

**BIULETYN TECHNICZNO-INFORMACYJNY**

**TERMIN**



*P. 2800/89*

PL ISSN 0239-6645

Nr ind. 35309

**5** (311)

**6** (312)

**1989**



650



# BIULETYN TECHNICZNO-INFORMACYJNY

---



P.2800/89

---

## WYDAWCA: Zrzeszenie Producentów Środków Informatyki, Automatyki i Aparatury Pomiarowej „MERA”

KOLEGIUM REDAKCYJNE: mgr A. Chróścielewska, dr inż. J. Dyczkowski (redaktor naczelny), mgr J. Kutrowska (sekretarz redakcji)

RADA PROGRAMOWA: inż. J. Bartak, inż. D. Łochocki, mgr S. Majchrzak, mgr inż. A. Musielak, inż. H. Olekśy, mgr inż. H. Piłko, dr inż. B. Piwowar, dr hab. inż. K. Urbaniec

Opracowanie: Redakcja Biuletynu Techniczno-Informacyjnego „Mera” przy Ośrodku Badawczo-Wdrożeniowym „Mercomp” ul. Poezji 19, 04-994 Warszawa tel. 12-90-11 w. 17-54

Druk: Przedsiębiorstwo Automatyki Przemysłowej „Mera-Pnefal”, ul. Poezji 19, 04-994 Warszawa. Zam. 82/89 Nakład 1420 egz.

Warunki prenumeraty: jednostki gospodarki społecznej, instytucje, organizacje i wszelkiego rodzaju zakłady pracy zamawiają prenumeratę w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa-Książka-Ruch”, w miejscowościach zaś, w których nie ma Oddziałów RSW - w urzędach pocztowych. Czytelnicy indywidualni opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych I u doręczycieli. Prenumeratę roczną w cenie 3900 zł należy zamawiać do 25 listopada na rok następny, półroczną do 10 czerwca r.a II półrocze (1950 zł).



M. Kurzyński	Algorytmy i programy komputerowo wspomaganą diagnostyki medycznej z zastosowaniem metod modelowania i identyfikacji dla wybranych przykładów.....	4
L. Bobrowski H. Wasyluk	HEPAR - Komputerowy system wspomaganą diagnostyki chorób wątroby oparty na statystycznych technikach wielowymiarowych .....	7
J. Cianciara	System komputerowy budowany w Instytucie Chorób Zakaźnych i Pasożytniczych AM w Warszawie.....	8
E. Czogała, J. Chmielniak, D. Czaja-Pośpiech, J. Drewniak	System ekspertowy dla wspomaganą decyzji w dziedzinie chorób wewnętrznych .....	9
R. Braczkowski, A. Brodziak, M. Jastrzębski, M. Ryś	System ekspertowy kontrolujący długoterminowe leczenie chorych na nadciśnienie tętnicze .....	12
M. Valenta	Systemy informatyczne wspomaganą diagnostyki pediatrycznej realizowane w oparciu o narzędzia i metody sztucznej inteligencji .....	14
J. Ruszkowski	System konsultacji lekarskiej w podstawowych zagadnieniach ginekologicznych dla placówek podstawowej opieki zdrowotnej .....	17
J. Jagielski, K. Laszki-Szczachor, L. Rusiecki	Mikrokomputerowy system analizy elektrokardiogramów	22
A. Maciejewski J. Jagielski	Mikrokomputerowy system do rejestracji i analizy wywołanych potencjałów wzrokowych i słuchowych - NEUROMIC..	25
K. Frączkowski	Audiometria komputerowa z uwzględnieniem potencjałów BAEP .....	28
H. Filipowski, J. Jagielski, L. Noga	CYTOCHROMICS - mikrokomputerowy system do wspomaganą diagnostyki cytogenetycznej człowieka .....	33
L. Czerchawski, J. Jagielski M. Galos	HEMOSTAZA - komputerowy system informacji o chorych z genetycznie uwarunkowanymi skazami krwotocznymi pochodzenia osocznego na Dolnym Śląsku .....	36
A. Szymowski, L. Krawentek, G. Skiba, J. Pietrzyk, J. Lenik, P. Mierzewski	Kontrola przebiegu leczenia dializą przy pomocy systemu komputerowego .....	37
K. Frączkowski, J. Przybycień, H. Galant	Szpitalny system zarządzania gospodarką lekami w sieci komputerowej ANETWARE 286 .....	39
A. Czapla, S. Franiel, L. Markiewicz, W. Pedrycz, E. Piętka, J. Stroncsek	Mikrokomputerowy system wspomaganą diagnostycznej pracowni psychologii pracy.....	42
R. Dulewicz	Zastosowanie optycznej transformacji Fouriera w optoelektronicznym hybrydowym systemie w celu analizy obrazów biomedycznych.....	45
J. L. Kulikowski	Systemy komputerowego przetwarzania obrazów dla potrzeb diagnostyki lekarskiej.....	48
J. Doroszewski	Komputerowe wspomaganą dydaktyki medycznej - "Medyczo-metodologiczne podstawy problemów decyzyjnych w medycynie" / cel nr 119/.....	51



Wszystkie artykuły zawarte w bieżącym numerze Biuletynu Techniczno-Informacyjnego MERA stanowią doniesienia tylko o części prac wykonanych w ramach CBPR 11.9. koordynowanego przez Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN pod kierunkiem jego dyrektora i naczelnego koordynatora tego problemu prof. dr inż. Macieja Nałęcza oraz zastępcy koordynatora doc. dr hab. inż. Władysława Torbicza.

Różnorodność przedstawionych tu systemów informatycznych jest ilustracją jak szerokie są potrzeby i możliwości zastosowania i wykorzystania technik komputerowych w medycynie.

Pierwsza praca - z Instytutu Sterowania i Techniki Systemów Politechniki Wrocławskiej, poświęcona jest metodzie wieloetapowego matematycznego wspomaganie doboru terapii immunologicznej oraz rozpoznawania ostrej niewydolności nerek i leczenia dializoterapią w nefrologii pediatrycznej. Autor jej rozpoczął również prace nad wspomaganie doboru schematu leczenia cytostatykami chorych z chłoniakami niezaiarniczymi.

Następna praca - z Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN oraz Centrum Medycznego Kształcenia Podyplomowego, omawia system matematycznego wspomaganie diagnostyki chorób wątroby metodami statystyki wielowymiarowej z przedstawieniem graficznym w postaci mapy wyniku.

Praca z Kliniki Chorób Zakaźnych AM w Warszawie poświęcona jest opracowaniu systemu informatycznego dla wspomaganie diagnostyki niektórych zapaleń wątroby i toksoplazmozy.

Następne cztery prace dotyczą diagnostycznych systemów ekspertowych /SE/ opartych na metodach sztucznej inteligencji. Pierwsza z nich z Instytutu Elektroniki Politechniki Śląskiej przedstawia SE dla wspomaganie decyzji diagnostycznych i leczniczych w zaburzeniach gospodarki kwasowo-zasadowej i elektrolitowej. Następna z V Kliniki Chorób Wewnętrznych Śl. AM przedstawia SE do kontroli długoterminowego leczenia chorych na nadciśnienie tętnicze. Oba SE powstały we współpracy i znalazły zastosowanie w V Klinice chorób Wewnętrznych Śl. AM.

Kolejna praca - zespołu z Instytutu Informatyki AGH i Instytutu Pediatrii AM w Krakowie przedstawia 3 SE:

- DIADYS poświęcony diagnostyce wrodzonych zespołów wad z manifestacją w obrębie twarzy-czaski,
- DIACOL -SE diagnostyki różnicowej chorób tkanki łącznej u dzieci. Oba te systemy ekspertowe różnią się sposobem reprezentacji wiedzy w bazie wiedzy i mechanizmami wnioskowania.
- ICTERUS dla wspomaganie diagnostyki żółtaczek niemowlęcych.

Czwarta praca z CMKP dotyczy SE do konsultacji podstawowych zagadnień ginekologicznych w podstawowej opiece zdrowotnej.

Praca z Zakładu Patofizjologii AM we Wrocławiu przedstawia automatyczny mikrokomputerowy system analizy i diagnostyki zapisu EKG, oparty na ok. 400 parametrach decyzyjnych krzywej EKG. Algorytm postępowania diagnostycznego wykorzystuje 29 testów i zmodyfikowane kryteria Bonnera. Sformułowanie rozpoznania następuje za pomocą słownika diagnostycznego opracowanego dla systemu. Praca z Wojskowego Szpitala Klinicznego we Wrocławiu przedstawia system audiometrii komputerowej z uwzględnieniem potencjału wzbudzonego z kory i pnia mózgu. Wykorzystanie tego systemu znacznie rozszerza i obiektywizuje ocenę diagnostyczną w zakresie patologii słuchu. Wykorzystaniu w diagnostyce metody wywołanych potencjałów mózgowych wzrokowych i słuchowych służy NEUROMIC - mikrokomputerowy system do rejestracji i analizy potencjałów wzrokowych i słuchowych opracowany w Zakładzie Patofizjologii AM we Wrocławiu.

Wspomaganie diagnostyki aberracji strukturalnych chromosomów człowieka służy mikrokomputerowy system do wspomaganie diagnostyki cytogenetycznej człowieka - CYTOCHROMICS, opracowany w Zakładzie Patofizjologii AM we Wrocławiu.

Instytut Pediatrii AM i Instytut Elektroniki AGH w Krakowie przedstawiają system komputerowy kontroli przebiegu leczenia dializą, oparty na jednoprzestrzennym modelu dystrybucji mocznika. Pozwala to na jednoznaczne określenie indywidualnych parametrów dializy, u poszczególnych chorych i zobiektywizowanie indywidualnego programowania sesji dializacyjnej.

Przykładem komputerowego systemu informacji o zasięgu regionalnym o chorych z genetycznie uwarunkowanymi skazami krwotocznymi pochodzenia osoczowego jest system HEMOSTAZA opracowany w Zakładzie Patofizjologii AM we Wrocławiu. W Wojskowym Szpitalu Klinicznym we Wrocławiu opracowano szpitalny system zarządzania gospodarką lekami SALUS, usprawniający nie



tylko zaopatrzenie i dystrybucję leków, ale również informujący o lekach i ich interakcji. System może pracować samodzielnie lub jako moduł w sieci.

W Instytucie Elektroniki Politechniki Śląskiej zbudowano system wspomagania diagnostyki psychologicznej, niezbędnej do kwalifikacji zawodowej. System ten jest wdrożony do badania kandydatów do pracy w kolejnictwie i górnictwie.

W trzech pracach IBIB PAN omówiono zastosowanie optycznej transformacji Fouriera w optoelektronicznym hybrydowym systemie dla analizy obrazów mikroskopowych i IMPAS - modułowy interakcyjny system przetwarzania obrazów oraz wyspecjalizowane systemy: CPO-3/IBM PC XT do morfometrycznej analizy obrazów mikroskopowych, CPO/M 68010 do analizy obrazów rtg i GROD/1 do graficznego modelowania fragmentów układu naczyń krwionośnych.

Ostatnią pracą w tym numerze, ale o dużym znaczeniu perspektywnym jest omówienie prac wykonanych w Zakładzie Biofizyki i Biomatematyki CMKP w zakresie analizy logicznej struktury wiedzy medycznej i procesów rozwiązywania problemów diagnostycznych i terapeutycznych oraz kryteriów wyboru najlepszego działania lekarskiego. Prace te stały się już podstawą do prac wdrożeniowych w postaci komputerowego wspomagania dydaktyki metodami symulacyjnymi i to zarówno w zakresie nauk podstawowych jak i klinicznych.

Wszystkie przedstawione artykuły są jedynie zwięzłymi doniesieniami sygnalizującymi rozwiązana lub rozwiązywaną tematykę. Wszystkich zainteresowanych tymi pracami prosimy o nawiązanie kontaktu z autorami, celem zapoznania się szczegółowego z odpowiednimi systemami komputerowymi i możliwością ich wykorzystania we własnych placówkach. Prace te bowiem przeznaczone są do powielania w zakładach krajowej służby zdrowia.

Kierownik Sekcji Y.CPBR 11.9.  
Informatyka Biomedyczna  
prof. dr med. Edward Waniowski



MAREK KURZYŃSKI  
Politechnika Wrocławska  
Instytut Sterowania i Techniki Systemów

## ALGORYTMY I PROGRAMY KOMPUTEROWO WSPOMAGANEJ DIAGNOSTYKI MEDYCZNEJ Z ZASTOSOWANIEM METOD MODELOWANIA I IDENTYFIKACJI DLA WYBRANYCH PRZYKŁADÓW

Realizowany temat ma dwojaki cel:

1. Cel ogólnometodologiczny, polegający na opracowaniu nowej koncepcji diagnostyki z zastosowaniem metod rozpoznawania, modelowania i identyfikacji, ilustracja tej koncepcji i przebadanie jej przydatności na wybranych przykładach praktycznych, a w rezultacie opracowanie metod, algorytmów i wskazówek, dotyczących projektowania odpowiednich systemów komputerowych, w miarę uniwersalnych, które mogłyby być rekomendowane do zastosowań w różnych przypadkach praktycznych.
2. Cel użytkowy, polegający na opracowaniu konkretnych systemów komputerowych, realizujących opracowaną koncepcję.

Istota proponowanej koncepcji ogólnej polega na zastosowaniu modelowania i identyfikacji badanego obiektu /organu, układu, procesu fizjologicznego/ do opracowania algorytmów roz-

poznawania jego stanów. W przypadkach, gdy identyfikacja i rozpoznawanie nie są w czasie rozdzielone, oznacza to rozpoznawanie w systemie dwupoziomowym z modelowaniem i identyfikacją na dolnym poziomie, na którym wyznaczone są wartości cech do rozpoznawania na poziomie górnym. Oznacza to zatem sytuację, gdy cechy do rozpoznawania nie są mierzone lub obserwowane bezpośrednio, lecz są wynikiem przetworzenia innych danych pomiarowych /na dolnym poziomie/. Przetwarzanie to może oznaczać nie tylko identyfikację, tj. eksperymentalne wyznaczenie parametrów modelu, ale również pomocnicze rozpoznawanie, których wyniki stanowią cechy do rozpoznawania właściwego, a także tzw. wstępną obróbkę danych, np. filtrację.

Podstawowe problemy metodologiczne wiążą się z tym, iż wyznaczenie algorytmów przetwarzania informacji na obu poziomach nie może



być rozdzielone i traktowane jako dwa oddzielne, w zasadzie znane zadania. Ponadto, przy bardziej ogólnym podejściu, postać modelu badanego obiektu może jeszcze nie być znana, a jego opracowanie /w różnej, niekoniecznie konwencjonalnej formie/ z zastosowaniem badań eksperymentalnych i metod identyfikacji oznacza odpowiednio ustalenie wiedzy o badanym obiekcie, która może być wykorzystana do racjonalnego opracowania algorytmów diagnostycznych, a nawet do ustalania zbioru możliwych stanów oraz wyboru cech diagnostycznych.

Opracowana metodologia rozpoznawania z wykorzystaniem wiedzy o badanym obiekcie została lub zostanie wykorzystana w trzech następujących systemach komputerowych wspomagania decyzji medycznych.

#### System komputerowy dla badań immunologicznych

Zadaniem systemu, działającego na prostym mikrokomputerze COMMODORE SX64, jest gromadzenie danych o stanie układu immunologicznego pacjentów oraz przetwarzanie tych danych obejmujące, obok typowych obliczeń statystycznych, identyfikację wybranych procesów i wspomaganie doboru terapii immunologicznej. Menu systemu oferuje następujące funkcje:

- wprowadzenie, modyfikacja i kasowanie rekordu /opisu pojedynczego badania pacjenta/,
- wyszukiwanie rekordów spełniających zadane warunki,
- wyszukiwanie rekordów według nazwiska /numeru/ pacjenta,
- prezentacja graficzna rekordu,
- obliczenia statystyczne,
- identyfikacja,
- wspomaganie doboru terapii immunologicznej.

Jedną z cech systemu jest możliwość pracy w trybie interakcyjnym /dostęp do danych z klawiatury/ oraz programowym. Ta ostatnia zapewnia dostęp do danych z programów napisanych w języku PASCAL, co umożliwi wzbogacenie funkcji użytkowych systemu poprzez tworzenie nowych programów przetwarzania danych pomiarowych.

#### Komputerowy system wspomaganie decyzji terapeutycznych i diagnostycznych dla nefrologii pediatricznej

Opracowywany system realizuje dwie funkcje decyzyjne: wspomaganie diagnozy ostrej niewydolności nerek /onn/ u dzieci oraz wspomaganie procesu dializy otrzewnowej.

#### Wspomaganie diagnozy onn u dzieci

Realizacja funkcji odbywa się poprzez wyświetlenie kolejno dwóch ekranów z wymienionymi 49 cechami klinicznymi, dla których należy po-

dać zaobserwowane wartości tych cech u diagnozowanego dziecka. Zrezygnowano tutaj z dokładnych wartości liczbowych na rzecz ich słownych określeń /np. normalny, podwyższony, szybki, itp. /. Dodatkowo, dla każdej cechy dopuszczalny jest opis: wartość cechy nieznaną /???./. Wszystkie określenia właściwe dla aktualnie rozpatrywanej cechy wyświetlane są w górnej części ekranu, a wprowadzenie wartości cechy odbywa się poprzez ustawienie podświetlonego pola na żądanym określeń. W razie potrzeby informuje o tym dostępny "help". Jednocześnie u dołu ekranu wyświetlane są wszystkie możliwe diagnozy, a jedna z nich - wyeksponowana podświetlonym polem - stanowi bieżącą decyzję systemu, właściwą dla aktualnie wprowadzanych danych. Jest ona podejmowana w oparciu o tzw. bazę wiedzy, będącą zbiorem uzyskanych od eksperta i zakodowanych w komputerze reguł postaci:

JEŚLI warunek TO diagnoza X.

Symbol X oznacza jedną z możliwych diagnoz. Warunek jest pewnym wyrażeniem, które może być prawdziwe /spełnione/ lub nie, w zależności od zaobserwowanych objawów i innych cech charakteryzujących pacjenta i jego stan. Dodatkowo z każdą regułą związany jest pewien współczynnik liczbowy /tzw. współczynnik wagowy/ określający ważność danej reguły.

W zrealizowanym programie komputerowym zastosowano następującą metodę pozwalającą automatycznie postawić jednoznaczna diagnozę. Przy danych zaobserwowanych objawach wyznacza się zbiór reguł o spełnionych warunkach. Zbiór ten dzieli się na grupy reguł dających takie same rozpoznania i w tych grupach sumuje się wartości współczynników wagowych. Ostatecznie komputer stawia tę diagnozę, której odpowiada grupa o największej sumie. Takim też sens ma liczba figurująca przy każdej z diagnoz. Komputer naśladuje tutaj sposób postępowania eksperta /stanowi model jego działania/ polegający na tym, że jeśli na dwa różne rozpoznania wskazują różne liczby przesłanek /tutaj reguł/, to ekspert wybierze tę klasę, na którą wskazuje większa liczba przesłanek. W proponowanym sposobie postępowania ideę tę rozszerzono wprowadzając dla poszczególnych reguł współczynniki wagowe d. Dobór współczynników jest realizowany na podstawie materiału klinicznego opisującego wiele dobrze rozpoznanych przypadków. Przyjmując statystyczny model zjawiska należy tak dobrać współczynniki, aby prawdopodobieństwo błędnego rozpoznania było minimalne. Wobec braku danych o rzeczywistych charakterystykach statystycznych jako wskaźnik optymalności wyboru współczynników przyjmuje się częstość błędnych rozpoznań algorytmu na dostępnym materiale klinicznym. Dobór współczynników jest wykonywany przez program komputerowy na podstawie analizy materiału klinicznego. Współczynniki, o których mowa mogą być również określone arbitralnie przez użytkownika. Od-



bywa się to poprzez wyświetlenie numerów poszczególnych reguł wraz z aktualnymi wartościami współczynników. Można te wartości zmieniać w sposób opisany w "helpie".

#### Wspomaganie procesu dializy otrzewnowej

Podsystem do wspomagania prowadzenia procesu dializy otrzewnowej u dzieci z ostrą niewydolnością nerek umożliwia zindywidualizowane dobieranie jej parametrów dla każdego typowego przypadku. Idea koncepcji systemu sprowadza się do głębszego poznania określonych procesów i zjawisk zachodzących podczas dializoterapii potrzebnego do podjęcia właściwej decyzji i sprecyzowania reprezentacji wiedzy o tych procesach w postaci odpowiednich opisów matematycznych /modeli/. Włącza się to z zastosowaniem Identyfikacji, tj. empirycznego ustalenia modelu na podstawie wyników pomiarów /obserwacji/. W rozpatrywanym zadaniu jest to proces dystrybucji mocznika, bilans wodno-elektrolitowy oraz bilans kwasowo-zasadowy. Wynikają stąd dwie następujące funkcje podsystemu.

● Identyfikacja. Jej celem jest określenie modeli wymienionych procesów biofizycznych. Dla procesu dystrybucji mocznika przyjęto znany z odnośnej literatury jednokompartментowy model wynikający z bilansu masy, w dwóch następnych przypadkach natomiast jest to model relacyjny, dany w postaci odpowiednich relacji /faktów/. Etap Identyfikacji, obejmujący okres przed dializoterapią oraz pierwszy proces dializy, oznacza zdobywanie informacji i wiedzy o interesujących nas procesach, zachodzących w organizmie w postaci odpowiednich danych pomiarowych w celu wyznaczenia odpowiednich parametrów w matematycznym opisie tych procesów, indywidualnie dla każdego pacjenta.

● Wspomaganie dializoterapii - polega na wyświetleniu parametrów dializy otrzewnowej /czas trwania cyklu, ilość cykli, osmolarność dializatu, stężenie ewentualnych dodatków/, tak aby sprowadzić poziom mocznika do zadanej wartości i jednocześnie utrzymać równowagę wodno-elektrolitową i kwasowo-zasadową. Funkcja ta umożliwia ponadto określenie momentu następnej dializy.

#### System komputerowy wspomagania terapii chłoniaków niezłośliwych

Zasadnicza funkcja systemu, będącego obecnie na etapie projektowania, ma polegać na wspomaganiu następujących decyzji terapeutycznych:

- dobór schematu leczenia cytostatycznego w

zależności od rodzaju chłoniaka, stadium jego rozwoju i danych klinicznych,

- ewentualna modyfikacja schematu uzależniona stanem pacjenta i występującymi skutkami ubocznymi,

- dobór leków osłonowych zmniejszających niepożądaną agresywność stosowanych cytostatyków.

Proponowana metoda bazuje na opisanej powyżej koncepcji rozpoznawania, z wykorzystaniem bazy wiedzy, którą posługuje się lekarz przy doborze odpowiedniej chemioterapii. Obecnie jednak, z uwagi na złożoność rozważanego problemu medycznego, a przede wszystkim na złożoność podejmowanej decyzji, reguły tworzące bazę wiedzy będącą podstawą działania metody można podzielić na trzy grupy, które kolejno dotyczą doboru schematu leczenia, modyfikacji w schemacie oraz zastosowania ewentualnych leków osłonowych. Komplikuje to odpowiednio postać zastosowanych reguł oraz sposób wnioskowania, gdyż mamy obecnie do czynienia z wieloetapowym /dokładniej z trój etapowym/ procesem decyzyjnym, w którym kolejność etapów odgrywa istotną rolę.

#### L i t e r a t u r a :

[1] M. Kurzyński: Złożone metody rozpoznawania i ich zastosowania w diagnostyce medycznej, /w:/ Problemy Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej, /red:/ M. Nałęcz, WNT, Warszawa 1990 /w druku/.

[2] M. Kurzyński, J. Sas, I. Wikiera: Komputerowe wspomaganie diagnozowania ostrej niewydolności nerek u dzieci, Polski Tygodnik Lekarski /w druku/.

[3] Z. Bubnicki, M. Kurzyński i inni: Algorytmy i programy komputerowo wspomaganie diagnostyki medycznej z zastosowaniem metod modelowania i Identyfikacji dla wybranych przykładów, Etap I, Etap II i Etap III, Raporty I-17/SPR-4/87, I-17/SPR-13/87, I-17/SPR-16/88, Politechnika Wroclawska.

[4] M. Kurzyński, J. Sas, M. Jelenik: A computer assisted system for diagnostic and therapeutic decisions in acute renal failure in children, Int. Conference MEDINFO 89, Pekin 1989.

[5] M. Kurzyński, J. Sas, E. Puchała: Komputerowe wspomaganie decyzji w medycynie, z wykorzystaniem złożonych metod rozpoznawania, Materiały Jubileuszowego Zjazdu Chirurgów, Kraków 1989 /w druku/.

[6] M. Kurzyński, J. Sas: Komputerowe wspomaganie diagnostyki medycznej z wykorzystaniem metod ekspertowych, ibidem.





LEON BOBROWSKI  
IBIB PAN  
HANNA WASYLUK  
CMKP - Warszawa

## "HEPAR" - KOMPUTEROWY SYSTEM WSPOMAGANIA DIAGNOSTYKI CHOROÓB WĄTROBY OPARTY NA STATYSTYCZNYCH TECHNIKACH WIELOWYMIAROWYCH

Opracowanie systemu HEPAR miało na celu umożliwienie gromadzenia, przetwarzania i udostępniania danych o pacjentach leczonych w szpitalu oraz wspomaganie diagnostyki i dydaktyki w różnicowaniu przewlekłych chorób wątroby /kilkanaście jednostek chorobowych/.

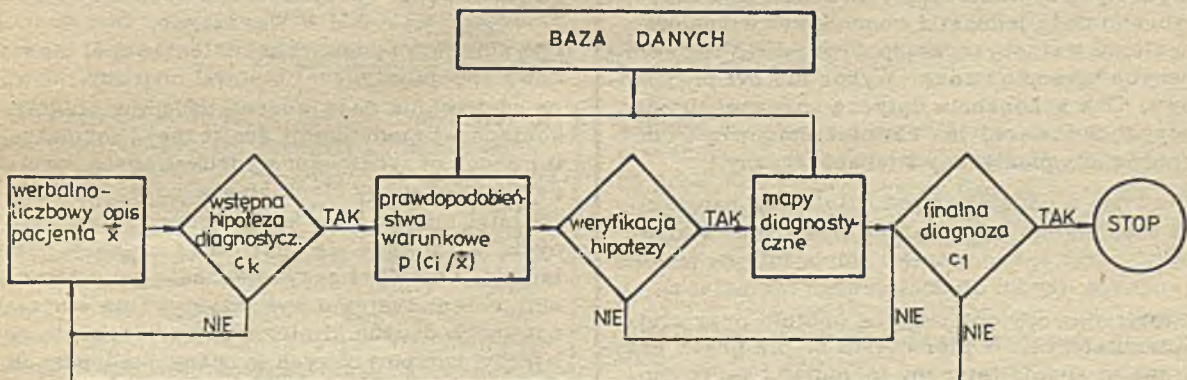
Podstawową częścią systemu komputerowego jest baza danych, która zawiera opisy kilkuset pacjentów zdiagnozowanych i leczonych w Klinice Gastrologicznej IZiZ w Warszawie w ciągu ostatnich lat. Opis jednego pacjenta obejmuje ponad 100 pozycji wyników badania podmiotowego, przedmiotowego oraz wybranych badań /testów/ laboratoryjnych. Badanie histopatologiczne, pobranego bioptycznie, wycinka wątroby było badaniem weryfikującym rozpoznanie kliniczne, a wynik badania rozstrzygał o przynależności pacjenta do określonej jednostki chorobowej.

System HEPAR ma strukturę modułową. Jeden z modułów systemu umożliwia wprowadzanie, pod kontrolą komputera, opisu nowych pacjentów do bazy danych. Inny z modułów pozwala na sprawne przeglądanie, pod określonym kątem, opisów pacjentów już zawartych w bazie, np. moduł ten umożliwia wyświetlanie hi-

stogramów takich badań, które były wielokrotnie wykonywane u pacjenta, a więc pozwala na wydobywanie pewnych czynników dynamicznych w przebiegu leczenia.

Zasadniczą funkcją systemu HEPAR jest wspomaganie procesu diagnozowania. System pomaga w rozpoznaniu stanu pacjenta na podstawie opisu  $x$  bez wykonywania inwazyjnego badania biopsyjnego. Proces wspomagania procesu podejmowania decyzji w systemie HEPAR rozbity jest na kilka etapów /rys. 1/.

W pierwszym etapie lekarz wysuwa wstępną hipotezę diagnostyczną lub uzupełnia badania /opis  $x$ / pacjenta. W następnym kroku system udostępnia lekarzowi prawdopodobieństwo warunkowe  $p(c_i/x)$  zaistnienia poszczególnych chorób  $c_i$  u pacjenta z opisem  $x$ . W kolejnym etapie lekarz ma możliwość zweryfikowania swojej aktualnej hipotezy na tzw. mapie diagnostycznej. Mapa powstaje w wyniku wizualizacji na płaszczyźnie zbiorów danych transformowanych z wielowymiarowej przestrzeni pomiarów na odpowiednią przestrzeń dwuwymiarową. Punkty o jednakowym kolorze na mapie reprezentują pacjentów z określonej jednostki chorobowej. Każdej hipotezie diagnostycznej odpowiada inna



Rys. 1. Schemat procesu wspomagania diagnozy w systemie HEPAR



mapa, tzn. wyróżniona przez lekarza jednostka chorobowa zajmuje na mapie określone miejsce, natomiast inne jednostki chorobowe tworzą jej tło.

Usytuowanie na mapie nowego pacjenta z opisem  $x$ , względem skupiska punktów jednostki wyróżnionej, może być pomocne przy weryfikacji aktualnej hipotezy diagnostycznej. Aktualna hipoteza diagnostyczna jest potwierdzana jeżeli punkt  $x$  leży w obrębie jednostki wyróżnionej.

Zarówno konstrukcja map, jak też obliczanie prawdopodobieństw  $p/c_1/x/$  odbywa się na podstawie dostępnych w bazie zbiorów danych. Estymatory prawdopodobieństw obliczane są, w systemie HEPAR, techniką minimalnoodległościową, natomiast mapy konstruuje się wykorzystując perceptronową funkcję kryterialną i inne funkcje typu  $L^1$ -norma. Wybór odwzorowań two-

rzących mapy odbywa się na etapie projektowania systemu, poprzez analizę zbioru danych. Mapy wybiera się tak, aby osiągnąć możliwie dobrą separowalność jednostki chorobowej wyróżnionej od sumy pozostałych jednostek chorobowych.

System HEPAR został implementowany w języku Turbo Pascal 4 na IBM PC AT z dyskiem twardym 20 Mega oraz kartą EGA. Prototyp systemu HEPAR testowany jest w Klinice Gastrologii w Warszawie, gdzie zostanie wprowadzony do rutynowej pracy klinicznej oraz do szkolenia lekarzy. System komputerowego wspomaganie lekarza w postępowaniu diagnostycznym i w dydaktyce stanowi nowoczesne i kompleksowe podejście do złożonej problematyki hepatologicznej. Odpowiednia specyfikacja bazy danych umożliwia zastosowanie systemu HEPAR w innych działach medycyny, różnych od gastrologii.



JANUSZ CIANCIARA  
Instytut Chorób Zakaźnych  
i Pasożytniczych AM – Warszawa

## SYSTEM KOMPUTEROWY BUDOWANY w INSTYTUCIE CHORÓB ZAKAŻNYCH i PASOŻYTNICZYCH AM w WARSZAWIE

Opracowanie i zastosowanie systemów komputerowych dla tworzenia baz danych z możliwością przechowywania i przetwarzania informacji w nich gromadzonych, stało się bardzo przydatne w wielu gałęziach medycyny. W 1986 roku w Instytucie Chorób Zakaźnych i Pasożytniczych AM w Warszawie, w ramach programu CPBR 11.9., cel nr 62, podjęto próbę stworzenia systemu komputerowego dla wspomaganie diagnostyki w niektórych chorobach zakaźnych. Wybrano dwie jednostki chorobowe: wirusowe zapalenie wątroby oraz spośród chorób odzwierzęcych toksoplazmozę. Wybór nie był przypadkowy. Oba schorzenia dotyczą znacznej liczby chorych w Polsce, jak również stanowią trudny problem diagnostyczny i terapeutyczny.

Jednym z podstawowych działań na rzecz uogólnienia informatyki medycznej w kraju powinno być opracowanie i wdrożenie do powszechnego użytku ujednoliconego formularza historii choroby opartego na ogólnie przyjętej nomenklaturze. W pierwszym etapie pracy przygotowano specjalistyczny formularz karty choroby dla pacjentów z wirusowymi zapaleniami wątroby, a następnie dla chorych z różnymi klinicznymi postaciami toksoplazmozy. Zostały one tak przygotowane pod względem graficz-

nym i formalnym, aby wpisywane dane mogły być następnie wykorzystane do opracowań komputerowych. Przy opracowywaniu formularzy specjalistycznych historii choroby korzystano z opinii specjalistów z kilku ośrodków w kraju, zajmujących się chorobami wątroby i toksoplazmozą. Część konsultantów wyraziła chęć korzystania z przedstawionych do opinii kart choroby, po ich ostatecznym opracowaniu. Uwzględniono również uwagi specjalistów z Ośrodka Obliczeniowego CMKP AM w Warszawie. Oba formularze stanowią propozycje zorientowanej maszynowo specjalistycznej historii choroby. W miarę zdobywania doświadczeń będą one ulegały koniecznej modyfikacji graficznej i formalnej. Do oceny przydatności wydrukowanych formularzy kart choroby planujemy włączyć oddziały i kliniki chorób zakaźnych i chorób wewnętrznych, zajmujące się chorobami wątroby. Działanie to umożliwi przyspieszenie prac nad ujednoliceniem systemu wykorzystywania sformalizowanych danych klinicznych do tworzenia rekordów komputerowych w różnych ośrodkach kraju.

Specjalistyczna karta komputerowa, dotycząca różnych postaci klinicznych toksoplazmozy jest aktualnie drukowana. Natomiast w oparciu



o uprzednio przygotowany formularz historii choroby dla pacjentów z chorobami wątroby została napisana struktura bazy danych przy pomocy Dbase III plus /z wykorzystaniem kompilatora standardu Dbase III plus - Clipper/. Jest ona obecnie wykorzystywana w zakładowym komputerze IBM PC/AT w Klinice Hepatologii Zakładnej Instytutu. System komputerowy jest opracowany zarówno dla chorych hospitalizowanych jak i leczonych ambulatoryjnie. Lekarz pracujący w poradni powinien mieć również możliwość korzystania z bazy danych, w której znajdują się informacje o jego chorych.

Struktura bazy danych jest zorganizowana w systemie wielopoziomowego menu /menu główne i szereg menu pomocniczych/. Fakt ten umożliwia szybkie poruszanie się w bazie danych oraz łatwe wpisywanie lub odnajdywanie właściwych informacji. W części dotyczącej rozpoznania uwzględniono międzynarodową klasyfikację chorób. Poza zasadniczymi funkcjami, takimi jak zakładanie karty choroby /jej kasowanie/, wprowadzanie danych w kolejności wynikającej z układu formularza lub wybiórczo, istnieją możliwości redagowania wydruku oraz przygotowywania danych do opracowań statystycznych. Dane zawarte w bazie będą mogły być poddane opracowaniom statystycznym przy wykorzystaniu standardowych pakietów /np. SPSS/PC, STATGRAPHICS/.

Podobna struktura bazy danych oparta na formularzu karty choroby powstanie w roku 1989 dla chorych z toksoplazmozą. Od początku 1988 roku do już istniejącej struktury bazy danych wprowadzone są informacje ze specjalistycznych kart choroby pacjentów hospitalizowanych w Klinice Hepatologii Zakładnej Instytutu. Od października 1988 roku formularz ten jest również wykorzystywany przez IV Klinikę Chorób Wewnętrznych i Klinikę Chorób Zakaźnych IMW CSK WAM w Warszawie dla pacjentów z różnymi schorzeniami wątroby. Współpraca ta ma charakter wstępnej umowy przedwdrożeniowej.

Celem realizowanego przez nas programu jest przede wszystkim opracowanie optymalnych zestawów do diagnostyki wyżej wymienionych jednostek chorobowych. Kolejnym etapem prac będzie stworzenie programu dydaktycznego w oparciu o informacje o setkach chorych zgromadzone w bazie danych. Będzie on pomocny w szkoleniu zarówno studentów jak i lekarzy. Dane stanowiące zawartość własnej bazy danych oraz innych ośrodków w kraju będą wykorzystywane do kompleksowych opracowań statystycznych w dziedzinie epidemiologii, diagnostyki i leczenia wirusowych chorób wątroby i różnych klinicznych postaci toksoplazmozy.



ERNEST CZOGAŁA  
JACEK CHMIELNIAK  
DOROTA CZAJA-POŚPIECH  
JÓZEF DREWNIAK

Instytut Elektroniki Politechniki  
Śląskiej - Gliwice

## SYSTEM EKSPERTOWY DLA WSPOMAGANIA DECYZJI W DZIEDZINIE CHORÓB WEWNĘTRZNYCH

W ramach CPBR 11.9 /cel 102/ opracowano i uruchomiono system ekspertowy składający się z części szkieletowej /shell/ oraz bazy wiedzy, dotyczącej zaburzeń gospodarki kwasowo-zasadowej i elektrolitowej. Z uwagi na rozłączność oprogramowania części szkieletowej i bazy wiedzy istnieje również możliwość dołączenia innych baz wiedzy jak np. bazy wiedzy dotyczącej nadciśnienia tętniczego. Uruchomiony system ekspertowy posiada wiele nowatorskich rozwiązań, zarówno teoretycznych jak i programowych. Z rozwiązań tych należy wymienić koncepcję i implementację algorytmu podejmowania decyzji w węzłach drzewa /grafu/ decy-

zyjnego w oparciu o pojęcie zbioru probabilistycznego [2, 6]. Koncepcja tak sformułowanego problemu podejmowania decyzji znalazła odbicie w wielu publikacjach zagranicznych [3, 4, 7, 8, 9] i w związku z tym przedstawimy ją nieco szerzej.

Teoria zbiorów probabilistycznych [6] pozwala na rozwiązanie zadania decyzyjnego sformułowanego następująco:

dla danego zbioru alternatyw /drog drzewa /grafu/ decyzyjnego wychodzących z danego węzła/ przyjętego



jako zbiór zwykły oraz zbioru kryteriów scharakteryzowanych przez odpowiednie zbiory probabilistyczne, należy dokonać wyboru optymalnej alternatywy.

Niech  $X$  oznacza niepusty zbiór wszystkich rozpatrywanych w danej sytuacji alternatyw  $x_i \in X / i=1, 2, \dots, N/$ , gdzie  $N$  jest liczbą alternatyw. Kryteria scharakteryzowane są odpowiednimi funkcjami definiującymi zbiory probabilistycznych, tj.

$$C_j: X \times \Omega \rightarrow /0, 1/ \text{ dla } j=1, 2, \dots, M \quad /1/$$

$M$  oznacza liczbę kryteriów na zbiorze alternatyw  $X$ .

Końcowy zbiór decyzyjny /zbiór probabilistyczny/  $D$ , wyrażający się wzorem:

$$D = \dots //C_1 \square_{P_1} C_2 / \square_{P_2} C_3 / \dots \square_{P_{M-1}} C_M / \quad /2/$$

$$\bigvee_{x_i \in X}$$

/gdzie  $P_j$  oznacza operację agregacji na zbiorach probabilistycznych zależną od parametru  $p_j/$ , jest wynikiem agregacji kryteriów  $C_j$  za pomocą różnych operacji, jak normy trójkątne z ich własnościami monotoniczności, przemienności i łączności lub też takich operacji, jak "compensatory and" bez własności łączności [6]. Zbiór  $D$  może być również opisany w kategoriach dystrybuant /przy czym dane są dystrybuanty zbiorów  $C_j$  i odpowiednie dystrybuanty łączne tych zbiorów/, tj.

$$F_{D/z} = F \dots //C_1 \square_{P_1} C_2 / \square_{P_2} C_3 / \dots \square_{P_{M-1}} C_M / \quad /z/$$

$$\bigvee_{x_i \in X}, \bigvee_{z \in /0, 1/} \quad /3/$$

Mając dystrybantę zbioru decyzyjnego  $D$ , możemy dla każdej alternatywy wyznaczyć wartość średnią ze wzoru:

$$E/D/ = \int_0^1 z dF_{D/z} \quad /4/$$

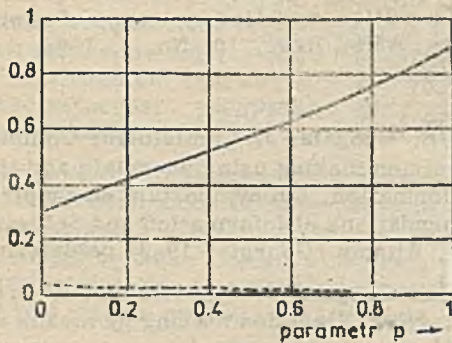
wariancję

Tabela 1

Dane pochodzące z wywiadu i badania fizykalnego pacjenta dotyczące zaburzeń wodno-elektrolitowych

Lp.	Opis werbalny	Wagi $w_{ij}$		Odpow. 1-tak 0.5-nie wiem 0-nie	Iloczyny odpowiedzi i wag $w_{ij} \cdot x_j$		Prawdopodobieństwa $prob_j$	
		Odw.	Brak					
C <sub>1</sub>	1	Pragnienie	0.8	0	1	0.8	0	0.25
	2	Suchość błon śluzowych	0.5	0	1	0.5	0	0.25
	3	Spadek wagi ciała	0.5	0	0.5	0.25	0	0.25
	4	Zawroty głowy	0.2	0	0.5	0.1	0	0.25
	5	Omdlenia	0.2	0	0	0	0	0
C <sub>2</sub>	6	Krwotok	0.8	0	0	0	0	0
	7	Wymioty	0.9	0	0	0	0	0
	8	Biegunki	0.9	0	0	0	0	0
	9	Znaczne poty	0.8	0	0	0	0	0
	10	Stosowanie diuretyków	0.8	0	0	0	0	0
	11	Utrata przytomności	0.9	0	1	0.9	0	0.5
	12	Upośledzony kontakt	0.9	0	1	0.9	0	0.5
	13	Odsysanie po zabiegu	0.9	0	0	0	0	0
14	Znaczne oparzenie	0.8	0	0	0	0	0	
C <sub>3</sub>	15	Suchość języka i błon śluzowych	0.9	0	1	0.9	0	0.25
	16	Suchość skóry w dołach pachowych i pachwinach	0.8	0	0	0	0	0
	17	Zmniejszenie elastyczności skóry, ramion, ud	0.9	0	0	0	0	0
	18	Obniżenie napięcia gałek ocznych	0.6	0	0	0	0	0
	19	Niewypełnianie się żył szyjnych	0.6	0	1	0.6	0	0.25
	20	Spadek diurezy w ostatniej dobie	0.5	0	0.5	0.25	0	0.25
	21	Spadek ciśnienia w ostatniej dobie	0.5	0	0.5	0.25	0	0.25





Rys. 1. Wartość średnia /—/ i wariancja /----/ zbioru decyzyjnego w zależności od parametru p

$$V/D = \int_0^1 |z - E/D|^2 dF_D/z \quad /5/$$

oraz momenty wyższych rzędów.

Powyższe wielkości stosowane są w różnego rodzaju kryteriach wyboru optymalnej alternatywy [1]. W szczególnym przypadku może to być kryterium oparte na dominacji stochastycznej lub kryterium średniowariancyjne, opierające się na nierównościach:

$$E/D//x_1/ \geq E/D//x_2/, \quad V/D//x_1/ \leq V/D//x_2/ \quad /6/$$

z których co najmniej jedna jest nierównością ostrą jak też inne kryteria.

W celu ilustracji rozważań prezentowanych powyżej przedstawimy problem podejmowania decyzji w zakresie zaburzeń wodno-elektrolitowych w organizmie ludzkim. Problem decyzyjny sformułujemy w następujący sposób: na podstawie trzech grup informacji, pochodzących m. in. z wywiadu, badań fizykalnych pacjenta itp. /tabela 1/, lekarz ma podjąć decyzję, czy zachodzi przypadek odwodnienia organizmu pacjenta, czy też nie. Od podjętej decyzji zależy dalsza terapia pacjenta, która może dotyczyć stanu odwodnienia /alternatywa 1/ lub jego negacji /alternatywa 2/. Przyjęte trzy grupy informacji będą reprezentowane przez odpowiednie zbiory probabilistyczne  $C_1$ ,  $C_2$  i  $C_3$ , które mogą być agregowane za pomocą różnych operacji, w celu uzyskania końcowego zbioru decyzyjnego D. W niektórych empirycznych pracach wskazuje się na fakt, że normy trójkątne /t-normy/ nie wydają się zbyt właściwe w modelowaniu rzeczywistego połączenia "and" i wprowadza się tzw. operacje skompensowane /"compensatory and"/ dla celów agregacji informacji w procesach decyzyjnych. W omawianym przykładzie przyjęto skompensowaną operację o postaci:

$$x \square_p y = (1-p) \min(x,y) + p \max(x,y) \quad /7/$$

dla agregacji danych z tabeli 1, zgrupowanych w 8 zbiorach probabilistycznych. Wyniki przedstawiono na rys. 1.

Można zauważyć, że począwszy od wartości parametru  $p=0,4$  uzyskuje się wynik agregacji większy niż 0,5 /w tym przypadku należy wybrać alternatywę 1, tzn. zachodzi przypadek odwodnienia/. Stosując powyższy model do zbiorów danych przypadków chorobowych można doświadczać dobierać wartości parametru p, która poprawnie charakteryzuje występowanie stanu odwodnienia.

Dotychczas stosowana reguła elementu progowego o postaci:

$$\bar{x}_1 = \sum_{j=1}^{10} w_{1j} x_j \text{ prob}_j \quad /8/$$

daje, zgodnie z tabelą 1, wartości  $\bar{x}_1 = 0,545$ ,  $\bar{x}_1' = 0 / \text{prob}_1 = 0,1 /$ , co również wskazuje na wybór alternatywy 1 /tj. odwodnienia/.

Podstawowa różnica omawianych metod polega na tym, iż operacja skompensowana nie jest łączna /wynik zależy od kolejności agregacji poszczególnych grup informacji/, ale daje możliwość doboru odpowiedniej wartości parametru p. Druga metoda opiera się wprawdzie na działaniu łącznym /wynik nie zależy od kolejności rozpatrywania objawów, wyników badań itp./, ale daje sztywną /skokową/ kwalifikację wyniku końcowego.

Tak więc uzyskane rezultaty teoretyczne i numeryczne wskazują, iż teoria zbiorów probabilistycznych może być wygodnym i efektywnym narzędziem w problemach decyzyjnych systemów ekspertowych.

#### L i t e r a t u r a :

- [1] E. Czogała: On the choice of optimal alternatives for decision making in probabilistic fuzzy environment, *Fuzzy Sets and Systems* 28, 1988, 35-43.  
 [2] E. Czogała: Zastosowanie teorii zbiorów probabilistycznych do podejmowania decyzji w warunkach niepewnej i nieprecyzyjnej informacji, *Podstawy Sterowania* 18, 1-2, 1988, 81-93.

[3] E. Czogała, A. Brodział: Decision making with the aid of aggregation of probabilistic sets

in medical expert systems, *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 9, 1-4, 1989 /w druku/.



[4] E. Czogała, A. Brodziak: A new approach to the solution of decision making problems in medical expert systems. Międzynarodowa Konferencja GMDS i EFMI, Hannover /RFN/, 1988, 142-145.

[5] E. Czogała, J. Drewniak: Associative monotonic operations in fuzzy set theory, Fuzzy Sets and Systems 12, 1984, 249-269.

[6] E. Czogała, K. Hirota: Probabilistic sets: fuzzy and stochastic approach to decision, control and recognition processes, Wyd. TUV Rheinland, Kolonia /RFN/, 1986.

[7] W. Siler, E. Czogała, J. Chmielniak:

Decision making with uncertain and imprecise information modelled by means of probabilistic sets, AMSE Rev., 10, No. 4, 1989, 1-8 /w druku/.

[8] E. Czogała, J. Chmielniak: Computer aided decision making using uncertain and imprecise information, 6th Symposium on Empirical Foundations of Information and Software Science, Atlanta /Georgia/ 19-21 październik 1988.

[9] E. Czogała, J. Chmielniak, A. Brodziak, W. Siler: Decision making by means of probabilistic sets in medical expert systems, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 10th Annual International Conference, New Orleans /USA/, 4-7 listopad 1988.



RYSZARD BRACZKOWSKI

ANRZEJ BRODZIAK

MAREK JASTRZĘBSKI

MARIANNA RYS

V Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych  
Śląska Akademia Medyczna – Bytom

## SYSTEM EKSPERTOWY KONTROLUJĄCY DŁUGOTERMINOWE LECZENIE CHORYCH NA NADCIŚNIENIE TĘTNICZE

Nadciśnienie tętnicze należy do najbardziej rozpowszechnionych chorób nękających współczesne społeczeństwo. W Polsce choruje na nie około 3 miliony osób [4]. Nic też dziwnego, iż chorzy na nadciśnienie tętnicze stanowią spory odsetek pacjentów leczonych w poradniach ogólnych, spotyka się ich także na prawie wszystkich oddziałach szpitalnych różnych specjalności. Z chorobą nadciśnieniową związane są liczne powikłania, z których najgroźniejszymi są zawał mięśnia sercowego i udar mózgu. Nadciśnienie tętnicze wpływa także na rozwój miażdżycy, co szczególnie ujawnia się częstszym występowaniem choroby wieńcowej i schorzeniami wynikającymi z niedokrwienia kończyn. Badania prowadzone w tym kierunku wykazały, że ryzyko zawału serca jest u chorujących na nadciśnienie tętnicze o 50% wyższe niż u osób u których nie stwierdza się choroby, a w przypadku udaru mózgowego u osób chorujących występuje on trzy razy częściej [4].

Do innych powikłań nadciśnienia tętniczego należą uszkodzenie nerek, przeciążenie lewej komory mięśnia sercowego, zmiany w dnie oka. Wspomniane już wyżej programy badawcze wykazały dobitnie, że leczenie nadciśnienia tętniczego zmniejsza ilość powikłań.

Leki antyhipertensyjne pomimo iż charakteryzują się stosunkowo dużą rozpiętością dawek mogą w niektórych przypadkach nawet pogarszać już istniejące zaburzenia, np.: przyspieszyć rozwój choroby niedokrwiennej serca, lub zmiany niedokrwienne kończyn poprzez wzrost poziomu lipidów lub nasilić bóle wieńcowe, zwiększając objętość łożyska naczyniowego, a przez to zapotrzebowanie mięśnia sercowego na tlen.

Leki te mogą wywoływać także inne dolegliwości, lub nasilać już istniejące schorzenia. Dlatego też tak ważne dla medycyny problemy stanowią kwestię rozpoczęcia leczenia nadciśnienia tętniczego, stosowanie terapii bezlekowej czy też prowadzenie leczenia optymalnie najmniejszą dawką środków farmakologicznych. A przecież leczenie nadciśnienia tętniczego podejmuje lekarze wszystkich niemal specjalności często nie będący do tego odpowiednio przygotowani, opierający się niejednokrotnie na nie zawsze wystarczających wiadomościach zdobytych na studiach. Stąd jakże często spotykamy się z rutynowym niemal stosowaniem retiazylu jako podstawowego leku w terapii tego schorzenia. Tymczasem leków przeciwnad-



ciśnieniowych wciąż przybywa, podobnie jak informacji związanych z leczeniem tego schorzenia i lekarz nie mający stałe do czynienie z tym zagadnieniem nie zawezuje jest w stanie stosować najbardziej odpowiednie dla danego chorego leczenie.

Obserwowany w ostatnich latach ogromny rozwój informacji skłonił nas do podjęcia próby skonstruowania systemu ekspertowego, który wspomagałby dobór terapii w leczeniu nadciśnienia tętniczego, a następnie prowadziłyby nadzór nad stanem pacjenta już leczonego.

System nasz przygotowaliśmy na komputer IBM PC jako ogólnie rozpowszechniony i równocześnie spełniający wymagania techniczne dla prostego systemu ekspertowego.

Zastosowaliśmy własną koncepcję konstrukcji systemów ekspertowych, gdzie zamiast reguł typu MYCIN czyli jeżeli warunek 1... i warunek 2... i ... to ... [3] zastosowaliśmy pogrupowanie wiedzy w duże fragmenty, określone jako procedury zawierające określony medyczny problem jak: weryfikacja podejrzenia schorzenia, określenie stopnia nasilenia, leczenie itp. Każda procedura ma mnemotechniczne określenie, które jest elementem listy. Powstały takie procedury jak: wywiad, alarm, określenie stopnia nadciśnienia, objawy uboczne, śledzenie efektów itp.

Zarządzanie takim zbiorem procedur za pomocą specjalnego rodzaju motoru wnioskowania jest możliwe jeśli by przestrzegać dwóch reguł standaryzujących ich tworzenie: 1/ nazwy powinny być mnemotechnicznie takie, aby mogły być elementami listy /w sensie listy LOGO/, 2/ każda procedura pod koniec swego działania, prócz komunikatów dla użytkownika, powinna przekazywać konkluzję w formie mnemotechnicznego stwierdzenia, na poziom wyższy czyli do motoru wnioskowania. A oto przykład takiej procedury:

#### ALARM

Pytanie	Odpowiedź	Testowana wartość	
Aktualna wartość ciśnienia	$x_1 = 150$	140	} Część dialogująca
Aktualna wartość ciśnienia skurczowego	$x_2 = 230$	240	
Czy poprzednie wyniki niższe	$x_3 = \text{tak}$		
Obecność objawów encefalopatii	$x_4 = \text{nie}$		
Jeśli $x_1 > 140$ i/lub $x_2 > 240$ i $x_3 = \text{tak}$ lub $x_1 > 120$ i lub $x_2 = 200$ i $x_3 = \text{tak}$ i $x_4 = \text{tak}$ / to ALARM			} aparat decyzyjny

Procedury te są odpowiednikiem reguł typu MYCIN jednak wydaje się, iż droga fragmentacji wiedzy medycznej jest bardziej naturalna.

Aparat decyzyjny może być odpowiednikiem "zasady decyzyjnej" neuronu gnostycznego.

System może mieć trojako zastosowanie jako:

- pomoc w podejmowaniu decyzji przez lekarzy z niewielkim doświadczeniem w zakresie leczenia nadciśnienia tętniczego,
- pomoc w szkoleniu studentów medycyny i młodych lekarzy,
- dyskusyjna możliwość zastosowania systemu przez pacjentów, którzy mogliby sprawdzać prawidłowość prowadzonego leczenia.

Dwie pierwsze możliwości są obecnie praktycznie wykorzystywane w V Klinice Chorób Wewnętrznych.

#### L i t e r a t u r a :

- [1] A. Brodziak, E. Czogała, A. Tylikowski: Próba zastosowania siatek czynności do zapisu i analizy postępowania rozpoznawczego i leczniczego. Pol. Tyg. Lek. 1968, 23, 1053.
- [2] A. Brodziak: Algorithmization of natural medical diagnosis. An approach to an electronic system indicating correct diagnostic procedure. Annals of Med. Soc. Pol. Acad. Sci 1970, 15, 5.
- [3] B. D. Buchanan, E. H. Shortliffe: Rule-based expert systems. The Mycin experiments of the Stanford heuristic programming project. Addison-Wesley Publishing Group, Amsterdam, 1984.
- [4] J. Chodakowska: Postępy w farmakologicznym leczeniu nadciśnienia tętniczego. Pol. Przegl. Lek. 1986, 29, 952.
- [5] Experts systems in medicine: Computers Met. Pr. Biomed. 1985, 3, 279.
- [6] R. Forsyth i wsp.: The hitch-hiker's guide to artificial intelligence. Chapman and Hall, Methuen, New York, London, 1985.
- [7] M. Sznajderman i wsp.: Nadciśnienie tętni-

cze współistniejące z innymi stanami chorobowymi. Wybrane problemy lecznicze. Pol. Tyg. Lek. 1986, 52-5, 1603.





MAREK VALENTA

Instytut Informatyki AGH

Kraków

## SYSTEMY INFORMATYCZNE WSPOMAGANIA DIAGNOSTYKI PEDIATRYCZNEJ REALIZOWANE W OPARCIU O NARZĘDZIA I METODY SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

Realizacja w ramach CPBR 11.9 w Instytucie Informatyki AGH w Krakowie w zespole pod kierunkiem dr inż. Marka Valenty, przy współpracy z I Kliniką Chorób Dzieci Instytutu Pediatрії AM w Krakowie.

Pracując równolegle w dwóch zespołach: lekarzy i informatyków, zrealizowano dwa samodzielne systemy ekspertowe:

● **DIADYS** - SYSTEM EKSPERTOWY DIAGNOSTYKI WRODZONYCH ZESPOŁÓW WAD Z MANIFESTACJĄ W ZAKRESIE TWARZOCZASZKI,

● **DIACOL** - SYSTEM EKSPERTOWY DIAGNOSTYKI RÓŻNICOWEJ CHOROÓB TKANKI ŁĄCZNEJ U DZIECI

wyposażając je w dziedziczne bazy wiedzy. Na uwagę zasługuje fakt, iż oba te systemy zrealizowane zostały w oparciu o całkowicie różniące się sposoby reprezentacji wiedzy i wnioskowania. DIADYS zrealizowany został w oparciu o prawdopodobieństwa wiążące objawy i hipotezy oraz regułę Bayes'a o prawdopodobieństwach warunkowych. DIACOL to system, w którym wiedza reprezentowana jest w postaci reguł, a wnioskowanie odbywa się zgodnie z zasadą rozumowania wstecz. W obu systemach dopuszcza się pewną niewiedzę użytkownika-lekarza o stanie pacjenta oraz podawanie odpowiedzi na pytania systemu z uwzględnieniem niepewności.

Zgodnie z harmonogramem prac wysiłki obu zespołów, lekarzy i informatyków koncentrowały się przede wszystkim nad systemem

● **ICTERUS** - SYSTEM EKSPERTOWY WSPOMAGANIA DIAGNOSTYKI ŻÓLTACZEK NIEMOWLĘCYCH,

Celem systemu jest wspomaganie wyboru najbardziej uzasadnionego i najmniej ryzykownego badania diagnostycznego, pozwalającego na optymalizację procesu rozpoznawania choroby oraz wdrożenia leczenia przyczynowego.

Koncepcja motoru wnioskowania systemu oraz reprezentacji wiedzy wynika z założenia dostosowania sposobu rozumowania systemu do naturalnego sposobu rozwiązywania problemów diagnostycznych przez lekarzy-specjalistów w danej dziedzinie.

Analiza postępowania lekarzy w procesie diagnostycznym doprowadziła do wyróżnienia w nim kilku faz rozumowania. Fazom tym w systemie ekspertowym odpowiadają kolejne etapy rozumowania motoru wnioskowania. Do sposobu rozumowania w tych etapach dostosowana jest niejednorodna w swojej budowie baza wiedzy.

Wszystkie systemy zaprojektowano i zaimplementowano z dbałością o maksymalną wygodę użytkownika, będącego lekarzem, a nie informatykiem wyrażającą się w "przyjaznym" interfejsie użytkownik-system, typu rozwijalne menu /typu pull-down/ oraz okna. Każdy z tych systemów posiada także funkcję pomocniczą typu HELP, dokładnie objaśniającą użytkownika o funkcjach użytkowych systemu i instruującą o sposobie korzystania z niego.

Cenną cechą charakterystyczną systemów, jest ich umiejętność zapamiętywania przebiegu konsultacji oraz objaśniania toku rozumowania. Jest to szczególnie ważne przy zastosowaniach dydaktycznych tych systemów.

Dla realizacji systemów DIADYS i DIACOL powstały także dodatkowe narzędzia programowe w postaci specjalizowanych edytorów i analizatorów baz wiedzy. System DIADYS, DIACOL i ICTERUS zaimplementowano w języku C, z przeznaczeniem na mikrokomputery klasy PC XT/AT, pracujące pod kontrolą systemu operacyjnego DOS 3.0 oraz OS/2 i pamięcią operacyjną 640 KB. Systemy pracować mogą z monitorami CGA, HERCULES oraz EGA /jakkolwiek ze względu na czytelność i "przyjazność" interfejsu użytkownika najlepsze efekty uzyskać można przy pracy z monitorem kolorowym typu EGA/. Na obecnym etapie prac systemy DIADYS oraz DIACOL są wdrażane w IP AM w Krakowie, natomiast system DIACOL jest w fazie testowania prototypu.

DIADYS - SYSTEM EKSPERTOWY  
DIAGNOSTYKI WRODZONYCH ZESPOŁÓW  
WAD Z MANIFESTACJĄ W ZAKRESIE  
TWARZOCZASZKI

System ekspertowy DIADYS jest przykładem zastosowania komputera osobistego do wspomagania diagnostyki lekarskiej. Dziedzina zastosowania obejmuje rzadkie choroby wrodzone manifestujące się wadami budowy twarzoczaszki.



Częstość występowania wad wrodzonych u czło-  
wieka jest oceniana na około 2-3%. Wiele zespo-  
łów dyzmorficznych, nawet specjaliście w tej  
dziedzinie, jest znane na podstawie jedynie opi-  
sów literaturowych. Jednostkowe obserwacje  
poszczególnych zespołów wynikają z bardzo nis-  
kich częstości ich występowania. Należy jednak  
pamiętać, że przy założeniu, że 10% dzieci ko-  
rzyści z porad lekarskich, pacjenci z wrodzo-  
nymi zespołami w większości znajdują się w tej  
grupie co powoduje, że pediatra ogólny może  
mieć praktycznie codziennie styczność z któ-  
rymś z zespołów dyzmorficznych.

W systemie komputerowym DIADYS zebrano  
70 zespołów wad wrodzonych, których wspólną  
cechą są zaburzenia budowy twarzoczaszki. Po-  
dejmując się napisania systemu komputerowego  
wspomagania diagnozy lekarskiej autorzy musie-  
li ograniczyć liczbę wprowadzonych zespołów.  
Korzyść wynikająca z zaproponowanego rozwią-  
zania to możliwość posłużenia się systemem  
bezpośrednio po pierwszej wizycie pacjenta,  
lub nawet w jej trakcie. Pytania zadawane przez  
system odnoszą się jedynie do danych z wywia-  
du i badania fizykalnego. Korzystanie z syste-  
mu bezpośrednio po badaniu pacjenta, jeszcze  
w trakcie wizyty pozwala na ponowne skoncen-  
trowanie się na anomaliach budowy ciała sug-  
erowanych przez system.

Wiedza szczegółowa w systemie reprezenta-  
wana jest w postaci liczb, miar zależności mię-  
dzy interesującymi użytkownika diagnozami a  
objawami. Wiedza ogólna /tzw. metawiedza/  
czyli informacje o powiązaniach między  
objawami ogólnymi a szczegółowymi pozwala  
usprawnić proces właściwego diagnozowania  
poprzez uściślenie kontekstu. Pytania o obja-  
wy szczegółowe stawiane są w oparciu o ich  
współczynniki "wartości diagnostycznej" /entropię  
danego objawu/ czyli są to pytania, na które  
odpowiedź usuwa maksymalną ilość niepewności  
systemu co do możliwych diagnoz. Współczyn-  
niki te są modyfikowane na bieżąco w trakcie  
prowadzenia dialogu z użytkownikiem.

System umożliwił, w trakcie diagnozowania,  
przeglądanie listy diagnoz wraz z aktualnie od-  
powiadającymi im prawdopodobieństwami zają-  
cia. Umożliwił on również wywołanie szeroko  
rozumianego komentarza do dowolnej diagnozy.  
Komentarz ten zawiera wyszczególnienie typo-  
wych objawów związanych z daną diagnozą, pro-  
gnozę terapii, etiologię, ryzyko powtórzenia itp.  
Dodatkową cechą systemu jest możliwość zap-  
amiętania całego procesu diagnozowania w naz-  
wanym zbiorze tekstowym i w dowolnym momen-  
cie odtwarzania go na ekranie lub wyprowadze-  
nia na drukarkę.

#### DIACOL - SYSTEM EKSPERTOWY DIAGNOSTYKI RÓŻNICOWEJ CHORO- B TKANKI ŁĄCZNEJ U DZIECI

DIACOL jest systemem ekspertowym wspo-

magania diagnostyki różnicowej chorób tkanki  
łącznej u dzieci. Choroby te występują u dzie-  
ci z częstością określoną współczynnikiem cho-  
rowości około 25 na 100000. Najczęstsze z  
nich to reumatoidalne młodzieńcze zapalenie  
stawów, mogące przebiegać pod co najmniej 4  
postaciami: choroba reumatyczna, tocznia ru-  
mienliowata, zapalenie skórno-mięśniowe. Ka-  
żdy lekarz pediatra jest świadomy trudności dia-  
gnostycznych, związanych z rozpoznaniem cho-  
roby, której manifestacje są początkowo nie-  
spójne objawowo, trudne w interpretacji i nie-  
specyficzne.

Reprezentacja wiedzy w systemie DIACOL  
oparta jest o reguły wnioskowania typu jeżeli  
<przesłanka> to <wniosek> /ang. if <clause>  
then <conclusion> /. Baza wiedzy ma postać  
zbioru tekstowego i zawiera definicję cech i re-  
guł. Język opisu bazy wiedzy jest zbliżony do  
naturalnej postaci języka polskiego. Dzięki moż-  
liwości formułowania pytań w języku polskim o-  
raz formie komunikacji systemu z użytkowni-  
kiem, DIACOL ułatwia inżynierowi wiedzy takie  
skonstruowanie dialogu z użytkownikiem, iż nie  
jest od niego wymagana określona wiedza infor-  
matyczna poza umiejętnością uruchomienia sy-  
stemu i korzystania z niego w zakresie prowa-  
dzenia diagnozowania.

System DIACOL zawiera mechanizmy wspo-  
magające inżyniera wiedzy w procesie konstruk-  
cji bazy wiedzy. Do tych funkcji należą oprócz  
mechanizmów wyjaśniania funkcje walidacji ba-  
zy wiedzy oraz funkcje jej przeglądania w trak-  
cie pracy systemu.

#### ICTERUS - SYSTEM EKSPERTOWY WSPOMAGANIA DIAGNOSTYKI ŻÓŁTACZEK NIEMOWLĘCYCH

Dziedziną zastosowania systemu ekspertowe-  
go ICTERUS jest diagnostyka żółtaczek niemo-  
włęczych.

Badania epidemiologiczne dowodzą, że 26-  
30% noworodków wykazuje podwyższone /< 8 mg  
% / poziom bilirubiny. Stężenie określone ja-  
ko patologiczne /> 13 mg % / i wymagające po-  
stępowania diagnostycznego występuje u 6% no-  
worodków. Oznacza to, że w populacji krakow-  
skiej w skali roku rodzi się 1140 noworodków,  
u których występuje patologiczna żółtaczka,  
wymagająca ustalenia przyczyny oraz leczenia  
szpitalnego. Żółtaczki noworodkowe i niemo-  
włęczące są typowym przykładem grupy chorób o  
niejednorodnej etiologii. Heterogenność żółta-  
czek utrudnia postępowanie diagnostyczne, a  
co za tym idzie, możliwość wdrożenia lecze-  
nia przyczynowego.

Opracowywany przez nas system wspomag-  
ania diagnozy jest dostosowany do indywidualnych  
możliwości technicznych i laboratoryjnych klin-  
nik pediatrycznych oraz oddziałów dziecięcych  
szpitali wojewódzkich. Jego celem jest wybór  
najbardziej uzasadnionego i najmniej ryzyko-



wnego badania diagnostycznego, celem optymalizacji procesu rozpoznawania choroby oraz wdrożenia leczenia przyczynowego. Użytkownikiem systemu będzie lekarz pediatra, który pracuje w oddziale noworodkowym lub niemowlęcym i ma możliwość wykonania przynajmniej podstawowych badań laboratoryjnych w ramach diagnostyki żółtaczek niemowlęcych.

Proces diagnostyczny prototypu systemu ekspertowego ICTERUS składa się z kilku etapów. Każdy etap pracy systemu odpowiada określonej fazie rozumowania lekarskiego i realizuje specyficzne dla każdej z faz cele z uwzględnieniem /tam gdzie to możliwe/ metod wnioskowania lekarza na poziomie, jaki wynika z kompromisu między wiedzą o procesach myślowych człowieka, a możliwościami ich efektywnej komputerowej reprezentacji. Ma to kilka pozytywnych konsekwencji:

- lekarz "rozumie" działanie systemu,
- realizacja odpowiedzi na pytanie WHY i HOW może lepiej odpowiadać strukturze wiedzy,
- akwizycja wiedzy osłabia problem adekwatności wiedzy lekarskiej w przyjętym modelu konceptualnym wiedzy systemu ekspertowego,
- system jest bardziej dydaktyczny.

Etapy procesu diagnostycznego systemu prototypu ekspertowego ICTERUS są następujące:

0. Dialog wstępny /dotyczący objawów wstępnych/,
- I. Wyodrębnienie zespołów objawów /syndromów/,
- II. Ustalenie hipotez wstępnych,
- III. Ustalenie zawężonych hipotez wstępnych,
- IV. Diagnostyka różnicowa,
- V. Postawienie diagnozy i funkcje dodatkowe.

#### 0. Dialog wstępny

Wyróżnienie etapu wstępnego wynika z dwóch przesłanek:

- diagnozowany pacjent jest hospitalizowany,
- pacjentowi przeprowadzono już pewną ilość badań podstawowych.

Ideą etapu wstępnego jest umożliwienie wykorzystania tej wiedzy w systemie ekspertowym bez konieczności żmudnego jej wprowadzania w trybie konwersacyjnym po rozpoczęciu pracy użytkownika z systemem. Jednym z elementów systemu ekspertowego /docelowego/ będzie baza danych, zawierająca informacje o pacjencie gromadzone sukcesywnie w czasie hospitalizacji.

#### I. Wyodrębnienie zespołów objawów - syndromów

Po uzyskaniu podstawowych informacji o pacjencie, w postaci objawów podstawowych określonych w etapie 0 jako przesłanki diagnostyczne, ustalenie występujących procesów patofizjologicznych stanowi w postępowaniu lekarza kolejny etap diagnozowania. Stanowi on też zasadniczy element opisu choroby prowadzonego w celu dydaktycznym.

"Zespołem objawów" - SYNDROME nazwano zbiór objawów połączonych wspólnym mechanizmem patofizjologicznym. Objawy podstawowe wchodzące w skład syndromów charakteryzują się częstością występowania w syndromie, mogą także wchodzić w skład kilku syndromów. Rozpoznanie syndromu pozwala postąpić w dalszej diagnostyce syndromem jako charakterystycznym elementem choroby, niezależnym od jej stopnia zaawansowania i dotychczas stosowanego leczenia.

Moduł systemu ekspertowego realizujący cel I etapu wykorzystuje bazę wiedzy i dane o przesłankach diagnostycznych znanych systemowi z etapu wstępnego, bez dialogu z użytkownikiem. Stwierdzenie obności syndromu następuje w oparciu o zastosowanie rachunku prawdopodobieństwa /reguły Bayes'a/. Sposób reprezentacji wiedzy stałej tego modułu odpowiada funkcjonalnie sposobowi określania syndromów przez lekarza - diagnostę. Wynikiem działania modułu jest ustalenie występowania zespołów objawów, SYNDROMÓW i wpisanie ich do chwilowej bazy wiedzy na równi z innymi objawami.

#### II. Ustalenie hipotez wstępnych - aktywnych

Każdą z możliwych diagnoz systemu określamy mianem hipotezy. Etap drugi i trzeci mają za zadanie wśród możliwych hipotez /zawartych w stałej bazie wiedzy/ wyróżnić te, które należałoby szczegółowo rozpatrzyć na etapie diagnozowania różnicowego. Na podstawie znanych systemowi przesłanek diagnostycznych /ustalonych w trakcie etapu wstępnego/ oraz stwierdzonych u pacjenta /w etapie pierwszym/ zespołów objawów /syndromów/, w etapie drugim ustalana zostaje lista hipotez aktywnych. W ten sposób, podobnie do postępowania lekarza, uwaga systemu skoncentrowana zostaje na pewnej ilości diagnoz, które należy rozpatrywać w dalszym postępowaniu diagnostycznym. Warunki przyjęcia "diagnozy" do grona hipotez aktywnych określone są w stałej bazie wiedzy. Podstawą kwalifikacji diagnozy do grona hipotez aktywnych jest spełnienie co najmniej jednego z warunków uaktywniających przypisanych każdej z diagnoz w stałej bazie wiedzy.

Etap ustalania listy hipotez aktywnych przebiega bez aktywnego udziału lekarza, czyli że system korzysta w nim z danych zebranych w etapie 0 oraz wniosków, dotyczących występowania syndromów ustalonych w etapie I.

Lista hipotez wstępnych uporządkowana zostaje ostatecznie według prawdopodobieństwa apriorycznego występowania diagnozy, ustalonego na podstawie badań statystycznych i zadane systemowi w bazie wiedzy.

#### III. Ustalenie zawężonych hipotez wstępnych

Celem tego etapu jest, w oparciu o dotychczasowe ustalenia systemu oraz odpowiedzi lekarza-użytkownika, udzielane na szczegółowe pytania systemu, zadawane w tym etapie diagnozowania, wyodrębnione ze zbioru hipotez wstęp-



nych najbardziej prawdopodobnych. Pytania te odnoszą się do objawów spełniających dwa warunki:

- są specyficzne dla wykluczenia lub potwierdzenia aktywnych hipotez,
- uzyskanie przez lekarza informacji, celem odpowiedzi na pytanie systemu, nie wymaga skomplikowanych i czasochłonnych zabiegów.

Za zawężoną hipotezę wstępną uważana jest każda ta hipoteza, aktywna, która w tym etapie wnioskowania systemu zostanie:

- potwierdzona lub
- nie anulowana.

Każdemu warunkowi uaktywniającemu diagnozę odpowiada w bazie wiedzy dwa zbiory warunków:

- warunki anulujące.
- warunki potwierdzające.

Warunki te mają postać złożonego wyrażenia logicznego /reguły/. Jego argumenty stanowią przesłanki diagnostyczne i syndromy /na tym etapie znane już systemowi/ oraz objawy, o które zapyta system lekarza-użytkownika. Kolejno system sprawdza warunki anulujące i potwierdzające /w tej właśnie kolejności/, związane ze wszystkimi spełnionymi w etapie drugim warunkami uaktywniającymi diagnozy. Wynikiem tego sprawdzenia jest ostateczne potwierdzenie, niepotwierdzenie lub anulowanie "hipotezy".

Na liście zawężonych hipotez wstępnych motor wnioskowania umieści kolejno hipotezy potwierdzone, a dalej aktywne, nie aktywne, anulowane i wykluczone.

Etapy IV i V procesu diagnostycznego w obecnej wersji /prototypie/ nie są reprezentowane, są jednak przedmiotem badań i projektu wersji docelowej systemu.



JACEK RUSZKOWSKI

Politechnika Śląska

Instytut Elektroniki - Gliwice

## SYSTEM KONSULTACJI LEKARSKIEJ W PODSTAWOWYCH ZAGADNIENIACH GINEKOLOGICZNYCH DLA PLACÓWEK PODSTAWOWEJ OPIEKI ZDROWOTNEJ

Artykuł dotyczy zastosowania metod komputerowej konsultacji we wspomaganie rozumowania lekarskiego w pracy ginekologa na poziomie podstawowej opieki zdrowotnej. Badania nad tego rodzaju zastosowaniami były prowadzone w różnych dziedzinach medycyny, praktycznie pomijając jednak ginekologię i położnictwo. Wydana w roku 1987 monografia Fawdy'ego i Daltona poświęcona zastosowaniom metod komputerowych w położnictwie i ginekologii [1] nie zawiera wogóle rozdziału, omawiającego systemy konsultacyjne.

Podstawy teoretyczne znanych prac w tym zakresie wykorzystują metody probabilistyczne, systemy logiki matematycznej, algebrę, teorię mnogości, lingwistykę matematyczną, a także metody szeroko rozumianej sztucznej inteligencji. Prace te nie wyszły jednak dotychczas daleko poza fazę eksperymentu, zarówno jeśli chodzi o metody gromadzenia, analizy i przetwarzania wiedzy medycznej ekspertów, jak i organizacji i implementacji systemów konsultacyjnych.

Zastosowanie systemów konsultacyjnych w praktyce klinicznej wydaje się mieć, niezależ-

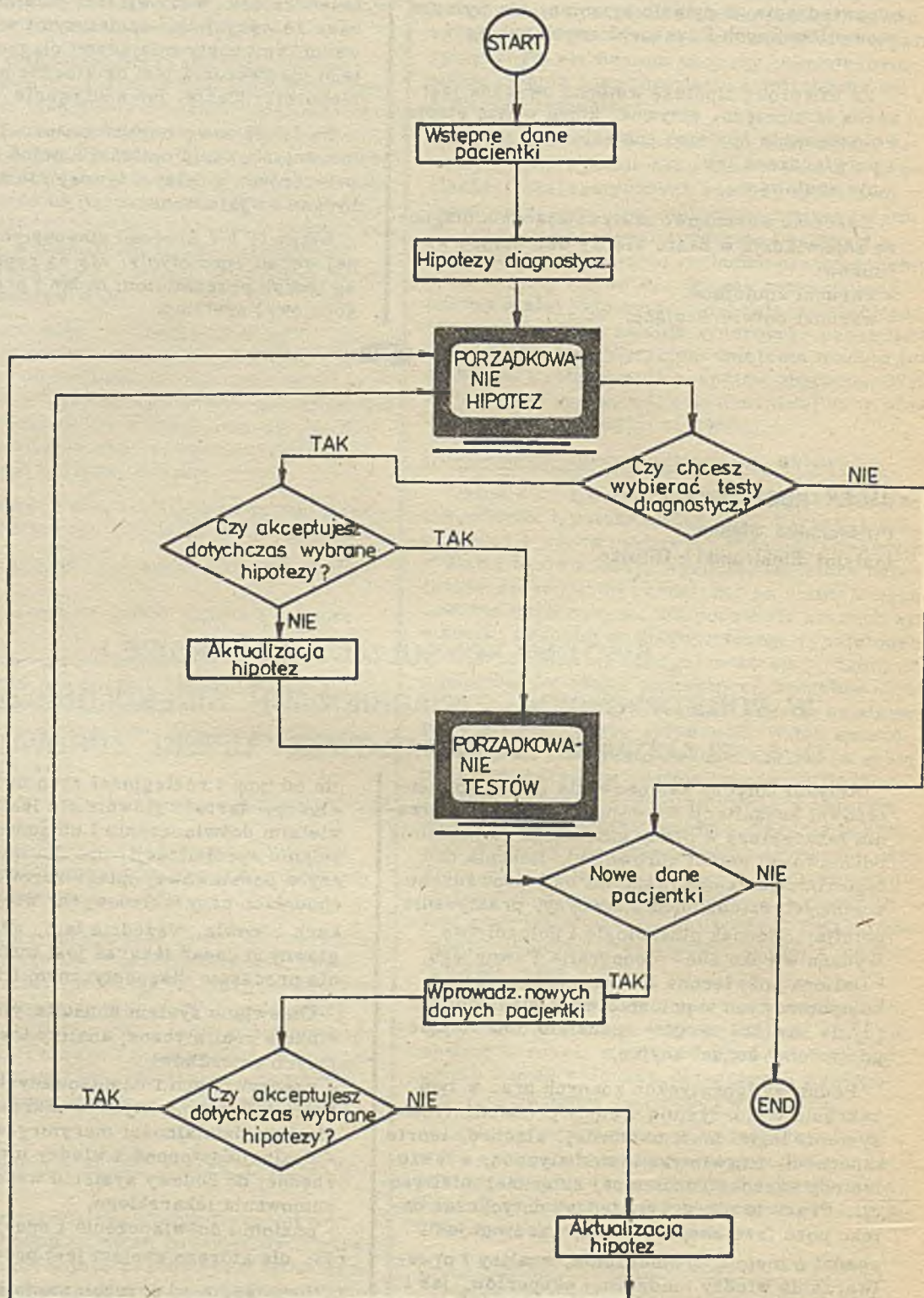
nie od typu i rozległości zgromadzonej w nich wiedzy, wartość głównie dla lekarzy o niezbyt wielkim doświadczeniu i stosunkowo niskim stopniu specjalizacji, np. dla młodszych lekarzy w podstawowej opiece zdrowotnej, przychodniach przyzakładowych, wiejskich ośrodkach zdrowia, wszędzie tam, gdzie jednym z głównych zadań lekarza jest trafne pokierowanie procesem diagnostycznym i terapią.

Omawiany system konsultacyjny powstał w efekcie realistycznej analizy trzech następujących czynników:

- rzeczywistych i dostosowanych do zadań potrzeb lekarza praktyka w zakresie wspomagania jego działalności merytorycznej,
- realnej dostępności wiedzy medycznej niezbędnej do budowy systemu wspomagania rozumowania lekarskiego,
- poziomu doświadczenia i specjalizacji lekarza, dla którego system jest przewidywany.

Niezależnie od przygotowania i specjalności, rozumowanie lekarskie w procesie diagnostycznym może mieć wysoce złożony charakter. Nie wszystkie elementy tego rozumowania są na obecnym poziomie wiedzy dostatecznie wyjaś-





Rys. 1



- WYBIERZ SPOSOB NALEŻYWOŚCI WZYSTACI
- 1 ból w nadbrzuszu? - tak, nie
  - 2 ból w krzyżu? - tak, nie
  - 3 stany podgorączkowe? - tak, nie
  - 4 ogólne osłabienie? - tak, nie
  - 5 brak apetytu? - tak, nie
  - 6 nerwowość? - tak, nie
  - 7 bezsenność? - tak, nie
  - 8 choroba nowotworowa w rodzinie? - tak, nie
  - 9 wiek? - poniżej 18, 18-40, 41-60, powyżej 60 lat
  - 10 warunki socjoekonomiczne? - dobre, złe
  - 11 rozródność? - rodziła, nie rodziła
  - 12 płamienia kontaktowe? - tak, nie
  - 13 krwawienie 1/2 roku po menopauzie? - tak, nie
  - 14 krwiste upływy? - tak, nie
  - 15 zaburzenia miesiączkowania? - utorny brak mies., rzadkie mies., cykl praw
  - 16 miesiączki krwotoczne? - tak, nie
  - 17 miesiączki bolesne? - tak, nie
  - 18 krwawienia międzymiesiączkowe? - tak, nie
  - 19 objawy subiektywne ciąży? - tak, nie
  - 20 ciężar ciała? - norma, niedowaga, nadwaga

Ustaw kursor przy pomocy strzałek, zaakceptuj przez (CR).  
 (PgUp) - POPRZEDNIA STRONA ; (PgDn) - NASTĘPNA STRONA ; (ESC) - KONIEC DANYCH

Rys. 2

nione. Z całą pewnością jednak można wyróżnić w tym procesie dwie przeplatające się fazy:

- ocena i wybór prawdopodobnych przyczyn wyjaśniających dolegliwości pacjenta,
- ocena i wybór dogodnych, w określonym sensie, kroków diagnostycznych przydatnych w dalszym różnicowaniu.

W obu sytuacjach wyboru, lekarz dokonuje porządkowania i wyboru hipotez bądź działań diagnostycznych z punktu widzenia określonych kryteriów.

#### Metoda

Dla zdefiniowania zbioru wiedzy medycznej, jak i sposobu jej analizy wykorzystana została metoda ELSA /Experts Latitce Structured Acquirements/ [2]. Wymaga ona określenia następujących danych:

- problemu diagnostycznego /PD/,

- hipotez diagnostycznych /D/, które mogą wyjaśniać problem PD,
- zbiór objawów /S/ pomocnych w różnicowaniu zbioru hipotez D,
- zbiór działań diagnostycznych /T/ niezbędnych dla stwierdzenia objawów S,
- zbiór wiedzy medycznej na temat różnicowania przyczyn /D/ wystąpienia problemu diagnostycznego /PD/ w świetle rozważanych objawów /S/, stwierdzanych w wyniku działań diagnostycznych /T/.

Problemem diagnostycznym może być tutaj określony objaw lub zjawisko - powód zgłoszenia się pacjenta do lekarza, np. określony rodzaj bólu, zaburzeń neurovegetatywnych, krwawienia, objawów skórnych itp. Dotychczas opracowano zbiory wiedzy medycznej na temat wyjaśniania przyczyn:

- żółtaczkę,
- bólu w nadbrzuszu, z podziałem na przyczyny

- WYBIERZ SPOSOB NALEŻYWOŚCI WZYSTACI
- 21 anemia? - tak, nie
  - 22 cukrzyca? - tak, nie
  - 23 nadciśnienie? - tak, nie
  - 24 zaburzenia ze strony układu pokarmowego? - tak, nie
  - 25 zaburzenia ze strony układu moczowego? - tak, nie
  - 26 parcie na kiszki stolcowa? - tak, nie
  - 27 obrzęki kończyn dolnych? - tak, nie
  - 28 objawy ischiasu? - tak, nie
  - 29 objawy migotania? - tak, nie
  - 30 hirsutyzm? - tak, nie
  - 31 przedwczesne dojrzewanie płciowe? - tak, nie
  - 32 zmiany w badaniu ginekologicznym? - nie, tak
  - 33 OB? - podwyższony, normalny
  - 34 leukocytoza? - tak, nie
  - 35 cytologia? - I lub II grupa, III grupa, IV lub V grupa
  - 36 test cytohormonalny? - norm.cz.estr., obniż.cz.estr., podwyższ.cz.estr.
  - 37 test HCG standardowy? - pozytywny, negatywny
  - 38 test HCG w wysokim rozcieńczeniu? - pozytywny, negatywny
  - 39 punkcja zatoki Douglasa? - pozytywna, negatywna
  - 40 biopsja endometrium? - pozytywna, negatywna

Ustaw kursor przy pomocy strzałek, zaakceptuj przez (CR).  
 (PgUp) - POPRZEDNIA STRONA ; (PgDn) - NASTĘPNA STRONA ; (ESC) - KONIEC DANYCH

Rys. 3



- ```

1 - rak szyjki macicy
2 - rak endometrium
3 - miesak
4 - hyperplazja
5 - polip
6 - miesniaki macicy
7 - stan zapalny pochwy
8 - poronienie wczesnej ciąży
9 - ciąża pozamaciczna
10 - maszyn strąkający
11 - zespół Stein-Lowenthala
12 - endometrioza
13 - guz jajnika hormonalnie czynny
14 - hiperestrogenizm
15 - nadzferka szyjki macicy
16 - zapalenie przydatków
17 - czynniki psychiczne

```

Ustaw kursor przy pomocy (↑) or (↓) zaakceptuj przez (CR)  
(PgUp)-POPZEDNIA STRONA (PgDn)-NASTEPNA STRONA (ESC)-KONIEC DANYCH

Rys. 4

ny ze strony żołądka, dwunastnicy, przełyku oraz trzustki,  
- nieprawidłowego krwawienia z narządu rod-  
nego.

Ten ostatni temat został rozbudowany o wie-  
le innych możliwości, jak np. podsystem oce-  
ny wskazań do biopsji endometrium, oraz za-  
początkował opracowanie systemu konsultacji  
lekarskiej dla podstawowych problemów gineko-  
logii zachowawczej i profilaktyki narządu rod-  
nego.

Zgodnie z powyższym opracowany został sys-  
tem konsultacji lekarskiej, którego schemat  
przedstawiono na rys. 1. Spełnia on dwie pod-  
stawowe funkcje:

- przedstawia sugestie rozpoznań w świetle da-  
nych o pacjencie w postaci uporządkowanych  
struktur hipotez diagnostycznych R/D/,
- sugeruje dalsze działania diagnostyczne w

świecie wybranych przez lekarza hipotez diagno-  
stycznych w postaci uporządkowanych struktur  
testów diagnostycznych R/T/D' /, gdzie D' jest  
dowolnym podzbiorem D.

Konwersacja z systemem jest w pełni kontro-  
lowana przez lekarza, który jednak wszystkie  
decyzje podejmuje na własną odpowiedzialność.  
System przygotowano do pracy na mikrokompu-  
terze odpowiadającym IBM-PC/XT/AT, wypo-  
sażonym w 360 kB RAM, dysk elastyczny, kar-  
tę Hercules, drukarkę.

#### Zasady pracy systemu. Przykład kliniczny.

Działanie systemu konsultacji lekarskiej w  
podstawowych zagadnieniach ginekologicznych  
przedstawimy na przykładzie modułu wyjaśnia-  
nia przyczyn nieprawidłowych krwawień z na-  
rządu rodowego. Postuży do tego analiza kilku  
kroków diagnostycznych w postępowaniu z kon-  
kretnym przypadkiem klinicznym w warunkach

- ```

PORADNIK TESTÓW DIAGNOSTYCZNYCH DO WYKONANIA
poziom 1:
2 ból w brzuchu - tak, nie
6 niepłodność - tak, nie
poziom 2:
4 ogólne osłabienie? - tak, nie
21 anemia? - tak, nie
poziom 3:
5 brak ciąży - tak, nie
16 miesiączki krwotoczne? - tak, nie
18 krwawienia międzymiesiączkowe? - tak, nie
23 nadciśnienie? - tak, nie
26 ciąża na 15-16 tygodniu? - tak, nie
34 leukocytoza? - tak, nie
38 test HCG w wysokim rozcienczeniu? - pozytywny, negatywny
39 punkcja zatoki Douglasa? - pozytywna, negatywna

```

Ustaw kursor przy pomocy strzałek, zaakceptuj (CR)  
(PgUp)-POPZEDNIA STRONA (PgDn)-NASTEPNA STRONA (ESC)-KONIEC DANYCH

Rys. 5



**POZIOŁEK TESTÓW PROPONOWANYCH DO WYKONANIA**

- poziom 4:  
3 stany podgorączkowe? - tak, nie  
14 krwiste upławy? - tak, nie  
17 miesiączki bolesne? - tak, nie  
19 zaburzenia ze strony układu pokarmowego? - tak, nie  
25 zaburzenia ze strony układu moczowego? - tak, nie  
37 test HCG standardowy? - pozytywny, negatywny  
49 biopsja cewnowetrium? - pozytywna, negatywna  
poziom 5:  
7 bezsenność? - tak, nie  
11 rozródność? - rodziła, nie rodziła  
27 obrzęki kończyn dolnych? - tak, nie  
poziom 6:  
36 test cytohormonalny? - norm.cz.estr., obniz.cz.estr., podwyższ.cz.estr.

INME

Ustaw kursor przy pomocy strzałek, zaakceptuj (CR)  
(PgUp)-POPZEDNIA STRONA ; (PgDn)-NASTĘPNA STRONA ; (ESC)-KONIEC DANYCH

Rys. 6

poradni ginekologicznej podstawowej opieki zdrowotnej w małym ośrodku /np. wiejski ośrodek zdrowia/, z ograniczonym dostępem do szybkiej diagnostyki laboratoryjnej.

Pacjentka, lat 30, zgłosiła się z powodu nieprawidłowego, jej zdaniem, krwawienia z dróg rodnych, z silną obroną mięśniową przy próbie badania przedmiotowego. Rys. 2 i 3 przedstawiają uzyskane dane o pacjentce oraz wykaz

**PROPONOWANY PORZĄDEK HIPOTEZ DIAGNOSTYCZNYCH**

- poziom 1:  
8 - poronienie wczesnej ciąży  
9 - ciąża pozamaciczna  
poziom 2:  
16 - zapalenie przydatków  
poziom 3:  
7 - stan zapalny macicy  
poziom 4:  
10 - zasnład groniasty

**Czy chcesz wubierać dalsze kroki diagnostyczne (CR):**

Rys. 7

**POZIOŁEK TESTÓW PROPONOWANYCH DO WYKONANIA**

- poziom 1:  
24 zaburzenia ze strony układu pokarmowego? - tak, nie  
34 leukocytoza? - tak, nie  
39 punkcja zatoki Douglasa? - pozytywna, negatywna  
poziom 2:  
36 test cytohormonalny? - norm.cz.estr., obniz.cz.estr., podwyższ.cz.estr.  
poziom 3:  
3 stany podgorączkowe? - tak, nie

Ustaw kursor przy pomocy strzałek, zaakceptuj (CR)  
(PgUp)-POPZEDNIA STRONA ; (PgDn)-NASTĘPNA STRONA ; (ESC)-KONIEC DANYCH

Rys. 8

testów /T/ i objawów /S/ przyjętych jako pomocne w wyjaśnianiu przyczyn nieprawidłowego krwawienia z dróg rodnych /PD/. Następnie lekarz dokonuje wyboru hipotez diagnostycznych do rozważenia w następnych krokach procesu diagnostycznego, spośród 17 możliwości przyjętych jako ewentualne przyczyny /D/ wystąpienia problemu PD. Wybór hipotez przedstawia rys. 4. Wobec małej liczby danych o pacjentce i zaproponowanym zestawie hipotez diagnostycznych, prowadzącym do różnicowania pomiędzy stanem zapalnym narządu rodnego a powikłaniami wczesnej ciąży, system konsultacyjny zasugerował wykonanie kilku dalszych kroków diagnostycznych, szczególnie przydatnych - w świetle wiedzy ekspertów - do różnicowania w wybranej grupie hipotez. Wyniki tej fazy postępowania przedstawiają rys. 5 i 6. Porządek hipotez sugerowany przez system w świetle uzupełnionych danych przedstawia rys. 7.

Wobec zebranych danych uznano, że dalsze różnicowanie dotyczyć będzie tylko dwu hipotez: ciąży pozamacicznej i poronienia wczesnej ciąży. I tu system zasugerował uzupełnienie danych o pacjentce o elementy przedstawione na rys. 8. W świetle ich konfrontacji z bazą wiedzy medy-



### PROPOZYCJA PORZĄDKU HIPOTEZ DIAGNOSTYCZNYCH

- poziom 1: 9 - ciąża pozamaciczna  
poziom 2: 8 - poronienie wczesnej ciąży

### Czy chcesz wybierać dalsze kroki diagnostyczne?(y,n): n

Rys. 9

cznej, system zasugerował kolejność hipotez diagnostycznych jak na rys. 9. Wynika z niej konieczność natychmiastowego skierowania pacjentki do oddziału ginekologicznego szpitala, z podejrzeniem ciąży pozamacicznej.

Przedstawiony prosty przypadek konsultacji opartej na analizie bazy wiedzy medycznej eks-

pertów ilustruje w niewielkim tylko stopniu możliwości systemu. Może on mieć zastosowanie także jako pomoc dydaktyczną w szkoleniu przed- i podyplomowym lekarzy. Mała zajętość pamięci /mniej niż 250 kB/ potrzebnej zarówno dla bazy wiedzy medycznej, jak i oprogramowania systemu, czyni tego rodzaju opracowania łatwymi do szerokiego rozpowszechniania w placówkach służby zdrowia i jednostkach dydaktycznych.

#### L i t e r a t u r a :

- [1] J.K. Dalton, R. Fawdy - The Computer in Obstetrics and Gynecology, IRL, Press, Oxford, Washington, 1987.
- [2] J. Ruszkowski - ELSA - A Method of Medical Knowledge Acquisition and Management to Aid Diagnostic Reasoning. Methods of Information in Medicine, 25 /1986/, nr 3.



JÓZEF JAGIELSKI  
KRYSTYNA LASZKI-SZCZĄCHOR  
LESŁAW RUSIECKI

Katedra i Zakład Patofizjologii  
Akademii Medycznej - Wrocław

## MIKROKOMPUTEROWY SYSTEM ANALIZY ELEKTROKARDIOGRAMÓW

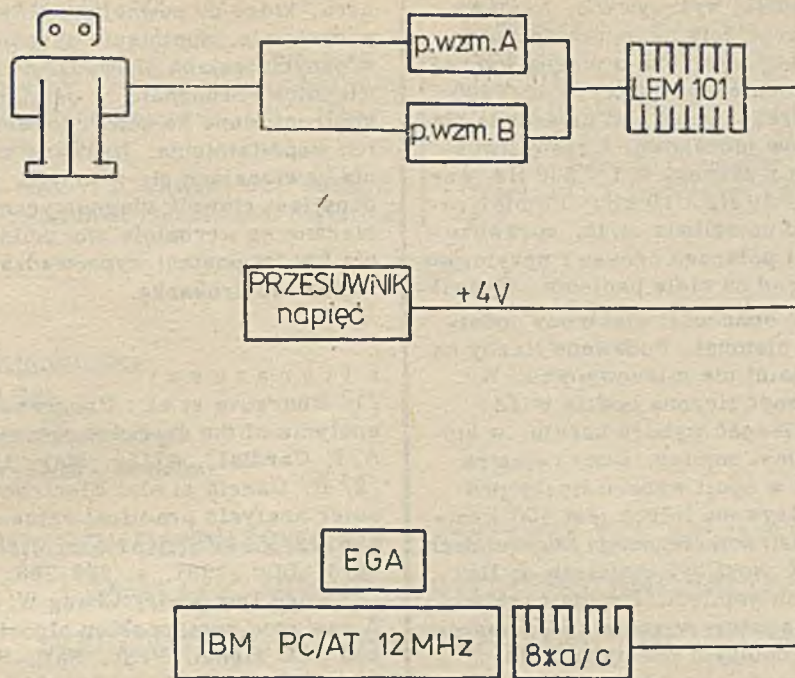
Mikrokomputerowy system analizy i diagnostyki ekg, pracujący w Zakładzie i Katedrze Patofizjologii Akademii Medycznej we Wrocławiu jest wynikiem kilkunastoletnich prac badawczych, prowadzonych w tym kierunku. Rozwiązanie opisywanego systemu opiera się na wykorzystaniu wzmacniacza biologicznego LEM 101 i mikrokomputera kompatybilnego z IBM PC.

Sygnal od pacjenta zbierany jest przy pomocy standardowego crossu elektrod i w postaci 8 sygnałów napięciowych wprowadzanych na wejścia dwóch 4-kanalowych przedwzmacniaczy, następnie przekazywany jest na wejście 8-kanalowego wzmacniacza biologicznego, który wyposażony jest w stabilizowany przesuwnik napięć, umożliwiający współpracę z 12-bitowym, unipolarnym konwerterem analogowo-cyfrowym. Przetwornik umieszczony jest w wolnych slotach płyty głównej mikrokomputera klasy IBM PC/AT /rys. 1/.

Funkcje realizowane przez opisywany system diagnostyki komputerowej elektrokardiogramów są następujące:

- wprowadzenie w trybie dialogowym do mikrokomputera danych identyfikacyjnych pacjenta,
- zapewnienie możliwości manualnego ustawienia parametrów rejestracji,
- pomiar i rejestracja sygnału ekg zdejmowanego z ciała pacjenta wg standardu klasycznego,
- wprowadzenie zapisu 4 wybranych odprowadzeń na ekran kardiomonitora /za wyjątkiem II, aVR, aVL, aVF/,
- konwersja przebiegów na postać cyfrową,
- przesłanie sygnału ekg w formie cyfrowej na dysk twardy,
- wizualizacja na ekranie 1, 2 lub 4 z dwunastu odprowadzeń po konwersji a/c,
- automatyczne rozpoznawanie charakterystycznych elementów krzywych,
- obliczanie wielkości charakterystycznych zapisu ekg,
- komputerowa interpretacja diagnostyczna w oparciu o kryteria Bonnera,
- redakcja i wydruk wyników,
- zakładanie biblioteki danych pacjentów,
- aktualizacja ww. biblioteki,





Rys. 1 Schemat funkcjonalny 8-kanalowej rejestracji elektrokardiogramu z wykorzystaniem wzmacniacza biologicznego, karty unipolarnego przetwornika a/c i zestawu IBM PC/AT, uruchomionej w Katedrze i Zakładzie Patofizjologii AM we Wrocławiu w 1988 roku.

- zakładanie i aktualizowanie słownika diagnostycznego,
- zakładanie i aktualizowanie katalogu programów użytkowych.

System może pracować jako podsystem centralnego, komputerowego systemu informatycznego w Ośrodku Badań Masowych lub jako samodzielny system kardiologicznej analizy ekg, obejmujący swym zasięgiem pojedynczą placówkę służby zdrowia.

Programy zarządzające i obsługujące zapis rejestracji potencjałów mięśnia sercowego mają za zadanie ustawić parametry wzmacniacza biologicznego, obsłużyć konwerter a/c, na żądanie przedstawić w formie graficznej rejestrowane przebiegi oraz zapisać dane na dysku twardej. Obsługa przetwornika zawiera:

- procedury inicjacji i restartu pakietu,
- procedury programowania trybu pracy wejść analogowych,
- procedury obsługi konwersji i odczytu sygnału w poszczególnych kanałach przetwornika,
- procedury programowania układu wyzwalania konwertera,
- procedury sekwencyjnego automatycznego odczytu wszystkich kanałów przetwornika do bufora programowego.

Wszystkie wymienione wyżej funkcje spełni program napisany w języku ASSEMBLER. Po wywołaniu programu na ekranie pojawia się data i godzina w zegarze systemowym. Operator ma dwie możliwości,

- kontynuować pracę programu,
- powrócić do systemu /DOS/ i ustawić datę oraz aktualny czas w Real Time Clock /oczywiście, gdy wyświetlane parametry nie zgadzają się z aktualnym zegarem/.

Jeżeli wybrana zostanie pierwsza możliwość pojawia się komunikat mówiący o możliwościach systemu w zakresie ilości dostępnej pamięci. Informuje on o ilości próbek jaką można zebrać w ośmiu kanałach przy próbkowaniu 500 Hz. Po teście pamięci sprawdzany jest kanał LPT. Operator ma możliwość wyboru jednego z dwóch /LPT1/LPT2/.

Test LPT kończy pierwszą fazę przygotowań do rejestracji i na ekranie pojawia się menu. Zawiera ono 10 następujących opcji:

- inicjację nowego badania,
- edycję nagłówka,
- ustawianie liczby zbieranych próbek,
- ustawianie parametrów wzmacniacza,
- sprawdzanie rezystancji elektrod,
- pomiar,
- zapis danych na dysk twardy,
- odczyt danych,
- wizualizacja przebiegów,
- QUIT - koniec pracy i powrót do systemu.

Inicjacja nowego badania jest pierwszą wykonywaną procedurą. Umożliwia ona wyzerowanie odpowiednich tablic i zmiennych w programie i zwiększenie zawartości liczników programowych o 1 w przypadku, gdy jakieś bada-



nie było już wcześniej wykonywane. Nastawy wzmacniacza to przejście na automatyczne sterowanie. Dla każdego kanału można wybrać odpowiednie wzmocnienie od  $5 \mu\text{V/V}$  do  $1000 \mu\text{V/V}$ . Pasma przenoszenia jest ustawiane dla wszystkich kanałów jednakowo. Częstotliwości dolne pochodzą z zakresu 0,1 - 500 Hz, częstotliwości górne: 50 Hz - 10 kHz. Pomiar rezystancji elektrod umożliwia m. in. sprawdzenie prawidłowości połączeń crossu i przylegania samych elektrod na ciele pacjenta. Wyświetlana jest wartość oporności elektrody dodatniej, a następnie ujemnej. Podawane liczby są na razie wartościami nie mianowanymi. W przyszłości oporność liczona będzie w  $\Omega$ . Operator ma możliwość wyboru kanału, w którym dokonywany jest pomiar. Czas rejestracji ustawiany jest w opcji wyboru liczby próbek pomiaru. Wpisywana liczba jest 500-krotnością czasu rejestracji liczonego w sekundach. Podawana wartość musi być mniejsza od liczby podanej w teście pamięci. Edycja nagłówka pozwala na umieszczenie w zapisie informacji przydatnych przy dalszym przetwarzaniu. W szczególności można zapisać:

- numer identyfikacyjny pacjenta /będzie także częścią - nazwy zbioru z danymi/,
- czas rejestracji, wyświetlany automatycznie z RTC,
- imię, nazwisko, wiek,
- adres /kod, miejscowość, ulica, nr/,
- rozpoznanie,
- uwagi /np. dotyczące jakości zapisu/.

Zapis danych na dysk polega na wpisaniu nagłówka i kolejnych wartości z 8 kanałów w zbiorze o defaultowej nazwie PAC00... i. DAT, gdzie i-nr identyfikacyjny pacjenta. Operator ma możliwość zmiany nazwy zbioru. W analogiczny sposób zorganizowany jest odczyt danych z dysku. Po wczytaniu zapisu przez program możliwa jest wizualizacja przebiegów. Polega ona na pokazaniu na ekranie wykreślonych przebiegów w jednym, dwóch, albo czterech kanałach równocześnie. Możliwa jest zmiana zakresu skali czasu, która każdorazowo podawana jest w sekundach oraz przez indeks próbki. Opcja koniec pracy jest typowym QUIT-em. Jej wybór powoduje powrót do systemu operacyjnego DOS.

Dane z elektrokardiogramu pacjenta przetwarzane są w trybie off-line przez programy analizująco-diagnostyczne, rezydujące na dysku twardym. Po wstępnej analizie i ewentualnej filtracji przebiegów przeprowadzane jest rozpoznawanie charakterystycznych załamków i zespołów w zapisie ekg. Pozwala to na wyliczenie około 400 parametrów decyzyjnych.

Algorytm postępowania diagnostycznego oparto na modelu deterministycznym. Stosowano rozgałęziony system połączeń 29 testów, który w postaci drzewa-grafu służy możliwie szybko i pełnemu wyszukiwaniu odpowiednich diagnoz. W tej części wykorzystano kryteria Bon-

nera, które po pewnej modyfikacji adoptowano w systemie. Spełnienie określonych warunków w danych testach prowadzi do wybrania odpowiednich rozpoznań. W ostatnim roku są one konfrontowane ze sobą i badana jest możliwość ich współistnienia. Usuwane są także rozpoznania zawierające się w innych. Na końcu przeglądanego jest słownik diagnostyczny, z którego wybierane są werbalnie sformułowane rozpoznania i w tej postaci wyprowadzane na ekran monitora lub drukarkę.

#### L i t e r a t u r a :

- [1] Bhargava et al.: Progress in computer analysis of the exercise electrocardiogram. A. J. Cardiol., 47/5/, May, 1981, s. 1143-1151.
- [2] R. Garcia et al.: Electrocardiogram computer analysis practical value of the IBM Bonner - 2/V2 MO/ program, J. Electrocar., 14/3/ July, 1981, s. 283-288.
- [3] Chen Der Kao., Chang W. H., Yu B. C.: A new data compression algorithm for computerized ECG signal. Proc. Natl. Sci. Council. ROC /A/, 11/3/, 1987, s. 224-231.
- [4] J. Jagielski, K. Laszki-Szcząchor, A. Utzig: Program do analizy i interpretacji diagnostycznej z 12 odprowadzeń klasycznych. VII Krajowe Sympozjum Sekcji Cybernetyki TIP "Zastosowanie komputerów w badaniach populacyjnych", Wrocław 10-11.10.1978, druk: MERA-ELWRO.
- [5] J. Jagielski, K. Laszki-Szcząchor, L. Rusiecki: Eksperymentalna i systemowa analiza i diagnostyka z 12 odwieńdzeń z ispożowaniem EWM ODRA 1305 i zestaw na mini-EWM MERA 400 s CAMAC-sistemoj. Materiały III Konferencji RWPG "Biofizyka" na temat Pole elektryczne serca. Smolenice, CSRS, 28 maja - 1 czerwca 1984, Wyd. AN ZSRR.
- [6] K. Laszki-Szcząchor: Wyglądanie sygnału ekg. Prace Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN, nr 7 Warszawa 1980.
- [7] K. Laszki-Szcząchor, L. Rusiecki: Weryfikacja kryteriów rozpoznawania ekg - tworzenie pełnego słownika kryteriów i diagnoz. VI Krajowa Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Biocybernetyka i Inżynieria biomedyczna" Warszawa 21-23. 11. 1983.
- [8] K. Laszki-Szcząchor: Automatyczna analiza elektrokardiogramów w systemie CAMAC - MERA 400. IV Konferencja Współtwórców Projektu "Pole elektryczne serca" Puszcino k/ Moskwy ZSRR 16-21. 09. 1985.
- [9] K. Laszki-Szcząchor, L. Rusiecki: "CASCADE" minikomputerowy system diagnostyki elektrokardiograficznej. XLII Posiedzenie Naukowe PTK Gdańsk, 2-4. 10. 1987.
- [10] P. W. Macfarlane: ECG waveform identification by digital computer. Cardiovascular Research, 5, 1971, s. 141-146.
- [11] P. W. Macfarlane, M. Podolski: Serial comparison in the Glasgow ECG Analysis Pro-



gram. J. Electrocardiology, 19/3/. 1986, s. 309.

[12] L. Pordy, M.D., F.A.C.C. Computer Electrocardiography: Present status and Criteria. Future Publishing Company, INC. Mount Kisco, New York, 1977.

[13] Ch. Quin-lan, V.T. Nitish: ECG pattern recognition by relational matching of significant

points. IEEE - VIII Annual conference of the Engineering in Medicine and Biology Society. Fort Worth, Texas, november 7-10, 1986.

[14] J.E. Sheild et al.: The use of digital filters in ehacing the fatal electrocardiogram. J. Biomed. Eng., Jan., 3/1/, 1981, s. 44-48.

[15] J. Wartak: Computer in electrocardiography Charles C. T. publisher Springfield., Illinois, 1970.



ANDRZEJ MACIEJEWSKI  
JÓZEF JAGIELSKI

Katedra i Zakład Patofizjologii  
Akademii Medycznej - Wrocław

## MIKROKOMPUTEROWY SYSTEM DO REJESTRACJI I ANALIZY WYWOŁANYCH POTENCJAŁÓW WZROKOWYCH I SŁUCHOWYCH - NEUROMIC

Specyficzną czynność bioelektryczną mózgu, związaną czasowo z działaniem bodźca określa się jako tzw. Wywołane Potencjały Mózgowe. Ze względu na stosowany bodziec zewnętrzny Wywołane Potencjały Mózgowe /WPM/ dzieli się na potencjały wzrokowe /Visual Evoked Potentials - VEPs/, słuchowe z kory mózgu /Auditory Evoked Potentials - AEPs/ i pnia mózgu /Brainstem AEP-BAEPs/, somatosensoryczne /Somatosensory Evoked Potentials - SEPs/, które zbierane są z powierzchni czaszek znad odpowiednich właściwych sobie ośrodków mózgu.

Wzrokowe Potencjały Wywołane pozwalają badać zaburzenia narządu wzroku oraz lokalizować uszkodzenia, poczynając od siatkówki do kory wzrokowej. Jednym z ważnych diagnostycznych zastosowań jest użycie wzrokowych potencjałów, wywołanych w badaniach nad stwardnieniem rozsianym /SM- sclerosis multiplex/. Czulość tych badań umożliwia wykrycie choroby nawet przy braku objawów klinicznych. Wywołane Potencjały Słuchowe, szczególnie tzw. wczesne, wykazują niezwykle dokładną korelację z elektryczną działalnością różnych połączeń i "przełączeń" drogi słuchowej, a tym samym z miejscem jej uszkodzenia lub patologią zlokalizowaną w pobliżu drogi słuchowej, w mózgu.

Potencjały wywołane należą do diagnostycznych metod nieinwazyjnych i obiektywnych. Potencjały wywołane przez bodźce optyczne lub akustyczne, po zarejestrowaniu i wstępnej obróbce matematycznej, mogą stanowić podstawę diagnostyki schorzeń niewykrywalnych innymi metodami /szczególnie nieinwazyjnymi/ we wczesnych etapach zaawansowania. Mogą również stanowić komplementarną metodę diagnostyczną łącznie z badaniami innego typu /rentgenologicznymi, tomografią komputerową, itp./,

w zakresie np. badań neurologicznych. Ponadto, w odpowiednich warunkach, możliwe jest określenie obiektywnej krzywej czulości słuchu, co może mieć znaczenie dla określenia w sposób absolutnie obiektywny stopnia uszkodzenia słuchu, np. u osób narażonych zawodowo na działanie hałasu. Ze względu na nieinwazyjność badania może ono służyć do obiektywnej oceny słuchu u małych dzieci a nawet noworodków.

W latach 1980-86 w Katedrze i Zakładzie Patofizjologii zbudowano dwa systemy komputerowe pod nazwą NEURONIX i STELLA do rejestracji i analizy wywołanych potencjałów z kory i pnia mózgu człowieka, które weszły do praktycznych badań klinicznych.

W systemie NEURONIX część rejestrująca systemu została oparta o specjalizowany minikomputer ANOPS-105 oraz urządzenia analogowe produkcji krajowej. Część przetwarzającą oparto o system ODRA 1305.

Pomiarowy system do rejestracji i analizy Wywołanych Potencjałów Mózgowych pod nazwą STELLA został oparty na zunifikowanym systemie CAMAC. Jako komputer przetwarzający użyto system minikomputerowy MERA 400 posiadający, jak na owe czasy, duże możliwości rozbudowy w zakresie urządzeń peryferyjnych i oprogramowania. Do stymulacji zastosowano fonostymulator i fotostymulator wizyjny, programowany i sterowany minikomputerem MERA 400. Fono-fotostymulator wizyjny programowany jest unikalnym urządzeniem nie tylko w kraju, został całkowicie funkcjonalnie zaprojektowany w Pracowni Elektrofizjologii Katedry i Zakładu Patofizjologii AM we Wrocławiu, a cały układ pomiarowy został opatentowany /Patent PRL nr P-246283/.



System NEURONIX sprawdził się przede wszystkim w unikalnych badaniach identyfikacji funkcji splotu nerwów barkowych w badaniach śródoperacyjnych, przeprowadzanych bezpośrednio na sali operacyjnej. Pozwala to nie tylko określić czynności nerwów, ale umożliwia określenie ich ciągłości.

Oba systemy stosowane są również do badania wywołanych potencjałów z pnia mózgu u dzieci w okresie noworodkowym i niemowlęcym dla określenia funkcji drogi słuchowej.

Wymogi w zakresie potrzeb diagnostycznych przy zastosowaniu metod wywołanych potencjałów w szerszej skali wymagają systemu mikrokomputerowego, zbudowanego na powszechnie dostępnym sprzęcie komputerowym i możliwego do instalowania przy łóżku pacjenta. Coraz bogatsza literatura na temat potencjałów wywołanych dostarcza nowych dziedzin, w których wykorzystuje się te badania /psychologia, psychiatria/.

Uzyskane doświadczenia z budowy i z eksploatacji systemów NEURONIX i STELLA zostały wykorzystane do zaprojektowania systemu mikrokomputerowego pod nazwą NEUROMIC /NEURON-MICROCOMPUTER/.

Bazą systemu NEUROMIC jest profesjonalny mikrokomputer IBM PC model AT. W skład systemu NEUROMIC wchodzi:

1. Jednostka centralna - mikrokomputer IBM AT:

- mikroprocesor 80286, 6MHz/8MHz,
- koprocessor arytmetyczny 80287-8,
- karta grafiki kolorowej EGA,
- pamięć systemowa RAM 2x512 kb,

- karta pamięci RAM 3, 5 Mb z portem CENTRONICS i RS-232C,

- karta sterowników pamięci dyskowych HDD/FDD.

2. Monitor kolorowy RGB 640x350,

3. Klawiatura typu AT.

4. Pamięci masowe:

- dysk winchester 20 Mb,

- 2 napędy dyskietek 5 1/4" 1, 2 Mb,

- streamer 20 Mb /opcja/.

5. Drukarka graficzna STAR NB 24-15.

6. Wyposażenie specjalne:

- karta interface'u IEC-625,

- karta interface'u 3xRS-232C,

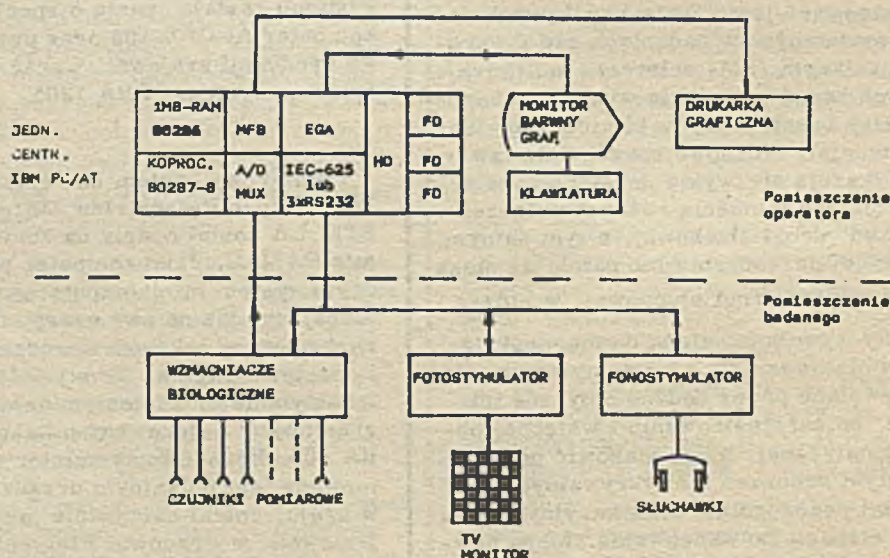
- specjalizowany moduł akwizycji danych z 8-16 kanałowym konwerterem a/c, 10-12 bitowym, 1-3  $\mu$ s.

W skład specjalizowanego sprzętu towarzyszącego wchodzi: wielokanałowy wzmacniacz sygnałów biologicznych, fotostymulator z wyjściem na monitor ekranowy typu telewizyjnego, fonostymulator z wyjściem na słuchawki. Wszystkie urządzenia towarzyszące wyposażone są w interface sterujący, umożliwiający również programowe ustawianie parametrów. Rys. 1 ilustruje blokową konfigurację wymienionych elementów.

Podstawowe funkcje systemu NEUROMIC konieczne do poprawnej pracy obejmują:

1. Zakładanie i aktualizowanie biblioteki programów badania.

Program badania stanowi zamknięty i uporządkowany zbiór testów, wykonywany w kolejności ich występowania i identyfikowalny poprzez nazwę. Test określony jest poprzez zbiór



Rys. 1. Schemat blokowy konfiguracji sprzętowej systemu NEUROMIC



parametrów stymulacji oraz rejestracji odpowiedzi.

2. Dialogowe wprowadzenie danych identyfikacyjnych pacjenta.

3. Realizacja programu badania

a. założenie rekordu badanego oraz umieszczenie w rekordzie bloku identyfikacyjnego,

b. ustawienie parametrów bodźca i warunków rejestracji,

c. uruchomienie i synchronizacja cyklu pomiarowego,

d. filtracja cyfrowa otrzymanej odpowiedzi,

e. umieszczenie wyniku testu w rekordzie badanego,

f. powtarzanie punktów b-e wg kolejnych testów programu.

4. Archiwowanie rekordów na wymiennych pakietach dyskowych.

5. Wyprowadzenie wyników badania:

a. wydruk, zawierający dane identyfikacyjne badanego oraz wykonane testy programu badania,

b. wykresy obrazujące wyniki testów.

6. Analiza matematyczno-statystyczna wyników po przeprowadzonych badaniach u pacjenta.

W porównaniu z systemem STELLA w systemie NEUROMIC rozszerzona została lista parametrów stymulacji, a także zmodyfikowane zostały zakresy zmienności stosowanych dotychczas parametrów. Umożliwia to stawianie nowych problemów badawczych. Możliwość rejestracji odpowiedzi wywołanych w 16 kanałach pozwala na mapping potencjałów mózgowych /Brain Electrical Activity Mapping/. Jest to ilościowo i jakościowo lepsza metoda badawcza, znacznie rozszerzająca możliwości interpretacji funkcjonowania Centralnego Układu Nerwowego. Nowoczesne środki graficzne znacznie zwiększają przejrzystość wyników badań przy znacznym skróceniu czasu prezentacji. Procesor główny z koprocesorem kilkakrotnie szybciej realizują skomplikowane nieraz algorytmy

/np. wielowymiarowa filtracja fourierowska/. Zastosowanie systemu operacyjnego DOS, dużej pamięci operacyjnej i szybkiej pamięci masowej umożliwiającą szybką i relatywnie prostą obsługę bibliotek, których zawartość można zmieniać wywołując odpowiednią opcję systemu. Zalety takiej otwartości systemu wyraźnie widać na przykładzie programów badania. Użytkownik może raz ustalić wszystkie parametry stymulacji i rejestracji. Tak zdefiniowanemu programowi badawczemu nadać nazwę i wpisać go do biblioteki. Przy powtórnym badaniu wg tego samego programu wystarczy wywołać program przez nazwę, a wszystkie parametry przybrać odpowiednie wartości. Usługi biblioteczne przewidziane zostały także w module prezentacji graficznej wyników oraz w module obróbki numerycznej danych.

Duży nacisk kładzie się na maksymalne uproszczenie sterowania całym systemem dzięki stosowaniu techniki wyboru z menu, dialogu i systemu komunikatów. Dzięki temu użytkownik może skoncentrować się na istocie badania bez zbędnego zwracania uwagi na zagadnienia sprzętowe. Miniaturyzacja i wydane zmniejszenie zapotrzebowania energetycznego sprzętu daje potencjalną możliwość przenoszenia aparatury, również na salę operacyjną.

Jako narzędzie diagnostyczne o dość wysokim stopniu zaawansowania technologicznego system NEUROMIC może znaleźć zastosowanie w wyspecjalizowanych ośrodkach badań neurologicznych, takich jak: kliniki akademickie, instytuty teoretyczne prowadzące badania poznawcze centralnego systemu nerwowego oraz ośrodki medycyny pracy. Realizacja mikrokomputerowego systemu do badań Potencjałów Wywołanych jest na etapie tworzenia oprogramowania użytkowego i klinicznych badań doświadczalnych pacjentów.





## AUDIOMETRIA KOMPUTEROWA Z UWZGLĘDNIENIEM POTENCJAŁÓW BAEP

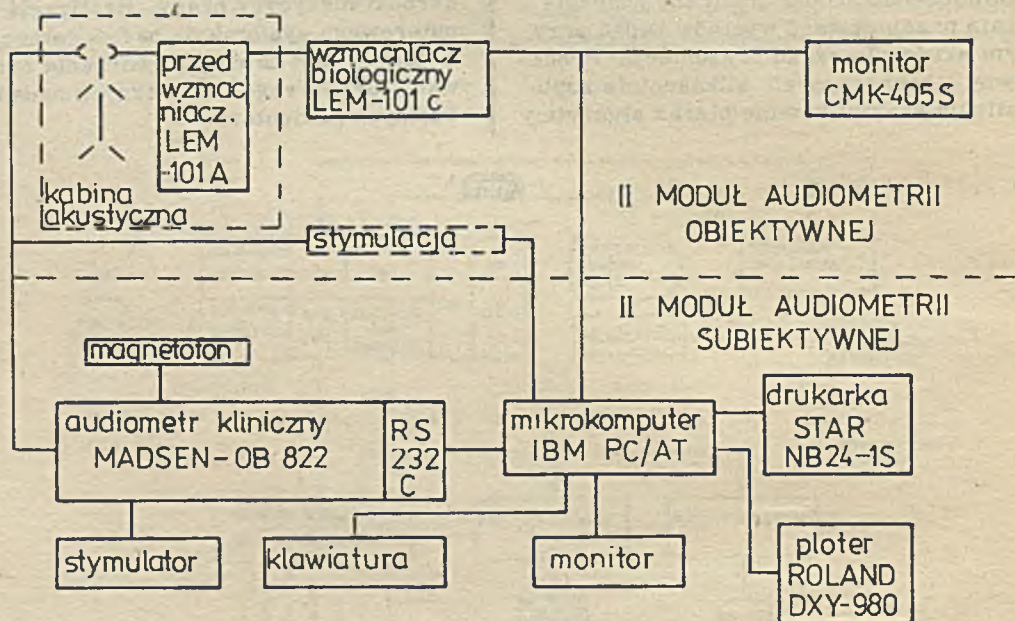
Wprowadzenie komputerów do badań narządu słuchu powoduje nowe możliwości w dziedzinie obiektywizacji i ilościowej oceny w badaniach audiologicznych i otoneurologicznych. Dotychczasowe techniki i metody badania słuchu zdeterminowane są przyjętymi próbami /testami/ klinicznymi oraz dostępnością aparatury audiologicznej. Postęp w diagnostyce narządu słuchu związany jest z licznymi zespołami badawczymi, które skupiają się na wykorzystaniu i rozwijaniu audiometrii subiektywnej, oraz tych które prowadzą badania nad klinicznym wykorzystaniem wywołanych potencjałów słuchowych rejestrowanych z kory i pnia mózgu.

Postęp w fizjologii i patologii słyszenia nastąpił z jednej strony głównie dzięki pionierskim pracom z zakresu hydrodynamiki ucha wewnętrznego /Bekes'y/ fizyki, akustyki, neurologii, z drugiej zaś strony diagnostyka uczy-

niła znaczny postęp poprzez wprowadzenie coraz doskonalszych aparatów diagnostycznych takich jak - akumetr, otoaudionit. Dzisiejsza nazwa audiometr została utworzona prawdopodobnie przez Richardsona w 1879 roku. Urządzenia te przeszły ewolucje mechaniczne, elektryczne wraz z rozwojem elektroniki doczekały się zastosowania komputera, czyli na aktualnym etapie rozwoju techniki wytworu najbardziej doskonałego.

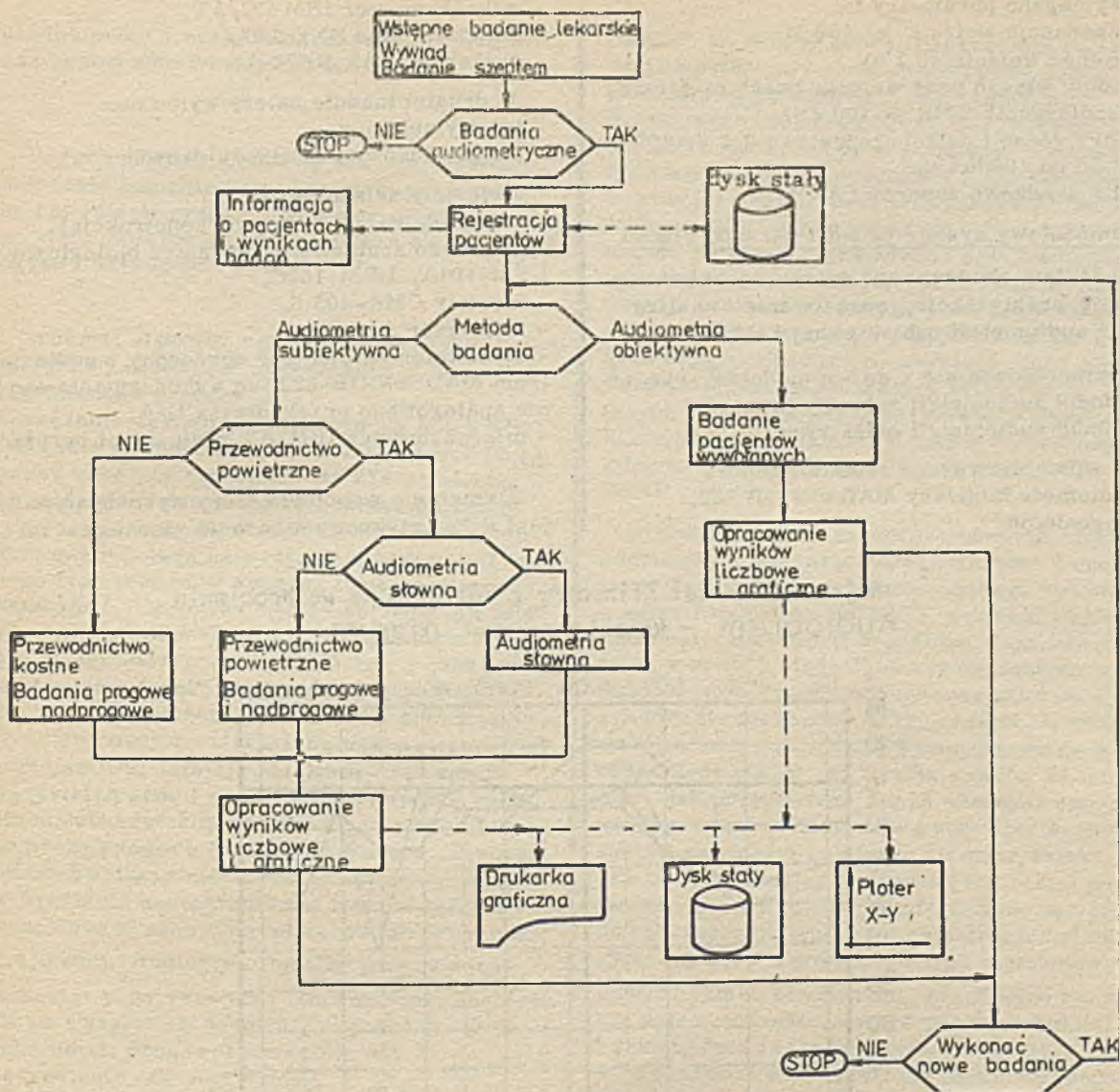
### Środki techniczne i metodologia badań

Kompleksowa diagnostyka narządu słuchu, złożonej jego patologii wymaga niekiedy wielu badań, które wzajemnie się uzupełniają i dają pełny obraz zjawiska. Przyczyny te oraz konieczność różnicowania i normalizowania wyników badań różnymi metodami byłą główną przyczyną zbudowania systemu audiometrii komputerowej gdzie obok badań powszechnie



Rys. 1





Rys. 2. Schemat prowadzenia badania w mikrokomputerowym systemie audiometrii dwumodułowej

stosowanych tzw. audiometrii subiektywnej, tj. audiometrii progowej /przewodnictwo powietrzne i kostne/, nadprogowej, audiometrii mowy /słownej/ można prowadzić badania wywołanych potencjałów słuchowych z kory i pnia mózgu tzw. Brainstem Auditory Evoked Potentials /BAEP/. W wielu przypadkach badania te są rozstrzygające i pozwalają prześledzić otoneurologiczną przyczynę patologii słuchu, poczynając od nerwu słuchowego aż po ośrodki górnych dróg słuchowych. Badanie BAEP, ze względu na rząd ich wartości wynoszący  $10^{-6}$  -  $10^{-7}$  V, wymaga wysokiej klasy aparatury pomiarowo-przetwarzającej oraz zapewnienia stabilnych warunków, dotyczących zarówno techniki badania jak i aparatury.

#### Wymagania techniczne toru pomiarowo-rejestrującego BAEP

Rejestracja i wymagania odtwarzania BEAP

narzuca bardzo ostry tryb pracy toru pomiarowo-rejestrującego, ze względu na poziom sygnału  $10^{-7}$  -  $10^{-6}$  V oraz krótki czas rejestracji ok. 10 ms. Najczęściej pożądane jest przetwarzanie A/C i rejestracja ok. 500 próbek sygnału z wiernym odtwarzaniem wszystkich załamków, które występują na tle spontanicznego EEG o dużo większym poziomie napięciowym. Rejestrację należy prowadzić w dwóch kanałach jednocześnie z częstotliwością ok. 50 kHz. Tak więc próbki sygnału i zapamiętywanie wyników z obu kanałów nie powinny być dłuższe niż 20  $\mu$ s. Należy preferować szybkie przetworniki A/C z własnym zegarem czasu rzeczywistego, z pamięcią buforową, współpracujący z komputerem w trybie bezpośredniego dostępu do pamięci, nie dający przesunięcia fazowego pomiędzy rejestrowanymi próbkami /zatraskowy/.

Elementem niezwykle istotnym jest przedwzmacniacz i wzmacniacz biologiczny, które-



go wymagane parametry to:

- impedancje wejścia  $\geq 100 \text{ M}$ ,
- czułość wejścia od  $2 \text{ uV}$ ,
- szumy własne przy wejściu zwartym  $\leq 1 \text{ uV}$ ,
- współczynnik CMR  $\geq 100 \text{ dB}$ ,
- filtry górno i dolnoprzepustowe  $0,2$  do  $200 \text{ Hz}$  i  $20$  do  $10000 \text{ Hz}$ ,
- filtr środkowo-zaporowy  $50 \text{ Hz}$ .

#### Dwumodułowy system badania narządu słuchu

Zadaniem zbudowanego systemu jest automatyzacja, archiwizacja, zobrazowanie i analiza badań audiometrii subiektywnej i BAEP.

- System składa się z dwóch modułów /rys. 1/
1. Moduł audiometrii subiektywnej.
  2. Moduł audiometrii obiektywnej.

W skład pierwszego modułu wchodzi:

- audiometr kliniczny MADSEN OB 822,
- magnetofon,

- mikrokomputer IBM PC/AT,
- ploter Rolland DXY 980,
- drukarka STAR NB24-15.

W drugim module należy wymienić:

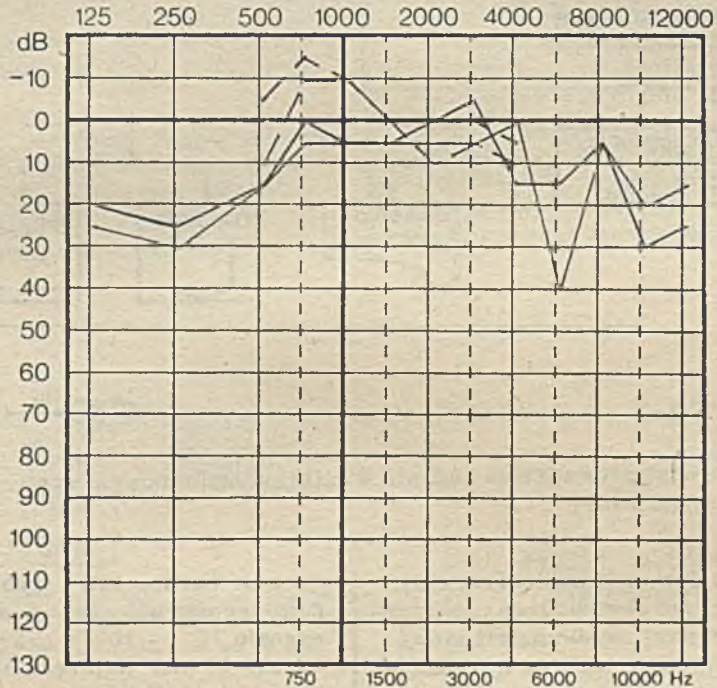
- tor stymulujący,
- tor pomiarowy i akwizycji danych.

Elementy składowe to:

- elektrody PBF 87 /własna konstrukcja/,
- przedwzmacniacz i wzmacniacz biologiczny LEM-101A, LEM-101C,
- monitor CMK-405 S,
- konwerter A/C,
- stymulator zewnętrzny sprzężony z audiometrem MADSEN OB-822 lub wykorzystanie wyjścia analogowego przetwornika C/A,
- mikrokomputer IBM/AT z własnymi peryferiami.

Elementem wspólnym, który wykorzystywany jest w kompleksowym badaniu słuchu jest mi-

### Wojskowy Szpital Kliniczny z Poliklinika we Wrocławiu Audiogram - komputerowy Ref.: 00002/88



Bone: Lewa ——— Prawa ———

Air: Masking Level (dB) większy o 10 dB niż wartości krzywej pow.

Date: 1988/10/28 No: Roser : 4 % 3 %

Name: R A 23 lat

Remarks: Rozpoznanie wstępne :

zdrowy

**madsen**  
Electronics

Sign: \_\_\_\_\_

Rys. 3. Audiogram komputerowy



krokomputer z urządzeniami peryferyjnymi oraz kabina akustyczna GIG-KAUD-2.

Przed przystąpieniem do badania następuje założenie komputerowej kartoteki pacjenta, w której rejestrowane są dane personalne oraz wywiad. Kolejne czynności zależą od zleconych badań i uzyskanych wyników [1].

Schemat algorytmu prowadzenia badań ilustruje rys. 2, który jest modyfikacją badania prezentowanego w pracy [2].

Sprzężenie audiometru klinicznego MADSEN-OB 822 z mikrokomputerem IBM PC/AT poprzez interfejs szeregowy RS 232 umożliwia bezpośrednio wzajemną komunikację między tymi urządzeniami. Praca zestawu komputer-audiometr polega na wzajemnej transmisji różnego typu rekordów /paczek informacji zwanych ramkami/. Oprogramowanie komunikacji między tymi urządzeniami umożliwia automatyzację algorytmów badań audiometrii subiektywnej, w których mikrokomputer przejmuje obsługę manualną, rejestrację obliczenia i prezentację wyników badań możliwych do wykonania na tym audiometrze. Istnieje możliwość wykonania wszystkich prób i testów stosowanych w badaniach zaburzeń słuchu. Należą tu audiometryczne próby progowe typu próby Webera, Rinnego, Swabacha itd., z możliwością automatycznego wykreślenia audiogramów w trakcie badania na monitorze ekranowym, ploterze lub drukarce graficznej. Audiogram tonalny progowy jest

badaniem podstawowym i stanowi punkt odniesienia we wszystkich pozostałych próbach. Dane audiometrii progowej pozwalają na:

- określenie ostrości słuchu,
- rozpoznanie charakteru głuchoty /przewodzeniowa, odbiorcza, mieszana/,
- ustalenie rezerwy słuchowej czyli stopnia wydolności narządu odbiorczego,
- porównanie wydolności obu uszu.

Natomiast nie umożliwia dokładnej lokalizacji uszkodzenia, służą do tego celu próby audiometrii nadprogowej i okołoprogowej /próba Faulera, Regera, SISI według Bekesyego w szumie Lagnenbecka, Soerensena, Feldmana i wiele innych rzadziej stosowanych/. Na rys. 3 przedstawiono audiogram automatycznie wykreślony po badaniu na ploterze z wyliczeniem ubytków słuchu w procentach wg Rosera.

#### Analiza generatorów BAEP i modelowanie BAEP

Użyteczność potencjałów BAEP w stawianiu otoneurologicznych diagnoz zależy od poznania anatomicznych źródeł różnych składowych potencjałów BAEP, które mogą być identyfikowane a także od posiadanej wiedzy o patologii zmian parametrów potencjałów. Ogólnie należy przyjąć, że BAEP zebrane z elektrod umiesz-

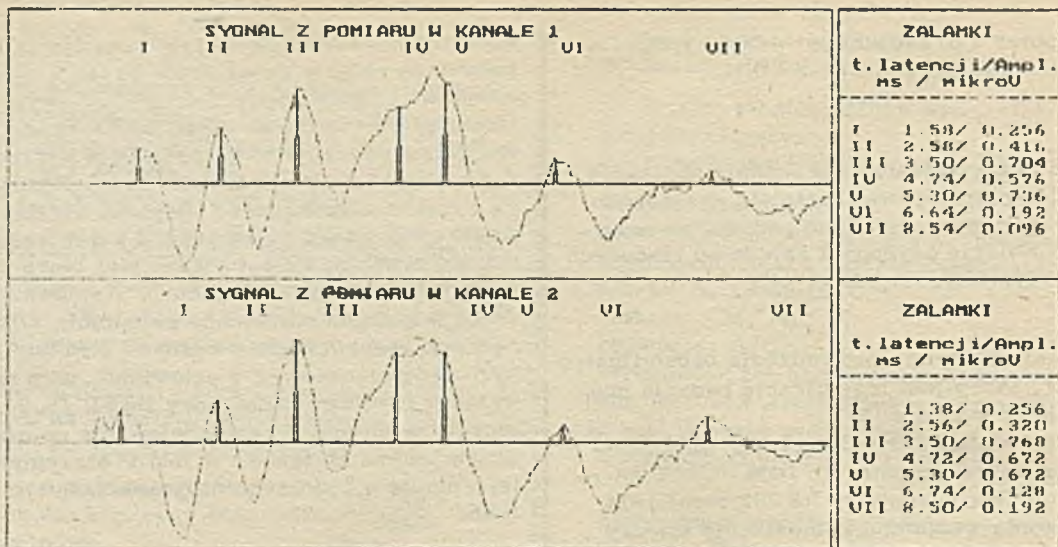
czonych na skórze głowy reprezentują dalekopolewe potencjały generowane przez szlaki włóknikowe i jądra górnych dróg słuchowych. Przez pierwszy okres badań BAEP źródła potencjałów wyznaczono na podstawie wyników doświadczeń na zwierzętach [3, 4]. Wiadomo, że różnice anatomiczne i długości włókien przewodzących u małych zwierząt i człowieka różnią się przez co rejestrowane piki biorą swój początek w różnych miejscach. Najnowsze badania, w których porównano potencjały BAEP zebrane bezpośrednio z różnych struktur górnych dróg słuchowych u człowieka, dają nowy wgląd w nerwowe generatory BAEP [5, 6]. W innych badaniach przez korelowanie położenia uszkodzeń ze zmianami w BAEP otrzymano informacje o źródłach różnych składowych BAEP [7].

Głębsze poznanie mechanizmów wzajemnego oddziaływania struktur anatomicznych i charakteru generowanych sygnałów wymaga również analizy i modelowania BAEP z punktu widzenia matematycznej teorii sygnałów. Zagadnienia te są w sposób niedostateczny przebadane z uwagą na warsztat metodologiczny oraz przyrządowanie niezbędne do tych badań. W praktyce klinicznej najczęściej wykorzystywane są uśrednione BAEP, co wynika z faktu, iż ich postać, jak przypuszcza się na obecnym etapie wiedzy, stanowi dość ścisłą reprezentację sygnałów czynności kolejnych struktur szlaku słuchowego. Pogląd ten jednak nie został dostatecznie zweryfikowany empirycznie, ze względu chociażby na trudności rejestracji wyizolowanych sygnałów z poszczególnych elementów składowych szlaku słuchowego [9]. Pogląd ten nie ma zatem charakteru empirycznej konkluzji ex post, lecz raczej warunku wstępnego, który w przeszłości przyczynił się do wprowadzenia metody uśredniania pojedynczych potencjałów wywołanych głównie w celu wyeliminowania sygnałów nie związanych ze szlakiem słuchowym, np. sygnałów ENG [8]. Najczęściej rutynowe analizy uśrednionych BAEP prowadzone są przy użyciu metod fourierowskiej analizy spektralnej, co wynika z poglądu o istnieniu elektrycznych oscylatorów harmonicznych w strukturach szlaku słuchowego. W trakcie prowadzonych własnych badań założono występowanie BAEP również niestabilnych generatorów w strukturach neuronowych. Czyli uśrednione potencjały wywołane, podobnie jak pojedyncze, stanowią pewien rozciągły w czasie proces  $z(t)$ , w którym mogą występować oprócz - zwykle dotąd badanych składowych deterministycznych, składowe losowe.

Przy takiej hipotezie uśrednione potencjały należy traktować jako procesy stochastyczne, w ogólnym przypadku niestacjonarne. Jeżeli przy pomocy przekształcenia

$$z(t) - w(t) = z(t) - \bar{z} - \sum_{i=1}^n e_i \cos 2\pi f_i t + b_i \sin 2\pi f_i t /$$





Rys. 4. Rejestracja odpowiedzi ARR procesu  $z/t/$

gdzie:  $\bar{z} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N z/t/$

$$e_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N z/t/ \cos 2\eta f_1 t \quad / 0 \leq f \leq 0,5/$$

$$b_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N z/t/ \sin 2\eta f_1 t$$

wyeliminujemy z uśrednionego  $z/t/$  przedstawionego na rys. 4 występujące w nim składowe okresowe o względnie dużych gęstościach spektralnych  $/g/f/ \geq 0,059/$ , to utworzymy proces  $w^t/t/$ , który zawiera wyłącznie składowe niedeterministyczne.

Dalsza analiza utworzonego procesu  $w^t/t/$  została oparta na badaniu zachowania się funkcji autokorelacji zwykłej i cząstkowej i doprowadziła do trzech typów modeli:

1. Model AR /1. 2. 0/ - niestacjonarnego 2 stopnia procesu autoregresji rzędu 1.
2. Model ARIMA /1. 2. 1/ - niestacjonarnego 2 stopnia procesu mieszanego - ruchomej średniej rzędu /1. 1/.
3. Model AR /2. 1. 0/ - niestacjonarnego 1 stopnia procesu autoregresji rzędu 2.

Po zastosowaniu testu zgodności wobec szeregów resztowych  $a/t/$  dla powyższych modeli wydzielono, jako najlepiej dopasowany do empirycznego procesu  $w^t/t/$ , model AR /2. 1. 0/ o postaci:

$$/1 + 0,147xB - 0,683xB^2/ /1-B/ w^t/t/ = a/t/$$

gdzie:

B - jest operatorem różnicowym /procesy są dyskretne w czasie/ takim, że:

$$B w^t/t/ = w^t/t-1/$$

Model ten oznacza, że różnicowy proces  $//1-B/ w^t/t/$  będący, co wynika z analizy,

procesem stacjonarnym, stanowi proces Markowa 2 rzędu. W konsekwencji proces  $z/t/$  zawiera, jak się okazuje, oprócz zwykle rozpatrywanych składowych okresowych, również składowe losowe silnie skorelowane.

Wobec tego pełny model opisu mechanizmów biofizycznych BAEP musi uwzględniać pełną reprezentację wyróżnionych składowych i jest opisem mieszanym. Wydaje się, że opis pełniejszy zapewnia podejście heurystycznie mieszane fourierowsko-stochastyczne, wywodzące się z faktu wystąpienia w BAEP dwóch składowych: deterministycznej i stochastycznej [9]. Opisem tym jest konstrukcja zredukowanej reprezentacji fourierowskiej, która opisuje składowe deterministyczne rejestrowanych BAEP oraz reprezentacja stochastyczna, opisująca składowe losowe przy pomocy procesu Markowa 2 rzędu.

W n i o s k i :

1. Audiometria komputerowa daje nowe możliwości poprzez zwiększenie obiektywizacji i ilościową ocenę narządu słuchu.
2. W szczególnie złożonych przypadkach patologicznych badanie BAEP i ocena otoneurologiczna jest konieczna.
3. Badanie nad strukturą fizyczną BAEP wskazuje na nowe aspekty generatorów w szlaku słuchowym.
4. Wniosek o występowaniu niestabilnych generatorów w drodze słuchowej, przejawiających się w niestacjonarności składowej losowej BAEP jest zgodny z wnioskiem uzyskanym na zupełnie innej drodze przez H. R. Willsona i J. D. Cowana [10].
5. Alternatywą do powyższej konkluzji jest uznanie, że - o ile rzeczywiście generatory w drodze słuchowej są stabilne - procedura uśredniania CAEP nie realizuje całkowicie swo-



jego celu i dopuszcza w pewnym stopniu do superpozycji z BAEP sygnałów spoza szlaku słuchowego.

#### L i t e r a t u r a :

[1] Arch. Otolaryngol. vol. 103, April 1983 p. 245-251. A Computer Bank System for Otolaryngologic and Audiologic Data.

[2] Sola., Bablghin G., Automatic Versus Standard Audiometry. Audiology XII, 1 1973.

[3] I. Achor, A. STarr /1980/ Auditory brain stem responses in the cat. II. Effects of lesions. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 48 p. 174-190.

[4] R. Britt, G. Rossi /1980/ Neural generators of brain stem auditory evoked responses. Part I. Lesion studies Neuroscience Abstracts 6. 594.

[5] K. Frączkowski. Komputerowa analiza wywołanych potencjałów mózgowych. Praca doktorska AM 1983.

[6] K. Frączkowski, B. Kochel, T. Kołacki.

Modelowanie BAEP jako niestacjonarnego procesu stochastycznego. Postępy Cybernetyki - w druku.

[7] A.R. Moller, P.J. Jonnetta. /1982/ Auditory evoked potentials recorded intercranially from the brain stem in men. Experimental Neurology. 78. 144-157.

[8] A.R. Moller, R.J. Jonnetta. /1984/. Neural generators of the brain stem auditory evoked potentials /BAEP/. In Proceedings of the Second International Evoked Potentials Symposium, Clereland. Ohio /October 18. 1982/ Wolburn. MA: Butterworth.

[9] H. Sohmer, H. Reinmesser and G. Szabo /1974/. Sources of elektrocochleographic response as studied in patients with brain damage. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 37y. 663-669.

[10] H.R. Wilson. Mathematical Model of Neural Tissue in Cooperative Effects. Progress in Synergetics /ed. H. Haken/. North Holland Publ. Co. Amsterdam 1974.



HENRYK FILIPOWSKI  
JÓZEF JAGIELSKI  
LESZEK NOGA

Katedra i Zakład Patofizjologii  
Akademii Medycznej - Wrocław

## „CYTOCHROMICS” - MIKROKOMPUTEROWY SYSTEM DO WSPOMAGANIA DIAGNOSTYKI CYTOGENETYCZNEJ CZŁOWIEKA

Prace nad systemem CYTOCHROMICS prowadzone są w ramach tematu CPBR nr 11, 9, cel 73 "Metody komputerowego wykrywania aberracji strukturalnych z obrazów prometafazowych i profazowych chromosomów człowieka". Jednym z celów tematu jest zbudowanie systemu o nazwie CYTOCHROMICS, którego zadaniem jest interakcyjne wspomaganie wizualnej diagnostyki cytogenetycznej człowieka obejmującej identyfikację chromosomów i wykrywanie ich aberracji strukturalnych w obrębie podzłału komórkowego od profazy do metafazy. W świecie podobne systemy znane są od kilku lat. Przykładem może być system MAGISCAN firmy Joyce Lobel, IBAS 200 firmy KONTRON czy CHROMOSCAN zbudowany na bazie IBM PC, znajdujący się w laboratorium cytogenetycznym CHRU w Clermont - Ferrand we Francji. Bardzo wysokie ceny na te systemy

powodują, że gotowe kompletne zestawy są dla nas praktycznie niedostępne. Dlatego wybraliśmy drogę składania takiego systemu z elementów kupionych w kraju, a tylko najistotniejsze elementy sprowadzamy za dewizy.

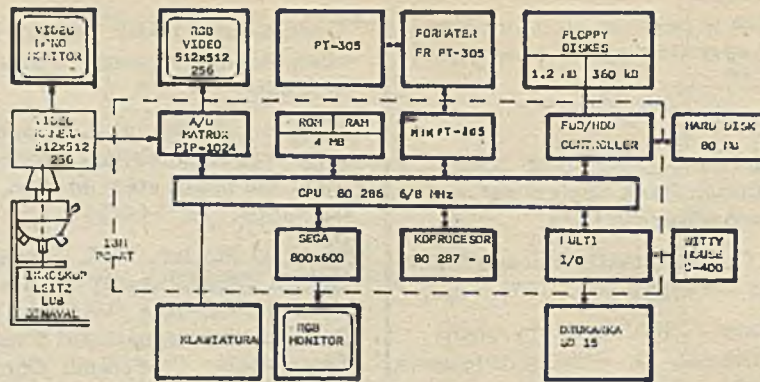
### Konfiguracja i oprogramowanie systemu CYTOCHROMICS

Aktualną konfigurację systemu CYTOCHROMICS ilustruje rys. 1.

W skład systemu wchodzi takie urządzenia jak:

1. mikroskop optyczny,
2. kamera video,
3. monochromatyczny monitor video,
4. mikrokomputer IBM PC/AT z:
  - kartą akwizycyjną obrazu PIP-1024,
  - dyskiem twardej,





Rys. 1. Schemat systemu CYTOCHROMICS zbudowanego w oparciu o mikrokomputer IBM PC-AT 286

- dwiema stacjami dysków elastycznych,
- klawiaturą i monitorem RGB,
- 5. monitor RGB video,
- 6. pamięć taśmowa PT-305 wraz z formaterym,
- 7. drukarka mozaikowa,
- 8. myszka.

Oto niektóre parametry ważniejszych urządzeń systemu. Obecnie używamy zamiennie dwóch mikroskopów optycznych przystosowanych do współpracy z kamerą video. Pierwszy to mikroskop Leitz z kondensorem uniwersalnym /w tym także do kontrastu fazowego/ i obiektywami wymiennymi, umożliwiającymi powiększenie od 10x do 100x. Drugi to mikroskop JENAVAL firmy Carl Zeiss Jena/ z dodatkową przystawką dającą dodatkowe powiększenie obrazu. Używana kamera video BOSCHA posiada rozdzielczość 512x512 punktów i rozróżnia 256 poziomów szarości. Mikrokomputer, na którym oparty jest system to mikrokomputer kompatybilny z IBM PC/AT o pamięci RAM 1 MB z rozszerzeniem do 4 MB, z zegarem 6/8 MHz i wbudowanym koprocesorem matematycznym 80 287-8.

Mikrokomputer posiada:

- kartę sterującą dwiema stacjami dysków elastycznych 5 1/4" o pojemności 360 kB i 1,2 MB oraz jedynym dyskiem twardym typu Winchester o pojemności 80 MB,
- kartę sterującą interfejsem Rs-232 oraz Centronix, do których podłączona jest myszka C-400 oraz drukarka SD-15,
- kartę MIKPT-305 sterującą pamięcią taśmową PT-3,
- kartę graficzną SEGA, umożliwiającą rozdzielczość monitora 800x600 punktów,
- kartę akwizycyjną PIP-1024 firmy MATROX, która umożliwia numeryzację obrazu z kamery video; numeryczny obraz posiada rozdzielczość 512x512 punktów /lub 256x256/ i przedstawić może być w 256 poziomach szarości.

Do wizualizacji obrazów znumeryzowanych służy monitor wykonany w technice RGB o wysokiej rozdzielczości /tzw. high resolution/ z ekranem 14".

Oprogramowanie systemu składa się przede wszystkim z dwóch programów o nazwach PIP-EZ oraz VISILOG do obsługi karty PIP-1024 i programu ODRA do obsługi pamięci taśmowej. Programy te pracują pod systemem DOS 3.0 i późniejszych.

Program PIP-EZ służy do:

- inicjalizacji karty PIP-1024,
- ustawienia parametrów urządzeń systemu,
- czytania i zapisywania części lub całego obrazu oraz przesyłania między kartą PIP-1024, pamięcią systemu a pamięcią dyskową,
- wizualizacji obrazu i jego manipulowania, wykorzystując histogram obrazu i prowadząc skalowanie sygnałów RGB,
- rysowania podstawowych figur geometrycznych,
- przekształcania obrazów przy użyciu niektórych standardowych algorytmów,
- tworzenia procedur macro.

Program PIP-EZ posiada własny interpreter komend a także udostępnia biblioteki procedur w języku Microsoft C wersja 4.0 oraz Microsoft FORTRAN wersja 3.31 do użycia w tworzonych przez siebie programach.

VISILOG jest pakietem zintegrowanym, zawierającym ponad 200 komend do obsługi karty PIP-1024 urządzeń systemu oraz do wizualizacji i analizy obrazów. W porównaniu do PIP-EZ ma znacznie rozbudowaną grupę operacji, służącą do analizy obrazów. Zasadnicze znaczenie mają tutaj operacje morfologii matematycznej, a także operatory punktowe, geometryczne i wykrywania krawędzi. VISILOG umożliwia pracę w modzie 256x256 i 512x512, podczas gdy PIP-EZ dopuszcza tylko obrazy 512x512 punktów.

Program ODRA umożliwia składowanie pojedynczych obrazów ze zbiorów dyskowych na taśmy magnetyczne i odwrotnie.

#### Działanie systemu

System służy przede wszystkim do rejestracji obrazów mikroskopowych powiększonych od 10 do około 100 razy. Ponieważ kamera video





Fot. 1. System CYTOCHROMICS

jest sprzężona z mikroskopem poprzez rodzaj pierścienia pośredniego, można ją odłączyć od mikroskopu, zamontować obiektyw i analizować dowolny obraz rejestrowany przez kamerę. Obraz ten obserwować możemy na ekranie monitora monochromatycznego. Obraz poprzez kamerę przesłany jest do najważniejszego modułu systemu jakim jest karta PIP-1024. Karta ta ma pamięć obrazową 1024x1024 punktów, w której obraz z kamery może zajmować maksymalnie jedną czwartą część tej pamięci w modzie 512x512 punktów /lub jedną szesnastą w modzie 256x256/. Pozostałe trzy czwarte pamięci obrazowej przeznaczone mogą być do składowania obrazów przekształconych lub dowolnie innych. Obrazy z karty PIP-1024 są wyświetlane na ekranie monitora RGB o rozdzielczości 512x512 i 256 poziomach szarości, a zatem obserwować można też tylko jedną czwartą część pamięci obrazowej. Obrazy z karty w części lub całości /512x512/ można przesyłać do pamięci dyskowej i w odwrotnym kierunku. Ponieważ pamięć dyskowa ma ograniczoną pojemność w przypadku rejestracji większej liczby obrazów można składować je na taśmach magnetycznych, skąd następnie mogą być pobierane w miarę potrzeb. Dysponując obrazem na karcie PIP-1024 możemy dokonać na nim interesującego nas przekształcenia i skopiować go do pamięci dyskowej. W przypadku powtarzania ciągu przekształceń możemy utworzyć tzw. script file, w którym jest on zapamiętany i automatycznie możemy go uruchamiać do kolejnych obrazów.

#### Możliwości i dalszy rozwój systemu

System CYTOCHROMICS przeznaczony jest

do automatycznej analizy obrazów chromosomów człowieka. Obecnie umożliwia on:

- wizualizację na ekranie monitora w trybie on-line wyszukiwanych przez cytogenetyka pod mikroskopem chromosomów,
- przenoszenie wybranego obrazu mikroskopowego do komputera przy pomocy kamery video,
- gromadzenie obrazów w pamięci dyskowej lub taśmowej,
- przekształcenie obrazu celem poprawy jego jakości,
- segmentację chromosomów, tj. wydzielenie chromosomów z tła poprzez progowanie,
- pomiar cech z obrazów pojedynczych chromosomów /długość i pole/.

Założenia przewidują dużo większe możliwości uzależnione od hardwar'u i softwar'u, a mianowicie:

- automatyczne wyszukiwanie najlepszych metafaz, gdzie stolik sterowany jest mikroprocesorem
- denzytometryczny pomiar chromosomu,
- ingerencję w obraz przy użyciu myszki /np. celem rozdzielenia chromosomów stykających się lub nałożonych na siebie/,
- dowolne przemieszczanie chromosomów na ekranie monitora,
- dodatkowe przekształcenia użyteczne w analizie chromosomów /prostowanie chromosomów, skalowanie/,
- automatyczne wykrywanie aberracji chromosomalnych, tj. chromosomów o nieprawidłowej budowie.

Mimo że system CYTOCHROMICS jest systemem specjalistycznym, to ze względu na elastyczność oprogramowania może być wykorzystywany do analizy lub rozpoznawania dowolnych obrazów biologicznych,



LESZEK CZERCHAWSKI

JÓZEF JAGIELSKI

MARIANNA GALOS

Katedra i Zakład Patofizjologii

Akademii Medycznej - Wrocław

## „HEMOSTAZA”

### - KOMPUTEROWY SYSTEM INFORMACJI O CHORYCH Z GENETYCZNIE UWARUNKOWANYMI SKAZAMI KRWOTOCZNYMI POCHODZENIA OSOCZOWEGO NA DOLNYM ŚLĄSKU

W regionie dolnośląskim utożsamianym z województwami: wrocławskim, wałbrzyskim, legnickim i jeleniogórskim /ok. 2,8 mln mieszkańców/ liczba chorych z genetycznie uwarunkowanymi niedoborami osoczowych czynników krzepnięcia krwi wynosi około 318. Najlicniejszą grupę stanowią chorzy na hemofilię A. Jest ich 251, tj. 75% wszystkich rozpoznanych skaz krwotocznych. Na drugim miejscu są skazy na hemofilię B - 48 przypadków, resztę stanowią pacjenci z chorobą von Willebranda-Jürgensa, niedoborem czynników VII, V, X, XII.

Średnia częstość występowania hemofilii A na Dolnym Śląsku wynosi 1:16412 mieszkańców, a hemofilii B 1:78572 mieszkańców. Pozostałe skazy występują z częstością 1 przypadek na kilkaset tysięcy ludzi. Hemofilia A występuje najczęściej we Wrocławiu, bo 1:10451 mieszkańców, a najrzadziej w Jeleniej Górze 1:87700 mieszkańców. Hemofilia B występuje najczęściej w województwie jeleniogórskim 1:45245 mieszkańców, we Wrocławiu zaś z częstością 1:57000 mieszkańców.

Wobec postępów nauki i doświadczeń klinicznych liczba informacji, dotycząca chorych z hemofilią i pokrewnymi skazami krwotocznymi szybko się zwiększa. Racjonalne wykorzystywanie tych danych staje się możliwe w oparciu o technikę komputerową. Dobry system komputerowy do tych celów powinien spełniać następujące warunki:

- winien być łatwy w eksploatacji, dostępny dla obsługi dla personelu medycznego bez pośrednictwa wysoko specjalizowanych służb technicznych,
- musi być pojemny. Informacja o chorym dostarczona do komputera i przez komputer winna uwzględniać kilkuletni okres obserwacji,
- winien być wysoce ekonomiczny i przystosowany do pracy w powiązaniu z innymi, podobnymi systemami.

Warunki te spełniają systemy profesjonalne jak np. uniwersalny system produkowany przez firmę Hewlett Packard z oprogramowaniem Executive Card Manager lub jeszcze lepiej systemy zaprojektowane i wykonane specjalnie dla potrzeb ośrodków specjalistycznych, także centrów hemofilii. System taki stał się również niezbędnym narzędziem pracy w naszych warunkach. Zaprojektowaliśmy więc system, który otrzymał skrótową nazwę "Hemostaza", pomyślany tak, by umożliwić rozwiązanie określonych celów praktycznych i poznawczych, dotyczących chorych z genetycznie uwarunkowanymi osoczowymi skazami krwotocznymi na Dolnym Śląsku.

Wśród zadań znalazły się:

- gromadzenie danych o poszczególnych chorych,
- szybkie uzyskiwanie informacji o pacjencie dla bieżących potrzeb terapeutycznych,
- poprawy gospodarowania krwią i preparatami krwiopochodnymi,
- oszacowanie kosztów leczenia i rehabilitacji tej grupy chorych,
- orientacja o penetracji HIV wśród chorych na hemofilię,
- sporządzanie prognozy rozwoju hemofilii w regionie,
- zbadanie sezonowości krwawień i ich dynamiki w skazach o różnym stopniu nasilenia.

System HEMOSTAZA jest realizowany w oparciu o minikomputer IBM-PC/XT, wyposażony w kartę D'link, umożliwiającą połączenie z zestawami minikomputerowymi w innych placówkach służby zdrowia.

W celu gromadzenia danych opracowano "Kartę badania chorego z genetycznie uwarunkowaną skazą krwotoczną". Karta uzupełnia "Słownik haseł i ich kodów". Posługując się "Karta" i "Słownikiem" można zgromadzić i wprowadzić do komputera dane o chorym, które zostały podzielone na 9 kategorii:

1. Dane osobowe i ewidencyjne chorego.



2. Rozpoznanie kliniczne.
3. Dane diagnostyczno-laboratoryjne.
4. Dane dotyczące dziedziczenia choroby.
5. Dane kliniczne.
6. Skutki powikłań skazy krwotocznej.
7. Dane dotyczące AIDS.
8. Dane o terapii substytucyjnej.
9. Dane dotyczące losu chorego.

"Karta badania chorego" stanowi dokument indywidualny chorego, pozwalający na gromadzenie danych z dowolnie długiego okresu obserwacji. Co 5 lat będzie uzupełniona o specjalną wkładkę.

Według założenia system HEMOSTAZA ma realizować 5 funkcji:

1. Gromadzenie danych.
2. Aktualizacja danych.
3. Informacja o pacjencie.
4. Informacje przekrojowe.
5. Obliczenia statystyczne.

Do realizacji tych funkcji stosowany jest język D'Base 3 Plus. Pozwala on wygodnie zapisywać dane do baz danych, ułatwia dostęp do dawniej zgromadzonych danych i umożliwia ich sortowanie. Tworzenie bazy wymaga podania nazw symbolicznych, typów i długości pól. Do tak utworzonych baz danych można bezpośrednio wprowadzić dane. W systemie HEMOSTAZA zostało utworzonych 10 baz danych, częściowo pokrywających się z kategoriami danych. W celu umożliwienia wprowadzania danych o chorych osobom bez znajomości komend języka D'Base opracowywany jest specjalny program do gromadzenia danych, który pozwoli wpisywać informacje do wyświetlanego na monitorze schematu pól ze specjalnym opisem. Realizacja funkcji aktualizacji danych, informacji o pacjencie, informacji przekrojowych i obliczeń statystycznych wymagała także opracowania odpowiednich programów. System HEMOSTAZA będzie ewoluował w miarę potrzeb a w każdym razie będzie doskonałony, by sprostać założonym potrzebom i postulatam wysuwany przez klinicystów.



ANDRZEJ SZYMOWSKI  
 LIDIA KRAWENK  
 GRZEGORZ SKIBA  
 Instytut Elektroniki AGH  
 JACEK PIETRZYK  
 JACEK LENIK  
 PIOTR MIERZEWSKI  
 Instytut Pediatrii AM

## KONTROLA PRZEBIEGU LECZENIA DIALIZĄ PRZY POMOCY SYSTEMU KOMPUTEROWEGO

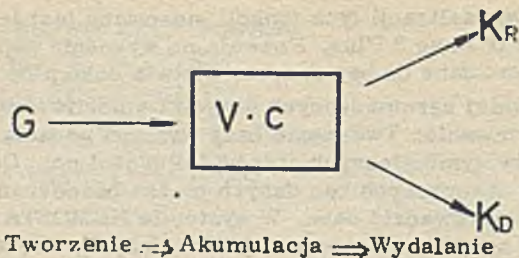
Od wprowadzenia przed 40 laty hemodializy jako metody z wyboru w leczeniu chorych z przewlekłą niewydolnością nerek, przez długi czas nie ustalono jednoznacznie parametrów skutecznej kontroli dializowanych pacjentów. Większość ośrodków dializ wypracowała własne systemy, bazujące na pomiarach stężeń podstawowych toksyn mocznicowych, tj. mocznika, kreatyniny, potasu oraz fosforu przed i po dializie, utrzymując je w odpowiednich granicach, niezależnie od stanu metabolicznego pacjenta. Próby optymalizacji leczenia zaproponowane przez Scribnera i Baaba /1975 r. tzw. wskaźnik dializy "dialysis index" / i Ginna oraz Teschan /1978 r. "nephroid clearance" / nie zyskały oczekiwanej akceptacji klinicznej.

Zastąpienie powszechnie u nas obowiązującego intuicyjnego, subiektywnego, opartego wyłącznie o doświadczenie kliniczne sposobu pro-

wadzenia hemodializ przez zobiektywizowane i zindywidualizowane programowanie sesji dializacyjnej stanowi ważny przełom w unowocześnieniu myśli lekarskiej.

Wprowadzony przez Sargenta, Gotcha i Lowrie'go i praktycznie sprawdzony u dzieci przez Harmona i Gruplego jednoprzestrzenny model dystrybucji mocznika pozwolił na jednoznaczne określenie parametrów dializy indywidualnie dla każdego pacjenta. Uwzględnił on takie cechy jak: osobnicza wielkość tworzenia mocznika, współczynnik katabolizmu białka oraz określoną indywidualnie dla każdego pacjenta przestrzeń dystrybucji mocznika, całkowitą wodę ustroju. Mocznik tworzony jest ze stałą prędkością proporcjonalnie do katabolizmu białek i gromadzony w jednej przestrzeni. Stopień jego eliminacji z ustroju określa suma klirensów dializatora i resztkowego nerki własnej, a związek po-





Rys. 1

między tworzeniem, gromadzeniem i usuwaniem opisuje równanie różniczkowe:

$$\frac{d(V \cdot C)}{dt} = G - (K_D + K_R) \cdot C$$

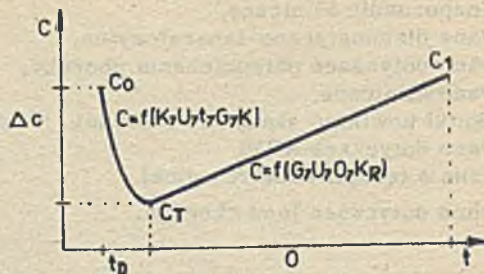
Na podstawie zachowania się krzywej stężenia mocznika w czasie leczenia chorych powtarzalnymi hemodializami wynika, iż jego stężenie podczas dializy jest funkcją klirensu dializatora, przestrzeni dystrybucji, czasu dializy, wielkości tworzenia mocznika oraz klirensu resztkowego nerki, a w okresie pomiędzy dializami - wielkości tworzenia mocznika, objętości przestrzeni dystrybucji, klirensu resztkowego oraz czasu pomiędzy dializami /rys. 2/.

Stosowanie kinetycznego modelowania mocznika stwarza duże pole manewru w zakresie zmian parametrów dializy, gwarantując jej efektywność oraz wgląd w stan metaboliczny pacjenta:

System komputerowy nadzoru dializy składa się z czterech zasadniczych części:

- pakietu obliczeń do kinetycznego modelowania mocznika i optymalizacji parametrów dializy,
- części archiwizującej dane pacjentów,
- części statystycznej,
- programu analizy diety i żywienia.

Pierwszy punkt systemu oferuje lekarzom kilkanaście procedur liczących parametry dializy /klirens dializatora  $K_D$ , czas dializy  $T_D$ , stężenie docelowe mocznika w wybranym dniu, czas pomiędzy dializami oraz indywidualne parametry pacjenta: objętość przestrzeni dystrybucji  $V$ , wielkość tworzenia mocznika  $G$ , współczynnik katabolizmu białka pcr oraz skumulowane narażenie na mocznik TAC lub innych, niezbędnych do kontroli skuteczności dializy jak: efektywny klirens dializatora  $K_{D\text{EFF}}$ , klirens resztkowy nerek chorego  $K_R$  lub wartość siły napędowej ultrafiltracji /ciśnienie przefiltrowane/ TMP. Danymi wejściowymi do ww.



Rys. 2

obliczeń są stężenia mocznika przed, po i przed kolejną dializą, ciężary ciała pacjenta przed, po i przed kolejną dializą, czas dializy, klirens dializatora i czas pomiędzy dializami.

Druga część systemu - archiwizacja i raporty dializ przeznaczony są do gromadzenia, obróbki, wizualizacji oraz archiwizacji danych dotyczących:

- informacji personalnych o pacjentach,
- historii choroby,
- parametrów dializ,
- zestawień miesięcznych i okresowych.

Część statystyczna umożliwia analizę matematyczną z graficznym przedstawieniem zależności 2 parametrów wybranych ze zbioru parametrów opisujących dializę, pacjenta, przebieg leczenia i wyników badań na podstawie wartości zarchiwizowanych w bazie danych.

W części czwartej zawarto dane o podstawowych produktach spożywczych i ich składzie. Program pozwala na obliczenie spożywanych w diecie kalorii, białka, tłuszczów i węglowodanów oraz sodu, potasu, wapnia i fosforu w oparciu o ankietę żywieniową. Możliwe jest porównanie spożytych ilości z normami dla ciężaru ciała, wieku lub wzrostu a ponadto pozwala na ocenę bilansu białkowego /katabolizm-pcr, podaż-dięta/.

Program wymaga zastosowania komputera osobistego zgodnego ze standardem IBM PC/XT. Minimalna konfiguracja: 512 kB RAM i dwie stacje dysków 360 kB. W skład proponowanego systemu wchodziłyby również: elektroniczna waga przyłóżkowa, a w przyszłości magnetyczny miernik przepływu krwi.

Informacji na temat systemu udziela zespół autorski:

- dr inż. Andrzej Szymowski IE AGH, Kraków, ul. Czarnowiejska 78 tel. /012/34-16-98
- dr med. Jacek Pietrzyk, Oddz. Dializ IPAM, Kraków, ul. Wielicka 265, tel. /012/55-20-11 w. 391, 392
- lek. med. Piotr Mierzewski, Oddz. Dializ IPAM, Gdańsk ul. Dębinki 7, tel. /058/47-82-21 w. 1496, 1498.









wprowadzonych, wstrzymanych itp. W sytuacji dużej dynamiki zmian na rynku farmaceutycznym, niedoborze leków i częstych zmian cen system efektywnie i szybko wspomaga kierownictwo i personel odpowiedzialny za zabezpieczenie procesu leczniczego.

#### Struktura organizacyjna

System SALUS jest zbudowany w oparciu o aktualne zasady funkcjonowania aptek i magazynów szpitala. System podzielony został na cztery główne moduły:

- magazynu głównego,
- apteki oddziałowej /szpitalnej/,
- apteki poliklinicznej /dla pacjentów ambulatoryjnych/,
- informacji o lekach i interakcji.

● Moduł magazynu głównego realizuje następujące transakcje:

- rozliczenia z dostawcami,
- wydawanie i ewidencję środków leczniczych dla apteki szpitalnej i poliklinicznej,
- wydawanie i ewidencję środków leczniczych dla innych odbiorców będących na zaopatrzeniu /pomoc doraźna itp. /.

● Moduł apteki szpitalnej zajmuje się ewidencją i rozliczaniem wydawanych leków dla oddziałów szpitalnych.

● Moduł apteki poliklinicznej prowadzi ewidencję i rozliczanie leków wydawanych pacjentom polikliniki.

● Moduł informacji o lekach i interakcji umożliwia uzyskanie wielu danych dotyczących leku, ze szczególnym uwzględnieniem działania, składu chemicznego, działań ubocznych, przeciwwskazań, dawkowania, zastosowania, synonimów oraz leków, z którymi dany lek wchodzi w reakcję. Przy projektowaniu i realizacji systemu starano się osiągnąć maksymalną niezależność modułów. W rezultacie istnieje zaledwie 5 zbiorów, z których korzysta więcej niż jeden moduł. Należą do nich zbiory słownikowe, służące do sprawdzania poprawności wprowadzanych danych. Taki układ zapewnia dużą elastyczność systemu SALUS, a z całą pewnością zmniejsza konieczność przestrzegania reguł, jakie istnieją w przypadku uruchamiania programów współbieżnych operujących na scentralizowanych lub rozproszonych bazach danych [3]. Problemów tych można również uniknąć, jeśli system pracuje w określonym cyklu pracy. W systemie SALUS przyjęto rozwiązanie polegające na tym, że w aptekach /szpitalnej i poliklinicznej/ sporządza, a następnie składa się zamówienia na środki lecznicze do magazynu głównego. Informacje te przesyłane są za pomocą zbiorów tymczasowych. Następnie w magazynie głównym dokonuje się odbioru zamówień i przystępuje do ich realizacji według dotychczasowych zasad. Leki wydawane są według najstarszej serii. Istnieje również możliwość wydawania leku według wybranej serii. Po zakończeniu tych czynności w aptekach odbiera się

protokoły o wydanych lekach [4]. Przykładowy schemat powiązań informacyjnych pomiędzy modułami przedstawia rys. 1.

Co kilka dni dokonuje się również odbioru leków od dostawców. Jeżeli dostarczono lek, którego nie ma w katalogu magazynu głównego to istnieje możliwość założenia nowych pozycji.

Poprawność wprowadzonych danych jest kontrolowana programowo i może być na bieżąco weryfikowana. Podstawowym kluczem wyszukiwania danych w bazie danych jest nazwa, postać, dawka leku oraz jego ilość w opakowaniu, które to dane jednoznacznie identyfikują wybrany lek. Przeszukiwanie odbywa się według tabelic indeksowych. Wynika to z zastosowanego języka programowania. Wykorzystano do tego celu kompilator języka dBase III plus - Clipper Summer '87. Zawiera on podstawowe komendy i funkcje umożliwiające tworzenie i eksploatację baz danych w środowisku sieciowym. Istotnym zagadnieniem jest zapewnienie spójności bazy danych. Osiągnięto to poprzez użycie strategii dwuetapowego wprowadzania danych przy realizacji transakcji. Polega to na wprowadzeniu danych do zmiennych roboczych, stanowiących swego rodzaju bufor, w którym gromadzi się informacje o danym leku, ich kontroli a następnie wczytaniu do właściwych zbiorów bazy.

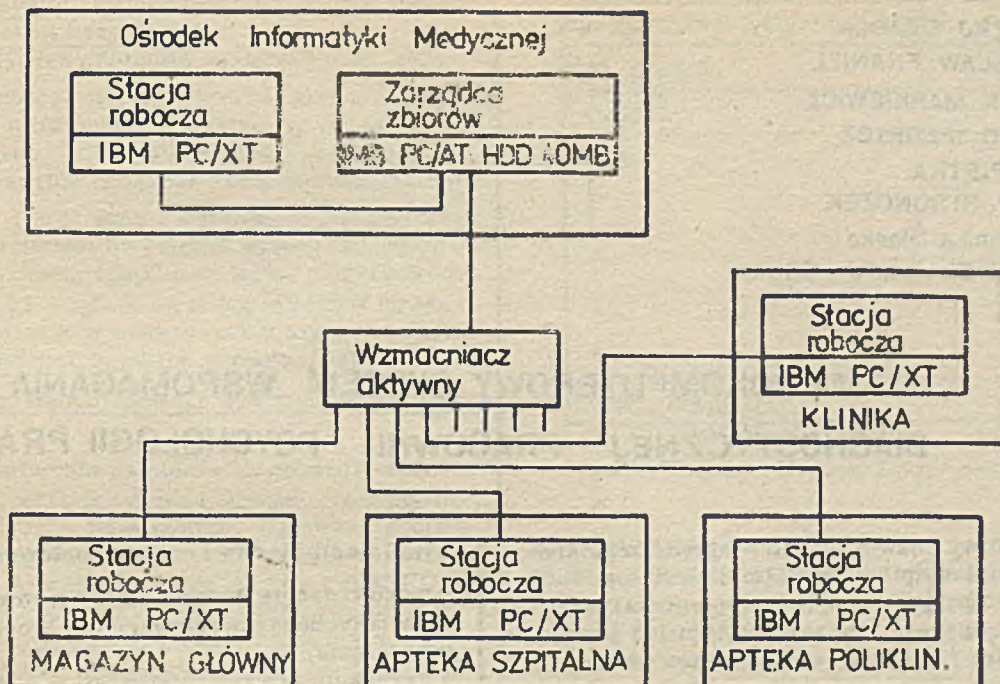
Ważnym elementem eksploatacji takiego systemu jest zapewnienie poprawnej archiwizacji danych. Funkcja ta realizowana jest przez administratora systemu, który co pewien czas dokonuje archiwizacji zbiorów. Wykorzystuje się do tego celu firmowe programy sieciowe firmy Novell i program archiwizacyjny ARC. EXE v. 5. 1.

#### Funkcjonalne aspekty pracy w sieci ANetWare

Przed zainstalowaniem systemu SALUS-A1 u użytkownika testowano przez kilka miesięcy poprawność pracy systemu, jego funkcjonalność i szybkość działania w różnych konfiguracjach sprzętowych i oprogramowania narzędziowego przez kilka miesięcy. System pracował w sieci typu TRANS-Net, systemie wielodostępu XENIX, sieci ANetWare firmy Novell oraz na pojedynczych mikrokomputerach typu IBM PC/XT/AT. Najbardziej zadowalające efekty pracy zostały uzyskane w sieci firmy Novell [2].

Sieć ANetWare 286 v. 2. 0a jest w pełni dojrzałym systemem, pozwalającym między innymi na eksploatację programów zarządzających bazami danych. Posiada ona wiele mechanizmów ułatwiających implementację systemów informatycznych wykorzystujących rozproszone bazy danych. W należyłym stopniu zagwarantowane jest bezpieczeństwo zapisu i tajność danych. Uniemożliwia to dostanie się do systemu i podejmowanie działania osobom nieupoważnionym. Prostota pracy wyraża się tym, iż





Rys. 2. Struktura organizacyjno-sprzętowa systemu SALUS -A1

użytkownik ma wrażenie, że pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego DOS. Sieć Novell potrafi uczynić z IBM PC/XT wyposażonego w jedną stację dysków elastycznych i pamięć operacyjną 640 Kb potężne narzędzie porównywalne z komputerem posiadającym wszystkie potrzebne zasoby. Elastyczność tego systemu wyraża się współpracą z różnymi rodzajami kart sieciowych np. ArcNet, Ethernet, D-Link, Token Ring itd. Dzięki zastosowaniu aktywnych wzmacniaczy lub modemów można przesyłać dane na znaczne odległości. Istnieje możliwość połączenia wielu sieci w jedną olbrzymią sieć o wielu serwerach /komputery zarządzające zbiorami/ pozwalająca realizować wiele innych funkcji.

Aktualnie system pracuje w następującej konfiguracji i strukturze sprzętu /rys. 2/.

Sposób realizacji obrotów lekami w szpitalu wymaga rozdzielenia funkcji gospodarki lekami na poszczególne jednostki funkcjonalne. Optymalną konfigurację sprzętową spełniającą powyższe wymagania, jest rozwiązanie sieciowe, wspomagające procesy wszystkich użytko-

wników w czasie rzeczywistym. System SALUS-A1 ma budowę modułową, dzięki czemu istnieje możliwość łatwej rozbudowy dopisując nowe moduły, bądź zestawiając inną strukturę systemu /np. większa ilość aptek, magazynów itp./, jest więc systemem, który da się łatwo zaimplementować w różnych szpitalach i aptekach o dowolnej wielkości. System zapewnia ewidencję i rozliczenie ilościowo-wartościowe gospodarki lekami oraz pozwala na przekrojową analizę statystyczną kosztów leczenia.

#### L i t e r a t u r a :

- [1] C. J. Austin: Information System for Hospital Administration. USA The University of Michigan 1979.
- [2] Dokumentacja użytkowa sieci ANetWare 86/2866. USA Novell Incorporated 1986.
- [3] J. D. Ullman: Systemy baz danych. Warszawa WNT-1988.
- [4] K. Frączkowski, B. Nawrot, J. Lewkowicz: System ewidencji i obrotów lekami. Materiały Seminarium PTI nt. Systemy Szpitalne. Kraków 12 grudnia 1987.



ANDRZEJ CZAPLA  
STANISŁAW FRANIEL  
LESZEK MARKIEWICZ  
WITOLD PEDRYCZ  
EWA PIĘTKA  
JERZY STRONCZEK  
Politechnika Śląska  
Instytut Elektroniki – Gliwice

## MIKROKOMPUTEROWY SYSTEM WSPOMAGANIA DIAGNOSTYCZNEJ PRACOWNI PSYCHOLOGII PRACY

Burzliwy rozwój techniki mikrokomputerowej, jaki nastąpił w ostatnim okresie spowodował postępy prac w dziedzinie automatyzacji pracy człowieka z przesunięciem ich środka ciężkości /z opracowań automatów eliminujących pracę fizyczną/ w kierunku zautomatyzowanych systemów podwyższających efektywność działalności intelektualnej, pracy twórczej, pracy umysłowej człowieka. Wspomniane systemy, nazywane najczęściej systemami wspomagania, wspomagają różnorakie czynności projektowania, prognozowania, podejmowania decyzji, diagnostyki i inne. Na systemy wspomagania czeka także diagnostyka psychologiczna. Praktyczne wykorzystywanie metod diagnostyki psychologicznej rozpoczęło się prawie 80 lat temu. Testy psychologiczne są coraz szerzej stosowane w poradnictwie szkolnym, zawodowym, w zawodach cywilnych i wojskowych. Na podstawie rezultatów pomiaru testowego określa się przydatność człowieka do tego lub innego zawodu, prognozuje jego przyszłość. Testy pozwalają przeniknąć w specyfikę psychiki człowieka, zmierzyć poziom jego zdolności, przewidzieć jego zachowanie się w określonych sytuacjach.

W ramach celu nr 81 CPBR 11.9. budowany jest system wspomagania pracy diagnostycznej pracowni psychologii pracy /SWDP/. Przewiduje się, że praktyczne zastosowanie systemu może przynieść następujące korzyści:

1. Unifikację i zobiektywizowanie badania testowego /umożliwiająca porównywanie wyników uzyskiwanych w różnych pracowniach/ dzięki:
  - eliminacji oddziaływania osoby badającej na wynik badania,
  - stosowaniu jednorodnego zestawu testów psychologicznych /w chwili obecnej w różnych pracowniach użytkowane są różne wersje, mutacje itd. jednych i tych samych testów/,
  - stosowaniu jednolitego systemu rejestracji wyników badań i ich interpretacji.
2. Zwiększenie efektywności pracy pracowni psychologicznej dzięki:
  - automatyzacji procesu obliczania wyników i

eliminacji błędów ręcznego obliczania wyników,

- wprowadzenie nowych metod testowania, które w dotychczasowych warunkach były nie do pomyślenia,
- uzyskaniu nowych informacji pomiarowych, które w dotychczasowym systemie prowadzenia badań testowych nie mogły być uzyskiwane.

A oto ogólne wytyczne do budowy systemu wspomagania SWDP.

- System powinien być wykorzystywany z jednej strony jako przyrząd do badań testowych /indywidualnych lub grupowych/, z drugiej zaś jako baza danych.
- Każde stanowisko badanego powinno stanowić samodzielny zestaw podstawowy.
- Osoby badane nie powinny mieć kontaktu z klawiaturą komputera, a tylko ze specjalnymi manipulatorami. Dla systemu wykonano następujące manipulatory: klawiatury odpowiedzi cyfrowych, słownych, wskazywania kierunków i pióro świetlne.
- System powinien zapewnić prowadzenie kartoteki przez 10 lat dla 2000 do 5000 osób badanych rocznie, przyjmując konieczność zapamiętania dla każdego badanego około 200 parametrów.
- Do systemu powinny być włączone w zasadzie wszystkie testy, które nadają się do skomputeryzowania /wprowadzanie do komputera wyników testu przeprowadzanego metodą mikrokomputerową jest żmudnym i czasochłonnym zajęciem/.

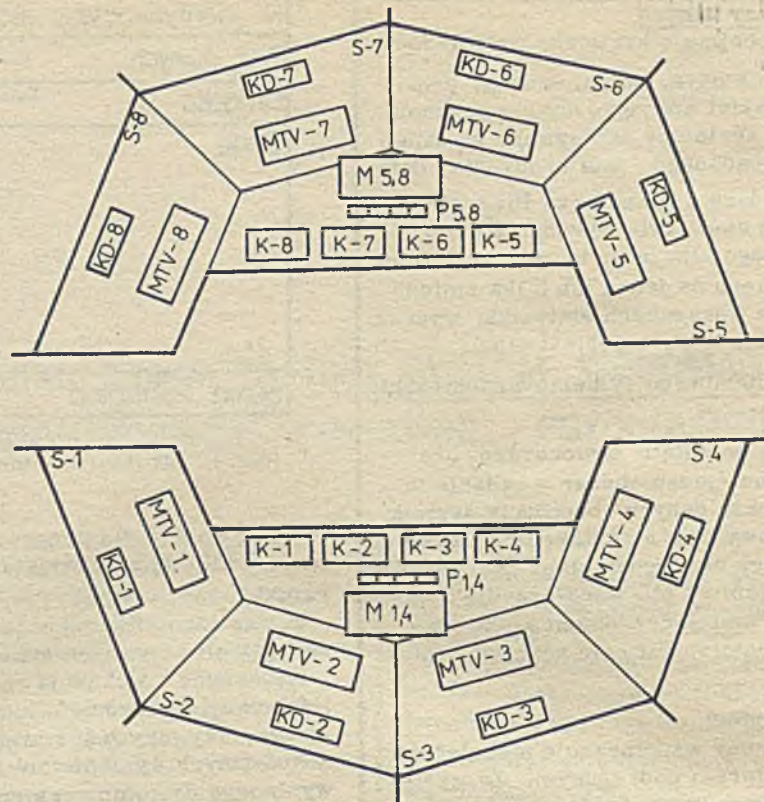
Zadania systemu wspomagania SWDP w zakresie realizacji badań testowych:

- przeprowadzenie badań testowych,
- obliczanie wyników badań z obligatoryjnym zapamiętywaniem wyników surowych i z możliwością obliczania wyników badań na podstawie danych wprowadzonych przez psychologa /dla testów nieskomputeryzowanych/,
- ocena wyników z możliwością wprowadzenia dowolnych norm lub możliwością odwołania się do norm ulokowanych w bazie danych,
- wydruk wyników /poza salą badań, równoległe z badaniem/.









Rys. 2. Konfiguracja sieci SWDP

o zastosowaniu końcówek inteligentnych jest konieczność ich autonomicznej pracy w trakcie realizacji testu.

Nieefektywność wyłącznego zastosowania mikrokomputerów 8-bitowych wynika z jednej strony z braku pamięci masowych o dostatecznej pojemności, umożliwiającej proste składowanie i wybór informacji, z drugiej zaś z braku narzędzi programowych do tworzenia elastycznych baz danych. Dla sprzętu zastosowanego do budowy systemu maksymalna odległość pomiędzy końcówką a komputerem głównym nie powinna przekraczać 200 m. Umożliwia to zainstalowanie komputera głównego w innym pomieszczeniu niż mikrokomputery wykorzystywane do bezpośredniej realizacji testów. Również mikrokomputery pracujące jako końcówki mogą być usytuowane w różnych pomieszczeniach. Istnieje wiele możliwości wzajemnego usytuowania komputera centralnego i mikrokomputerów końcowych.

Rys. 2 przedstawia jedną z konfiguracji, która zakłada instalację wszystkich końcówek w jednym pomieszczeniu, przeznaczonym do wykonywania badań. Komputer centralny znajduje się w pomieszczeniu przylegającym do pracowni badawczej. Stanowiska badawcze umieszczone są po cztery obok siebie na stołach ustawionych w kształcie podkowy /S-1+S-4, S-5+S-8/. Wewnątrz "podkowy" znajduje się stanowisko psy-

chologa lub psychologów. Elementy oznaczone na rysunku symbolami K-1 + K-4 i K-5 + K-8 są mikrokomputerami wyposażonymi w interfejs do podłączenia klawiatury dodatkowej /KD-1 + KD-8/ oraz interfejsa łączy szeregowego typu RS 232C do sprzężenia z komputerem typu IBM. Osoba badana ma do swojej dyspozycji tylko klawiaturę dodatkową /KD-1 - KD-8/ nie ma natomiast dostępu do klawiatury mikrokomputera, który jest obsługiwany przez osobę badającą /psychologa/. Osoba badana, oprócz klawiatury dodatkowej lub zestawu manipulatorów /w przypadku niektórych testów sprawnościowych/ ma do dyspozycji monitor /MTV-1 + MTV-8/, na którym prezentowane są bodźce wzrokowe realizowanego testu psychologicznego. Ze względu na możliwość realizacji testów badawczych należy dążyć do tego, by monitory na stanowiskach badawczych były monitorami kolorowymi. Psycholog obsługujący 4 do 8 stanowisk badawczych /mikrokomputerów/ musi mieć możliwość podglądu z jednego miejsca wszystkich /lub co najmniej czterech/ stanowisk osób badanych. W tym celu zastosowano monitory monochromatyczne M1,4 i M5,8 oraz zespoły przełączników sygnału wizyjnego P1,4 i P5,8, służące do wyboru jednego z czterech sygnałów wizyjnych mikrokomputerów K-1 + K-4 lub K-5 + K-8. Takie rozwiązanie umożliwia osobie badającej obsługę wszystkich mikrokomputerów i sterowanie procesem badania testem psychologicznym z jednego miejsca.



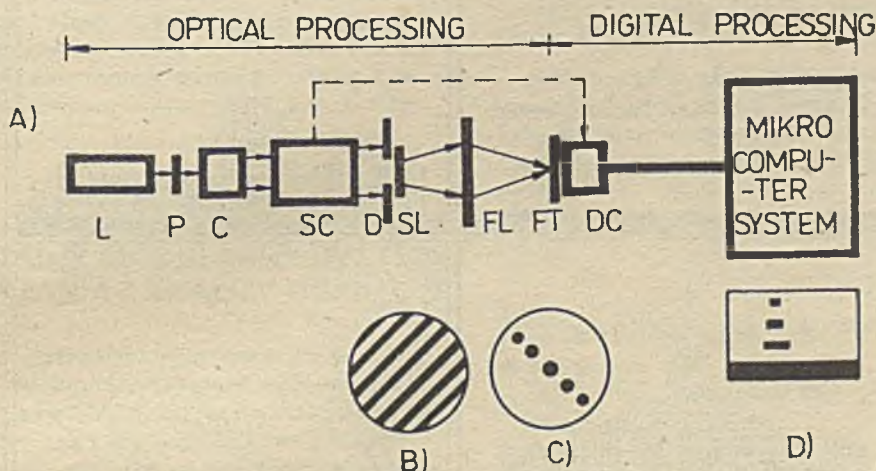


## ZASTOSOWANIE OPTYCZNEJ TRANSFORMACJI FOURIERA W OPTO-ELEKTRONICZNYM HYBRYDOWYM SYSTEMIE W CELU ANALIZY OBRAZÓW BIOMEDYCZNYCH

Technika cyfrowego przetwarzania obrazów opiera się w głównej mierze na maszynach uniwersalnych. Ich sekwencyjna struktura funkcjonalna nie jest przystosowana do szybkiej obróbki danych obrazowych, charakteryzujących się z reguły dużymi rozmiarami. Naturalne jest więc poszukiwanie nowych rozwiązań. Można wyróżnić dwa zasadnicze kierunki tych poszukiwań. Jeden koncentruje się na opracowaniu nowej architektury "komputera obrazowego", która pozwalałaby w jak największym stopniu wykorzystać rolę przetwarzania równoległego: drugi zmierza do wykorzystania naturalnej równoległości i szybkości przetwarzania informacji obrazowej w układach optycznych. Celem wydaje się połączenie tych koncepcji w hybrydowym systemie optyczno-cyfrowym, umożliwiającym optymalne wykorzystanie zalet obu technik. Przedstawiony niżej system jest przykładem realizacji tej "filozofii".

Wykorzystywana metoda analizy informacji obrazowej polega na poddaniu obrazu wejściowego,

zarejestrowanego na błonie fotograficznej w mikroskopie elektronowym, wstępnej dwuwymiarowej transformacji Fouriera w układzie optycznym. Uzyskane tą drogą widmo jest następnie przetwarzane komputerowo. Taki sposób podejścia wynika z faktu, iż interpretacja widm fourierowskich pewnej klasy obiektów, przy zastosowaniu algorytmów maszynowych, jest łatwiejsza niż interpretacja ich oryginałów. Dwuwymiarowe przekształcenie Fouriera uzyskuje się w stosunkowo prostym układzie optycznym, wykorzystując zjawisko dyfrakcji światła spójnego /urządzenie skonstruowane w CLO/. Uzyskany tą drogą obraz dyfrakcyjny jest fourierowskim widmem analizowanego obiektu /rys. 1/. Jest on następnie skanowany i wprowadzany do systemu komputerowego. Dane są przechowywane w pamięci w postaci 2050-elementowej macierzy /rys. 1D/. Każdy element macierzy reprezentuje natężenie światła w odpowiadającym mu punkcie dyfraktogramu. Dalsza obróbka /np. filtracja amplitudowa,

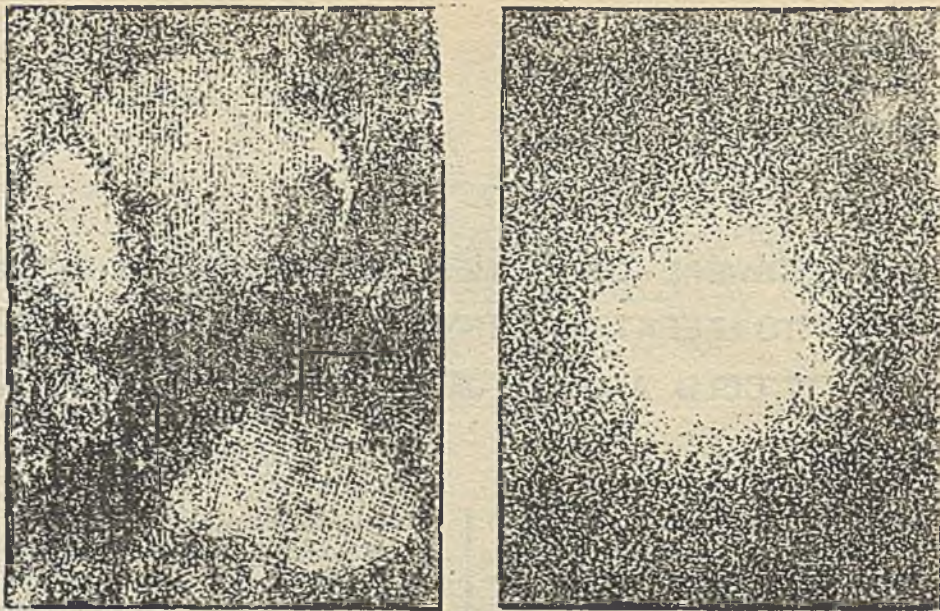


Rys. 1 Schemat działania systemu

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| A/ Konfiguracja systemu | B/ Obraz wejściowy     |
| C/ Widmo mocy Fouriera  | D/ Macierz dyfrakcyjna |

L-laser /He-Ne/, P-plazytor, C-kolimator, D-diafragma, SL-przezroczce, FL-soczewka, FT-transformata Fouriera, DC-układ detekcji, SC-skaner



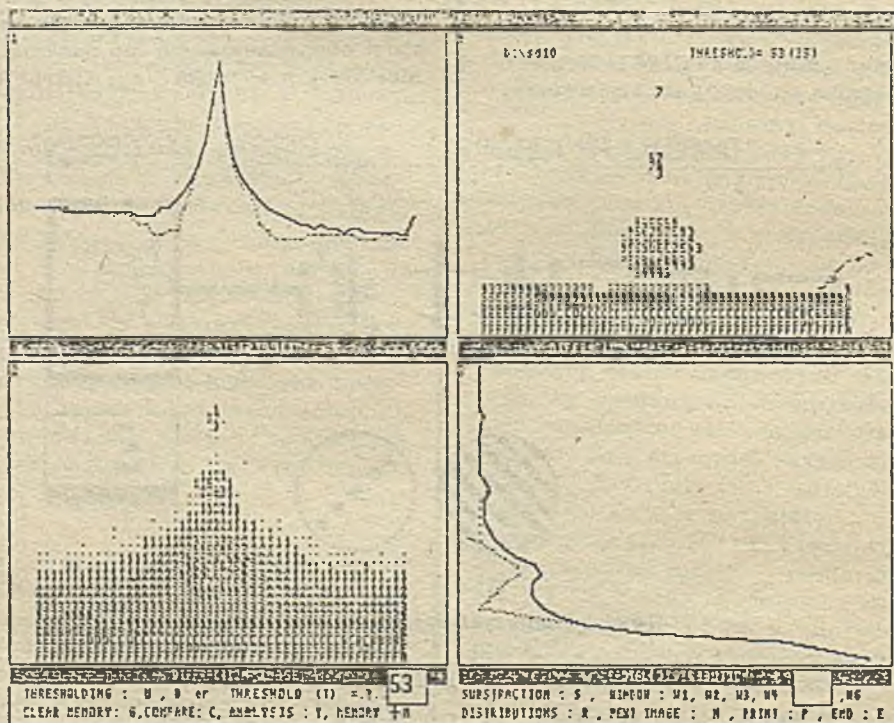


Rys. 2. Struktura krystaliczna w przedimplentacyjnym zarodku myszy i jej obraz dyfrakcyjny

wa i przestrzenna, wydzielanie cech oraz pomiary/ przebiega w systemie komputerowym /IBM PC/AT/. Stwarza to możliwość łatwej modyfikacji algorytmów przetwarzania. Metoda obróbki polega na analizie topologii macierzy dyfrakcyjnych /rys. 3 i 4/. Uzyskane informacje pozwalają na określenie liczby i wzajemnego ukierunkowania struktur w obrazie,

ich stopnia uporządkowania i rozmiarów. Cechy te mogą być przedmiotem interpretacji morfometrycznej lub służyć jako dane wejściowe w analizie dyskryminacyjnej, która umożliwia automatyczną klasyfikację i rozpoznawanie obiektów.

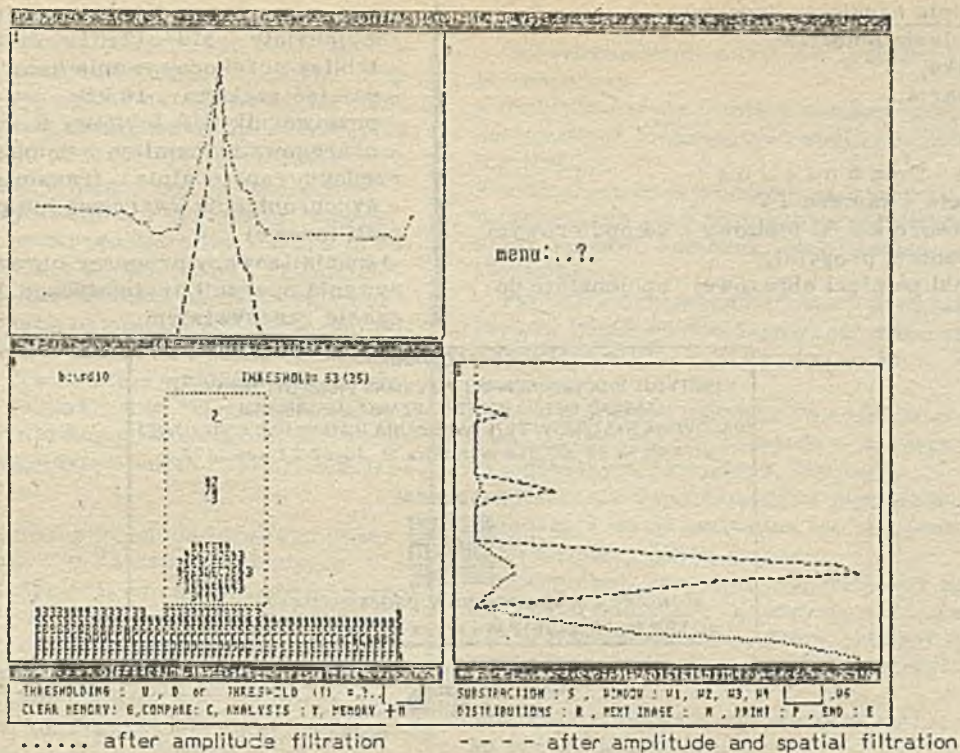
Przedstawiona metoda jest wykorzystywana w analizie ultrastruktury organeli komórkowych.



----- histograms before filtration ..... after amplitude filtration

Rys. 3





Rys. 4

Najlepsze efekty w badaniach morfometrycznych uzyskuje się analizując struktury o charakterze periodycznym /np. mitochondria, kryształiczne struktury zarodków, osłony mielinowe nerwów, włókna mięśniowe/.

Optyczna analiza fourierowska wspierana przetwarzaniem komputerowym jest użyteczną metodą ilościowego opisu niektórych obrazów biologicznych. Opis ten jest obiektywny, niezależny od doświadczenia i kwalifikacji badającego. Przedstawiony system wykorzystywany obecnie w badaniach podstawowych stwarza nadzieję na szersze zastosowanie go również w automatyzacji procesów diagnostycznych w cytologii.

## IMPAS

### INTERAKCYJNY MODULARNY SYSTEM PRZETWARZANIA I ANALIZY OBRAZÓW

IMPAS jest cyfrowym systemem do przetwarzania obrazów, umożliwiającym wprowadzanie obrazu z kamery TV, pamiętanie kilku obrazów równocześnie, oraz ich współbieżne przetwarzanie. Posiada również bogate funkcje wyświetlania obrazu na kolorowym monitorze RGB.

#### Charakterystyka systemu:

- modułowa budowa, umożliwiająca składanie systemów o różnych konfiguracjach,
- lokalny 8-bitowy mikrokomputer do sterowania i wykonywania podstawowych funkcji przetwarzania obrazów,

- wejściowy procesor obrazowy z możliwościami zewnętrznego komputerowego sterowania parametrami zapisu obrazu,
- rozszerzalna, wielodostępna pamięć obrazowa,
- przepływowo procesor do wykonywania dwuargumentowych operacji na punktach obrazu w czasie rzeczywistym,
- procesor, wyprowadzania obrazów z tablicami przekodowywania kolorów,
- pamięć znakowa sterowana scalonym kontrolerem graficznym.

System może pracować samodzielnie lub może być sprzężony z komputerem nadrzędnym w celu zlecania zadań w trybie konwersacyjnym i magazynowania obrazów. System wyposażono w czarno-białą kamerę TV oraz monitor kolorowy RGB.

#### Typowe obszary zastosowania:

- Medycyna
  - analiza morfologiczna komórek,
  - klasyfikacja obrazów,
  - pomiary i zliczanie komórek,
  - diagnostyka medyczna,
  - inne ...
- Przemysł
  - badania metalurgiczne,
  - analiza strukturalna,
  - monitorowanie i pomiary,
  - robotyka,
  - inne ...




### ● Badania naukowe, dydaktyka

- symulacja obiektów,
- grafika,
- animacja,
- inne ...

### Dane techniczne:

- wejście - kamera TV
- przetwornik A/C 6-bitowy z komputerowym sterowaniem programi,
- 4 banki pamięci obrazowej /opcjonalnie do 12/

- podstawowy moduł banku pamięci - 256/256/4 /opcjonalnie - 512/512/8/
- tablica przekodowywania kolorów - 32kB
- pamięć znakowa - 16 kB
- przetwornik C/A 8-bitowy R, G, B, I
- szeregową transmisję z komputerem nadrzędnym /opcjonalnie - transmisja równoległa/
- synchronizacja kwarcowa lub przy pomocy pętli fazowej
- specjalizowany procesor obrazowy do wykonywania operacji arytmetyczno-logicznych w czasie rzeczywistym.

<p>OPRACOWANIE</p> <p>INSTYTUT BIOCYBERNETYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ PAN ZAKŁAD METOD PRZETWARZANIA INFORMACJI PRACOWNIA SYSTEMÓW PRZETWARZANIA INFORMACJI OBRAZOWEJ ul. KRN Nr 55 00-818 Warszawa ☎ 20-62-21 wew. 172</p> <p>PRODUKCJA</p>  <p>JEDNOSTKA INNOWACYJNO-WDROŻENIOWA Sp. z o.o. ul. KRN Nr 55 00-818 Warszawa ☎ 20-62-21 wew. 136</p>
--



**JULIUSZ LECH KULIKOWSKI**

Instytut Biocybernetyki  
i Inżynierii Biomedycznej PAN  
Warszawa

## SYSTEMY KOMPUTEROWEGO PRZETWARZANIA OBRAZÓW

### DLA POTRZEB DIAGNOSTYKI LEKARSKIEJ

We współczesnej diagnostyce lekarskiej wykorzystuje się różnorodne źródła informacji o pacjencie, jego środowisku, objawach niedomagań, a wreszcie - o stanie jego narządów wewnętrznych i o zachodzących w nich procesach. Obraz, zarówno dostępny bezpośrednio, jak i pośrednio /mikroskopowy, rentgenowski, ultrasonograficzny, termograficzny itp. / jest jedną z wielu form informacji wykorzystywanych przez lekarza, ale jest to jednocześnie forma, której znaczenie wzrasta w miarę rozwoju technicznych środków pobierania, zapisu i przetwarzania obrazów. Rozwój tych środków jest pochodną rozwoju takich dziedzin techniki jak radiologia, elektronika, optyka, optoelektronika, ultraakustyka, a także - informatyka. Zamiana obrazu optycznego w kod cyfrowy /której dokonuje się wieloma różnymi sposobami/ otwiera drogę do różnorodnych form przetwarzania obrazów: od transformacji optycznych i geometrycznych poprzez filtrację, korekcję,

wyostrzanie konturów itp. do analizy morfometrycznej, statystycznej, rozpoznawania cech lokalnych i całościowego rozpoznawania sytuacji przedstawionych na obrazie.

Systemy komputerowego przetwarzania obrazów stosowane w diagnostyce lekarskiej można podzielić na dwie obszerne klasy /choć granica między klasami jest dość umowna/:

- 1<sup>o</sup> wąsko wyspecjalizowane systemy przeznaczone do wykonywania rutynowych, powtarzalnych operacji na obrazach ustalonego typu,
- 2<sup>o</sup> systemy wielozadaniowe, wyposażone w biblioteki procedur, umożliwiające przetwarzanie szerokich klas obrazów w trybie dialogowym, zgodnie z wymaganiami użytkownika.

Wymagania użytkowe i techniczne stawiane systemom dwóch wymienionych tu klas różnią się dość istotnie. W pierwszym przypadku istotną rolę odgrywa ergonomia obsługi systemu, staranność doboru algorytmu przetwarzania



obrazów, umiarkowany koszt systemu, sprawność serwisu technicznego itp. W drugim przypadku kładzie się nacisk na możliwość opcjonalnego rozszerzenia konfiguracji sprzętowej, bogactwo biblioteki procedur przetwarzania obrazów i jej rozszerzalność, bogactwo środków komunikacji użytkownika z systemem, bogate oprogramowanie narzędziowe itp., które to cechy nie zawsze dają się pogodzić z żądaniem niskiego kosztu lub łatwości obsługi systemu. W obu przypadkach natomiast pożądana jest duża szybkość przetwarzania i wysoka niezawodność systemu. Te ostatnie wymagania sprawiają, iż istnieje bezpośrednia zależność między poziomem techniki komputerowego przetwarzania obrazów i ogólnym stanem rozwoju elektroniki i informatyki.

Prace nad systemami komputerowego przetwarzania obrazów w Zakładzie V Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN prowadzone są od wielu lat, a ich efektem było opracowanie kilku kolejnych systemów typu uniwersalnego, opartych na komputerach typu Odra 1204, K-202 i MERA 400. W latach 80 prace te zostały ukierunkowane na stworzenie systemów bardziej wyspecjalizowanych pod kątem potrzeb określonych dziedzin diagnostyki lekarskiej. W związku z tym w ramach CPBR nr 11.9 podjęto prace nad następującymi systemami:

1. CPO-3/IBM PC XT - do morfometrycznej analizy obrazów komórek,
2. CPO/M68010 - do analizy obrazów radiologicznych lub rentgenowskich,
3. GROD/1 - do graficznego modelowania fragmentów układu naczyń krwionośnych.

Przedstawimy niżej podstawowe informacje dotyczące wymienionych systemów.

1. System CPO-3/IBM PC XT opracowano z myślą o potrzebach pracowni badań patomorfologicznych istniejących przy wielu klinikach i większych szpitalach. Bazę sprzętową systemu stanowią: mikrokomputer klasy IBM PC XT z PAO = 628 kB, dysk twardy typu Winchester, napędy dysków elastycznych, monitor monochromatyczny sterowany przez kartę typu Hercules, drukarkę mozaikową, a ponadto - konturograf /digitizer/ ze wskaźnikiem i układ optyczny, umożliwiający rzutowanie obrazu z mikroskopu optycznego na płytę konturografu. Wszystkie wymienione tu elementy wyposażenia są dostępne na rynku krajowym, co jest istotne ze względu na możliwość rozpowszechnienia systemu.

System korzysta z następujących elementów oprogramowania bazowego: z systemu operacyjnego DOS PC wersja 3.3 z tłumaczem języka Pascal oraz z niektórych procedur systemu graficznego AUTOCAD /przy czym w dalszej fazie prac procedury te zostaną zastąpione własnymi procedurami, umożliwiającymi komunikację graficzną między konturografem i procesorem/.

Oprogramowanie użytkowe systemu obejmuje procedury:

- wczytywania do pamięci komputera obrazów konturowych stanowiących obrysy komórek i ich wnętrza,
- wyliczenia podstawowych parametrów morfometrycznych oraz opartych na nich współczynników kształtu komórek, umożliwiających ich klasyfikację,
- wyliczenia dwuwskaźnikowych momentów obrazów komórek /do 4-go rzędu włącznie/ jako alternatywnej metody zgrubnego opisu ich kształtu,
- zapisu pełnych obrysów komórek w postaci współczynników ich rozkładu w szeregi funkcji ortogonalnych /Fouriera, Haara/,
- wyliczenia współczynników podobieństwa par komórek z uwzględnieniem ich położenia, orientacji i zmiany skali,
- interpolacji krzywych ciągłych przy pomocy krzywych odcinkowo-liniowych, umożliwiające przechowanie krzywych w pamięci komputera przy zredukowanej nadmiarowości informacyjnej,
- wyświetlanie na ekranie monitora lub wydrukowanie raportów z badań.

Należy zaznaczyć, iż badania morfometryczne preparatów komórkowych wykonywane są dotychczas w skali masowej w sposób tradycyjny, męczący dla osób wykonujących te badania i mało dokładny. Korzystając z sugestii specjalistów w dziedzinie patomorfologii autorzy opracowania uznali za celowe skomputeryzowanie najbardziej pracochłonnych czynności występujących przy tego rodzaju badaniach. Jednakże ze względu na znacznie wyższy koszt systemów w pełni zautomatyzowanych /z wprowadzeniem obrazów poprzez kamerę TV/ zdecydowano się na rozwiązanie półautomatyczne, w którym obrysy komórek wprowadzane są przy pomocy wskaźnika konturografu. Badania prowadzone w ubiegłych latach wykazały także, iż programy automatycznego obrysu komórek działają dostatecznie szybko i bezbłędnie jedynie w przypadku wyraźnych, silnie skontrastowanych obrazów, w których komórki widoczne są oddzielnie, tj. nie występują w postaci skupisk. Był to dodatkowy argument przemawiający za przyjęciem rozwiązania kompromisowego, w którym selekcji obiektów dokonuje sam operator systemu. System CPO-3/IBM PC XT znajduje się obecnie /styczeń 1989 r./ w fazie testowania na danych klinicznych.

2. CPO/M68010 jest doświadczalnym systemem przetwarzania obrazów monochromatycznych o standardzie 512 x 512 elementów i 256 poziomach szarości /tj. 8 bitów/element/. Jądem systemu jest mikrokomputer oparty na 32-bitowym mikroprocesorze typu MC68010 z zegarem o częstotliwości 10 MHz i PAO = 128 kB.

System jest ponadto wyposażony w buforową pamięć obrazową o pojemności 2 MB, co umożli-



liwia zapis do 32 obrazów o pełnych rozmiarach. Pamięć zewnętrzna systemu składa się z dysku twardego typu Winchester o pojemności 50 MB i z dysków elastycznych 5 1/4" o pojemności 800 kB. Komunikacja z pamięcią operacyjną odbywa się poprzez moduł DMA typu MC 68450. Obrazy wprowadzane są do systemu poprzez monochromatyczną kamerę TV pracującą w standardzie CCIR. Jako urządzenie wyjściowe wykorzystywane są dwa monitory: systemowy /monochromatyczny/ i obrazowy /kolorowy/ oraz drukarka igłowa. Urządzenia obrazowe sterowane są poprzez karty: pamięci buforowej oraz konwerterów a/c i c/a. Magistrala systemowa pracuje w standardzie VME. Jako oprogramowanie bazowe wykorzystuje się system operacyjny UNIX V z translatoem języka C i FORTRAN. Przy wyborze systemu brano pod uwagę dwa czynniki: 1<sup>o</sup> fakt użytkowania w Polsce systemów przetwarzania obrazów opartych na podobnej konfiguracji sprzętowej, oprogramowanych firmowo pod kątem wąsko określonych zadań użytkowych i 2<sup>o</sup> zbieżność założeń systemowych z założeniami systemu INTERLAB opracowywanego w LRB. System CPO/M68010 stanowi wyposażenie Laboratorium Przetwarzania Informacji Obrazowej IBiIB PAN i jako taki po pełnym oprogramowaniu użytkowym będzie dostępny innym użytkownikom. Jest on przeznaczony głównie do badań metod i algorytmów przetwarzania obrazów rentgenowskich, w tym zwłaszcza - obrazów naczyń krwionośnych analizowanych metodami tzw. angiografii różnicowej. Oprogramowanie użytkowe systemu tworzone jest w języku C, umożliwi to wykorzystanie oprogramowania także w systemach opartych na bardziej standardowym sprzęcie, dostępnym za walutę krajową /np. w systemie IMPAS/.

Oprogramowanie użytkowe systemu CPO/M68010 składa się obecnie z dwóch modułów:

1. podstawowych operacji obrazowych,
2. operacji arytmetyczno-logicznych na obrazach.

W toku opracowania znajdują się dalsze moduły:

3. geometrycznej korekcji obrazów,
4. filtracji obrazów,
5. obliczeń podstawowych parametrów hemodynamicznych naczyń krwionośnych,

System wyposażony w wyżej podane moduły programowe będzie użyteczny jako narzędzie wspomagające pracę lekarzy w pracowniach radiologicznych, umożliwi bowiem obserwację obrazów rentgenowskich /dostępnych na kliszy

lub odbitce fotograficznej/ w postaci skontrastowanej, odfiltrowanej, z kompensacją tła, przy czym obserwacja będzie możliwa zarówno w kolorze czarno-białym, jak i w pseudokolorach /256 pseudokolorów dobranych przez użytkownika z palety 4096 kolorów/.

3. System GROD/1 może stanowić przedłużenie systemu obrazowego typu CPO/M68010 /lub równoważnego/, jak również może być wykorzystywany jako system autonomiczny. Jest on przeznaczony do wykonywania w trybie dialogowym obliczeń hemodynamicznych, związanych z wydzielonymi fragmentami układu czyniowego, które są modelowane w postaci zgeometryzowanych grafów z wagami. System ten jest oparty na sprzęcie typowym: mikrokomputerze klasy IBM PC AT z PAO = 628 kB, wyposażonym w monitor kolorowy i kartę sterującą typu HEGA lub PEGA, a także w drukarkę igłową, dysk twardego typu Winchester o pojemności 40 MB i dyski elastyczne 5 1/4". Jako oprogramowanie bazowe wykorzystuje się system operacyjny PC DOS 3.10 z translatoem języka Turbo Pascal 4.

Oprogramowanie użytkowe systemu GROD/1 obejmuje dwa podstawowe moduły:

- procedur zobrazowania grafów zgeometryzowanych i podstawowych operacji wykonywanych na grafach,
- obliczeń hemodynamicznych, w tym zwłaszcza - oporów hemodynamicznych i natężeń strumieni płynących przez wybrane gałęzie układu krwionośnego.

Informacje wejściowe do systemu GROD/1 wprowadzane są w postaci parametrów liczbowych i wskazań lokalizacji punktów, na których są rozpinane grafy zgeometryzowane, ten drugi rodzaj danych wejściowych wprowadza się za pośrednictwem "myszy".

GROD/1 przeznaczony jest dla oddziałów chirurgii naczyń większych szpitali lub klinik, może on mieć też zastosowania dydaktyczne. Możliwe są też pozamedyczne zastosowania systemu. W zastosowaniach lekarskich powinienn on umożliwić ocenę wpływu zmian zachodzących w naczyniach krwionośnych na stopień ukrwienia narządów wewnętrznych organizmu. Z tego względu system ten może okazać się pożyteczny m. in. przy planowaniu większych zabiegów operacyjnych w chirurgii naczyniowej.





## KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE DYDAKTYKI MEDYCZNEJ "MEDYCZNO-METODOLOGICZNE PODSTAWY PROBLEMÓW DECYZYJNYCH W MEDYCYNIE" (cel nr 119)

Tematyka prac Zakładu Biofizyki i Biomatematyki Centrum Medycznego Kształcenia Podyplomowego w Warszawie ma z jednej strony charakter badań podstawowych, z drugiej zaś obejmuje realizację celów praktycznych. Badania teoretyczne prowadzone są w dwóch głównych kierunkach:

- analiza logicznej struktury wiedzy medycznej i rozwiązywania problemów lekarskich,
- zagadnienia formalnej reprezentacji wiedzy biologicznej i medycznej.

Przedmiotem prac zastosowawczo-wdrożeniowych są komputerowe metody wspomaganie kształcenia medycznego.

Analiza logicznej struktury wiedzy biomedycznej i procesów rozwiązywania problemów lekarskich dotyczy następujących zagadnień:

1. Charakterystyka praw /twierdzeń/ występujących w biologii i medycynie oraz ich powiązań systemowych. Przedmiotem rozważań są semantyczne i strukturalne aspekty praw wiedzy medycznej, związanej z naukami podstawowymi, z diagnostyką i z terapią [1] oraz systemowe cechy wiedzy biologicznej i medycznej ze szczególnym uwzględnieniem wielopoziomowych powiązań praw o różnym zakresie logicznym. Badania dotyczą również adekwatnej do danej dziedziny reprezentacji cech /i ich wartości/, charakteryzujących obiekty oraz relacji - przede wszystkim czasowych i przestrzennych - między obiektami i ich cechami.
2. Podstawowe rodzaje rozumowań i charakterystyka głównych etapów rozwiązywania problemów medycznych. Analiza dotyczy roli w myśleniu lekarskim takich rozumowań jak: wnioskowanie proste, sprawdzanie hipotez, wyjaśnianie i dowodzenie a także specjalnych typów występujących w rozumowaniu terapeutycznym i diagnostycznym [4]. Spośród problemów związanych z praktycznym postępowaniem lekarskim, przedmiotem analizy jest przede wszystkim rola planowania działań a także powiązania między krokami diagnostycznymi i terapeutycznymi [7].
3. Kryteria wyboru najlepszego działania lekarskiego. Badania bezpośrednio dotyczące podejmowania decyzji lekarskich mają na celu wyróżnienie podstawowych kryteriów decyzyj-

nych, ich znaczenia i sposobów zastosowania [5]. Analizie poddane są przede wszystkim cechy skutków działań terapeutycznych w postaci zmian stanu pacjenta, a mianowicie ich wartość zdrowotna, charakterystyka czasowa i prawdopodobieństwo z wyróżnieniem skutków zamierzonych i ubocznych. Analiza obejmuje również działania diagnostyczne, przy których kryteria decyzyjne wiążą się przede wszystkim ze skutkiem poznawczym tych działań, również jednak ze skutkami ubocznymi.

Przedmiotem szczegółowych rozważań są także etyczne i prawne problemy informatyki medycznej, zwłaszcza dotyczące komputerowych baz danych i baz wiedzy [2].

Prace nad formalną reprezentacją wiedzy biomedycznej i rozumowań związanych z jej wykorzystaniem opierają się na wyróżnieniu dwóch typów praw /twierdzeń/ różniących się stopniem szczegółowości. Prawa wyższego poziomu tworzą dla danej dziedziny schemat relacji łączących brane pod uwagę cechy, prawa zaś niższego rzędu odpowiadają relacjom między wartościami cech. Ujęcie to zostało wykorzystane do opisu pewnego fragmentu wiedzy biologicznej [6]; w toku są badania dotyczące zastosowań medycznych. Do komputerowej implementacji stosowany jest język Prolog i Smalltalk.

Niektóre wyniki własnych badań teoretycznych oraz doświadczenia zagranicznych ośrodków informatyki medycznej zostały przez nas wykorzystane dla realizacji celów wdrożeniowych; dotyczą one zastosowania metod komputerowych do wspomaganie dydaktyki medycznej [3]. Opracowano kilka programów związanych z nauczaniem problematyki klinicznej i z zakresu nauk podstawowych.

1. Program symulujący postępowanie lekarskie związane z określonym typem problemów klinicznych. Dotyczy on sytuacji, w których działania diagnostyczne i terapeutyczne są wieloetapowe i ściśle wzajemnie powiązane i w których istotną rolę odgrywa przyjęcie przez lekarza jasno sprecyzowanego planu postępowania.
2. Program mający na celu ćwiczenie w rozumowaniu typu wyjaśniającego stwierdzane fak-



ty i uzasadnianie hipotez. Ujęcie może być wykorzystane na przykładach problemów klinicznych lub z dziedziny nauk podstawowych.

3. Programy, w których wykorzystuje się ujęcia graficzne, opracowane dla takich problemów klinicznych /diagnostycznych i terapeutycznych/, w których metodyka ta może, jak się zdaje,

okazać się szczególnie przydatna [3].

4. W trakcie opracowania są programy oparte na przedstawionej wyżej metodzie reprezentacji wiedzy /dla problemów patofizjologicznych i klinicznych/ oraz programy dotyczące rozwiązywania problemów diagnostycznych, w których punktem wyjścia jest jeden podstawowy, szczególnie ważny objaw.

5. Opracowywane są również programy służące do wspomaganie uczenia się podstawowych metod statystycznych oraz obsługi mikrokomputerów.

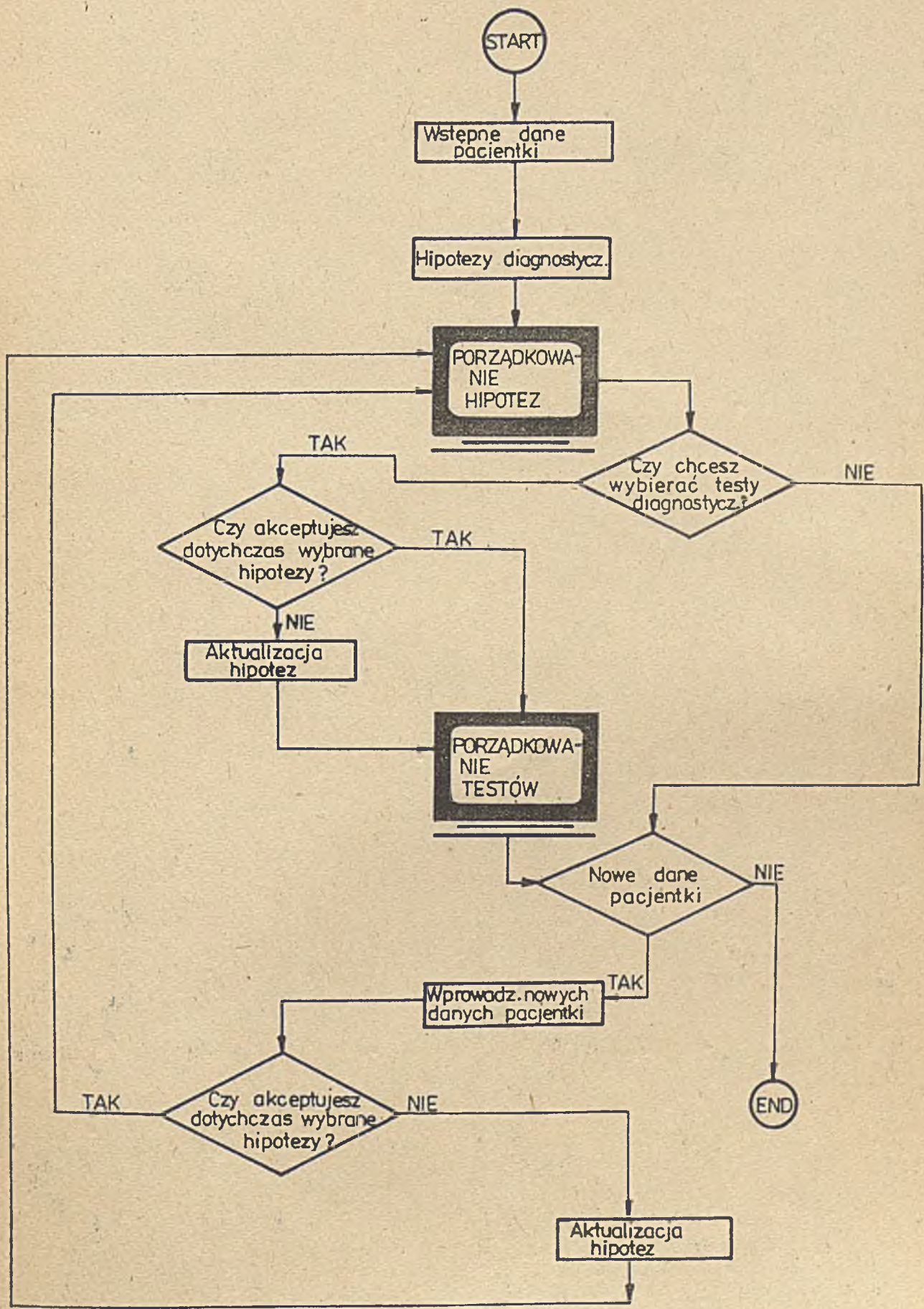
Programy, nad którymi obecnie pracuje Zakład Biofizyki i Biomatematyki Centrum Medycznego Kształcenia Podyplomowego, są poddawane sprawdzeniu w zastosowaniach dydaktycznych w klinikach i w trakcie innych zajęć dydaktycznych. Jako praktyczny rezultat obecnych naszych prac zostaną wykonane i oddane do użytku komputerowe programy dydaktyczne z zakresu nauk klinicznych /chirurgia, choroby wewnętrzne/ i podstawowych. Będą one miały zastosowanie zarówno w nauczaniu w czasie studiów przeddyplomowych jak i w kształceniu podyplomowym. Programy te jak również badania dotyczące metodyki komputerowego wspomaganie dydaktyki w medycynie przyczynią się do rozwoju tej ważnej dziedziny informatyki medycznej.

## L i t e r a t u r a :

- [1] J. Doroszewski; Model struktury praw wiedzy medycznej. W: Postępy biocybernetyki i inżynierii biomedycznej. Pod.red. M. Nałęcza, str. 69-99, Ossolineum, Wrocław 1987.
- [2] J. Doroszewski; Ethical and methodological aspects of medical computer data bases and knowledge bases. *Theoretical Medicine* 9, 117-128, 1988.
- [3] J. Doroszewski; Zastosowanie metod komputerowych dla wspomaganie dydaktyki medycznej. W druku.
- [4] J. Doroszewski; Logiczne aspekty rozumowania w medycynie. W druku.
- [5] J. Doroszewski; Zarys teorii rozwiązywania problemów medycznych. W druku.
- [6] J. Doroszewski, A. Delegacz; Model structure of a fragment of biological knowledge /cell motility/. W druku.
- [7] J. Doroszewski, W. Gasparski; General theory of design and, its a application to design /planning/ in medicine. *Cybernetics and systems*, Pod red. R. Trappl, D. Reidel, Amsterdam 1986, str. 165-172.
- [8] J. Doroszewski, B. Trzecińska; Program "Czy i dlaczego" - komputerowe wspomaganie uczenia się rozumowania w zakresie wyjaśniania i uzasadniania praw wiedzy medycznej. *Probl. Szkoln. Nauk Med.* 12, 1-11.
- [9] M. Korab-Laskowska, J. Schier, J. Doroszewski; Medical computer assisted instruction: solving of mixed, diagnostico-therapeutic problems based on a plan of action. W druku.









P. 2900/89



III  
MERA  
III