t. LXXIII ▪ nr 3/2021 ▪ DOI 10.33226/1231-2037.2021.3.5

Dr inż. Marek Mróz
Akademia Sztuki Wojennej
ORCID: 0000-0003-1826-0495
e-mail: m.mroz@akademia.mil.pl

Predykcja wielkości sprzedaży modelem Browna elementem rachunku ekonomicznego na przykładzie firmy Comarch[1]

Prediction of sales volume by the Brown model as an element of economic calculation on the example of Comarch

Streszczenie

Tematem artykułu jest predykcja wielkości sprzedaży w firmie informatycznej Comarch, obliczona metodą wyrównywania wykładniczego z wykorzystaniem jednoparametrowego modelu Browna na bazie przeprowadzonych badań teoretycznych i empirycznych. Głównym celem podjętych badań było obliczenie prognoz na kolejne dwa kwartały (trzeci i czwarty) 2020 r. na podstawie uzyskanych danych empirycznych z lat 2016–2020.

Natomiast problem badawczy dotyczył właściwego wykorzystania modelu Browna do prognozowania wielkości sprzedaży z zamiarem otrzymania dokładniejszej prognozy. Ujęcie teoretyczne i praktyczne problemu badań pozwoliło na podjęcie próby uporządkowania obszaru wiedzy związanego z prognozowaniem modelem Browna, w tym głównie z wygładzaniem szeregu czasowego metodą wyrównywania wykładniczego.

Słowa kluczowe:
predykcja, model Browna, metoda wyrównywania wykładniczego, stała wygładzania

Abstract

The topic of the article is a prediction of sales volume in the IT company Comarch calculated with the method of exponential equalization using a one-parameter Brown model on the basis of conducted theoretical and empirical research. The main objective of the undertaken research was to calculate predictions for the next two quarters (third and fourth) of 2020, on the basis of obtained empirical data from 2016–2020. On the other side, the research problem concerned the proper use of the Brown model for predicting sales volumes, in order to obtain a more precise prediction. The theoretical and practical approach to the problem of research made it possible to attempt to organize the area of knowledge related to Brown's model prediction, including mainly the smoothing of the time series using the exponential equalization method.

Keywords:
prediction, Brown model, exponential alignment method, smoothing constant

JEL: C00

Wprowadzenie

Przedsiębiorstwa stosują w swojej praktyce gospodarczej rachunek ekonomiczny, aby uzyskać pozytywne wyniki prowadzonej działalności bieżącej i perspektywicznej (w przyszłości). Muszą zatem planować działalność, opierając się między innymi na prognozowaniu swojej planowanej wielkości sprzedaży. Zarówno prognozowanie, jak i planowanie, będąc elementem rachunku ekonomicznego, należą do podstawowych kategorii ekonomicznych. Polegają na porównaniu nakładów związanych z podejmowanymi działaniami oraz efektów, jakie dana jednostka (przedsiębiorstwo) chce osiągnąć. Podejmowanie decyzji co do produkcji lub zakupu zależy od wyniku rachunku ekonomicznego opłacalności planowanego przedsięwzięcia (Gołembska (red.), 2018, s. 87).

Rodzajów rachunku ekonomicznego wykorzystywanych w praktyce jest wiele. Możemy wyróżnić rachunek ekonomiczny *ex post* (statystyczny, następ-

czy) i rachunek ekonomiczny *ex ante* (planowy), jeżeli za kryterium przyjmiemy odniesienie do czasu przeszłego w pierwszym przypadku lub czasu przyszłego w drugim przypadku. Rachunek ekonomiczny *ex post* ma charakter porównawczy i analityczny, ponieważ bada stany przeszłe na podstawie danych statystycznych. Rachunek ekonomiczny *ex ante* służy do przygotowania decyzji, które mają zostać podjęte w prognozowanym okresie (przyszłym czasie)[2].

Przyjmując natomiast za kryterium horyzont czasowy, można wyróżnić rachunek perspektywiczny i bieżący. Rachunek perspektywiczny odnosi się do odleglejszego horyzontu czasu (np. prognoza długoterminowa), gdzie najważniejsze znaczenie ma wartość funkcji celu w całym okresie. Natomiast rachunek bieżący odnosi się do krótkiego okresu (np. prognoza krótkoterminowa), nie dłuższego niż rok, a decydujące znaczenie mają w nim bezpośrednie warunki ekonomiczne[3]. „Wynikiem prognozowania w skali przedsiębiorstwa są prognozy, które stanowią sądy o przewidywanym kształtowaniu się określonych zjawisk i procesów gospodarczych w okresie prognozowania" (Nowak, 2009, s. 65). Szczególnie prognozowanie sprzedaży jest trudną i wymagającą częścią procesu planowania, ponieważ otrzymane wyniki nigdy nie gwarantują pewności i poprawności prognozy. Powodów takiego stanu rzeczy jest wiele, ale najistotniejszym jest niemożność określenia wszystkich zdarzeń, które mogą mieć wpływ na kształtowanie się prognozy sprzedaży (Kluska, Kufel, *Prognozowanie*...).

Uwzględniając powyższe, celem badań było: obliczenie prognozowanej wielkości sprzedaży w firmie Comarch jako elementu rachunku ekonomicznego oraz zademonstrowanie praktycznego sposobu sporządzania prognozy metodą wyrównywania wykładniczego z wykorzystaniem jednoparametrowego modelu Browna.

Przyjęty cel badań implikował problem badawczy: „Jak wykorzystać do predykcji wielkości sprzedaży metodę Browna, aby uzyskać jak najmniejszy błąd prognozy?".

Wygenerowany cel i problem badawczy posłużyły do skonstruowania hipotezy badawczej w następującym brzmieniu: „Prognozowania wielkości sprzedaży metodą Browna należy dokonać po wyrównaniu wykładniczym szeregu przy najmniejszym błędzie średniokwadratowym, aby uzyskać dokładniejszą prognozę".

W procesie badawczym wykorzystano metody teoretyczne i empiryczne. W ramach tych pierwszych zastosowano krytyczną analizę literatury przedmiotu badań z obszaru związanego z prognozowaniem jednoparametrowym modelem Browna, wykorzystującym do wygładzenia badanych szeregów czasowych wyrównywanie wykładnicze. Ponadto podjęto próbę uporządkowania obszaru wiedzy w tym temacie. Natomiast badania empiryczne wykonane na podstawie danych sprzedażowych firmy Comarch z lat 2016–2020 (tabela 1) posłużyły do obliczenia prognoz na kolejne badane okresy (III i IV kwartał 2020 r.). W przeprowadzonych badaniach empirycznych zastosowano w praktyce algorytm obliczania predykcji[4] metodą Browna, wykorzystując między innymi narzędzia statystyczne takie jak: błąd średniokwadratowy, współczynnik Theila jako miernik całkowitego względnego błędu prognozy, a także współczynnik zmienności losowej. Istotą stosowanej metody empirycznej było iteracyjne (krok po kroku) poszukiwanie najtrafniejszego parametru wygładzenia wykładniczego w zastosowanym jednoparametrowym modelu Browna. Autor podjął także próbę pokazania praktycznego zastosowania algorytmu prognozowania metodą Browna oraz usystematyzowania wiedzy w tym zakresie.

Podjęte i wykonane badania teoretyczne i empiryczne były ograniczone podmiotowo, przedmiotowo, przestrzennie i czasowo. Podmiotem badań był producent systemów informatycznych klasy ERP — firma Comarch. Natomiast przedmiotem badań była prognozowana wielkość sprzedaży na trzeci i czwarty kwartał 2020 r. w firmie Comarch obliczona metodą wyrównywania wykładniczego z wykorzystaniem jednoparametrowego modelu Browna. Ograniczenie przestrzenne badań dotyczyło prowadzonej działalności sprzedażowej w Polsce i na świecie. W aspekcie ograniczenia czasowego przyjęto do analizy dane empiryczne wielkości przychodów ze sprzedaży w firmie Comarch dotyczące lat 2016–2019 oraz dane z dwóch pierwszych kwartałów 2020 r.

Charakterystyka przedmiotu i podmiotu badań

Jedną z metod prognozowania wielkości sprzedaży jest jednoparametrowy model Browna, który w przeprowadzonych badaniach bazował na empirycznych danych sprzedażowych (tabela 1). Dane te zgromadzono w postaci szeregu czasowego, w którym jednostką podstawową na osi czasu t jest kwartał danego roku. Natomiast jednostką podstawową na osi danych empirycznych y_t, dotyczących wielkości przychodów ze sprzedaży w firmie Comarch, są wartości wyrażone w tysiącach złotych.

Dane sprzedażowe zgromadzono od pierwszego kwartału 2016 r. aż do drugiego kwartału 2020 r. na podstawie merytorycznie przeprowadzonej analizy sprawozdań finansowych firmy Comarch opublikowanych na stronie internetowej Giełdy Papierów Wartościowych[5] w Warszawie. Łącznie do obliczenia prognoz na trzeci i czwarty kwartał 2020 r. wykorzystano 18 danych empirycznych wielkości przychodów ze sprzedaży z 18 kwartałów (liczba obserwacji $n = 18$) w latach 2016–2020 (tabela 1). Uzyskiwane

Tabela 1
Wielkości przychodów ze sprzedaży w firmie Comarch w latach 2016–2020

Lata	Kwartały	Numer obserwacji t	Przychody ze sprzedaży y_t [tys. zł]
2016	I	1	243 156
	II	2	273 269
	III	3	223 965
	IV	4	372 423
2017	I	5	255 621
	II	6	251 536
	III	7	263 947
	IV	8	354 006
2018	I	9	271 989
	II	10	332 019
	III	11	345 311
	IV	12	420 300
2019	I	13	338 688
	II	14	327 800
	III	15	354 478
	IV	16	416 457
2020	I	17	377 818
	II	18	330 966

Źródło: opracowanie na podstawie sprawozdań finansowych firmy Comarch za lata 2016–2020. https://www.gpw.pl/spolka?isin=PLCOMAR00012#reports Tab1 (08.10.2020).

wielkości sprzedażowe zwiększające się z roku na rok, wskazują na wysoką dynamikę rozwoju firmy Comarch działającej w branży producentów zintegrowanych systemów informatycznych, głównie klasy ERP[6]. Comarch jako podmiot badań wybrano ze względu na zainteresowania autora obszarem badań związanych z informatycznym wspomaganiem logistyki.

Firma Comarch została utworzona w 1993 r. w Krakowie przez Elżbietę i Janusza Filipiaków i do dzisiaj jest jedną z największych i najbardziej rozpoznawalnych polskich marek branży IT. Firma od początku wyróżniała się swoją działalnością przez tworzenie własnych produktów, a nie jak robili ówcześni konkurenci, jedynie sprzedaż licencji zagranicznych systemów informatycznych. Obecnie firma prowadzi działalność w ponad 100 krajach na świecie i w związku z tym ponad 60% jej przychodów pochodzi z zagranicy[7] (rysunek 1).

Rysunek 1
Struktura sprzedaży przedsiębiorstwa Comarch za 2019 r.



Źródło: *Profil firmy Comarch*, https://www.comarch.pl/files-pl/file_708/comarch_profil_firmy.pdf (09.10.2020).

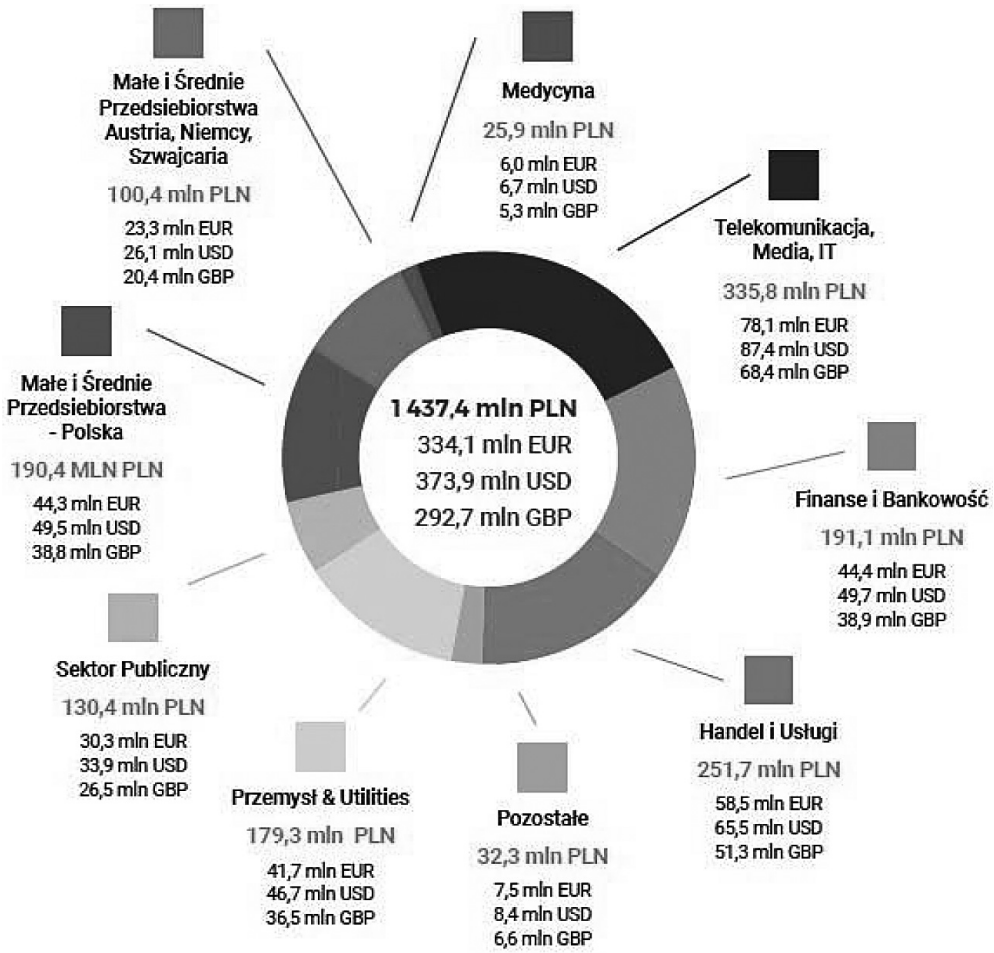
Przedsiębiorstwo zajmuje się sprzedażą, wdrażaniem i obsługą systemów informatycznych w wielu branżach. Comarch jest pionierem w rozwiązaniach chmurowych, sztucznej inteligencji i blockchain[8], a także producentem systemów informatycznych klasy ERP[9]. Należy podkreślić, że jedną z głównych przyczyn wpływających na duże zainteresowanie i dalszy rozwój systemów ERP jest rosnąca konkurencja we współczesnej gospodarce, która wymusza coraz szybsze reagowanie na zmieniające się potrzeby i rosnące wymagania klienta (Januszewski, 2018, s. 184).

Decyzja o wdrożeniu systemu ERP powinna być decyzją o charakterze strategicznym, ponieważ sprawne zarządzanie informacją jest obecnie jednym z najważniejszych czynników zwiększających konkurencyjność przedsiębiorstw (Wieczerzycki (red.), 2013, s. 92). Strukturę przychodów firmy Comarch według strategicznych grup odbiorców obrazuje rysunek 2.

Jednoparametrowy model Browna

Do krótkoterminowego prognozowania szczególnie przydatne są modele adaptacyjne oparte na wykładniczym wyrównywaniu danych empirycznych takie jak model Browna[10]. Metody wygładzania (wyrównywania) wykładniczego pozwalają na wygładzanie szeregu czasowego (tj. eliminację „szumów" losowych i innych efektów przypadkowych) oraz na proces prognozowania (predykcji) przebiegu zjawiska w przyszłości (Kasprzyk, Wojnar, 2016, s. 48). Modele takie przypisują największą wartość nośnika informacji (a więc i znaczenia) ostatniej realizacji zmiennej prognozowanej, nieco mniejszą natomiast poprzedniej, a jeszcze mniejszą kolejnej, dalszej itd. Wagi przypisywane do nośnika informacji maleją wykładniczo w postępie geometrycznym w kierunku coraz starszych danych empirycznych traktowanych jako nośniki informacji analizowanego szeregu cza-

Rysunek 2
Struktura przychodów przedsiębiorstwa Comarch według odbiorców za 2019 r.



Źródło: jak rysunku 1.

sowego. Następuje wówczas tak zwane „starzenie się informacji", czyli sukcesywne zmniejszanie się pojemności nośników informacji (Kukuła (red.), 2004, s. 17).

Jednoparametrowy model Browna (wzór 1) wykorzystywany jest w szeregach czasowych stacjonarnych i quasi-stacjonarnych, czyli takich, których wartość średnia nie ulega istotnym zmianom w czasie.

$$F_t = \alpha \cdot y_t + (1-\alpha) \cdot F_{t-1} \quad \rightarrow \; dla \; t = 2, \ldots, n, \quad (1)$$

gdzie:
F_t — wartości wygładzone zmiennej prognozowanej (obliczone na okres t);
F_{t-1} — wartości wygładzone zmiennej prognozowanej (obliczone na okres poprzedni $t-1$);
α — stała wygładzania (parametr wyrównywania wykładniczego) przyjmujący wartości z przedziału $\langle 0,1 \rangle$;
y_t — wartości empiryczne szeregu czasowego od $t = 1$ do n;
t — numer obserwacji;
n — liczba obserwacji.

Obliczenia wartości wygładzonych zmiennej prognozowanej F_t, czyli obliczenia prognoz wygasłych[11] w modelu Browna rozpoczynamy od warunków początkowych (wzór 2):

$$F_1 = y_1 \quad \rightarrow \quad dla \; t = 1, \quad (2)$$

gdzie:
F_1 — wartości wygładzone zmiennej prognozowanej dla $t = 1$;
y_1 — pierwsza wartość empiryczna szeregu czasowego;
t — numer obserwacji.

W modelu Browna prognozy wygasłe, czyli wygładzone wartości zmiennej prognozowanej F_t w okresie t, można przedstawić jako średnią arytmetyczną ważoną[12] najnowszej obserwacji zmiennej y_t oraz wartości prognozy wygasłej z okresu poprzedniego F_{t-1} (wzór 1).

Stałą wygładzania α (parametr wyrównywania wykładniczego) przyjmującą wartości z przedziału $\alpha \in \langle 0, 1 \rangle$ ustala się zwykle metodą prób i błędów wiedząc, że wartości parametru bliskie jedności oznaczają, że większą pojemność nośników informacji mają obserwacje najnowsze, natomiast wielkości bliskie zera oznaczają, że większą pojemność nośników informacji mają obserwacje okresu poprzedniego. Ostatecznie za najlepszą uznaje się tą wartość α, dla której otrzymuje się największą zgodność obserwacji empirycznych szeregu z wartościami wygładzonymi.

Po obliczeniu wartości wygładzonych F_t można dokonać obliczenia prognozy dla okresu T ($T > n$) wybiegającego w przyszłość na h jednostek za pomocą wzoru 3:

$$y_T^P = F_n + h \cdot (F_n - F_{n-1}), \quad (3)$$

gdzie:
y_T^P — prognoza zmiennej y_t w okresie T;
T — okres, dla którego wyznaczana jest prognoza P;
F_n — wartości wygładzone zmiennej prognozowanej (obliczone dla ostatniego okresu $t = n$);
n — liczba obserwacji;
h — liczba jednostek prognozy ($h = T - n$);
F_{n-1} — wartości wygładzone zmiennej prognozowanej (obliczone dla przedostatniego okresu $t = n - 1$).

Do uzyskiwania wszelakich prognoz dobrze jest stosować ustalony i przyjęty przez badacza algorytm zapewniający właściwą kolejność wykonywanych obliczeń.

Algorytm wyznaczania prognoz metodą Browna

Prognozę metodą Browna wyznaczamy w sposób sekwencyjny, korzystając z jednego parametru wygładzania α. Prognozę zmiennej y_T^P wyznaczamy na okres T ($T > n$), czyli: $T = n + 1, n + 2$ itd. według algorytmu:
1) ustalenie warunków początkowych,
2) obliczenie wartości wygładzonych zmiennej prognozowanej (prognoz wygasłych),
3) obliczenie błędu średniokwadratowego prognoz wygasłych,
4) dobór parametru α na podstawie najmniejszego błędu średniokwadratowego prognoz wygasłych,
5) obliczenie wartości prognoz na poszukiwane kolejne okresy T ($T > n$),
6) określenie wielkości błędu obliczonej prognozy.

Do właściwego doboru parametru α w modelu Browna, który decyduje o dobroci modelu, czyli o stopniu dopasowania wygładzonego szeregu czasowego do danych empirycznych, niezbędne jest obliczenie błędu średniokwadratowego prognoz wygasłych.

Błąd średniokwadratowy prognoz wygasłych

Średniokwadratowy błąd prognoz wygasłych, czyli wariancję prognoz wygasłych, oblicza się na podstawie wzoru 4:

$$s^{2^*} = \frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^{n} (y_t - F_t)^2 = MSE, \quad (4)$$

gdzie:
s^{2^*} — MSE (*Mean Squared Error*) błąd średniokwadratowy (wariancja prognoz wygasłych);

n — liczba prognoz wygasłych;
t — numer obserwacji prognoz wygasłych;
y_t — wartości empiryczne szeregu czasowego od $t = 1$ do n;
F_t — wartości wygładzone zmiennej prognozowanej (obliczone na okres t).

Natomiast łatwiejszy do interpretacji doboru parametru w modelu Browna jest pierwiastek błędu średniokwadratowego określający, o ile, średnio rzecz biorąc, wartości wygładzone zmiennej prognozowanej F_t (prognozy wygasłe) odchylają się od wartości empirycznych (zmiennej y_t) (Mróz, 2018, s. 394). Błąd średni prognoz wygasłych oblicza się według wzoru 5:

$$s^* = \sqrt{s^{2^*}} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{t=2}^{n}(y_t - F_t)^2}\,, \tag{5}$$

gdzie:
s^* — RMSE (*Root Mean Squared Error*) — pierwiastek błędu średniokwadratowego (błąd średni prognoz wygasłych);
s^{2^*} — MSE (*Mean Squared Error*) — błąd średniokwadratowy (wariancja prognoz wygasłych);
n — liczba prognoz wygasłych;
t — numer obserwacji prognoz wygasłych;
y_t — wartości empiryczne szeregu czasowego od $t = 1$ do n;
F_t — wartości wygładzone zmiennej prognozowanej (obliczone na okres t).

Obliczenie predykcji wymaga także określenia stopnia dokładności, z jaką będzie ona opisywać prognozowaną zmienną (w okresie $T > n$), czyli określenia błędu prognozy. Do tego celu między innymi może posłużyć współczynnik Theila I^2, czyli miernik całkowitego względnego błędu predykcji.

Błędy predykcji

Wyróżnia się dwa rodzaje błędów predykcji: błąd *ex ante* i błąd *ex post*. „Błąd *ex ante* jest oszacowaniem błędu prognozy. Określa się go przed okresem, na który wyznaczona jest prognoza. Natomiast błąd *ex post* charakteryzuje się najczęściej miarą bezwzględną, czyli różnicą pomiędzy wartością zmiennej w okresie prognozowanym a jej prognozą" (Duda, 2017, s. 214).

Współczynnik Theila I^2 jako miernik całkowitego względnego błędu predykcji (błąd *ex ante*) jest ilorazem sumy kwadratów odchyleń wartości empirycznych od prognoz wygasłych do sumy kwadratów wartości empirycznych (Mróz, 2018, s. 398) i można go obliczyć z wzoru 6:

$$I^2 = \frac{\sum_{t=1}^{n}(y_t - F_t)^2}{\sum_{t=1}^{n} y_t^2}\,, \tag{6}$$

gdzie:
I^2 — miernik całkowitego względnego błędu prognozy (współczynnik Theila);
$(y_t - F_t)^2$ — kwadrat odchylenia (różnicy) pomiędzy wartościami empirycznymi a wartościami prognoz wygasłych;
y_t^2 — kwadrat wartości empirycznych;
n — liczba prognoz wygasłych;
t — numer obserwacji.

Należy dodać, że miernik całkowitego względnego błędu prognozy, czyli współczynnik Theila I^2 można poddać dekompozycji w celu uzyskania danych dotyczących szczegółowych błędów prognozy[13], korzystając wówczas ze wzoru: $I^2 + I_1^2 + I_2^2 + I_3^2$. Natomiast, gdy nie potrzebujemy w swoich badaniach tak dokładnego określenia błędów prognozy, najczęściej posługujemy się jedynie średnim błędem prognozy I, czyli pierwiastkiem kwadratowym ze współczynnika Theila (wzór 7) (Mróz, 2019, s. 398):

$$I = \sqrt{I^2}\,, \tag{7}$$

oraz dodatkowo współczynnikiem zmienności losowej V[14] (wzór 8):

$$V = \frac{s^*}{\bar{y}}\,, \tag{8}$$

$$bo \quad \bar{y} = \frac{\sum y_t}{n}\,,$$

gdzie:
V — współczynnik zmienności losowej;
s^* — pierwiastek błędu średniokwadratowego (błąd średni prognoz wygasłych);
$\bar{y}$ — średnia arytmetyczna wartości empirycznych;
Σy_t — suma wartości empirycznych;
n — liczba obserwacji;
t — numer obserwacji.

„Współczynnik zmienności losowej jest względną miarą zmienności ułatwiającą porównanie dyspersji zjawisk o znacznie różniących się średnich. Wyrażamy go najczęściej w procentach" (Łaniec, 1999, s. 119–120).

Zastosowanie metody Browna do obliczenia predykcji wielkości sprzedaży w firmie Comarch

Realizując obliczenia na podstawie zebranych danych empirycznych (tabela 1), zgodnie z przyjętym algorytmem, na wstępie ustalono (przyjęto) warunki początkowe potrzebne do wykonania pierwszych obliczeń prognoz wygasłych metodą Browna. Dla pierwszego okresu (pierwszej obserwacji $t = 1$) przyjmuje się wartość prognozy wygasłej F_1 równą pierwszej wartości empirycznej y_1 badanego szeregu czasowego[15], dlatego też: $F_1 = y_1$.

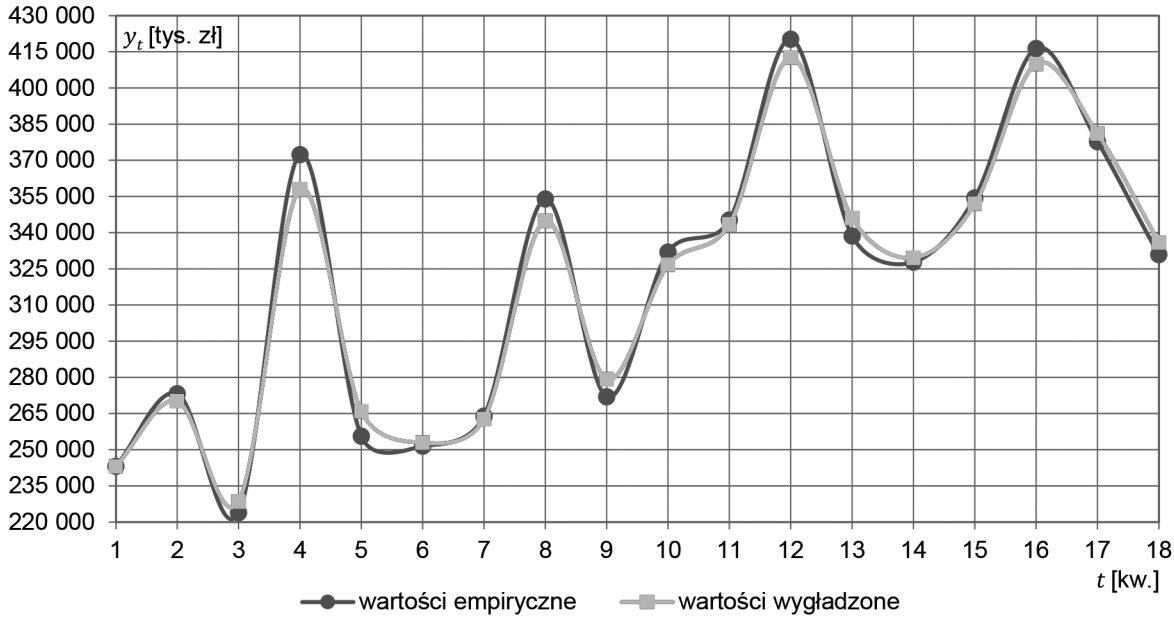
Obliczenia prognoz wygasłych F_t dla kolejnych obserwacji $t = 2, ..., n$ i dla kolejno przyjmowanej stałej wygładzania $\alpha = 0{,}1$, $\alpha = 0{,}2, ..., \alpha = 0{,}9$ wykonano na podstawie wzorów 1 i 2. Wyniki obliczeń zamieszczono w utworzonych tabelach pomocniczych (tabela 3 i 4), w których zamieszczono także, w dodatkowych kolumnach, wyniki obliczeń pomocniczych potrzebnych do obliczenia błędów średniokwadratowych (wzór 4 i 5).

Dokonane obliczenia wartości prognoz wygasłych dla wszystkich parametrów α z przedziału $\alpha \in \langle 0; 1 \rangle$ z przyjętym krokiem 0,1 posłużyły do dokonania wyboru najlepszego wygładzenia analizowanych danych empirycznych y_t (tabela 1). Tabele pomocnicze 3 i 4 zawierają dodatkowo kolumny z potrzebnymi do wykonania pośrednimi obliczeniami, których wyniki wykorzystano we wzorze 5 do obliczania błędów średniokwadratowych (tabela 5), dla stałych wygładzenia $\alpha = 0{,}1 \div 0{,}9$.

Na podstawie dokonanych obliczeń (wzór 5 i tabela 5) błędu średniokwadratowego, a właściwie jego pierwiastka kwadratowego, można przystąpić do sprawdzenia dopasowania uzyskanych wygładzeń szeregu czasowego do danych empirycznych analizowanego szeregu czasowego dla kolejnych rozpatrywanych stałych wygładzania z przedziału $\alpha = \langle 0{,}1; 0{,}9 \rangle$ (tabela 5). W wyniku tej weryfikacji wybrano wygładzenie szeregu czasowego dla stałej wygładzania $\alpha = 0{,}9$, ponieważ błąd średniokwadratowy dla tego parametru jest najmniejszy (tabela 5), a tym samym wygładzenie szeregu czasowego jest najlepsze (rysunek 3).

Rysunek 3 prezentuje wielkości sprzedaży zrealizowane w firmie Comarch w latach 2016–2020, poczynając od pierwszego kwartału 2016 r. (pierwsza obserwacja na osi czasu t), a kończąc na drugim kwartale 2020 r. (osiemnasta obserwacja na osi czasu t). Interpretacja graficzna zawiera wykresy wartości empirycznych (kolor ciemnoszary) i jego wygładzenie metodą Browna (kolor jasnoszary) przy wybranej najlepszej stałej wygładzania $\alpha = 0{,}9$.

Rysunek 3
Wartości empiryczne i wygładzone wielkości sprzedaży w firmie Comarch w poszczególnych kwartałach lat 2016–2020



Źródło: opracowanie na podstawie tabeli 4.

Tabela 3

Wyniki obliczeń prognoz wygastych dla stałych wygładzenia $\alpha = 0,1 \div 0,5$ oraz wyniki obliczeń pomocniczych do wyznaczenia błędów średniokwadratowych

t	y_t	$\alpha = 0,1$			$\alpha = 0,2$			$\alpha = 0,3$			$\alpha = 0,4$			$\alpha = 0,5$		
		F_t	$y_t - F_t$	$(y_t - F_t)^2$	F_t	$y_t - F_t$	$(y_t - F_t)^2$	F_t	$y_t - F_t$	$(y_t - F_t)^2$	F_t	$y_t - F_t$	$(y_t - F_t)^2$	F_t	$y_t - F_t$	$(y_t - F_t)^2$
1	243156	243156	0		243156	0		243156	0		243156	0		243156	0	
2	273269	246167	27102	734502143	249179	24090	580347372	252190	21079	444328457	255201	18068	326445397	258213	15057	226698192
3	223965	243947	–19982	399283121	244136	–20171	406864400	243722	–19757	390356040	242707	–18742	351252069	241089	–17124	293222814
4	372423	256795	115628	13369912317	269793	102630	10532854501	282333	90090	8116279992	294593	77830	6057472787	306756	65667	4312171306
5	255621	256677	–1056	1115763	266959	–11338	128546688	274319	–18698	349619718	279004	–23383	546780552	281188	–25567	653693860
6	251536	256163	–4627	21410675	263874	–12338	152233019	267484	–15948	254344589	268017	–16481	271623477	266362	–14826	219816762
7	263947	256942	7005	49076325	263889	58	3385	266423	–2476	6130720	266389	–2442	5963374	265155	–1208	1458320
8	354006	266648	87358	7631420986	281912	72094	5197507965	292698	61308	3758680624	301436	52570	2763625795	309580	44426	1973642404
9	271989	267182	4807	23106328	279928	–7939	63021443	286485	–14496	210141098	289657	–17668	312161078	290785	–18796	353276547
10	332019	273666	58353	3405097562	290346	41673	1736648626	300145	31874	1015928226	306602	25417	646031593	311402	20617	425067857
11	345311	280830	64481	4157759696	301339	43972	1933544969	313695	31616	999567681	322086	23225	539423429	328356	16955	287458017
12	420300	294777	125523	15755954036	325131	95169	9057114666	345677	74623	5568660516	361371	58929	3472591042	374328	45972	2113405794
13	338688	299168	39520	1561802805	327843	10845	117624861	343580	–4892	23931461	352298	–13610	185231645	356508	–17820	317556081
14	327800	302032	25768	664014859	327834	–34	1156	338846	–11046	122013795	342499	–14699	216054426	342154	–14354	206038798
15	354478	307276	47202	2228013435	333163	21315	454337739	343536	10942	119736340	347290	7188	51660530	348316	6162	37969926
16	416457	318194	98263	9655568722	349822	66635	4440271173	365412	51045	2605590710	374957	41500	1722242996	382387	34070	1160798091
17	377818	324157	53661	2879543503	355421	22397	501629543	369134	8684	75415173	376101	1717	2946542	380102	–2284	5217828
18	330966	324838	6128	37557781	350530	–19564	382747347	357683	–26717	713823006	358047	–27081	733395205	355534	–24568	603592925
			Σ	62575140060		Σ	35685298852		Σ	24774548146		Σ	18204901936		Σ	13191085522

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4

Wyniki obliczeń prognoz wygasłych dla stałych wygładzenia $\alpha = 0{,}6 \div 0{,}9$ oraz wyniki obliczeń pomocniczych do wyznaczenia błędów średniokwadratowych

t	y_t	$\alpha = 0{,}6$			$\alpha = 0{,}7$			$\alpha = 0{,}8$			$\alpha = 0{,}9$		
		F_t	$y_t - F_t$	$(y_t - F_t)^2$	F_t	$y_t - F_t$	$(y_t - F_t)^2$	F_t	$y_t - F_t$	$(y_t - F_t)^2$	F_t	$y_t - F_t$	$(y_t - F_t)^2$
1	243156	243156	0		243156	0		243156	0		243156		0
2	273269	261224	12045	145086843	264235	9034	81611349	267246	6023	36271711	270258	3011	9067928
3	223965	238869	–14904	222114908	236046	–12081	145951286	232621	–8656	74931183	228594	–4629	21430141
4	372423	319001	53422	2853887860	331510	40913	1673881015	344463	27960	781780837	358040	14383	206867036
5	255621	280973	–25352	642728123	278388	–22767	518321386	273389	–17768	315713594	265863	–10242	104896776
6	251536	263311	–11775	138646699	259592	–8056	64891109	255907	–4371	19102723	252969	–1433	2052604
7	263947	263693	254	64753	262640	1307	1707333	262339	1608	2585879	262849	1098	1205233
8	354006	317881	36125	1305043562	326596	27410	751291371	335673	18333	336114045	344890	9116	83095678
9	271989	290346	–18357	336966428	288371	–16382	268376200	284726	–12737	162223968	279279	–7290	53146020
10	332019	315350	16669	277866958	318925	13094	171461806	322560	9459	89466183	326745	5274	27814937
11	345311	333326	11985	143629121	337395	7916	62661517	340761	4550	20703695	343454	1857	3446959
12	420300	385511	34789	1210303375	395429	24871	618590061	404392	15908	253058936	412615	7685	59052460
13	338688	357417	–18729	350776719	355710	–17022	289753889	351829	–13141	172681538	346081	–7393	54652664
14	327800	339647	–11847	140346994	336173	–8373	70107927	332606	–4806	23095396	329628	–1828	3341856
15	354478	348546	5932	35194254	348987	5491	30156415	350104	4374	19135783	351993	2485	6175188
16	416457	389292	27165	737914940	396216	20241	409703980	403186	13271	176111195	410011	6446	41556063
17	377818	382408	–4590	21065934	383337	–5519	30463294	382892	–5074	25742047	381037	–3219	10363635
18	330966	351543	–20577	423400815	346677	–15711	246848306	341351	–10385	107850976	335973	–5007	25071311
			Σ	8985038287		Σ	5435778244		Σ	2616569690		Σ	713236489

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5

Obliczenia pierwiastka błędu średniokwadratowego prognoz wygasłych dla stałych wygładzenia $\alpha = 0{,}1 \div 0{,}9$

Wartość stałej wygładzenia α	**Pierwiastek błędu średniokwadratowego prognoz wygasłych dla stałej wygładzenia α** $s^* = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{t=2}^{n}(y_t - F_t)^2}$
dla $\alpha = 0{,}1$	$s^* = \sqrt{\frac{1}{18-1} \cdot 62575140060} = 60670{,}34$
dla $\alpha = 0{,}2$	$s^* = \sqrt{\frac{1}{18-1} \cdot 35685298852} = 45816{,}32$
dla $\alpha = 0{,}3$	$s^* = \sqrt{\frac{1}{18-1} \cdot 24774548146} = 38174{,}94$
dla $\alpha = 0{,}4$	$s^* = \sqrt{\frac{1}{18-1} \cdot 18204901936} = 32724{,}25$
dla $\alpha = 0{,}5$	$s^* = \sqrt{\frac{1}{18-1} \cdot 13191085522} = 27855{,}81$
dla $\alpha = 0{,}6$	$s^* = \sqrt{\frac{1}{18-1} \cdot 8985038287} = 22989{,}82$
dla $\varpi = 0{,}7$	$s^* = \sqrt{\frac{1}{18-1} \cdot 5435778244} = 17881{,}60$
dla $\varpi = 0{,}8$	$s^* = \sqrt{\frac{1}{18-1} \cdot 2616569690} = 12406{,}28$
dla $\alpha = 0{,}9$	$s^* = \sqrt{\frac{1}{18-1} \cdot 713236489} = 6477{,}27$

Źródło: opracowanie własne na podstawie dokonanych obliczeń w tabelach 3 i 4.

Na podstawie dokonanego wyboru najlepszego wygładzenia szeregu czasowego dla posiadanych danych empirycznych (tabela 1) oraz otrzymanych wyników obliczeń (tabela 4 i 5), utworzono dodatkową tabelę pomocniczą (tabela 6) z prognozami wygasłymi, czyli wartościami wygładzonymi badanego szeregu czasowego dla $\alpha = 0{,}9$, jako podstawową bazę danych do wykonania dalszych obliczeń.

Na podstawie tabeli 6 można było przystąpić do obliczenia predykcji metodą Browna (wzór 3) oraz do obliczenia wielkości błędów, jakimi ta prognoza została obciążona (wzory 6–8).

Obliczenia predykcji metodą Browna dla okresu prognozowanego $T > n$ dokonano na podstawie wzoru 3. Wyznaczono wartości prognoz na kolejne okresy $T = 19$ i $T = 20$, czyli na trzeci i czwarty kwartał 2020 r.:

$$y_T^p = F_n + h \cdot (F_n - F_{n-1}).$$

Prognoza na III kwartał 2020 r. na podstawie obliczonych wartości (tabela 6):

$T = 19,\ n = 18,$

dla $h = T - n = 19 - 18 = 1,$

$y_{19}^p = F_{18} + h \cdot (F_{18} - F_{18-1}),$

$y_{19}^p = 335973 + 1 \cdot (335973 - 381037) = 290909.$

Prognoza na IV kwartał 2020 r. na podstawie obliczonych wartości (tabela 6):

$T = 20, n = 18$

dla $h = T - n = 20 - 18 = 2,$

$y_{20}^p = F_{18} + h \cdot (F_{18} - F_{18-1}),$

$y_{20}^p = 335973 + 2 \cdot (335973 - 381037) = 245845.$

Obliczone prognozy wielkości sprzedaży firmy Comarch na kolejne dwa kwartały, trzeci i czwarty 2020 r., czyli na prognozowane okresy $T = 19$ i $T = 20$,

Tabela 6
Obliczenia pomocnicze dla wybranej stałej wygładzenia $\alpha = 0{,}9$

t	y_t	F_t	$y_t - F_t$	$(y_t - F_t)^2$	y_t^2
1	243156	243156	0	0	59124840336
2	273269	270258	3011	9067928	74675946361
3	223965	228594	–4629	21430141	50160321225
4	372423	358040	14383	206867036	138698890929
5	255621	265863	–10242	104896776	65342095641
6	251536	252969	–1433	2052604	63270359296
7	263947	262849	1098	1205233	69668018809
8	354006	344890	9116	83095678	125320248036
9	271989	279279	–7290	53146020	73978016121
10	332019	326745	5274	27814937	110236616361
11	345311	343454	1857	3446959	119239686721
12	420300	412615	7685	59052460	176652090000
13	338688	346081	–7393	54652664	114709561344
14	327800	329628	–1828	3341856	107452840000
15	354478	351993	2485	6175188	125654652484
16	416457	410011	6446	41556063	173436432849
17	377818	381037	–3219	10363635	142746441124
18	330966	335973	–5007	25071311	109538493156
Σ	5753749	5743436	—	713236489	1899905550793

Źródło: opracowanie na podstawie tabeli 4 i 5.

wyniosły odpowiednio 290 909 i 245 845 tys. zł. Biorąc pod uwagę analizę rachunku ekonomicznego, a w szczególności analizę dotychczasowego wyniku finansowego (rysunek 3, tabela 1) firmy Comarch i obliczoną prognozę należy stwierdzić, że wielkość sprzedaży w kolejnych kwartałach (trzecim i czwartym) 2020 r. będzie malała. Przyczyn takiego stanu rzeczy należy poszukiwać w dogłębnej analizie rachunku ekonomicznego, uwzględniającego przede wszystkim gospodarcze oddziaływanie otoczenia zewnętrznego.

Po dokonaniu obliczeń prognoz na przyjęte okresy badawcze ($T = 19$ i $T = 20$) należy przystąpić do obliczenia błędów predykcji. Do tego celu może posłużyć współczynnik Theila I^2, czyli miernik całkowitego względnego błędu prognozy, który obliczono na podstawie wzoru 6, korzystając z obliczeń pomocniczych zamieszczonych w tabeli 6, oraz średni błąd prognozy I, czyli pierwiastek kwadratowy z współczynnika Theila (wzór 7).

$$I^2 = \frac{\sum_{t=1}^{n}(y_t - F_t)^2}{\sum_{t=1}^{n} y_t^2} = \frac{713236489}{1899905550793} = 0{,}000375406$$

$$I = \sqrt{I^2} = 0{,}01938 \approx 1{,}94\%$$

Średni błąd prognozy wyniósł 0,01938, czyli w zaokrągleniu 1,94%. Jest to bardzo dobry wynik określający mały błąd prognozy obliczonej metodą Browna. Wskazuje, że niezgodności pomiędzy danymi empirycznymi a teoretycznymi zmiennej prognozowanej wynoszą zaledwie 1,94%. Należy podkreślić, iż im mniejsza wartość średniego błędu prognozy[16], tym dokładniejsza prognoza.

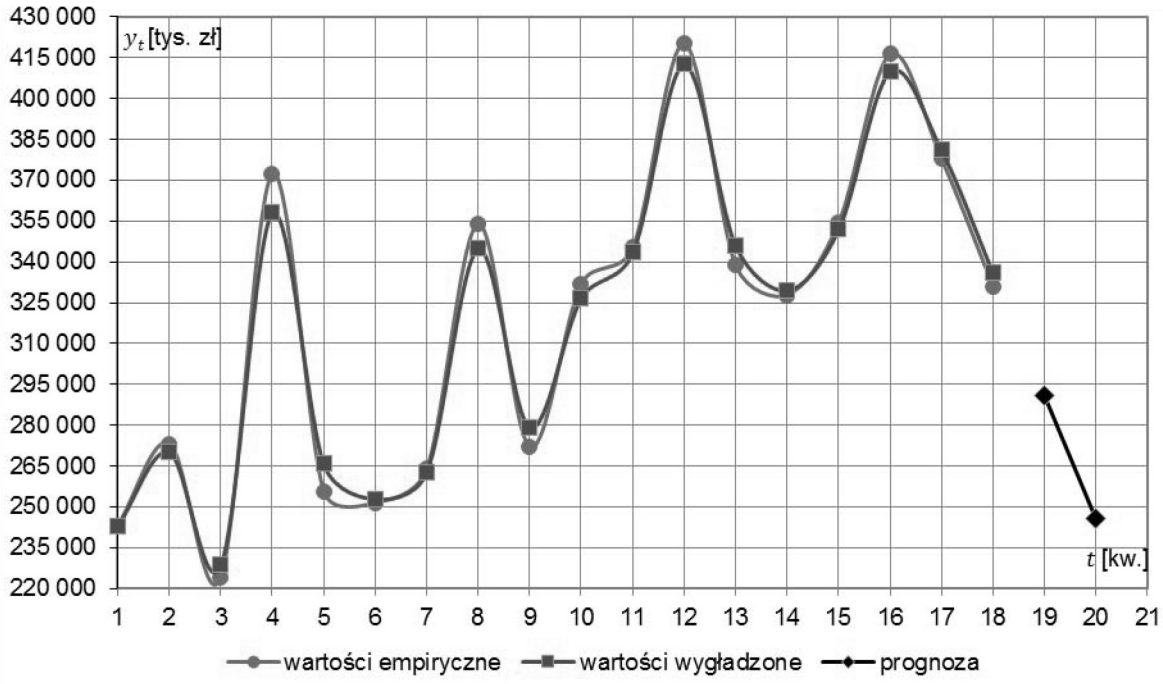
Interpretację graficzną przeprowadzonych badań empirycznych w postaci wykresu prezentuje rysunek 4. Zawiera prognozę na 19. i 20. badany okres, czyli trzeci i czwarty kwartał 2020 r. (punkty koloru czarnego).

Poddając szczegółowej analizie zależności funkcyjne zobrazowane graficznie na wykresie (rysunek 4) można stwierdzić, że odchylenie pomiędzy wartościami empirycznymi a teoretycznymi jest niewielkie, co potwierdza wielkość obliczonego pierwiastka błędu średniokwadratowego oraz poniżej obliczonego (wzór 8) współczynnika zmienności losowej V:

$$V = \frac{s^*}{\bar{y}} = \frac{6477{,}27}{319653} = 0{,}02026 \approx 2{,}03\%,$$

$$bo \qquad \bar{y} = \frac{\sum y_t}{n} = \frac{5753749}{18} = 319653.$$

Rysunek 4
Predykcja wielkości sprzedaży w spółce Comarch na trzeci i czwarty kwartał 2020 r. (okresy $T = 19$ i $T = 20$)



Źródło: opracowanie własne.

Obliczony współczynnik zmienności losowej V pokazuje, że wartość pierwiastka błędu średniokwadratowego stanowi zaledwie 2% średniej wartości zmiennej y_t, czyli średniej wartości wielkości przychodów ze sprzedaży. Rozpiętość błędu tego współczynnika przyjmowana przez badaczy najczęściej mieści się w granicach $0 \div 10\%$. Zatem uzyskany wynik można uznać za niezmiernie zadowalający, bo obliczony błąd jest niewielki.

Ponadto obliczona prognoza na kolejne dwa okresy $T = 19$ i $T = 20$, czyli trzeci i czwarty kwartał 2020 r. wskazuje, że przyrosty wielkości przychodów ze sprzedaży w spółce akcyjnej Comarch nie będą chwilowo rosły z kwartału na kwartał, a wręcz spadną do poziomu z pierwszego kwartału 2016 r.

Podsumowanie

Predykcję metodą Browna wielkości przychodów ze sprzedaży w firmie Comarch opracowano pod względem teoretycznym i empirycznym. Poddane ocenie i analizie wybrane dane empiryczne stanowiły bazę danych wyjściowych do dokonania obliczeń prognoz dla trzeciego i czwartego kwartału 2020 r. Badania teoretyczne, oprócz dokonanej analizy uzyskanych danych empirycznych, obejmowały także krytyczną analizę literatury. Podjęto próbę uporządkowania wiedzy związanej z prognozowaniem metodą Browna. Natomiast przeprowadzone badania empiryczne zaowocowały obliczeniem prognoz na 19. i 20. badany okres analizowanego szeregu czasowego empirycznych danych sprzedażowych firmy Comarch. Otrzymane prognozy wielkości sprzedaży na trzeci i czwarty kwartał 2020 r. wyniosły odpowiednio 290 909 i 245 845 tys. zł.

Cel badań dotyczący obliczenia prognozowanej wielkości sprzedaży zarówno w ujęciu teoretycznym, jak i praktycznym, został osiągnięty — wyznaczono prognozę z zastosowaniem modelu Browna (i określenia jej błędów), wykorzystując jednoparametrowe wyrównywanie wykładnicze badanego szeregu empirycznego.

Postawiony na wstępie artykułu problem badawczy został pomyślnie rozwiązany. Rozwiązaniem tak sformułowanego problemu było sekwencyjne przeprowadzenie obliczeń według przyjętego algorytmu metodą Browna z wykorzystaniem najlepszego dobrania stałej wygładzania, pozwalającego w rezultacie uzyskać jak najmniejszy błąd prognozy.

Hipoteza badawcza dotycząca predykcji wielkości sprzedaży metodą Browna została pozytywnie zweryfikowana poprzez prawidłowy dobór stałej wygładzania na podstawie najmniejszego błędu średniokwadratowego. W celu sprawdzenia jakości uzyska-

nych prognoz obliczono ich błędy przy użyciu współczynnika Theila i współczynnika zmienności losowej. Średni błąd prognozy uzyskany z zastosowaniem współczynnika Theila okazał się niski[17] i wyniósł zaledwie 1,94%. Podobnie błąd określony współczynnikiem zmienności losowej stanowił zaledwie 2%. Uzyskane wartości błędów potwierdzają zatem, że prognoza została obliczona poprawnie.

Według autora przedstawione w artykule teoretyczne rozważania i praktyczne podejście do prognozowania wielkości sprzedaży z zastosowaniem jednoparametrowego modelu Browna jako elementu rachunku ekonomicznego mogłyby stać się uzupełnieniem dotychczasowej wiedzy w tym obszarze. Ponadto mogłyby zainspirować naukowców do podjęcia dalszych badań w zakresie szerszego stosowania prognozowania z wykorzystaniem metod wyrównywania wykładniczego, a w szczególności wykorzystania dwuparametrowego modelu Holta i trzyparametrowego modelu Wintersa.

Przypisy/Notes

[1] Publikacja artykułu została sfinansowana w ramach zadania Upowszechnianie nauki, nr III.1.23 z Planu zadaniowo-finansowego działalności naukowej Akademii Sztuki Wojennej na 2019 r.

[2] http://www.ekonom.xmc.pl/tag/rodzaje-rachunku-ekonomicznego (09.10.2020).

[3] Tamże.

[4] Autor pojęcia „predykcja" używa zamiennie z pojęciem „prognozowanie".

[5] https://www.gpw.pl/spolka?isin=PLCOMAR00012#reportsTab1 (08.10.2020).

[6] System ERP (*Enterprise Resource Planning*) jest zintegrowanym systemem zarządzania spełniającym wymagania przedsiębiorstw w wielu obszarach działalności, między innymi sprzedaży, zaopatrzenia, gospodarki magazynowej, zarządzania kadrami, obsługi remontów, księgowości, controllingu itd. Zob. Wojsa, Auksztol, Chomuszko, 2018, s. 11.

[7] *Droga do globalnej marki*, https://www.youtube.com/watch?v=slg0u__-4lg&feature=youtu.be (09.10.2020).

[8] Bockchain, inaczej łańcuch bloków, „to rozproszona baza danych, która zawiera stale rosnącą ilość informacji (rekordów) pogrupowanych w bloki i powiązanych ze sobą w taki sposób, że każdy następny blok zawiera oznaczenie czasu (*timestamp*), kiedy został stworzony oraz link do poprzedniego bloku, będący zaszyfrowanym »streszczeniem« (*hash*) jego zawartości". Wykorzystujący połączenie internetowe łańcuch bloków najczęściej stosowany jest do księgowania transakcji, płatności lub innych zapisów księgowych (zob. Piech (red.), *Leksykon*...).

[9] *Droga do globalnej marki*..., jw.

[10] Model wykorzystujący wyrównywanie wykładnicze to metoda zaproponowana około 60 lat temu przez R.G. Browna, który wykorzystał tę metodę w USA w celu ustalenia prognoz popytu w gospodarce sterowania zapasami. Patrz: Brown, 1959.

[11] Prognozami wygasłymi w literaturze przedmiotu badań nazywane są wartości wygładzone zmiennej prognozowanej.

[12] Podobnie obliczania predykcji metodą wag harmonicznych dla okresu prognozowanego $T > n$ dokonuje się na podstawie wzoru wykorzystującego w swej budowie średnią arytmetyczną ważoną. Patrz: Mróz, 2019, s. 397.

[13] Dekompozycja współczynnika Theila $I^2 + I_1^2 + I_2^2 + I_3^2$ pozwala na uzyskanie szczegółowych błędów prognozy dotyczących: obciążalności prognozy (niezgodność średnich), niedostatecznej elastyczności (zbyt małe wahania zmiennej prognozowanej) i niezgodności kierunku zmian zmiennej prognozowanej i rzeczywistych obserwacji.

[14] Współczynnik zmienności losowej V, w ogólnym ujęciu ekonometrycznym dla modeli z jedną zmienną t, jest to stosunek odchylenia standardowego składnika resztowego do wartości średniej arytmetycznej zmiennej niezależnej. Patrz: Kukuła (red.), 2004, s. 121.

[15] W ramach warunków początkowych nie zawsze dla pierwszego okresu (pierwszej obserwacji $t = 1$) przyjmuje się wartość prognozy wygasłej (F_1) równą pierwszej wartości empirycznej (y_1) badanego szeregu czasowego. Można dokonywać także innych założeń. Między innymi można przyjąć obliczoną średnią arytmetyczną np. z pierwszych dwóch lub trzech kolejnych wartości danych empirycznych itp. Zależy to głównie od założeń badawczych przyjętych przez samego badacza oraz analizowanego szeregu czasowego badanego zjawiska.

[16] Błędy predykcji mieszczące się w granicach do $0 \div 5\%$, przyjmowane są przez badaczy jako zadowalające do dalszych badań i również do praktycznego wykorzystania, np. w logistycznych procesach decyzyjnych.

[17] Prognoza obarczona takim błędem może być z powodzeniem wykorzystana do celów praktycznych i badawczych.

Bibliografia/References

Literatura/Literature

Brown, R. G. (1959). *Statistical forecasting for inventory control*. New York: McGraw-Hill.

Duda, A. (2017). Prognozowanie w logistyce na przykładzie prognozy metodą średnich ruchomych. *Zeszyty Naukowe Akademii Sztuki Wojennej*, *108*(3).

Gołembska, E. (red.) (2018). *Kompendium wiedzy o logistyce*. Wyd. IV zmienione. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Januszewski, A. (2018). *Funkcjonalność informatycznych systemów zarządzania. Tom 1. Zintegrowane systemy transakcyjne*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Kasprzyk, B., Wojnar, J. (2016). *Podstawowe elementy metodyki prognostycznej*. Rzeszów: Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Kluska, M., Kufel, A. *Prognozowanie przychodów i kosztów*, https://mfiles.pl/pl/index.php/Prognozowanie_przychod%C3%B3w_i_koszt%C3%B3w (09.10.2020).

Kukuła, K. (red.) (2004). *Wprowadzenie do ekonometrii w przykładach i zadaniach*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Łaniec, J. D. (1999). *Elementy statystyki dla pedagogów*. Olsztyn, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.

Mróz, M. (2018). Prognozowanie procesów logistycznych metodą wag harmonicznych. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, (11), 394.

Mróz, M. (2019). Prognoza wielkości przewozu ładunków transportem kolejowym w Polsce metodą wag harmonicznych. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, (10).

Nowak, E. (2009). *Zaawansowana rachunkowość zarządcza*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

Piech, K. (red.). *Leksykon pojęć na temat technologii blockchain i kryptowalut*, https://www.gov.pl/documents/31305/0/leksykon_pojec_na_temat_technologii_blockchain_i_kryptowalut.pdf/77392774-1180-79ab-4dd5-089ffab37602 (13.10.2020).
Wieczerzycki W. (red.) (2013). *E-logistyk@*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
Wojsa, M., Auksztol, J., Chomuszko M. (2018). *SAP Scenariusze księgowe. Moduł SAP-FI*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Strony internetowe/Websites
Droga do globalnej marki, https://www.youtube.com/watch?v=slg0u__-4lg&feature=youtu.be (09.10.2020).
http://www.ekonom.xmc.pl/tag/rodzaje-rachunku-ekonomicznego/ (09.10.2020).
https://www.comarch pl/erp/ (09.10.2020).
Jak to działa? Strategia Comarch, https://www.comarch.pl/files-pl/file_708/comarch-strategy-brochure.pdf (09.10.2020).
Profil firmy Comarch, https://www.comarch.pl/files-–pl/file_708/comarch_profil_firmy.pdf (09.10.2020).
Sprawozdania finansowe firmy Comarch za lata 2016–2020, https://www.gpw.pl/spolka?isin=PLCOMAR00012#reportsTab1 (08.10.2020).

Dr inż. Marek Mróz

Adiunkt w ASzWoj — nauczyciel akademicki. W 1983 r. ukończył studia w Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie oraz studia podyplomowe (pedagogika w 1994 r.) w Akademii Obrony Narodowej w Warszawie. Ukończył także studia doktoranckie (w 1998 r.) w Akademii Obrony Narodowej w Warszawie. Ma wieloletnie doświadczenie i dorobek dydaktyczny wynikający z prowadzonych zajęć w Akademii Obrony Narodowej, Wyższej Szkole Informatyki, Zarządzania i Administracji oraz Akademii Sztuki Wojennej (ASzWoj). Zajęcia prowadził na kierunkach logistyka, bezpieczeństwo narodowe oraz zarządzanie i inżynieria produkcji na studiach I stopnia (licencjackich i inżynierskich) i II stopnia oraz studiach podyplomowych. Promotor kilkudziesięciu licencjatów, inżynierów i magistrów. Jego zainteresowania naukowe to między innymi problematyka logistyki powiązana z obszarami informatycznego wspomagania logistyki poprzez wykorzystanie zintegrowanych systemów informatycznych klasy ERP oraz szeroko rozumianych metod ilościowych.

Dr inż. Marek Mróz

Assistant Professor at the War Studies University — academic teacher. Graduated from the Military University of Technology in Warsaw in 1983 and completed postgraduate studies (pedagogy in 1994) at the National Defence Academy in Warsaw. He also completed doctoral studies (in 1998) at the National Defence Academy in Warsaw. He has many years of experience and didactic achievements resulting from the teaching at the National Defence Academy, College of Computer Science, Management and Administration and War Studies University. He has taught logistics, national security, and production management and engineering at undergraduate and postgraduate levels. He has promoted dozens of bachelor's and master's degree students. His research interests include logistics issues related to the areas of IT support of logistics through the use of integrated ERP information systems and widely understood quantitative methods.

Material Economy and Logistics Journal
www.pwe.com.pl
Gospodarka Materiałowa i Logistyka
www.gmil.pl



ZNAJDZIESZ NAS TU

www.gmil.pl
tel. 795 155 583
ul. Podwale 17
00-252 Warszawa