

## MODEL SYSTEMU TELEMATYCZNEGO W ZARZĄDZANIU TRANSPORTEM WEWNĘTRZNYM PRZEDSIĘBIORSTWA

*W artykule zostaną przedstawione technologie stosowane w informatyce jako jeden z najważniejszych instrumentów wpływających również na zarządzanie transportem w przedsiębiorstwie. Dodatkowo zastosowanie narzędzi telematycznych umożliwi optymalizację łańcucha dostaw wewnątrz przedsiębiorstwa. Opracowany zostanie model matematyczny bazuje na fuzji klasyfikatorów rozmytych z teorią probabilistyki i teorii ewidencji matematycznej. W badaniach udowodniono, że miękkie metody obliczeniowe bazujące min. na zbiorach rozmytych i sztucznych sieciach neuronowych są odpowiednie dla zadania sterowania łańcuchem logistycznym, a wspomaganie narzędziami telematycznymi usprawni zarządzanie w przedsiębiorstwie*

### WSTĘP

Celem badań jest przedstawienie architektury systemu telematycznego. Technologie stosowane w informatyce są jednym z najważniejszych instrumentów wpływających również na zarządzanie transportem w przedsiębiorstwie. Mogą one wspomagać użyteczność systemu, jego dostępności, poziomu integracji i wpływać znacząco na wynik przedsiębiorstwa. Zastosowanie narzędzi telematycznych umożliwi optymalizację łańcucha dostaw wewnątrz przedsiębiorstwa. Owa optymalizacja dotyczy prognozowania sprzedaży, która wpływa na zapotrzebowanie materiałowe, produkcję etc. Opracowany model matematyczny bazuje na fuzji klasyfikatorów rozmytych z teorią probabilistyki i teorii ewidencji matematycznej. Dane wpływające na sprzedaż to min.: czasy dostaw, historia sprzedaży, zadowolenie klienta, wskaźnik zgodności dostaw, wskaźnik szybkości dostaw, wskaźnik doskonałości dostaw, czas od zamówienia do dostawy etc. W badaniach udowodniono, że miękkie metody obliczeniowe bazujące min. na zbiorach rozmytych i sztucznych sieciach neuronowych są odpowiednie dla zadania sterowania łańcuchem logistycznym, a wspomaganie narzędziami telematycznymi usprawni zarządzanie w przedsiębiorstwie.

### 1. ROZWÓJ TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH I TELEMATYCZNYCH

Przełom XX i XXI wieku to czas intensywnego rozwoju nowoczesnych technologii informatycznych i telekomunikacyjnych w rozwiniętych krajach świata. Komputery osobiste, sieci komputerowe oraz Internet są symbolami tego rozwoju. Coraz powszechniej używane są niemal we wszystkich dziedzinach życia społecznego i gospodarczego. W wyniku ich masowego stosowania tworzy się nowy typ społeczeństwa, zwany społeczeństwem informacyjny, gdzie podstawowym dobrem publicznym staje się informacja.

Z roku na rok rośnie liczba przedsiębiorstw zajmujących się działalnością transportowo - spedycyjną, które szukają metod na poprawę jakości zarządzania oraz podniesienie efektywności działania, decydują się one na wdrożenie systemu telematycznego wspomagającego przepływ informacji, selekcjonowanie ich, grupowanie, w skutek czego zarządzanie flotą staje się prostsze i efektywniejsze. Duży nacisk w wypadku takiej decyzji kładziony jest na sam wybór oprogramowania oraz jego dostawcy. Na boczny tor

zostaje zepchnięte samo wdrożenie, od którego w praktyce zależy właściwe i zgodne z oczekiwaniami działanie systemu. Umiejętne wdrożenie i wykorzystanie systemów informatycznych bywa drogą do uzyskania przewagi konkurencyjnej.

Technologie informatyczne nie rozwijają się w rynkowej próżni, ale w ścisłym związku z sytuacją rynkową oraz zaspokajają konkretne zapotrzebowania. Czasami wyprzedzają świadomość zaistnienia tego zapotrzebowania u potencjalnych odbiorców.

Zastosowanie technologii informatycznych i telekomunikacyjnych doprowadziło również do niemal całkowitej automatyzacji procesów przetwarzania i przesyłania danych, w których rola człowieka sprowadza się jedynie do sprawowania nadzoru. Zatem rozwiązania te ułatwiają pracę, wymianę informacji z klientem, skracają czas trwania procesów logistycznych i eliminują błędy ludzkie.

Przykładami bardziej lub mniej zaawansowanych technologii telematycznych w transporcie są środki techniczne (sprzęt i oprogramowanie, protokoły, ip.) do:

- zdalnych pomiarów stanu obiektów transportowych za pomocą takich urządzeń technicznych jak, np. sensory, czujniki, detektory,
- przesyłanie danych na duże odległości poprzez systemy łączności lądowej i satelitarnej,
- elektroniczną i bezprzewodową wymianę informacji pomiędzy pojazdem w ruchu, a urządzeniami przydrożnymi,
- gromadzenia multimedialnych danych np. w bazach i hurtowniach danych, zabezpieczając efektywny dostęp do nich,
- szybkiego przetwarzania danych, często multimedialnych (teksty, obrazy, głosy),
- dostarczania informacji użytkownikom w czasie rzeczywistym, tzn. równoległe z wykonywaniem operacji transportowych.

Różnorodność rozwiązań telematycznych w systemach transportowych jest niezmiernie duża. Warto tylko w tym miejscu zauważyć, że systemy telematyczne:

- są innowacjami technologicznymi technologicznymi w transporcie,
- ich istota tkwi w usprawnieniu systemów transportowych w dziedzinie zdalnego zbierania informacji o dynamicznych obiektach transportowych, jej przetwarzaniu w czasie rzeczywistym, efektywnym przechowywaniu oraz szybkim przesyłaniu, często na małe lub duże odległości,

– bardziej integrują informacyjnie cały system transportowy, szczególnie jego podstawowe składniki: infrastrukturę, pojazdy i operacje transportowe, umożliwiając w ten sposób lepsze zarządzanie systemem transportowym lub poszczególnymi jego składnikami.

Infrastruktura transportowa stanowi fundament poprawnego funkcjonowania gospodarki. Jej rozwój powinien być kształtowany w oparciu o nowoczesność i efektywność, zwłaszcza biorąc pod uwagę znaczne koszty tego rozwoju. Wsparcie odpowiednio ukształtowanych systemów informatycznych w znacznym stopniu pozwala złagodzić lub całkowicie wykluczyć mankamenty i problemy występujące podczas działania przedsiębiorstwa transportowego. Dlatego należy usilnie dążyć do wypracowania zintegrowanych strategii promocji i implementacji nowoczesnych rozwiązań transportowych, które po wprowadzeniu będą przyczyniać się do poprawy dostępności oraz jakości usług transportu osobowego i towarowego, oraz ograniczania oddziaływania na środowisko naturalne.

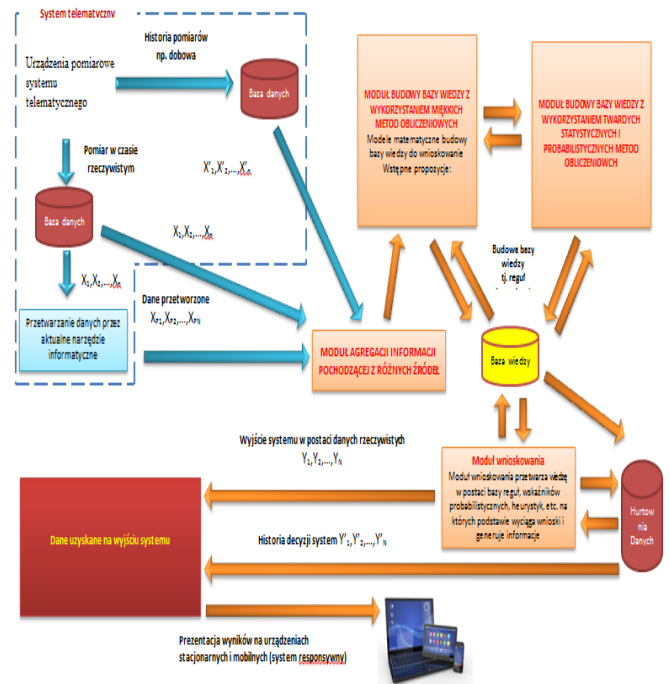
Wdrożenie systemu telematycznego jest przedsięwzięciem bardzo złożonym. Stanowi największą inwestycję informatyczną w przedsiębiorstwie biorąc pod uwagę koszty, stopień złożoności oraz czas wdrożenia. Operacja ta nie ogranicza się do zakupu komputerów, urządzeń bezprzewodowych oraz instalacji oprogramowania.

W artykule został przedstawiona architektura (model) zbierania i przetwarzania informacji w transporcie wewnętrznym informacji będącej podstawą zarządzania przedsiębiorstwem.

Zaproponowany autorski klasyfikator Fuzzy-ProgKM wykorzystuje fuzję klasyfikatorów z pogranicza probabilistyki, teorii zbiorów rozmytych i teorii ewidencji matematycznej. System telematyczny w postaci czujników mierzących licznosc stanów magazynowych wysyła informacje do systemu ERP w czasie rzeczywistym. Informacje te pochodzą z różnych czujników i wymaga to specjalnych metod matematycznych do agregacji takich danych oraz podejmowania decyzji. W tym celu zaproponowano podejście sekwencyjne [2,6,7] do zadania predykcji jest istotnym elementem algorytmu, gdyż oprócz aktualnego stanu, obserwacja wcześniejszych pomiarów istotnie przyczynia się do zwiększenia precyzji prognozy. Główną inspiracją, do takiego modelu było opisanie stworzenie metody, która w przeciwieństwie do metod statystycznych będzie lepiej radziła sobie z danymi niepewnymi, nieprecyzyjnymi, z którymi mamy do czynienia głównie w procesach stochastycznych. Niewątpliwie z takimi danymi mamy do czynienia w predykcji zapasów, gdyż ich wielkość jest uwarunkowana i zależna od często trudnymi do oszacowania zmianami popytu na rynku. Aby uwiarygodnić wyniki autorskiego modelu, porównano jego wyniki predykcji (zbieżność, błąd) ze znanymi z literatury algorytmami prognostycznymi Holt i Whinters [1,8].

## 2. MATEMATYCZNY OPIS ZADANIA PROGNOZOWANIA ZAPASÓW

Zanim przejdziemy do opisu zadania prognozowania zapasów przedstawiono na rys. 1 schemat architektury transportu wewnętrznego informacji w obrębie systemu telematycznego.



Rys. 1. Schemat architektury transportu wewnętrznego informacji w obrębie systemu telematycznego

Urządzenia systemu zbierają w czasie rzeczywistym informacje o stanie magazynowym, zamówieniach na magazyn, zamówieniach na produkcję. Z różnych ogniw przedsiębiorstwa informacja jest transportowana za pomocą protokołów TCP/IP do modułu agregacji informacji pochodzących z różnych źródeł. Następnie informacja trafia do modułów przetwarzania informacji oraz podejmowania decyzji. Moduły te pełnią zadanie rozpoznawania zadania klasyfikacji.

Zadanie rozpoznawania sekwencyjnego bazującego na fuzji klasyfikatorów będzie traktowane jako pewien proces dynamiczny. Obiekt w  $k$ -tym taktcie znajduje się w stanie  $Y_k$ , który należy do ilościowego przedziału  $y_k \in R_+$ . Stan obiektu  $y_N$  nie podlega bezpośredniemu pomiarowi. Jest on wynikiem obserwacji trendu obiektu, a dokładniej pewnej trajektorii wcześniejszych pomiarów  $Y_{k-1}, Y_{k-2}, \dots, Y_{k-l}$ . Niech  $x_k \in X$  będzie  $d$ -wymiarowym wektorem zmiennych (cech), jakie zostały zmierzone w poprzednich taktach. Zmienne te w przypadku zapasów to czas dostawy, współczynnik obsługi klienta i inne zmienne, które mogą stanowić podstawę wyznaczania wielkości zapasów. Zmienne te podlegają rozmywaniu  $\tilde{T}_i$  [3,4] zbiorami rozmytymi, gdzie:

$$\tilde{T}_i = \{\tilde{T}_1, \tilde{T}_2, \tilde{T}_3, \dots, \tilde{T}_d\} \quad (1)$$

W dalszych rozważaniach  $n$  oznaczać będzie  $n$ -tą regułę rozmytą:

$$n = \{1, 2, \dots, N\} \quad (2)$$

W analizowanym przypadku aktualny stan obiektu jest zależny od poprzednich stanów czyli zastosowanego sterowania zapasami. Niech  $Y_{k-1}, Y_{k-2}, \dots, Y_{k-l}$  będą funkcjami celu.

Łączenie aktualnej obserwacji cech obiektu z poprzednim stanem jest pewnym uproszczeniem. Można oczywiście analizować

wszystkie dotychczasowe stany obiektu ale taka interpretacja może być trudna do uwzględnienia.

Podjęcie decyzji o planowanym poziomie zapasów w momencie  $k+1$  jest uzależnione od pomiaru cech jego opisujących oraz wiedzy o związkach między kolejno występującymi pomiarami zapasów (trendu) i cech opisujących wielkości zapasów. Wiedza ta jest magazynowana w zbiorze uczącym  $S$ , który składa się z zestawu ciągów uczących:

$$S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_L\} \quad (3)$$

Pojedynczy ciąg uczący można zapisać następująco:

$$S_k = (x_1, x_2, \dots, x_d) \quad (4)$$

$S_k$  - oznacza obserwację konkretnego  $k$  obiektu. W przypadku planowania zapasów  $S_k$  jest pomiarem cech opisujących wielkość zapasów, np. czas dostawy, współczynnik obsługi klienta.... Zadanie rozpoznawania sekwencyjnego będzie polegało na tym, że algorytm decyzyjny w  $k$ -tym takcie do podjęcia decyzji o prognozie zapasów na następny okres wykorzysta informację w postaci poprzednich wielkości zapasów, czasów dostawy i współczynnika obsługi klienta.

Błąd na zbiorze uczącym można zdefiniować:

$$error_S = \frac{1}{|D|} \sum_{x \in S} \delta[Y_{k+1}^* \notin Y_{k+1} \pm q] \quad (5)$$

Gdzie  $\delta[Y_{k+1}^* \notin Y_{k+1} \pm q]$  przyjmuje 1 jeśli warunek jest spełniony i 0 jeśli nie jest spełniony. Wartość  $q$  jest wartością opisaną równaniem (6).

$$q = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=k-4}^k \left( Y_i - \frac{1}{4} \sum_{i=k-4}^k Y_i \right)^2} \quad (6)$$

Przyjmijmy, że mamy  $d$  klas decyzyjnych. Wtedy funkcja różnicowości będzie funkcją  $F: D \rightarrow R^d$ . Niech  $F = (f_1, \dots, f_d)^T$ . Obiekt  $x$  jest przypisywany do klasy o najwyższym współczynniku wsparcia, tzn. jeżeli:

$$M = \max_i \{f_i(x)\} \quad (7)$$

W rozpoznawaniu sekwencyjnym przyjmijmy pewne wagi  $p_1, \dots, p_n$ . Wagi te możemy interpretować jako rozkłady prawdopodobieństwa.  $\langle x_1, Y_1 \rangle, \dots, \langle x_n, Y_n \rangle$ . Podczas uczenia losujemy przykłady ze zbioru  $S$  zgodnie z rozkładem bazowego prawdopodobieństwa  $P$ . Ponieważ przyjęto na początku rozmytą obserwację cech zatem należy dla takiego przypadku przyjąć odpowiedni błąd ważony:

$$error_{k+1} = \sum_{j=1}^n p_j^{(k+1)} \mu(\tilde{T}_i) \delta[Y_{k+1}^* \notin Y_{k+1} \pm q] \quad (8)$$

Wagę  $\omega_{k+1}$  liczymy według wzoru:

$$\omega_{k+1} = \log \sqrt{\frac{1 - error_{k+1}}{error_{k+1}}} \quad (9)$$

$$p_{j^*}^{(k)} = \begin{cases} p_j^{(k)} \exp(-\omega_k \cdot Bel(\mu(\tilde{T}_i))) & \text{dla } Y_{k+1}^* \in Y_{k+1} \pm q \\ p_j^{(k)} \exp(\omega_k \cdot Bel(\mu(\tilde{T}_i))) & \text{dla } Y_{k+1}^* \notin Y_{k+1} \pm q \end{cases} \quad (10)$$

gdzie  $Bel(\mu(\tilde{T}_i))$  jest to funkcja przekonania wg. teorii Dempstera Shafera dotycząca przynależności do zbioru rozmytego  $\tilde{T}_i$ .

Aby był spełniony warunek  $\sum_{j=1}^n p_j^{(k)} = 1$ , należy dokonać prostej normalizacji:

$$r_k = \sum_{i=1}^n p_{i^*}^{(k)} \quad (11)$$

gdzie:

$$p^{(k+1)} = \frac{p_{j^*}^{(k)}}{r_k} \quad (12)$$

Algorytm ogólnie można zapisać w postaci:

$$\psi_{k+1}(p^{(k)} \tilde{T}_k, p^{(k-1)} \tilde{T}_{k-1}, x_{k-1}, p^{(k-1)} \tilde{T}_{k-2}, S) = Y_{k+1}^* \quad (13)$$

Jest to klasyfikator kombinowany wykorzystujący fużę rozmytego klasyfikatora bayesowskiego z rozmytą obserwacją poprzednich wielkości zapasów.

Algorytm (13) jest zapisany w postaci ogólnej, a jego argumenty są zależne od złożoności wykorzystanych parametrów do oceny wielkości zapasów.

## PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono architekturę systemu transportu informacji wewnątrz przedsiębiorstwa. Informacja ta jest wykorzystywana w zadaniu rozpoznawania. System telematyczny zbiera informację pochodzącą z różnych źródeł. Informacja ta to dostępność całej infrastruktury transportu wewnątrz przedsiębiorstwa, stanów zapasów, historii pomiarów, dostępności pracowników, informacji o zapotrzebowaniu materiałowym MRP oraz prognoz ERP. Wszystkie informacje są zbierane z rejestratorów, czujników pomiarowych, detektorów ruchu, systemu RFID (automatyczna identyfikacja). Ta cała trajektoria pomiarów pozwala na stworzenie systemu prognostycznego utrzymującego zapas na optymalnym poziomie. Ze względu na dużą złożoność danych niezbędne okazuje się stworzenie modelu hybrydowego w procesie wnioskowania. Model ten łączy metody wywodzące się z miękkich metod obliczeniowych (zbiory rozmyte, sztuczne sieci neuronowe). Zawiera on również twarde metody tj. probabilistyka. Agregacja wiedzy w bazy wiedzy opierająca się min. na regułach rozmytych daje możliwość opisu całej złożonej struktury danych, które nierzadko są niepełne, nieprecyzyjne i niepełne.

## BIBLIOGRAFIA

1. Chatfield Ch., Holt-Winters Forecasting: Some Practical Issues. *The Statistician*, vol. 37 (1986), pp. 129-140.
2. Kurzyński M., Sequential Classification Via Fuzzy Relations, *Artificial Intelligence and Soft Computing – ICAIS2006*, 8<sup>th</sup> International Conference, Zakopane, Poland, June 2006
3. Łęski J., Zbiory rozmyte i ich interpretacja. Wprowadzenie do teorii możliwości, Wydawnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001, s. 469-47
4. Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L., Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. Wydawnictwo Naukowe PWN, Łódź 1999
5. Tarapata Z., Symulacyjna metoda doboru optymalnych parametrów w prognostycznych modelach wykładniczego. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Ekonomicznej*, Warszawa 2000.
6. Topolski M., Komputerowe algorytmy rozpoznawania sekwencyjnego z modelem łączącym teorię ewidencji matematycznej z teorią zbiorów rozmytych, Praca doktorska, pre 1/07 Politechnika Wroclawska 2007
7. Żolnierek A.: The pattern recognition algorithm for controlled Markov chains with learning and additional classifier. W: *Advanced simulation of system. Proceedings of the XXVth International Autumn Colloquium*. Ed. Jan Stefan [Sv. Hostyn, Czech Republic, September 8-10, 2003.
8. Yar M., Chatfield Ch., Prediction Intervals for the Holt-Winters Forecasting Procedure. *International Journal of Forecasting*, vol. 6. (1990), pp. 127-137)

### Model of a telematic system in the internal transport management of the enterprise

*The purpose of the research is to provide telematics system architecture. The technologies used in computer science are one of the most important instruments also affecting transport management in an enterprise. They may assist the utility of the system, its accessibility, the level of integration and substantially influence the performance of a company. The use of telematics tools will make it possible to optimize the supply chain within the company. This optimization applies to sales forecasting, which affects the material demand, production, etc. A mathematical model has been developed, which is based on the fusion of fuzzy classifiers with the theory of probability and the theory of mathematical evidence. The data affecting sales are, amongst other: delivery lead time, sales records, customer satisfaction, delivery compliance rate, delivery speed ratio, supply excellence ratio, lead times between order taking and delivery, etc. The study has proven that soft calculation methods based on fuzzy sets and artificial neural networks are appropriate for the tasks of the logistics chain control, and the support of telematics tools will improve the management of an enterprise.*

Autorzy:

Dr inż. **Katarzyna Topolska** – Wyższa Szkoła Bankowa we Wrocławiu, Instytut Logistyki, Wydział Zarządzania i Finansów

JEL: L96 DOI: 10.24136/atest.2018.210

Data zgłoszenia: 2018.05.28 Data akceptacji: 2018.06.15