

Katarzyna TOPOLSKA*
Mariusz TOPOLSKI**

INTELIĞENTNE SYSTEMY LOGISTYCZNE W PRODUKCJI SAMOCHODÓW I CZĘŚCI ZAMIENNYCH

Logistyka produkcji pojazdów samochodowych i części zamiennych jest istotnym problemem współczesnej gospodarki. Szeroko pojęte metody optymalizacji danych, zarządzania produkcją, transportem, bazami danych są podstawą osiągnięcia zysków przedsiębiorstwa. Odpowiednie systemy zarządzające produkcją, tj. MRP, MRP II, wzbogacone w metody sztucznej inteligencji, otrzymując dane ze wszystkich fragmentów łańcucha logistycznego (często niepełne, nieprecyzyjne) bardzo dobrze wspomagają zarządzanie logistyczne. Klasyczne metody optymalizacji, niestety, nie dają możliwości pełnej analizy danych nieprecyzyjnych i niepełnych. Niestety, powyższe metody nakreślające przyszłość systemów zarządzających produkcją nie są powszechnie stosowane, a ich zastosowanie wymaga specjalistów wysokiej klasy, posiadających wiedzę i umiejących sprawnie wdrożyć inteligentne moduły. Poniższy artykuł wskazuje na pewne metody sztucznej inteligencji do optymalizacji procesów logistycznych oraz komórki, w których mogą być one zastosowane.

1. WPROWADZENIE

Logistyka produkcji pojazdów samochodowych, jak i części zamiennych do nich stanowi bardzo duże wyzwanie. Żyjemy w dobie, w której postęp techniczny konsekwentnie pociąga za sobą wzrost seryjności. Ze względu na wzrost danych, często nieprecyzyjnych i niepewnych, proces planowania produkcji oparty na wydawanych decyzjach przez kierowników produkcji obciążony może być różnymi błędami. Drobne przesunięcia na liniach produkcyjnych mogą powodować daleko idące straty budżetowe. Powyższe czynniki stanowią przyczynę wprowadzania systemów komputerowych, które wspomagają logistykę produkcji i zapotrzebowania materiałowego.

Logistyka produkcji wymaga wyjątkowej pracy logistyków. Jest to proces dynamiczny, przebiegający w czasie rzeczywistym. Aktualna technologia wytwarzania może zmieniać się w takt zmian zapotrzebowania klientów na gotowe pojazdy samochodowe – głównie pojazdy specjalistyczne, jak i na części zamienne. Zmieniać się mogą również terminy realizacji zamówień oraz ich ilości.

* Dr Mariusz Topolski, Międzynarodowa Wyższa Szkoła Logistyki i Transportu we Wrocławiu

** Dr Katarzyna Topolska, Międzynarodowa Wyższa Szkoła Logistyki i transportu we Wrocławiu

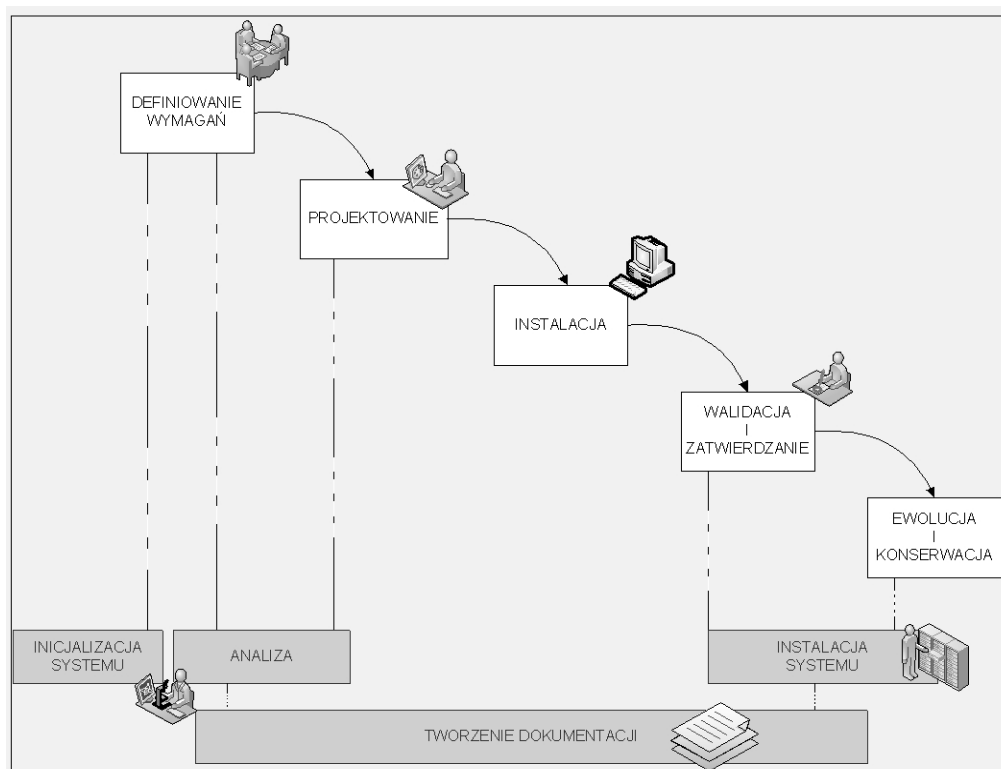
Zakłady produkujące samochody osobowe i części zamienne w celu optymalizacji procesów produkcyjnych, wdrażając aplikacje MSI (metody sztucznej inteligencji), muszą dostosować wybór systemu informatycznego w zależności od swoich potrzeb. W procesie wyboru takiego systemu należy przedsięwziąć pewne kroki planowania kaskadowego:

1. Zdefiniowanie potrzeb i analiza wymagań. Jest to proces, który polega na określeniu celów, ograniczeń systemu.
2. Planowanie systemu i oprogramowania. Dokonuje się podziału systemu na podsystemy, sprzęt niezbędny do realizacji systemu. Projektowanie systemu polega na zaplanowaniu związków między komórkami systemu.
3. Implementacja i testowanie jednostek. Krok ten jest procesem walidacyjnym weryfikującym, czy każda jednostka spełnia swoją specyfikację.
4. Blok integracji i testowania systemu. W tym bloku wszystkie jednostki są integrowane w jeden kompletny system.
5. Działanie i pielęgnacja systemu. Kiedy system jest praktycznie używany, jego pielęgnacja polega na poprawianiu błędów i wzbogacaniu usług w takt nowych wymagań.

Schemat blokowy powyższych wymagań znajduje się na rys.1.

Ważnym elementem modelu kaskadowego jest jasne i konkretne zdefiniowanie wymagań systemu informatycznego. Właściwe działanie systemu następuje po instalacji systemu. Wszystkie poszczególne kroki mają za zadanie stworzenie narzędzia wspomagającego proces produkcyjny. System steruje wszystkimi procesami tak, aby płynnie i optymalnie wykorzystać wszystkie dostępne środki w celu uzyskania gotowego produktu końcowego, którym jest pojazd samochodowy lub część zamienna.

Rys.1. Schemat blokowy modelu kaskadowego tworzenia inteligentnego systemu MSI wspomagającego logistykę produkcji samochodów osobowych i części zamiennych.



2. INTELIGENTNE MODELE WSPOMAGANIA LOGISTYKI PRODUKCJI I CZĘŚCI ZAMIENNYCH

W dziedzinie logistyki teoria logiki rozmytej oraz ewidencji matematycznej mogą być wykorzystywane np. do procesu planowania, organizowania, sterowania i kontroli przepływem części i kompletnych pojazdów samochodowych i informacji. Za pomocą logiki rozmytej możemy dokonać opisu nieprecyzyjnej rzeczywistości. Teoria ewidencji matematycznej, zwana inaczej teorią Dempstera-Shafera bądź teorią funkcji przekonania jest wykorzystywana do oceny rzeczywistości w sposób subiektywny. Jakże ważna jest koordynacja procesów: odnoszących się do czasu i przestrzeni. Istotna jest integracja ze sobą dwóch systemów: informacji i produkcji.

Wnioskowanie oparte na dwuwartościowej logice Arystotelesa oraz klasycznie pojmowanych zbiorach nie jest w stanie rozwiązać wielu sprzeczności i niejednoznaczności, jakie występują przy przetwarzaniu danych rzeczywistych.

Zaproponowana przez Zadeha w 1965 roku wielowartościowa logika – logika rozmyta (ang. Fuzzy logic) wraz z opartym na niej systemem wnioskowania okazała się niezwykle przydatna w zastosowaniach inżynierskich i znalazła sobie trwałe miejsce we współczesnych naukach technicznych. Systemy logiki rozmytej charakteryzują się dużą prostotą i elastycznością struktury przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej skuteczności. Są one oparte na bazie reguł IF-THEN, a tworzenie reguł jest proste i naturalne. Przykładowa reguła rozmyta może wyglądać następująco:

IF (x1 jest L1 AND x2jest L2 AND ...AND xn jest Ln) THEN (y jest B).

Ze względu na swoją efektywność w przetwarzaniu danych rzeczywistych, wnioskowanie rozmyte wykorzystywane jest w różnego rodzaju systemach ekspertowych i decyzyjnych¹. W pozycjach [3,4,8,11,12] można znaleźć podstawy teoretyczne logiki rozmytej.

Drugą teorią, która traktuje prawdopodobieństwo matematyczne w sposób subiektywny, jest teoria Dempstera-Shafera, zwana inaczej teorią ewidencji matematycznej czy też teorią funkcji przekonania. Możliwe obszary zastosowania powyższej teorii obejmują:

- integracje informacji pochodzących z różnych źródeł przy identyfikacji obiektu,
- modelowanie wyszukiwania informacji w bazach danych, rozpoznawanie planu działania,
- zagadnienia diagnostyki technicznej w warunkach zawodności elementów pomiarowych,
- zastosowania medyczne.

Przytoczmy jeszcze kilka podstawowych pojęć z powyższej teorii²:

Θ - dyskretny niepusty skończony zbiór, przy czym dla pewnego naturalnego n

$$\Theta = \Theta_1 \times \Theta_2 \times \Theta_3 \times \dots \times \Theta_n \quad (1)$$

Niech zmienna A przyjmuje wartości ze zbioru Θ wszystkich możliwych obserwacji.

Definicja 1. Przez funkcję masy w sensie teorii DS rozumie się funkcję $m: 2^{\Theta} \rightarrow [0,1]$ spełniającą warunki:

$$\sum_{A \in 2^{\Theta}} m(A) = 1, \quad (2)$$

¹ Hayes-Roth F., Waqterman D.A., Lenat D.B., Building Expert Systems, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1983; Mulawka J.J., Systemy ekspertowe, WNT, Warszawa 1996

² Tadeusiewicz R., Flasiński M., Rozpoznawanie obrazów, PWN, Warszawa 1991.

$$m(\phi) = 0 \quad (3)$$

$$\forall_{A \in 2^\Theta} m(A) \geq 0 \quad (4)$$

Dowodzono, że dla każdej funkcji przekonania **Bel** istnieje dokładnie jedna funkcja masy **m** taka, że $\text{Bel}(A) = \sum_{B \in A} m(B) = 1$, natomiast dla zbiorów większej liczności funkcję $m(A)$ można traktować jako wyrównanie „ignorancji” podzbiorów danego zbioru.

W teorii DS operuje się także pojęciem:

Definicja 2. Przez funkcję przekonania w sensie teorii DS rozumie się taką funkcję $\text{Bel}: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$, że

$$\text{Bel}(A) = \sum_{B \in A} m(B) = 1, \quad (5)$$

gdzie $m(B)$ jest funkcją masy w sensie teorii DS.

Definicja 3. Przez funkcję domniemania w sensie teorii DS rozumie się funkcję $\text{Pl}: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$,

$$\text{Pl}(A) = \sum_{B: B \cap A \neq \emptyset} m(B) = 1 \quad (6)$$

Definicja 4. Rozpatrując dwa rozkłady m_1 i m_2 , można dokonać ich połączenia, otrzymując nowy rozkład bazowy m według reguły

$$m(C) = \frac{\sum_{A \cap B = C} m_1(A) \cdot m_2(B)}{\sum_{A \cap B \neq \emptyset} m_1(A) \cdot m_2(B)} \quad (7)$$

Reguła kombinacji określona wzorem (7) daje możliwość łączenia niepelných i nieprecyzyjnych zbiorów danych, w konsekwencji czego otrzymujemy cechy precyzyjniej odpowiadające wymaganiom określonym w różnych specyfikacjach. Reguła ta znajduje miejsce w inteligentnych bazach danych, co opisane jest w następnym punkcie.

W optymalizacji produkcji najbardziej efektywne są sieci neuronowe³. Sieci te w połączeniu z algorytmami genetycznymi służą do optymalizacji procesów produkcyjnych. Niestety, współczesne systemy zarządzania produkcją klasy ERP, ERPII i inne, w optymalizacji działań wykorzystują klasyczne modele. Z kolei te klasyczne rozwiązania w porównaniu z metodami inteligentnymi nie radzą sobie z brakiem danych, nieprecyzyjnym zbiorem reguł, niepewnością. Uzasadnione jest zatem wprowadzanie do rozwiązań informatycznych wspomagających logistykę produkcji samochodów osobowych jak i części zamiennych moduły zapewniające optymalizację wszelkich procesów i ich koordynację z wykorzystaniem sieci neuronowych, zbiorów rozmytych, ewidencji matematycznej i algorytmów genetycznych. Takie hybrydowe połączenie ww. metod jest najlepszym narzędziem

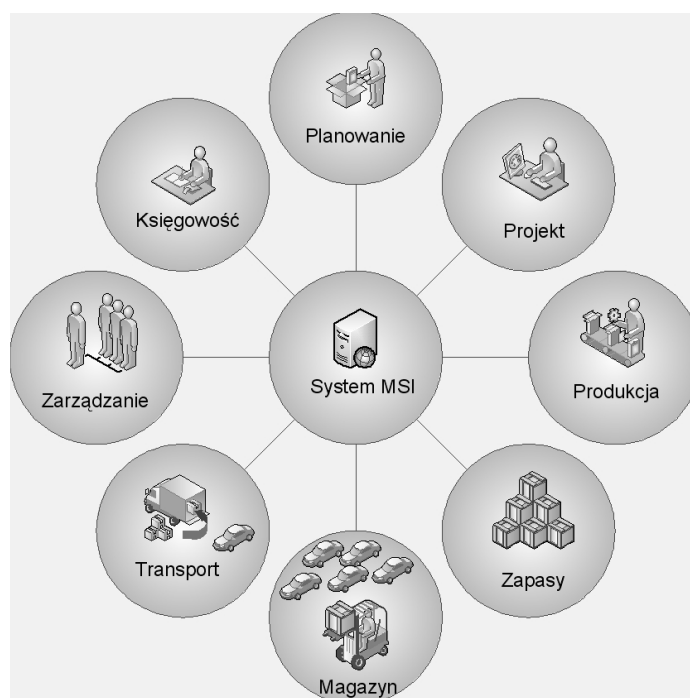
³ Ciskowski P, Learning context-dependebt neural nets Raport PRE /2002, Politechnika Wroclawska May 2002 (praca doktorska)

wspomagającym procesy produkcyjne⁴. Zaimplementowanie ww. modeli pozwoli zoptymalizować i usprawnić następujące obszary logistyki:

1. Zarządzanie produkcją.
2. Zarządzanie łańcuchem dostaw.
3. Prognozowanie sprzedaży i zysków.
4. Prognozowanie popytu na pojazdy samochodowe i części zamienne.
5. Inteligentne tworzenie harmonogramów produkcji.
6. Wybór alternatywnych lokalizacji składowania zapasów.
7. Sprawne i optymalne zarządzanie transportem od punktu przejęcia pojazdów lub części zamiennych do odbiorcy.
8. Tworzenie symulacji obrazujących prognozy podaży i popytu przy aktualnych parametrach produkcji.
9. Automatyczna inteligentna kontrola jakości detali będących w produkcji i w razie odstępstw od norm automatyczne strojenie obrabiarek numerycznych.

Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji w systemach wspomagających logistykę produkcji pojazdów samochodowych i części zamiennych pozwoli dużym koncernom diametralnie zwiększyć zyski, a koszty związane z wdrożeniem takich rozwiązań zwrócą się do roku. Przykładowy schemat blokowy inteligentnego systemu MSI zarządzania logistyką produkcji pojazdów samochodowych i części zamiennych ilustruje rys. 2.

Rys. 2. Schemat strategicznych obszarów zarządzanych przez inteligentny system MSI



⁴ Pearl J., Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Network of Plausible Inference, Morgan Kaufmann Pub. Inc., San Francisco, California, 1991; Topolski M., Komputerowe algorytmy rozpoznawania sekwencyjnego łączące teorię ewidencji matematycznej z teorią zbiorów rozmytych, Raport PRE 1/2008, Politechnika Wroclawska (praca doktorska); Zhu H, Basir O., Adaptive Fuzzy Evidential Reasoning with Information Theoretic Discounting for Robust Brain Tissue Classification, 5th International Symposium on Soft Computing for Industry (WAC-ISSCI), SEVILLE, Spain, June 28 - July 1, 2004

3. INTELIGENTNE SYSTEMY BAZODANOWE

Aby sprawnie zarządzać logistyką produkcji pojazdów samochodowych, współczesny zakład produkcyjny musi posiadać system bazodanowy DBMS.

Informacje przechowywane w bazie danych są zazwyczaj przeznaczone do wykorzystania przez wielu użytkowników, często w tym samym czasie. DBMS ma więc za zadanie zapewnić efektywne mechanizmy wielodostępu. W tym celu często stosuje się w budowie DBMS tzw. model klient - serwer: programy używane przez użytkowników (klienci) są oddzielone od programu bezpośrednio wykonującego operacje na danych (serwera); zazwyczaj klienci komunikują się z serwerem poprzez mechanizmy sieciowe, korzystając z określonego protokołu komunikacji, co umożliwia uruchamianie klientów na innych komputerach niż serwer. Zwiększa to bezpieczeństwo (dostęp klientów do serwera jest ograniczony do operacji możliwych w ramach protokołu) i odciaża serwer np. od zadań związanych z końcową obróbką i prezentacją danych będących wynikiem zapytania.

Centralne składowanie wszystkich danych dotyczących danego obszaru działalności umożliwia uniknięcie zbędnych powtórzeń tych samych informacji, ułatwiając utrzymanie spójności, oraz usprawnia uzyskiwanie odpowiedzi na pytania złożone wymagające czerpania informacji z różnych logicznie zbiorów danych.

Łatwiej jest również utrzymać poprawność i aktualność informacji składowanej centralnie; ponadto powierzenie faktycznych operacji na danych jednemu, dobrze sprawdzonemu programowi serwera zmniejsza ryzyko naruszenia integralności danych w stosunku do sytuacji, gdy operacje te wykonywane są za pomocą wielu tworzonych niezależnie i często ad hoc narzędzi.

Scentralizowanie dostępu do danych umożliwia zastosowanie w DBMS własnego mechanizmu kontroli i autoryzacji dostępu, bardziej szczegółowego aniżeli umożliwia to sam system operacyjny w stosunku do dostępu do plików. Dzięki wykorzystaniu modelu klient - serwer nie jest konieczne, aby każdy użytkownik posiadał dostęp do maszyny serwera bazy danych poprzez inne mechanizmy, aniżeli protokół komunikacyjny danego DBMS.

Ponieważ końcowy użytkownik bazy danych jest oddzielony przez DBMS od wewnętrznych mechanizmów działania bazy danych, formatu zapisu itp. i ma tylko do czynienia (poprzez program klienta i ew. protokół komunikacji) jedynie z logiczną strukturą danych, to ułatwia to rozwijanie aplikacji korzystających z tych danych w kierunku nowych zastosowań czy np. wprowadzenie zmian w wewnętrznej organizacji bazy danych bez konieczności zmian w klientach, co przyczynia się do płynności i bezpieczeństwa danych firmy produkującej pojazdy samochodowe i części zamienne.

Zadania realizowane przez DBMS można sklasyfikować w sposób następujący:

1. Zarządzanie zbiorami danych (części zamienne, projekty, technologie, kapitał ludzki itd.)
 - tworzenie nowych zbiorów (jednostek logicznej struktury DBMS, tj. baz danych, tabel, ...),
 - usuwanie zbiorów,
 - modyfikowanie struktury zbiorów,
 - wstawianie, aktualizowanie i usuwanie danych.
2. Wyszukiwanie informacji (stan produkcji pojazdów samochodowych i części zamiennych, zapasów, transportu, itd. w odpowiedzi na zapytania otrzymane od programów klienckich, baza danych zwraca dane będące wynikiem odpowiedniego przeszukania bazy danych, a programy klienckie zajmują się ich prezentacją użytkownikowi po ewentualnej dalszej obróbce.
3. Zarządzanie bazą danych jako całością
 - tworzenie kont użytkowników,

- definiowanie uprawnień dostępu,
- monitorowanie działania bazy danych.

W produkcji pojazdów samochodowych relacyjny model baz danych jest najlepszym rozwiązaniem. Model ten zapewnia wielopoziomą integralność danych. Zmiany w strukturze reguł między obiektami bazy danych nie wywierają istotnych wpływów na aplikację bazy danych, co pozwala na łatwe i dynamiczne generowanie danych, o dowolnej strukturze. Model ten jest bardzo dokładny i ma wysoką poprawność danych. W połączeniu z teorią ewidencji matematycznej pozwala na wydobywanie danych niepewnych i nieprecyzyjnych. Przykładowo - jeżeli klient zażyczy sobie pojazdu samochodowego w określonym kolorze i nieprecyzyjnych cechach, inteligentny system bazodanowy na podstawie niepewnej i rozmytej wiedzy dokładnie sprecyzuje pojazd bądź część zamienną określaną przez klienta.

4. PODSUMOWANIE

Produkcja pojazdów samochodowych i części zamiennych rozwija się w dużym tempie. Wzrost ten pociąga za sobą stosowanie nowoczesnych rozwiązań informatycznych. Modele te mają za zadanie optymalizować wszystkie fragmenty łańcucha logistycznego, tak aby minimalizować błędy, zwiększyć płynność produkcji itd. Ponieważ w wielu przypadkach dane przepływające przez system w czasie rzeczywistym mają charakter niepewny i nieprecyzyjny, zastosowanie inteligentnych metod obliczeniowych w systemach klasy MRP, MRPII, ERP, WMS i innych jest bardzo uzasadnione. Tylko inteligentne rozwiązania są w stanie optymalizować całą logistykę produkcji pojazdów samochodowych i części zamiennych i przyczynić się do istotnego zwiększenia zysków przedsiębiorstw je produkujących stosujących takie rozwiązania.

LITERATURA

- [1] Ciskowski P., *Learning context-dependebt neural nets Raport PRE /2002*, Politechnika Wroclawska, May 2002 (praca doktorska)
- [2] Hayes-Roth F., Waqterman D.A., Lenat D.B., *Building Expert Systems*, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1983.
- [3] Kacprzyk J., *Wieloetapowe sterowanie rozmyte*, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 2001
- [4] Kulikowski J., *Cybernetyczne układy rozpoznające*, PWN, Warszawa, 1972
- [5] Kurzyński M., *Złożone metody rozpoznawania* [w:] M. Nałęcz [red.], *Problemy Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej*, tom V: Informatyka Medyczna, s.159, WKiŁ, Warszawa 1990.
- [6] Mulawka J.J., *Systemy ekspertowe*, WNT, Warszawa 1996
- [7] Pearl J., *Probabilistic Reasoniing in Intelligent Systems: Network of Plausible Inference*, Morgan Kaufmann Pub. Inc., San Francisko, California, 1991
- [8] Piegat A., *Modelowanie i sterowanie rozmyte*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 1999
- [9] Tadeusiewicz R., Flasiński M., *Rozpoznawanie obrazów*, PWN, Warszawa, 1991.
- [10] Topolski M., *Komputerowe algorytmy rozpoznawania sekwencyjnego łączące teorię ewidencji matematycznej z teorią zbiorów rozmytych*, Raport PRE 1/2008, Politechnika Wroclawska (praca doktorska)
- [11] Wierchoń S.T., *Metody reprezentacji i przetwarzania informacji niepewnej w ramach teorii Dempstera-Shafera*, Instytut Podstaw Informatyki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa 1996
- [12] Zadeh L.A., *On fuzzy algorythms. Memo. ERL-M325. Iniv. Of California. Berkley* 1972.
- [13] Zhu H., Basir O., *Feature Region-Merging Based Fuzzy Rules Extraction for Pattern Classification*, IEEE international Conference on Fuzzy Systems(FUZZ-IEEE2003), pp. 696-701, 2003
- [14] Zhu H, Basir O., *Adaptive Fuzzy Evidential Reasoning with Information Theoretic Discounting for Robust Brain Tissue Classification*, 5th International Symposium on Soft Computing for Industry (WAC-ISSCI), SEVILLE, Spain, June 28 - July 1, 2004

THE INTELLIGENT LOGISTICAL SYSTEM IN THE CAR AND SPARE PARTS' PRODUCTION**SUMMARY**

The logistics of the car and spare parts' production is an essential problem of contemporary economy. The widely understood methods of data optimization, production management, transport and data bases - are the basis of attaining company profits. The adequate systems managing production, i.e. MRP, MRP II, enriched by artificial intelligence methods, do assist production processes very well. The classic optimization methods do not, however, allow the full analysis of imprecise and insufficient data. Unfortunately, the above methods signalling the future of production management systems are not widely used and their application requires the use of high class specialists, having the knowledge and being able to implement the intelligent modules, and the cells in which they can be applied so they can fully optimize, integrating all fragments of logistical chain.

Recenzent: dr inż. Tadeusz Popkowski