

**Aneta Sobiechowska-Ziegert**

Politechnika Gdańska

---

## PROGNOZOWANIE CEN RÓWNOWAGI W ZARZĄDZANIU PRZEDSIĘBIORSTWEM

---

**Streszczenie:** W artykule wskazano na możliwości zastosowania cen równowagi w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Omówiono kierunki badań i metody prognozowania cen, zwracając szczególną uwagę na ich znaczenie dla rynku oligopolistycznego. Przedstawiono również przykład wykonanej za pomocą metod ekonometrycznych prognozy cen detalicznych oleju napędowego na polskim rynku paliw płynnych.

**Słowa kluczowe:** ceny równowagi, oligopol, ekonometryczny model cen, ceny paliw.

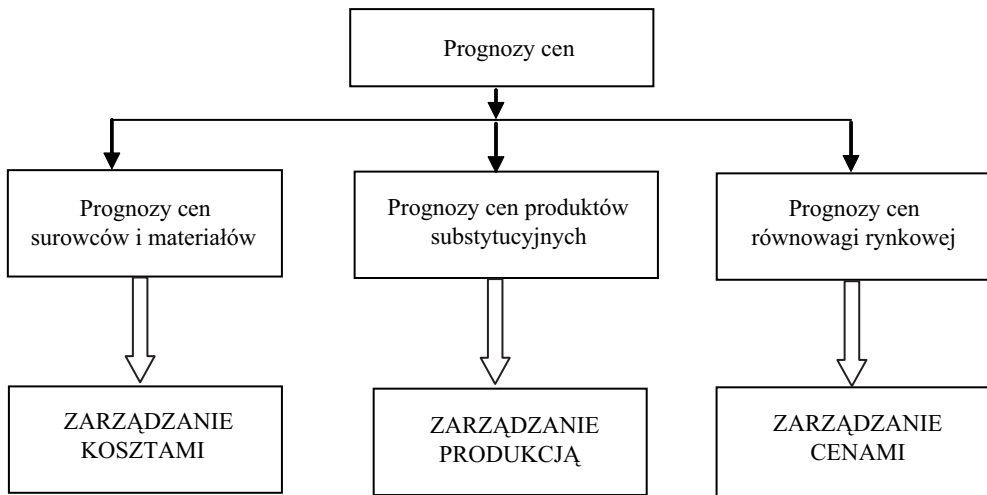
### 1. Wstęp

Zarządzanie przedsiębiorstwem to proces niezależny od struktury rynku, na którym przedsiębiorstwo funkcjonuje. Każda bowiem firma podejmuje decyzje gospodarcze, konsekwencją których są odpowiednie koszty i przychody. Zakres tych decyzji będzie jednak zależał od tego, na jakim rynku firma działa i jaką pozycję na nim zajmuje. Dotyczy to szczególnie decyzji po stronie przychodów. O ile decyzje kosztowe podejmowane są przez każdą firmę, o tyle zarządzanie składnikami przychodów, a zwłaszcza ceną, znamienne jest dla rynków monopolistycznych i oligopolistycznych. Na rynkach tych istotna do podejmowania decyzji cenowych jest znajomość elastyczności cenowej popytu pozwalająca na ocenę stopnia zmiany popytu i przychodów całkowitych pod wpływem określonej zmiany ceny. Dużą rolę w zarządzaniu cenami odgrywa również koncentracja kapitału wpływająca na stopień uzależnienia przedsiębiorstwa od cen produktów pośrednich.

Prognozowanie cen znajduje zastosowanie w przedsiębiorstwie właściwie na każdym etapie wytworzenia produktu lub usługi. W decyzjach kosztowych przydatne są prognozy cen surowców i materiałów wykorzystywanych w procesie produkcji. Prognozy wskazujące na wzrost tych cen będą zmuszały przedsiębiorstwa do ograniczania produkcji, oszczędności w innych obszarach funkcjonalnych czy też korekty strategii sprzedażowej. W przypadku prognoz wskazujących na zmniejszanie się cen surowców przedsiębiorstwa mogą zyskać dodatkowe środki na inwestycje. Przy podejmowaniu decyzji dotyczących opłacalności własnej produkcji przedsiębiorstwo może także wykorzystać prognozy cen produktów substytucyjnych

będących alternatywą dla własnej produkcji. W sytuacji bowiem, kiedy prognozowane koszty zakupu surowca i procesu produkcyjnego przewyższą prognozowany koszt zakupu i odsprzedaży produktów gotowych, przedsiębiorstwo zdecyduje się na ograniczenie produkcji własnej i zakup produktów alternatywnych.

Prognozy cen równowagi przydatne są szczególnie na rynkach oligopolistycznych, kiedy to prognozowany kierunek zmiany cen równowagi rynkowej i szybkość dostosowania się do nich ma kluczowe znaczenie w podejmowaniu decyzji cenowych. Mimo że nie jesteśmy w stanie dokładnie ocenić żadnego prognozowanego elementu gry rynkowej, narzędzia prognozowania cen pozwalają zredukować niepewność w planowaniu gospodarczym. Na rysunku 1 przedstawiono obszary, w których prognozy cen odgrywają istotną rolę w zarządzaniu przedsiębiorstwem.



**Rys. 1.** Zastosowanie prognoz cen

Źródło: opracowanie własne.

Dobór metody prognostycznej w przypadku prognozowania cen zależy, jak w każdym innym przypadku, od rodzaju materiału statystycznego, jakim dysponuje przedsiębiorstwo, kompletności tego materiału oraz od celu prognozy. Ogólnie rzecz biorąc, stwierdzić można, że metody prognostyczne zaliczane do grupy ilościowych pozwalają na prognozy trendów cen, badanie czynników kształtujących ceny czy też określanie cenowych limitów na poszczególnych rynkach. Metody jakościowe natomiast nastawione są raczej na opisanie najbardziej prawdopodobnej, przyszłej sytuacji dotyczącej cen<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Stosowanie metod jakościowych nie wyklucza oczywiście otrzymania prognozy ilościowej [Cieślak (red.) 1997, s. 170].

## 2. Zastosowanie prognoz cen w przedsiębiorstwie

Ceny surowców i materiałów wpływają na koszty zmienne w przedsiębiorstwie. Wzrost tych cen powoduje również zwiększenie kosztów krańcowych, co skutkuje tym, że przedsiębiorstwo optymalizujące produkcję ograniczy w takiej sytuacji dostawę i podwyższy ceny swoich produktów (przy stałości pozostałych czynników). Dlatego też, planując koszty i przychody, musi brać pod uwagę przewidywane zmiany cen surowców. Prognozami głównych surowców energetycznych (np. ropy, gazu ziemnego, węgla) zajmują się na ogół wyspecjalizowane instytucje światowe (np. IEA – Międzynarodowa Agencja ds. Energii, AIECE – Europejskie Stowarzyszenie Instytutów Koniunktur) wykorzystujące takie modele prognostyczne, jak POLES<sup>2</sup>, RSTEM<sup>3</sup>, TIMER<sup>4</sup>. Modele te, przedstawiane w postaci równań ekonometrycznych, uwzględniają zazwyczaj skomplikowane powiązania między zmiennymi – czynnikami wpływającymi na popyt na energię i na jej ceny. Prognozy otrzymane za ich pomocą mają charakter symulacji i scenariuszy rozwoju. Są to więc w dużej mierze prognozy długoterminowe. Prognozami cen innych surowców, np. metali szlachetnych (złota, srebra, platyny) czy strategicznych (miedzi, cynku, niklu, ołowiu), zajmują się duże banki światowe (np. Macquarie Bank, Deutsche Bank) lub firmy analityczne (np. RBC Capital Market).

Ceny światowe surowców zazwyczaj znajdują odzwierciedlenie w cenach surowców na rynku krajowym. Do ich prognozowania można zatem stosować metody analogii przestrzennych lub konstruować modele uwzględniające zależność cen surowców na rynku krajowym od cen tych surowców na świecie.

Ceny produktów substytucyjnych wpływają na sytuację przedsiębiorstwa po stronie zarówno popytu, jak i podaży. Prognozy wzrostu tych cen z jednej strony prowadzić będą do wzrostu popytu na produkty przedsiębiorstwa, a z drugiej mogą prowadzić do spadku jego podaży. W przypadku bowiem produktów stanowiących alternatywę dla własnej produkcji przedsiębiorstwa mogą się raczej skłaniać do zakupów produktów gotowych niż do ponoszenia kosztów całego cyklu produkcyjnego. Dzieje się tak szczególnie wówczas, kiedy różnica między cenami surowca a cenami produktów gotowych się zmniejsza. W tym przypadku bardziej uzasadnione byłoby prognozowanie zmian wielkości tej różnicy. Jej wzrost bowiem spowodowany może być wzrostem cen produktów gotowych i/lub spadkiem cen surowca. Przykładem przedsiębiorstw, dla których istotne znaczenie będą miały takie prognozy, mogą być

<sup>2</sup> Model wykorzystywany w prognozach długoterminowych dotyczących takich zagadnień, jak energia, technologia i klimat. Wykorzystywany do symulacji popytu i podaży energii dla 32 krajów i 18 regionów na świecie, zob. np. strona statystyki energii światowej: [www.enerdata.fr](http://www.enerdata.fr).

<sup>3</sup> *Regional Short-Term Energy Model* – model do prognozowania elementów rynku energetycznego, paliwowego, rynku gazu i węgla, zob. np. strona Official Energy Statistics from U.S. Government: [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov).

<sup>4</sup> Model energii globalnej symulujący długookresowy popyt i podaż 12 nośników energii dla 26 regionów na świecie, zob. np. strona Netherlands Environmental Assessment Agency: [www.mnp.nl](http://www.mnp.nl).



rafinerie importujące zarówno ropę do produkcji paliw, jak i paliwa gotowe. Prognozy światowych cen paliw przeprowadzane są na ogół przez firmy specjalizujące się w monitoringu i analizach rynku paliw<sup>5</sup>, a także przez instytucje rządowe zajmujące się problemami energetycznymi<sup>6</sup>.

Znajomość cen równowagi rynkowej<sup>7</sup> i umiejętność prognozowania ich zmian jest kluczowym elementem dla przedsiębiorstw działających na rynkach, na których ceny są jednym z ważniejszych narzędzi konkurencji. Chodzi tutaj zwłaszcza o rynki oligopolistyczne produktów jednorodnych, na których przedsiębiorcy zmuszeni są do uwzględniania reakcji konkurencji. Znajomość przyszłych zmian cen równowagi wraz z odpowiednią reakcją przedsiębiorstwa przyczynić się może do zwiększenia sprzedaży, a także zysków. W przypadku prognozowanych spadających cen rynkowych oligopolista o mniejszym udziale rynkowym powinien się dostosować do nich przed liderem (w dziedzinie kosztów i/lub udziału rynkowego), co pozwoliłoby mu na osiągnięcie większej sprzedaży. W razie natomiast prognozowanych wzrostów cen równowagi pożądaną reakcją byłaby podwyżka cen za liderem.

Ogólnie w literaturze często się spotyka dwa kierunki badań i metod prognozowania cen. Simon na przykład wyróżnia kierunek ilościowy i jakościowy [Simon 1996, s. 34]. W pierwszym wykorzystuje się analizy techniczne i fundamentalne wraz z odpowiadającymi im metodami prognostycznymi opartymi w głównej mierze na średnich ruchomych, modelach trendu oraz ekonometrycznych modelach opisowych. Drugi kierunek wykorzystuje metody heurystyczne, w których dużą rolę odgrywają doświadczenie i intuicja. Do najbardziej znanych metod prognostycznych stosowanych w ramach tego kierunku należą metody delficka i ankietowe [Cieślak (red.) 1997, s.174]. W literaturze spotyka się również inne podejścia do prognozowania cen. Monroe opisuje np. trzy grupy metod prognostycznych właściwych dla cen i kosztów: statystyczne analizy trendu, metody polegające na osądzie (*judgmental methods*) i modele symulacyjne [Monroe 1990, s. 154]. W ramach pierwszej grupy stosuje się takie metody, jak karty cen wykluczenia (*price exclusion charts*), za pomocą których nie prognozuje się wprawdzie dokładnych cen, ale wskazuje na pewne cenowe limity na poszczególnych rynkach, krzywe doświadczenia (*experience curves*) wykorzystujące zależności między kosztami, produkcją i cenami produktów substytucyjnych oraz analizę regresji i korelacji. Druga grupa metod dotyczy prognoz opartych na wiedzy, doświadczeniu i osądzie kadry zarządzającej, ale nie wyklucza łączenia tego z modelami statystycznymi w celu stworzenia systemu prognostycznego. Często też wykorzystywane są przez przedsiębiorstwa skomplikowane modele komputerowe należące do trzeciej grupy – metod symulacyjnych. Modele te służą do symulacji gospodarki, konkurencji, kosztów produkcji, kontroli zapasów,

<sup>5</sup> W Polsce są to np. portal branży petrochemicznej e-petrol.pl czy firma handlowo-konsultingowa BM Reflex Sp. z o.o.

<sup>6</sup> Na świecie jest to np. Energy Information Administration (EIA) publikująca oficjalne statystyki i prognozy rządu USA w zakresie m.in. światowej konsumpcji, produkcji i cen paliw.

<sup>7</sup> Nazywanymi w dalszej części cenami rynkowymi.



udziału rynkowego czy planowania inwestycji i wykorzystuje się je z dużym powodzeniem również do prognozowania cen rynkowych.

Coraz częściej do prognozowania cen stosuje się także sztuczne sieci neuronowe, które dzięki zdolnościom uczenia się, adaptacji i uogólniania doświadczeń pozwalają na zautomatyzowanie procesów wnioskowania. Większość prac poświęconym temu zagadnieniu dotyczy prognozowania cen instrumentów na rynkach finansowych (np. [Gately 1999]). Spotkać jednak również można publikacje na temat prognozowania cen na giełdach rolno-spożywczych (np. [Francik 2005, s. 91-97]), rynkach energii (np. [Niimura, Ozawa, Sakamoto 2007, s. 133-143]) czy ropy (np. [Lean i in. 2007]).

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości zastosowania prognoz cen równowagi do zarządzania cenami na rynku oligopolu homogenicznego. Jako przykład takiego rynku posłużył rynek paliw płynnych w Polsce, a zaprezentowana prognoza wykonana za pomocą modelowania ekonometrycznego dotyczy cen detalicznych oleju napędowego.

### 3. Założenia teoretyczne do modelu cen i zmiany czynników kształtujących ceny oleju napędowego

Rynek paliw w Polsce jest od roku 1997 rynkiem, na którym ceny paliw kształtowane są przez elementy mechanizmu rynkowego, co oznacza, że ich zmiany następują pod wpływem czynników popytowych i podażowych. Przeprowadzone przez autorkę badania<sup>8</sup> wykazały, że za najważniejsze czynniki kształtujące popyt i podaż na paliwa płynne w Polsce można uznać:

- Poziom cen detalicznych paliw (czynnik popytowy i podażowy) ( $C_t$ ).
- Wynagrodzenia brutto w gospodarce jako zmienną reprezentującą dochody (czynnik popytowy), przy czym założono, że zmiany cen wymagają pewnej stabilizacji dochodowej konsumentów w czasie ( $W_{t-1}$ ).
- Światowe ceny odpowiedników paliw krajowych (czynnik podażowy) ( $CS_t$ ).
- Kurs dolara względem złotówki (czynnik podażowy), przy czym założono pewne opóźnienie ze względu na specyfikę terminowych umów na dostawy surowca i paliw ( $USD_{t-1}$ ).
- Wysokość akcyzy (czynnik podażowy) ( $A_t$ ).

Funkcje podstawowych elementów rynkowych na rynku paliw można zapisać zatem jako:

Funkcja popytu:

$$D_t = D(C_t, W_{t-i}). \quad (1)$$

<sup>8</sup> Badania zostały przeprowadzone w ramach rozprawy doktorskiej autorki [Sobiechowska-Ziegert 2002].

Funkcja podaży:

$$S_t = S(C_t, CS_t, USD_{t-i}, A_t). \quad (2)$$

Porównując popyt (1) z podażą (2), otrzymamy cenę równowagi rynkowej na rynku paliw, której funkcję zapiszemy następująco<sup>9</sup>:

$$C_t = C(W_{t-i}, CS_t, USD_{t-i}, A_t). \quad (3)$$

Ze względu na fakt, że przedmiotem analizy jest cena rynkowa oleju napędowego funkcję (3) przedstawimy następująco:

$$CON_t = CON(W_{t-i}, CSON_t, USD_{t-i}, A_t). \quad (4)$$

Dane wykorzystane do analizy cen obejmującej lata 2004-2008 charakteryzują się częstotliwością miesięczną, z tego względu niemożliwe było uwzględnienie pozacenowego czynnika popytowego, jakim są wynagrodzenia brutto w gospodarce narodowej. Dane te bowiem prezentowane są tylko w układzie kwartalnym. W miejsce tego czynnika włączono wynagrodzenia w sektorze przedsiębiorstw, które również można uznać za zmienną reprezentującą dochody. Pomimo jednak tego, że czynnik ten charakteryzował się w badanym okresie wyraźną zmiennością – na koniec okresu zanotowano ok. 35% przyrost wynagrodzeń w stosunku do początku okresu – niemożliwe okazało się ustalenie jego wpływu na cenę równowagi ze względu na zbyt małą istotność statystyczną.

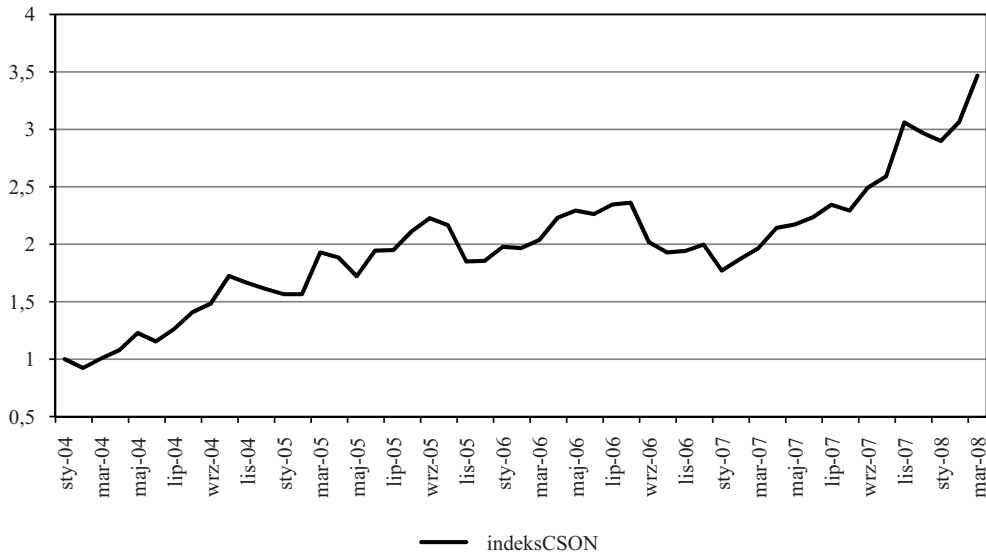
Ceny światowe oleju napędowego w badanym okresie charakteryzowały się widocznym trendem wzrostowym. Na koniec okresu zaobserwowano 3,5-krotny ich wzrost (zob. rys. 2). Ceny te podczas całego analizowanego okresu charakteryzowały się wyraźnymi wahaniami.

Ze względu na konieczność importowania surowca do produkcji paliw, a także konieczność importowania samych paliw (tzw. import uzupełniający) kurs dolara odgrywa istotną rolę w kształtowaniu ich cen. Poza wahaniami, którymi charakteryzował się kurs USD w okresie badawczym, zaobserwowano jego wyraźny trend malejący (zob. rys. 2). Na koniec okresu kurs USD był mniejszy w porównaniu ze styczniem roku 2004 o 41,5%.

W publikacjach poświęconych cenom paliw dużo miejsca zajmują podatki nakładane na paliwa. Chodzi tu szczególnie o akcyzę, której wpływ na ceny paliw potwierdzono w poprzednich badaniach autorki. W analizowanym okresie wartość akcyzy na oleje napędowe nie uległa jednak zmianie i wynosiła 1048 zł/1000l. Z tego

<sup>9</sup> W tym miejscu wykorzystano założenie o jednorodności stopnia zerowego skutkujące tym, że zamiast wartości realnych w dalszych analizach uwzględniano wartości nominalne [Klein 1965, s. 35-36].





**Rys. 2.** Indeks cen światowych oleju napędowego (2004 m1 = 1,000)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych AutoCentrum [www.autocentrum.pl/statystyki\_cen\_paliw].

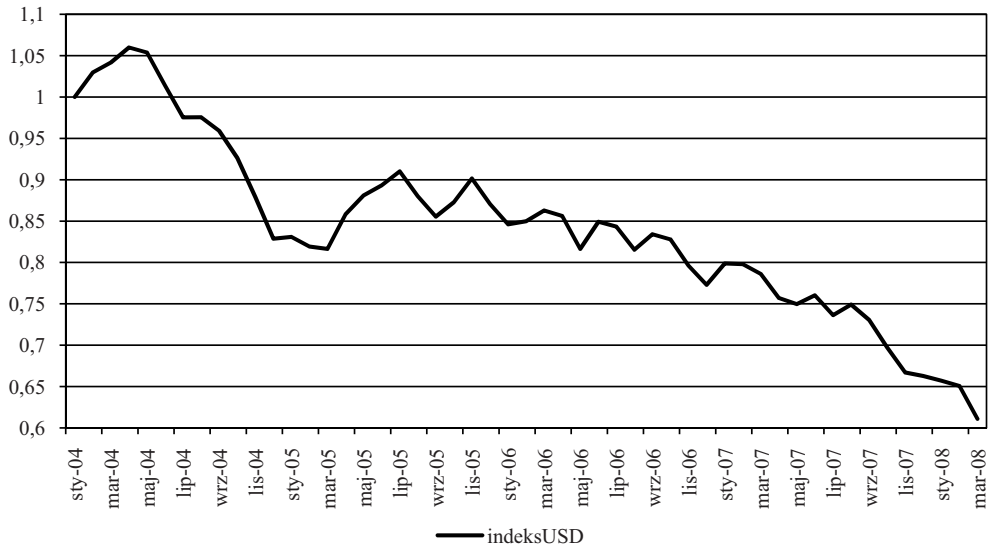
względu nie jest możliwe określenie jej wpływu na ceny równowagi. Postanowiono więc wyeliminować wpływ akcyzy zgodnie ze wzorem<sup>10</sup>:

$$c_t = \frac{c_{det_t}}{1,22} - A_t. \tag{5}$$

W prezentowanych dalej modelach cen zmienną objaśnianą jest cena rynkowa oleju napędowego otrzymana ze wzoru (5); zob. rys. 4. Analizując dane zawarte na rys. 4, należy zauważyć, że ceny oleju napędowego w badanym okresie charakteryzowały się tendencją rosnącą. Na koniec okresu badawczego zanotowano niemalże ich dwukrotny wzrost. Średni miesięczny przyrost cen oleju napędowego wyniósł 1,25%.

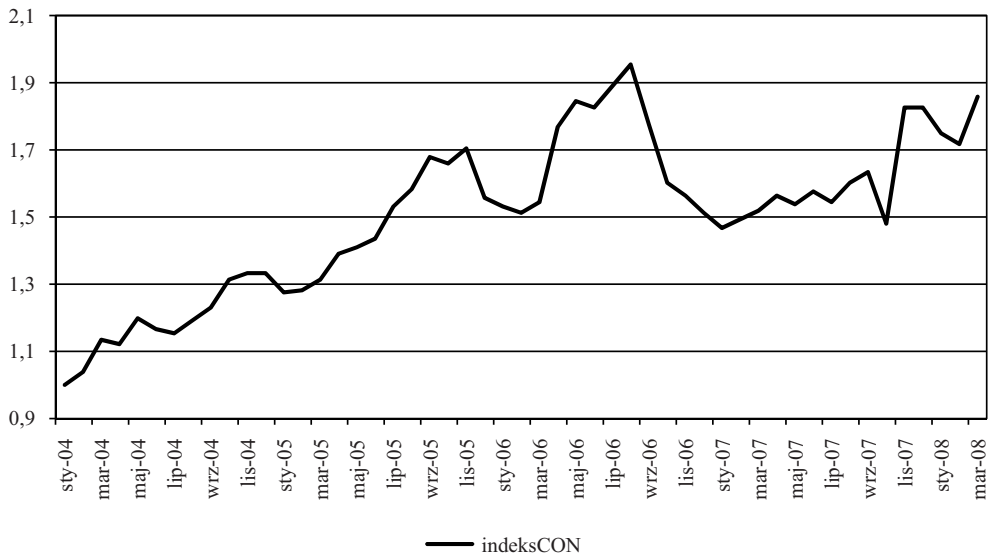
Analizując indeksy dynamiki miesięcznej (zob. rys. 5) obserwujemy również wahania, które mogą wskazywać na sezonowy charakter kształtowania się cen detalicznych tego paliwa.

<sup>10</sup> Jako że  $c_{det_t} = (c_t + A_t) \cdot 1,22$ . W dalszych rozważaniach, ze względu na charakter artykułu, pominięto również zagadnienie marży.



**Rys. 3.** Indeks średniomiesięcznego kursu USD względem złotówki (2004 m1 = 1,000).

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych NBP.

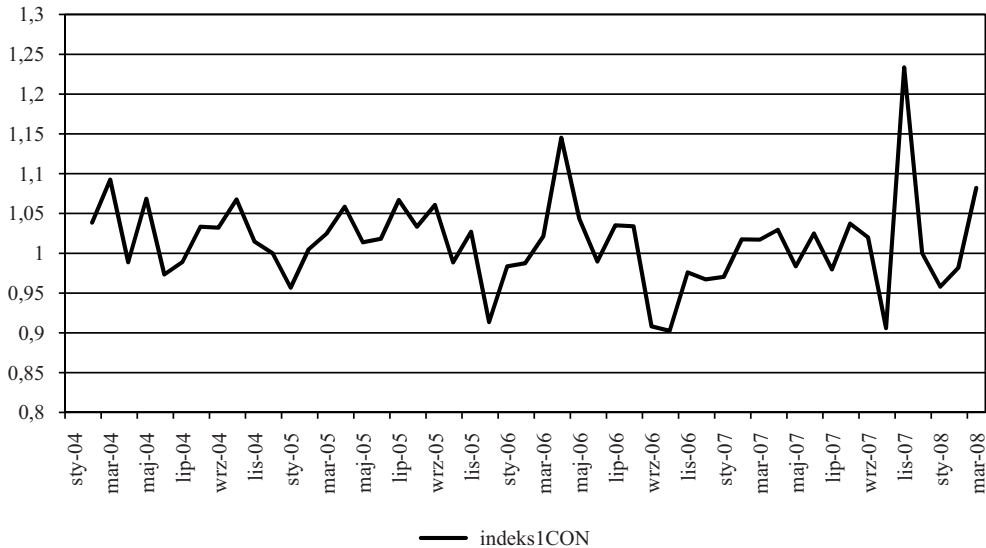


**Rys. 4.** Indeks cen detalicznych oleju napędowego (2004 m1 = 1,000)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych AutoCentrum [[www.autocentrum.pl/statystyki\\_cen\\_paliw](http://www.autocentrum.pl/statystyki_cen_paliw)].







**Rys. 5.** Miesięczna dynamika cen detalicznych oleju napędowego (miesiąc poprzedni = 1,000)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych AutoCentrum [[www.autocentrum.pl/statystyki\\_cen\\_paliw](http://www.autocentrum.pl/statystyki_cen_paliw)].

#### 4. Model cen równowagi

Konstruując model cen równowagi, postanowiono w pierwszej kolejności sprawdzić koncepcję dostosowywania się cen rynkowych do poziomu równowagi<sup>11</sup>. Koncepcja ta zapoczątkowana przez Walrasa [Klimczak 1993, s. 97-111], a rozwinięta później przez Nerlova [Goldberger 1972, s. 352-354] zakłada, że cena rynkowa nadąża za ceną równowagi rynkowej. Oznacza to, że jeśli cena równowagi rynkowej w okresie  $t$  jest większa od ceny rynkowej z poprzedniego okresu, to cena rynkowa z okresu  $t$  wzrasta. Z punktu widzenia analizy ekonometrycznej chodzi o skonstruowanie takiego modelu cen, który w zbiorze zmiennych objaśniających zawierał będzie również opóźnioną zmienną objaśnianą. Ze względu na fakt, że dane wykorzystane do analizy są w układzie miesięcznym, a analiza statystyczna wykazała istnienie wahań okresowych, postanowiono również sprawdzić, czy wahania te mają charakter sezonowy. Ostatecznie otrzymamy model dynamiczny z efektami sezonowymi o ogólnej postaci:

$$y_t = b_0 + ay_{t-1} + \sum_{i=1}^k b_i x_{ti} + \sum_{j=1}^{11} c_j v_{tj} + u_t, \quad (6)$$

<sup>11</sup> W poprzednich badaniach precyzyjne ustalenie dostosowań cen rynkowych było niemożliwe do ze względu na zbyt duży agregat czasowy zmiennych wykorzystanych do analizy.

gdzie:  $y_t$  – cena rynkowa oleju napędowego w okresie  $t$ ,  $x_{it}$  –  $i$ -ta zmienna objaśniająca w okresie  $t$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ),  $v_{ij}$  – przekształcona zmienna sezonowa względem sezonu ostatniego,  $u_t$  – składnik losowy,  $a$ ,  $b$ ,  $c_j$  – parametry strukturalne modelu.

Względy interpretacyjne, przy jednoczesnej możliwości weryfikacji hipotez statystycznych, spowodowały, że w dalszej części badań wykorzystano dynamiczny model wykładniczo-potęgowy o następującej postaci<sup>12</sup>:

$$CON_t = e^{b_0} \cdot CON_{t-1}^a \cdot CSON_t^{b_1} \cdot USD_{t-3}^{b_2} \cdot e^{\sum_{j=1}^{11} c_j v_{tj}} \cdot e^{u_t}, \quad (7)$$

gdzie:  $CON_t$  – cena detaliczna oleju napędowego w okresie  $t$  w zł,  $CSON_t$  – cena światowa odpowiednika ON w okresie  $t$  w USD/t,  $USD_{t-3}$  – przeciętny kurs dolara względem złotówki z okresu  $t - 3$ .

W celu oszacowania modelu (7) metodą najmniejszych kwadratów sprowadzono go do postaci liniowej poprzez obustronne logarytmowanie logarytmem naturalnym:

$$\begin{aligned} \ln CON_t = & b_0 + a \ln CON_{t-1} + b_1 \ln CSON_t + \\ & + b_2 \ln USD_{t-3} + \sum_{j=1}^{11} c_j v_{tj} + u_t. \end{aligned} \quad (8)$$

Wyniki oszacowania modelu (8) i miary weryfikacji przedstawiono w tab. 1. Analizując wartości próbkowe statystyki T dla poszczególnych zmiennych i porównując je z wartością krytyczną odczytaną z tablic rozkładu dla standardowego poziomu istotności  $\alpha = 0,05$  ( $t = 2,0195$ ), można zauważyć, że zmienne objaśniające w sposób istotny wpływają na kształtowanie się cen oleju napędowego. Współczynnik determinacji świadczy o tym, że ponad 95% całkowitej zmienności cen oleju napędowego zostało wyjaśnione przez oszacowaną zależność. Na podstawie standardowych błędów reszt można ocenić, że przeciętny udział wartości rzeczywistych w teoretycznych waha się w granicach ok. 97-103%, co świadczy o dobrym dopasowaniu modelu.

O poprawności specyfikacji modelu przekonują również statystyki dotyczące autokorelacji, postaci analitycznej modelu, normalności rozkładu składnika losowego oraz stałości wariancji w czasie. Na poziomie istotności 0,05 nie ma zatem podstaw do odrzucenia hipotez zerowych zakładających brak autokorelacji składników losowych, poprawną postać analityczną, normalność rozkładu składnika losowego i homoskedastyczną wariancję składnika losowego. Wyniki te pozwalają uznać model (8) za wystarczająco dobry do wyznaczenia krótkoterminowej

<sup>12</sup> Kurs USD ze względu na specyfikę umów został ostatecznie opóźniony o trzy miesiące, co znalazło potwierdzenie w statystycznej istotności tej zmiennej.



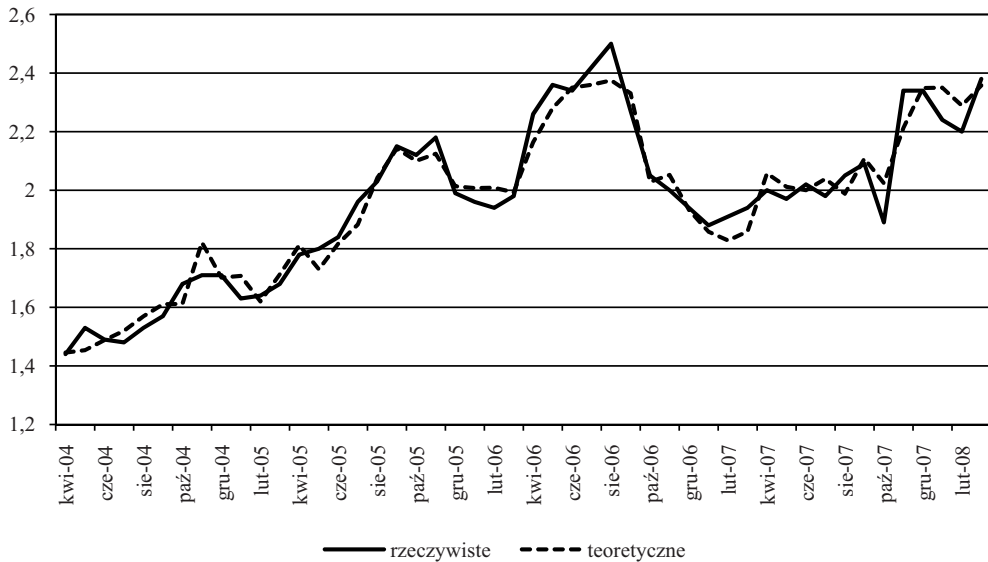
**Tabela 1.** Wyniki oszacowania modelu dynamicznego wraz z miarami weryfikacji

Parametr	Ocena parametru	Wartość próbkowa statystyki T
$b_0$	-2,4863	-6,3678
a	0,66893	12,0992
$b_1$	0,35720	7,1436
$b_2$	0,38829	4,2163
$c_1$	0	0
$c_2$	0	0
$c_3$	0	0
$c_4$	0,04748	3,1150
$c_5$	0	0
$c_6$	0	0
$c_7$	0	0
$c_8$	0	0
$c_9$	0	0
$c_{10}$	-0,05508	-3,7277
$c_{11}$	0,03493	2,3890
$R^2$	0,95261	
$S_e$	0,0335	
Dh-statistic	-0,57674 [0,564]	
Test Ramseya $\chi^2$	.62372[.430]	
Test Jarque'a i Berra $\chi^2$	1.0231[.600]	
Test White'a $\chi^2$	.038296[.845]	

Źródło: opracowanie własne.

prognozy cen oleju napędowego. Wykres wartości empirycznych i teoretycznych przedstawiono na rys. 6.





Rys. 6. Wartości empiryczne i teoretyczne cen oleju napędowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie oszacowania modelu (8) w programie MFit.

## 5. Prognoza cen oleju napędowego

Prognoza cen oleju napędowego na następny okres (tj. kwiecień 2008 r.) wyznaczona zostanie w następujący sposób<sup>13</sup>:

$$\ln CON_T = \hat{b}_0 + \hat{a} \ln CON_n + \hat{b}_1 \ln CSON_T + \hat{b}_2 \ln USD_{T-3} + \sum_{j=1}^{11} \hat{c}_j v_{Tj}. \quad (9)$$

Cena oleju napędowego występująca po prawej stronie równania jest zmienną opóźnioną o jeden okres. Z tego względu do prognozy na okres  $T = n + 1$  zostanie wykorzystana ostatnia znana informacja na jej temat, tj. z okresu  $n$  (w tym przypadku ostatnia znana cena oleju napędowego w wysokości 2,38 zł/l). Kurs dolara względem złotówki jest zmienną opóźnioną o 3 okresy, w związku z tym jej wartość w okresie prognozowanym będzie znana z odpowiednim wyprzedzeniem. Ponieważ okresem prognozowanym jest kwiecień roku 2008 (sezon, w którym analiza ekonomiczna ujawniła istotne odchylenia od poziomu wyznaczonego przez zależność opisaną przez model), odchylenie z tego sezonu będzie również brane pod uwagę. Problemem pozostaje ustalenie przyszłej wartości cen światowego odpowiednika

<sup>13</sup> Ze względu na to, że model (8) jest modelem opisowym prognoza cen będzie miała charakter warunkowy.

oleju napędowego. Na potrzeby wykonywanej analizy wykorzystano prosty auto-regresyjny model cen światowych oleju napędowego, którego oszacowana postać przedstawia się następująco (w nawiasach podano wartości próbkowe statystyki T):

$$\ln \widehat{CSO}N_t = 0,2981 + 0,9566 \ln CSON_{t-1} \quad (10)$$

(1,2297) (24,8366).

Analiza podstawowych miar weryfikacji modelu (10) (zob. tab. 2) pozwala na skonstruowanie prognozy. Prognozę światowych cen oleju napędowego na kwiecień roku 2008 otrzymano zatem ze wzoru:

$$CSO N_T = e^{0,2981} \cdot CSON_n^{0,9566}, \quad (11)$$

gdzie:  $CSO N_T$  – cena światowa oleju napędowego z marca 2008 r.

**Tabela 2.** Podstawowe miary weryfikacji modelu (10)

Współczynnik determinacji R <sup>2</sup>	.92780
Średni błąd reszt $S_e$	.076548
Statystyka DW(h)	.29267[.770]
Test Ramsey'a $\chi^2$	.42464[.515]
Test Jarque'a i Berra $\chi^2$	.42020[.811]
Test White'a $\chi^2$	.0065899[.935]

Źródło: opracowanie własne.

Podstawiając do wzoru (11) ostatnią informację o światowej cenie oleju z marca (tj. 992,2 USD/t), otrzymujemy wartość CSON w okresie prognozowanym na poziomie 990,49 USD/t (przy względnym błędzie *ex ante* = 8,08%). Uwzględniając dalej prognozowaną wartość cen światowego odpowiednika oleju napędowego oraz analizę przyczynowo-skutkową cen (zob. model (9)) otrzymano prognozę warunkową, której dokładne oszacowanie przedstawiono w tab. 3.

**Tabela 3.** Prognoza warunkowa cen oleju napędowego

Okres prognozowania	Prognoza [zł/l]	Średni błąd predykcji [zł/l]	Względny średni błąd predykcji [%]
Kwiecień 2008 r.	2,59	0,10	3,93

Źródło: opracowanie własne

Ponieważ średni względny błąd prognozy nie przekroczył 5%, prognozę tę należy uznać za dobrą.



W celach porównawczych wykonano również prognozę cen oleju napędowego za pomocą modelu dynamicznego z efektami sezonowymi, który po oszacowaniu można przedstawić następująco (w nawiasach podano wartości próbkowe statystyki T):

$$\hat{CON}_t = 0,1772 + 0,9188CON_{t-1} - 0,0754v_{10} + 0,1252v_{11}, \quad (12)$$

(1,6187)    (16,4719)    (-1,7410)    (2,8811)

$$R^2 = 0,8616 \text{ Durbin's h-statistic} = 1.0988[.272].$$

Wyniki prognozy cen oleju przedstawiono w tab. 4.

**Tabela 4.** Prognoza cen oleju napędowego na podstawie modelu (12)

Okres prognozowania	Prognoza [zł/l]	Średni błąd predykcji [zł/l]	Względny średni błąd predykcji [%]
Kwiecień 2008 r.	2,36	0,11	4,66

Źródło: opracowanie własne.

## 6. Wnioski

Otrzymane wyniki skłaniają do wyboru prognozy obarczonej mniejszym szacowanym błędem, czyli prognozy warunkowej. Dodatkową zaletą metody zastosowanej do wyznaczenia tej prognozy jest możliwość zbadania zależności między wyróżnionymi zmiennymi, a także – ze względu na zastosowaną postać analityczną – określenia krótkookresowych i długookresowych elastyczności cen oleju napędowego ze względu na wyróżnione czynniki (kurs USD i ceny światowego odpowiednika). Należy jednak zdawać sobie sprawę z tego, że w miarę oddalania się horyzontu

**Tabela 5.** Porównanie jakości prognoz cen oleju napędowego

Metoda prognozowania	Rzeczywista cena oleju napędowego w kwietniu roku 2008	Prognozowana wartość ceny oleju napędowego	Prognozowany kierunek zmiany cen oleju napędowego (marzec-kwiecień 2008 r.)	Błąd <i>ex post</i> [zł/l]	Względny błąd <i>ex post</i> [%]
Dynamiczny model opisowy	2,46	2,59	wzrostowy	-0,13	5,28
Model autoregresyjny z efektami sezonowymi		2,36	spadkowy	0,10	4,06

Źródło: opracowanie własne.



prognozy za pomocą tej metody otrzymywać będziemy słabsze wyniki, ponieważ istnieje konieczność prognozowania wartości zmiennych objaśniających. Mimo to dla krótkich okresów prognozowania wydaje się ona godna polecenia. Możliwość korzystania z modeli aktualnych, tj. takich, które uwzględniają aktualne powiązania między zmiennymi, wymaga również sprawdzenia jakości wyznaczonych prognoz za pomocą mierników *ex post*. Na potrzeby przykładu wykorzystano najprostszy miernik, którym jest względny błąd prognozy. Kształtowanie się tego miernika dla obu modeli przedstawiono w tab. 5.

Analizując dane zawarte w tab. 5, należy się zastanowić nad słusnością podjętej wcześniej decyzji. Wprawdzie prognozą bardziej dokładną okazała się ta wykonana za pomocą modelu prostszego, należy jednak pamiętać, że przy zarządzaniu cenami, zwłaszcza w relacjach lider–naśladowca, niezmiernie ważna jest szybkość reakcji na prawdopodobne ruchy cen. Z tego względu rekomendowaną prognozą jest warunkowa, gdyż wskazywałaby ona na prawidłowy kierunek zmiany cen i pozwoliłaby naśladowcy zareagować dopiero po ruchu cenowym lidera.

## Literatura

- Cieślak M. (red.), *Prognozowanie gospodarcze, metody i zastosowania*, PWN, Warszawa 1997.
- Francik S., *Prognozowanie ceny ogórka szklarniowego za pomocą sieci neuronowych*, „Inżynieria Rolnicza” 2005, 14, Warszawa 2005, s. 91-97.
- Gately E., *Sieci neuronowe. Prognozowanie finansowe i projektowanie systemów transakcyjnych*, ABC Inwestora, Makler, Warszawa 1999.
- Goldberger A.S., *Teoria ekonometrii*, PWN, Warszawa 1972.
- Klein L.R., *Wstęp do ekonometrii*, PWE, Warszawa 1965.
- Klimczak B., *Mikroekonomia*, AE, Wrocław 1993.
- Lean Y., Kin Keung L., Shouyang W., Kaijian H., *Oil price forecasting with EMD-based multiscale neural network learning paradigm*, „Computational Science” 2007, vol. 4489.
- Monroe B.K., *Pricing – making profitable decisions*, McGraw Hill, New York 1990.
- Niimura T., Ozawa K., Sakamoto N., *Electricity market price forecasting by grid computing optimizing artificial neural networks*, „Portuguese Journal of Management Studies” 2007, vol. XII, s. 133-143.
- Pawłowski Z., *Zasady predykcji ekonometrycznej*, PWN, Warszawa 1982.
- Simon H., *Zarządzanie cenami*, PWN, Warszawa 1996.
- Sobiechowska-Ziegert A., *Analiza popytu dla potrzeb zarządzania cenami na przykładzie rynku paliw w Polsce*, rozprawa doktorska, PG, Gdańsk 2002.
- [www.autocentrum.pl/statystyki\\_cen\\_paliw](http://www.autocentrum.pl/statystyki_cen_paliw).
- [www.ibrkk.pl](http://www.ibrkk.pl).
- [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov).
- [www.enerdata.fr](http://www.enerdata.fr).
- [www.mnp.nl](http://www.mnp.nl).
- [www.rynek.bizzone.pl/notowania\\_surowcow](http://www.rynek.bizzone.pl/notowania_surowcow).



## PRICE FORECASTING IN AN ENTERPRISE MANAGEMENT

**Summary:** The issue of price forecasting in an enterprise has been taken up in the article. Possibilities of that kind of forecasts application including the price management in a homogenous oligopolistic market have been pointed. Therefore, quantitative forecasting methods have been discussed together with an example.