



DOI:10.18276/sip.2016.45/2-16

Mariusz Doszyń*

Uniwersytet Szczeciński

MONITOROWANIE TRAFNOŚCI SYSTEMU PROGNOZ SPRZEDAŻY W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Streszczenie

W artykule scharakteryzowano system prognoz sprzedaży w przedsiębiorstwie, który jest stosowany do wyznaczania tygodniowych prognoz dla około 12 tys. produktów. Przedstawiono strukturę systemu, stosowane w nim metody, zaproponowano błąd prognoz *ex post*, który może być stosowany również w przypadku szeregów czasowych z nadmiarem zer (*zero-inflated time series*). Zaprezentowano ponadto sposób monitorowania trafności prognoz opierający się na rozkładzie proponowanego błędu *ex post* dla produktów sprzedawanych rzadko.

Słowa kluczowe: systemy prognoz sprzedaży, trafność systemów prognoz, szeregi czasowe z nadmiarem zer

Wstęp

Współcześnie przedsiębiorstwa, szczególnie średnie i duże, mają zazwyczaj tak bogaty asortyment towarów (wyrobów), że przy wyznaczaniu prognoz sprzedaży konieczne jest wspomaganie się odpowiednim systemem prognostycznym. System prognostyczny stanowi podsystem całego systemu informacyjnego przedsiębiorstwa (zob. Dittmann, 2004, 1996). Za pomocą systemu prognostycznego wyznacza się

* Adres e-mail: mariusz.doszyn@wneiz.pl.

prognozy zmiennych opisujących zarówno otoczenie przedsiębiorstwa, jak i jego działalność (np. prognozy sprzedaży). Od prognoz sprzedaży zależy poziom zamówień do dostawców, a tym samym – obciążenie magazynu, jak i poziom realizacji zamówień od klientów, czyli stopień zaspokojenia popytu. Prognozowanie sprzedaży w praktyce jest zazwyczaj oscylowaniem między dążeniem do zmniejszenia kosztów magazynowania a jednoczesnym dbaniem o utrzymanie odpowiedniego poziomu realizacji zamówień od klientów (zob. Sarjusz-Wolski, 2000).

1. System prognoz sprzedaży w przedsiębiorstwie

W pracy (Dittmann, 2004, s. 26) autor zwraca uwagę na szczególną rolę prognozowania w zarządzaniu przedsiębiorstwem: „Prognozowanie – jako jeden ze środków wykorzystywanych w procesie planowania – nabiera szczególnego znaczenia w zarządzaniu przedsiębiorstwem, ponieważ złe antycypowanie przyszłych trendów może być niszczące dla firmy”. Prognozy, w tym szczególnie prognozy wielkości sprzedaży, są niezbędne w procesach zarządzania sprzedażą, finansami, produkcją (siłą roboczą, zapasami) czy też w działaniach marketingowych. Ze względu na liczbę wyznaczanych prognoz i ich wzajemne powiązania współczesne przedsiębiorstwa posługują się systemami prognostycznymi.

W pracy (Metzer, Bienstock, 1998) wskazuje się na następujące zasady, zgodnie z którymi powinien być zbudowany system prognoz w przedsiębiorstwie:

1. System prognoz powinien być platformą, poprzez którą komunikują się progności i użytkownicy prognoz.
2. System prognoz powinien być dostosowany do specyfiki sprzedaży w przedsiębiorstwie (a nie na odwrót).
3. Nawet skomplikowane systemy prognoz powinny być prezentowane w sposób przejrzysty.
4. Progności powinni używać zestawu metod analizy szeregów czasowych, a nie jednej wybranej metody.
5. Systemy prognoz powinny zawierać w sobie metody analizy szeregów czasowych, modele ekonometryczne oraz (a nie lub) metody analizy jakościowej.
6. System prognoz powinien wskazywać na najlepsze metody prognozowania danej zmiennej.
7. Progności powinni „uwrażliwiać” system prognoz na te produkty, których sprzedaż jest szczególnie ważna.

Wytyczne te powstały w wyniku wieloletnich analiz systemów prognoz w przedsiębiorstwach działających w USA (zob. Metzger, Bienstock, 1998).

W badanym przedsiębiorstwie system prognoz jest zbudowany w ten sposób, że na podstawie 5-tygodniowego błędu *ex post* (będącego pierwiastkiem z błędu średniokwadratowego – *RMSE*) wybierana jest najlepsza metoda stosowana następnie do obliczania prognoz *ex ante*. W ten sposób spośród wszystkich dostępnych metod system prognoz sam „wybiera” metodę najlepszą do prognozowania wielkości sprzedaży każdego produktu. Wybierana jest ta metoda, dla której błąd *RMSE* osiąga minimum (w przypadku jednakowych wartości błędów wybierana jest metoda prostsza¹).

W systemie prognostycznym badanego przedsiębiorstwa dostępne są następujące metody:

1. Prognozowanie na podstawie mediany rozkładu empirycznego.
2. Prognozowanie na podstawie mediany rozkładu Poissona.
3. Prognozowanie na podstawie mediany rozkładu gamma.
4. Średnia ruchoma (10-tygodniowa).
5. Prosty, liniowy model Browna (stała wygładzania $\alpha = 0,2$).
6. Modele Holta (stałe wygładzania $\alpha, \beta = 0,2$).
7. Prognozowanie na podstawie mediany z wartości niezerowych z uwzględnieniem średniego odstępu czasu między zamówieniami.
8. Prognozowanie na podstawie mediany z wielkości niezerowych z uwzględnieniem sekwencji sprzedaży z ostatnich 5 tygodni.
9. Model trendu liniowego z addytywnymi wahaniami sezonowymi.

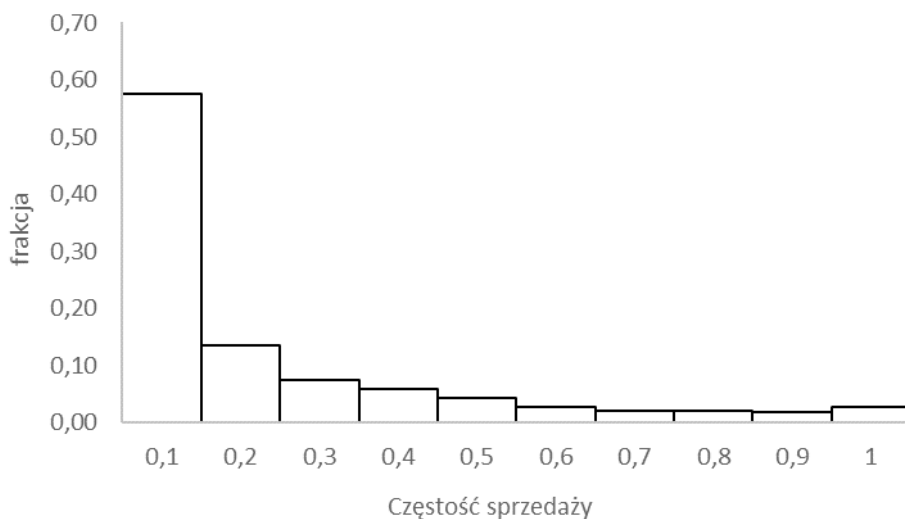
W trzech pierwszych metodach prognozy wyznaczane są na podstawie mediany odpowiedniego rozkładu (rozkładu empirycznego, Poissona i rozkładu gamma). Metody te są przydatne do prognozowania wtedy, gdy produkty są sprzedawane rzadko. Stałe wygładzania w modelach adaptacyjnych (model Browna i Holta) zostały dobrane w drodze symulacji. Przyjęte niskie wartości stałych wygładzania mają też zabezpieczać przed zbyt gwałtownymi skokami prognoz. Metody 7 i 8 wynikają bezpośrednio ze specyfiki sprzedaży niektórych produktów i są efektem znajomości pewnych sekwencji sprzedaży. Dotyczą one również produktów o niskiej częstotliwości sprzedaży. Zastosowanie innych metod (zaawansowane metody analizy szeregów czasowych, przyczynowo-opisowe modele ekonometryczne) nie przynosiło zadowalających rezultatów ze względu na fakt, że w przypadku większości produktów występuje niska częstość sprzedaży rozumiana jako udział tygodni z dodatnią sprzedażą w liczbie tygodni ogółem.

¹ To, która metoda jest prostsza, rozstrzygane jest arbitralnie.

2. Monitorowanie trafności systemu prognoz

W badanym przedsiębiorstwie częstość sprzedaży była w przypadku większości produktów bardzo niska². Strukturę produktów ze względu na częstość sprzedaży przedstawiono na rysunku 1. Wynika z niego, że wyraźnie dominują produkty o niskiej częstości sprzedaży. Aż 71% produktów jest sprzedawanych raz na 5 tygodni lub rzadziej. Tylko 3% asortymentu sprzedaje się w 9 na 10 tygodni (lub częściej).

Rysunek 1. Rozkład produktów ze względu na tygodniową częstość sprzedaży



Źródło: opracowanie własne.

Niskie częstości sprzedaży produktów oznaczają, że niemożliwe staje się monitorowanie dokładności prognoz sprzedaży na podstawie rozkładów zazwyczaj liczonych względnych błędów *ex post*, takich jak na przykład *MPE*, *MAPE* czy też współczynniki Theila itp.³ Związane jest to z tym, że sprzedaż często jest równa zero. Oznacza to, że w mianownikach względnych błędów *ex post* występują zera, co uniemożliwia ich obliczenie.

² Rozpatrywane są dane tygodniowe, na podstawie których wyznacza się częstości dla ostatnich 30 tygodni.

³ Charakterystykę tego typu błędów można znaleźć np. w (Cieślak, 2002; Czerwiński, Guzik, 1980; Zawadzki, 1996; Zeliaś, 1997).

Pomijanie tygodni z zerową sprzedażą przy liczeniu wspomnianych błędów jest także nieuzasadnione. Przykładowo, jeżeli sprzedaż w okresie weryfikacji prognoz wynosiła odpowiednio: 0, 0, 0, 0, 5, a prognozy: 5, 5, 5, 5, 5, to błąd *MAPE* (czy *MPE*) wyniesie 0 (zakładając, że błąd liczony tylko wtedy, gdy sprzedaż jest dodatnia, czyli dla ostatniego tygodnia). Po uwzględnieniu tygodni z zerową sprzedażą widać jednak, że trafność prognoz rozpatrywana łącznie, dla wszystkich 5 tygodni, jest niska.

Nieprawidłowe jest również opieranie się na błędach bezwzględnych, na przykład na błędzie *RMSE* (pierwiastek z błędu średniokwadratowego prognoz *ex post*). Wadą tego miernika w kontekście monitorowania systemu prognoz jest to, że błąd dla każdego produktu wyrażony jest w innej jednostce. Odnoszenie tego błędu do wartości średniej sprzedaży w okresie empirycznej weryfikacji prognoz jest także nieuzasadnione, gdyż w wielu przypadkach średnie te są równe zeru, co wyklucza z analizy wiele produktów.

Ze względu na specyfikę sprzedaży w badanym przedsiębiorstwie zaproponowano błąd prognoz *ex post* (D), który może być liczony również dla produktów o niskiej częstotliwości sprzedaży. Dla tego typu produktów szeregi czasowe charakteryzują się dużą liczbą zer.

W opisywanym przedsiębiorstwie występuje 5-tygodniowy cykl zamówień i podstawowe znaczenie mają nie prognozy dla poszczególnych tygodni, lecz ich 5-tygodniowe sumy. W związku z tym przedstawiona zostanie wersja błędu opierająca się na tego typu sumach⁴.

Omawiany błąd (D) jest liczony dla dwóch przypadków (y_{Tp} – prognoza wielkości sprzedaży w tygodniu T , $T = 1, 2, \dots, k$, k – liczba prognoz, y_T – wielkość sprzedaży w tygodniu T)⁵:

$$\begin{aligned}
 \text{a) } D &= \frac{\sum_{T=1}^k y_{Tp} - \sum_{T=1}^k y_T}{\max\{\sum_{T=1}^k y_{Tp}, \sum_{T=1}^k y_T\}} \text{ jeżeli } \sum_{T=1}^k y_T \neq \sum_{T=1}^k y_{Tp} \\
 \text{b) } D &= 0, \text{ jeżeli } \sum_{T=1}^k y_T = \sum_{T=1}^k y_{Tp}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Jeśli suma sprzedaży jest równa sumie prognoz ($\sum_{T=1}^k y_T = \sum_{T=1}^k y_{Tp}$), to błąd $D = 0$ [przypadek „b” we wzorze (1)]. Jeżeli sumy sprzedaży i prognoz są różne, błąd

⁴ Można też przyjąć, że okresem jednostkowym będzie okres 5-tygodniowy. Błąd ten można również wyznaczać jako średnią z błędów liczonych dla poszczególnych tygodni. Wtedy błąd jest liczony oddzielnie dla każdego tygodnia, a otrzymane w ten sposób błędy cząstkowe są następnie dla danego produktu uśredniane.

⁵ Jest to propozycja autorska.

D liczony jest w ten sposób, że w liczniku występuje różnica między sumą prognoz i sumą sprzedaży, a w mianowniku podstawia się większą z tych sum.

Dlaczego tego typu wybieg? Podstawianie większej z sum pozwala na policzenie błędu w każdej sytuacji, a więc także wtedy, gdy suma sprzedaży (lub suma prognoz) wynosi zero. Jeżeli $\sum_{T=1}^k y_{Tp} < \sum_{T=1}^k y_T$, to błąd D jest ujemny (prognozy są zaniżone). Jeśli prognozy są zerowe, a sprzedaż dodatnia, to $D = -1$. Jeśli $\sum_{T=1}^k y_{Tp} > \sum_{T=1}^k y_T$, to prognozy są zawyżone, a $D > 0$. Jeżeli wielkość sprzedaży jest zerowa, a prognozy dodatnie, to $D = 1$. W odróżnieniu od większości względnych błędów prognoz *ex post* błąd D jest znormalizowany $D \in \langle -1, 1 \rangle$.

Warto zwrócić uwagę na wartości skrajne błędu. Jeśli $D = -1$, to prognozy *ex post* są równe zero, a sprzedaż jest dodatnia, natomiast gdy $D = 1$ – prognozy są dodatnie, a sprzedaż zerowa (w okresie weryfikacji prognoz). Oznacza to, że w przypadku wartości skrajnych różne sumy sprzedaży (prognoz) dają taką samą wartość błędu D (1 lub -1). Przypadki tego typu powinny być zatem poddawane dalszym analizom. Można na przykład badać rozkłady sprzedaży (w ujęciu wartościowym) dla produktów, dla których prognozy są równe zero ($D = -1$) lub analogicznie – rozkłady prognoz dla produktów, które w okresie weryfikacji prognoz nie były sprzedawane ($D = 1$). Analiza tego typu rozkładów pozwala na upewnienie się, że prognozy nie są skrajnie zawyżone lub zaniżone.

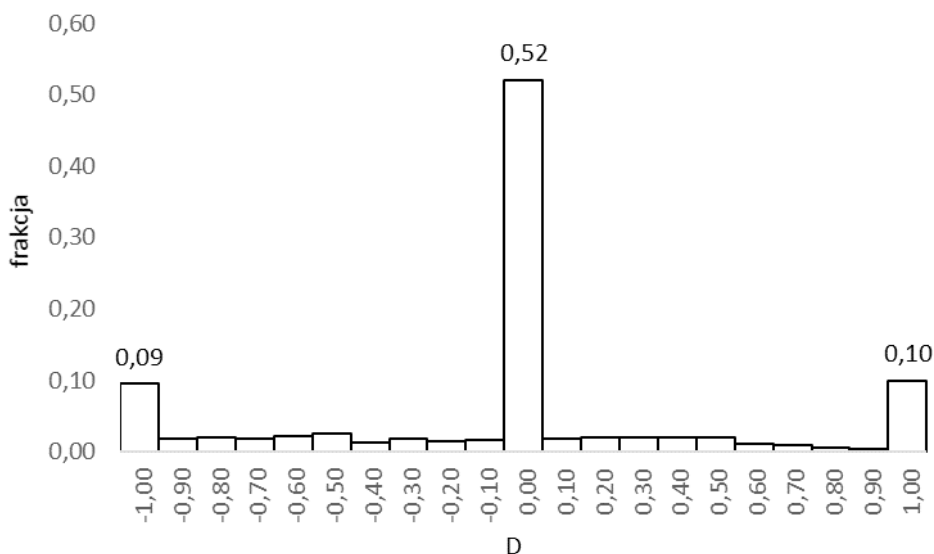
3. Przykład empiryczny

W przykładzie empirycznym przedstawiono sposób monitorowania trafności prognoz na podstawie rzeczywiście funkcjonującego systemu prognoz sprzedaży w przedsiębiorstwie. Jest to centrum dystrybucyjne dużego przedsiębiorstwa, o zasięgu międzynarodowym, zlokalizowane na terenie województwa zachodniopomorskiego. W każdym tygodniu wyznaczane są 5-tygodniowe prognozy wielkości sprzedaży dla ponad 12 tys. produktów (asortyment obejmuje 12 488 produktów). Na ich podstawie wyznaczane są zamówienia do dostawców oraz prowadzona jest gospodarka magazynowa. Wymagane jest też utrzymanie przynajmniej 90-procentowego poziomu realizacji zamówień⁶.

Do oceny trafności prognoz *ex post* zastosowano przedstawiony wcześniej błąd D . Rozkład prognoz ze względu na ten błąd przedstawiono na rysunku 2, natomiast wybrane statystyki pozycyjne zawarto w tabeli 1.

⁶ Oznacza to, że co najmniej 90% zamówionych produktów musi być dostępnych w magazynie.

Rysunek 2. Rozkładu błędu prognoz *ex post* (D)



Źródło: opracowanie własne.

Prognozy *ex post* dla większości produktów charakteryzowały się bardzo niskimi wartościami błędu. W przypadku 52% produktów błąd zawierał się w przedziale $D \in (-0,1; 1)$, przy czym były to prawie wyłącznie błędy równe zero. Dla 9% produktów prognozy były równe zero, podczas gdy sprzedaż wystąpiła. Dla 10% produktów prognozy były dodatnie, a sprzedaż nie wystąpiła. Jak można zauważyć, liczba produktów, dla których prognozy są „skrajnie” zaniżone i zawyżone, jest zbliżona, co może wskazywać na małe obciążenie prognoz. Udziały w pozostałych przedziałach ukształtowały się na niskim poziomie rzędu 1–2%.

Mediana błędu prognoz D jest równa zero, co potwierdza wniosek o nieobciążeniu prognoz (średnia wartość błędu wynosi $-0,044$). Rozkład błędu D charakteryzował się ponadto w zawężonym obszarze zmienności nieznaczną zmiennością, silną asymetrią lewostronną i znaczną wysmukłością.

W przypadku 19% produktów prognozy były zaniżone lub zawyżone ($D = 1, D = -1$), przy czym błąd wskazuje jedynie na występowanie tego typu sytuacji, nie informując przy tym, jaka była skala tych zjawisk. W związku z tym oddzielnej analizie poddano każdy z tych przypadków. Rozkład sprzedaży produktów (w zł) w sytuacji, gdy prognozy były zerowe ($D = -1$), przedstawiono na rysunku 3. Z kolei rozkład prognoz (w zł), którym odpowiadała sprzedaż równa zero, zobra-

zowano na rysunku 4. Statystyki opisowe dla każdego z tych rozkładów zawarto w tabeli 1⁷.

Tabela 1. Statystyki pozycyjne błędu prognoz *ex post* (D), wartości sprzedaży [zł] dla $D = -1$ oraz wartości prognoz *ex post* dla $D = 1$

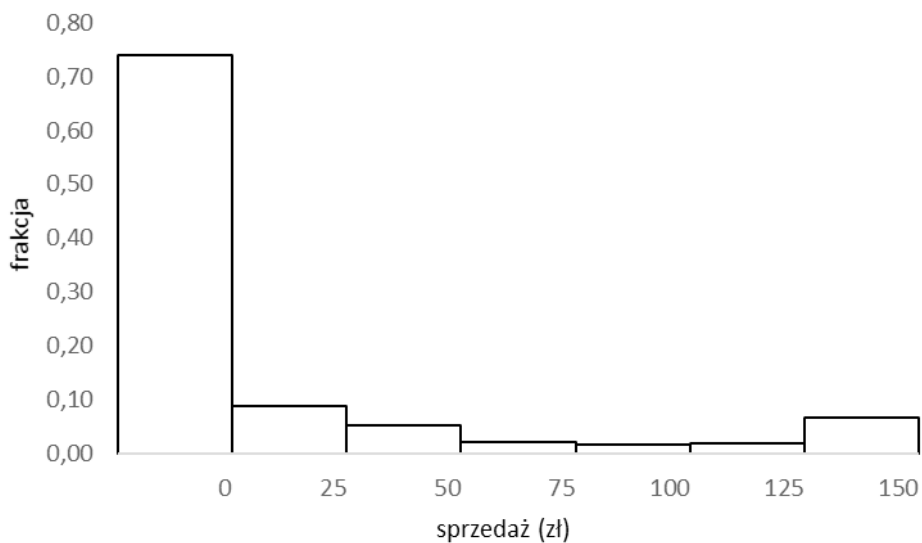
Statystyka/ D	D	Sprzedaż ($D = -1$)	Prognozy ($D = 1$)
D_1	-0,945	0,000	0,000
$Q_{1,4}$	-0,147	0,000	0,000
M	0,000	0,000	0,000
$Q_{3,4}$	0,000	3,110	0,200
D_9	0,883	73,920	0,500
Q	0,074	1,555	0,100
A_2	-1,000	1,000	1,000
K_p	0,040	0,021	0,200

Źródło: opracowanie własne.

Jak kształtowała się sprzedaż, gdy prognozy były równe zero? W większości przypadków (tygodni) sprzedaż była również równa zero lub utrzymywała się (wartościowo) na bardzo niskim poziomie (zob. rysunek 3). Mediana sprzedaży również wyniosła zero. W zawężonym obszarze zmienności rozkład sprzedaży cechował się znaczną zmiennością, silną asymetrią prawostronną i znaczną wysmukłością. Silna asymetria prawostronna wskazuje, że dominowały niskie wartości zamówień, co jest zjawiskiem pożądanym.

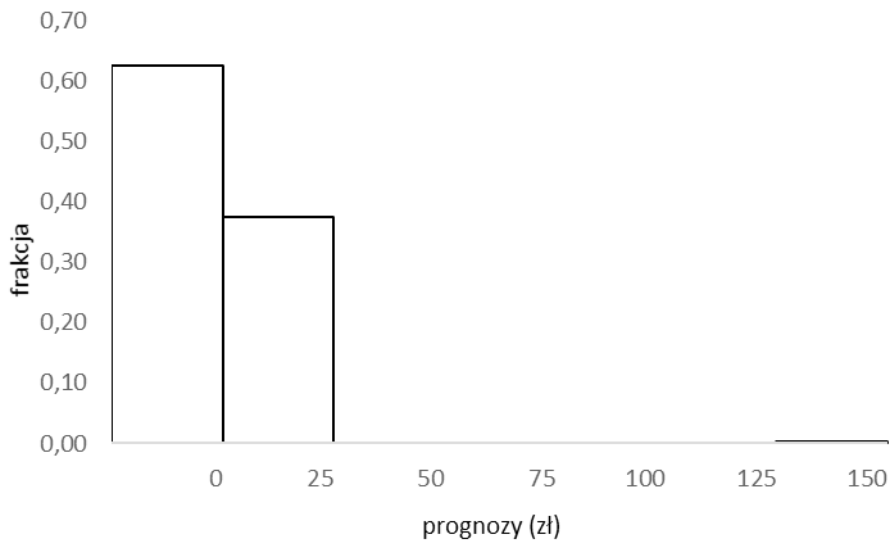
⁷ Rozkłady te zostały wyznaczone dla poszczególnych tygodni, a nie dla sum 5-tygodniowych, jak przy wyznaczaniu błędu D , w związku z czym dla tygodni, w których prognozy (sprzedaż) nie były dodatnie, w każdym z 5 tygodni pojawiają się wartości zerowe.

Rysunek 3. Rozkład wartości sprzedaży [zł] dla $D = -1$



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4. Rozkład wartości prognoz ex post [zł] dla $D = 1$



Źródło: opracowanie własne.

W sytuacji, gdy sprzedaż nie występowała, także prognozy kształtowały się na niskim poziomie (w ujęciu wartościowym), co potwierdza rysunek 4. Mediana prognoz była równa zero. Rozkład prognoz (w zawężonym obszarze zmienności) cechował się niską zmiennością, silną asymetrią prawostronną oraz nieznaczną wysmukłością. Silna asymetria prawostronna potwierdza przewagę prognoz o niskiej wartości, co jest zjawiskiem korzystnym.

Podsumowanie

Przy bogatym asortymencie sprzedaży zarządzanie przedsiębiorstwem wymaga posługiwania się systemem prognoz sprzedaży. Jest to uwarunkowane koniecznością częstego wyznaczania prognoz dla dużej liczby produktów. Ważnym elementem każdego systemu prognoz jest ich monitoring. Jest to utrudnione zwłaszcza wtedy, gdy część produktów jest sprzedawanych rzadko, co nie pozwala na oparcie się na rozkładach zazwyczaj liczonych względnych błędów prognoz *ex post*. W związku z tym w artykule zaproponowany został miernik, który może być liczony także dla tego typu produktów, a więc dla produktów, których szeregi czasowe sprzedaży cechują się nadmiarem zer. W przykładzie empirycznym błąd ten zastosowano do oceny trafności systemu prognoz, który został zaprojektowany na potrzeby przedsiębiorstwa zlokalizowanego w województwie zachodniopomorskim.

Literatura

- Cieślak, M. (red.). (2002). *Prognozowanie gospodarcze*. Warszawa: PWN.
- Czerwiński, Z., Guzik, B. (1980). *Prognozowanie ekonometryczne. Podstawy teoretyczne i metody*. Warszawa: PWE.
- Dittmann, P. (1996). *Metody prognozowania sprzedaży w przedsiębiorstwie*. Wrocław: Wyd. AE we Wrocławiu.
- Dittmann, P. (2004). *Prognozowanie w przedsiębiorstwie*. Kraków: Oficyna Ekonomiczna.
- Mentzer, J.T., Bienstock, C.C. (1998). The Seven Principles of Sales Forecasting Systems. *Supply Chain Management Review*, 34 (4), 76–83.
- Sarjusz-Wolski, Z. (2000). *Sterowanie zapasami w przedsiębiorstwie*. Warszawa: PWE.
- Zawadzki, J. (1996). *Modelowanie predykcyjne i prognozowanie zjawisk w skali mikroekonomicznej*. Szczecin: Wyd. Naukowe US.
- Zeliaś, A. (1997). *Teoria prognozy*. Warszawa: PWE.

MONITORING OF SALES FORECASTING SYSTEM IN A COMPANY

Abstract

The article describes the sales forecasting system in the company, which is used to determine the weekly forecasts for about twelve thousand products. The structure of the system as well as forecasting methods were presented. Also an *ex-post* forecast error, which can also be used in case of zero-inflated time series was proposed. The way of monitoring the accuracy of predictions based on the distribution of the proposed *ex-post* error also discussed.

Translated by Mariusz Doszyń

Keywords: sales forecasting systems, accuracy of sales forecasting systems, zero-inflated time series

JEL Codes: C22, C53, D22

