

**Andrzej DYSZKIEWICZ, Grzegorz SAPOTA, Zygmunt WRÓBEL**

INSTYTUT INFORMATYKI UNIwersYTETU ŚLĄSKIEGO  
SZPITAL ŚLĄSKI, LABORATORIUM BIOTECHNOLOGII

**System wieloparametrycznej analizy fizjogramów w tworzeniu algorytmów testowania i terapii świadomości dzieci autystycznych**

Dr n. med. Andrzej Dyszkiewicz

Adiunkt Zakładu Komputerowych Systemów Sterowania Uniwersytetu Śląskiego, kierownik Laboratorium Biotechnologii w Cieszynie oraz Poradni Rehabilitacyjnej ZZOZ Cieszyn. Jest specjalistą z reumatologii, rehabilitacji medycznej i chorób wewnętrznych. Głównym obszarem zainteresowań są badania podstawowe w dziedzinie nowych technik rozdziału i identyfikacji substancji chemicznych w płynach ustrojowych, nieinwazyjnych metod detekcji funkcji życiowych organizmu oraz przetwarzania sygnałów i obrazów obiektów biologicznych z zastosowaniem cyfrowej techniki obliczeniowej. Zajmuje się również procesami sterowania procesów biotechnologicznych, sterylizacji powietrza, płynów i utylizacji substancji toksycznych oraz klinicznymi wdrożeniami nowych technik diagnostyki i terapii. Jest autorem lub współautorem ok. 200 publikacji patentowych, klinicznych i wdrożeniowych.



Prof. dr hab. inż. Zygmunt Wróbel

Profesor doktor habilitowany nauk technicznych, specjalność elektronika, Kierownik Zakładu Komputerowych Systemów Sterowania Uniwersytetu Śląskiego. Zainteresowania naukowe w ostatnich latach koncentrują się na dwóch pokrewnych zagadnieniach. Są to: systemy sterowania programowalnego i rozmytego stosowane w elektronicznych układach aparatury medycznej oraz komputerowe przetwarzanie, analiza i rozpoznawanie różnego typu obrazów uzyskiwanych w diagnostyce medycznej.



Mgr Grzegorz Sapota

Jest pracownikiem Zakładu Komputerowych Systemów Sterowania Wydziału Techniki Uniwersytetu Śląskiego. Specjalizuje się w konstrukcji biomedycznych systemów sterowania.



**STRESZCZENIE**

W pracy przedstawiono model urządzenia rozszerzającego możliwości diagnostyki i terapii schorzeń autystycznych, w których komunikacja werbalna z pacjentem staje się ograniczona lub wręcz niemożliwa. Moduł diagnostyczny opisywanego urządzenia rejestruje parametry biomedyczne takie jak: częstotliwość pracy serca, oddechu, ciśnienie krwi, zapis EKG, EEG, EMG, stężenie tlenu i dwutlenku węgla we krwi, reagując na wahania tych parametrów pod wpływem emocji. Umożliwia to rozróżnienie bodźców pozytywnych i negatywnych dla danego pacjenta. Zadaniem modułu terapeutycznego jest generowanie bodźców audiowizualnych wywołujących reakcje pozytywne, w celu wywołania u leczonego pacjenta określonych odruchów. Interaktywna współpraca obu modułów umożliwia sporządzenie ściśle sparometryzowanych schematów terapeutycznych dla procesu rehabilitacji.

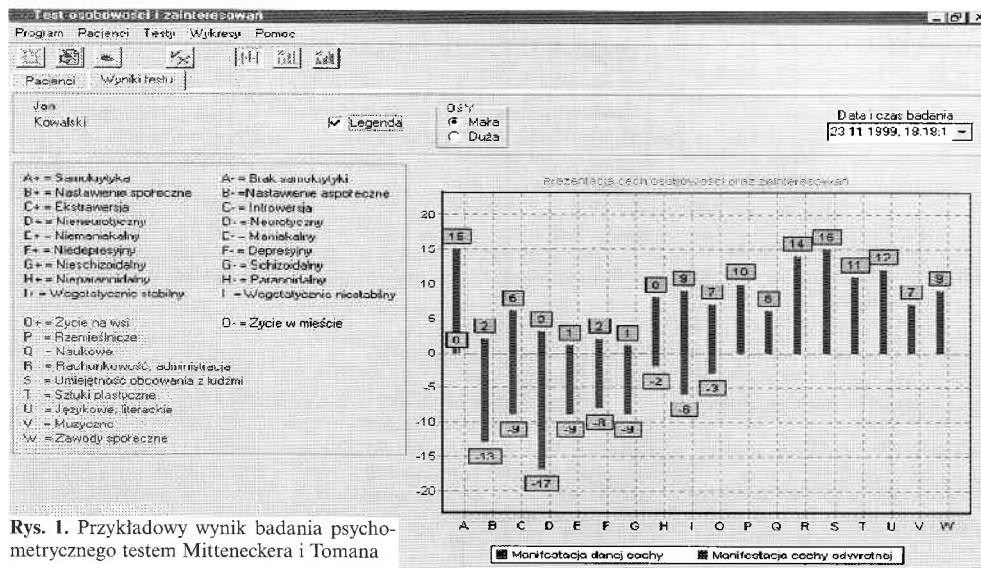
**ABSTRACT**

This work shows the prototype of device to expand the diagnostic and therapeutic possibility in the autistic disorders. Voice commu-

nication is difficult or impossible in such cases. Diagnostic unit of this device record biomedical parameters as: heart and breath frequency, blood pressure, EKG, EMG, EEG curves, oxygen and carbon dioxide blood concentration. Therapeutic unit gives the possibility generates the audio-visual sequences stimulate patients to positive and anticipated reactions. Co-operations these units determine to drawing up the rehabilitation system create. Practical attempt to solve this problem will help to introduce new monitoring programs to neurology and psychiatric rehabilitation.

**1. WSTĘP**

Organizm człowieka jest wysoko wyspecjalizowanym układem biocybernetycznym, który ewoluując od prostych organizmów jednokomórkowych, poprzez systemy wielokomórkowe do wielonarządowych, osiągnął umiejętność przetwarzania zjawisk zachodzących w otoczeniu na wrażenia zmysłowe, świadomość oraz wysoki poziom kreatywności abstrakcyjnej. Jednym z podstawowych warunków optymalnej funkcji układu jest krzyżowy przepływ informacji pomiędzy receptorami, efektorami i ośrodkiem centralnym w ilości nie przekraczającej wydolności systemu. Niestety coraz szybsze tempo życia, problemy ekonomiczne, społeczne powodują rosnący poziom stresu i w konsekwencji nasilenie reakcji niedostoso-



Rys. 1. Przykładowy wynik badania psychometrycznego testem Mitteneckera i Tomana

Przejawem tego zjawiska jest rosnąca w populacji liczba nerwic, zespołów lękowo-depresyjnych, psychoz i schizofrenii. Stwarza to wymierne problemy diagnostyczne, które jednak przy zachowanym kontakcie słownym z pacjentem mogą być realizowane na drodze pisemnych testów psychologicznych lub komputerowych procedur interaktywnych [1, 2, 3, 5].

Niestety istnieje coraz liczniej reprezentowana w populacji grupa schorzeń przebiegających z zaburzeniami kojarzenia oraz tendencją do odwracania się chorego od rzeczywistości oraz nieadekwatnego reagowania na bodźce środowiskowe. Do schorzeń tego typu należy autyzm [4, 6, 7].

W chorobie tej proces kojarzenia przebiega podobnie jak w marzeniach na jawie lub stanach półsnu, tuż przed zaśnięciem, gdzie myśli wiążą się ze sobą nie według wewnętrznego sensu, lecz nakładają się wzajemnie w zależności od przypadkowych skojarzeń, dźwięków, zapachów czy barw. W lżejszych przypadkach sposób wiązania myśli staje się dziwaczny, często abstrakcyjny, sprawiający wrażenie braku zainteresowania ze strony chorego zrozumieniem w oczach odbiorcy.

W ostrzejszych przypadkach następuje wyraźne odwrócenie się chorego od rzeczywistości i zamknięcie w sobie, czego przejawem są wielogodzinne stany bezruchu i braku jakiegokolwiek reakcji na bodźce środowiska. Stan bezruchu może być przerywany objawami perseweracji, czyli niedorzecznego powtarzania przypadkowych wyrazów lub werbigeracji, czyli artykułowaniu neologizmów słownych nierzadko z sekwencją rytmu, uruchamianych często jako odpowiedź na zadawane pytania.

Bardzo niebezpiecznym powikłaniem są napady pobudzenia psychoruchowego jako nieadekwatnej reakcji na trudne do zidentyfikowania bodźce środowiska. Bodźcem powodującym reakcję przerażenia lub agresji może okazać się dźwięk dzwonka, sekwencja muzyczna lub kolor wykładziny dywanowej w nowym pomieszczeniu. Stąd w leczeniu tej grupy schorzeń tak wielkiego znaczenia nabiera szczegółowa diagnostyka z wyraźnym rozgraniczeniem bodźców szkodliwych i pozytywnych [9, 10, 11, 12].

**Wymiana informacji** w organizmie wielonarządowym zaczyna się już na najbardziej podstawowym poziomie międzykomórkowym. Stykające się błonami komórki oddziałują na siebie przy pomocy:

- zmiany koncentracji jonów, przekazywanych z komórki do komórki systemem kanałów jonowych /zmiana potencjału elektrycznego/ wydzielania substancji chemicznych o charakterze sygnałowym, gdzie informacja podana przez kanał w błonie komórkowej może dotyczyć pojedynczej komórki lub podana do przestrzeni międzykomórkowej wpływa na całą grupę komórek /efekt parakrynowy/
  - wpływu emisji fotonów generowanych w procesach transformacji DNA na sąsiednie komórki /promieniowanie mitagenetyczne/
- Kolejnym ważnym elementem synchronizującym pracę organizmu wielonarządowego jest układ krwionośny, który oprócz podstawowej funkcji utleniania tkanek, dyslokacji substratów i produktów przemiany materii, homeostazy i nadzoru immunologicznego spełnia rolę kanału wymiany informacji chemicznych, wysyłanych przez liczne komórki przy pomocy substancji sygnałowych – hormonów. Z ewolucyjnego punktu widzenia rozwiązanie to stanowi znaczne poszerzenie zakresu działania oraz szybkości.

Natura z ogromną finezją zredukowała liczącą niegdyś miliardy litrów zewnątrzkomórkową przestrzeń wodną, do objętości kilku zaledwie litrów i nadając jej ruch wyspecjalizowanym narządem, jakim jest serce, w łożysku naczyń tętniczych, początkowo szerokich, o grubej sprężystej ścianie, ulegających stopniowym rozgałęzieniom, by w końcowym odcinku, systemem naczyń włosowatych, dostarczyć komórkom całego ciała substancje odżywcze.

Analogiczny system naczyń żylnych, drenując krew z układu włosniczki, zlewając się stopniowo w coraz szersze pnie, dostarcza ją do narządów czuwających nad stałością składu medium

takich jak płuca, nerki czy wątroba.

Należy zdać sobie sprawę, że integrując funkcje tak polimorficznego pod względem tkankowo-narządowym układu, który na dodatek znajduje się w ciągłym ruchu powodującym nieustanną delokalizację zapotrzebowania na tlen i substancje wysokoenergetyczne, musi on posiadać ogromną wrażliwość i zdolność reagowania na bodźce.

Swą plastycznością zawdzięcza sprawnej regulacji neurohormonalnej, cechującej się hierarchiczną strukturą, podporządkowującą autonomiczne reakcje jego najbardziej podstawowych jednostek strukturalnych, integratorów wyższego rzędu, mającym dostęp do coraz pełniejszej i bardziej przestrzennej informacji o układzie.

Powoduje to, że lokalne zmiany ukrwienia np. pracujących mięśni, pociągają za sobą reakcję narządu centralnego, zwiększającego ilość tłoczzonej krwi oraz tętnicznych naczyń oporowych całego organizmu, regulujących pod kątem zapotrzebowania przepływy w narządach. Działanie to jest przejawem reakcji na optymalizujące bodźce, płynące z centralnych struktur układu nerwowego, który po zapoznaniu się z mapą zapotrzebowania, przesłana mu przez chemo i mechanoreceptory, dokonuje optymalizującej korekty.

W systemie wielkim, przestrzennej regulacji całego organizmu, występuje hierarchiczno-równoległa organizacja współzależności poszczególnych ośrodków i obwodów. Polega ona na tym, że wpływ nadrzędnych struktur, na szereg procesów toczących się na najniższym szczeblu jest ograniczony w zakresie możliwości zmiany lokalnych parametrów jedynie do wartości optymalnych, a nie dowolnych, mówimy, więc o funkcji autonomicznej podukładów.

Tak ukształtowane zasady współpracy, międzyukładowej powodują, że w chwilach szczególnej mobilizacji całego organizmu, nie odbywa się to kosztem wyłącznie jednego organu czy grupy komórek, lecz każdy z układów w utrzymanie homeostazy całości, wkłada jedynie „nadwyżkę regulacyjną”, istniejącą wokół swego optimum działania.

Przeeksponowane wymuszenie funkcji przez struktury nadrzędne, na przykład w wyniku załęgania emocji w strukturach korowych, jak w wariacie Prinzmęta choroby wieńcowej, chorobie wrzodowej, wrzodziejącym zapaleniu jelita grubego, czy w wyniku przekłamania receptorów, jak w zespołach algodystroficznych i zespole wibracyjnym, prowadzi do ugruntowania neurotroficznej patologii.

Próbując ująć ważniejsze współzależności regulacji krążenia w sposób blokowy, należy uwzględnić sterowanie: oddechem, czynnością serca, układu naczyniowego, termoregulacją, układem pokarmowym, wydalinicznym, mięśniowym, gruczołami wydzielania zewnętrznego i wewnętrznego oraz funkcję receptorów [13,14].

Tak nakreślone hierarchiczno-systemowe funkcjonowanie narządów wewnętrznych występuje w ściślejszej, wzajemnie zwrotnej współzależności z procesami emocjonalnymi toczącymi się świadomości człowieka. Oznacza to, że wszelkie zmiany emocjonalne w znacznym stopniu rzutują na wiele funkcji życiowych takich jak częstotliwość pracy serca, oddechu, ciśnienie krwi, zapis EKG, EEG, EMG, stężenie tlenu i dwutlenku węgla we krwi itp.

Monitorowanie funkcji życiowych organizmu staje się, więc pośrednim wskaźnikiem emocji toczących się w świadomości, bez konieczności nawiązywania kontaktu werbalnego z człowiekiem [15, 16, 17]. Często daje również możliwość percypowania emocji, które pacjent chce ukryć, co zostało praktycznie zastosowane do budowy detektora kłamstwa.

## 2. CEL PRACY

Celem pracy było skorzystanie z przesłanek neurofizjologicznych i zaprojektowanie oraz zbudowanie urządzenia umożliwiającego:

- wielokanałową rejestrację przynajmniej kilku funkcji organizmu przy pomocy prostych czujników,
- przetwarzanie sygnałów analogowych w cyfrowe,

- wizualizacja, archiwizacja i kalibracja fizjogramów oraz tworzenie przedziałów normy,
  - stymulowanie wzroku pacjenta bodźcami świetlnymi poprzez zastosowanie specjalnych okularów wyposażonych w różnokolorowe diody LED,
  - podawanie dźwięków testowych lub sekwencji muzycznych,
- Zaprojektowany system diagnostyczno-terapeutyczny umożliwia:
- przeprowadzanie szerokopasmowych testów diagnostycznych, w wyniku których można określić bodźce drażniące, obojętne i sprawiające wyraźną przyjemność pacjentowi,
  - w oparciu o zestaw bodźców przyjemnych można prowadzić wielogodzinne audio-wizualne seanse relaksacyjno-edukacyjne
  - równoczesne z sekwencjami audio-wizualnymi prowadzenie magnetoterapii ośrodkowego układu nerwowego.

### 3. BUDOWA UKŁADU TERAPEUTYCZNEGO

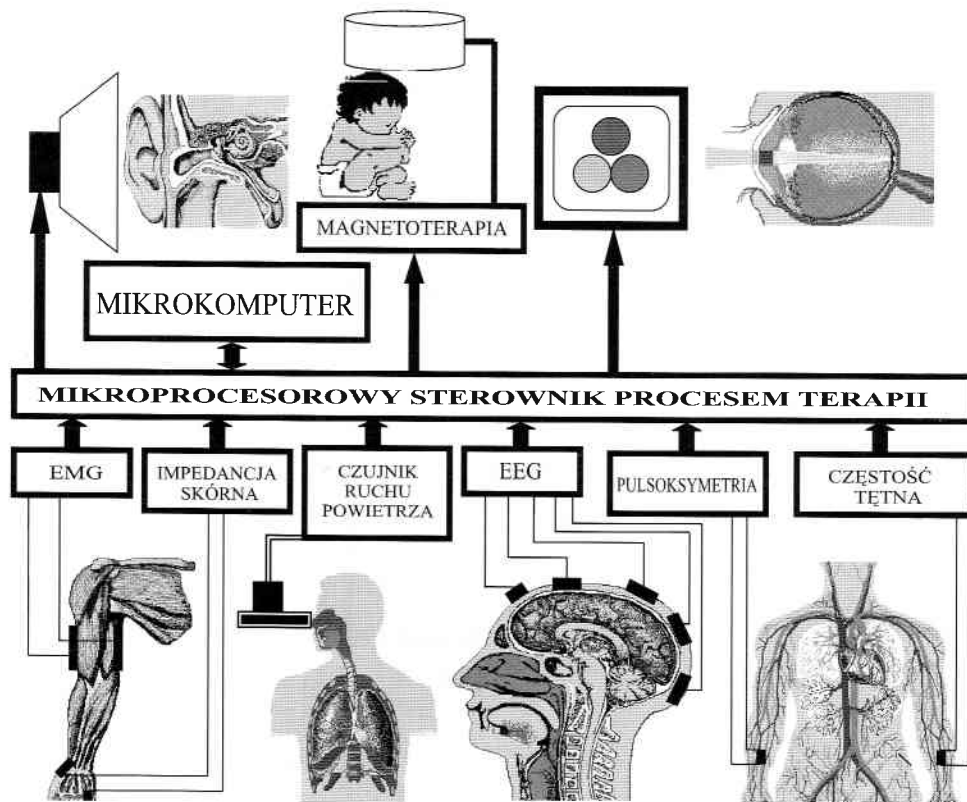
Układ terapeutyczny został zbudowany w oparciu o system mikroprocesorowy, którego głównym celem jest sterowanie wcześniej przygotowanym procesem terapeutycznym. Przygotowanie procesu terapeutycznego możliwe jest przy wykorzystaniu komputera klasy PC wyposażonego w złącze USB. Specjalny program przedstawiony na rysunku 4 umożliwia dokładne ustawienie bieżących parametrów procesu i odczyt danych biomedycznych z czujników, w które został wyposażony pacjent. Dane na bieżąco są przekazywane poprzez złącze USB do sterownika. Program umożliwia również przesłanie określonej sekwencji zmian parametrów terapeutycznych zapisanych w pliku utworzonym w programie Excel. Dzięki temu można określić zmiany poszczególnych parametrów w czasie, co pozwoli później na stworzenie wzorców terapeutycznych właściwych dla poszczególnych typów schorzeń. Układ sterujący pracą poszczególnych czujników i układów stymulujących jest zbudowany z dwóch mikroprocesorów jednocukładowych. Pierwszy mikroprocesor odpowiada za odczyt i konwersję danych ze wszystkich czujników.

Do jego zadań należy również sterowanie elektromagnesem, umożliwiającym uzyskanie pola magnetycznego o natężeniu zmie-

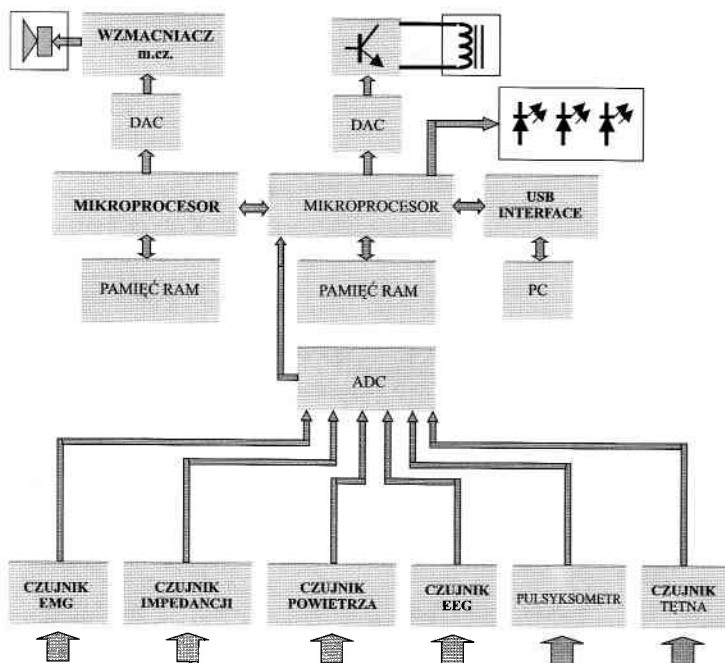
nianym w zakresie od 0-3 [mT]. Procesor steruje także pracą okularów wyposażonych w diody LED umożliwiające uzyskanie dowolnej barwy przez mieszanie trzech podstawowych kolorów. Drugi procesor wyposażony w przetwornik DA umożliwia wygenerowanie dowolnego dźwięku lub sekwencji dźwięków, które pacjent odbiera przez słuchawki. Po przesłaniu z komputera sekwencji terapeutycznej urządzenie ma możliwość pracy autonomicznej dzięki czemu sam komputer można wykorzystać do innych celów. Urządzenie zostało dodatkowo wyposażone w pulpit sterujący, z którego operator może wybrać jedną z kilku zapamiętanych sekwencji lub ustawić parametry pracy ręcznie. Pulpit umożliwia również sprawdzanie w czasie terapii parametrów biomedycznych pacjenta oraz może sygnalizować akustycznie nagłe zmiany stanu pacjenta sygnalizujące wpływ jakiegoś bodźca na jego zachowanie. Sterownik archiwizuje zmiany biomedyczne w trakcie terapii w celu ich późniejszej obróbki przy pomocy komputera. Dzięki tej możliwości można stworzyć najlepszy seans terapeutyczny dostosowany do indywidualnej charakterystyki leczonej osoby. Przeglądając zapis archiwalny można bardzo łatwo wyłapać miejsca, w których bieżący bodziec jest przez pacjenta ignorowany a także bodziec lub grupę bodźców, na które pacjent jest szczególnie przewrażliwiony. Tworząc kolejne charakterystyki czasowo bodźcowe można je zawęzić do tych miejsc, które mają jakiś wpływ na pacjenta. Na rysunku 2 przedstawiono schemat systemu diagnostyczno-terapeutycznego z podziałem na część diagnostyczną i stymulacyjną.

### 4. PODSUMOWANIE.

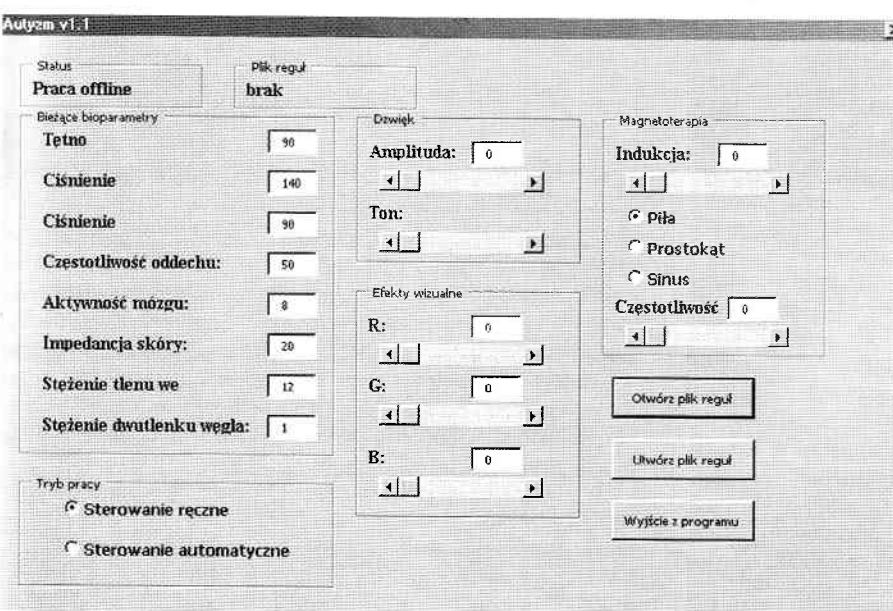
Biorąc pod uwagę rozwojowe możliwości prezentowanego urządzenia można powiedzieć, że może stać się ono bardzo istotnym narzędziem w ręku lekarza lub psychologa pracującego z osobą chorą na autyzm. Parametryzacja reakcji pacjenta na bodźce otwiera przed psychologiem możliwości tworzenia własnych bazy danych oraz pełnej dokumentacji klinicznej przebiegu leczenia. Z biegiem czasu takie bazy danych pozwolą na unifikację procesów leczenia wybranych przypadków klinicznych, uwzględniając rodzaj dolegliwości oraz stopień zaawansowania choroby.



Rys. 2. Schemat blokowy systemu



Rys. 3 Schemat blokowy systemu diagnostyczno-terapeutycznego



Rys 4. Program sterujący pracą systemu

**LITERATURA**

[1] Barker A., Jalinous R., Freeston I.: Non-invasive stimulation human motor cortex. *Lancet* 1985, 1, 1106  
 [2] Bestings E., Gage H., Greenberg J.: Co-registration of cortical magnetic stimulation and functional magnetic resonance imaging. *Neuro Raport* 1998, 9, 1941  
 [3] Chokroverty S. *Magnetic stimulation in clinical neurophysiology*. Butterw, Boston 1990.  
 [4] Cohen L., Celnik P., Pascual-Leone A.: Functional relevance of cross-modal plasticity in blinds human. *Nature* 1997, 389,180  
 [5] Cuffin B., Cohen D.: Comparison of the magnetoencephalogram and electroencephalogram. *Electroenceph Clin Neuro-*

*physiol* 1979, 47, 132  
 [6] De Leo R., Cerri G., Balducci D.: Computer modelling of brain cortex excitation by magnetic field pulses. *J. Med Eng Technol* 1992, 16, 149  
 [7] Dyszkiewicz A, Koprowski R, Wróbel Z. System wielokanałowej fotopletyzmozografii w diagnostyce zespołu wibracyjnego i niedoczynności tarczycy. *Mat Konf „TIM 99”*, Jaszowiec 18-20.11.99, 89-98  
 [8] Dyszkiewicz A, Dyszkiewicz U, Koprowski R, Wróbel Z. Psychometryczna analiza osobowości i uzdolnień w procedurze interaktywnego dialogu z komputerem. *Kong Med Edu*, 2000, 1-2, 209  
 [9] Dyszkiewicz A, Kucharz E,J. Reological parameters of extremity microcirculation and psychometric analyses in patients with subclinical and overt hypothyroidism. *The first Polish-Slovak Conference on Internal Medicine, Ustroń 2000*, 26-27.05  
 [10] Dyszkiewicz A, Kucharz E,J. Fotopletyzmo graficzna ocena mikrokrążenia u chorych na jawną lub utajoną nadczynność lub niedoczynność tarczycy. *Pol Arch Med Wewn* 2000, 1, 7, 345  
 [11] Dyszkiewicz A, Koprowski R, Wróbel Z. Procedura indywidualnego nadzoru spirometrycznego w poradni pulmonologicznej. *II Seminarium Naukowo-Techniczne, Nałęczów 1999*, 13-14.09  
 [12] Sadato N, Pascual-Leone A, Grafman J. Activation of the primary visual cortex by braille reading in blind subjects. *Nature*, 1996, 380, 526  
 [13] Seyal M, Ro T, Rafal R. Increased sensitivity to ipsilateral cutaneous stimuli following transcranial magnetic stimulation of the parietal lobe. *Ann Neurol* 1995, 38, 264  
 [14] Triggs W, Menkes D, Onorato J. Transcranial Magnetic stimulation identification upper motor neuron involvement in motor neuron disease. *Neurology*, 1996, 53,605  
 [15] Valls-Sole J, Pascual-Leone A, Wasserman E. Human motor evoked responses to paired transcranial magnetic stimuli. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 1992, 85, 355  
 [16] Terao Y, Fukuda H, Ugawa Y. Visualisation of the information flow through human oculomotor cortical regions by transcranial magnetic stimulation. *J Neurophysiol*, 1998, 80, 1740  
 [17] Wasserman E, Wang B, Zeffiro T. Locating the motor cortex on the MRI with transcranial magnetic stimulation and PET. *NeuroImage* 1996, 3, 1