

Mariusz TOPOLSKI*

Katarzyna TOPOLSKA**

FUZJA SYSTEMU EKSPERTOWEGO Z TECHNOLOGIĄ RFID NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO FRAGMENTU ŁAŃCUCHA LOGISTYCZNEGO

Niniejsza praca ilustruje metodę połączenia systemu ekspertowego z technologią RFID. W pierwszej części artykułu można odnaleźć ogólne definicje RFID oraz systemu ekspertowego. Część druga zawiera ramowy opis fuzji dwóch analizowanych metod na przykładzie ruchu chorych w szpitalu, od przyjęcia wstępnego, poprzez księgę główną, przyjęcie i zatwierdzenie na oddziale, rozpoznanie stanu i leczenie pacjenta do wypisu.

Artykuł pokazuje, że połączenie hybrydowe systemu ekspertowego z technologią RFID pozwala zoptymalizować ruch chorych pod względem czasu przepływu informacji między ww. ogniwami ruchu chorych oraz minimalizuje błędy personelu szpitalnego i zwiększa bezpieczeństwo pacjentów. Ostatnia część pracy zawiera wyniki badań eksperymentalnych popartych analizą statystyczną wykazujących celowość autor-skiej metody.

1. Wstęp

Współczesna informatyka obejmuje metody komputerowe wspomagające pracę człowieka, poprzez proponowanie rozwiązań w warunkach nieprecyzyjnych, niepełnych danych. Systemy wspomagające działalność człowieka i podejmowanie różnorodnych decyzji nazywane są systemami ekspertowymi. Systemy te w odróżnieniu od tradycyjnych metod posiadają jawne algorytmy, które rozwiązują różne problemy, wykorzystując do tego celu zaawansowane metody wnioskowania. Przykładami takich metod są: logika rozmyta, sieci neuronowe, algorytmy genetyczne, possibilistyka, probabilistyka, teoria ewidencji matematycznej oraz wybrane zagadnienia statystyki matematycznej i modele hybrydowe. Liczne algorytmy z zakresu systemów ekspertowych prezentujące różne metody przetwarzania wiedzy można odnaleźć w publikacjach [1-14]. Obszary zastosowań systemów ekspertowych obejmują m.in.:

1. Sterowanie.
2. Zarządzanie procesami produkcyjnymi i wspomaganie logistyki.
3. Wnioskowanie w medycynie.
4. Rozpoznawanie obrazów.
5. Rozpoznawanie liter.

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

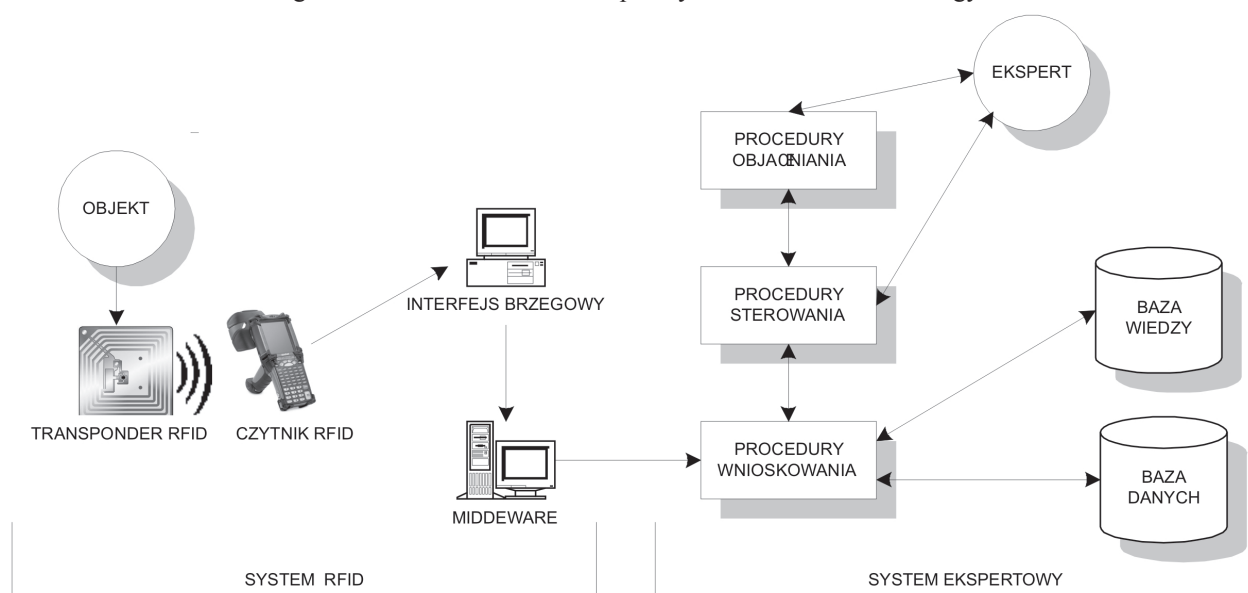
** Dr Katarzyna Topolska, Międzynarodowa Wyższa Szkoła Logistyki i Transportu we Wrocławiu.

6. Prognozowanie pogody.
7. Analizowanie szeregów czasowych i wahań giełdowych.
8. Optymalizacja.

Szkielet autorskiego systemu ekspertowego zilustrowano na rys. 1.

Rys.1. Schemat blokowy fuzji systemu ekspertowego z technologią RFID

Fig. 1. A block of draft fusion expert system and RFID technology.



W proponowanym podejściu system składa się z dwóch modułów. Pierwszy stanowi blok wejściowy danych i wstępne ich przetwarzanie. Moduł drugi to zintegrowany system ekspertowy. Baza danych zawiera zbiór reguł, macierzy danych i uogólnionych informacji o grupie obiektów. Zawiera ona dane o obiektach oraz informacje o możliwych rozwiązaniach. Zmienne te są gromadzone i przetwarzane dynamicznie w czasie rzeczywistym, co ma duże znaczenie np. w diagnostyce medycznej. Zarchiwizowane są tam również informacje statyczne, w postaci danych historycznych, np. historie chorób pacjentów, stany magazynowe, ewidencje leczenia itd., które służą celom statystycznym oraz prognozowaniu. Głównym elementem systemu ekspertowego jest blok zawierający procedury wnioskowania. Zawiera on maszynę wnioskującą, z algorytmami sterowania procesem dochodzenia do konkluzji przez system. Blok ten jest „mózgiem” całego systemu, gdyż to on odpowiada za zarządzanie ludźmi i różnymi środkami. Procedury objaśniania prezentują w sposób jawny gotowe rozwiązanie bądź ewentualne możliwości jego osiągnięcia. Procedury sterowania mają za zadanie odpowiednie formatowanie danych wejścia i wyjścia tak, aby możliwy był dialog z użytkownikiem. Ważną rolę pełni ekspert, który jest odpowiedzialny za niezawodność systemu i bazę wiedzy, tworząc np. nowe reguły postępowania.

Dzięki zastosowaniu technologii RFID (Radio Frequency Identification), system ekspertowy na wejściu otrzymuje aktualne dane, na podstawie których, stosując wewnętrzne mechanizmy przetwarzania danych tj. ich analizy, generuje najlepsze rozwiązanie lub zestaw rozwiązań. RFID jest technologią wykorzystującą do transmisji danych sygnał radiowy niskiej mocy. Zaletą tej technologii jest to, że nie ma konieczności bezpośredniego kontaktu optycznego tych elementów, ponieważ identyfikacja odbywa się na odległość. System RFID składa się z obiektu, którym może być człowiek bądź dowolna rozpoznawana rzecz. Każdy obiekt posiada transponder RFID, na którym mogą być zapisane różne informacje o tym obiekcie. Informacje te są odczytywane radiowo czytnikiem RFID. Informacja o obiekcie trafia do interfejsu brzegowego, który weryfikuje poprawność danych oraz middleware, który stanowi oprogramowanie.

mowanie pośredniczące (łącznik) między systemem RFID i systemem ekspertowym. Bardzo ważnym ogniwem technologii RFID jest tag (transponder), który składa się z chipa i anteny, które łącznie tworzą zespolony układ. Transpondery można podzielić na aktywne i pasywne. Tagi aktywne mają wbudowaną baterię, przez co w odróżnieniu od tagów pasywnych wymagają bardzo małej mocy, a ich zasięg sięga nawet do 100 metrów, zaś tagów pasywnych do 8 metrów. Transpondery można podzielić ze względu na częstotliwość, co prezentuje tabela 1.

Obszary zastosowań technologii RFID to:

- logistyka, nadzorowanie procesów produkcyjnych,
- inwentaryzacja i analiza stanów magazynowych,
- kontrola przyjęć towarów, zarządzanie dokumentami,
- identyfikacja ludzi i zwierząt,
- systemy antykradzieżowe, biblioteki, archiwa, systemy biletowe,
- sterowanie ruchem miejskim itd.

Tabela 1. Specyfikacja częstotliwościowa transponderów RFID.
Table 1. Specificity of the frequency RFID tag.

TRANSPONDER RFID	Low Frequency LF	High Frequency HF	Ultra High Frequency UHF
CZĘSTOTLIWOŚĆ	125 KHz	13,56 MHz 8,2 MHz	868-960 MHz, 2,45 GHz
ODLEGŁOŚĆ ODCZYTU	Odczyt do kilkudziesięciu centymetrów	Odczyt do 1 metra	Odczyt do 8 m (aż do kilkuset dla znaczników aktywnych)
ZASTOSOWANIE	Systemy RCP i KD, pro- dukcja, identyfikacja zwie- rząt, ludzi i przedmiotów, rejestracja dokumentów	Rejestracja dokumen- tów, łańcuch dostaw, karty personalizacyjne, bilety, systemy biblio- teczne	Logistyczny łańcuch do- staw w aspekcie global- nym
CHARAKTERYSTYKA	Mała przepustowość, krótki zasięg, odporności na wysokie temperatury, chemikalia, wilgoć, zabru- dzenia	Średnia przepusto- wość, systemy anty- kolizji, dopuszczalne wysokie temperatury, chemikalia, wilgoć i zabrudzenia	Duża przepustowość, system antykolizji, odpor- ności na wysokie tempe- ratury, chemikalia, wilgoć, zabrudzenia

źródło: www.comex.net.pl

Głównym atutem technologii RFID jest możliwość ciągłej modyfikacji danych zapisanych na chipie. Należy nadmienić, że RFID umożliwia jednoczesny odczyt danych oraz ich zapis. Szybka transmisja danych jest bardzo ważnym atutem tej technologii. Przykładowo w trakcie inwentaryzacji istnieje możliwość odczytu około kilkudziesięciu produktów na sekundę. W inwentaryzacji sklepu odzieżowego, mającego na stanie 2000 ubrań, potrzeba około 5 osób, aby w ciągu jednego dnia roboczego zrobić inwentaryzację. W tym czasie sklep ponosi dodatkowe straty związane z wyłączeniem sprzedaży w tym dniu. System RFID może dokonać inwentaryzacji w ciągu jednej minuty w czasie normalnej pracy sklepu. Zatem korzyści chociażby z tego tytułu są wymierne, mimo że koszt jednego taga wynosi w granicach 50 groszy. Inną zaletą technologii RFID jest możliwość szyfrowania danych oraz optymalizacja nakładów pracy przy intensywnym zbieraniu danych poprzez minimalizację czasu i błędów.

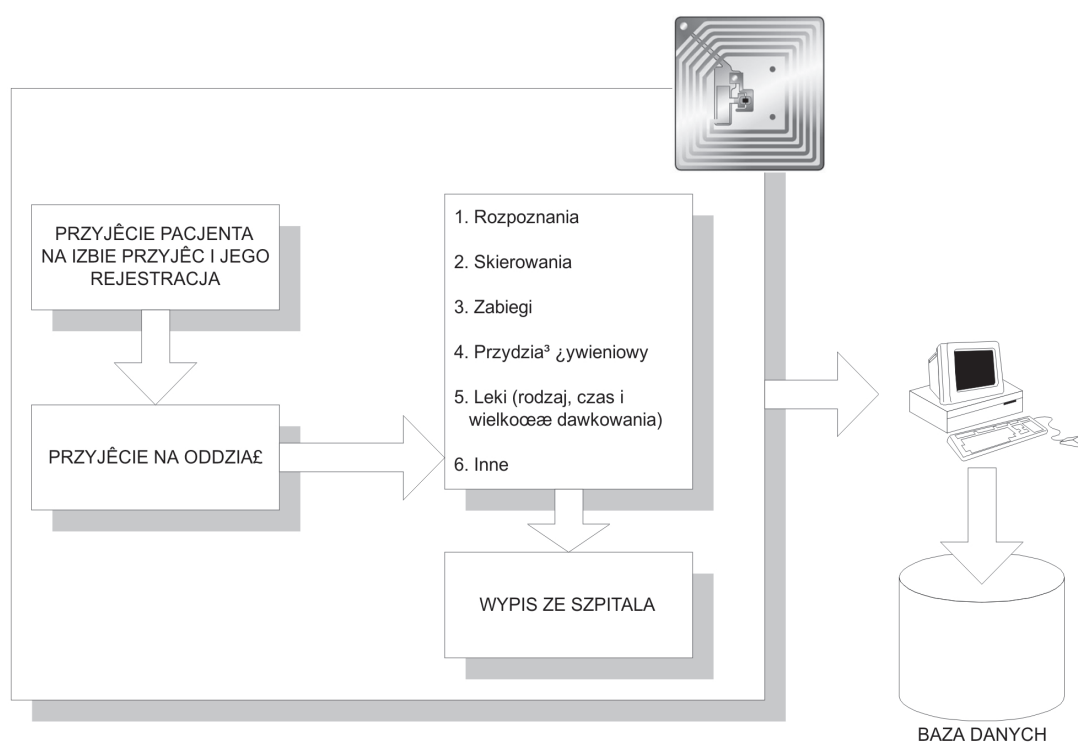
2. Zastosowanie fuzji technologii RFID z systemem ekspertowym w służbie zdrowia

Model zunifikowanego systemu ekspertowego z technologią RFID jest autorskim rozwiązaniem. Ogólnie sens takiego modelu zostanie przedstawiony na przykładzie służby zdrowia.

Jakże często słyszy się o braku funduszy, o nieścisłościach w stanach magazynowych, braku organizacji ruchu chorych począwszy od przyjęcia do szpitala, poprzez wszystkie procedury, aż do wypisu. Z tymi i wieloma podobnymi problemami może poradzić sobie ww. model.

Ruch chorych w szpitalu odbywa się według pewnego schematu, który przedstawiony jest na rys. 2. Pacjent w rejestracji otrzymuje wstępnie zakodowaną opaskę z transponderem, która mocowana jest na nadgarstku. Na każdym etapie ruchu chorego, system RFID identyfikuje radiowo pacjenta zapisując na jego tagu, począwszy od danych personalnych, numer ewidencyjny, numer oddziału, na który został przydzielony, skierowania, wyniki badań, rozpoznania, itd. Po przyjęciu chorego na oddział system prowadzi szeroko rozumianą jego ewidencję. W przypadku zlecenia podania krwi natychmiast zostaje sprawdzony stan w bazie krwi i zamówiona odpowiednia jednostka, a w przypadku braku jej w szpitalu zamówiona w stacji krwiodawstwa. Zaletą takiego modelu jest możliwość szybkiego reagowania na zmieniające się parametry życiowe pacjenta. Informacja z czujników pomiarowych (np. temperatura, tętno, ciśnienie krwi i inne) wysyłana jest do transpondera, na którym jest zapisywana i jednocześnie wysyłana do systemu ekspertowego. Zadaniem systemu ekspertowego jest analiza wyników i w przypadku odchyleń od norm zawiadomienie personelu medycznego i jednocześnie wskazanie możliwej diagnozy. Zapis danych na transponderze daje lekarzowi możliwość natychmiastowego dostępu do wyników badań i postawienia diagnozy, która wcześniej może zostać zaproponowana przez moduł doradczy.

Rys.2. Ruch chorych
Fig. 2. Traffic of patient.



Do rozpoznawania stanów pacjenta można wykorzystać model sekwencyjny wykorzystujący metody sztucznej inteligencji, który został przetestowany w Szpitalu Wojewódzkim we Włocławku. Jego algorytm można odnaleźć w pracy [11]. System taki działa sekwencyjnie, tzn. do postawienia aktualnej diagnozy wykorzystuje zapisaną w bazie danych historię pacjenta, w postaci jego poprzednich stanów, poprzednich terapii. System taki łączy teorię zbiorów rozmytych¹ z teorią ewidencji matematycznej², przez co jest lepszy w sensie częstości poprawnych diagnoz od istniejących systemów jednoetapowych, które wykorzystują tylko aktualną wiedzę o obiekcie. Aby zabezpieczyć na wysokim poziomie działanie aparatury medycznej, do oceny jej niezawodności można zaadaptować model z pracy [10]. Model taki jest w stanie określić niezawodność, otrzymując z czujników pomiarowych dane określające wielkość ruchomych elementów aparatu, prądy upływu izolacji elektrycznej, szybkość działania, poziom inwazyjności, dokładność wyników, itd.

Moduł systemu ekspertowego [10] można z powodzeniem zaadaptować do takich urządzeń medycznych jak:

- systemy do rezonansu magnetycznego,
- systemy do angiografii,
- systemy do koronarografii,
- systemy do teleradioterapii,
- systemy medycyny nuklearnej,
- tomografy komputerowe,
- aparaty rentgenowskie do radioskopii,
- aparaty rentgenowskie do radiografii.

Innym zadaniem systemu ekspertowego jest zarządzanie zasobami szpitalnymi, tak aby zabezpieczyć niezbędne środki do leczenia każdego pacjenta. W tym celu w szpitalu należy nakleić tagi RFID i nadać unikalne kody towarom, badaniom, materiałom do badań, środkom trwałym, aby można było prowadzić ich dokładną ewidencję w punktach ich dostawy, w punktach krwiodawstwa, w laboratorium, w aptece, pralni, szatni, kuchni, itd. Zadaniem systemu ekspertowego jest koordynowanie całej logistyki szpitala, obniżając koszty funkcjonowania szpitala oraz zwiększenie bezpieczeństwa pacjenta, zwiększając szanse otrzymania na czas pomocy. Szkielec takiego systemu poza algorytmami rozpoznawania zbudowany jest z reguł postępowania typu jeżeli (przesłanka) to (konkluzja). Do oceny aktualnych stanów magazynowych oraz zapotrzebowania na określone środki system ekspertowy wykorzystuje różne jedno- i wieloczynnikowe analizy statystyczne. Zastosowanie sieci neuronowych i algorytmów genetycznych w takim systemie ekspertowym dodatkowo może wspomóc eksperta w optymalizacji parametrów systemu, co przyczynia się do szybkiego osiągnięcia zbieżności do najlepszych rozwiązań.

3. Ankietyzacja

W celu zasięgnięcia opinii odnośnie sensowności wprowadzenia metody fuzji systemu RFID z systemem ekspertowym w środowisku szpitalnym po wygłoszeniu referatu przeprowadzono ankietyzację w gronie lekarzy i pacjentów. W celu odpowiedzi na pytanie, czy ww. system istotnie poprawi logistykę w służbie zdrowia, wykonano test chi-kwadrat niezależności, ankietyzując wcześniej 40 lekarzy i 40 pacjentów. W tabelach 2 i 4 znajdują się tabele krzyżowe z częstościami oceny zmian w logistyce szpitali według lekarzy i pacjentów przy zastosowaniu tradycyjnych metod i metodą zaproponowaną

¹ Zbiór rozmyty (ang. fuzzy set) – obiekt matematyczny ze zdefiniowaną funkcją przynależności, która przybiera wartości z przedziału [0, 1]. Przeciwdziedzina funkcji przynależności klasycznego zbioru ma jedynie dwie wartości: 0 i 1.

² Ewidencja matematyczna – zwana teorią funkcji przekonania. Jest stosowana w przypadku danych niepewnych, nieprecyzyjnych. Różni się od probabilistyki możliwością przypisania prawdopodobieństwa grupom odpowiedzi, a nie tylko pojedynczym zdarzeniom. Traktuje ona prawdopodobieństwo w sposób subiektywny.

w artykule. Na poziomie istotności statystycznej $p < 0.05$ istnieje silna zależność między oceną zmian w przyszłości w logistyce szpitalnej a dwoma metodami zarządzania placówką szpitala. Według opinii ($N=13$, 65%) lekarzy, fuzja dwóch systemów istotnie polepszy logistykę szpitala, natomiast aktualne metody według ($N=14$, 70%) tylko mogą w przyszłości przyczynić się do pogorszenia jakości zarządzania w szpitalach.

Tabela 2. Tabela krzyżowa

Table 2. Cross table

System	Statystyka				
		logistyka szpitala	logistyka szpitala nie zmianie	logistyka szpitala	
Fuzja RFID i systemu ekspertowego	Liczebność	2	5	13	20
	% z System	10,0%	25,0%	65,0%	100,0%
	% z Poziom_ aprobaty	12,5%	50,0%	92,9%	50,0%
	% z Ogółem	5,0%	12,5%	32,5%	50,0%
brak systemu informatycznego	Liczebność	14	5	1	20
	% z System	70,0%	25,0%	5,0%	100,0%
	% z Poziom_ aprobaty	87,5%	50,0%	7,1%	50,0%
	% z Ogółem	35,0%	12,5%	2,5%	50,0%
Ogółem	Liczebność	16	10	14	40
	% z System	40,0%	25,0%	35,0%	100,0%
	% z Poziom_ aprobaty	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	% z Ogółem	40,0%	25,0%	35,0%	100,0%

Tabela 3. Statystyki chi-kwadrat

Table 3. Statistics chi-square

Statystyki		Df	-
Chi-kwadrat Pearsona	19,286(a)	2	0,000
Iloraz wiarygodności	22,327	2	0,000
Test związku liniowego	18,783	1	0,000
N Ważnych obserwacji	40		

Tabela 4. Miary symetryczne

Table 4. Measures of symmetrical

Statystyka		Wartość	Istotność przybliżona
Nominalna przez Nominalna	Phi	0,694	0,000
	V Kramera	0,694	0,000
N Ważnych obserwacji		40	

a) Nie zakładając hipotezy zerowej.

b) Użyto asymptotycznego błędu standardowego, przy założeniu hipotezy zerowej.

Tabela 5. Tabela krzyżowa
Table 5. Cross table

System	Statystyka				
		pogorszy	Pozostanie	polepszy	
Fuzja RFID i systemu ekspertowego	Liczebność	0	7	13	20
	% z System	,0%	35,0%	65,0%	100,0%
	% z Opinia_pacjentów	,0%	43,8%	86,7%	50,0%
	% z Ogółem	,0%	17,5%	32,5%	50,0%
brak systemu informatycznego	Liczebność	9	9	2	20
	% z System	45,0%	45,0%	10,0%	100,0%
	% z Opinia_pacjentów	100,0%	56,3%	13,3%	50,0%
	% z Ogółem	22,5%	22,5%	5,0%	50,0%
Ogółem	Liczebność	9	16	15	40
	% z System	22,5%	40,0%	37,5%	100,0%
	% z Opinia_pacjentów	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	% z Ogółem	22,5%	40,0%	37,5%	100,0%

Tabela 6. Statystyki chi-kwadrat
Table 6. Statistics chi-square

Statystyka		df	-
Chi-kwadrat Pearsona	17,317(a)	2	0,000
Iloraz wiarygodności	21,741	2	0,000
Test związku liniowego	16,883	1	0,000
N Ważnych obserwacji	40		

Tabela 7. Miary symetryczne
Table 7. Measures of symmetrical

Statystyka		Wartość	Istotność przybliżona
Phi	0,658	0,000	0,000
V Kramera	0,658	0,000	0,000
N Ważnych obserwacji		40	

a) Nie zakładając hipotezy zerowej.

b) Użyto asymptotycznego błędu standardowego, przy założeniu hipotezy zerowej.

Według (N=13, 65%) pacjentów sytuacja w służbie zdrowia polepszy się po zastosowaniu fuzji systemów. Natomiast (N=9, 45%) pacjentów uważa, że przy aktualnym zarządzaniu sytuacja w służbie zdrowia pogorszy się bądź pozostanie bez zmian.

Wyniki dowodzą, że zaproponowana metoda cieszy się aprobatą zarówno w środowisku lekarzy, jak i w środowisku pacjentów.

4. Podsumowanie

W pracy wskazano nowe podejście wykorzystujące do optymalizacji logistyki szpitalnej fuzję systemu RFID i systemu ekspertowego. Pierwszy z nich pozyskuje radiowo informację, a drugi przetwarza ją i podejmuje optymalne decyzje, niejednokrotnie ratujące zdrowie i życie pacjenta, jak również obniżając koszt funkcjonowania szpitala.

System taki zapewnia prawidłową identyfikację pacjenta, kontroluje proces leczenia, reaguje na zmieniające się parametry życiowe pacjenta, sprawia, że lekarz może bardziej skupić się na pacjencie a mniej na wypełnianiu skierowań, recept, itp. Innym ważnym aspektem jest optymalizacja zleceń medycznych, identyfikacja jednostek szpitalnych, które tworzą nieuzasadnione koszty. Pacjenci natomiast będą bardziej zadowoleni z obsługi medycznej, nie będą musieli stać w kolejkach do rejestracji, itd.

Szpital będzie mógł optymalnie kontrolować przychody i koszty, lepsze i bezpieczniejsze zarządzanie lekami, zapasami, itp., minimalizować błędy w leczeniu wynikające z niewłaściwej interpretacji dokumentacji. Ze względu na możliwość radiowej identyfikacji ruchu chorych, personelu medycznego oraz środków szpitala, każdy lekarz bierze na siebie odpowiedzialność za pacjenta. Ponadto rozmieszczenie anten RFID w magazynach, laboratoriach, kuchni itd. pozwoli na bieżącą identyfikację dóbr szpitala prowadząc ich ewidencję, generując w razie konieczności zapotrzebowania i minimalizując jednocześnie możliwość kradzieży.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ciskowski P., Learning context-dependent neural nets Raport PRE /2002, Politechnika Wrocławska 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 Reasoning in Intelligent Systems: Network of Plausible Inference, Morgan Kaufmann Pub. Inc., San Francisco, 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] Topolska K., Metoda przyspieszonej oceny stanu granicznego elementów mechanicznych, Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska 2007, PRE 4/2007.
- [11] Topolski M., Komputerowe algorytmy rozpoznawania sekwencyjnego z modelem łączącym teorię ewidencji matematycznej z teorią zbiorów rozmytych., Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska 2008, PRE 1/2007.
- [12] 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
- [13] 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

FUSION OF EXPERT SYSTEM AND RFID TECHNOLOGY OVER FRAGMENT OF LOGISTICAL CHAIN**SUMMARY**

In this paper we show method of connection of expert system and RFID technology. In first part we can find definition of the RFID and the expert system. Next part includes description of fusion of two analysed methods over traffic of patient in hospital, first recognition, through mainly book, receive and confirmation on ward, recognition and treatment patient to book out hospital. In following article we prove that hybrid connection of expert system and RFID technology allows optimize traffic of patient over time of circulation of information between parameter of traffic patient and minimize mistakes of hospital's personal date. At the end we present results of experiments based on statistical analysis which show the goal of author's method.

