Monitor Polski Nr 40 nieco polepsza tę sytuację skracając okres wyprzedzenia do 60 dni oraz wymagając określenia terminu dostawy z dokładnością do miesiąca.

Natomiast spełnienie warunku drugiego jest możliwe wtedy, gdy przedsiębiorstwo zużywa produkt w masowej i ciągłej produkcji określonego wyrobu, oraz gdy w badanym okresie nie wystąpiły i nie wystąpią zmiany w technologii. Przyjęcie ostatniego założenia jest możliwe w sytuacji, gdy prognoza dotyczy krótkiego okresu czasu.

Wątpliwości budzi również sposób ustalania przyszłego strumienia dostaw. W tradycyjnej metodzie wyznacza się go na podstawie średniej ważonej dostaw z okresu poprzedniego. Nie uwzględnia się przy tym momentów czasu, z których pochodzą informacje.

W literaturze¹ dotyczącej konstruowania prognoz na podstawie szeregu czasowego przeważa pogląd o "starzeniu się" informacji.

Oznacza to, że należy stosować takie postępowanie, które preferuje informacje pochodzące z *późniejszych* okresów czasu.

Poza tym, wydaje się, że w wielu przypadkach nie można uznać przyszłego strumienia dostaw za zdeterminowany. Mogą wystąpić losowe odchylenia w terminie realizacji spowodowane np. brakiem środków transportu, warunkami atmosferycznymi czy zakłóceniami w warunkach techniczno-organizacyjnych dostawcy. Niepewna może być również wielkość dostaw wywołana np. zwiększonym popytem w skali ogólnej, a co za tym idzie większą liczbą zgłoszonych zamówień.

W konsekwencji dla pewnych surowców zarówno wielkość dostaw jak i terminy realizacji mogą być losowe.

¹ Por. np. Z. Hellwig: "Zarys ekonometrii", PWE, Warszawa 1970, str. 155-194.

Na koniec zwrócić należy uwagę na jeszcze jeden bardzo ważny problem związany z prognozami. Dotyczy to wyboru okresu czasu na podstawie którego dokonuje się prognozy. Wybór ten powinien być dokonany szczególnie starannie, ponieważ okazać się może, że informacje z przeszłości mogą być bezużyteczne dla prognoz, bowiem warunki pracy przedsiębiorstwa i jego dostawców ulegną radykalnej zmianie. Poza tym, długość okresu z jakiego pochodzą dane może dawać zniekształcone charakterystyki stumienia zapotrzebowania i dostaw. Stwierdzenie to zilustrowano na przykładzie dostaw papierówki w Zakładzie Celulozowo-Papierniczym we Wrocławiu w 1970 roku. Z analizy dostaw wynika, że roczny plan dostaw wykonany został prawie całkowicie, bo w 99,1%. Posiadanie takiej informacji nie upoważnia nas jednak do wyciągnięcia wniosku, że dostawy były zrealizowane zgodnie /czy prawie zgodnie/ z zamówieniami. Okazuje się, że w omawianym przedsiębiorstwie wystąpiła konieczność nieplanowanego, dwutygodniowego postoju Wydziału Celulozowni Drzewnej w I kwartale. Było to wynikiem nierytmicznych dostaw miesięcznych. Jak więc widać, przyjęcie danych za okres jednego roku czy nawet kwartału spowodowałoby wysunięcie całkowicie błędnych wniosków odnośnie kształtowania się dostaw.

3.5. Postulaty odnośnie systemu zaopatrzenia.

Z powyższych stwierdzeń wynika, że w wielu przypadkach nie powinno się stosować tradycyjnej metody normowania zapasów jak i modeli zapasów typu deterministycznego. Decyzję o tym, jaki typ modelu zapasów stosować, powinna poprzedzić wnikliwa analiza tak stumienia zapotrzebowania jak i dostaw.

Biorąc pod uwagę fakt, że skuteczność współczesnych metod ustalania zapasów na ogół maleje w miarę wzrostu stopnia niepewności dostaw, wydaje się celowe postulowanie zmian w warunkach składania i realizacji zamówień. Warunki te są bowiem jedną z przyczyn wywołujących niepewność dostaw. Z rozważań prowadzonych w 3.1. wynika, że najkorzystniejszą dla odbiorcy sytuację stwarza stosowanie I lub II wariantu składania zamówień. Z tego względu należy postulować stosowanie ich na większą skalę /w warunkach polskich warianty te występują niezbyt często/.

Może się zdarzyć, że w przypadku pewnych produktów konieczne jest stosowanie wariantu III. Wtedy można polepszyć sytuację odbiorcy poprzez skrócenie okresu realizacji zamówienia oraz okresu na który składane jest zamówienie. Pozwoliłoby to na uzyskanie dokładnego sprecyzowania przez dostawcę terminu, jak i możliwej do zrealizowania wielkości dostawy, bądź określenie granic, w których mogą się one zmieniać.

Zrealizowanie tego postulatu pozwoliłoby na wyeliminowanie nadmiernych za-pasów wywołanych składaniem zamówień na tzw. wszelki przypadek, a z drugiej strony na uniknięcie występowania braku materiałów.

R o z d z i a ł c z w a r t y

STATYSTYCZNA ANALIZA STRUMIENI ZUŻYCIA I DOSTAW SUROWCÓW

4.1. Klasyfikacja strumieni zapotrzebowania i dostaw

Podstawowym warunkiem umożliwiającym sterowanie zapasami jest znajomość /przynajmniej w sensie probabilistycznym/ przyszłych strumieni zapotrzebowania i dostaw.

Przy opracowywaniu prognozy zapotrzebowania odbiorca może dysponować bardziej, bądź mniej dokładnymi informacjami. Ze względu na charakter informacji strumień zapotrzebowania można podzielić na cztery grupy¹:

- zdeterminowane,
- stochastyczne, statystycznie stałe,
- stochastyczne, statystycznie niestałe,
- nieznane.

Strumień zapotrzebowania zaliczamy do pierwszej grupy wtedy, gdy jest on funkcją czasu.

¹ Klasyfikacja ta została przedstawiona przez A. Kauffmana w: "Methods and Models of Operations Research", Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey, 1963, str. 152.

Prognozę ustala się za pomocą zwykłej ekstrapolacji.

Druga grupa obejmuje strumienie, które są losową funkcją czasu.

Zakłada się przy tym z reguły, że tworzą one proces stacjonarny¹.

W tym przypadku przyszłe zapotrzebowanie określa się przy pomocy jednej z metod prognoz liniowych².

Do trzeciej grupy zaliczamy te strumienie zapotrzebowania, które tworzą proces stochastyczny o wartości średniej zależnej od czasu i stałej wariancji. W tym przypadku próbuje się sprowadzić proces do postaci stacjonarnej przez wyodrębnienie tzw. trendu hipotetycznego³. Jeśli takie sprowadzenie jest możliwe, to prognozę wyznacza się w taki sam sposób co poprzednio /por. postępowanie dla drugiej grupy strumieni/.

Czwarta grupa obejmuje te przypadki, w których nie znane są parametry zapotrzebowania /bądź ich rozkłady prawdopodobieństwa/.

1 Por.np. Z.Hellwig "Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki", PWN,Warszawa 1971, str.282-285 oraz K.Urbaniak "Procesy stochastyczne" w: "Elementy nowoczesnej matematyki dla inżynierów" pod red. H.Steinhausa, PWN,Warszawa-Wrocław 1971, str.84-92.

2 Por.np. Z.Hellwig "Zarys ekonometrii", op.cit., str.155-194, Z.Pawłowski "Teoria prognozy ekonometrycznej w gospodarce socjalistycznej", PWN,Warszawa 1968.

3 Zakłada się wtedy, że interesujący nas proces stochastyczny można przedstawić w następującej postaci: $X_t = f/t/ + Z$, gdzie Z jest zmienną losową o rozkładzie $N(0, \sigma^2)$, a $f/t/$ nielosową funkcją czasu. Funkcja $f/t/$ nazywa się trendem hipotetycznym. Postać analityczna trendu $f/t/$ na ogół nie jest znana, zatem próbuje się ją wyznaczyć w następujący sposób: na podstawie danych empirycznych określa się tzw. trend empiryczny $h/t/$, przy czym żąda się, aby na poziomie istotności α nie było podstaw do odrzucenia hipotezy, że zmienna losowa $X_t - h/t/$ ma rozkład $N(0, \sigma^2)$. Jeśli warunek ten jest spełniony, to uznaje się, że funkcja $h/t/$ aproksymuje $f/t/$. Następnie eliminując trend sprowadza się proces $\{X_t\}$ do postaci stacjonarnej. /Por. np. Z.Hellwig "Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki", op.cit., str.283-284/.

Z punktu widzenia praktycznego wykorzystania ta grupa strumieni jest nieprzydatna. Należy tu zwrócić uwagę, że do podjęcia racjonalnej decyzji konieczny jest choćby nieznaczny zasób informacji /np. zbiór możliwych realizacji popytu/.

W dalszej części podjęta zostanie próba sklasyfikowania interesujących nas strumieni zużycia i dostaw. Większość szeregów czasowych reprezentujących przebieg zjawisk ekonomicznych, a zaliczają się do nich analizowane dalej strumienie zużycia i dostaw, wykazuje różnego rodzaju zmiany. Przedmiotem analizy będą trzy grupy tych zmian, a mianowicie:

- 1/ zmiany określające tendencję rozwojową czyli tzw. trend,
- 2/ wahania sezonowe,
- 3/ wahania przypadkowe.

Formalnie zmiany wymienione w punktach 1 i 2 traktuje się jako zmiany wartości oczekiwanej procesu losowego.

4.2. Badanie trendu

Występowanie tendencji rozwojowej /t r e n d u/ spowodowane jest zazwyczaj przez zespół przyczyn działających stale w tym samym kierunku. Powodują one systematyczny wzrost /lub obniżanie/ poziomu badanego zjawiska. Na przykład wzrost popytu na pewne produkty może wywołać występowanie tendencji do zwiększenia wielkości produkcji, a to z kolei jest przyczyną wywołującą zwiększanie poziomu zużycia surowca.

Przedsiębiorstwo, które jest przedmiotem analizy charakteryzuje się ustabilizowanym poziomem produkcji, co pozwalało przypuszczać, że strumienie zużycia i dostaw nie wykazują trendu. Potwierdza to kształt wykresów /1-7/. Ponadto, na podstawie tych wykresów można stwierdzić, że występują znaczne odchylenia wielkości zużycia i dostaw od ich wielkości przeciętnej. Odchylenia te mogą być spowodowane między innymi występowaniem wahań sezonowych bądź czynnikami losowymi. Wobec tego należało zweryfikować hipotezy:

- o niezależności średniego poziomu dostaw i zużycia surowców od czasu /brak trendu/,
- o tym, że wahania wywierają istotny wpływ na wielkość zużycia i dostaw.

W pierwszej kolejności przeprowadzono badanie trendów zużycia i dostaw. Do badania trendów najczęściej wykorzystuje się jedną z następujących metod¹:

- mechaniczną,
- analityczną.

Przyjęto drugi sposób postępowania. Metoda ta oparta jest na następujących założeniach:

1/ tendencję rozwojową badanego zjawiska można przedstawić za pomocą krzywej o określonym wzorze analitycznym,

¹ Por. np. O.Lange "Wstęp do ekonometrii", PWN, Warszawa 1965, str.28.

2/ ustalone jest kryterium, na podstawie którego można ocenić "dopasowanie krzywej" do wykresu danego szeregu czasowego.

Przy stosowaniu tej metody występują zawsze trudności z wyborem postaci analitycznej funkcji aproksymującej badaną zależność¹. Postać tę można by ustalić prawidłowo, gdyby znany był mechanizm kształtujący przebieg badanego zjawiska. W praktyce jednak tego mechanizmu nie znamy wobec czego z reguły jesteśmy zmuszeni w sposób arbitralny wybrać postać analityczną trendu, a przydatność jego oceniamy na podstawie kryteriów statystycznych. Ograniczamy się zwykle do badania trendów o prostej postaci analitycznej /liniowej, wykładniczej, potęgowej itp./. Do wyboru "najlepiej dopasowanej" krzywej służy zwykle metoda najmniejszych kwadratów. Natomiast oceny stopnia "dopasowania" trendu do danych empirycznych dokonuje się zwykle za pomocą tzw. współczynnika determinacji R^2 . Występowanie trendu zużycia i dostaw surowców badano na podstawie następujących funkcji:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t \quad /4.1/$$

$$\ln y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln t + \varepsilon_t \quad /4.2/$$

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{t} + \varepsilon_t \quad /4.3/$$

1 Uwagi dotyczące tego zagadnienia znaleźć można m.in.:
Z.Czerwiński "Matematyka na usługach ekonomii", op.cit.,
str.320 i nast., O.Lange "Wstęp do ekonometrii", op.cit.,
str.34 i nast.

gdzie:

y_t - wielkość zużycia /dostaw/ w okresie t ,

t - czas,

β_0, β_1 - parametry strukturalne modelu,

ϵ_t - składnik losowy dla okresu t .

4.2.1. Analiza wyników obliczeń

Obliczenia wykonano na podstawie danych miesięcznych z lat 1968 - 1970 dotyczących wielkości zużycia i dostaw wybranych surowców drzewnych.

Uwzględniono następujące surowce krajowe:

- papierówka świerkowa okorowana $/Y_1/$

- papierówka świerkowa w korze $/Y_2/$

- żerdzie papiernicze w korze $/Y_3/$

- papierówka osikowa $/Y_4/$

- papierówka sosnowa $/Y_5/$

oraz z importu:

- papierówka świerkowa okorowana $/Y_6/$

- papierówka świerkowa w korze $/Y_7/$.

Parametry wybranych modeli oszacowano za pomocą metody najmniejszych kwadratów¹.

¹ Obliczenia wykonane zostały na EMC GIER w Zakładzie Obliczeń Numerycznych Uniwersytetu Warszawskiego na podstawie programu Tet-11 opracowanego przez dr A.S.Tomaszewicza z Instytutu Ekonometrii i Statystyki Uniwersytetu Łódzkiego.

4.2.1.1. Analiza trendu zużycia surowców

Otrzymane w procesie estymacji oceny współczynników trendów zużycia surowców oraz odpowiadające im wartości statystyk t-Studenta podaje tablica Nr 4. Analiza uzyskanych rezultatów pozwala na wysunięcie następujących wniosków:

- wybrane postacie trendów wykazują małą zgodność z danymi empirycznymi, bowiem współczynniki determinacji znajdują się w przedziale $/0,0006 - 0,4208/$;
- na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ istotny jest dla wszystkich surowców parametr $\hat{\beta}_0$ /we wszystkich wariantach/. Natomiast ocena parametru $\hat{\beta}_1$ dla większości surowców jest nieistotna.

Wyjątek stanowią: papierówka osikowa w wariancie pierwszym i drugim oraz papierówka sosnowa w wariancie drugim.

Można więc przyjąć, że wielkość zużycia surowców nie wykazuje istotnych zmian w czasie.

4.2.1.2. Analiza trendu dostaw surowców

Wyniki estymacji¹ trendu dla dostaw surowców pozwalają stwierdzić małą zgodność wybranych funkcji z danymi empirycznymi.

Odpowiednie współczynniki determinacji przyjmują wartości z przedziałów $/0,01 - 0,26/$.

¹ Por. tablica Nr 5.

T a b l i c a N r 4

Współczynniki trendu zużycia surowców drzewnych

Suro- wiec	Wa- riant	Oceny parametrów				
		$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	T_{β_0}	T_{β_1}	R^2
Y ₁	1	13 924,91	83,92	14,36	- 1,84	0,09
	2	1,19	0,69	8,84	- 1,43	0,06
	3	11,67	0,27	235,32	1,16	0,04
Y ₂	1	2 092,42	30,75	5,61	1,75	0,08
	2	9,87	0,08	40,70	0,95	0,03
	3	10,15	0,44	114,89	- 1,05	0,03
Y ₃	1	328,18	- 1,49	12,47	- 1,20	0,04
	2	0,82	0,01	40,52	- 0,12	0,04
	3	0,79	0,03	106,33	0,82	0,02
Y ₄	1	68,03	- 20,51	7,77	- 4,97	0,42
	2	10,52	0,15	7,32	- 2,99	0,21
	3	0,59	0,45	10,42	1,69	0,08
Y ₅	1	415,52	17,34	3,37	2,99	0,21
	2	0,83	0,01	9,60	0,28	0,002
	3	0,86	0,03	27,16	- 0,23	0,002
Y ₆	1	4 288,74	- 38,78	6,02	- 1,15	0,04
	2	1,08	0,02	22,32	- 1,26	0,04
	3	1,02	0,04	56,50	0,53	0,01
Y ₇	1	1 563,76	38,00	3,44	1,78	0,08
	2	0,99	0,002	22,22	- 0,16	0,001
	3	0,97	0,06	60,59	0,82	0,02

Zródło: Obliczenia własne na podstawie danych ze sprawozdań ilościowych.

Tablica Nr 5

Współczynniki trendu dostaw surowców drzewnych

Surowiec	Wariant	Oceny parametrów				
		β_0	β_1	T_{β_0}	T_{β_1}	R^2
Y ₁	1	14 504,68	-111,64	8,47	- 1,38	0,05
	2	1,18	0,001	74,72	- 1,22	0,04
	3	1,21	0,015	26,74	- 1,05	0,03
Y ₂	1	2 709,56	- 13,693	5,03	- 0,54	0,01
	2	0,99	0,0005	35,86	- 0,39	0,004
	3	1,05	0,021	13,40	- 0,84	0,02
Y ₃	1	565,99	5,188	3,89	0,79	0,01
	2	0,78	0,003	18,34	1,65	0,07
	3	0,55	0,094	4,80	2,49	0,15
Y ₄	1	372,62	- 4,555	1,33	5,03	0,05
	2	0,78	0,002	13,60	- 0,87	0,02
	3	0,89	0,052	5,48	- 0,98	0,02
Y ₅	1	541,82	11,785	4,96	2,29	0,13
	2	0,84	0,001	45,79	1,96	0,10
	3	0,76	0,037	14,72	2,24	0,12
Y ₆	1	3 520,32	- 20,86	3,70	- 0,46	0,006
	2	0,91	0,004	3,25	- 0,004	0,000
	3	0,91	0,006	1,49	- 0,003	0,000
Y ₇	1	2 177,97	- 6,34	2,97	- 0,18	0,001
	2	0,72	0,04	1,21	0,01	0,000
	3	0,53	0,03	1,43	- 0,002	0,003

Zdźrźko: Obliczenia własne na podstawie danych dotyczćcych dostaw ze sprawozdań ilościovych.

Ponadto dla większości surowców istotne¹ okazały się tylko oceny parametru $\hat{\beta}_0$, natomiast ocena $\hat{\beta}_1$ była istotna tylko dla papierówki sosnowej i papierówki osikowej w wariancie pierwszym oraz dla żerdzi papierniczych w korze i papierówki sosnowej w wariancie trzecim.

Można zauważyć, że mamy tu do czynienia z sytuacją analogiczną do otrzymanej w przypadku zużycia surowców. Tak jak poprzednio nie udało się wykryć trendu /większość ocen $\hat{\beta}_1$ jest nieistotna²/.

W n i o s k i:

1/ Wyniki estymacji parametrów wybranych trendów wskazują, że w strumieniach zużycia i dostaw nie występują wyraźne tendencje o charakterze długookresowym.

2/ Wydaje się celowe zbadanie interesujących nas strumieni za pomocą modeli zawierających również zmienne związane z sezonowością badanego zjawiska.

4.3. Badanie wahań sezonowych

Występowanie w a h a ń s e z o n o w y c h w przebiegu procesów ekonomicznych /a do nich zaliczamy strumienie zużycia i ~~dostaw~~ surowców/ spowodowane są różnymi czynnikami np.: zmianami

1 Istotności parametrów badano na poziomie $\alpha = 0,05$.

2 Występowanie istotnych ocen $\hat{\beta}_1$ było zjawiskiem rzadkim /raz w wariancie pierwszym i dwa razy w wariancie trzecim/. Nie można więc tego faktu uznać za podstawę do stwierdzenia występowania zależności dostaw od czasu.

klimatycznymi lub zjawiskami społecznymi.

Wahania sezonowe zużycia surowców są następstwem wahań produkcyjnych. Te ostatnie mogą wystąpić pod wpływem różnych czynników naturalnych lub społecznych, wśród których ważnym czynnikiem może być zmienność popytu. W badanej branży zjawisko to nie występuje, gdyż wielkość popytu na wyroby papiernicze nie ulega na ogół zmianom związanym z występowaniem sezonów.

Daje się natomiast zaobserwować zwiększone zużycie surowców pod koniec kwartałów¹. Przyczyną tego może być niepełne wykonanie planowanych zadań produkcyjnych w pierwszych miesiącach kwartału.

W tej sytuacji uruchamiane są często, pod koniec kwartału, rezerwy mocy produkcyjnych co pociąga za sobą wzrost zużycia surowców.

Regularne wahania sezonowe mogą występować w przebiegu dostaw. W tym przypadku wahania sezonowe mogą być spowodowane zwiększonym zapotrzebowaniem na środki transportu w pewnych okresach czy przez warunki atmosferyczne utrudniające prawidłowy przebieg przewozów.

Występowanie regularnych wahań sezonowych w przebiegu badanego zjawiska można wyodrębnić w dwojaki sposób:

- za pomocą tradycyjnych metod statystycznych²,

¹ Zgodnie z obowiązującymi przepisami wykonanie kwartalnych zadań produkcyjnych jest podstawą do oceny działalności przedsiębiorstwa i wypłacania premii za wykonanie planowanych zadań.

² Przegląd tych metod zawiera m.in. praca S.Szulca "Metody statystyczne", Warszawa 1968, str.320 i nast., a także O.Jange "Wstęp do ekonometrii", op.cit., str.63-81.

- metodą analityczną /wykorzystując analizę regresji do oszacowania wielkości efektów sezonowych łącznie z innymi parametrami strukturalnymi modelu¹/.

W dalszym ciągu została wykorzystana metoda analityczna, ze względu na to, że pierwszy z wymienionych sposobów postępowania posiada liczne wady, a mianowicie:

- pozwala jedynie na wyodrębnienie wahań periodycznych /o równych okresach i amplitudach wahań/. W przypadku wahań innego typu szereg wyrównany za pomocą średniej ruchomej będzie zniekształcony na skutek niepełnego wyeliminowania wpływu czynników sezonowych²,
- tradycyjne metody nie dają możliwości zweryfikowania hipotezy o istotności zaobserwowanych wahań.

1 Zastosowanie analizy regresji do badania wielkości efektów sezonowych zajmowało się wielu autorów m.in.: L.R.Klein "Wstęp do ekonometrii", PWE, Warszawa 1965; M.C.Lovell: "Seasonal Adjustment of Economic Time Series and Multiple Regressions Analysis; "Journal of the American Statistical Association", 304/1963; Z.Zieliński "Ekonometryczne metody analizy wahań sezonowych", Zeszyty Naukowe Politechniki Szczecińskiej" Nr 112 Prace Monograficzne, 55/1969; J.Więcek "Ekonometryczna analiza popytu na artykuły tekstylno-odzieżowe", rozprawa doktorska Łódź, 1971, maszynopis.

2 Por. np. B.Lewy, Z.Wesoły: "Uwagi o szacowaniu efektów sezonowych metodami analizy regresji", Wiadomości Statystyczne 8/1969 Z.Pawłowski: "Ekonometria", PWN, Warszawa 1969, str. 209 i nast.

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \sum_{j=1}^{11} \beta_j /z_j - z/k+1/.12/ + \varepsilon_t \quad /4.5/$$

Parametry strukturalne modelu /4.5/ można interpretować następująco:

α_0 - wyraz wolny

α_1 - współczynnik tendencji rozwojowej badanego zjawiska

β_j / $j=1,2,\dots,11$ / - wielkość efektów sezonowych wyrażających przeciętne odchylenia poziomu zjawiska w j -tym miesiącu roku od trendu.

Model /4.5/ wykorzystano do oszacowania wielkości efektów sezonowych w poszczególnych miesiącach z wyjątkiem grudnia. Wielkość tych efektów dla grudnia wyznaczono oddzielnie wykorzystując zależność

$$\sum_{j=1}^{12} \beta_j = 0 \quad /4.6/$$

4.3.1. Analiza wyników obliczeń

4.3.1.1. Badanie sezonowości i trendu zużycia surowców

Obliczenia wykonano na podstawie danych miesięcznych dotyczących zużycia i dostaw surowców drzewnych. Oceny parametrów modelu /11/ dla zużycia surowców podane zostały w tablicy Nr 6. Otrzymane rezultaty pozwalają na stwierdzenie, że:

Wielkości efektów sezonowych zużycia surowców drzewnych

Pa me try	s u r o w c e													
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	estyma- tor	T _j	estyma- tor	T _j	estyma- tor	T _j	estyma- tor
0	13499,86	-14,68	2281,39	15,96	1322,99	11,08	519,17	14,68	1521,50	14,53	14820,92	16,68	11697,71	14,18
1	-61,13	-1,39	20,60	11,12	-1,21	-0,87	6,89	11,30	11,64	12,01	-67,75	-1,96	30,85	11,59
1	2616,93	1,80	-687,34	-1,13	44,72	0,97	-66,19	-0,38	-477,66	-2,63	-34,39	-0,30	-137,95	-0,22
2	130,95	0,09	-1174,17	-1,95	-37,61	10,82	1363,62	2,09	-292,37	-1,02	-97,48	-0,86	-11,47	-0,02
3	648,98	0,45	-762,23	-1,27	-10,10	-0,22	79,46	0,46	-184,88	-1,03	-1931,43	-1,71	186,02	0,29
4	2041,84	1,42	102,17	0,17	34,71	0,76	-90,87	-0,52	172,91	0,96	-1387,15	-1,23	-278,44	-0,44
5	-1917,53	-1,33	855,58	1,43	36,66	0,81	-40,53	-0,23	66,20	0,37	-348,52	-0,31	870,75	1,38
6	-3351,20	-2,34	682,81	1,14	0,20	10,004	4,94	0,03	-75,78	-0,42	101,00	0,09	-797,77	-1,26
7	1827,16	1,28	-187,01	-0,31	-14,02	-0,31	153,38	0,31	-243,99	-1,36	63,72	0,06	-779,26	-1,23
8	2384,32	1,66	42,16	0,07	26,86	0,59	153,12	0,89	81,10	0,45	-116,86	-0,10	-1388,58	-2,20
9	-561,66	-0,39	165,23	0,27	-57,80	-1,27	-116,00	-0,67	206,46	1,15	-204,11	-0,18	-1086,66	-1,71
10	-1358,05	-0,95	966,43	1,61	-40,66	-0,89	-33,17	-0,19	364,88	2,03	2341,41	2,08	1230,56	1,94
11	-1767,00	-1,22	339,47	0,56	-36,48	-0,80	-110,86	-0,64	279,57	1,54	206,13	0,18	1841,34	2,89
12	-694,74	-0,10	-343,09	-0,17	53,53	10,005	-196,42	-0,34	103,56	0,17	-1407,69	-0,37	351,45	0,16
12	0,49	0,40	0,27	0,26	0,57	0,39	0,55							

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych ze sprawozdań ilościowych

- model /11/ wykazuje większą zgodność z danymi empirycznymi w porównaniu z uwzględnionymi poprzednio postaciami trendów. Współczynniki determinacji R^2 znajdują się w przedziale /0,26 - 0,57/;
- z analizy istotności ocen parametrów na poziomie $\alpha = 0,05$ wynika, że dla wszystkich surowców istotna jest ocena α_0 . Ocena α_1 jest nieistotna dla wszystkich surowców, zatem można przyjąć, że przeciętne zużycie jest niezależne od czasu. Oceny parametrów β_j dla większości surowców są nieistotne. Wyjątek stanowią:

$\hat{\beta}_2$ - dla papierówki sosnowej

$\hat{\beta}_6$ - dla papierówki świerkowej okorowanej krajowej

$\hat{\beta}_8$ - dla papierówki świerkowej w korze z importu, oraz

$\hat{\beta}_{10}$ - dla obu papierówek z importu.

Ostatnie spostrzeżenia pozwalają uznać, że zużycie surowców nie wykazuje regularnych sezonowych odchyień od poziomu przeciętnego.

4.3.1.2. Badanie sezonowości i trendu dostaw surowców

Przejdźmy teraz do analizy wielkości efektów sezonowych i trendu dla dostaw surowców. Oceny odpowiednich parametrów umieszczono w tablicy Nr 7. Otrzymane wielkości współczynników determinacji pozwoliły uznać, że w tym przypadku model /11/ na ogół dobrze opisuje badane zjawisko $R^2 \in [0,57 + 0,81]$ /.

Wielkości efektów sezonowych dostaw surowców drzewnych

s u t o w o c e														
Pa ra me try	Y ₁		Y ₂		Y ₃		Y ₄		Y ₅		Y ₆		Y ₇	
	estyma- tor	T _j	estyma- tor	T _j	estyma- tor	T _j	estyma- tor	T _j	estyma- tor	T _j	estyma- tor	T _j	estyma- tor	T _j
0	14245,25	15,74	2544,20	5,76	339,20	5,72	681,16	6,12	632,70	6,32	4196,69	7,68	1510,53	3,32
1	-100,98	-2,33	2,11	0,10	-2,86	-1,00	-1,16	-0,21	6,25	1,32	-57,43	-2,20	29,73	1,37
1	-4651,74	-3,26	359,78	0,51	-148,51	-1,59	-255,48	-1,45	-251,48	-1,59	-3071,20	-3,57	157,08	2,19
2	-4860,50	-3,42	-722,30	-1,04	-11,69	0,12	-217,59	-1,24	-395,86	-2,52	-3301,07	-3,85	3241,52	4,55
3	410,41	0,29	-547,69	-0,79	-70,56	-0,76	-169,63	-0,97	-205,91	-1,31	-3096,61	-3,63	2436,26	3,43
4	557,79	0,39	773,93	1,12	-112,10	-1,21	-108,20	-0,62	-121,93	-0,78	-939,52	-1,10	1825,36	2,58
5	2489,33	1,77	1547,95	2,25	243,76	2,64	-46,47	-0,26	-13,88	-0,09	548,71	0,64	-233,87	-0,33
6	3069,94	2,18	1210,84	1,76	284,62	3,09	184,79	1,07	-166,33	-1,07	1663,87	1,96	-1899,24	-2,69
7	6168,62	4,39	2079,36	3,03	350,47	3,80	362,81	2,10	26,32	0,16	4645,83	5,48	-1641,64	-2,32
8	4762,16	3,38	64,14	0,09	-23,23	-0,25	735,67	4,25	522,54	3,36	-1932,06	2,27	-2105,17	-2,98
9	4715,74	3,34	-725,31	-1,05	18,46	0,20	231,40	1,33	121,76	0,78	2966,85	3,49	-2120,00	-2,99
10	-2848,58	-2,01	-1729,02	-2,50	-215,38	-2,32	-201,77	-1,16	236,77	1,51	561,95	0,65	-1212,00	-1,71
11	-4633,84	-3,26	-1195,44	-1,72	-168,29	-1,81	-278,21	-1,59	195,49	1,24	27,87	0,03	-1056,57	-1,48
12	-5179,33	-6,24	-1116,23	-0,11	-147,54	-0,20	-237,35	-0,04	52,51	0,10	-1938,73	-0,69	1194,57	0,51
R ²	0,81		0,57		0,66		0,59		0,58		0,80		0,76	

Zródło: obliczenia własne na podstawie danych ze sprawozdań ilościowych

Badanie istotności parametrów wykazało, że dla surowców krajowych a mianowicie:

- papierówki świerkowej okorowanej $/Y_1/$ istotne są niemal wszystkie oceny parametrów /poza $\hat{\beta}_3$ i $\hat{\beta}_4/$;
- papierówki świerkowej w korze i osikowej istotne są oceny parametrów: $\hat{\alpha}_0$, $\hat{\beta}_5$, $\hat{\beta}_6$, $\hat{\beta}_7$, $\hat{\beta}_{10}$, $\hat{\beta}_{11}$;
- papierówki sosnowej kl.II i żerdzi papierniczych istotne są $\hat{\alpha}_0$ i $\hat{\beta}_8$ oraz $\hat{\beta}_7$ dla pierwszej z nich, a $\hat{\beta}_2$ dla drugiej.

W przypadku surowców z importu większość ocen parametrów jest istotna poza $\hat{\beta}_4$, $\hat{\beta}_5$, $\hat{\beta}_{10}$, $\hat{\beta}_{11}$ i $\hat{\beta}_{12}$ dla papierówki świerkowej okorowanej oraz $\hat{\beta}_5$, $\hat{\beta}_{11}$, $\hat{\beta}_{12}$ dla papierówki świerkowej w korze.

Rozpatrując wyznaczone wielkości efektów sezonowych można zauważyć, że dla pierwszych czterech surowców krajowych w I i IV kwartale występują ujemne, a w II i III kwartale dodatnie wielkości efektów sezonowych /por. tablica Nr 8 /.

T a b l i c a N r 8.

Kształtowanie się wielkości efektów sezonowych dostaw krajowych surowców drzewnych

		Znaki wielkości efektów sezonowych											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Y_1		-	-	0	0	+	+	+	+	0	-	-	-
Y_2		0	0	0	0	+	+	+	0	0	-	-	0
Y_3		0	0	0	0	+	+	+	0	0	-	-	0
Y_5		0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!

źródło: obliczenia własne na podstawie danych ze sprawozdań ilościowych.

- ! Znak "+" oznacza występowanie dodatniego efektu sezonowego, "-" - ujemnego efektu sezonowego, a "0" - nieistotny efekt sezonowy.

Oznacza to, że w pierwszym przypadku dostawy kształtują się poniżej, a w drugim powyżej przeciętnej miesięcznej wielkości dostaw.

Wśród ujemnych wielkości wyjątkami są oceny: $\hat{\beta}_3$ dla papierówki świerkowej okorowanej i $\hat{\beta}_1$ dla papierówki świerkowej w korze, ale ze względu na to, że są statystycznie nieistotne można przyjąć, że dostawy w tych miesiącach kształtują się na poziomie przeciętnym¹.

Z tej samej przyczyny można uznać za równe 0 oceny: $\hat{\beta}_0$ dla papierówki świerkowej okorowanej, $\hat{\beta}_4$ i $\hat{\beta}_8$ dla żerdzi papierniczych w korze oraz $\hat{\beta}_4$ i $\hat{\beta}_5$ dla papierówki osikowej.

Otrzymane wyniki można wyjaśnić następująco. Mniejsze od wielkości przeciętnej dostawy w I i w końcu IV kwartału mogły być wywołane przez występujące często w tym okresie zakłócenia w przewozach /związane z niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi/, bądź przez brak surowców u dostawców /spowodowany trudnościami wywozu z lasu do składnic kolejowych/. Zmniejszenie dostawy w miesiącach X i XI mogły być wywołane przez brak środków transportu. Jak wiadomo, występuje wtedy zwiększone zapotrzebowanie na te środki związane z przewozami płodów rolnych. Zwiększone /w stosunku do przeciętnej/ dostawy w drugim i trzecim kwartale można interpretować jako rekompensatę za niezrealizowanie w pełni zamówień w okresie poprzednim, bądź jako stwarzanie odbiorcy możliwości zabezpieczenia

¹ Formalnie, oznacza to, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy $H_0 : \beta_3 = 0$ dla Y_4 , $\beta_1 = 0$ dla Y_2 .

się przed ewentualnym brakiem surowca w następnym okresie.

Dostawy żerdzi papierniczych kształtując się na ogół na poziomie przeciętnym /oceny β_k nieistotne/. Wyjątek stanowią dostawy w lutym i sierpniu.

Na koniec omówione zostaną wyniki otrzymane dla surowców z importu. W przypadku papierówki świerkowej okorowanej dostawy w miesiącach: VI, VII, VIII i IX są większe, a w pierwszym kwartale i w grudniu mniejsze od wielkości przeciętnej. W pozostałych miesiącach kształtują się one na poziomie przeciętnym.

Dostawy papierówki w korze przebiegają niemal odwrotnie, niż w poprzednim przypadku, bowiem zwiększone dostawy /w stosunku do przeciętnej/ obserwuje się w pierwszych czterech miesiącach roku, zmniejszone w okresie od czerwca do października włącznie. Pozostałe, czyli w maju, listopadzie i grudniu równe są przeciętnej dostawie.

Otrzymane wyniki skłaniają do przypuszczenia, że w dostawach surowców drzewnych z importu występuje tendencja do wzajemnego ich uzupełniania, czyli zmniejszone dostawy pierwszego z nich "pociągają" za sobą zwiększone dostawy drugiego i odwrotnie. Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że w pewnych miesiącach występują w miarę regularne wahania sezonowe wielkości dostaw badanych surowców z wyjątkiem żerdzi papierniczych. W przypadku surowców krajowych miesięczne dostawy w pierwszym i czwartym kwartale są mniejsze, a w drugim i trzecim

większe od wielkości przeciętnej. Natomiast dla surowców z importu sytuacja jest następująca: dostawy większe od wielkości przeciętnej występują w okresie od VI - IX dla papierówki okorowanej, a od I - IV dla papierówki w korze oraz mniejsze od XII - III dla pierwszego z nich, a od VI - X dla drugiego surowca.

Podkreślić tu jednak należy, że w przypadku surowców importowanych trudno jest rozstrzygnąć, czy takie właśnie kształtowanie się wielkości dostaw jest rezultatem działania wahań sezonowych, czy pewnego rodzaju sterowania dostawami.

W n i o s k i k o Ń c o w e.

1. Analiza z u ż y c i a s u r o w c ó w pozwala stwierdzić, że:

- zużycie surowców kształtuje się na ogół na poziomie przeciętnym,
- odchylenia od poziomu przeciętnego spowodowane są czynnikami losowymi.

Powyższe wnioski pozwalają na traktowanie strumienia zużycia jako procesu stacjonarnego.

2. Rezultaty analizy d o s t a w s u r o w c ó w wskazują, że - przeciętna wielkość dostawy jest niezależna od czasu.

W pewnych miesiącach występują wahania sezonowe, a mianowicie: styczeń, luty, czerwiec, lipiec, sierpień, wrzesień są spowodowane czynnikami sezonowymi, natomiast w pozostałych miesiącach - czynnikami losowymi.

Powyższe wnioski mogą stanowić pewną wskazówkę przy ustalaniu wielkości zamówień i poziomu zapasów surowców w przedsiębiorstwie. Wydaje się słuszne, aby fakt, że dostawy w pewnych miesiącach wskazują regularne wahania sezonowe znalazły odbicie w praktyce zaopatrzenia.

R o z d z i a ł p i ą t y

WYBRANE ZAGADNIENIA STEROWANIA ZAPASAMI

5.1. Ogólne uwagi o sterowaniu zapasami

Modele sterowania zapasami można podzielić, ze względu na charakter posiadanych informacji, na d e t e r m i n i s t y c z n e i s t o c h a s t y c z n e¹.

Do pierwszych z nich zaliczamy te modele, których parametry są nielosowymi funkcjami czasu. W przeciwnym przypadku modele sterowania zapasami zaliczamy do drugiej grupy. Zwykle o typie modelu decyduje podstawowy parametr jakim jest zapotrzebowanie.

W pierwszym przypadku można przyjąć, że zapotrzebowanie jest nielosową funkcją czasu. Pozwala to ustalić optymalną politykę przez określenie zarówno wielkości jak i momentów składania zamówień².

¹ Istnieją jeszcze inne kryteria podziału np. w zależności od ilości podejmowanych decyzji dzieli się te modele na j e d n o e t a p o w e i w i e l o e t a p o w e /por.np. S.Karlin "Matematyczna teoria procesu zapasów" w: Nowoczesna matematyka dla inżynierów pod red. Beckenbacha, PWN, Warszawa 1968, s.305-318

² Zagadnienia dotyczące deterministycznych modeli sterowania zapasami omówione są m.in. w: F.Hausman "Operations Research in Production and Inventory Control", J.Wiley and Sons, New York-London 1962; O.Lange "Optymalne decyzje", PWN, Warszawa 1964, str.216-227; S.Karlin "Matematyczna teoria procesu zapasów", op.cit., str. 305-311.

W praktyce ważniejszy jest przypadek, gdy zapotrzebowanie traktujemy jako zmienną losową. Najczęściej rozważa się sytuację, w której zapotrzebowania w ustalonych jednostkach czasu tworzą ciąg losowy. Na ogół zakłada się przy tym, że zmienne losowe /wyrazy ciągu/ są niezależne en bloc i mają znany /zwykle jednakowy/ rozkład prawdopodobieństwa. Klasyczny model tego typu został przedstawiony przez K.Arrowa, S.Karlina i H.Scarfa¹. Opisuje on sposób wyznaczania wielkości zamówienia /produkcji/ na początku każdego okresu, przy której oczekiwane łączne koszty uwzględnione w modelu są najmniejsze. Koszty każdego okresu są funkcją zapasu początkowego - x , zamówienia $z = y - x$ / y - poziom do którego uzupełnia się zapas/ i losowego popytu s . Oznaczmy te koszty przez $L/x, y, s/$, a ich wartość oczekiwaną przez $K/x, y/$, czyli $E [L/x, y, s/ = K/x, y/]$. Minimalizacja funkcji $K/x, y/$ względem $y \in R/x/$, gdzie $R/x/$ jest zbiorem dopuszczalnych decyzji, zależnych na ogół od x , pozwala na wyznaczenie minimalnych kosztów jednostkowych w zależności od początkowego poziomu zapasu. W przypadku modelu jednookresowego oznacza to ustalenie optymalnej polityki zakupu.

Dla rozwiązania problemu minimalizacji kosztów wielookresowych stosuje się metody programowania dynamicznego. W tym celu określa się funkcję $f_n/x/$ reprezentującą minimalne koszty w ciągu n okresów

1 Model ten został opisany w pracy wyżej wymienionych autorów "Studies in the mathematical theory of inventory and production", Stanford 1958,

2 W najprostszym przypadku przyjmuje się, że $R/x/ = \{y : y \geq x\}$.

przy początkowym stanie zapasu równym x . Minimalny oczekiwany koszt dla etapu pierwszego spełnia zależność

$$f_1/x/ = \min_{y \geq x} K/x,y/ \quad /5.1/$$

a minimalne koszty oczekiwane dla pozostałych etapów określone są następującym wzorem rekurencyjnym:

$$f_n/x/ = \min_{y \geq x} \{ K/x,y/ + E[f_{n-1}/y-s/] \} \quad /5.2/$$

Trudności związane z rozwiązaniem takiego zagadnienia uzależnione są od postaci funkcji kosztów i rozkładu zapotrzebowania. Pewnym ułatwieniem jest możliwość wyznaczenia bądź ciągu funkcji $f_n/x/$ bądź też ciągu tzw. funkcji decyzyjnych $\varphi_n/x/=y_n$ określających optymalną decyzję w każdym okresie jako funkcję aktualnego stanu zapasu.

W literaturze omawiane są różne warianty modelu /5.1/-/5.2/. Uwzględnia się w nich pewne własności popytu i podaży¹, różne postaci funkcji kosztów², itp.

W większości zagadnień sterowania zapasami /szczególnie, gdy są to modele stochastyczne/ rezygnuje się z wyboru optymalnej polityki ze zbioru wszystkich możliwych. Przyjmuje się zwykle dodatkowe

1 Uwzględnia się np. tzw. poślizg w dostawach zakładając przy tym, że niezrealizowane zamówienia /bądź ich część/ zostaną dostarczone w następnych okresach /por.np. S.Karlin "Matematyczna teoria procesu zapasów", op.cit., str.314-317/.

2 Zakłada się np., że wszystkie koszty występujące w modelu można aproksymować przez funkcje kwadratowe. Takie podejście przedstawione jest w: C.Holt, F.Modigliani, H.Simon "Linear decision rule for production and employment scheduling", Management Sci.2/1955, s.1-31, oraz w: H.Simon "On the application of servomechanism theory in the study of production control", Econometrica 20/1952, s.247-268,

ograniczenia, które pozwalają na optymalizację przy uwzględnieniu wąskiego zakresu możliwych polityk.

Wykorzystanie znanych z literatury modeli sterowania zapasami w naszej praktyce gospodarczej napotyka na znaczne trudności. Powodem tego jest niezmiernie złożona struktura stosunków występujących między dostawcą i odbiorcą. Dodatkową komplikację stanowi ingerencja władz gospodarczych w postaci ustalania tzw. p r i o r y t e t ó w i licznych przepisów obowiązujących w sferze produkcji i obrotu. W wielu przypadkach przepisy te w sposób jednoznaczny ustalają politykę zakupu, optymalizacja staje się wtedy trywialna.

Poza tym należy zwrócić uwagę na fakt, że większość opisanych w literaturze modeli zapasów dotyczy tzw. r y n k u n a b y w c y, czyli przyjmuje się w nich, że występuje nadwyżka podaży nad popytem. Przyjęcie takiego założenia w naszych warunkach na ogół nie jest słuszne. Nawet wtedy, gdy występuje nadwyżka podaży w skali ogólnokrajowej, wobec braku swobody w wyborze dostawcy, nie zawsze oznacza to jej występowanie w konkretnym przypadku.

Wymienione wyżej względy były powodem podjęcia próby skonstruowania modeli w większym stopniu dostosowanych do istniejącego systemu zaopatrzenia.

W dalszej części pracy przedstawione zostaną pewne propozycje dotyczące sposobu ustalania polityki zamówień. Prezentowane modele zamówień uwzględniają dwa następujące przypadki kształtowania się

dostaw:

- 1/ gdy dostawy są zgodne z zamówieniem /zarówno co do terminu jak i wielkości dostawy/,
- 2/ gdy dostawy kształtują się inaczej niż było to określone w zamówieniu /mogą występować różnice między planowaną i zrealizowaną wielkością, bądź odchylenia w terminie dostawy/.

5.2. Model zamówień kwartalnych dla przypadku, gdy dostawy realizowane są zgodnie z zamówieniami.

5.2.1. Charakterystyka modelu

Przedstawiony zostanie sposób wyznaczania wielkości zamówień, w przypadku, gdy zapotrzebowanie jest zmienną losową o znanym rozkładzie oraz dostawy realizowane są zgodnie z zamówieniami.

Przyjmujemy, że przedsiębiorstwo składa zamówienia kwartalnie z podziałem na miesiące, gdyż tak aktualnie przebiega proces zamówień w badanym przedsiębiorstwie. Należy ustalić takie wielkości zamówień miesięcznych, aby ryzyko wystąpienia braku surowca było równe ustalonej z góry liczbie α , czyli aby z prawdopodobieństwem $1 - \alpha$ można było oczekiwać, że zapotrzebowanie w danym miesiącu nie przekroczy wielkości posiadanego zapasu i dostawy.

Założenia modelu:

- 1/ miesięczne zapotrzebowania R_1 tworzą ciąg niezależnych zmiennych losowych o rozkładzie normalnym i parametrach μ, σ ,

2/ odbiorca składa zamówienia kwartalne z podziałem na miesiące $/D_1/$,

3/ zamówienia składa się dwa miesiące przed początkiem kwartału realizacji,

4/ dostawy realizowane są najpóźniej w końcu każdego miesiąca, przy czym dostarczona ilość jest zgodna z ilością zamówioną.

Wobec przyjętych założeń, odbiorca musi liczyć się z faktem, że całą zamówioną ilość surowca może otrzymać w ostatnich dniach miesiąca.

Ponadto, zgodnie z założeniem /3/ odbiorca powinien ustalić wielkość następnego zamówienia kwartalnego dwa miesiące wcześniej.

W momencie składania zamówienia znane są następujące wielkości:

z_0 - zapas danego surowca, oraz

D_t, D_{t+1} - zamówienia na drugi i trzeci miesiąc bieżącego kwartału.

Nieznana wielkość zamówienia D_{t+2} na pierwszy miesiąc następnego kwartału można wyznaczyć ze wzoru:

$$P\{R_t + R_{t+1} + R_{t+2} < z_0 + D_t + D_{t+1} + D_{t+2}\} = 1 - \alpha \quad /5.3/$$

gdzie:

R_t - zapotrzebowanie w drugim miesiącu bieżącego kwartału,

R_{t+1} - zapotrzebowanie w trzecim miesiącu bieżącego kwartału,

R_{t+2} - zapotrzebowanie w pierwszym miesiącu przyszłego kwartału,

D_t - wielkość zamówienia na drugi miesiąc bieżącego kwartału,

D_{t+1} - wielkość zamówienia na trzeci miesiąc bieżącego kwartału,

D_{t+2} - wielkość zamówienia na pierwszy miesiąc przyszłego kwartału.

Korzystając z założenia /1/ można dokonać standaryzacji sumy R_t ,

R_{t+1} , R_{t+2} i postulat /1/ zapisać w postaci:

$$P \left\{ \frac{R_t + R_{t+1} + R_{t+2} - 3\mu}{\sqrt{3}\sigma} < \frac{z_0 + D_t + D_{t+1} + D_{t+2} - 3\mu}{\sqrt{3}\sigma} \right\} = 1 - \alpha$$

stąd

$$\frac{z_0 + D_t + D_{t+1} + D_{t+2} - 3\mu}{\sqrt{3}\sigma} = \Phi^{-1} / 1 - \alpha /$$

gdzie jest dystrybuantą standaryzowanego rozkładu normalnego.

Oznaczmy

$$\Phi^{-1} / 1 - \alpha / = k$$

Wtedy wzór określający wielkość zamówienia na pierwszy miesiąc następnego kwartału ma postać:

$$D_{t+2} = 3\mu - z_0 - /D_t + D_{t+1}/ + k\sigma\sqrt{3} \quad /5.4/$$

Wielkość zamówienia na drugi miesiąc następnego kwartału D_{t+3} można wyznaczyć ze związku:

$$P \left\{ R_t + R_{t+1} + R_{t+2} + R_{t+3} < z_0 + D_t + D_{t+1} + D_{t+2} + D_{t+3} \right\} = 1 - \alpha$$

stąd

$$D_{t+3} = 4\mu - z_0 - /D_t + D_{t+1} + D_{t+2}/ + k\sigma\sqrt{4} \quad /5.5/$$

Analogicznie wyznaczona wielkość zamówienia na trzeci miesiąc następnego kwartału jest równa:

$$D_{t+4} = 5\mu - z_0 - /D_t + D_{t+1} + D_{t+2} + D_{t+3}/ + k\sigma\sqrt{5} \quad /5.6/$$

Z powyższych wzorów wynika, że zamówienie na cały kwartał jest równe:

$$D_{t+2} + D_{t+3} + D_{t+4} = 3\mu - z_t - D_t - D_{t+1} + k\sqrt{3}G$$

Zgodnie z założeniem /3/ po upływie trzech miesięcy należy ustalić kolejne zamówienia. Stan zapasów w chwili składania tych zamówień określony jest następująco:¹

$$z_{t_1} = z_{t_0} + D_t + D_{t+1} + D_{t+2} - /R_t + R_{t+1} + R_{t+2}/ \quad /5.7/$$

gdzie:

z_0 - zapas początkowy,

D_t, D_{t+1}, D_{t+2} - wielkości dostaw /zgodnie z założeniem /4/ są one równe wielkości złożonych zamówień/,

$R_t + R_{t+1} + R_{t+2}$ - zmienna losowa odpowiadająca zapotrzebowaniu w ciągu trzech miesięcy o rozkładzie normalnym i parametrach $/3\mu, \sqrt{3}G/$.

Ponieważ założono powyżej, że $D_t = D_{t+1} = \mu$ więc, gdyby $z_t = \mu$ to byłby spełniony warunek:

$$z_{t_1} = 3\mu + k\sqrt{3}G - /R_t + R_{t+1} + R_{t+2}/ \quad /5.8/$$

Zapas przed złożeniem następnego zamówienia z_1 jest wtedy zmienną losową o rozkładzie normalnym i parametrach:

$$E/z_1/ = \sqrt{3} k G \quad /5.9/$$

$$D^2/z_1/ = 3G^2 \quad /5.10/$$

¹ Jest to tzw. model zapasów z oczekiwaniem. Oznacza to, że mogą wystąpić ujemne stany zapasu.

5.2.2. Weryfikacja założeń modelu z 5.2.1.

Dla wyznaczenia wielkości zamówień konieczne jest oszacowanie wartości μ i σ ciągu miesięcznych zapotrzebowań surowców drzewnych. Przedtem zweryfikowane zostaną hipotezy o niezależności zapotrzebowania w kolejnych miesiącach, o normalności rozkładu zapotrzebowania oraz o zgodności zamówienia z dostawą /co zakładało się w modelu

A. Weryfikacja hipotezy o niezależności zapotrzebowania

Przeprowadzona w rozdziale IV analiza pozwala traktować miesięczne zapotrzebowanie jako zmienną losową. Zweryfikujemy hipotezę, że zapotrzebowanie w kolejnych dwóch miesiącach jest od siebie niezależne.

Formułujemy hipotezę

$$H_0 : \rho = 0$$

wobec hipotezy alternatywnej

$$H_1 : \rho \neq 0$$

gdzie:

ρ - współczynnik korelacji populacji generalnej.

Istotność stawianej hipotezy sprawdzimy korzystając ze statystyki t

$$t = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \sqrt{n - 2}$$

1 Dokładny opis testu można znaleźć w : I.Greń "Modele i zadania statystyki matematycznej", PWN, Warszawa 1970, s.153-156.

gdzie:

r - współczynnik korelacji z próby,

n - ilość elementów w próbie.

Wyznaczone współczynniki korelacji oraz statystykę t podaje tabela Nr 9.

T a b l i c a N r 9

Współczynniki korelacji pierwszego rzędu i statystyka t
dla miesięcznego zużycia surowców

Lp.	S u r o w i e c	Współczynnik korelacji I rzędu r	Wartość statystyki t
K r a j o w e			
1	Papierówka świerkowa n/s	- 0,0751	- 0,44
2	Papierówka sosnowa kl.I	- 0,0065	- 0,04
3	Żerdzie papiernicze	0,4056	2,55
4	Papierówka świerkowa w korze	0,7530	6,57
I m p o r t o w a n e			
5	Papierówka świerkowa w korze	0,0990	0,58
6	Papierówka świerkowa okorowana	0,5425	3,70

Zródło: Obliczenia własne na podstawie danych ze sprawozdań ilościowych

Przyjmijmy poziom istotności $\alpha = 0,05$. Wartość krytyczna przy tym poziomie istotności i 30 stopniach swobody wynosi 2,04. Zatem można stwierdzić, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o niezależności miesięcznego zapotrzebowania w przypadku:

- papierówki świerkowej n/s,
- papierówki sosnowej kl.I,
- papierówki świerkowej w korze z importu.

Dla pozostałych surowców hipotezę należy odrzucić.

W dalszych rozważaniach uwzględnione zostaną te surowce krajowe dla których można przyjąć, że zużycia miesięczne są niezależne.

B. Weryfikacja normalności rozkładu zapotrzebowania.

Kolejnym etapem analizy będzie weryfikacja postaci rozkładu prawdopodobieństwa zapotrzebowania surowców. W tym celu zastosowano test Hellwiga¹ dla małej próbki. Stawiamy hipotezę, że nieznana dystrybuanta $F/z/$ zmiennej losowej Z jest tożsamościowo równa dystrybuancie $/z/$ rozkładu normalnego $N /0, \sigma^2/$ co zapisujemy:

$$H_0 : H [F/z/ \equiv \Psi/z/]$$

Przy weryfikacji tej hipotezy należy zastosować następujące postępowanie:

1/ przeprowadzić standaryzację zaobserwowanych wartości zmiennej losowej Z , tzn. obliczyć

$$t_i = \frac{z_i - m}{s} \quad i = 1, \dots, n$$

gdzie: m - ocena wartości oczekiwanej zmiennej losowej Z ,
 s - ocena odchylenia standardowego zmiennej Z ,

¹ Por. Z.Hellwig, "Zarys ekonometrii", PWE, Warszawa 1970, str. 130-133.

- 2/ ustalić wartość dystrybuanty standaryzowanego rozkładu normalnego $\Phi/t_1/$, $i = 1, \dots, n$,
- 3/ odcinek $[0,1]$ podzielić na n równych części tzw. $c \in 1$,
- 4/ wyznaczyć liczbę k cel pustych tzn. takich, do których nie należy żadna z wartości $\Phi/t_1/$, $i = 1, \dots, n$
- 5/ odrzucić hipotezę, gdy wyznaczona ilość pustych cel K spełnia jedną z nierówności:

$$K < k_1 \quad \text{lub} \quad K > k_2$$

Wartości krytyczne k_1 i k_2 są tak dobrane, że $P/K < k_1/$ oraz $P/K > k_2/$ są "małe" w sensie przyjętego poziomu istotności.

Otrzymane wyniki testu dla wybranych surowców drzewnych przedstawione są w tablicy Nr 10.

T a b l i c a N r 10.

Wyniki testu Hellwiga dla surowców drzewnych

Lp.	S u r o w i e c	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	Ilość pustych cel
1	Papierówka świerkowa n/s	10 872,7	2 681,5	4
2	Papierówka sosnowa kl.I	297,2	58,2	4

Zródło: Obliczenia własne na podstawie danych ze sprawozdań ilościowych

Przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$. Wartości krytyczne przy tym poziomie i $n = 30$ wynoszą: $k_1 = 7$, $k_2 = 14$.

Otrzymane wartości k spełniają warunek:

$$k_1 < K < k_2$$

dla obu surowców, zatem nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu miesięcznego zapotrzebowania.

C. Badania zgodności zamówienia i dostawy

Dostawa jest zwykle skutkiem zamówienia. Odbiorca składając zamówienie określa pożądaną wielkość i termin dostawy. Reakcja dostawcy na złożone zamówienie nie zawsze jest zgodna z życzeniem odbiorcy. Wyróżnić można dwa ogólne przypadki:

- dostawa jest zgodna z zamówieniem czyli następuje w terminie i rozmiarze określonym w zamówieniu,
- dostawa nie jest zgodna z zamówieniem, odchylenia mogą dotyczyć tak terminu jak i wielkości dostawy.

W szczególności występuje przypadek, w którym wielkość dostawy jest niemal zgodna z zamówieniem, ale występują opóźnienia terminu realizacji. W tej sytuacji można założyć, że ewentualne niedobory w realizacji zamówień uwzględnione są w bieżących dostawach. Przypadek ten będzie przedmiotem dalszego badania.

Przyjmijmy, że dostawa w okresie t jest kombinacją liniową zamówienia $/D_{t-r}/$ i niezrealizowanej części zamówienia z poprzedniego okresu $/D_{t-1-r} - P_{t-1}/^1$, czyli:

1 W praktycznych zastosowaniach wydaje się słuszne ustalenie z góry wielkości największego opóźnienia. Jako pewna wskazówka mogłyby służyć zaobserwowane w praktyce opóźnienia.

$$P_t = k D_{t-r} + \beta / D_{t-1-r} - P_{t-1} / \quad /5.11/$$

gdzie:

P_t, D_t - oznaczają, tak jak poprzednio, wielkość dostawy,
wielkość zamówienia,

r - opóźnienie momentu dostawy w stosunku do terminu
określonego w zamówieniu /wyrażone w liczbach całkowitych/,

k, β - parametry modelu.

Parametry modelu /5.11/ można interpretować następująco:

k - jest miarą stopnia realizacji zamówienia na okres $t-r$
w dostawie z okresu t ,

β - reprezentuje reakcję dostawcy na niezrealizowane zamówienia

Dla oceny opóźnienia przeprowadzono estymację parametrów k i β
przy $r = 0, 1, 2, \dots^1$. Kryterium wyboru najbardziej odpowiedniego
/najdokładniej opisującego badane zjawisko/ opóźnienia stanowiła
najmniejsza wariancja resztowa, czyli wybrany został ten wariant,
dla którego spełniony był warunek $\max_{0 \leq r \leq s} R^2/r/.$

A n a l i z a w y n i k ó w o b l i c z e n i.

Wykorzystany materiał empiryczny dotyczył miesięcznych zamówień
i dostaw wybranych² surowców drzewnych za lata 1968-70.

Obserwacje podzielone zostały na trzy grupy. Do pierwszej z nich zaliczono dostawy i zamówienia z I kwartału, do drugiej - z II i III kwartału i do trzeciej - z IV kwartału. O takim podziale zdecydowały

¹ Obliczenia numeryczne przeprowadzono na podstawie programu DAR-4.

² Były to te surowce w przypadku których nie było podstaw do odrzucenia weryfikowanych poprzednio hipotez /por. punkt A i B z 5.2.2.

- podobne wielkości zamówień i dostaw,
- podobne warunki atmosferyczne w miesiącach z tej samej grupy.

Pozwalało to przypuszczać, że dzięki podziałowi ewentualne opóźnienia będą występować w każdym miesiącu grupy.

Obliczenia przeprowadzono dla każdej z wymienionych grup oddzielnie uwzględniając $r = 0, 1, 2$. Wyniki obliczeń podane są w tablicy Nr 11.

Analiza otrzymanych wyników pozwala stwierdzić, że dostawy większości rozpatrywanych surowców drzewnych nie wykazują opóźnień w stosunku do terminu określonego w zamówieniu. Wyjątek stanowią żerdzie papiernicze. Badanie istotności ocen parametrów /na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ / wykazuje, że w przypadku:

- papierówki świerkowej okorowanej,
- papierówki świerkowej w korze,
- papierówki sosnowej

istotne są tylko oceny k . Stwierdzenie to oraz bliska jedności ocena k dają podstawę do uznania, że dostawa tych surowców jest zgodna z zamówieniem.

Czwarty z analizowanych surowców - żerdzie papiernicze - charakteryzuje się opóźnieniem $r = 1$ oraz istotnymi ocenami $\hat{k}$, $\hat{\beta}_1$, $\hat{\beta}_2$ /na tym samym poziomie istotności/. Można się więc spodziewać, że jeśli składane jest zamówienie na t -ty miesiąc należący do I grupy, to zrealizowane będzie jego część /0,67/ w $t+1$ -szym miesiącu. Ponadto należy się spodziewać, że w I, II i III kwartale dostawca

Oceny parametrów modelu

Surowiec	Opó- nienie	Grupa miesię- cy	Oceny parametrów		Oceny statystyki t-Studenta		Współczynnik determinacji R ²
	r		i	i	T/k ₁ /	T/b ₁ /	
Papierówka świerkowa okorowana	0	I	0,94	0,41		1,31	0,66
	0	III	0,94	0,15	23,36	0,67	
	0	II	0,94	0,83		1,13	
Papierówka świerkowa w korze	0	I	0,98	0,28		0,73	0,30
	0	III	0,98	0,32	9,53	0,33	
	0	II	0,98	0,39		0,99	
Papierówka sosnowa	0	I	0,99	0,35		1,31	0,54
	0	III	0,99	0,04	10,77	0,01	
	0	II	0,99	0,86		2,03	
Żerdzie papiernicze	0	I	0,67	0,45		2,63	0,38
	0	III	0,67	0,31	15,33	1,23	
	1	II	0,67	1,04		4,81	

Zródło: Obliczenia własne na podstawie danych ze sprawozdań ilościowych

będzie wyrównywał niedobory w realizacji dostaw w poprzednich okresach. W I kwartale dostarczane jest 0,45 niezrealizowanej części zamówienia, a w II i III wyrównywane są poprzednie niedobory całkowicie /1,04/.

W n i o s k i

1. Z przeprowadzonej analizy zgodności dostawy i zamówienia wynika, że istnieją surowce, dla których można przyjąć hipotezę o tym, że dostawa jest określona zamówieniem /dotyczy to pierwszych trzech surowców/.
2. Występują surowce w przypadku których można stwierdzić, że realizacja zamówień nie jest zgodna z żądaniami odbiorcy. Wskazuje na to występowanie opóźnień terminu dostawy oraz znacznie mniejsza od 1 ocena k dla żerdzi papierniczych.
3. Otrzymane /niekiedy duże/ wielkości współczynników determinacji R^2 wskazują, że należałoby rozszerzyć zakres badania o inne warianty modelu. Jak się wydaje pozwoliłoby to na uzyskanie dokładniejszego opisu badanego zjawiska. Rozszerzenie badania byłoby szczególnie ważne w przypadku możliwości zastosowania w praktyce proponowanych modeli składania zamówień.

5.2.3. Wyznaczanie wielkości zamówień w przypadku zgodności zamówienia i dostawy.

Wyznaczone zostaną wielkości zamówień w oparciu o wzory przedstawione w 5.2.1. Obliczenia dotyczyć będą II kwartału 1970 roku. Zapas początkowy, w tym przypadku, jest wielkością stanu zapasu w końcu stycznia. Wielkości złożonych zamówień na ostatnie miesiące I kwartału są równe:

$D_t = D_{t+1} = 8\ 766$ dla papierówki świerkowej okorowanej, oraz

$D_t = D_{t+1} = 0$ dla papierówki sosnowej.

Przyjmijmy prawdopodobieństwo niedoboru $\alpha = 0,05$. Odpowiednia wartość $k = \Phi^{-1}/1 - \alpha/$ równa jest $2,03^1$. Obliczone wielkości zamówień podaje tablica Nr 12.

T a b l i c a N r 12

Wielkość zamówień surowców na II kwartał

Lp.	Suro- wiec	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	z_0	D_t	D_{t+1}	Zamówienia na II kwartał		
							D_{t+2}	D_{t+3}	D_{t+4}
1	Papierówka świerk. okorow.	10872,7	2681,5	11833,0	8766	8766	7792,0	16959,8	13554,2
2	Papierówka sosnowa	297,2	58,2	2750,0	0	0	0	429,8	341,9

Zródło: Obliczenia własne na podstawie danych ze sprawozdań ilościowych.

¹ Por. J.Greń, op.cit., str. 267, tablica 3.

W przedsiębiorstwie, jak już zaznaczono, składa się zamówienia kwartalne z podziałem na poszczególne miesiące, przy czym zwykle wielkości zamówień miesięcznych są równe. Prowadzenie takiej polityki zamówień nie zawsze jest korzystne. W przypadku zamówień równych przeciętnemu zużyciu może się okazać, że wystąpi brak surowca spowodowany zużyciem większym niż przeciętne, natomiast zbyt duża ostrożność przy ustalaniu wielkości zamówienia pociąga za sobą możliwość wystąpienia zapasu nadmiernego¹. Przyjęty model zakłada zmienną wielkość zamówień uzależniając je od poziomu zapasu początkowego, np. jeśli zapas początkowy jest stosunkowo duży, to nie składamy zamówień na pierwszy miesiąc, tak jak w przypadku papierówki sosnowej. Ponadto wielkości zamówień zależą od wybranego poziomu ryzyka. Przy jego wyborze powinien być uwzględniony rodzaj surowca, jego rola w procesie produkcyjnym itp.

5.3. Model zamówień kwartalnych dla przypadku, w którym dostawa nie jest zgodna z zamówieniem.

5.3.1. Charakterystyka modelu.

Przyjmujemy, tak jak poprzednio, że przedsiębiorstwo składa zamówienia kwartale z podziałem na dostawy miesięczne. Wielkości zamówień miesięcznych powinny być tak ustalone, aby ryzyko wystą-

¹ Por. paragraf 3.1.

pienie braku surowca było równe ustalonej z góry liczbie γ .

Założenia:

1. Miesięczne zapotrzebowania R_t tworzą ciąg niezależnych zmiennych losowych o rozkładzie normalnym i parametrach $[\mu, \sigma]$,
2. odbiorca składa zamówienie kwartalne, określając jednocześnie wielkości zamówień na poszczególne miesiące,
3. zamówienie składa się dwa miesiące przed początkiem kwartału realizacji,
4. dostawy nie są zgodne z zamówieniami.

Z założenia /4/ wynika, że dostawy mogą być traktowane jako zmienne losowe. Wtedy do ustalenia racjonalnego sposobu składania zamówień niezbędna byłaby informacja o rozkładzie dostaw.

Rozwiązanie tego zagadnienia byłoby stosunkowo proste, gdyby można było przyjąć dodatkowe założenie, że dostawy tworzą ciąg niezależnych zmiennych losowych. W praktyce ten warunek nie jest spełniony. Ciąg dostaw jest przynajmniej w pewnym stopniu uzależniony od zamówień, które są wyrazem określonej polityki odbiorcy. Z tego względu przyjęto inny sposób postępowania, a mianowicie, wykorzystuje się dalej pewne zależności między dostawą i zamówieniami.

Odbiorca zainteresowany jest przy tym, aby rezultatem przyjętej przez niego polityki były dostawy spełniające określone zależności¹:

¹ Związki określające wielkości dostaw otrzymane zostały za pomocą analogicznego postępowania jak w /5.2.1./. Żąda się teraz, aby dostawa w miesiącu $t+2$ spełniała zależność

$$P\{z_0 + P_t + P_{t+1} + P_{t+2} > R_t + R_{t+1} + R_{t+2}\} = 1 - \gamma$$

skąd, stosując takie same postępowanie jak w /5.2.1./ otrzymujemy wzór /5.12/.

Dostawę w I miesiącu przyszłego kwartału określa równanie:

$$P_{t+2} = 3\mu + \sqrt{3} G \Phi^{-1} / 1 - \eta / - P_t - P_{t+1} - z_t \quad /5.12/$$

Analogiczne równania określają dostawę w drugim i trzecim miesiącu przyszłego kwartału:

$$P_{t+3} = 4\mu + \sqrt{4} G \Phi^{-1} / 1 - \eta / - P_{t+2} - P_{t+1} - P_t - z_t \quad /5.13/$$

$$P_{t+4} = 5\mu + \sqrt{5} G \Phi^{-1} / 1 - \eta / - P_{t+3} - P_{t+2} - P_{t+1} - P_t - z_t \quad /5.14/$$

Wzory /5.13/-/5.14/ określają pożądaną wielkość dostaw, przy których prawdopodobieństwo wystąpienia braku surowca równe jest Odbiorca ustala jednak nie ciąg dostaw tylko zamówienia. Należy zatem wyznaczyć teraz ciąg zamówień, tak aby dostawca zareagował na nie dostawami pożądaney wielkości.

Ze wzoru /5.14/ wynika, że pożądana przeciętna dostawa w kwartale powinna być równa kwartalnemu /przeciętnemu/ zapotrzebowaniu. Ponadto ze względu na wahania zapotrzebowania konieczne jest utrzymywanie zapasu bezpiecznego, który przy ustalonym poziomie ryzyka jest równy $\sqrt{5} G \Phi^{-1} / 1 - \eta /$.

W dalszym ciągu przedstawiony zostanie pewien sposób wyznaczenia zamówienia kwartalnego, którego konsekwencją byłaby dostawa pożądaney wielkości.

Przyjmijmy, że zależność między pożądaną wielkością dostawy w kwartale i zamówieniem można przedstawić następująco:

$$P_{n+1} = k D_{n+1} + \beta / D_n - P_n / \quad /5.15/$$

gdzie:

P_{n+1} - pożądana wielkość dostawy w kwartale $n+1$,

D_{n+1} - zamówienie na kwartał $n+1$,

$D_n - P_n$ - niezrealizowana część zamówień z poprzedniego kwartału,

k - stopień realizacji zamówienia na kwartał $n+1$,

β - miara reakcji dostawcy na niezrealizowane zamówienia z poprzedniego kwartału.

Analogiczny wzór określa związek między dostawą i zamówieniem

w $n+r$ - tym kwartale:

$$P_{n+r} = k D_{n+r} + \beta / D_{n+r-1} + P_{n+r-1} / \quad /5.16/$$

Korzystając z zależności /5.17/-/5.18/ następującej postaci:

$$\sum_{r=0}^{\infty} P_{n+r} z^{-r} = F/n, z/ \quad /5.17/$$

$$\sum_{r=0}^{\infty} D_{n+r} z^{-r} = G/n, z/, \quad /5.18/$$

równanie /5.16/ zapisujemy:

$$/ \frac{k}{z} + \beta / G/n, z/ = / \frac{1}{z} + \beta / F/n, z/ + \frac{1}{z} / k D_n - P_n / \quad /5.19/$$

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^{\infty} P_{n+r} z^{-r-1} &= \frac{1}{z} / \sum_{r=1}^{\infty} P_{n+r} z^{-r} + P_n / - \frac{1}{z} P_n = \frac{1}{z} \left[\sum_{r=0}^{\infty} P_{n+r} z^{-r} - P_n \right] \\ &= \frac{1}{z} F/n, z/ - \frac{1}{z} P_n, \text{ analogicznie} \end{aligned}$$

$$\sum_{r=1}^{\infty} D_{n+r} z^{-r-1} = \frac{1}{z} G/n, z/ - \frac{1}{z} D_n$$

Oznaczmy $kD_n - P_n = u$. Wtedy wzór /5.19/ przyjmie postać:

$$/ \frac{k}{z} + \beta / G/n, z/ = / \frac{1}{z} + \beta / F/n, z/ + \frac{u}{z} \quad /5.20/$$

lub

$$G /n, z/ = \frac{/1 + \beta z/ F /n, z/ + u}{k + \beta z} \quad /5.21/$$

Ostatni wzór pozwala określić funkcję $G/n, z/$ w zależności od $F/n, z/$, czyli w naszym przypadku na określenie zamówienia w zależności od znanej postaci ciągu dostaw.

W szczególnym przypadku, gdy $F/n, z/ = \frac{a z}{1-z}$, tzn. jeśli $P_n = a, n = 1, 2, \dots$ funkcja D_{n+r} ma postać¹:

$$D_{n+r} = a + /-\frac{\beta}{k} /^{r+1} \left[\frac{u}{k} + /k - 1/ a \right] \quad /r=1, 2, \dots/ \quad /5.22/$$

W n i o s k i k o ń c o w e

Przedstawione powyżej propozycje wyznaczania wielkości zamówień są, jak się wydaje, bardziej racjonalne od tradycyjnej polityki zaopatrzenia. Podstawę do takiego stwierdzenia daje:

- uwzględnienie losowego charakteru zapotrzebowania,
 - uzależnienie wielkości zamówienia od wybranego poziomu ryzyka,
- co jak się wydaje pozwala na wyeliminowanie nadmiernej ostrożności odbiorcy /co prowadzi często do gromadzenia zbyt dużych zapasów/,

¹ Przy rozwiązaniu wykorzystana została odwrotna transformata por. E.Jury "Przekształcenie $\mathcal{Z}$ i jego zastosowania", PWNT, Warszawa 1970, str. 59-90.

- uwzględnienie różnych przypadków realizacji zamówień przez dostawcę.

Efektywność modelu zamówień w przypadku gdy faktyczne dostawy nie są zgodne z planowanymi /przez odbiorcę/ zależy od tego, w jakim stopniu znana jest zależność między dostawą i zamówieniem. Proponowana postać analityczna tej zależności, jak wykazano w załączniku Nr 10, daje dość dobre oszacowanie przyszłych dostaw.

R o z d z i a ł s z ó s t y

W N I O S K I K O N C O W E

Przeprowadzona analiza planów produkcyjnych / faktycznego oraz rozwiązań wybranych modeli/ wykazała, brak wartygodności norm zużycia surowców jak również istnienie niewyjawionej technologii¹. Ponadto okazało się, że w badanym przedsiębiorstwie występuje brak koordynacji między planem produkcyjnym i czynnikami zapewniającymi jego wykonanie. W szczególności dotyczy to zaopatrzenia materiałowego.

Przyczyną tego stanu rzeczy może być m.in. zbyt duże wyprzedzenie w czasie terminów składania zamówień w stosunku do momentu ostatecznego zatwierdzenia planu produkcji. W tej sytuacji przedsiębiorstwo nie znając dokładnie przyszłych zadań planuje wielkość zapotrzebowania materiałowego w oparciu o dotychczasową praktykę. Może się więc zdarzyć, że planowane zużycie będzie zbyt duże albo zbyt małe w stosunku do faktycznych potrzeb.

W pierwszym przypadku, gdy będzie to dotyczyło materiałów łatwo dostępnych może wystąpić gromadzenie się zapasów nadmiernych /dostawca zrealizuje całkowicie zamówienia, które przynajmniej w I kwartale będą zbyt duże/. Drugi przypadek jest znacznie mniej

¹ Przedsiębiorstwo prawie dokładnie wykonało przyjęty plan asortymentowy, mimo, że zgodnie z normami technologicznymi, występowały niewystarczające ilości surowców.

korzystny z punktu widzenia ciągłości procesu produkcyjnego bowiem może doprowadzić do nieplanowanych postojów. Wtedy należy wyrównać niedobory zaopatrzenia za pomocą interwencji, bądź poszukując innego dostawcy, który dysponuje potrzebnymi materiałami.

Innym, nie mniej ważnym warunkiem wykonania zadań produkcyjnych jest zrealizowanie zamówień zgodnie z postulatami odbiorcy - przedsiębiorstwa. Występowanie niedoborów w stosunku do zamówienia jak i opóźnień terminów dostaw wymaga /szczególnie przy mało skutecznych interwencjach/ utrzymywania wysokiego poziomu zapasu. Nie zawsze jest to możliwe ze względu na np. ograniczoną pojemność magazynu, znaczny koszt związany z przechowywaniem materiałów.

Wyżej wymienione powody przemawiają za koniecznością przeanalizowania stosowanej polityki zaopatrzenia i wprowadzeniem zmian, dzięki którym, stałaby się ona bardziej racjonalna.

Jak się wydaje należałoby zrezygnować z administracyjnych interwencji na korzyść poszukiwania, na podstawie materiałów statystycznych, metod pozwalających określić reakcję dostawcy na złożone zamówienie¹.

¹ Pewne propozycje dotyczące rozwiązania tego zagadnienia przedstawione są w rozdziale V.

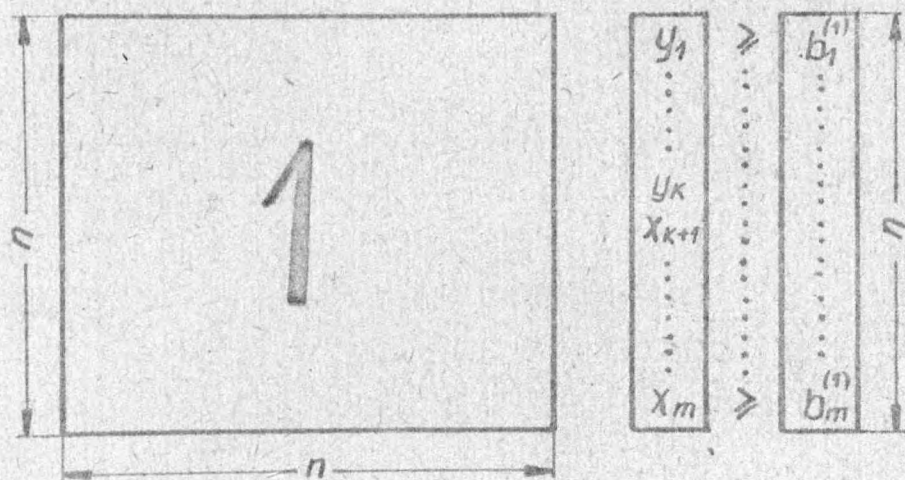
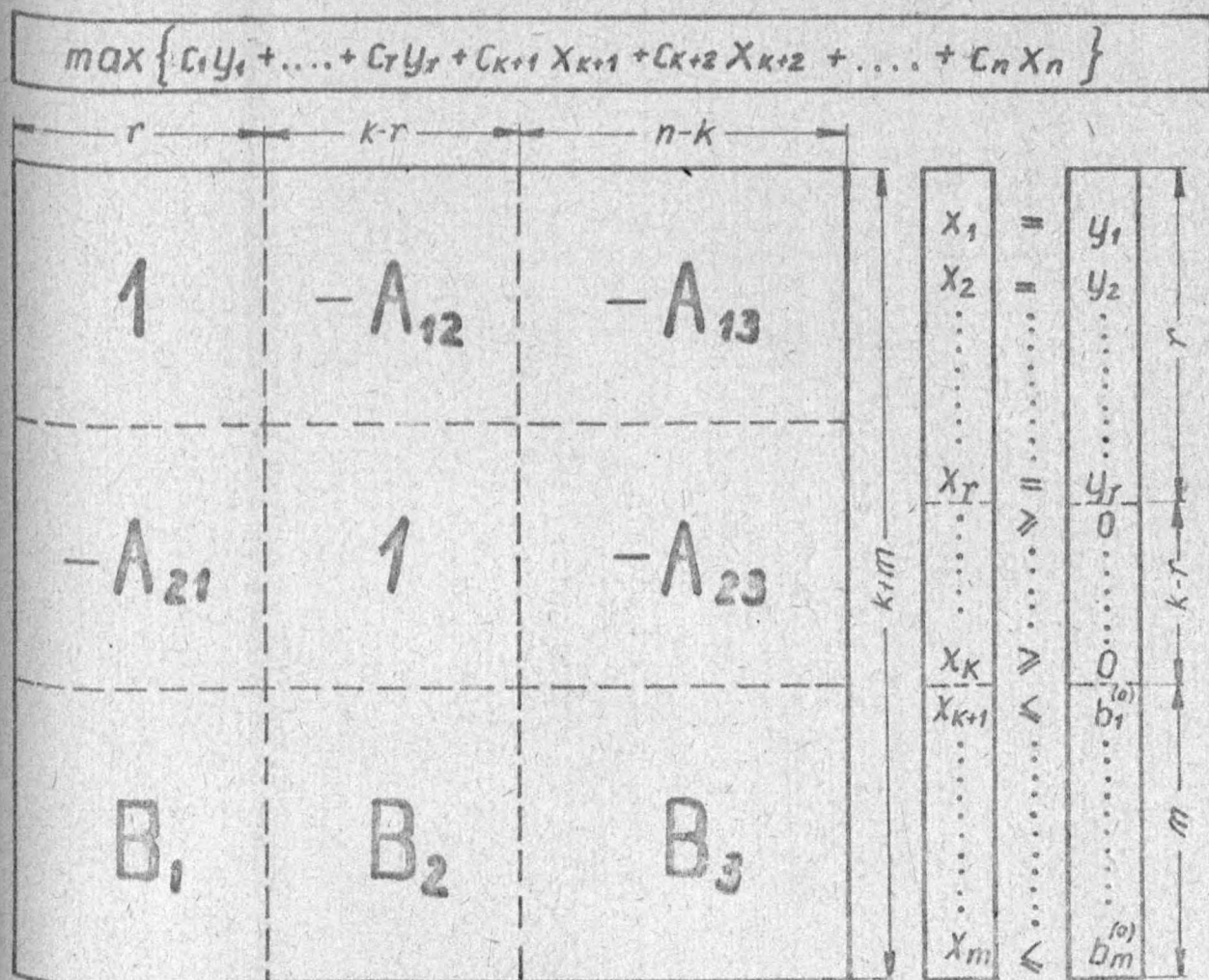
Jest to zadanie niewątpliwie trudne i wymagające wielu prób w celu zweryfikowania hipotez dotyczących związków odbiorca - dostawca. i wyboru hipotezy najbardziej odpowiedniej / w sensie statystycznym / w danej sytuacji.

ZALACZNIKI

Schemat macierzy nakładów.

Produkt- ty Surow- ce	Półprodukty		Wyroby gotowe $x_j = (k+1, \dots, n)$
	zużywane i sprzedawa- ne $x_j \ (j=1, \dots, r)$	wyłącznie zużywane $x_j \ (j=r+1, \dots, k)$	
Półprodukty zużywane i sprzedane	1		
	2		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
Półprodukty zużywane	$r+1$		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
Surowce obce	1		
	2		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	...		
	m		

Schemat modelu $\bar{I}$.



Schemat modelu II.

$$\max \{ c_1 y_1 + \dots + c_r y_r + c_{k+1} x_{k+1} + \dots + c_n x_n \}$$

r $k-r$ $n-k$		
1	$-A_{12}$	$-A_{13}$
$-A_{21}$	1	$-A_{23}$
B_1	B_2	B_3

$$\begin{array}{c} x_1 \\ \vdots \\ x_r \\ x_{r+1} \\ \vdots \\ x_k \\ \vdots \\ x_n \end{array} \begin{array}{c} = \\ \vdots \\ \geq \\ \vdots \\ \geq \\ \vdots \\ \leq \end{array} \begin{array}{c} y_1 \\ \vdots \\ y_r \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ b_1^{(0)} \\ \vdots \\ b_m^{(0)} \end{array} \begin{array}{c} r \\ k-r \\ m \end{array}$$

$$\begin{array}{c} x_1 \\ \vdots \\ x_n \\ y_1 \\ \vdots \\ y_k \end{array} \begin{array}{c} \geq \\ \vdots \\ \geq \end{array} \begin{array}{c} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{array} \begin{array}{c} n+k \end{array}$$

Schemat modelu III.

$$\max \{ c_1^{(1)} y_1 + \dots + c_r^{(1)} y_r + c_{k+1}^{(1)} x_{k+1} + \dots + c_n^{(1)} x_n - c_1^{(2)} d_1 - \dots - c_r^{(2)} d_r - c_{k+1}^{(2)} d_{k+1} - \dots - c_n^{(2)} d_n \}$$

$\xrightarrow{\quad r \quad} \xrightarrow{\quad k-r \quad} \xrightarrow{\quad n-k \quad}$				
1	$-A_{12}$	$-A_{13}$	x_1	y_1
			$\vdots$	$\vdots$
			x_r	y_r
			$\vdots$	$\vdots$
			x_k	0
			$\vdots$	$\vdots$
			x_n	0
				$b_1^{(0)}$
				$\vdots$
				$b_m^{(0)}$
			$\begin{matrix} \text{m+k} \\ \text{m} \end{matrix}$	
B_1	B_2	B_3		

1	$\begin{matrix} y_1 \\ \vdots \\ y_r \\ x_{k+1} \\ \vdots \\ x_n \end{matrix}$	+	1	$\begin{matrix} d_1 \\ \vdots \\ d_r \\ d_{k+1} \\ \vdots \\ d_n \end{matrix}$	+	-1	$\begin{matrix} z_1 \\ \vdots \\ z_r \\ z_{k+1} \\ \vdots \\ z_n \end{matrix}$	=	$\begin{matrix} b_1^{(1)} \\ \vdots \\ b_r^{(1)} \\ b_{k+1}^{(1)} \\ \vdots \\ b_n^{(1)} \end{matrix}$
---	--	---	---	--	---	----	--	---	--

Macierz współczynników zużycia.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
1					376	376			343	343	290	290					384			376								323	323						
2					268	214			129	129	53	53	53	53	107	107	53	107	214	214	107	161	161		155	155									
3					660	338			383	383	383	383	166	166	241	241	569	468	730	730	502	813	813		788	788									
4																							973				229	229	497	497					
5																																	105		
6																																	105		
7													106	106	106	106	269																		
8					55	55			80	80	100	100	80	80	100	90	20	20	20	20	50	70	60	45	70	60	50	40	50	40	50	40			
9								106																											
10																											127	127							
11																											637	637							
12																															367	367			
13				1,5	5,5			1,3																											
14				10																															
15	0,26			0,05	0,04			4,8																											
16	0,26																																		
17				0,40																															
18				1,60																															
19				1,50																															
20	2,85																																		
21													430	430	430	430																			
22								1200																				100	100	127	127				
23								1200																											
24		70	67					67	140																										
25					130	130			280	280	480	480	450	450	200	200	190	60				60	60	60	60	60	60			60	60				
26					30	30			6	6	6	6	10	10	30	30	40	32	40	40	36	36	25	25	25	25	20	20	20	20	3	3			
27					53	40			18	18	20	20	20	20	40	40	53	46	53	53	50	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	45	45		
28											60	60																							
29																	29	90																	
30								3																											
31		95	18	18																															
32	4																																		
33								3																											
34		6	160	160																															
35		530																																	
36								3																											
37		15	380	360				380																											
38		95	85					85																											
39																																			0,1 0,1

Z a ł a ż n i k N r 6

Tablica Nr II

Rozmiary wykonanej produkcji towarowej

Lp.	Nazwa produktu	Wielkość produkcji w tonach	Lp.	Nazwa produktu	Wielkość produkcji w tonach
1	Scier drzewny	2 048	18	Papier rysunk.kl.V	1 881
2	Celuloza bielona słomowa	6 329	19	Karton kreślarski kl.III bele	1 737
3	Celuloza bielona normalna	2 201	20	Karton kreślarski kl.III role	52
4	Celuloza niebiel. normalne	14 371	21	Podłoże do kredowania	2 033
5	Papier do pisan. kl.III	1 136	22	Papier siarczynowy kl.III bele MP V	2 598
6	Papier do pisan. kl.V	6 869	23	Papier siarczynowy kl.III bele MP I	
7	Celuloza bielona losikowa	-	24	Papier siarczynowy kl.III role MP V	1 145
8	Spirytus	3 163	25	Papier siarczynowy kl.III role MP I	
9	Papier drukowy kl.V bele	7 433	26	Papier siarczynowy niebielony bele MPV	325
10	Papier drukowy kl.V role	2 532	27	Papier siarczynowy kl.IV bele MP I	4 993
11	Papier ilustracyjny kl.V bele	2 290	28	Papier siarczynowy kl.IV bele MP II	
12	Papier ilustracyjny kl.V role	-	29	Papier siarczynowy kl.IV role MP I	2 156
13	Papier wkleśłodni kowy kl.III	2 617	30	Papier siarczynowy kl.IV role MP II	
14	Papier wkleśłodni kowy role	735	31	Papier celul.makul. bele	1 537
15	Papier offsetowy kl.III bele	2 493	32	Papier celul.makul. role	3 244
16	Papier offs.role	237	33	Przetw.z piśm.kl.III	207
17	Papier rys.kl.III	1 682	34	Przetw.z piśm.kl.V	1 397

Zródło: dane ze sprawozdań ilościowych

Tablica Nr III

Wykaz surowców faktycznie użytych w procesie produkcji

Lp.	Nazwa surowca	Ilość
1	Celuloza bielona normalna I gat.	13 273,0 t
2	Celuloza bielona normalna II gat.	4 006,3 t
3	Celuloza bielona osikowa I gat.	150,5 t
4	Celuloza bielona osikowa II gat.	243,5 t
5	Celuloza bielona słomowa I gat.	5 083,4 t
6	Celuloza bielona słomowa II gat.	55,1 t
7	Celuloza niebielona normalna I gat.	1 310,4 t
8	Celuloza niebielona normalna II gat.	3 341,9 t
9	Ścier drzewny	10 242,0 t
10	Obwoluta	51,8 t
11	Masa łapana	4 140,4 t
12	Papier do pisania kl. III	217,0 t
13	Papier do pisania kl. V	1 470,2 t
14	Makulatura ebrotowa	3 539,5 t
15	Ług powarzelny	351,4 t
16	Makulatura gat. I	345,7 t
17	Makulatura gat. II	2 262,5 t
18	Makulatura gat. V	267,5 t
19	Makulatura gat. VII	1 392,9 t
20	Papierówka świerkowa n/s	130 472,2 m ³
21	Papierówka świerkowa w korze	37 803,9 m ³
22	Papierówka osikowa	8 842,9 m ³
23	Papierówka sosnowa	3 566,8 m ³
24	Żerdzie papiernicze	11 287,2 m ³

Z a k ą c z n i k N r 7

Tablica Nr III. /c.d./

Lp.	Nazwa surowca	Ilość
25	Papierówka z importu okorowana	36 389,4 m ³
26	Papierówka z importu w korze	34 764,8 m ³
27	Szoma	33 581,3 m ³
28	Celuloza bielona z importu I gat.	1 401,0 t
29	Masa półchemiczna	1 237,5 t
30	Szlam wapienny	2 545,1 t
31	Wapno palone	2 522,9 t
32	Kaolin	7 471,3 t
33	Kalafonia	132,0 t
34	Siarczan glinu	2 529,5 t
35	Talk	149,0 t
36	Mąka ziemniaczana	190,9 t
37	Celuloza niebielona natronowa	147,6 t
38	Celuloza bielona bukowa	1 053,4 t
39	Celuloza bielona siarczynowa specjalna	187,3 t
40	Celuloza bielona siarczynowa zwykła	113,9 t
41	Masa półchemiczna	444,0 t
42	Scier drzewny	1,8 t
43	Celuloza niebielona skomowa I gat.	266,6 t
44	Celuloza niebielona normalna	646,5 t
45	Papier piśmienny kl. V	40,0 t
46	Soda kalcynowana	5,2 t
47	Żug sodowy	1 057,8 t
48	Hadrosulfit	36,5 t
49	Superfosfat	8,5 t
50	Kamień wapienny	6 682,6 t

Z a k ą c z n i k N r 7

Tablica Nr III /c.d./

Lp.	Nazwa surowca	Ilość
51	Siarczyn sodu pofenolowy	6 374,8 t
52	Siarczan amonu	8,5 t
53	Surowce siarkonośne	13 971,7 t
54	Chlor ciekły	2 781,9 t
55	Spirytus	195,0 l

Z a ł a c z n i k N r 8

Tablica Nr IV.

Lista wyrobów, ich cen zbytu oraz odpowiadających zmiennych decyzyjnych x_i

Lp.	Nazwa wyrobu	Odpowiadająca zmienna x_i	Cena zbytu /w zł./t. /	Produkcja towarowa
1	Scier drzewny	x_1	3 300	1 800
2	Celuloza bielona słomowa	x_2	6 267	6 488
3	Celuloza bielona normalna	x_3	6 078	3 376
4	Celuloza niebielona normalna	x_4		14 491
5	Papier do pisania kl. III	x_5	9 940	1 189
6	Papier do pisania kl. IV	x_6	9 552	6 621
7	Celuloza osikowa	x_7	-	-
8	Spirytus	x_8	7 596	2 800
9	Papier drukowy kl.V bele	x_9	7 579	6 175
10	Papier drukowy kl.V role	x_{10}	7 152	3 325
11	Papier ilustracyjny kl.V bele	x_{11}	7 477	2 300
12	Papier ilustracyjny kl.V role	x_{12}	7 477	0
13	Papier wkład drukowy kl.III bele	x_{13}	10 011	2 960
14	Papier wkład drukowy kl.III role	x_{14}	10 207	740
15	Papier offsetowy kl.III bele	x_{15}	10 456	2 175
16	Papier offsetowy kl.III role	x_{16}	10 295	385
17	Papier rysunkowy kl.III	x_{17}	12 750	1 440
18	Papier rysunkowy kl.V	x_{18}	10 199	1 850
19	Karton kreślarski kl.III bele	x_{19}	4 602	1 805
20	Karton kreślarski kl.III role	x_{20}	16 699	95
21	Podłoże do kredowania kl.V role	x_{21}	9 437	2 000

Z a ł a c z n i k N r 8

Tablica Nr IV /c.d./

Lp.	Nazwa wyrobu	Odpowiadająca zmiana na /x _i /	Cena zbytu /w zł./t /	Produkcja towarowa
22	Papier siarczynowy kl.III bele	x ₂₂	9 363	2 092
23	Papier siarczynowy kl.III role	x ₂₃	9 221	974
24	Papier siarczynowy niebielo- ny kl.III bele	x ₂₄	8 391	300
25	Papier siarczynowy kl.III bele	x ₂₅	9 363	434
26	Papier siarczynowy bielony kl.III role	x ₂₆	9 221	200
27	Papier siarczynowy niebielo- ny kl.IV bele	x ₂₇	7 059	3 049
28	Papier siarczynowy niebielo- ny kl.IV role	x ₂₈	6 637	1 200
29	Papier siarczynowy kl.IV nie- bielony bele	x ₂₉	7 059	2 061
30	Papier siarczynowy kl.IV niebielony role	x ₃₀	6 637	990
31	Papier celulozowo-makul. bele	x ₃₁	4 761	1 012
32	Papier celulozowo-makul. role	x ₃₂	4 441	3 388
33	Przetwórstwo z piśmiennego kl.III	x ₃₃	13 449	200
34	Przetwórstwo z piśmiennego kl.V	x ₃₄	9 584	1 400

Z a ż a c z n i k N r 9

Tablica Nr V

Planowane ilości surowca

Lp.	Nazwa surowca	Ilość
	P ó ł f a b r y k a t y	
1	Scier drzewny	—
2	Celuloza słomowa	—
3	Celuloza bielona normalna	—
4	Celuloza niebielona normalna	—
5	Papier do pisania kl. III	—
6	Papier do pisania kl. V	—
7	Celuloza osikowa	—
8	Makulatura obrotowa	3 253,2 t
9	Ług powarzelny	335,3 m ³
10	Makulatura gat. I	574,6 t
11	Makulatura gat. II	2 871,6 t
12	Makulatura gat. VII	2 067,1 t
13	Papierówka świerkowa n/s	164 232,7 m ³
14	Papierówka świerkowa w konc.	20 474,7 m ³
15	Papierówka osikowa	7 009,1 m ³
16	Papierówka sosnowa	3 224,1 m ³
17	Żerdzie papiernicze	7 799,7 m ³
18	Papierówka z importu okorowana	31 199,3 m ³
19	Papierówka z importu w korze	29 249,9 m ³
20	Słoma	33 590,0 t
21	Celuloza bielona z importu gat. I	2 615,3 t
22	Masa półchemiczna	793,5 t
23	Szlam wapienny	3 796,1 t
24	Wapno palone	2 578,5 t
25	Kaolin	8 472,7 t

Z a ł ą c z n i k N r 9

Tablica Nr V /c.d./

Lp.	Nazwa surowca	Ilość
26	Kalafonia	766,2 t
27	Siarczan glinu	2 233,5 t
28	Talk	137,4 t
29	Mąka ziemniaczana	216,9 t
30	Soda kalcynowana	9,5 t
31	Ług sodowy	1 119,7 t
32	Nadrosulfit	49,5 t
33	Superfosfat	9,5 t
34	Kamień wapienny	6 325,5 t
35	Siarczan sodu pofenolowy	6 246,7 t
36	Siarczan amonu	9,5 t
37	Surowce siarkonośne	14 512,3 t
38	Chlor ciekły	2 778,6 t
39	Spirytus	140,0 l

Wyznaczenie współczynnika determinacji modelu
dla żerdzi papierniczych

! Lp. !	Dostawa	Zamówienie!	k
!	P_n	D_n	!
! 1 !	1 113,8	1 060	! 0,45 ! 0,67 !
! 2 !	1 483,3	3 460	! 1,04 ! 0,67 !
! 3 !	2 517,3	5 000	! 1,04 ! 0,67 !
! 4 !	2 793,9	3 980	! 0,31 ! 0,67 !
! 5 !	2 150,2	1 800	! 0,45 ! 0,67 !
! 6 !	2 241,3	4 050	! 1,04 ! 0,67 !
! 7 !	2 913,1	4 450	! 1,04 ! 0,67 !
! 8 !	2 401,5	2 550	! 0,31 ! 0,67 !
! 9 !	740,4	2 000	! 0,45 ! 0,67 !
! 10 !	2 059,8	4 900	! 1,04 ! 0,67 !
! 11 !	3 603,7	5 900	! 1,04 ! 0,67 !
! 12 !	3 136,7	3 400	! 0,31 ! 0,67 !

$$P_n^s = kD_n + \beta/D_{n-1} - P_{n-1}/ \text{ dla } n = 2, \dots, 12$$

$$\bar{P} = \frac{\sum_{n=0}^{11} P_n}{12} = 2\,263,4$$

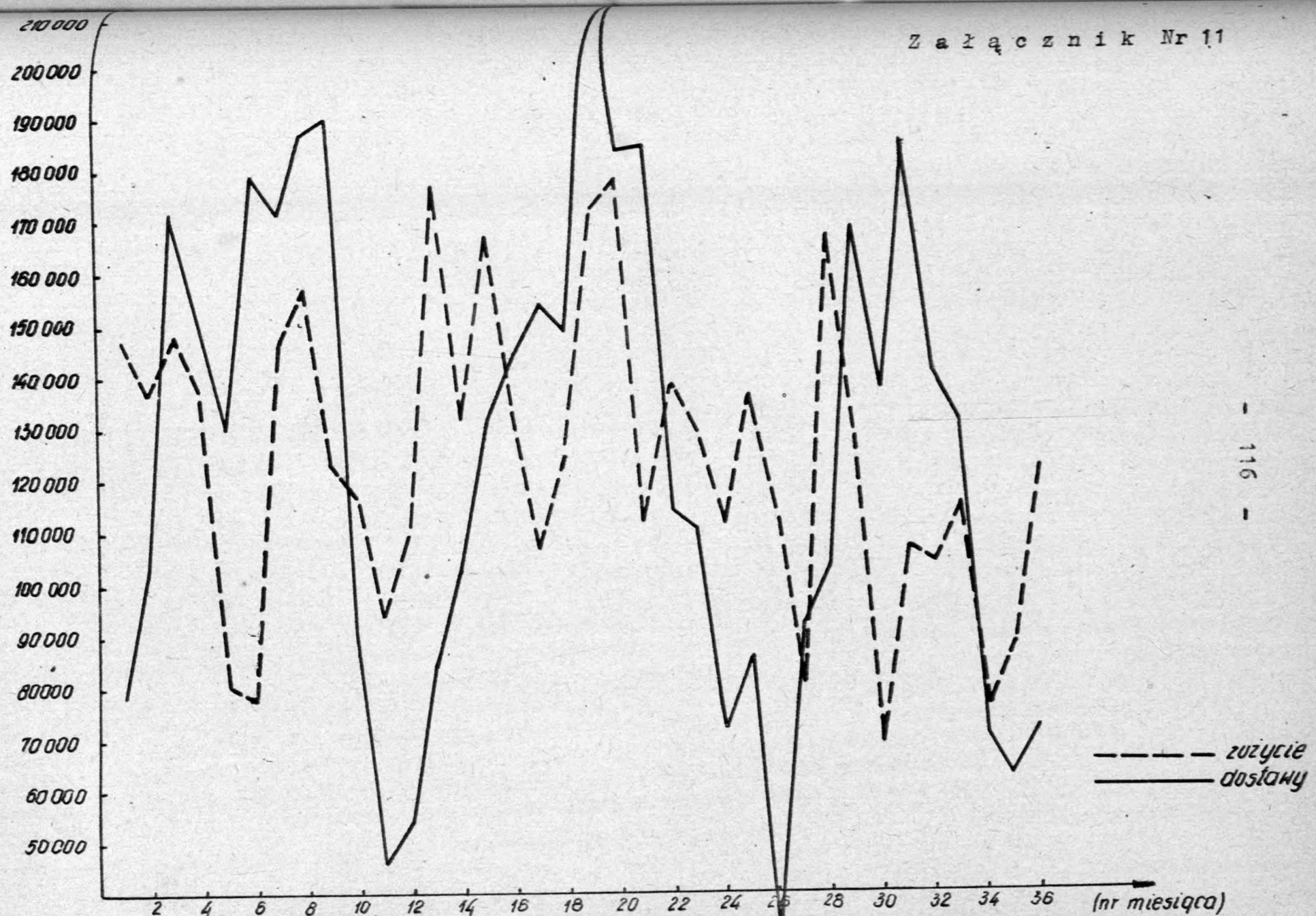
$$D^2_{/P_n/} = \frac{\sum_{n=1}^{12} /P_n - \bar{P}/^2}{11} = 67865002,2$$

$$D^2_{/e/} = \frac{\sum_{n=1}^{12} /P_n^s - P_n/}{11} = 5175176,5$$

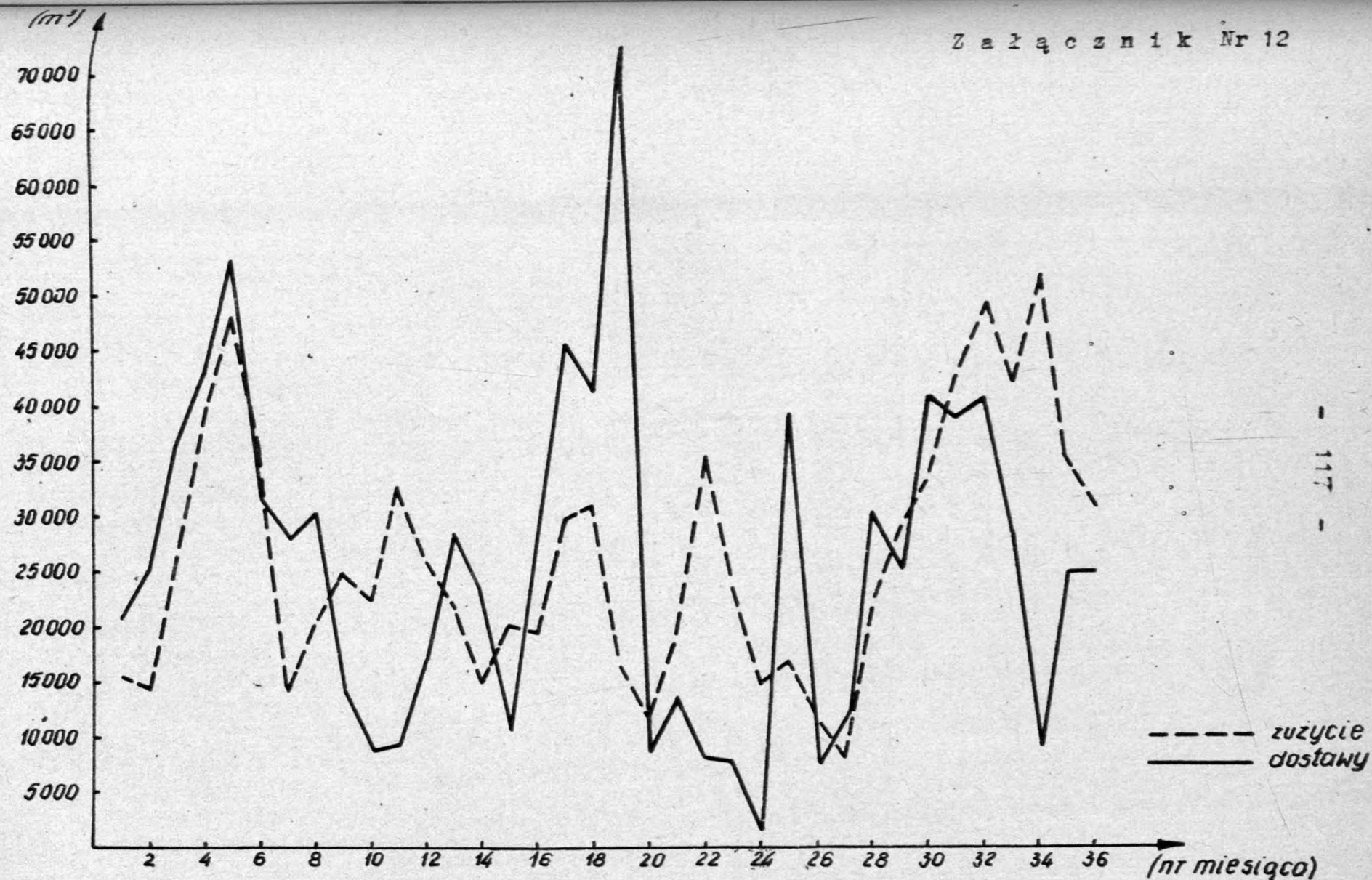
$$\varphi^2 = 0,08$$

$$R^2 = 1 - 0,08 = 0,92$$

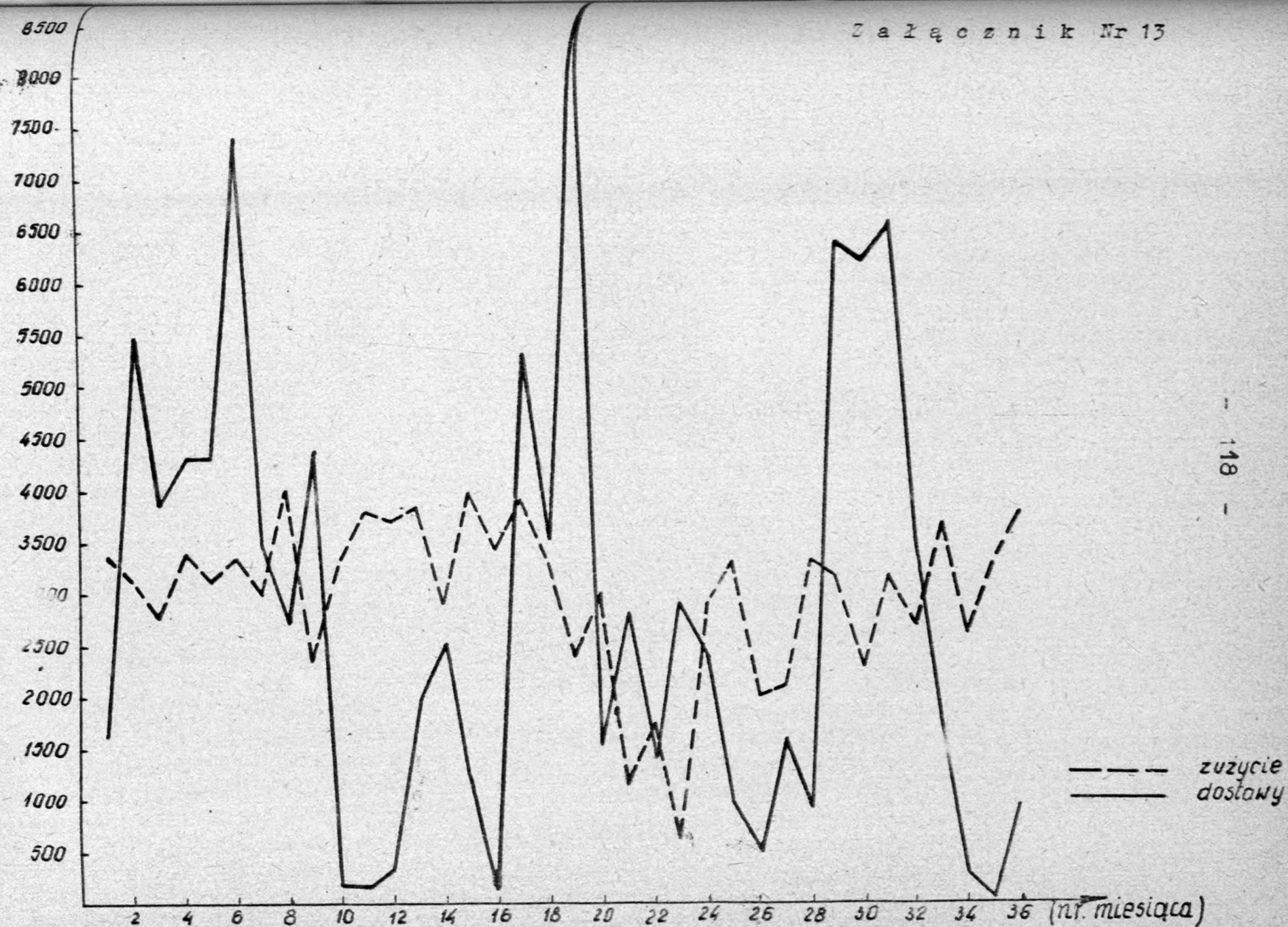
Źródło: obliczenia własne na podstawie danych
ze sprawozdań ilościowych



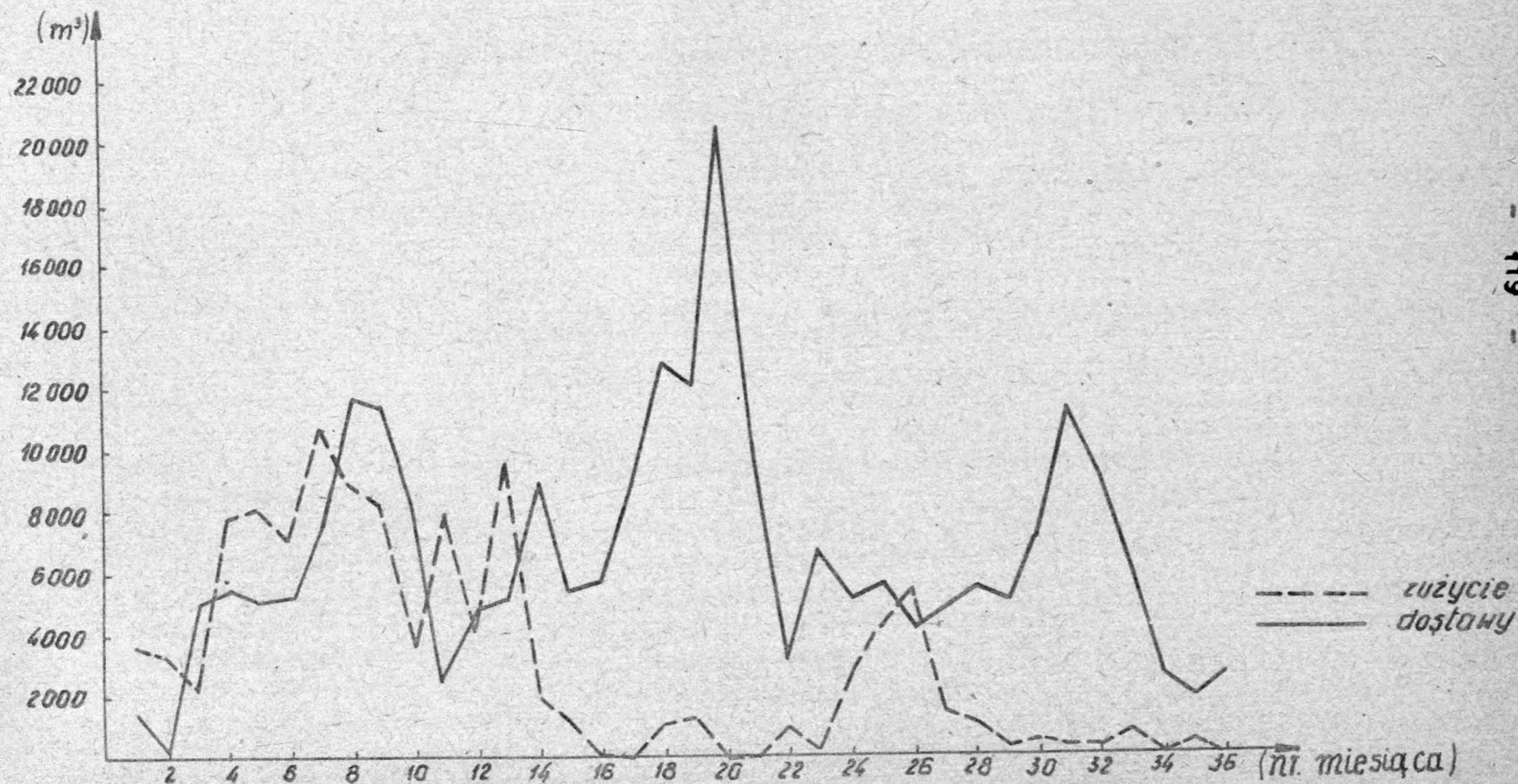
Wykres 1. Strumienie zużycia i dostaw papierówki swierkowej, okorowanej, krajowej.



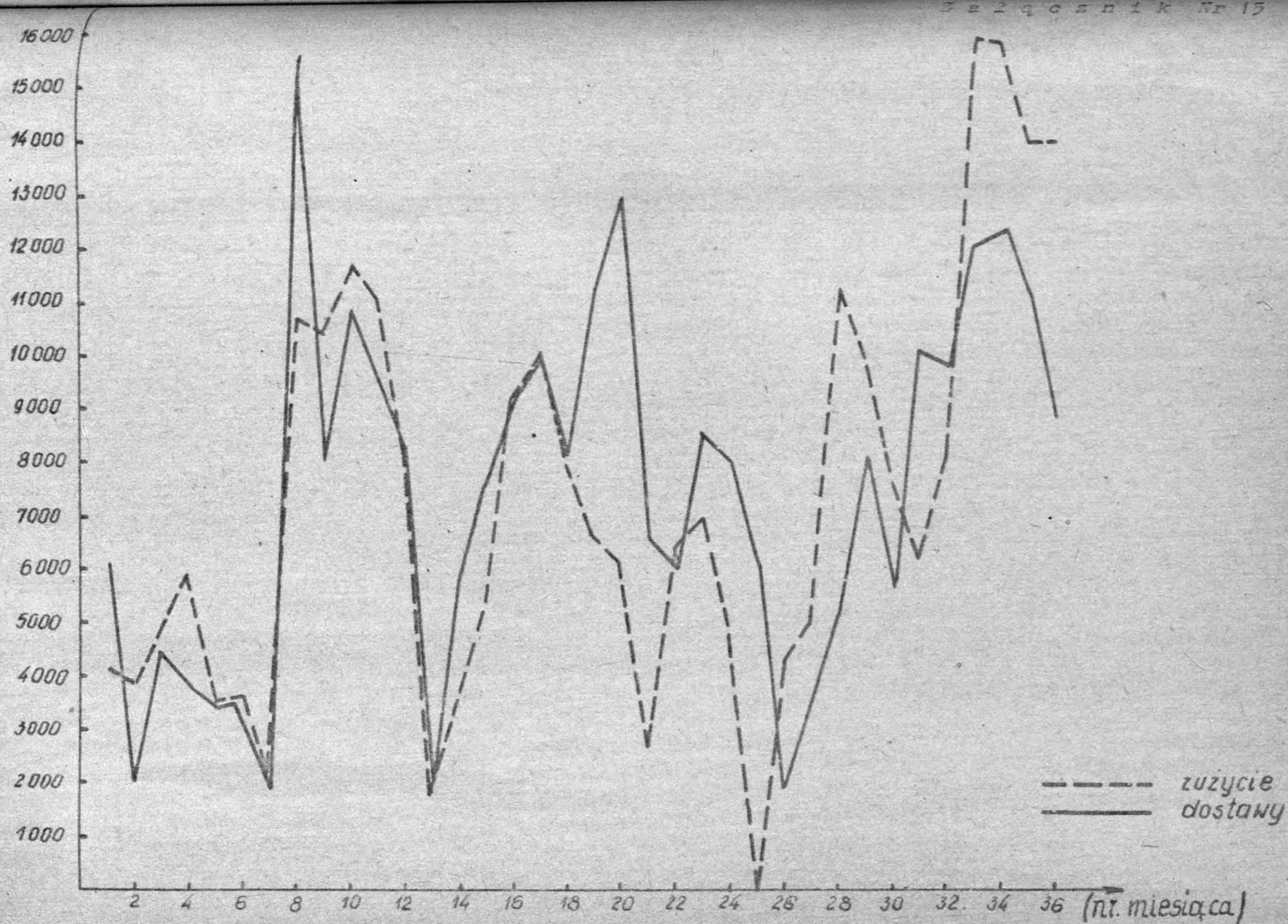
Nyktres 2. Strumienie zużycia i dostaw papierówki świerkowej w korze, krajowej.



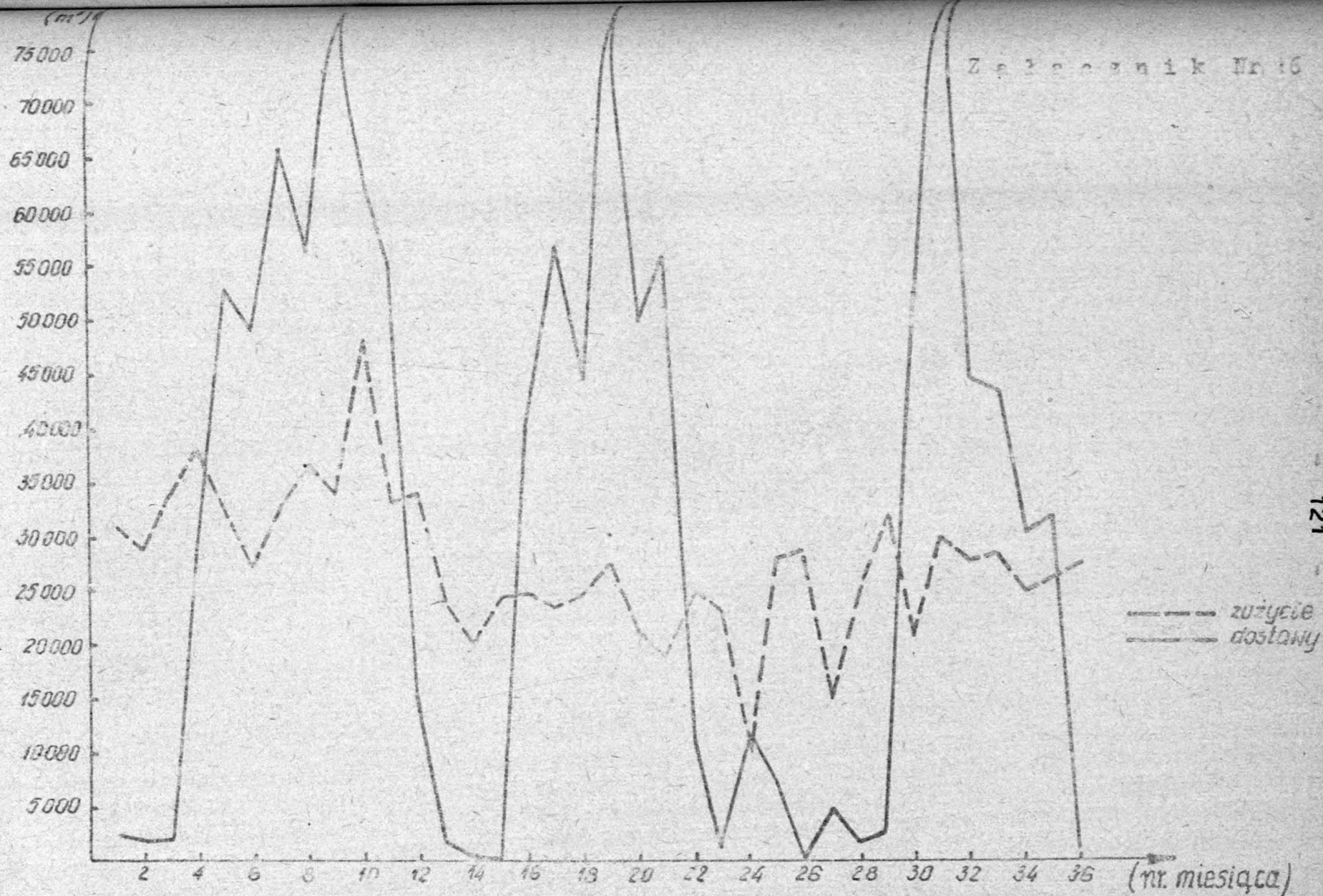
Wykres 3. Strumienie zużycia i dostaw zerdzi w korze, krajowych.



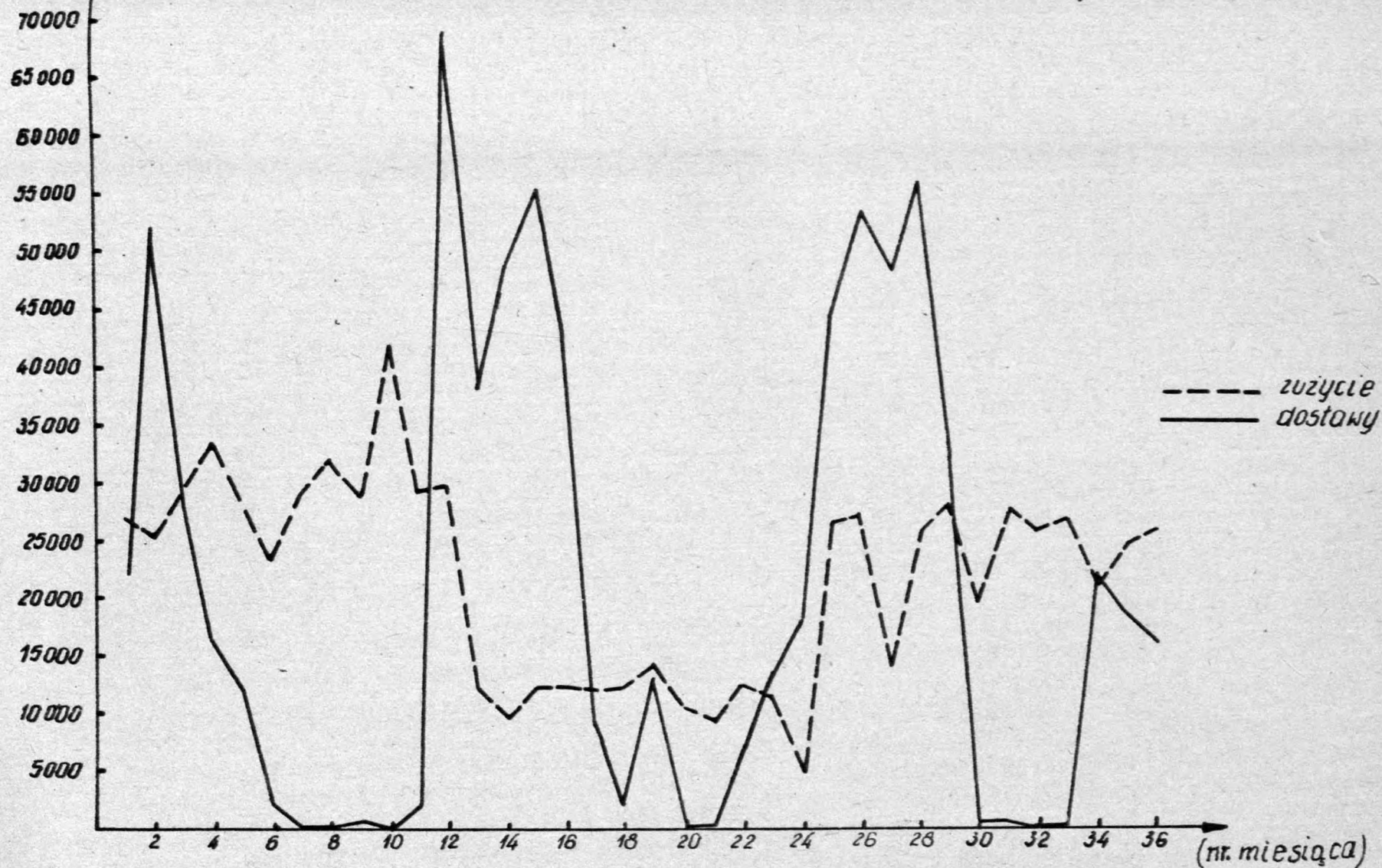
Wykres 4. Strumienie zużycia i dostaw papierówki osikowej, krajowej.



Wykres 5. Strumienie zużycia i dostaw papierówki sosnowej, krajowej.



Wykres 6. Strumienie zużycia i dostaw papierówki świerskowej, okorowanej z importu.



Wykres 7. Strumienie zużycia i dostaw papierówki świertkowej w korze z importu.

B I B L I O G R A F I A

1. K.Arrow, S.Karlin, H.Scarf "Studies in the mathematical theory of inventory and production" Stanford 1958.
2. R.Bellman, "Adaptacyjne procesy sterowania" PWN Warszawa 1965.
3. W.Bołtjański "Matematyczne metody sterowania optymalnego" WNT, Warszawa 1971.
4. Z.Czerwiński "Matematyka na usługach ekonomii", PWN Warszawa 1969.
5. A.Goldberger "Teoria ekonometrii", PWE, Warszawa 1972.
6. E.Golsztejn, D.Judin "Nowyje napravlenia w liniejnomy programirowanii" Sowjetskoje Radio, Moskwa 1967.
7. J. Greń "Modele i zadania statystyki matematycznej", PWN, Warszawa 1970.
8. F.Hannsman "Operations Reaserch in Production and Inventory Control" J. Wiley and Sons, New York - London 1962.
9. Z.Hellwig "Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki" PWN, Warszawa, 1971.
10. Z.Hellwig "Zarys ekonometrii", PWE, Warszawa 1970.
11. C.Holt, F.Modigliani, H.Simon "Linear decision rule for production an employment scheduling", Menegement Sci.2/1955.
12. E.Jury "Przekształcenie $\mathcal{Z}$ i jego zastosowania", PWNT, Warszawa 1970.

13. S.Karlin " Matematyczna teoria procesu zapasów" w: "Nowoczesna matematyka dla inżynierów" pod red. E.F.Beckenbacha, PWN, Warszawa, 1968.
14. A. Kauffman " Methods and Models of Operations Research " Prentice Hall Englewood cliffs, New Jersey, 1963.
15. L. Klein "Wstęp do ekonometrii", PWE, Warszawa , 1965.
16. O.Lange "Optymalne decyzje" , PWN, Warszawa, 1964.
17. O.Lange "Wstęp do ekonometrii" , PWN, Warszawa, 1965.
18. O.Lange "Wstęp do cybernetyki ekonomicznej", PWN, Warszawa, 1965,
19. B.Lewy, Z.Wesoły "Uwagi o szacowaniu efektów sezonowych metodami analizy regresji", Wiadomości statystyczne 8/1969.
20. M. Lovell "Seasonal Adjustment of Economic Time Series and Multiple Regressions Analysis", Journal of the American Statistical Association, 304/1963.
21. Z.Pawłowski "Ekonometria", PWN, Warszawa, 1969.
22. Z.Pawłowski "Teoria prognozy ekonometrycznej w gospodarce socjalistycznej", PWN, Warszawa, 1968.
23. Praca zbiorowa pod red. Z.Hellwiga "Elementy rachunku ekonomicznego ", PWE, Warszawa, 1972.
24. W. Pugaczew " Teoria słuczajnych funkcji i jeje primienienie k zadaczom awtomaticzeskowo uprawlenia ", Gosudarstwiennoe izdatielstwo techniko - teoreticzeskoj literatury, Moskwa, 1957.
25. W. Sadowski "Teoria podejmowania decyzji", PWE, Warszawa, 1964.

26. H. Simon "On the application of servomechanism theory in the study of production control ", Econometrica 20/1952.
27. S. Szulc "Metody statystyczne " , PWN, Warszawa, 1968.
28. Uchwała Rady Ministrów z dnia 23.III.1970r. , Monitor Polski Nr 10.
29. K. Urbanik "procesy stochastyczne " w: " Elementy nowoczesnej matematyki dla inżynierów" pod. red. H.Steinhausa , PWN, Warszawa, 1971.
30. J. Więcek "Ekonometryczna analiza popytu na artykuły tekstylnoodzieżowe" , rozprawa doktorska, Łódź, 1971, maszynopis.
31. L. Wołgin "Optymalizacja", WNT, Warszawa, 1970.
32. Załącznik do zarządzenia Nr 70 Przewodniczącego Komisji Planowania przy Radzie Ministrów z 12.XII.1966r. "Zasady ustalania norm i planowania zapasów w przedsiębiorstwie przemysłowym".
33. Z. Zieliński "Estymacja wskaźników sezonowości", Przegląd statystyczny 1/1968.
34. Z. Zieliński "Ekonometryczne metody analizy wahań sezonowych " Zeszyty Naukowe Politechniki Szczecińskiej Nr 112, Prace Monograficzne 55/1969.



BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA
W ŁODZI

Rps 1941