RUCH PRAWNICZY, EKONOMICZNY I SOCJOLOGICZNY
Rok XLV — zeszyt 3 — 1983

JERZY FORYŚ

SYMULACJA KOMPUTEROWA JAKO NARZĘDZIE STEROWANIA RYNKIEM

I. UWAGI OGÓLNE

Rynek można rozpatrywać w kategoriach systemowych, traktując go jako układ powiązany z otoczeniem za pomocą wejść i wyjść lub jako system składający się z elementów (zmiennych służących do opisu zachowania się systemu) powiązanych ze sobą i z otoczeniem oraz tworzących określoną całość [1].

Badanie rynku w ujęciu systemowym jest procesem wieloetapowym tworzącym pewną sekwencję logicznej analizy systemowej, na którą składają się:

— określenie struktury rynku (identyfikacja elementów systemu i określenie zbioru sprzężeń między nimi) [2],

— badanie funkcjonowania rynku, czyli sposobu jego reakcji na bodźce zewnętrzne (z otoczenia) [3],

— analiza właściwości stabilizacyjnych rynku [4], rozumianych jako „jego zdolność do samoczynnego zmniejszania oddziaływania zakłóceń aż do całkowitego ich wyeliminowania po upływie pewnego czasu" [5],

— sterowanie rynkiem, czyli celowe oddziaływanie na system mające

[1] Na podstawie S. Mynarski, *Modelowanie rynku w aspektach systemowych,* Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie 1978, z. 108, s. 5-17.

[2] Por. J. Foryś, *Próba konstrukcji kompleksowego modelu rynku w skali makroekonomicznej* Problemy Ekonomiczne 1980, nr 2, s. 101 - 110.

[3] Por. J. Foryś, *Mechanizm funkcjonowania rynku w skali makroekonomicznej,* Roczniki IHW 1980, nr 1, s. 39-51.

[4] Por. J. Foryś, *Analiza stabilności funkcjonowania procesów rynkowych w skali makroekonomicznej,* Wiadomości Statystyczne 1981, nr 4, s. 20-23.

[5] Por. J. Gościński, *Zarys teorii sterowania ekonomicznego,* Warszawa 1977, s. 33.

KOMPLEKSOWY MODEL RYNKU W SKALI MAKROEKONOMICZNEJ

Podsystem rynku artykułów spożywczych

$$\mathrm{SP\dot{Z}}_t = 100{,}172712 + 0{,}196953\,\mathrm{DOCH}_t - 0{,}705526\,\mathrm{WSC\dot{Z}}_t + u_{1t} \qquad R = 0{,}99985 \tag{1}$$
$$(16{,}630916)\ (0{,}008071)\qquad (0{,}214395)\qquad (s = 0{,}822413) \qquad R^2 = 0{,}99970$$

$$\mathrm{ZA\dot{Z}}_t = 59{,}732967 + 1{,}187355\,\mathrm{ZA\dot{Z}}_{t-1} - 0{,}702310\,\mathrm{WSC\dot{Z}}_{t-1} + u_{2t} \qquad R = 0{,}99942 \tag{2}$$
$$(40{,}907972)\ (0{,}079850)\qquad (0{,}511783)\qquad (s = 1{,}649144) \qquad R^2 = 0{,}99885$$

$$\mathrm{ZP\dot{Z}}_t = \mathrm{ZA\dot{Z}}_t - \mathrm{SP\dot{Z}}_t + \mathrm{ZP\dot{Z}}_{t-1} \tag{3}$$

Podsystem rynku napojów alkoholowych

$$\mathrm{SPA}_t = -59{,}151397 + 0{,}146154\,\mathrm{DOCH}_t + 0{,}190920\,\mathrm{WSCA}_t - 4{,}540003t + u_{4t} \qquad R = 1{,}00000 \tag{4}$$
$$(1{,}079525)\ (0{,}002480)\qquad (0{,}005537)\qquad (0{,}306591)\ (s = 0{,}067896) \qquad R^2 = 1{,}00000$$

$$\mathrm{ZAA}_t = -21{,}131464 + 1{,}015291\,\mathrm{ZAA}_{t-1} + 0{,}271307\,\mathrm{WSCA}_t + u_{5t} \qquad R = 0{,}99721 \tag{5}$$
$$(11{,}858412)\ (0{,}083385)\qquad (0{,}131822)\qquad (s = 2{,}432183) \qquad R^2 = 0{,}99442$$

$$\mathrm{ZPA}_t = \mathrm{ZAA}_t - \mathrm{SPA}_t + \mathrm{ZPA}_{t-1} \tag{6}$$

Podsystem rynku artykułów nieżywnościowych oraz rynek ogółem

$$\mathrm{SPN\dot{Z}}_t = -192{,}373501 + 0{,}293794\,\mathrm{SPN\dot{Z}}_{t-1} + 0{,}199718\,\mathrm{DOCH}_t + 2{,}863958\,\mathrm{WSCN\dot{Z}}_t - 0{,}866722\,\mathrm{OSZCZ}_t + \mathrm{KR}_t + u_{7t} \qquad R = 0{,}99999 \tag{7}$$
$$(61{,}585162)\ (0{,}085355)\qquad (0{,}067574)\qquad (0{,}930991)\qquad (0{,}103582)\qquad (s = 1{,}193955) \qquad R^2 = 0{,}99997$$

$$\mathrm{ZAN\dot{Z}}_t = 8{,}736564 + 1{,}120659\,\mathrm{ZAN\dot{Z}}_{t-1} - 1{,}631947(\mathrm{ZAN\dot{Z}}_{t-1} - \mathrm{SPN\dot{Z}}_{t-1}) + 54{,}738018\,\mathrm{CHL}_t + u_{8t} \qquad R = 0{,}99969 \tag{8}$$
$$(7{,}861545)\ (0{,}021818)\qquad (0{,}074665)\qquad (4{,}393132)\qquad (s = 4{,}008738) \qquad R^2 = 0{,}99938$$

$$\mathrm{ZPN\dot{Z}}_t = \mathrm{ZAN\dot{Z}}_t - \mathrm{SPN\dot{Z}}_t + \mathrm{ZPN\dot{Z}}_{t-1} \tag{9}$$

$$\mathrm{OSZCZ}_t = 251{,}376974 + 1{,}002738\,\mathrm{OSZCZ}_{t-1} + 0{,}641351(\mathrm{DOCH}_t - \mathrm{SPOG}_t) - 3{,}422194\,\mathrm{WSCN\dot{Z}}_t + u_{10t} \qquad R = 0{,}99892 \tag{10}$$
$$(153{,}604621)\ (0{,}372174)\qquad (0{,}279752)\qquad (1{,}997601)\qquad (s = 4{,}567894) \qquad R^2 = 0{,}99785$$

$$\mathrm{SPOG}_t = \mathrm{SP\dot{Z}}_t + \mathrm{SPA}_t + \mathrm{SPN\dot{Z}}_t \tag{11}$$

$$\mathrm{ZAOG}_t = \mathrm{ZA\dot{Z}}_t + \mathrm{ZAA}_t + \mathrm{ZAN\dot{Z}}_t \tag{12}$$

$$\mathrm{ZPOG}_t = \mathrm{ZP\dot{Z}}_t + \mathrm{ZPA}_t + \mathrm{ZPN\dot{Z}}_t = \mathrm{ZAOG}_t - \mathrm{SPOG}_t + \mathrm{ZPOG}_{t-1} \tag{13}$$

W przedstawionym modelu (1 - 13) symbole oznaczają:

$SPŻ_t$, SPA_t, $SPNŻ_t$, $SPOG_t$ — sprzedaż w uspołecznionym handlu detalicznym żywności, napojów alkoholowych, artykułów nieżywnościowych oraz ogółem w roku t (mld zł),

$ZAŻ_t$, ZAA_t, $ZANŻ_t$, $ZAOG_t$ — wielkość dostaw do sieci detalicznej żywności, napojów alkoholowych, artykułów nieżywnościowych oraz ogółem w roku t (mld zł),

$ZPŻ_t$, ZPA_t, $ZPNŻ_t$, $ZPOG_t$ — stan zapasów żywności, napojów alkoholowycn, artykułów nieżywnościowych oraz ogółem w roku t (mld zł),

$WSCŻ_t$, $WSCA_t$, $WSCNŻ_t$ — wskaźnik cen detalicznych żywności, napojów alkoholowych oraz artykułów nieżywnościowych w roku t (1970=100%),

KR_t — kredyty na zakupy ratalne towarów w roku t (mld zł),

$OSZCZ_t$ — wkłady oszczędnościowe w PKO w roku t (mld zł),

$DOCH_t$ — dochody osobiste do dyspozycji ludności w roku t (mld zł),

CHL_t — zmienna zero-jedynkowa przyjmująca wartość 1 w roku 1975 oraz wartość 0 w pozostałych latach,

$u_{1t}, u_{2t}, \ldots, u_{13t}$ — składniki resztowe o średniej zero i stałej wariancji dla każdego t.

na celu utrzymanie odchyleń stanu wyjścia układu od jego wartości zadanej w uprzednio wyznaczonych granicach[6].

W artykule skoncentrujemy się na zagadnieniu sterowania rynkiem. Podstawą badań będą rezultaty oszacowania kompleksowego modelu rynku w skali makroekonomicznej[7].

IL KOMPLEKSOWY MODEL RYNKU I JEGO PODSTAWOWE POSTACIE

Jeżeli przez WY(t) oznaczymy wektor zmiennych endogenicznych (wektor wyjścia) o składowych SPŻ(t), ZAŻ(t), ..., OSZCZ(t) a przez WE(t) wektor zmiennych egzogenicznych (wektor wejściowy) o składowych DOCH(t), KR(t), WSCŻ(t), WSCA(t), WSCNŻ(t), t, to postać strukturalną kompleksowego modelu rynku (1-13) można przedstawić za pomocą następującego równania wektorowego:

$$\mathrm{WY}(t)=A_0\,\mathrm{WY}(t)+A_1\,\mathrm{WY}(t-1)+B_0\,\mathrm{WE}(t)+B_1\,\mathrm{WE}(t-1)+K+V(t) \qquad (1.1)$$

gdzie: WY(t) — wektor n zmiennych endogenicznych; WY(t—1) — wektor n zmiennych endogenicznych opóźnionych o jeden rok; WE(t) — wektor m zmiennych egzogenicznych wraz ze zmienną czasową t; WE(t—1) — wektor $k(k\leqslant m)$ zmiennych egzogenicznych opóźnionych o jeden rok (wektor sterowań); A_0 i A_1 — macierze o wymiarach $n\times n$ opisujące wpływ bieżących i opóźnionych o jeden rok stanów elementów systemu na bieżące stany tych elementów. Opisują one sposób, w jaki stan układu określa jego dynamikę i tym samym wyrażają własną dynamikę układu[8]; B_0 i B_1 — macierze o wymiarach odpowiednio $n\times m$ i $n\times k$ opisujące wpływ bieżących i opóźnionych o jeden rok wartości zmiennych sterujących na bieżące wartości zmiennych celu lub też inaczej, opisujące oddziaływanie sterowania na zmienne celu układu; K — wektor wyrazów wolnych; $V(t)$ — wektor n składników losowych.

Przenosząc wektor zmiennych endogenicznych opisujący stany wewnętrzne układu na lewą stronę znaku równości, otrzymujemy:

$$\mathrm{WY}(t)-A_0\,\mathrm{WY}(t)=A_1\,\mathrm{WY}(t-1)+B_0\,\mathrm{WE}(t)+B_1\,\mathrm{WE}(t-1)+K+V(t) \qquad (1.2)$$

lub też

$$[I-A_0]\,\mathrm{WY}(t)=A_1\,\mathrm{WY}(t-1)+B_0\,\mathrm{WE}(t)+B_1\,\mathrm{WE}(t-1)+K+V(t) \qquad (1.3)$$

[6] Na podstawie J. Habr, J. Veprek, *Systemowa analiza i synteza,* Warszawa 1976, s. 56.

[7] Informacje dotyczące danych statystycznych, metody estymacji parametrów, oceny jakości modelu z punktu widzenia zgodności wyników interpretacji uzyskanej na podstawie modelu za znaną wiedzą ekonomiczną, warunków stabilności funkcjonowania rynku przedstawiono w cytowanych artykułach autora.

[8] Na podstawie A. Michalczewska-Litwa, *Postać wielorównaniowego modelu ekonometrycznego w przestrzeni stanów,* Przegląd Statystyczny 1977, nr 1, s. 41 - 54.

Model (1.3) jest odpowiednikiem równania stanu, w którym wektor zmiennych łącznie współzależnych (zmienne celu) reprezentuje tzw. współrzędne stanu, natomiast wektor zmiennych z góry ustalonych (zmienne endogeniczne o opóźnionych wartościach w czasie oraz zmienne egzogeniczne) — wielkości wejściowe i stany ustalone [9]. Inaczej mówiąc, równanie to opisuje dynamikę obiektu, gdzie A_1 charakteryzuje dynamikę obiektu przy braku sterowania, macierze B_0 i B_1 określają wpływ sterowania na zachowanie się obiektu i wreszcie WE(t), WE (t—1) — odpowiednio nieopóźniony i opóźniony wektor sterowań [10].

Mnożąc lewostronnie wyrażenie (1.3) przez macierz $[I - A_0]^{-1}$ uzyskujemy tzw. postać zredukowaną kompleksowego modelu rynku:

$$\mathrm{WY}(t) = M_1 \mathrm{WY}(t-1) + M_2 \mathrm{WE}(t) + M_3 \mathrm{WE}(t-1) + M_4 + M_5(t) \tag{1.4}$$

gdzie: $M_1 = [I - A_0]^{-1} A_1 \quad M_2 = [I - A_0]^{-1} B_0 \quad M_3 = [I - A_0]^{-1} B_1$

$M_4 = [I - A_0]^{-1} K \quad M_5 = [I - A_0]^{-1} V(t)$

Model (1.4) jest odpowiednikiem równania wyjścia[11], który opisuje każdą ze zmiennych endogenicznych w roku t uzależniając je zarówno od poziomu zmiennych egzogenicznych [M_2WE(t)] oraz składników losowych postaci zredukowanej [$M_5(t)$] z tego samego okresu, jak i od opóźnionych o jeden rok zmiennych endogenicznych M_1WE(t—1) i egzogenicznych M_3WE(t — 1). Innymi słowy, macierz M_1 charakteryzuje związek wyjścia ze zmiennymi stanu lub też inaczej określa sposób, w jaki zmienne stanu są transformowane na zmienne wyjścia, natomiast macierze M_2 i M_3 reprezentują bezpośredni i pośredni wpływ sterowań na wyjścia układu.

Elementy macierzy M_2 mierzą bezpośredni wpływ zmiennych egzogenicznych na zmienne endogeniczne. Na podstawie (1.4) nie możemy jednak twierdzić, że elementy macierzy M_3 określają wpływ opóźnionych o jeden rok zmiennych egzogenicznych na bieżące wartości zmiennych endogenicznych. Przyczyną tego jest fakt, że WE(t-1) nie oddziałuje bezpośrednio na WY(t) (jak to jest w przypadku macierzy M_2), ale pośrednio poprzez WE(t—1). Chcąc zatem określić łączny efekt oddziaływania WE(t-1) na WY(t) należy wyeliminować z równania (1.4) wektor WY(t—1). Można tego dokonać przez podstawienie w miejsce WY(t-1) tego samego równania wyznaczonego dla okresu o jeden rok wcześniejszego. Otrzymujemy więc [12]:

[9] Na podstawie S. Mynarski, *Modelowanie.*

[10] Por. A. Baborski, M. Duda, S. Forlicz, *Elementy cybernetyki ekonomicznej,* Warszawa 1977, s. 93.

[11] Por. S. Mynarski, *Modelowanie.*

[12] Na podstawie H. Theil, J. C. G. Boot, *The Final Form of Econometric Equation Systems,* w: A. Zellner, *Readings in Economic Statistics and Econometrics,* Boston 1968, s. 614.

$$WY(t)=M_1[M_1 WY(t-2)+M_2 WE(t-1)+M_3 WE(t-2)+M_4+M_5(t-1)]+ \\ +M_2 WE(t)+M_3 WE(t-1)+M_4+M_5(t)=M_1^2 WY(t-2)+ \\ +M_2 WE(t)+(M_3+M_1 M_2) WE(t-1)+M_1 M_3 WE(t-2)+ \\ +M_1 M_4+M_4+M_5(t)+M_1 M_5(t-1) \quad (1.5)$$

Łączny efekt oddziaływania opóźnionej o jeden rok zmiennej egzogenicznej na bieżące wartości zmiennej endogenicznej określa macierz $M_3+M_1M_2$ Postępując w analogiczny sposób możemy wyeliminować z (1.5) WY(t—2) w celu określenia łącznego efektu oddziaływania WE(t—2) na WY(t), itd. Powtarzając ten proces k razy, otrzymujemy rozwiązanie zredukowanej postaci kompleksowego modelu rynku, które przedstawia się według następującego wzoru:

$$WY(t)=M_1^{k+1} WY(t-k-1)+M_2 WE(t)+(M_3+M_1 M_2) WE(t-1)+ \\ +M_1(M_3+M_1 M_2) WE(t-2)+\ldots+M_1^{k-1}(M_3+M_1 M_2) WE(t-k)+ \\ +M_1^k M_3 WE(t-k-1)+M_4+M_1 M_4+\ldots+M_1^k M_4+M_5(t)+\ldots \\ +\ldots+M_1^k M_5(t-k) \quad (1.6)$$

Jeżeli macierz M_1^{k+1} dąży do macierzy zerowej[13], (przy $k \to \infty$) wtedy układ (1.1) jest stabilny i wyrażenie (1.6) zmierza do wartości skończonej danej wzorem:

$$WY(t)=M_2 WE(t)+\sum_{k=1}^{\infty} M_1^{k-1}(M_3+M_1 M_2) WE(t-k)+\sum_{k=0}^{\infty} M_1^k M_4+ \\ +\sum_{k=0}^{\infty} M_1^k M_5(t-k) \quad (1.7)$$

Równanie (1.7) przedstawia tzw. postać ostateczną modelu kompleksowego. Jej macierze

$$M_2, M_3+M_1M_2, M_1(M_3+M_1 M_2), M_1^2(M_3+M_1 M_2)$$

określają łączny efekt oddziaływania zmiennej egzogenicznej (wielkości sterującej) w okresie (t—k, t) na zmienną endogeniczną (wielkość wyjściową) w chwili t.

III. STEROWALNOŚĆ I OBSERWOWALNOŚĆ UKŁADU

Podstawowym zagadnieniem w sterowaniu rynkiem — związanym z postacią ostateczną modelu — jest problem określenia sterowalności i obserwowalności układu. Ze względu na to, że pojęcia te są na ogół

[13] Na podstawie O. Lange, *Wstęp do cybernetyki ekonomicznej,* Warszawa 1965, s. 69.

$$
P=\begin{array}{c}
\begin{array}{ccc} \qquad (M_3+M_1M_2) \qquad\qquad & \qquad M_1(M_3+M_1M_2) \qquad\qquad & \qquad M_1^2(M_3+M_1M_2) \qquad \end{array} \\
\left[\begin{array}{ccccc|ccccc|ccccc}
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
-0,249 & 1,497 & -0,589 & 0,159 & 8,746 & -0,169 & 1,003 & -0,397 & 0,107 & 5,879 & -0,117 & 0,680 & -0,271 & 0,073 & 4,003 \\
-0,249 & 1,497 & -0,589 & 0,159 & 8,746 & -0,169 & 1,003 & -0,397 & 0,107 & 5,879 & -0,117 & 0,680 & -0,271 & 0,073 & 4,003 \\
0 & 0 & -0,702 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0,833 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0,990 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0,275 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,279 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,283 & 0 \\
-0,605 & 3,662 & -1,436 & 0,388 & 21,354 & -0,104 & 0,609 & -0,242 & 0,065 & 3,582 & -0,224 & 1,328 & -0,525 & 0,142 & 7,778 \\
-0,605 & 3,662 & -2,138 & 0,664 & 21,354 & -0,104 & 0,609 & -1,076 & 0,345 & 3,582 & -0,224 & 1,328 & -1,515 & 0,426 & 7,778 \\
-0,197 & 0 & 0,003 & 0 & 0 & -0,197 & 0 & -0,830 & 0 & 0 & -0,196 & 0 & -1,820 & 0 & 0 \\
-0,146 & 0 & 0 & 0,355 & 0 & -0,146 & 0 & 0 & 0,635 & 0 & -0,146 & 0 & 0 & 0,919 & 0 \\
0,016 & -0,086 & 0,036 & -0,009 & -0,519 & 0,081 & -0,479 & 0,190 & -0,051 & -2,816 & -0,025 & 0,168 & -0,062 & 0,017 & 0,958 \\
-0,326 & -0,086 & 0,039 & 0,346 & -0,519 & -0,261 & -0,479 & -0,640 & 0,583 & -2,816 & -0,368 & 0,168 & -1,883 & 0,936 & 0,958 \\
0,822 & -2,408 & 1,399 & -0,378 & -17,483 & 0,933 & -3,058 & 1,658 & -0,448 & -21,302 & 1,011 & -3,502 & 1,837 & -0,497 & -23,927
\end{array}\right]
\end{array}
$$

znane i dokładnie opisane w literaturze z zakresu sterowania[14], ograniczymy się jedynie do udzielenia odpowiedzi na pytanie, czy możliwe jest przeprowadzenie układu z dowolnego stanu początkowego WY(0) i WE(0), do dowolnego stanu pożądanego WY*(*t*) w skończonym czasie przez zastosowanie odpowiedniego sterowania WE(*t*—1) i WE(*t*). Innymi słowy, chodzi o problem sterowalności względem wyjścia układu. Odpowiedź na to pytanie podał Kaiman i brzmi ona następująco[15]: układ (1.4) nazywa się całkowicie sterowalnym względem wyjścia, jeżeli jest możliwe skonstruowanie nieograniczonego wektora sterowania WE(*t*), który przeprowadzi wyjście od danych warunków początkowych WY(0) i WE(0) do dowolnych warunków końcowych WY(*t*) w skończonym przedziale czasu $0 \leqslant t \leqslant k$.

W naszym przypadku, kompleksowy model rynku (1.4) ma 13 równań, więc będzie w pełni sterowalny względem wyjścia wtedy i tylko wtedy, gdy macierz złożona:

$$P = [M_3 + M_1 M_2 \,\vdots\, M_1(M_3 + M_1 M_2) \,\vdots \ldots \vdots\, M_1^{k-1}(M_3 + M_1 M_2)] \tag{2.1}$$

o wymiarach $13 \times 5k$ jest rzędu 13.

Na str. 189 zamieszczono macierz złożoną

$$\mathbf{P} = [M_3 + M_1 M_2 \,\vdots\, M_1(M_3 + M_1 M_2) \,\vdots\, M_1^2(M_3 + M_1 M_2)] \tag{2.2}$$

o wymiarach 13×15 ($k = 3$)[16]. Jak można zauważyć, rząd tej macierzy $\mathrm{rz}(P) \leqslant 10$ co oznacza, że układ (1.4) nie jest całkowicie sterowalny.

IV. SYMULACJA STEROWANIA PROGRAMOWEGO RYNKIEM[17]

Przed wykorzystaniem modelu (1 - 13) do celów sterowania rynkiem dokonamy podziału zmiennych tego modelu na cztery grupy[18]:

— Zmienne celu (popyt, podaż, zapasy, oszczędności). Są to te spośród zmiennych endogenicznych, których kształtowaniem się jest zainteresowany organ kierujący rynkiem.

— Zmienne sterujące (dochody, kredyty, ceny). Zmienne te kształtuje organ kierujący i są one narzędziem polityki rynkowej.

— Zmienne niekontrolowane. Są to zmienne ze zbioru zmiennych

[14] Por. K. Ogata, *Metody przestrzeni stanów w teorii sterowania,* Warszawa 1974, rozdz. VII.

[15] Por. K. Ogata, *Metody,* s. 370.

[16] Z macierzy M_2 usunięto ostatnią kolumnę odzwierciedlającą wpływ zmiennej czasowej t na zmienną endogeniczną układu.

[17] W artykule przyjmuje się, że norma stanu wyjścia WY *(t)* jest funkcją czasu. Mamy więc do czynienia ze sterowaniem programowym, Por. O. Lange, Wstęp, s. 34.

[18] Na podstawie A. Michalczewska-Litwa, *Postać.*

egzogenicznych, na które organ kierujący nie ma wpływu (zmienna czasowa t).

— Uboczne zmienne endogeniczne. Są to zmienne ze zbioru zmiennych endogenicznych, których organ kierujący nie kształtuje (są poza sferą jego kompetencji).

Sterowanie rynkiem — jak to już zaznaczono wcześniej — to celowe oddziaływanie na układ mające doprowadzić do pożądanego stanu układu. Celem, w naszym przypadku, jest osiągnięcie pożądanych wartości zmiennych celu za pomocą zmiennych decyzyjnych. Inaczej mówiąc, chodzi o określenie zmiennych sterujących (stan wektora wejścia WE(t)) na takim poziomie, aby zmienne celu (stan wektora wyjścia WY(t)) osiągnęły pożądaną wartość (WY*(t)). W dalszym ciągu przedstawimy wyniki symulacji sterowania rynkiem przeprowadzonej w trzech wariantach różniących się wyborem pożądanych wartości wektora wyjścia WY*(t).

W pierwszej wersji, pożądane wartości zmiennych celu (norma stanu wyjścia układu WY*(t)) określono następująco:

— Wielkość sprzedaży artykułów spożywczych w latach 1980-1985 będzie charakteryzowała się stałym średniorocznym tempem wzrostu (TW2) wynoszącym 9% (latach 1970-1977 TWŻ=10%). Czyli

$$\begin{aligned} \text{SPŻ}^*(t) &= \text{SPŻ}(t-1)(1+\text{TWŻ}:100) = (1+0{,}09)\text{SPŻ}(t-1) = \\ &= \text{SPŻ}(0)1{,}09^t \\ \text{SPŻ}(t) &= \text{SPŻ}^*(t), \end{aligned}$$

gdzie symbolem * oznaczono pożądane wartości odnośnych zmiennych.

— Rozmiar podaży artykułów spożywczych będzie równy popytowi w tym okresie, czyli

$$\text{ZAŻ}^*(t) = \text{SPŻ}^*(t),$$

$$\text{ZAŹ}(t) = \text{ŻAŻ}^*(t).$$

— Wielkość sprzedaży napojów alkoholowych w latach 1980-1985 będzie charakteryzowała się stałym średniorocznym spadkiem tempa wzrostu (TWA) wynoszącym 1,5% (w latach 1970-1977 TWA=19%). Tempo wzrostu sprzedaży tej grupy dóbr nie będzie jednak niższe niż 11%.

Tak więc:

$$\text{SPA}^*(t) = \begin{cases} \text{SPA}(t-1)\text{TWA}(t) & \text{jeżeli TWA}(t) > 11\,\% \\ \text{SPA}(t-1)\,1{,}11 & \text{jeżeli TWA}(t) \leqslant 11\,\% \end{cases}$$

$$\text{SPA}(t) = \text{SPA}^*(t)$$

— Rozmiar podaży napojów alkoholowych będzie równy popytowi w tym okresie:

$$ZAA^*(t) = SPA^*(t),$$

$$ZAA(t) = ZAA^*(t).$$

— Wielkość sprzedaży artykułów nieżywnościowych w latach 1980 - -1985 będzie charakteryzowała się stałym średniorocznym tempem wzrostu (TWNŻ) wynoszącym 11% (w latach 1970-1977 TWNŻ=14%). Czyli:

$$SPNŻ^*(t) = (1 + TWNŻ : 100)SPNŻ(t-1) = (1 + 0{,}11)SPNŻ(t-1) =$$
$$= 1{,}11^t SPNŻ(0)$$

$$SPNŻ(t) = SPNŻ^*(t)$$

— Podobnie jak w branży spożywczej oraz napojów alkoholowych zakładamy, że

$$ZANŻ^*(t) = SPNŻ^*(t),$$

$$ZANŻ(t) = ZANŻ^*(t).$$

Przyjęcie założeń, że w badanym okresie podaż będzie równa popytowi, redukuje model (1-13) do 4 równań i 3 tożsamości, a co za tym idzie, sprowadza układ (1.4) do całkowitej sterowalności.

— W pierwszej wersji nie nakładamy żadnych wymagań na zmienną charakteryzującą oszczędności pieniężne ludności. Poziom oszczędności traktujemy jako uboczną zmienną endogeniczną.

Aby osiągnąć powyższe cele, należy określić zmienne sterujące, za pomocą których zostaną one zrealizowane. Zakładamy więc, że pożądane wartości zmiennych celu uzyskamy za pomocą trzech (spośród pięciu dostępnych) zmiennych sterujących. Są to zmienne odzwierciedlające poziom cen żywności, napojów alkoholowych oraz artykułów nieżywnościowych. Pozostałe zmienne sterujące (dochody oraz kredyty) przyjmujemy w sposób arbitralny.

W modelu (1-13) założenie to sprowadza się do przeniesienia na lewą stronę odpowiednich równań zmiennych WSCŻ(t), WSCA(t), WSCNŻ(t), natomiast SPŻ(t), SPA (t) i SPNŻ(t) na stronę prawą.

Kompleksowy model rynku (1.13) uwzględniający wszystkie powyższe wymagania przedstawia się następująco:

$$SPŻ^*(t) = 1{,}09 \;\; SPŻ(t-1) \quad SPŹ(t) \; = SPŻ^*(t)$$

$$WSEŻ(t) = 141{,}98301 + 0{,}279158 \; DOEH(t) - 1{,}417382 \; SPŻ(t)$$

$$ZAŻ^*(t) \; = \; SPŻ^*(t) \;\; ZAŻ(t) \; = \; ZAŻ^*(t)$$

$$\mathrm{ZP\dot{Z}}(t) = \mathrm{ZA\dot{Z}}(t) - \mathrm{SP\dot{Z}}(t) + \mathrm{ZP\dot{Z}}(t-1)$$

$$\mathrm{TWA}(t) = 1{,}19 - 0{,}015t$$

$$\mathrm{SPA}^*(t) = \mathrm{TWA}(t)\,\mathrm{SPA}(t-1) \quad \text{jeżeli } \mathrm{TWA}(t) > 11\%$$

$$\mathrm{SPA}^*(t) = 1{,}11\mathrm{SPA}(t-1) \quad \text{jeżeli } \mathrm{TWA}(t) \leqslant 11\%$$

$$\mathrm{SPA}(t) = \mathrm{SPA}^*(t)$$

$$\mathrm{WSCA}(t) = 309{,}29916 - 0{,}765525\mathrm{DOCH}(t) + 23{,}779609t + 5{,}237796\mathrm{SPA}(t)$$

$$\mathrm{ZAA}^*(t) = \mathrm{SPA}^*(t) \quad \mathrm{ZAA}(t) = \mathrm{ZAA}^*(t)$$

$$\mathrm{ZPA}^*(t) = \mathrm{ZAA}(t) - \mathrm{SPA}(t) + \mathrm{ZPA}(t-1)$$

$$\mathrm{SPN\dot{Z}}^*(t) = 1{,}11\ \mathrm{SPN\dot{Z}}(t-1) \quad \mathrm{SPN\dot{Z}}(t) = \mathrm{SPN\dot{Z}}^*(t)$$

$$\begin{aligned}\mathrm{WSCN\dot{Z}}(t) = {} & 67{,}170503 - 0{,}102583\ \mathrm{SPN\dot{Z}}(t-1) + 0{,}349167\mathrm{SPN\dot{Z}}(t) - \\ & - 0{,}069735\mathrm{DOCH}(t) + 0{,}302631\,(\mathrm{OSZCZ}(t) - \mathrm{OSZCZ}(t-1)) - \\ & - 0{,}349167\ \mathrm{KR}(t)\end{aligned}$$

$$\mathrm{ZAN\dot{Z}}^*(t) = \mathrm{SPN\dot{Z}}^*(t) \quad \mathrm{ZAN\dot{Z}}(t) = \mathrm{ZAN\dot{Z}}^*(t)$$

$$\mathrm{ZPN\dot{Z}}(t) = \mathrm{ZAN\dot{Z}}(t) - \mathrm{SPN\dot{Z}}(t) + \mathrm{ZPN\dot{Z}}(t-1)$$

$$\begin{aligned}\mathrm{OSZCZ}(t) = {} & 251{,}376974 + 1{,}002738\mathrm{OSZCZ}(t-1) + 0{,}641351(\mathrm{DOCH}(t) - \\ & - \mathrm{SPOG}(t)) - 3{,}422194\mathrm{WSCN\dot{Z}}(t)\end{aligned}$$

Wyniki symulacji tego modelu[19], dokonanej przy danych warunkach początkowych (jako warunki początkowe posłużyły dane liczbowe z roku 1979), dochodach (założono stałe średnioroczne tempo wzrostu dochodów — TWD — wynoszące TWD=10%) i kredytach (założono stałą wielkość kredytów na poziomie 11 mld zł) zamieszczono w tabeli 1. W tabeli tej zestawiono również kilka obliczeń pomocniczych (przyrost oszczędności, nadwyżka dochodów nad sprzedażą ogółem).

V. SYMULACJA STEROWANIA ŚLEDZĄCEGO PODSYSTEMEM RYNKU NAPOJÓW ALKOHOLOWYCH

W drugiej wersji nałożono dodatkowy warunek na wielkość sprzedaży i dostaw napojów alkoholowych. Założono, że wielkości te będą się kształtować w zależności od rozmiaru sprzedaży oraz dostaw artykułów spożywczych. Innymi słowy, wymagamy, aby wielkość sprzedaży napojów alkoholowych kształtowała się w odpowiedniej (pożądanej) pro-

[19] Symulacji dokonano w Systemie CYBER-72 korzystając z programów własnych. Należy zwrócić uwagę na krótki czas obliczeń wynoszący niespełna 5 sek. czasu Centralnego Procesora Systemu CYBER-72.

Tabela 1

Wyniki symulacji kompleksowego modelu rynku (sterowanie programowe): pierwsza wersja. Założenia symulacji: TWŻ=9%, TWA(t)=1,19-0,015t, TWNŻ=11%, TWD = 10%, KR(t) = =KR(t-1):=11 mld zł

WE(t), WY(t)	1980	1981	1982	1983	1984	1985
t	11	12	13	14	15	16
DOCH(t)	1606,3	1767,0	1943,7	2138,0	2351,8	2587,0
KR(t)	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
SPŻ(t)=ZAŻ(t)	328,3	357,9	390,1	425,2	463,4	505,1
ZPŻ(t)	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7
WSCŻ(t)	125,1	128,0	131,7	136,2	141,7	148,2
SPA(t)=ZAA(t)	153,5	178,0	203,8	230,3	256,8	285,0
ZPA(t)	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
WSCA(t)	145,0	174,4	198,1	211,8	210,7	202,4
SPNŻ(t)=ZANŻ(t)	681,2	756,1	839,3	931,6	1034,1	1147,9
ZPNŻ(t)	122,6	122,6	122,6	122,6	122,6	122,6
WSCNŻ(t)	141,6	148,9	156,9	165,8	175,5	186,2
OSZCZ(t)	421,0	469,0	513,1	552,9	588,2	618,3
SPOG(t)=ZAOG(t)	1163,0	1292,0	1433,2	1587,1	1754,3	1938,0
ZPOG(t)	148,0	148,0	148,0	148,0	148,0	148,0
$\frac{\text{OSZCZ}(t)}{\text{SPOG}(t)+\text{OSZCZ}(t)}100$	26,6	26,6	26,4	25,8	25,1	24,2
OSZCZ(t)−OSZCZ(t−1)	51,5	48,0	44,1	39,8	35,4	30,1
DOCH(t)−SPOG(t)	443,4	475,0	510,0	550,9	597,5	648,9

porcji do pożądanej wielkości sprzedaży artykułów spożywczych. W naszym przypadku przyjęto, że udział sprzedaży napojów alkoholowych w sprzedaży artykułów spożywczych [$u(t)$ == SPA(t) : SPŻ(t)] będzie w latach 1980-1985 wzrastał rocznie o 2% (w latach 1970-1977 udział ten wzrósł z 27% do 43,5%). Tak więc:

$$\text{SPA}^*(t) = \text{SPŻ}^*(t)\ [u(0)+0{,}02t] = \text{SPŻ}^*(t)\ [0{,}435 + 0{,}02t]$$

oraz

$$\text{ZAA}^*(t) = \text{SPA}^*(t) \quad \text{ZAA}(t) = \text{ZAA}^*(t)$$

$$\text{SPA}(t) = \text{SPA}^*(t)$$

Ze względu na to, że pożądana wartość zmiennej celu [SPA*(t)] jest funkcją innej wielkości [SPŻ*(t)] mamy zatem do czynienia ze sterowaniem śledzącym[20].

Wyniki symulacji modelu uwzględniającego powyższe założenia oraz przy pozostałych wymaganiach takich jak w pierwszej wersji zamieszczono w tabeli 2. W tabeli tej nie podajemy wyników dotyczących podsystemu rynku artykułów spożywczych oraz artykułów nieżywnościowych, gdyż są one identyczne z zamieszczonymi w tabeli 1.

[20] Por. O. Lange, *Wstęp,* s. 34.

Tabela 2

Wyniki symulacji kompleksowego modelu rynku według drugiej wersji (sterowanie śledzące). Założenia symulacji: TWŻ = 9%, SPA*(t) = SPŻ*(t) [0,435 + 0,02t], TWNŻ = 11%, TWO = 10%, KR(t) = KR(t - 1) = 11 mld zł

WE(t), WY(t)	1980	1981	1982	1983	1984	1985
SPA(t)=ZAA(t)	155,9	177,1	200,9	227,5	257,2	290,5
WSCA(t)	158,0	169,8	182,7	196,9	212,8	230,7
WSCNŻ(t)	141,6	148,9	156,9	165,8	175,5	186,2
SPOG(t)=ZAOG(t)	1165,4	1291,1	1430,3	1584,3	1754,7	1943,5
OSZCZ(t)	420,2	468,5	513,5	554,2	589,4	617,8
OSZCZ(t)−OSZCZ(t−1)	50,7	48,3	45,1	40,7	35,2	28,4
$\frac{\text{OSZCZ}(t)}{\text{SPOG}(t)+\text{OSZCZ}(t)}100$	26,5	26,6	26,4	25,9	25,1	24,1
DOCH(t)−SPOG(t)	440,9	475,8	513,4	553,8	597,1	643,5

Tabela 3

Wyniki symulacji kompleksowego modelu rynku — trzecia wersja (sterowanie poziomem oszczędności). Założenia symulacji: TWŻ = 9%, SPA*(t) = SPŻ(*t) [0,435 + 0,02t], TWNŻ = 11 %, TWO = 5%, KR(t) = KR(t - 1) = 11,0 mld zł

WE(t), WY(t)	1980	1981	1982	1983	1984	1985
DOCH(t)	1531,8	1700,3	1886,9	2093,6	2322,6	2576,2
WSCŻ(t)	104,3	109,4	115,9	123,8	133,5	145,2
WSCA(t)	215,1	220,9	226,2	230,9	235,2	239,0
WSCNŻ(t)	137,0	144,8	153,4	163,0	173,7	185,5
OSZCZ(t)	388,0	407,4	427,8	449,1	471,6	495,2
OSZCZ(t)−OSZCZ(t−1)	18,5	19,4	20,4	21,4	22,5	23,6
$\frac{\text{OSZCZ}(t)}{\text{SPOG}(t)+\text{OSZCZ}(t)}100$	25,0	24,0	23,0	22,1	21,2	20,3
DOCH(t)−SPOG(t)	366,3	409,1	456,6	509,3	567,8	632,8

VI. SYMULACJA STEROWANIA POZIOMEM OSZCZĘDNOŚCI

W kolejnej, ostatniej wersji sterowania założono, że organ kierujący rynkiem jest również zainteresowany poziomem oszczędności ludności. Dodatkowo wymagamy zatem, aby poziom oszczędności w latach 1980 - -1985 charakteryzował się stałym średniorocznym tempem wzrostu (TWO) wynoszącym 5%. Czyli:

$$\text{OSZCZ}^*(t) = \text{OSZCZ}(t - 1)\text{TWO} : 100 = 1{,}05\ \text{OSZCZ}(t - 1) =$$

$$= \text{OSZCZ}\ (0)1{,}05^t$$

$$\text{OSZCZ}(t)=\text{OSZCZ}^*(t)$$

Przyjmujemy, że pożądany poziom oszczędności ludności osiągniemy za pomocą zmiennej sterującej charakteryzującej dochody pieniężne ludności — DOCH(t). Przenosząc zatem w równaniu (13) modelu zmienną DOCH(t) na lewą stronę znaku równości, a zmienną OSZCZ(t) na stronę prawą, otrzymujemy po podzieleniu obu stron równania przez 0,641351 :

$$\mathrm{DOCH}(t) = -391{,}94913 - 1{,}563477\ \mathrm{OSZCZ}(t-1) + 1{,}559208\ \mathrm{OSZCZ}(t) + \\ + \mathrm{SPOG}(t) + 5{,}335914\ \mathrm{WSCN\dot{Z}}(t)$$

Wyniki symulacji kompleksowego modelu rynku uwzględniającego powyższe założenie zestawiono w tabeli 3. W tabeli tej nie podajemy rezultatów obliczeń dotyczących wielkości popytu, podaży i zapasów napojów alkoholowych (są one identyczne z zamieszczonymi w tabeli 2), artykułów spożywczych oraz nieżywnościowych (są one identyczne z zamieszczonymi w tabeli 1).

Jak można zauważyć na podstawie wyników zamieszczonych w tej tabeli sterowanie poziomem oszczędności za pomocą dochodów wymaga również zmiany cen we wszystkich grupach dóbr.

Na zakończenie należy stwierdzić, że uzyskane rezultaty potwierdzają dużą przydatność kompleksowych modeli rynku nie tylko do prz€widywania skutków pewnych przedsięwzięć w przyszłości, ale również do celów symulacji sterowania rynkiem w Polsce.

ATTEMPT AT MARKET CONTROL IN THE MACROECONOMIC SCALE BY MEANS OF A COMPUTER SIMULATION

Summary

The study presents one of the stages of a process of systematic market research which consists, among others, of control understood as an intentional manipulation of the system which has to result in reaching its desirable state by means of obtaining determined values of variables of objective by variables of decision. The attempted construction of complex market model in a macroeconomic scale resulted in thirteen equasion final model which was used for market manipulation with the use of computer simulation.

The simulation results are presented in three variants, differing as to the choice of desirable values of the exit vector, for the market of foodstuffs, alcoholic beverages and for the market in general in the 1980 -1985 span of time. Results of the presented research procedures proved a high degree of usefulness of complex market models not only in forecasting future results of certain moves and ventures but also in the simulation of market control in Poland.