

Mieczysław PAWLISIAK

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Logistyki

MODEL MARKOWA OCENY UŻYTKOWANIA ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH W PRZEDSIĘBIORSTWIE DYSTRYBUCYJNYM

STRESZCZENIE

W przedsiębiorstwach dystrybucyjnych szczególnie istotna jest właściwa organizacja procesów przewozowych i minimalizacja niepotrzebnych przebiegów. Wymagany jest także wysoki poziom gotowości środków transportowych, gwarantujący realizację każdego zlecenia. Pozwala go osiągnąć racjonalne zarządzanie flotą pojazdów, przestrzeganie terminów przeglądów serwisowych oraz równomierne obciążenie zadaniami.

Na eksploatację środków transportowych wpływa także sposób zarządzania przedsiębiorstwem i podejmowane na poziomie strategicznym decyzje. W artykule pokazano, jak dokonywane przez zarząd wybory dotyczące partnerów handlowych (producentów) wpływały na stopień i zasadność wykorzystania posiadanego taboru. W tym celu porównano dwa różne etapy działalności. Do badania zastosowano procesy Markowa.

Słowa kluczowe:

modele Markowa, eksploatacja pojazdów, zarządzanie flotą, zużycie pojazdów

WSTĘP

Właściwe zaplanowane działania są gwarancją powodzenia we wszystkich obszarach funkcjonowania firmy. W przedsiębiorstwach nieustannie podejmowane są decyzje, które obejmują wiele sprzecznych interesów. Z jednej strony ważna jest minimalizacja kosztów, a z drugiej podnoszenie jakości zarówno oferowanych produktów jak i usług. Zachowanie właściwej równowagi pomiędzy tymi parametrami jest gwarancją powodzenia na rynku i wymaga między innymi wyboru właściwych partnerów biznesowych. Miarą sukcesu są uzyskane wyniki w odniesieniu do poniesionych kosztów. Mogą one jednak nie

w pełni diagnozować istniejące w firmie problemy. Dlatego w artykule zaprezentowano metodę, pokazującą, jak decyzje dotyczące wyboru producenta wpłynęły na celowość wykorzystywania posiadanych pojazdów.

Badanie dotyczyło firmy zajmującej się dystrybucją części zamiennych do warsztatów mechanicznych. Posiada ona w swojej ofercie szeroką gamę asortymentu do samochodów, osobowych i dostawczych, a także motocykli i skuterów, w tym wyposażenie akcesoryjne, płyny i materiały eksploatacyjne, a także narzędzia i sprzęt warsztatowy. Badaniu poddano jeden z oddziałów firmy zajmujący się bezpośrednim dostarczaniem zamówień do warsztatów samochodowych, zlokalizowanych w przyporządkowanym rejonie odpowiedzialności. Dystrybucja jest realizowana własnymi pojazdami.

Po początkowych sukcesach, w firmie drastycznie zaczęła rosnąć liczba zgłaszanych reklamacji. Zdobyte grono klientów zaczęło się zmniejszać, niezadowolone tych, którzy jeszcze pozostali narastać, a zyski spadać. Przyczyną takiego stanu była przyjęta przez firmę strategia. Na początku działalności zarząd zdecydował o podjęciu współpracy z producentami/ dostawcami części, którzy oferowali najniższe ceny. Perspektywa długiego partnerstwa i duże zamówienia pozwoliły dodatkowo na wynegocjowanie korzystnych rabatów, co pozwoliło zaoferować klientom bardzo korzystne ceny. Oczywiście w katalogu ofertowym, oprócz taniego asortymentu, znajdowały się również pozycje droższe, jednak to najczęściej kryterium ceny decyduje o wyborze konsumenta. Tak też było w tym przypadku. Ponadto niskie ceny według kampanii reklamowej przedsiębiorstwa nie wynikały z ich niższej jakości, ale były elementem promocji wchodzącej na rynek firmy. W krótkim czasie pozyskała ona znaczne grono klientów, szczególnie wśród warsztatów mechanicznych, do których przede wszystkim kierowała swą ofertę, zapewniając dodatkowo płatności z odroczeniem ich terminu, czy specjalne programy lojalnościowe, umożliwiające zbieranie punktów za zakupy i przeznaczanie ich na otrzymywane w zamian za określoną pulę wyposażenie warsztatu.

Osiągnięty pierwotnie sukces niestety w szybkim czasie okazał się złudny, gdyż niskiej jakości części ulegały awariom i powodowały wiele zwrotów reklamacyjnych. Wskutek tego, nie tylko firma zaczęła tracić klientów i zyski, ale również stanęła w obliczu konieczności przeprowadzania licznych postępowań reklamacyjnych. Wiele z nich wymagało skomplikowanych procedur z włączeniem rzeczoznawcy, gdyż awaria reklamowanego elementu następowała zazwyczaj dopiero po jego montażu i powodowała dodatkowe koszty związane z uszkodzeniem współpracujących w układzie części, a także roszczenia o zwrot kosztów pracy. Dlatego zarząd szybko podjął decyzję o zmianie głównego dostawcy, wybierając producenta droższego, jednak gwarantującego wyższą jakość asortymentu. Stopniowo udało się odbudować relacje z klientami i utrzymać na rynku. Napięta sytuacja, problemy z wadliwym sprzętem i zatargi z klientami sprawiły, że podczas liczenia strat nie uwzględniono do-

datkowej, nieplanowanej eksploatacji środków transportowych. Po zmianach trafny dobór producentów części zamiennych skutkowało mniejszą liczbą reklamacji, ale przełożył się także na stopień i sposób wykorzystania pojazdów w przedsiębiorstwie. Przestały być generowane przebiegi, których można było uniknąć. Przyczyniały się one nie tylko do wzrostu kosztów procesu, ale zwiększały stopień zużycia środków transportowych niepotrzebnie obniżając ich sprawność i skuteczność.

W badaniu dokonano porównania realizowanych przez pojazdy czynności w dwóch okresach funkcjonowania firmy. W tym celu wykorzystano modele Markowa zarówno w czasie dyskretnym jak i fizycznym ciągłym. Dokonano również analizy ewolucji procesu w czasie, obliczając prawdopodobieństwa graniczne. Otrzymane modele nie tylko pozwoliły na opis analizowanego systemu i predykcję wybranych wskaźników logistycznych, ale również wskazały kierunki możliwych usprawnień.

Ponadto w badaniu zwrócono uwagę na problem dotyczący wiele przedsiębiorstw które, skupione na swojej głównej działalności, procesy towarzyszące traktują pobieżnie lub nie analizują ich w ogóle, nie dostrzegając ukrytego w nich potencjału. Przegląd literatury w tym zakresie wskazuje, że sytuacja taka ma miejsce właściwie we wszystkich rodzajach przedsiębiorstw, nie tylko prywatnych, również państwowych i zazwyczaj dotyczy właśnie oceny użytkowania środków transportowych. Odnalezione w literaturze badania dotyczyły między innymi oceny procesów eksploatacji obiektów technicznych, w tym na przykład samochodów straży pożarnej [4], pojazdów [5] i statków powietrznych [7] wykorzystywanych w wojsku. Dotyczyły również elementów funkcjonowania logistyki w przedsiębiorstwie [6, 10], a także transportu z uwzględnieniem czynników które warunkują płynność przepływów jak np. kongestia [19], elementy związane z bezpieczeństwem ruchu drogowego [21, 23] zastosowaniem tematyki [24], a nawet gospodarki odpadami [18]. W każdym zatem systemie istnieją obszary, które nie są poddawane badaniu, pomimo tego, że otrzymane wyniki mogłyby w znaczący sposób wpłynąć na poprawę ich funkcjonowania [22].

MODEL MARKOWA W CZASIE DYSKRETNYM

Procesy Markowa to taka grupa procesów stochastycznych $\{X_t\}_t$, które spełniają własność Markowa, czyli założenie o braku historii [10, 12]. Dla każdego momentu t_0 prawdopodobieństwo zmiany na dowolne położenie systemu dla $t > t_0$ zależy jedynie od jego położenia w chwili $t = t_0$, a nie zależy od tego, w jaki sposób proces ten przebiegał w przeszłości. Zatem proces losowy $\{X(t_0 + \tau), t \in T\}$ nazywa się procesem Markowa, gdy dla dowolnego skończo-

nego ciągu chwil $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ ($t_1, t_2, \dots, t_n \in T$) i dowolnych liczb rzeczywistych (x_1, x_2, \dots, x_n) zachodzi równość (1):

$$P[X(t_n) < t_n | X(t_{n-1}) = x_{n-1}, X(t_{n-2}) = x_{n-2}, \dots, X(t_1) = x_1] = P[X(t_n) < t_n | X(t_{n-1}) = x_{n-1}] \quad (1)$$

która oznacza, że warunkowy rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej $X(t_n)$ w chwili t_n zależy wyłącznie od rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej $X(t_{n-1})$ w chwili t_{n-1} , a nie zależy od rozkładów prawdopodobieństw zmiennej losowej, jakie proces przyjmował w chwilach t_1, t_2, \dots, t_{n-2} .

Budowę modelu Markowa rozpoczęto od wyodrębnienia możliwych stanów eksploatacyjnych, w których przebywają pojazdy realizujące dostawy. Wyróżniono ich minimalną liczbę - 3 rozłączne stany pozwalające analizować proces dostaw przed i po wprowadzeniu zmian. Jest to model w zupełności wystarczający do takiej analizy. Zgodnie z zasadą estymacji należy dążyć do najprostszej postaci modelu, bez niepotrzebnego komplikowania jego struktury, jeżeli jego postać zaspokaja potrzeby badacza. W związku z powyższym zaproponowano następujące stany:

- S1 - wykonywanie wynikającej z zamówienia dostawy;
- S2 - czynności manipulacyjne;
- S3 - wyjazdy reklamacyjne.

Funkcje eksploatacyjne obiektu i systemu realizowane w poszczególnych stanach są następujące:

- S1 - dotyczy procesu dostarczania zamówienia klientowi zamówienia. Stan ten obejmuje jazdę samochodem z siedziby firmy do miejsca dostarczenia towaru.
- S2 - czynności manipulacyjne, które obejmują załadunek i rozładunek towaru, a także sporządzanie niezbędnej dokumentacji, wydanie towaru i rozliczenie transakcji.
- S3 - dotyczy dodatkowych, nieplanowych przejazdów, które wynikają ze zgłoszonych przez klientów reklamacji. Taki proces obejmuje odebranie wadliwej części i sporządzenie pełnej dokumentacji dotyczącej zdarzenia. Ponieważ często usterka ujawnia się dopiero podczas użytkowania pojazdu, konieczne jest także uwzględnienie wszystkich szkód jakie w jej wyniku powstały. Wszystko dokumentowane jest także za pomocą zdjęć, niejednokrotnie pojawia się też konieczność wezwania rzeczoznawcy.

Zgodnie z polityką firmy wyjazdy reklamacyjne odbywają się w trybie pilnym, na żądanie klienta, lub w innym, ustalonym przez niego terminie. W przypadku, kiedy wszystkie pojazdy są akurat w trasie, reklamacje rozpa-

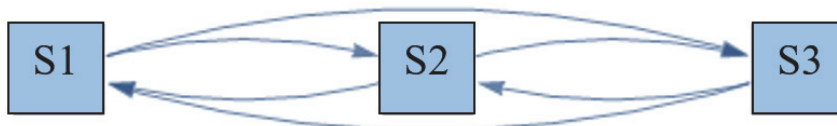
trywane są po powrocie do bazy, czasem jako ostatnia trasa na zakończenie dnia pracy, również jako dodatkowy kurs. Jeżeli reklamacja nie jest skomplikowana i nie wymaga dodatkowych czynności, w pełni wystarczający jest podstawowy formularz reklamacyjny, wówczas cała procedura nie zajmuje dużo czasu i może mieć miejsce podczas standardowego dostarczania towarów i nie skutkuje dodatkowym kursem. Najczęściej jednak takim sytuacjom towarzyszy wiele emocji, co znacznie wydłuża procedury. Po pierwsze ze strony niezadowolonego klienta, którego okoliczności zmusiły do nieplanowej i przedwczesnej wizyty na warsztacie, po drugie oczywiście mechanika, który świadczył usługę. Znaczna liczba reklamacji w pierwszym okresie powodowała, że kolejne awarie mocno nadwyrężały cierpliwość klientów, pomimo ich pierwotnego zadowolenia z oferowanych cen.

Pierwszym etapem opisu procesu z wykorzystaniem modeli Markowa jest budowa macierzy dozwolonych przejść między stanami. Nieskomplikowany i dość ogólny, jednak w pełni wystarczający do zbadania założonych hipotez model spowodował, że wszystkie relacje międzystanowe są możliwe, co przedstawiono w za pomocą macierzy przejść (tab. 1) oraz w postaci grafu (rys. 1).

Tabela 1. Macierz przejść między stanami.

Stany S_j	S1	S2	S3
S1	0	1	1
S2	1	0	1
S3	1	1	0

źródło: opracowanie własne

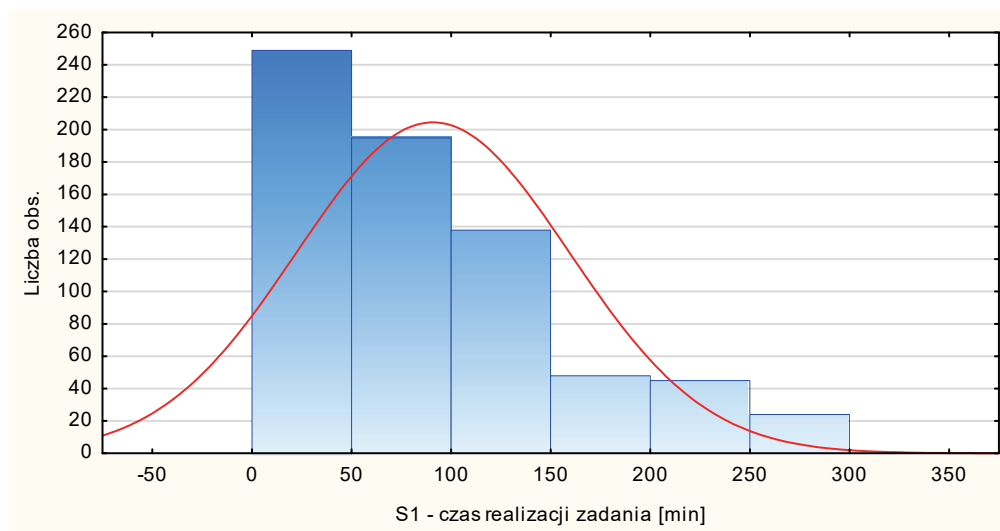


Rys. 1. Graf przejść między stanami

źródło: opracowanie własne

Po zdefiniowaniu możliwych stanów eksploatacyjnych i istniejących między nimi relacji konieczne było zbadanie wspomnianej wcześniej własności

Markowa, czyli tzw. braku pamięci, oznaczającego, że prawdopodobieństwo każdego zdarzenia zależy jedynie od wyniku poprzedniego, a nie zależy od wcześniejszej historii procesu [6, 16]. W tym celu wykorzystano test Kruskala-Wallisa badający niezależność danego stanu od stanu poprzedzającego oraz od czasu jego trwania. Otrzymany wynik potwierdził tę niezależność, dlatego w kolejnym etapie dokonano badania postaci rozkładów średnich czasów trwania wyodrębnionych stanów. Rozkłady te okazały się wykładnicze, co uwierzytelniło możliwość wykorzystania procesów Markowa. Przykładowy histogram, dla czasu trwania stanu S1, przedstawiono na Rys. 2.



Rys. 2. Histogram czasu trwania stanu S1

źródło: opracowanie własne

Procesy Markowa z czasem dyskretnym nazywa się łańcuchami Markowa. Ich matematyczny opis stanowi macierz stochastyczna P której elementy p_{ij} są prawdopodobieństwami przejść ze stanu $X_n = i$ do stanu $X_{n+1} = j$ [2, 10, 12]. Dlatego w następnym etapie badania dokonano przetworzenia bazy danych zawierającej trajektorie fazowe obiektów do postaci wartości estymatorów elementów p_{ij} macierzy prawdopodobieństw przejść P . Wartościami tych estymatorów z próby są częstości w_{ij} przejść ze stanu S_i do stanu S_j [29]. Są one niezbędne do opracowania modelu łańcucha Markowa dla badanego procesu. W ten sposób otrzymano macierz prawdopodobieństw przejść dla dwóch badanych okresów procesu eksploatacji – przed wprowadzonymi zmianami (etap 1) i po ich wprowadzeniu (etap 2). Otrzymane wartości estymatorów obu etapów przedstawiają odpowiednio Tab. 2. oraz Tab. 3.

Tabela 2. Wartości elementów p_{ij} macierzy P pierwszego etapu badania.

p_{ij}	S1	S2	S3
S1	0	0,888	0,112
S2	0,882	0	0,118
S3	0,750	0,250	0

źródło: opracowanie własne

Tabela 3. Wartości elementów p_{ij} macierzy P drugiego etapu badania.

p_{ij}	S1	S2	S3
S1	0	0,936	0,064
S2	0,958	0	0,0418
S3	0,2	0,8	0

źródło: opracowanie własne

W dalszej kolejności dokonano porównania ze sobą dwóch okresów. Zbadano, jak zmieniły się poszczególne estymatory prawdopodobieństw przejść, wyznaczając procentową różnicę między okresem przed wprowadzeniem zmian, kiedy sprzedaż głównie opierała się na słabej jakości asortymencie i po nim, kiedy dokonano zmiany dostawców. Otrzymane wyniki przedstawia Tab. 4.

Tabela 4. Stosunek wartości prawdopodobieństw przejść dwóch etapów procesu.

%	S1	S2	S3
S1		5,38	-42,73
S2	8,69		-64,71
S3	-73,33	220	

źródło: opracowanie własne

Otrzymane wartości dotyczą częstości zmian międzystanowych, zachodzących w systemie przed i po wprowadzeniu modyfikacji. Przede wszystkim warto zwrócić uwagę na zdecydowany spadek relacji między stanem S1 (realizacja zdania) a stanem S3 – obsługa reklamacji, wynoszący aż 43%. Jeszcze bardziej zmniejszyły się przejścia do stanu S3 ze stanu S2, oznaczającego czynności manipulacyjne, aż o 65%. Oznacza to że pojazdy wykonywały w drugim etapie zdecydowanie więcej zadań związanych z działalnością firmy, jedynie sporadycznie wykonując przewozy reklamacyjne. Liczba wejść ze stanu S3 do

stanu S1 zmniejszyła się, co oznacza że więcej reklamacji było załatwianych na odległość, bez konieczności przyjazdu na miejsce. Stąd też wzrost przejść ze stanu S3 do S2.

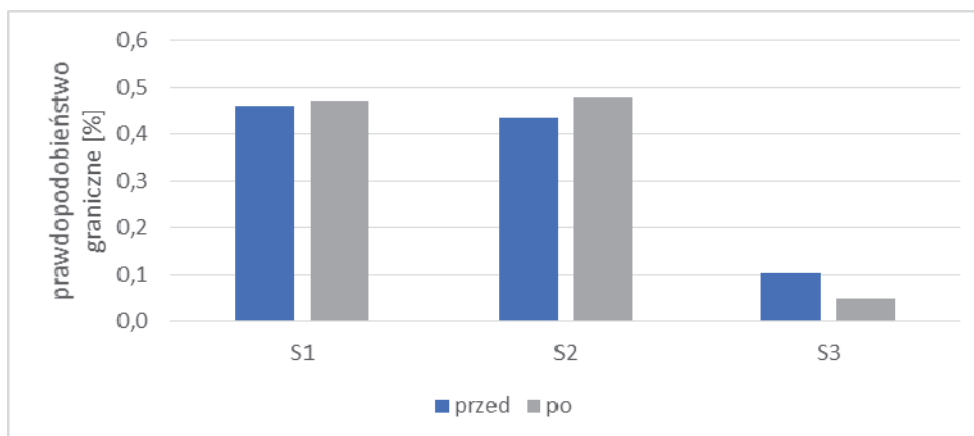
Modele łańcucha Markowa, oszacowane dla obu analizowanych etapów okazały się ergodyczne, co umożliwiło długoterminową prognozę ewolucji analizowanego systemu [14, 29]. W tym celu obliczono prawdopodobieństwa graniczne p_j pozwalające na predykcję realizacji procesu w długim okresie czasu. Obliczeń dokonano wykorzystując dodatek Solver programu Microsoft Excel i potwierdzono w programie Mathematica który pozwala na wykonywanie skomplikowanych obliczeń w środowisku matematycznym. Otrzymane wyniki zestawiono ze sobą co przedstawia Tab. 5 oraz Rys. 3.

Tabela 5. Prawdopodobieństwa ergodyczne p_j łańcucha Markowa dla dwóch etapów procesu.

p_j		S1	S2	S3
przed		0,4613	0,4355	0,1032
	$P_j\%$	46,13	43,55	10,32
po	P_j	0,4699	0,4799	0,0501
	$P_j\%$	46,99	47,99	5,01
zmiana		1,86	10,20	-51,39

źródło: opracowanie własne

Wg modelu Markowa w czasie dyskretnym system dąży przede wszystkim do przebywania w dwóch stanach, w stanie S1 (wykonywanie dostawy) oraz w stanie S2 (obejmującym czynności manipulacyjne), na bardzo zbliżonym poziomie. Prawdopodobieństwa graniczne systemu po zmianach są wyższe dla tych stanów w stosunku do wartości przed zmianami o odpowiednio 2% i 10%. Największa różnica dotyczy stanu S3 (reklamacje) i wynosi ponad 50%. Oznacza to, że częstość reklamacji w granicznym położeniu systemu będzie aż o połowę mniejsza, co prezentuje rys. 4. Prognozy długoterminowe dla łańcucha Markowa są zatem zadowalające z punktu widzenia przedsiębiorcy.

Rys. 3. Prawdopodobieństwa ergodyczne p_j dla dwóch etapów procesu.*źródło: opracowanie własne*

Porównano także średnie czasy realizacji poszczególnych czynności. Otrzymane wyniki przedstawiono w Tab. 6. Ponownie są one zadowalające i wskazują na zmniejszenie średnich czasów czynności manipulacyjnych (o 11%) i zwrotów (o 23%) a zatem stanów które nie przekładają się na zysk a wręcz generują dla przedsiębiorstwa koszty. Natomiast średni czas trwania najważniejszego z punktu widzenia działalności stanu związanego z dostarczaniem zakupionego asortymentu wzrósł o 3%. Oznacza to wzrost realizowanych przewozów a więc zwiększenie liczby transakcji zatem także dochodów firmy.

Tabela 6. Porównanie średnich czasów trwania stanów S1-S3.

stan	średnia [min]		średnia [%]
	przed	po	zmiana
S1	87	83	-5,22
S2	16	15	-4,43
S3	24	16	-35,53

źródło: opracowanie własne

MODEL MARKOWA W CZASIE FIZYCZNYM CIĄGŁYM

Charakterystyczna dla łańcucha Markowa analiza zjawiska tylko w wybranych chwilach czasu jest często niewystarczająca do jego wyczerpującego opisu[27]. Dlatego kontynuowano badania z wykorzystaniem modelu Markowa w czasie fizycznym ciągłym. Parametrem charakteryzującym taki

model, oprócz macierzy prawdopodobieństw przejść, jest jeszcze macierz intensywności przejść Λ o elementach λ_{ij} , która jest funkcją charakteryzującą szybkość zmian prawdopodobieństw przejść $p_{ij}(t)$ [10, 12]. Dla procesu przed zmianami wartości elementów macierzy Λ przedstawiono w tab. 7, natomiast po zmianach w tab. 8.

Tabela 7. Wartości elementów λ_{ij} macierzy Λ pierwszego etapu badania.

p_{ij}	S1	S2	S3
S1	-0,0233	0,0114	0,0119
S2	0,0623	-0,1217	0,0594
S3	0,043	0,0362	-0,0792

źródło: opracowanie własne

Tabela 8. Wartości elementów λ_{ij} macierzy Λ drugiego etapu badania.

p_{ij}	S1	S2	S3
S1	-0,0235	0,0122	0,0113
S2	0,0643	-0,1465	0,0822
S3	0,0663	0,0631	-0,1294

źródło: opracowanie własne

Oszacowane wartości intensywności pozwoliły na obliczenie prawdopodobieństw ergodycznych dla dwóch etapów procesu. Uzyskane wyniki zaprezentowano w Tab. 9.

Tabela 9. Prawdopodobieństwa ergodyczne p_j dla dwóch etapów procesu w czasie fizycznym ciągłym.

p_j		S1	S2	S3
przed	p_j	0,676	0,13	0,194
	$p_j\%$	68,4	12,2	19,4
po	p_j	0,736	0,122	0,142
	$p_j\%$	73,7	12,1	14,2
zmiana		7,75	-0,82	-26,80

źródło: opracowanie własne

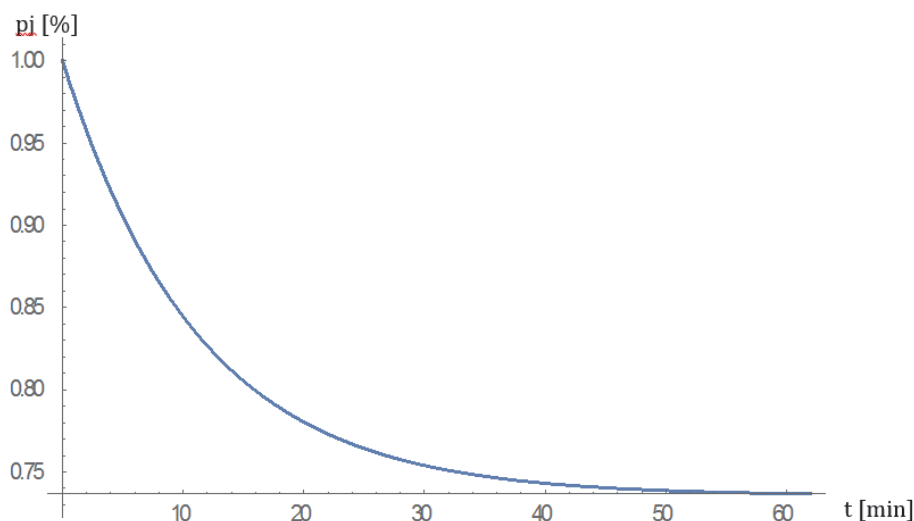
Dla obu etapów badania otrzymane wyniki ukazują dążenie badanego systemu do przebywania przede wszystkim w stanie wykonywania dostawy (S1), jednak dla procesu po zmianach wartość ta jest o 8 % większa. Zmniejszył

się nieznacznie graniczny wynik czynności manipulacyjnych (S2), co oznacza sprawniejsze procedury. Bardzo korzystna zmiana nastąpiła dla stanu reklamacji. Dążenie do przebywania w tym stanie zmalało aż o 30 %. Otrzymane wyniki potwierdzają zasadność wprowadzonych zmian i odzwierciedlają ich pozytywny wpływ na posiadane pojazdy, które po modyfikacji strategii są użytkowane, zgodnie z założeniem, przede wszystkim do dostarczania zamówień klientom.

Ostatnim etapem badania była wizualizacja otrzymanych wyników w postaci wyznaczenia charakterystycznych czasów dążenia obiektu do stanu stacjonarnego po zadanym zbiorze stanów początkowych. W tym celu konieczne jest rozwiązanie układu równań Chapmana - Kołmogorowa - Smoluchowskiego, które dla badanego procesu mają następującą postać macierzową (2):

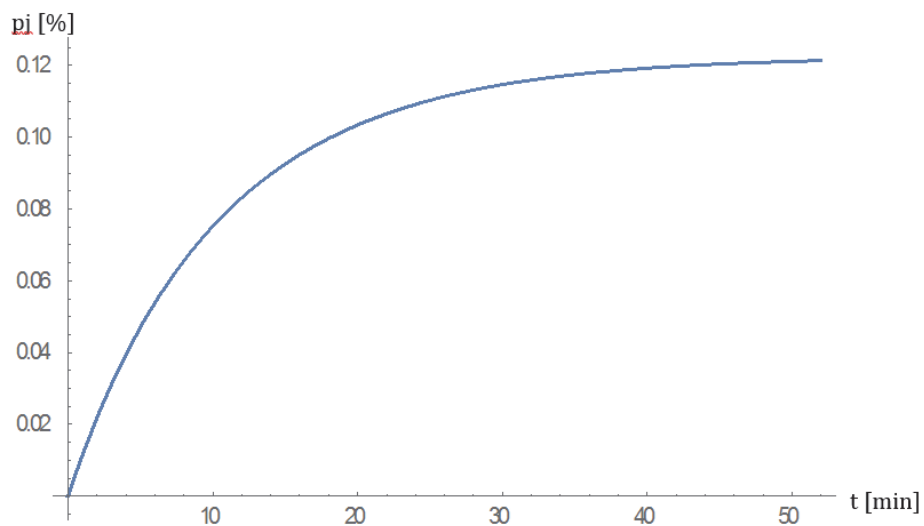
$$\begin{bmatrix} p_1(t) \\ p_2(t) \\ p_3(t) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -\lambda_{11} & \lambda_{12} & \lambda_{13} \\ \lambda_{21} & -\lambda_{22} & \lambda_{23} \\ \lambda_{31} & \lambda_{32} & -\lambda_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1'(t) \\ p_2'(t) \\ p_3'(t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Poprawne analityczne rozwiązanie układu równań CH-K-S z restrykcją, warunkiem normalizacji, wyznaczono wykorzystując moduł Mathematica Markov continuous. W celu badania założono, że w chwili początkowej $t = 0$ proces $X(t)$ znajduje się w stanie S1. Pozwoliło to wykreślić funkcję ukazującą proces dążenia do stanu granicznego, odpowiednio dla stanu S1 (rys. 5) stanu S2 (rys. 6) i stanu S3(rys. 7).



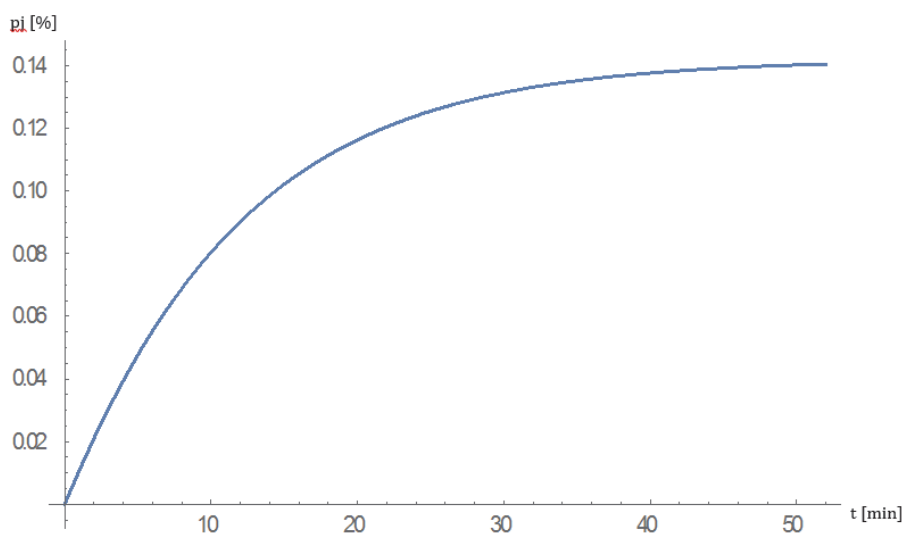
Rys. 4. Ewolucja prawdopodobieństwa przebywania systemu w stanie S1.

źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Ewolucja prawdopodobieństwa przebywania systemu w stanie S2.

źródło: opracowanie własne



Rys. 6. Ewolucja prawdopodobieństwa przebywania systemu w stanie S3.

źródło: opracowanie własne

Prawdopodobieństwo stanu S1 (realizacja dostawy) maleje do wartości granicznej w czasie około 60 minut. Asymptotyczne wartości dla pozostałych stanów ustalają się w podobnym czasie. Zatem po godzinie od wymuszenia stanu początkowego S1 system osiąga stan równowagi.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badanie pokazało w pierwszej kolejności jak można wykorzystać modelowanie za pomocą procesów Markowa do opisu wybranych elementów systemu dystrybucji. Skupiono się przede wszystkim na realizujących przewozy pojazdach i sposobie ich wykorzystania, w zależności od przyjętej w firmie strategii, dotyczącej wyboru producenta będących przedmiotem sprzedaży firmy części zamiennych. Decyzje w tym obszarze mocno wpłynęły na całokształt funkcjonowania przedsiębiorstwa, także na sposób użytkowania pojazdów.

Niskiej jakości części zamienne skutkowały awariami, powodując liczne reklamacje. W efekcie pojazdy, zamiast realizować dostawy zakupów, były wykorzystywane do obsługi reklamacji, co generowało wiele dodatkowych przejazdów, skutkowało nadplanowymi trasami i przyczyniało się do wzmożonego zużycia środków transportowych, a w efekcie powodowało dodatkowe koszty jakie ponosiła firma generowane przez częstsze naprawy eksploatacyjne układów hamulcowego, kierowniczego i jezdnego, a także wymiany filtrów i płynów eksploatacyjnych.

Po zmianach, czas który wcześniej poświęcany był na obsługę reklamacji został w dużym stopniu przeznaczony na kolejne dostawy. Stał się więc z czynności generującej koszty taką, która przynosi zyski, a zużycie pojazdów stało się normalnym elementem procesu logistycznego i było w pełni uzasadnione.

Obliczone prognozy wg modelu Markowa dla czasu dyskretnego i ciągłego są zbliżone. Generują taką samą prognozę stanów granicznie najbardziej prawdopodobnych, ale o różnych wartościach prawdopodobieństw granicznych. Wg prognozy dla łańcucha Markowa (dla abstrakcyjnego czasu dyskretnego kolejnych zmian stanów) oraz wg modelu Markowa w czasie ciągłym system po zmianach dąży do przebywania głównie w stanie S1 (dostawy) i S2 (czynności manipulacyjne). Dla łańcucha wartości tych prawdopodobieństw są do siebie zbliżone i wynoszą 47 i 48%, natomiast dla procesu, który oprócz częstości przejść uwzględnia również średnie czasy trwania stanów eksploatacyjnych, wartości te wynoszą 74 i 12%.

Najważniejsza zmiana dotyczy jednak stanu S3, dla którego wartość graniczna dla łańcucha Markowa zmalała o ponad 50 % a dla czasu ciągłego

o 27%. Zatem zmianie uległa nie tylko częstość przebywania w tym stanie, ale również jego intensywność.

Badanie pokazało, że nawet prosty model Markowa stwarza możliwość opisanie systemu funkcjonowania środków transportowych, dostarcza wiarygodnych informacji o ich użyciu a także może stanowić podstawę do określenia głównych kierunków usprawnień, skutecznie wskazując obszary zwiększające efektywność ich wykorzystania.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Będkowski L., Dąbrowski T., *Podstawy eksploatacji, część 1, Podstawy diagnostyki technicznej*, WAT, Warszawa 2000.
- [2] Bobrowski D. *Modele i metody matematyczne w teorii niezawodności*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1985.
- [3] Borgoń J., Jaźwiński J., Sikorski M., Ważyńska-Fiok K. *Niezawodność statków powietrznych*, ITWL, Warszawa 1992.
- [4] Borucka A. *Forecasting of fire risk with regard to readiness of rescue and fire-fighting vehicles*, Interdisciplinary Management Research XIV, Croatia, 2018, s. 397-395.
- [5] Borucka A. *Funkcjonowanie wojskowych oddziałów gospodarczych w nowym systemie logistycznym sił zbrojnych*, „Logistyka”, 2013, nr 6, s. 39-48.
- [6] Borucka A. *Markov models in the analysis of the operation process of transport means*, Proceedings of the ICTTE International Journal For Traffic And Transport Engineering Conference, Belgrad, 2018, s. 1073-1082.
- [7] Borucka A. *Model of the operation process of aircraft in the transport system*, Proceedings of the ICTTE International Journal For Traffic And Transport Engineering Conference, 2018, s. 22-30.
- [8] Borucka A. *Przewóz osób w Polsce w świetle zmian legislacyjnych*, „Logistyka” nr 6, 2014, s. 468-475.
- [9] Borucka A. *Risk Analysis of Accidents in Poland Based on ARIMA Model*, Transport Means 2018, Proceedings of the 22nd International Scientific Conference part I, Lithuania, 2018, s. 162-166.
- [10] Borucka A. *Three-state Markov model of using transport means*, Proceedings of the 18th International Scientific Conference, Business Logistics In Modern Management, Croatia, 2018, s. 3-19.

- [11] Decewicz, A. *Probabilistyczne modele badań operacyjnych*, Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa 2010.
- [12] Filipowicz B. *Modele stochastyczne w badaniach operacyjnych, analiza i synteza systemów obsługi i sieci kolejkowych*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996.
- [13] Girtler J., Ślęzak M. *Application of the theory of semi-Markov processes to the development of a reliability model of an automotive vehicle*, „Archiwum Motoryzacji”, 2012, nr 2, s. 49–58.
- [14] Grabski F., Jaźwiński J. *Funkcje o losowych argumentach w zagadnieniach niezawodności, bezpieczeństwa i logistyki*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa 2009.
- [15] Iwanik, A., Misiewicz, J. K. *Wykłady z procesów stochastycznych z zadaniami. Część pierwsza: Procesy Markowa*, SCRIPT, Warszawa 2015.
- [16] Kałuski J. *Wykłady z procesów Markowa*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
- [17] Koźniewska I., Włodarczyk M. *Modele odnowy, niezawodności i masowej obsługi*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1978.
- [18] Mikosz B., Borucka A. *Organizacja gospodarki odpadami w siłach zbrojnych na tle zmian militarnych i nowych wyzwań stawianych polskiej armii*, „Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska”, 2008, nr 8, s. 1-12.
- [19] MitkowSz., Borucka A. *Mathematical model of travel times related to a transport congestion: an example of the capital city of Poland – Warsaw*, Proceedings of the 18th International Scientific Conference, Business Logistics In Modern Management, Croatia, 2018, s. 501-526.
- [20] Orzełowski, S. *Naprawa i obsługa pojazdów samochodowych*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 2009.
- [21] Świdorski A., Borucka A. *Mathematical Analysis of Factors Affecting the Road Safety in Selected Polish Region*, Transport Means, Proceedings of the 22nd International Scientific Conference part II, Lithuania, 2018, s. 651- 654.
- [22] Świdorski A., Borucka A., Jacyna-Gołda I., Szczepański E. *Wear of brake system components in various operating conditions of vehicle in the transport company*, „Eksplatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability”, z. 1, nr 21, 2019, s. 1-9
[<http://dx.doi.org/10.17531/ein.2019.1.1>.]

- [23] Świdorski A., Borucka A., Skoczyński P. *Characteristics and Assessment of the Road Safety Level in Poland with Multiple Regression Model*, Transport Means, Proceedings of the 22nd International Scientific Conference part I, Lithuania, 2018, s. 92 – 97.
- [24] Waśniewski T., Borucka A. *Sieciowe rozwiązania w łańcuchu dostaw w oparciu o technologię radiowej identyfikacji towarów*, „Systemy Logistyczne Wojsk” nr 37, 2011, s. 223 – 233.
- [25] Wielgosik M., Borucka A. *Istota i znaczenie służby przygotowawczej i szkolenia rezerw*, „Systemy Logistyczne Wojsk”, nr 45, 2016, s. 51-66.
- [26] Woropay, M., Żurek, J., Migawa, K. *Model oceny i kształtowania gotowości operacyjnej podsystemu utrzymania ruchu w systemie transportowym*, Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu, Bydgoszcz – Radom 2003.
- [27] Żółtowski, B., Niziński. S. *Modelowanie procesów eksploatacji maszyn*, Wydawnictwo Markar, Bydgoszcz – Sulejówek 2002.
- [28] Żurek J., Ziółkowski J., Borucka A. *A method for determination of combat vehicles availability by means of statistic and econometric analysis*, Safety and Reliability. Theory and Applications, ESREL 2017, s. 2925-2934.
- [29] Żurek J., Ziółkowski J., Borucka A. *Application of Markov processes to the method for analysis of combat vehicle operation in the aspect of their availability and readiness*, Safety and Reliability. Theory and Applications, ESREL 2017, s. 2343-2352.
- [30] Żurek J., Ziółkowski J., Borucka A. *Research of automotive vehicles operation process using the Markov model*, Safety and Reliability. Theory and Applications, ESREL 2017, s. 2353-2362.

MARKOV MODEL OF THE ASSESSMENT OF TRANSPORT MEANS USED IN THE DISTRIBUTION COMPANY

ABSTRACT

In distribution companies, it is particularly important to organize transport processes properly and minimize unnecessary mileage. A high level of readiness of transport means is also required, which guarantees the execution of every order.

It enables to achieve rational fleet management, compliance with service intervals and an even workload.

The use of transport means is also influenced by the way a company is managed and decisions made at the strategic level. This article shows how the choices made by the management board regarding trade partners (manufacturers) influenced the degree and legitimacy of owned rolling stock use. For this purpose, two different business steps were compared. Markov's processes were used in the study.

Key words:

Markov models, exploitation of vehicles, fleet management, vehicles usage