

Katarzyna Wawrzyniak

KARTA KONTROLNA DLA DANYCH PRZEKROJOWO-CZASOWYCH JAKO NARZĘDZIE DIAGNOSTYCZNE

THE CONTROL CHART FOR PANEL DATA AS THE DIAGNOSTIC TOOL

Katedra Zastosowań Matematyki w Ekonomii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Klemensa Janickiego 31, 71-270 Szczecin

Abstract. In the article one introduced the idea of the application of the control chart in the diagnostic process. The system of control lines was based on the selected measures of central tendency and dispersion (i.e. median and interquartile range). The panel data concerned the financial-economic ratios for the construction companies listed on the Warsaw Stock Exchange in 1999–2008.

Słowa kluczowe: dane przekrojowo-czasowe, diagnozowanie ekonometryczne, karta kontrolna, wskaźniki finansowo-ekonomiczne.

Key words: control chart, econometric diagnosing, financial-economic ratios, panel data.

WSTĘP

Metody statystyczne i ekonometryczne w praktyce wykorzystuje się do:¹

- opisu i analizy prawidłowości występujących w procesach społeczno-gospodarczych (funkcja analityczno-opisowa),
- przewidywania przebiegu zjawisk społeczno-gospodarczych w czasie (funkcja prognozyjno-planistyczna),
- do formułowania ocen (diagnoz) w procesie kontroli zjawisk społeczno-gospodarczych (funkcja diagnostyczno-kontrolna).

Funkcja analityczna uznawana jest za funkcję podstawową, gdyż najpierw należy dobrze zidentyfikować badane zjawisko, a dopiero później prognozować lub diagnozować jego przebieg. Najbardziej spektakularną funkcją jest funkcja prognozyjna, dlatego prognozowanie ekonometryczne stało się odrębną dyscypliną naukową, mającą bardzo bogatą literaturę krajową i zagraniczną. Funkcja diagnostyczna metod ilościowych została zdefiniowana przez J. Hozerę, który zaproponował, aby diagnozowanie ekonometryczne było utożsamiane z procesem składającym się z (Hozer 1989, Hozer i Zawadzki 1990):

- prawidłowości zaobserwowanej,
- prawidłowości normatywnej,
- odchylenia od normy,
- tolerancji odchylenia od normy.

¹ W pracy Hozerę i Zawadzkiego (1990) wymienione funkcje zostały przypisane modelom ekonometrycznym, jednakże wydaje się zasadne, aby uogólnić je również na metody statystyczne (a nawet na metody ilościowe), gdyż stosując określone narzędzia ilościowe, chcemy przynajmniej opisać (zidentyfikować), a bardzo często także przewidzieć i ocenić badane zjawiska społeczno-gospodarcze.

Wymienione elementy procesu diagnostycznego wyraźnie podkreślają wartościujący charakter diagnozowania (czyli taki, w którym występuje punkt odniesienia), co daje podstawę do oceny badanego zjawiska.² W tym miejscu warto nadmienić, że w celu sformułowania diagnozy należy znać przynajmniej dwa pierwsze elementy procesu, czyli prawidłowość zaobserwowaną i prawidłowość normatywną. Uwzględnienie w procesie diagnostycznym pozostałych elementów zależy przede wszystkim od możliwości ich wyznaczenia oraz od stopnia ostrości (mocy) diagnozy – wprowadzenie odchylenia od normy i tolerancji odchylenia od normy łagodzi wymiar końcowej diagnozy. Ostatecznie o tym, z ilu elementów ma składać się proces diagnozowania (pod warunkiem, że istnieje możliwość wyznaczenia wszystkich jego elementów), decyduje osoba prowadząca badania.

W artykule przedstawiono propozycję wykorzystania karty kontrolnej jako narzędzia diagnostycznego umożliwiającego kontrolę kształtowania się poziomu wskaźników finansowo-ekonomicznych charakteryzujących działalność przedsiębiorstw w czasie. System linii kontrolnych, odpowiadający elementom procesu diagnostycznego, tj. normie, odchyleniu od normy, tolerancji odchylenia do normy, wyznaczono na podstawie parametrów pozycyjnych charakteryzujących rozkłady wybranych wskaźników finansowo-ekonomicznych w zbiorowości spółek z sektora: budownictwo pod koniec kwartałów lat 1999–2008. Prawidłowość zaobserwowaną zdefiniowano jako wartości wskaźnika płynności bieżącej oraz stopy zadłużenia dla dwóch spółek giełdowych z sektora: budownictwo.

MATERIAŁ I METODY

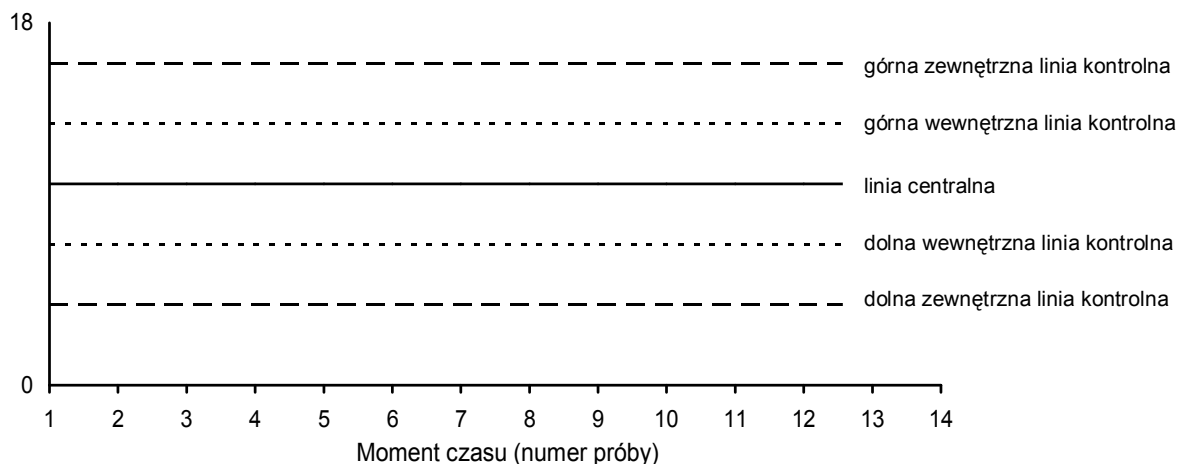
Karta kontrolna jest graficznym narzędziem stosowanym w statystycznej kontroli jakości do kontroli jakości procesów przemysłowych (Puchalski 1973, Korol i Talaga 1998, Aczel 2000). Po raz pierwszy została ona zaproponowana w tym celu przez W. Shewharta w połowie lat dwudziestych XX w. Podstawą budowy karty kontrolnej jest założenie o stabilności kontrolowanego procesu. Proces uznaje się za stabilny w czasie, jeżeli zmienna charakteryzująca ten proces nie odchyła się w sposób istotny od ustalonej dla tej zmiennej normy jakości wykonania. Przekroczenie przez badaną zmienną przyjętych wartości odchyłeń świadczy o niestabilności kontrolowanego procesu i jest sygnałem do rozpoczęcia działań interwencyjnych.

Karta kontrolna jest wykresem względem czasu (lub numeru próby) składającym się z systemu linii kontrolnych. Poszczególne linie kontrolne wykreśla się w pierwszej ćwiartce układu współrzędnych na poziomie wartości parametrów statystycznych stanowiących podstawę oceny stabilności badanego procesu. Główną linię kontrolną stanowi linia centralna wyznaczana na poziomie wartości przeciętnej charakteryzującej analizowany proces. Pozostałe linie kontrolne (górne i dolne) wyznacza się równoległe do linii centralnej poprzez dodanie i odjęcie od wartości przeciętnej wartości parametrów charakteryzujących stopień zróżnicowania analizowanego procesu. W zależności od rodzaju karty kontrolnej³ na wykre-

² Przegląd definicji dotyczących takich pojęć, jak diagnoza, diagnozowanie, można znaleźć w pracy Wawrzyniaka (2005).

³ Klasyfikację kart kontrolnych według różnych kryteriów można znaleźć w pracy Korol i Talaga (1998).

się mogą znaleźć się jedna (górną linią kontrolną) lub dwie górne linie kontrolne (górną zewnętrzną i górną wewnętrzną linią kontrolną) oraz jedna (dolną linią kontrolną) lub dwie dolne linie kontrolne (dolną zewnętrzną i dolną wewnętrzną linią kontrolną). Schemat karty kontrolnej przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat karty kontrolnej

Idea karty kontrolnej znalazła zastosowanie w prognozowaniu krótkookresowym – wariant wskaźnikowy⁴ (Pawłowski 1970, Hozer i Zawadzki 1986) oraz w diagnozowaniu ekonometrycznym – wariant naturalny (Biszof 1995).⁵

W artykule, ze względu na rodzaj posiadanych danych statystycznych (danych przekrojowo-czasowych), zaproponowano modyfikację naturalnej karty kontrolnej, w przypadku której system linii kontrolnych został wyznaczony na podstawie parametrów charakteryzujących empiryczny rozkład analizowanych zmiennych w badanej zbiorowości w poszczególnych momentach czasu. W tym wariantcie karty kontrolnej linie kontrolne mogą być wyznaczone na poziomie średniej arytmetycznej lub mediany (linia centralna), średniej arytmetycznej \pm odchylenie standardowe lub mediany \pm odchylenie ćwiartkowe (górną i dolną wewnętrzną linią kontrolną) oraz średniej arytmetycznej \pm podwojone odchylenie standardowe lub mediany \pm podwojone odchylenie ćwiartkowe (górną i dolną zewnętrzną linią kontrolną).⁶ Następnie na wyznaczonym systemie linii kontrolnych rejestruje się rzeczywiste wartości analizowanych zmiennych i rozpoczyna się proces diagnostyczny. Ocena prawidłowości przebiegu badanego zjawiska uzależniona jest od charakteru zmiennych opisujących to zjawisko. Jeżeli zmienna jest nominantą, czyli powinna przyjmować wartości z określonego

⁴ Na karcie kontrolnej rejestruje się wskaźniki łańcuchowe prognozowanej zmiennej, a linie kontrolne wyznacza się na poziomie 1 (linia centralna) oraz $\pm\sigma_w$ (górną i dolną wewnętrzną linią kontrolną) i $\pm 2\sigma_w$ (górną i dolną zewnętrzną linią kontrolną), gdzie σ_w jest odchyleniem standardowym skorygowanych wartości wskaźników łańcuchowych.

⁵ W przytoczonej pracy proces diagnozowania odbywał się na podstawie rzeczywistych wartości analizowanych zmiennych zarejestrowanych na karcie kontrolnej, a system linii kontrolnych wyznaczono, wykorzystując parametry charakteryzujące poziom tych zmiennych w obiekcie (okresie) uznanym za wzorcowy w badanej zbiorowości.

⁶ Wybór pomiędzy parametrami klasycznymi a pozycyjnymi uzależniony jest od typu rozkładu badanej zmiennej – dla rozkładów symetrycznych można stosować zarówno miary klasyczne, jak i miary pozycyjne, natomiast dla rozkładów asymetrycznych wskazane jest stosowanie miar pozycyjnych (Wawrzyński 2000).

przedziału liczbowego, to przekroczenie zarówno górnej, jak i dolnej zewnętrznej linii kontrolnej jest dla decydenta sygnałem o nieprawidłowości przebiegu analizowanego zjawiska. W przypadku zmiennych, które są stymulantami (im większa jest wartość zmiennej, tym lepiej), proces diagnozowania można ograniczyć do obserwacji tych wartości, które znajdują się poniżej dolnych linii kontrolnych, natomiast w przypadku destymulant (im mniejsza jest wartość zmiennej, tym lepiej) – powyżej górnych linii kontrolnych.

W artykule procesowi diagnostycznemu poddane zostały dwa wskaźniki finansowe (wskaźnik płynności bieżącej i stopa zadłużenia) charakteryzujące płynność oraz poziom zadłużenia w wybranych spółkach giełdowych z sektora: budownictwo. Oba wskaźniki są nominatami, gdyż dla tych wskaźników podany jest przedział wartości normatywnych, których przekroczenie jest sygnałem świadczącym o złej sytuacji firmy pod względem danego wskaźnika. W przypadku wskaźnika płynności wartości normatywne mieszczą się w przedziale od 1,2 do 2,0, natomiast w przypadku stopy zadłużenia – w przedziale od 0,57 do 0,67 (Sierpińska i Jachna 1995, Hozer i in. 1997). Z tego względu dla tych wskaźników można zbudować kartę kontrolną mającą zarówno górne, jak i dolne (wewnętrzne oraz zewnętrzne) linie kontrolne, a tym samym przeprowadzić pełny proces diagnostyczny zawierający normę, odchylenie od normy i tolerancję odchylenia od normy.

System linii kontrolnych wyznaczono na podstawie parametrów charakteryzujących rozkład wartości wskaźników płynności bieżącej i stopy zadłużenia w zbiorowości spółek giełdowych notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie w sektorze: budownictwo w kwartałach lat 1999–2008. Do badania wybrano dwie spółki z tego sektora – Projprzem SA i Energoaparatura SA, które w analizowanym okresie charakteryzowały się odpowiednio najlepszą i najgorszą sytuacją finansowo-ekonomiczną okresie (Kruszyński 2009).⁷

WYNIKI I DYSKUSJA

Budowę karty kontrolnej rozpoczęto od analizy empirycznych rozkładów wartości wskaźnika płynności bieżącej (WPB) i stopy zadłużenia (SZ) w zbiorowości spółek z sektora: budownictwo w kwartałach lat 1999–2008. W badanym sektorze pod koniec 2008 roku notowano 47 spółek, jednak do analizy wykorzystano tylko 20 spółek, które były notowane na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie we wszystkich kwartałach lat 1999–2008. Podstawowe parametry, charakteryzujące empiryczny rozkład wartości wskaźników w zbiorowości badanych spółek, przedstawiono w tab. 1.

Na tym etapie budowy karty kontrolnej najistotniejszym parametrem struktury jest klasyczny współczynnik asymetrii, który mierzy asymetrię w całym obszarze zmienności badanej zmiennej. Wartość współczynnika asymetrii równa zero świadczy o symetryczności rozkładu, natomiast wartości ujemne lub dodatnie świadczą odpowiednio o asymetrii lewostronnej lub prawostronnej.

⁷ Autor dokonał klasyfikacji spółek giełdowych z sektora: budownictwo ze względu na sytuację finansowo-ekonomiczną w kwartałach lat 1999–2008. Do klasyfikacji spółek wykorzystał taksonomiczny miernik rozwoju, który obliczył na podstawie 9 wskaźników finansowo-ekonomicznych – jednakowych w każdym kwartale badanego okresu.

Tabela 1. Klasyczne i pozycyjne parametry rozkładu wartości wskaźnika płynności bieżącej (WPB) oraz stopy zadłużenia (SZ) w badanej zbiorowości w kwartałach lat 1999–2000

Kwartały	Średnia arytmetyczna		Odchylenie standardowe		Klasyczny współczynnik asymetrii		Mediana		Odchylenie ćwiartkowe	
	WPB	SZ	WPB	SZ	WPB	SZ	WAB	SZ	WPB	SZ
I kw. – 1999	2,377	0,367	0,893	0,142	0,752	0,838	2,289	0,330	0,412	0,092
II kw. – 1999	2,153	0,407	0,814	0,139	2,365	0,473	2,094	0,361	0,411	0,102
III kw. – 1999	2,098	0,418	0,731	0,140	1,532	0,310	1,949	0,396	0,393	0,109
IV kw. – 1999	1,955	0,446	0,823	0,126	1,668	0,148	1,797	0,428	0,226	0,076
I kw. – 2000	2,106	0,432	0,949	0,146	1,265	0,490	1,927	0,409	0,479	0,068
II kw. – 2000	1,945	0,462	0,799	0,136	1,280	0,444	1,788	0,456	0,432	0,065
III kw. – 2000	1,804	0,484	0,657	0,135	0,094	0,341	1,741	0,477	0,385	0,083
IV kw. – 2000	1,740	0,496	0,700	0,139	1,017	-0,008	1,479	0,506	0,401	0,079
I kw. – 2001	1,900	0,487	0,941	0,155	1,293	0,348	1,556	0,462	0,459	0,105
II kw. – 2001	1,731	0,522	0,907	0,171	2,018	0,281	1,498	0,511	0,336	0,103
III kw. – 2001	1,656	0,527	0,857	0,179	1,988	0,402	1,505	0,526	0,299	0,103
IV kw. – 2001	1,536	0,541	0,807	0,194	2,308	0,585	1,462	0,532	0,413	0,072
I kw. – 2002	1,609	0,528	0,979	0,206	2,521	0,536	1,389	0,513	0,507	0,120
II kw. – 2002	1,500	0,568	0,954	0,194	3,243	0,351	1,365	0,554	0,295	0,107
III kw. – 2002	1,525	0,587	1,166	0,190	3,868	0,067	1,273	0,624	0,308	0,085
IV kw. – 2002	1,340	0,654	0,766	0,304	2,517	1,789	1,196	0,602	0,309	0,125
I kw. – 2003	1,458	0,634	1,207	0,322	3,537	2,284	1,218	0,572	0,333	0,115
II kw. – 2003	1,335	0,676	0,729	0,348	2,477	2,260	1,304	0,597	0,345	0,111
III kw. – 2003	1,391	0,663	0,767	0,319	2,122	1,863	1,197	0,612	0,366	0,112
IV kw. – 2003	1,367	0,704	0,856	0,337	2,258	1,378	1,173	0,626	0,361	0,162
I kw. – 2004	1,256	0,703	0,811	0,340	2,312	1,515	1,119	0,621	0,305	0,126
II kw. – 2004	1,195	0,728	0,687	0,308	1,426	1,534	1,149	0,642	0,176	0,093
III kw. – 2004	1,232	0,758	0,643	0,322	1,178	1,277	1,137	0,681	0,234	0,121
IV kw. – 2004	1,369	0,744	0,757	0,327	0,916	0,943	1,088	0,734	0,523	0,196
I kw. – 2005	1,302	0,746	0,772	0,341	1,224	0,862	1,218	0,727	0,430	0,184
II kw. – 2005	1,277	0,773	0,601	0,330	0,437	0,930	1,268	0,758	0,292	0,183
III kw. – 2005	1,435	0,768	0,961	0,357	2,170	0,862	1,229	0,734	0,340	0,191
IV kw. – 2005	1,333	0,778	0,765	0,393	1,244	1,200	1,249	0,723	0,274	0,197
I kw. – 2006	1,446	0,795	0,910	0,480	1,010	1,443	1,212	0,695	0,532	0,208
II kw. – 2006	1,392	0,807	0,855	0,504	1,238	1,936	1,277	0,560	0,397	0,230
III kw. – 2006	1,609	0,722	0,915	0,336	1,173	0,784	1,310	0,618	0,586	0,220
IV kw. – 2006	1,579	0,649	0,720	0,280	0,793	0,939	1,339	0,612	0,472	0,143
I kw. – 2007	1,846	0,564	0,995	0,272	1,411	1,121	1,529	0,504	0,584	0,122
II kw. – 2007	1,889	0,598	1,064	0,248	1,583	1,096	1,619	0,539	0,521	0,114
III kw. – 2007	2,129	0,490	1,171	0,226	1,331	0,160	1,736	0,513	0,608	0,154
IV kw. – 2007	2,134	0,509	1,056	0,232	0,816	0,581	1,740	0,517	0,746	0,159
I kw. – 2008	2,225	0,510	1,105	0,220	0,945	0,728	1,714	0,523	0,809	0,170
II kw. – 2008	2,272	0,479	1,277	0,168	2,432	-0,432	1,791	0,521	0,409	0,151

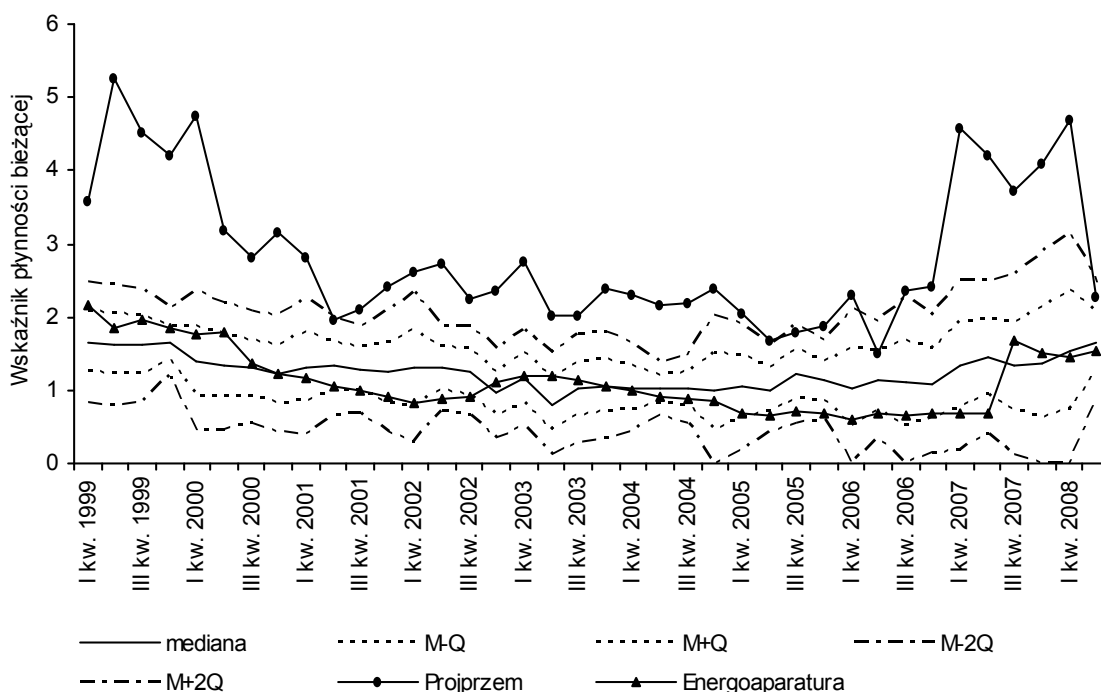
Źródło: obliczenia własne z wykorzystaniem Excela na podstawie danych z Notoria Service (sierpień 2008).

O sile asymetrii decyduje poziom bezwzględnej wartości współczynnika asymetrii – im większa jest wartość bezwzględna, tym silniejsza asymetria rozkładu. Dla obu analizowanych wskaźników bezwzględna wartość klasycznego współczynnika asymetrii wynosiła po-

wyżej 0,5 w większości kwartałów lat 1999–2008⁸, czyli rozkłady empiryczne były w większości asymetryczne. Dlatego system linii kontrolnych zbudowano na podstawie parametrów pozycyjnych w następujący sposób:

- linia centralna – wyznaczona została na poziomie mediany (M),
- linie kontrolne górna wewnętrzna i górna zewnętrzna – wyznaczone zostały odpowiednio na poziomie: mediana (M) plus odchylenie ćwiartkowe (Q) i mediana (M) plus podwojone odchylenie ćwiartkowe ($2Q$),
- linie kontrolne dolna wewnętrzna i dolna zewnętrzna – wyznaczone zostały odpowiednio na poziomie: mediana (M) minus odchylenie ćwiartkowe (Q) i mediana (M) minus podwojone odchylenie ćwiartkowe ($2Q$).

Następnie na wyznaczone linie kontrolne naniesiono rzeczywiste wartości wskaźnika płynności bieżącej (rys. 2) i stopy zadłużenia (rys. 3) dla badanych spółek w poszczególnych kwartałach lat 1999–2008 i rozpoczęto proces diagnozowania.



Rys. 2. Kwartalna karta kontrolna wskaźnika płynności bieżącej dla spółek Projprzem SA i Energoaparatura SA w latach 1999–2008

Źródło: opracowanie własne na podstawie tab.1 i danych z Notoria Serwis (sierpień 2008).

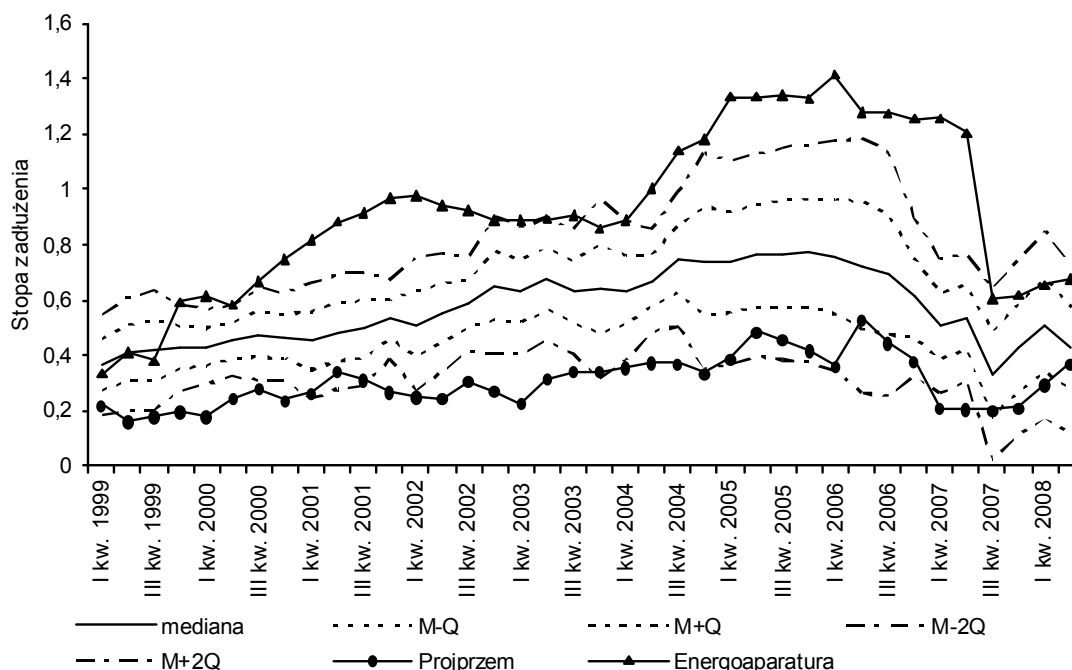
Na podstawie zbudowanych kart kontrolnych można stwierdzić, że:

- spółka Projprzem SA prawie w całym analizowanym okresie charakteryzowała się nadpłynnością (szczególnie w kwartałach lat 1999–2000 oraz w 2007 roku), natomiast Energoaparatura SA miała płynność w granicach normy i odchylenia od normy (*in minus*);
- w przypadku stopy zadłużenia spółka Projprzem SA osiągała wyniki na poziomie dolnej granicy normy lub nieznacznie poniżej, natomiast Energoaparatura SA była dość znacznie zadłużona (szczególnie w kwartałach lat 2000–2002 oraz 2004–2007 – pierwsze półrocze);

⁸ Dla wskaźnika płynności bieżącej bezwzględna wartość miary asymetrii wynosiła powyżej 0,5 w 36 kwartałach na 38, natomiast w przypadku stopy zadłużenia – w 24 kwartałach na 38.

– pod koniec analizowanego okresu zmniejszyło się zadłużenie w spółce Energoaparatura SA, a w II kwartale 2008 roku poprawiła się płynność w spółce Projprzem SA.

Nadpłynność i brak zadłużenia w spółce Projprzem SA świadczą o ostrożnej polityce finansowej – spółka nie zaciągała zobowiązań, chociaż dysponowała niewykorzystanymi wolnymi zasobami majątkowymi. Spółka Energoaparatura SA była zadłużona, jednakże nie groziła jej niewypłacalność, gdyż miała zabezpieczenie w aktywach.



Rys. 3. Kwartalna karta kontrolna stopy zadłużenia dla spółek Projprzem SA i Energoaparatura SA w latach 1999–2008

Źródło: opracowanie własne na podstawie tab.1 i danych z Notoria Serwis (2008).

PODSUMOWANIE

Z przedstawionych w artykule badań wynika, że karta kontrolna jest prostym narzędziem diagnostycznym, które może być skutecznie wykorzystane do kontroli przebiegu zjawisk ekonomicznych w czasie. Sposób budowy karty kontrolnej zależy od rodzaju zmiennych charakteryzujących badane zjawisko oraz od rodzaju dostępnych danych statystycznych.

W przypadku danych przekrojowo-czasowych system linii kontrolnych można wyznaczyć na podstawie parametrów klasycznych lub pozycyjnych, charakteryzujących przeciętny poziom oraz zróżnicowanie badanej zmiennej w zbiorowości obiektów w badanym czasie. Wybór parametrów uzależniony jest od siły asymetrii rozkładu badanej zmiennej w zbiorowości. Proces diagnostyczny dotyczy poziomu zmiennej w wybranym obiekcie. Jeżeli badana zmienna jest nominantą, to wskazane jest zastosowanie pełnego systemu linii kontrolnych, co z kolei odpowiada wszystkim elementom procesu diagnostycznego: normie, odchyleniu od normy oraz tolerancji odchylenia od normy.

Na końcu warto wspomnieć, że gdy w przypadku badanej zmiennej znane są z literatury normy teoretyczne, to wariant karty kontrolnej dla danych przekrojowo-czasowych może

być również użytecznym narzędziem kontrolnym w przypadku całej badanej zbiorowości. Wówczas na zbudowany system linii kontrolnych, który odzwierciedla przeciętną sytuację w zbiorowości, można nanieść linie obrazujące teoretyczne wartości normatywne i na tej podstawie ocenić, w których momentach czasu sytuacja w całej zbiorowości była zgodna z normą.

PIŚMIENNICTWO

- Aczel A.D.** 2000. Statystyka w zarządzaniu. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Biszof K.** 1995. Wykorzystanie funkcji diagnostycznej modeli ekonometrycznych w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Praca doktorska. Szczecin, Uniwersytet Szczeciński (maszynopis).
- Hozer J.** 1989. Funkcja diagnostyczna modeli ekonometrycznych. *Wiad. Statyst.* 2, 13–15.
- Hozer J., Zawadzki J.** 1986. Zastosowanie ekonometrii w transporcie. Warszawa, WKiŁ.
- Hozer J., Zawadzki J.** 1990. Zmienna czasowa i jej rola w badaniach ekonometrycznych. Warszawa, PWN.
- Hozer J., Tarczyński W., Gazińska M., Wawrzyniak K., Batóg J.** 1997. Metody ilościowe w analizie finansowej przedsiębiorstwa. Warszawa, Główny Urząd Statystyczny.
- Korol J., Talaga L.** 1998. Elementy statystycznej kontroli jakości. Szczecin, Katedra Ekonometrii i Statystyki, Uniwersytet Szczeciński.
- Kruszyński Ł.** 2009. Klasyfikacja spółek notowanych na Gieldzie Papierów Wartościowych z sektora Budownictwo ze względu na sytuację ekonomiczno-finansową w latach 1999–2008. Praca magisterska. Szczecin, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny (maszynopis).
- Pawłowski Z.** 1970. Ekonometryczna analiza procesu produkcyjnego. Warszawa, PWN.
- Puchalski T.** 1973. Elementy statystycznej kontroli jakości produkcji. Warszawa, PWN.
- Sierpińska M., Jachna T.** 1995. Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Wawrzyniak K.** 2000. Klasyczne i pozycyjne parametry struktury jako normy w procesie oceny działalności przedsiębiorstwa. *Zesz. Nauk. USzczec.* 269, 269–282.
- Wawrzyniak K.** 2007. Diagnozowanie ilościowe procesów i obiektów gospodarczych – podstawowe pojęcia. *Zesz. Nauk. USzczec.* 450, 647–659.