

ROGOWSKI Andrzej¹

Wpływ horyzontu prognozy i długości szeregu czasowego na jakość predykcji w ruchu drogowym w Polsce

bezpieczeństwo, ruch drogowy, prognoza, trend, model

Streszczenie

W pracy przeanalizowano możliwość wykorzystania modeli trendu do prognozowania liczby wypadków oraz liczby ofiar śmiertelnych i rannych w wypadkach drogowych w Polsce. W szczególności analizowano modele liniowe i logarytmiczne i zależność skuteczności prognozy od długości szeregu czasowego. Analizowano wpływ horyzontu prognozy na jakość prognozy.

INFLUENCE THE FORECAST HORIZON AND THE LENGTH OF TIME SERIES OF THE QUALITY OF THE PREDICTION OF ROAD TRAFFIC IN POLAND

Abstract

This paper analyses the possibility of using trend models for the sake of predicting the number of accidents, fatal and serious casualties in the road accidents in Poland. The research was focused on linear and logarithmic models, as well as on the influence of the length of time series on the effectiveness of prediction. The influence of the forecast horizon on the quality the forecast.

1. WSTĘP

W latach 2005-2008, w ramach prac badawczych [3, 4, 5] prowadzono prace nad możliwością wykorzystania modeli trendu do prognozowania liczby wypadków i liczby ofiar wypadków w ruchu drogowym w Polsce. Przebadano 11 klasycznych modeli trendu [6] uwzględniając pierwotnie szeregi czasowe długości 21, 9 i 8 co uwarunkowane było liczbą dostępnych danych² i „przebiegiem” badanych wielkości (maksymalne wartości przypadają na rok 1997). Analiza wykluczyła możliwość stosowania szeregów czasowych długości 21, trendów wielomianowych stopnia 3 i 4 oraz trendu hiperbolicznego I i log-hyperbolicznego. Do oceny prognoz stosowano pierwotnie klasyczne mierniki ex ante. Okazało się, że ocena ex ante prognoz jest w sposób istotny rozbieżna z oceną ex post, ponadto niektóre modele o zbliżonej ocenie ex ante dawały zdecydowanie rozbieżne prognozy. Skonstruowano (niestandardowe) oceny ex post, które wykorzystano do oceny jakości (skuteczności) prognoz z uwzględnieniem długości szeregu czasowego – oceny kroczące³. W wyniku analiz okazało się, że największą skutecznością⁴ charakteryzowały się trendy liniowe i logarytmiczne⁵. Należy podkreślić, że prognozy symptomatyczne, a do takich należą prognozy sporządzane za pomocą modeli trendu, nie mogą „wyłapywać” gwałtownych, nietypowych zmian prognozowanej zmiennej – co dobitnie zostanie uwidocznione w niniejszym artykule, jednak w wielu przypadkach mogą być użyteczne dając wielokrotnie zaskakująco dobre prognozy. Od chwili sporządzenia pierwszych prognoz (pierwsze prognozy sporządzono na rok 2006) minęło 6 lat, więc dostatecznie długi okres, by można było pokusić się o ocenę słuszności wyciągniętych wniosków oraz dokonać ex post analizy wpływu na jakość zbudowanych prognoz horyzontu prognozy i długości szeregu czasowego dla prognoz kroczących.

2. OCENA WPŁYWU HORYZONTU PROGNOZY NA JEJ JAKOŚĆ

Do analizy wykorzystano sześć modeli trendu – ich ogólne równania (i nazwy) zawiera tabela 1. Tabela 2 zawiera poszczególne prognozy i błąd względny dla każdej prognozy (w procentach, wartość ujemna oznacza, że prognoza była niedoszacowana) oraz wartości liczbowe parametrów modeli⁶. Prawie dla wszystkich modeli prognoza na rok 2006 była bardzo dobra lub dobra (błąd poniżej 5%). W przypadku prognoz na lata następne sytuacja jest bardzo zróżnicowana, jednak daje się wychwycić pewną prawidłowość, związaną (jak się wydaje) ściśle z silnym „zaburzeniem” w roku 2009. Rok ten charakteryzuje się bardzo dużym – niespotykanym wcześniej – spadkiem wartości rzeczywistych wszystkich prognozowanych wielkości. Podobnie, choć nie tak silnie, sytuacja kształtowała się w roku 2010, by w roku 2011 zanotować wzrost (co można by uznać, na podstawie analizy danych z lat poprzednich, za sytuację typową). Należy więc

¹ dr inż., Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29, tel. 48 361-77-85, 48 361-77-40, fax 48 361-77-39; e-mail: a.rogowski@pr.radom.pl.

² Wykorzystywane dane statystyczne pochodzą ze strony internetowej KG Policji.

³ Oprócz liczby wypadków i ofiar wypadków (śmiertelnych i rannych) badano inne wskaźnik np. stosunek liczby ofiar śmiertelnych do liczby wypadków (lub rannych) oraz „kompozycje” klasycznych trendów, np. średnie arytmetyczne lub geometryczne modeli z wykorzystaniem różnych długości szeregów czasowych i różnych modeli trendów, modeli z korektą obciążenia ex post, itp.

⁴ Z uwzględnieniem kryteriów opracowanych w pracach [3, 4, 5].

⁵ Niestety dla różnych dla różnych prognozowanych wielkości i przy różnych długościach szeregów czasowych.

⁶ Ze względu na rozmiar tabelę – jak i tabele 3 i 4 – zamieszczono na końcu artykułu.

uznać, że tak jak w roku 1987 – choć nie nastąpiło odwrócenie trendu – nie zostały zachowane klasyczne postulaty predykcji – w szczególności stabilność kształtowania się zmiennej prognozowanej w czasie. Przyczyny takiej sytuacji są złożone i wymagają oddzielnej analizy – analiza samych tylko szeregów czasowych jest zdecydowanie niewystarczająca. Analizowane modele, ze względu na charakter kształtowania się wartości prognoz, można podzielić na dwie grupy. Do grupy pierwszej należą te modele, dla których prognozy na początkowe okresy są co najmniej dobre, natomiast na końcowe złe lub dyskwalifikujące. Należą do nich: trend logarytmiczny, potęgowy i paraboliczny. Zwróćmy uwagę, że w latach 2007 i 2008 nastąpił lekki wzrost wartości rzeczywistych prognozowanych zmiennych – trendy te „niwelowały” efekt wzrostu, ponadto można uznać, że nie nastąpiła (w tych latach) istotna zmiana, zachwianie stabilności warunków kształtowania zmiennych prognozowanych. Do grupy drugiej należą te modele, dla których – poza pierwszym prognozowanym okresem – prognozy dla okresów początkowych są niezadawalające (nawet dyskwalifikujące), natomiast dla okresów końcowych zadziwiająco dobre. Należą do nich: trend wykładniczy, hiperboliczny II i liniowy. Pewne odstępstwo od tej „zasady” należy zrobić dla trendu liniowego opartego o szereg czasowy 1997-2005, dla którego prognozy na rok 2011 są złe – natomiast bardzo dobre na rok 2010. Dla tych modeli znaczny spadek wartości prognozowanych zmiennych w roku 2009 „skorygował” zaburzenia powstałe w latach 2007, 2008. Zwróćmy uwagę, że rok 1987 i częściowo 1988 był rokiem odwrócenia trendu ze wzrostowego na spadkowy, a trendy te mają charakter monotoniczny (w tym przypadku malejący) więc „nietypowe” odchylenia muszą powodować wzrost błędu predykcji. Zauważmy również, że dla każdego z modeli istnieje taki okres, dla którego błąd predykcji jest bardzo mały (znacznie poniżej 3%) – niestety wiadomo który to okres dopiero ex post. Zauważmy również, że dla każdego okresu istnieje co najmniej jedna prognoza, która jest przeszacowana i jedna prognoza, która jest niedoszacowana – tak więc można by stosować prognozę przedziałową uwzględniając wszystkie modele.

Tab. 1. Równania modeli trendu

Nazwa modelu trendu	Równanie modelu trendu
trend liniowy	$y_t = a_0 + a_1 t$
trend logarytmiczny	$y_t = a_0 + a_1 \ln t$
trend paraboliczny	$y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$
potęgowy	$y_t = e^{a_0 t^{a_1}}$
trend wykładniczy	$y_t = e^{a_0 + a_1 t}$
trend hiperboliczny II	$(y_t = a_0 + a_1 t)^{-1}$

Źródło: opracowano na podstawie [7].

3. OCENA WPŁYWU DŁUGOŚCI SZEREGU CZASOWEGO NA JAKOŚĆ PROGNOZY

W analizie wykorzystano modele trendu liniowego i logarytmicznego, dla których parametry estymowano na podstawie szeregów czasowych o długościach od 3 do 9 (co w efekcie daje po 42 prognozy dla każdego okresu prognozowania). Prognozy były prognozami kroczącymi sporządzanymi tylko na jeden – najbliższy – okres prognozowania. Wybór trendu liniowego i logarytmicznego wynikał z wniosków z analiz wykonanych w pracach [3, 4, 5]. Wyniki prognoz wraz z błędami względnymi (w procentach) zawierają tabela 3 dla trendu liniowego i tabela 4 dla trendu logarytmicznego. Zwróćmy uwagę, że dla trendu logarytmicznego prognozy na rok 2010 są prognozami dyskwalifikującymi bez względu na długość szeregu czasowego na którym są oparte, na rok 2011 są już dopuszczalnymi. Nie dotyczy to prognozy liczby ofiar śmiertelnych opartej na szeregu długości 3. Również dla tej wielkości pozostałe prognozy dla roku 2009 są dyskwalifikujące. Ponieważ dla tej wielkości procentowa zmiana (zmniejszenie) jest dużo większa niż dla liczby rannych i wypadków, należy wnosić, że trend logarytmiczny jest bardzo wrażliwy na istotne (nietypowe) zmiany. Ogólnie wydaje się, że spośród modeli trendu logarytmicznego najlepsze prognozy daje trend oparty na szeregu czasowym długości 4 i 5 oraz 5 i 6 – dla liczby ofiar śmiertelnych⁷.

Dla trendu liniowego sytuacja jest bardziej złożona i zróżnicowana. Nie występuje we wszystkich przypadkach (choć w większości) efekt „roku 2009”. Dla każdego modelu występują zarówno prognozy bardzo dobre (by nie powiedzieć idealne), jak i prognozy dyskwalifikujące. Dla lat 2009 i 2010 wszystkie prognozy są przeszacowane – analogiczna sytuacja wystąpiła dla prognoz logarytmicznych. Z kolei dla roku 2007 wszystkie prognozy są niedoszacowane – analogiczna sytuacja wystąpiła dla prognoz logarytmicznych. W przypadku prognozowania liczby ofiar śmiertelnych i liczby wypadków najkorzystniejszym wydaje się, spośród trendów liniowych, stosowanie modelu opartego na szeregu czasowym długości 6, natomiast dla liczby rannych w wypadkach najkorzystniejszym wydaje się stosowanie modelu opartego na szeregu czasowym długości 9. Modele te wydają się być lepsze niż modele logarytmiczne.

4. WNIOSKI

Porównanie uzyskanych prognoz z wartościami rzeczywistymi nie pozwala na stwierdzenie, że istnieją klasyczne modele trendu, które w sposób zadawalający dokonują prognoz liczby ofiar wypadków i liczby wypadków w ruchu drogowym w każdych warunkach. Zasadniczo można by udzielić takiej odpowiedzi bez wykonywania żmudnych analiz i obliczeń – modele trendu są jednak zbyt proste, by zawsze przewidywały dobrze przyszłe zdarzenia w ruchu drogowym, mającym charakter złożony i dynamiczny. Ponadto nie uwzględniają one zmian otoczenia – przede wszystkim

⁷ Bardziej obiektywne byłoby zastosowanie jednej z metod oceny ex post opracowanej w [3, 4, 5], co nie zostało jednak wykonane.

infrastruktury, środków transportu i zmian prawno-organizacyjnych mających istotne znaczenie dla niespełnienia klasycznych założeń predykcji, tj. stabilność kształtowania się zmiennej prognozowanej w czasie; stabilność rozkładu składnika losowego modelu (z reguły przyjmuje się, że składnik losowy ma rozkład normalny o wartości średniej równej 0); znajomość wartości zmiennych objaśniających modelu w okresie, na który sporządza się prognozę; dopuszczalność ekstrapolacji modelu poza zaobserwowany w próbie (poza szereg czasowy) obszar zmienności zmiennych objaśniających. Tym niemniej, jeśli nie nastąpi niemożliwa do przewidziania (tylko na podstawie samych szeregów czasowych) sytuacja, jak to miało miejsce w roku 1987 i 2009, prognozy liniowe, logarytmiczne i potęgowe są dostatecznie dokładne. Ich stosowanie ma jeszcze jeden istotny aspekt. Jeśli w ocenie ex post okaże się, że prognoza była niedopuszczalna, stanowi to istotną przesłankę do tego, że w samym ruchu drogowym lub/i jego otoczeniu nastąpiła istotna zmiana jakościowa mająca silny na niego wpływ. Natomiast ustalenie jaka to była zmiana nie mieści się w kategoriach prognozowania – przynajmniej klasycznymi metodami trendu w odniesieniu do liczby wypadków i liczby ofiar wypadków.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Rogowski A., *Analiza przydatności klasycznych modeli trendu do prognozowania liczby wypadków, rannych i zabitych w ruchu drogowym w Polsce*, Logistyka nr 3/2007 (Logistyka – nauka, materiały IV Konferencji Naukowo-Technicznej „Logitrans” – Logistyka, Systemy Transportowe, Bezpieczeństwo w Transporcie).
- [2] A. Rogowski, *Prognozowanie bezpieczeństwa w ruchu drogowym w Polsce*, Logistyka nr 3/2009 (Logistyka – nauka, materiały VI Konferencji Naukowo-Technicznej „Logitrans” – Logistyka, Systemy Transportowe, Bezpieczeństwo w Transporcie).
- [3] Rogowski A., *Wykorzystanie analizy szeregów czasowych do budowy modeli i badania bezpieczeństwa systemów*, etap III; Praca badawcza 2186/46/B, Politechnika Radomska, Radom 2006.
- [4] Rogowski A., *Wykorzystanie analizy szeregów czasowych do budowy modeli i badania bezpieczeństwa systemów*, etap IV; Praca badawcza 2186/46/B, Politechnika Radomska, Radom 2007.
- [5] Rogowski A., *Metody matematyczne w analizie bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce*, etap I; Praca badawcza 2598/46/B, Politechnika Radomska, Radom 2008.
- [6] Zeliaś A., Pawełek B., Wanat St.: *Prognozowanie ekonomiczne. Teoria. Przykłady. Zadania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.
- [7] Żurowska J., *Prognozowanie przewozów. Modele. Metody. Przykłady*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2005.

Tab. 2. Porównanie prognozy liczby ofiar śmiertelnych, rannych i wypadków w Polsce w ruchu drogowym na lata 2006-2011 z danymi rzeczywistymi dla różnych modeli trendu konstruowanych w oparciu szeregi czasowe z lat 1997-2005 i 1998-2005 (prognozy „a”)

Rok	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Parametry modeli trendu					
Liczba ofiar śmiertelnych												
wartość rzeczywista	5243	5583	5437	4572	3907	4189	a ₀	a ₁	a ₂			
prognozy/błąd względny	%	%	%	%	%	%						
trend liniowy	4990-5,08	4753-17,47	4516-20,40	4279-6,85	4042 3,34	3805-10,10	7,359583	-0,23698				
trend liniowy-a	5057-3,68	4840-15,35	4623-17,60	4407-3,75	4190 6,75	3973-5,44	7,008214	-0,2168				
trend logarytmiczny	5354 2,07	5265-6,04	5184-4,88	5109 10,52	5040 22,48	4976 15,82	7,500938	-0,9324				
trend logarytmiczny -a	5327 1,58	5242-6,51	5165-5,27	5094 10,25	5030 22,32	4970 15,71	7,105477	-0,80935				
trend paraboliczny	5605 6,45	5736 2,68	5935 8,40	6202 26,28	6535 40,21	6935 39,59	7,974405	-0,57234	0,033536			
trend paraboliczny-a	5727 8,45	5957 6,27	6276 13,37	6684 31,60	7182 45,60	7769 46,08	7,678125	-0,61874	0,044661			
trend potęgowy	5397 2,85	5322-4,91	5254-3,48	5193 11,96	5137 23,94	5085 17,62	2,023315	-0,14659				
trend potęgowy-a	5293 0,94	5228-6,79	5169-5,18	5116 10,63	5067 22,90	5022 16,59	1,964737	-0,12957				
trend wykładniczy	5088-3,04	4901-13,92	4720-15,19	4546-0,57	4378 10,77	4217 0,66	2,002639	-0,03757				
trend wykładniczy-a	4956-5,78	4786-16,65	4622-17,64	4463-2,45	4310 9,34	4161-0,66	1,950312	-0,03496				
trend hiperboliczny II	5163-1,56	5008-11,49	4862-11,83	4724 3,23	4594 14,96	4471 6,32	0,133824	0,005988				
trend hiperboliczny II-a	5192-0,99	5043-10,70	4903-10,89	4771 4,17	4645 15,89	4526 7,45	0,141652	0,005663				
Liczba rannych												
wartość rzeczywista	59123	63224	62097	56046	48952	49501						
prognozy/błąd względny	%	%	%	%	%	%						
trend liniowy	57932-2,06	55602-13,71	53271-16,57	50941-10,02	48611-0,70	46281-6,96	81,23525	-2,33032				
trend liniowy-a	59452 0,55	57578-9,81	55704-11,48	53830-4,12	51956 5,78	50081 1,16	76,32029	-1,8742				
trend logarytmiczny	61379 3,68	60490-4,52	59679-4,05	58933 4,90	58242 15,95	57599 14,06	82,84329	-9,32185				
trend logarytmiczny -a	62091 4,78	61390-2,99	60756-2,21	60178 6,87	59645 17,93	59153 16,32	76,70043	-6,64923				
trend paraboliczny	62881 5,98	63521 0,47	64700 4,02	66419 15,62	68678 28,72	71477 30,75	86,1846	-5,02996	0,269964			
trend paraboliczny-a	61175 3,35	60449-4,59	59953-3,58	59687 6,10	59650 17,93	59843 17,28	78,04287	-2,90776	0,114839			
trend potęgowy	61826 4,37	61068-3,53	60384-2,84	59761 6,22	59190 17,30	58664 15,62	4,42244	-0,12947				
trend potęgowy-a	61669 4,13	61109-3,46	60601-2,47	60138 6,80	59712 18,02	59318 16,55	4,342555	-0,09588				
trend wykładniczy	58799-0,55	56899-11,12	55062-12,78	53283-5,19	51562 5,06	49897 0,79	4,402436	-0,03283				
trend wykładniczy-a	58268-1,47	56696-11,51	55166-12,56	53678-4,41	52230 6,28	50821 2,60	4,338526	-0,02735				
trend hiperboliczny II	59459 0,57	57858-9,27	56341-10,22	54902-2,08	53534 8,56	52232 5,23	0,012165	0,000465				
trend hiperboliczny II-a	60233 1,84	58814-7,50	57461-8,07	56168 0,22	54932 10,89	53750 7,90	0,012997	0,000401				
Liczba wypadków												
wartość rzeczywista	46876	49536	49054	44196	38832	40065						
prognozy/błąd względny	%	%	%	%	%	%						
trend liniowy	45580-2,84	43624-13,55	41669-17,72	39713-11,29	37758-2,84	35803-11,91	65,13475	-1,95548				
trend liniowy-a	46797-0,17	45206-9,58	43616-12,47	42025-5,17	40435 3,96	38844-3,14	61,11089	-1,59048				
trend logarytmiczny	48522 3,39	47782-3,67	47106-4,14	46484 4,92	45909 15,41	45373 11,70	66,40418	-7,76621				
trend logarytmiczny -a	49102 4,53	48515-2,10	47984-2,23	47500 6,96	47054 17,47	46642 14,10	61,33287	-5,56673				
trend paraboliczny	49334 4,98	49632 0,19	50338 2,55	51455 14,11	52981 26,71	54916 27,04	68,88921	-4,00337	0,204789			
trend paraboliczny-a	47866 2,07	46988-5,42	46253-6,06	45660 3,21	45210 14,11	44903 10,77	62,18	-2,23194	0,071274			
trend potęgowy	48898 4,14	48270-2,62	47703-2,83	47187 6,34	46715 16,87	46280 13,43	4,202293	-0,13574				
trend potęgowy-a	48741 3,83	48273-2,62	47849-2,52	47462 6,88	47107 17,57	46779 14,35	4,119906	-0,10136				
trend wykładniczy	46324-1,19	44744-10,71	43217-13,51	41743-5,88	40319 3,69	38944-2,88	4,182761	-0,03471				
trend wykładniczy-a	45804-2,34	44481-11,36	43197-13,56	41949-5,36	40738 4,68	39561-1,27	4,117426	-0,02931				
trend hiperboliczny II	46885 0,02	45560-8,73	44308-10,71	43123-2,49	42000 7,54	40933 2,12	0,015127	0,00062				
trend hiperboliczny II-a	47464 1,24	46273-7,05	45141-8,67	44063-0,30	43035 9,77	42054 4,73	0,01619	0,000542				

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KG Policji.

Tab. 3. Porównanie prognozy liczby ofiar śmiertelnych, rannych i wypadków w Polsce w ruchu drogowym na lata 2006-2011 z danymi rzeczywistymi dla liniowych modeli trendu konstruowanych w oparciu szeregi czasowe długości od 9 do 3 – prognozy kroczące

Trend liniowy szereg długości 9 prognoza krocząca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	4990	-5,08	59123	57932	-2,06	46876	45580	-2,84
2007	5583	4923	-13,41	63224	57432	-10,09	49536	45241	-9,49
2008	5437	6294	13,62	62097	63900	2,82	49054	53799	8,82
2009	4572	4977	8,13	56046	56908	1,51	44196	44763	1,27
2010	3907	4322	9,59	48952	52340	6,47	38832	41188	5,72
2011	4189	4017	-4,29	49501	49407	-0,19	40065	39335	-1,86
Trend liniowy szereg długości 8 prognoza krocząca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5057	-3,68	59123	59452	0,55	46876	46797	-0,17
2007	5583	5036	-10,86	63224	58526	-8,03	49536	45984	-7,72
2008	5437	5257	-3,42	62097	58371	-6,38	49054	45763	-7,19
2009	4572	5534	17,38	56046	51069	-9,75	44196	67498	34,52
2010	3907	4876	19,87	48952	57098	14,27	38832	44818	13,36
2011	4189	4254	1,53	49501	52351	5,44	40065	41205	2,77
Trend liniowy szereg długości 7 prognoza krocząca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5181	-1,20	59123	60787	2,74	46876	47683	1,69
2007	5583	5178	-7,82	63224	57402	-10,14	49536	45223	-9,54
2008	5437	5395	-0,78	62097	59060	-5,14	49054	46412	-5,69
2009	4572	5305	13,81	56046	59800	6,28	44196	46926	5,82
2010	3907	4859	19,60	48952	57655	15,09	38832	45238	14,16
2011	4189	4133	-1,35	49501	51550	3,98	40065	40760	1,71
Trend liniowy szereg długości 6 prognoza krocząca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5352	2,03	59123	59537	0,70	46876	46807	-0,15
2007	5583	5352	-4,33	63224	59537	-6,19	49536	46807	-5,83
2008	5437	5307	-2,45	62097	59349	-4,63	49054	46467	-5,57
2009	4572	5350	14,53	56046	60827	7,86	44196	47691	7,33
2010	3907	4794	18,50	48952	57431	14,76	38832	45254	14,19
2011	4189	4047	-3,52	49501	57431	13,81	40065	40613	1,35

Trend liniowy szereg długości 5 prognoza koczująca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5543	5,41	59123	60036	1,52	46876	47355	1,01
2007	5583	5164	-8,11	63224	57437	-10,08	49536	45233	-9,51
2008	5437	5350	-1,64	62097	60353	-2,89	49054	47149	-4,04
2009	4572	5361	14,71	56046	61131	8,32	44196	48149	8,21
2010	3907	4791	18,45	48952	58141	15,81	38832	45863	15,33
2011	4189	3844	-8,99	49501	49632	0,26	40065	39270	-2,02
Trend liniowy szereg długości 4 prognoza koczująca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5387	2,66	59123	59773	1,09	46876	46855	-0,04
2007	5583	5145	-8,51	63224	57769	-9,44	49536	45387	-9,14
2008	5437	5349	-1,65	62097	60455	-2,72	49054	47440	-3,40
2009	4572	5507	16,97	56046	63114	11,20	44196	49772	11,20
2010	3907	4669	16,32	48952	57533	14,91	38832	45285	14,25
2011	4189	3402	-23,15	49501	45363	-9,12	40065	36162	-10,79
Trend liniowy szereg długości 3 prognoza koczująca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5403	2,96	59123	60542	2,34	46876	47104	0,48
2007	5583	4997	-11,72	63224	56120	-12,66	49536	44489	-11,35
2008	5437	5562	2,25	62097	63212	1,76	49054	49607	1,11
2009	4572	5615	18,58	56046	64455	13,05	44196	50667	12,77
2010	3907	4186	6,67	48952	53278	8,12	38832	42255	8,10
2011	4189	3109	-34,75	49501	42553	-16,33	40065	33805	-18,52

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KG Policji.

Tab. 4. Porównanie prognozy liczby ofiar śmiertelnych, rannych i wypadków w Polsce w ruchu drogowym na lata 2006-2011 z danymi rzeczywistymi dla logarytmicznych modeli trendu konstruowanych w oparciu szeregi czasowe długości od 9 do 3 – prognozy kroczące

Trend logarytmiczny szereg długości 9 prognoza krocząca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5354	2,07	59123	61379	3,68	46876	48522	3,39
2007	5583	5219	-6,98	63224	60571	-4,38	49536	47901	-3,41
2008	5437	5272	-3,13	62097	61400	-1,14	49054	48260	-1,65
2009	4572	5342	14,42	56046	60254	6,98	44196	47420	6,80
2010	3907	5196	24,81	48952	58914	16,91	38832	46452	16,40
2011	4189	4725	11,35	49501	55619	11,00	40065	43813	8,56
Trend logarytmiczny szereg długości 8 prognoza krocząca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5327	1,58	59123	62091	4,78	46876	49102	4,53
2007	5583	5247	-6,41	63224	61402	-2,97	49536	48395	-2,36
2008	5437	5357	-1,49	62097	60321	-2,95	49054	47459	-3,36
2009	4572	5451	16,13	56046	60541	7,42	44196	47751	7,44
2010	3907	5093	23,29	48952	58740	16,66	38832	46208	15,96
2011	4189	4662	10,16	49501	55538	10,87	40065	43704	8,33
Trend logarytmiczny szereg długości 7 prognoza krocząca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5354	2,07	59123	63123	6,34	46876	49720	5,72
2007	5583	5323	-4,89	63224	60016	-5,35	49536	47367	-4,58
2008	5437	5476	0,72	62097	60515	-2,61	49054	47721	-2,79
2009	4572	5370	14,86	56046	60497	7,36	44196	47592	7,14
2010	3907	5070	22,94	48952	59045	17,09	38832	46377	16,27
2011	4189	4546	7,86	49501	54690	9,49	40065	43183	7,22
Trend logarytmiczny szereg długości 6 prognoza krocząca									
Rok	zabici			ranni			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5443	3,67	59123	61653	4,10	46876	48611	3,57
2007	5583	5445	-2,54	63224	59974	-5,42	49536	47483	-4,32
2008	5437	5379	-1,07	62097	60307	-2,97	49054	47401	-3,49
2009	4572	5388	15,15	56046	61091	8,26	44196	47963	7,85
2010	3907	4998	21,82	48952	58607	16,47	38832	46178	15,91
2011	4189	4475	6,40	49501	54552	9,26	40065	43131	7,11

Trend logarytmiczny szereg długości 5 prognoza krocząca

Rok	zabici			rani			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5608	6,51	59123	61731	4,22	46876	48832	4,01
2007	5583	5309	-5,16	63224	59343	-6,54	49536	46835	-5,77
2008	5437	5393	-0,81	62097	60833	-2,08	49054	47666	-2,91
2009	4572	5365	14,78	56046	60948	8,04	44196	48009	7,94
2010	3907	4998	21,83	48952	59235	17,36	38832	46721	16,89
2011	4189	4318	2,98	49501	53440	7,37	40065	42193	5,04

Trend logarytmiczny szereg długości 4 prognoza krocząca

Rok	zabici			rani			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5473	4,21	59123	61133	3,29	46876	48143	2,63
2007	5583	5283	-5,68	63224	59417	-6,41	49536	46732	-6,00
2008	5437	5351	-1,60	62097	60409	-2,79	49054	47481	-3,31
2009	4572	5471	16,43	56046	62434	10,23	44196	49237	10,24
2010	3907	4929	20,73	48952	59121	17,20	38832	46519	16,52
2011	4189	3909	-7,15	49501	49677	0,35	40065	39460	-1,53

Trend logarytmiczny szereg długości 3 prognoza krocząca

Rok	zabici			rani			wypadki		
	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]	wartość rzeczywista	prognoza	błąd względny [%]
2006	5243	5482	4,36	59123	61608	4,03	46876	48173	2,69
2007	5583	5133	-8,77	63224	57684	-9,60	49536	45631	-8,56
2008	5437	5488	0,93	62097	62229	0,21	49054	48941	-0,23
2009	4572	5587	18,17	56046	63890	12,28	44196	50211	11,98
2010	3907	4532	13,78	48952	55717	12,14	38832	44114	11,97
2011	4189	3552	-17,93	49501	46532	-6,38	40065	36881	-8,63

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KG Policji.