

# **XV Krajowa Konferencja Automatyki**

## **Tom I**



**Redaktorzy:  
Zdzisław Bubnicki  
Roman Kulikowski  
Janusz Kacprzyk**

# XV Krajowa Konferencja Automatyki Tom I



Redaktorzy:  
Zdzisław BUBNICKI  
Roman KULIKOWSKI  
Janusz KACPRZYK

**ORGANIZATOR**

Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk  
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

**WSPÓŁORGANIZATORZY**

Politechnika Warszawska

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

Polskie Stowarzyszenie Pomiarów, Automatyki i Robotyki

## **ORGANIZATOR**

Komitet Automatyki i Robotyki Polskiej Akademii Nauk  
Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

## **WSPÓLORGANIZATORZY**

Politechnika Warszawska  
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów  
Polskie Stowarzyszenie Pomiarów, Automatyki i Robotyki

## **KOMITET PROGRAMOWY**

Przewodniczący  
Zastępca Przewodniczącego

Zdzisław BUBNICKI  
Roman KULIKOWSKI

## **CZŁONKOWIE**

Stanisław BAŃKA  
Mikołaj BUSŁOWICZ  
Ryszard GESSING  
Jakub GUTENBAUM  
Stanisław KACZANOWSKI  
Janusz KACPRZYK  
Józef KORBICZ  
Krzysztof KOZŁOWSKI  
Krzysztof KUŹMIŃSKI  
Krzysztof MALINOWSKI  
Antoni NIEDERLIŃSKI  
Tadeusz PUCHAŁKA  
Stanisław SKOCZOWSKI  
Jerzy ŚWIĄTEK  
Ryszard TADEUSIEWICZ  
Krzysztof TCHOŃ  
Jan WĘGLARZ

Michał BIAŁKO  
Władysław FINDEISEN  
Henryk GÓRECKI  
Jerzy JÓZEFczyk  
Tadeusz KACZOREK  
Jerzy KLAMKA  
Zbigniew KOWALSKI  
Juliusz L. KULIKOWSKI  
Kazimierz MALANOWSKI  
Wojciech MITKOWSKI  
Władysław PEŁCZEWSKI  
Leszek RUTKOWSKI  
Roman SŁOWIŃSKI  
Andrzej ŚWIERNIAK  
Piotr TATJIEWSKI  
Leszek TRYBUS  
Andrzej P. WIERZBICKI

## **KOMITET ORGANIZACYJNY**

Przewodniczący  
Zastępcy Przewodniczącego

Roman KULIKOWSKI  
Janusz KACPRZYK  
Stanisław KACZANOWSKI  
Tadeusz KACZOREK  
Krzysztof MALINOWSKI  
Roman OSTROWSKI  
Tadeusz PUCHAŁKA  
Dariusz WAGNER  
Jan STUDZIŃSKI  
Jan W. OWSIŃSKI

Członkowie

Sekretarze naukowci

**ISBN 83-89475-00-6**

Copyright © Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk  
All rights reserved

Druk: ARGRAF, Warszawa

# IDENTYFIKACJA I ROZPOZNAWANIE

## IDENTYFIKACJA OSÓB NA PODSTAWIE CECH TWARZY Z ASTOSOWANIEM LOGIKI ROZMYTEJ

Dominika GUTOWSKA\*, Longin STOLC\*\*

\* Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki  
ul. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk, e-mail: gutowska@ely.pg.gda.pl

\*\* Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki  
ul. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk, e-mail: lstolc@ely.pg.gda.pl

**Streszczenie:** Istnieje wiele metod identyfikacji twarzy na podstawie zdjęcia, które pomimo swoich licznych zalet charakteryzują się tym, że prawidłowa identyfikacja zależy od podobnego w stosunku do zdjęcia znajdującego się w bazie danych oświetlenia, pozycji czy miny identyfikowanej osoby. W artykule przedstawiono sposób na usunięcie ograniczeń istniejącego programu identyfikacyjnego Mug-Match Phantomas. Scharakteryzowano również założenia do metody pozwalającej na opracowanie algorytmów przetwarzających obraz 2D-3D-2D, dzięki którym możliwe jest przeszukanie posiadanej bazy danych. W artykule przedstawiono algorytm przeszukiwania bazy danych oparty o logikę rozmytą, w którym zaznaczane są punkty szczególnie określające położenie cech charakterystycznych.

**Słowa kluczowe:** Identyfikacja twarzy, logika rozmyta, cechy charakterystyczne, przetwarzanie obrazu.

### 1. WPROWADZENIE

Autoryzacja użytkownika może być przeprowadzona za pomocą różnych metod uwierzytelniania. Wśród tych metod wyróżniamy:

- metody oparte na wiedzy użytkownika, np. PIN-y i hasła (najbardziej zawodne),
- metody oparte na elektronicznych identyfikatorach, np. karty magnetyczne (metody również zawodne),
- metody biometryczne, które wykorzystują niepowtarzalność wybranych charakterystyk fizycznych użytkownika, jak również unikalność jego zachowań [1] (najbardziej niezawodne wśród wymienionych).

Metody biometryczne to zautomatyzowane metody identyfikacji osoby w oparciu o jego specyficzne właściwości. Mogą to być właściwości fizjologiczne, takie jak linie papilarne, kształt dłoni, cechy tęczówki, jak również mogą to być właściwości behawioralne, jak sposób pisania czy wypowiedzenia się. System identyfikacyjny, za pomocą różnych sposobów, „czyta” te właściwości (cechy), a następnie przetwarza je na reprezentację cyfrową. Kolejnym etapem jest porównanie uzyskanej reprezentacji cyfrowej użytkownika z przecho-

wanym biometrycznym „profilem”. Identyfikacja polega na porównaniu biometrycznych wzorców osoby z przechowywanym zbiorem wielu „profilów” oraz na znalezieniu najlepszego dopasowania [2].

Istnieją trzy główne funkcje oferowane przez systemy identyfikacyjne, są to:

- identyfikacja (rozpoznanie) – proces porównania jednego wzoru biometrycznego do wielu wzorów przechowywanych w bazie danych (1:M, ang. one-to-many),
- weryfikacja – proces, w trakcie którego system dokonuje porównania danego wzoru biometrycznego do wzoru przechowywanego w bazie danych dla konkretnego użytkownika (1:1, ang. one-to-one),
- autoryzacja – dowolna metoda potwierdzenia tożsamości użytkownika.

Najczęściej stosowane do identyfikacji nieznanego osoby cechy charakterystyczne to odciski palców, wzór tęczówki oka, geometria dłoni, barwa głosu, twarz, charakter pisma, kod DNA (rzadziej niż pozostałe).

### 2. PROCES IDENTYFIKACJI NA PODSTAWIE TWARZY

Identyfikacja osoby na podstawie twarzy jest sposobem najbardziej naturalnym. Potrafimy rozpoznawać i pamiętać setki, a nawet tysiące twarzy pomimo upływu czasu, oświetlenia czy kąta patrzenia na daną osobę. Proces identyfikacji na podstawie twarzy (zarówno w życiu codziennym jak i „cyfrowy”) zwykle przebiega w trzech etapach. Pierwszy etap to lokalizacja twarzy w obrazie, bądź też sekwencji obrazów wejściowych, kolejny etap to wyodrębnienie cech charakterystycznych, które nie zmieniają się w trakcie całego życia, oraz poddanie ich w sposób bardziej lub mniej automatyczny analizie. Etap trzeci to identyfikacja, która dokonywana jest na podstawie wyników uzyskanych w trakcie analizy cech charakterystycznych.

Proces identyfikacji zostaje zakończony powodzeniem, jeśli komputer po przeszukaniu bazy danych zawierającej zdjęcia porównawcze „znajdzie” twarz osoby poszukiwanej.

Istnieje wiele metod identyfikacji twarzy na podstawie zdjęcia, które pomimo swoich licznych zalet charakteryzują się tym, że prawidłowa identyfikacja zależy od podobnego (w stosunku do zdjęcia znajdującego się w bazie danych) oświetlenia, pozy czy miny identyfikowanej osoby. Wystarczy uśmiech, by system identyfikacyjny odrzucił osobę.

Program Mug Match – Phantomas jest profesjonalnym programem komputerowym, który umożliwia na podstawie zdjęcia osoby wyszukanie w bazie danych zdjęcia osoby poszukiwanej. Od 2000 roku programu tego do identyfikacji tożsamości przestępców używa pomorska Policja. Wystarczy, że użytkownik za pomocą komputera wyodrębni na zdjęciu osoby poszukiwanej punkty charakterystyczne, np. środki oczu oraz środek ust, które zostaną przez program przeanalizowane. Na podstawie wyników analizy przeszukana zostaje baza danych. W trakcie przeszukiwania program wybiera najbardziej podobne osoby, a po zakończeniu działania użytkownik zatwierdza identyfikację, bądź też nie. Pomimo przynoszących efektów działań opartych na programie Mug Match – Phantomas jest on obciążony wieloma ograniczeniami, do których należą: twarz jest fotografowana en face, fotografie badana i porównywane wykonane muszą być w zbliżonych warunkach (porównywalne aparaty, określona odległość oraz zbliżone oświetlenie obiektów). Opisany program nie pozwala porównać i szeregować podobieństw w przypadku dużej różnicy w kontraście zdjęć (kolor: czarno-białe, kopia kserograficzna itp.), fotografii wykonanych pod różnymi kątami oraz znacznych różnic w odległości wykonywanych zdjęć.

Do usunięcia powyższych ograniczeń opracowywana jest metoda wzbogacająca omawiany wyżej program identyfikacyjny. Poniżej zostaną krótko scharakteryzowane założenia do metody pozwalającej na opracowanie algorytmów przetwarzających obraz 2D-3D-2D.

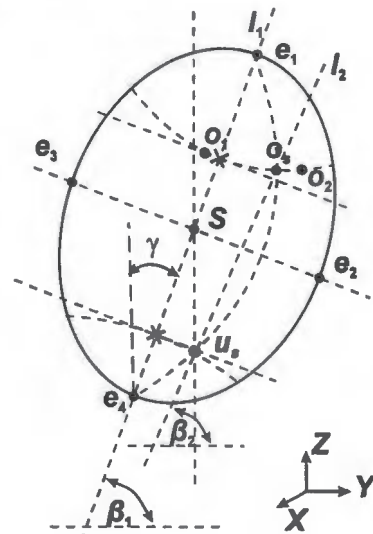
### 3. PRZETWARZANIE OBRAZU 2D-3D-2D

Pierwszym etapem jest przekształcenie obrazu twarzy do postaci fotografii en-face. Na fotografii występować mogą przekształcenia wynikające z (rys. 1):

- obrót względem osi poziomej głowy (kąt  $\alpha$ ),
- obrót obrazu w płaszczyźnie pionowej (kąt  $\gamma$ ),
- zmiana kąta nachylenia głowy (kąt  $\beta$ ).

Poprzez oznaczenie punktów charakterystycznych  $e_1$ - $e_4$  ( $e_2$  i  $e_3$  określają szerokość twarzy, natomiast  $e_1$  i  $e_4$  – „długość” twarzy) możliwe jest zbudowanie modelu przestrzennego głowy. Przyjęto za początkowe przybliżenie model w postaci elipsoidy obrotowej o średnicach określonych przez punkty  $e_1$ - $e_4$ . Dodatkowe punkty  $o_1$ ,  $o_2$ ,  $o_3$  (środki oczu oraz środek odległości pomiędzy nimi)  $u_3$  (środek ust) (rys. 1) oraz ich przeniesienie na elipsoidę pozwalają na oszacowanie kątów obrotów.

Kąt nachylenia głowy określa się jako różnicę kierunkowych prostych przechodzących przez punkty  $e_1$  i  $e_2$  (oś pionowa elipsoidy) oraz  $u_3$  i  $u_4$ .



Rys.1. Oznaczenie podstawowych punktów i kątów obrotu twarzy.

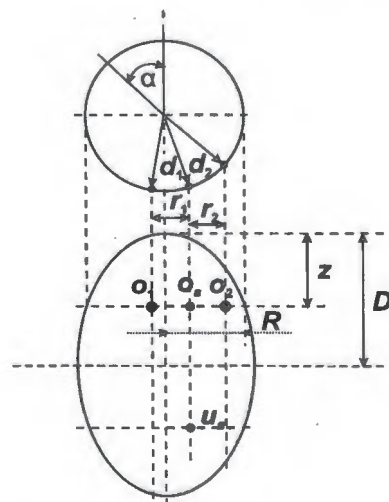
Obrotu elipsoidy dokonujemy względem podparcia głowy (punkt  $e_4$ ) o kąt  $\beta$ :

$$\beta = \beta_1 - \beta_2 \quad (1)$$

Następnie dokonuje się obrotu elipsoidy względem środka elipsoidy o kąt  $\gamma$  (kompensacja obrazu w płaszczyźnie pionowej), gdzie  $\gamma$  wynosi:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \beta_1 \quad (2)$$

Kolejnym etapem transformacji obrazu jest skompensowanie obrotu w płaszczyźnie poziomej o określony na rys.2 kąt  $\alpha$ .

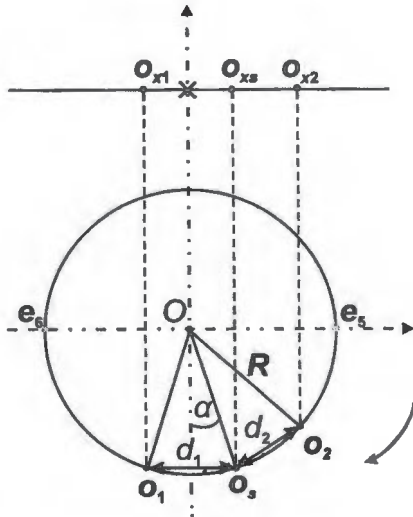


Rys.2. Szacowanie kąta  $\alpha$ .

Wykonywany jest rzut obrazu określonego na powierzchni obracanej elipsoidy na płaszczyznę znajdującą się za obracaną bryłą.

Rzuty obu środków oczu, oraz środka pomiędzy nimi zaznaczono na rys.3 jako  $x_1$ ,  $x_2$  oraz  $x_s$ . Z równania na elipsę wyznaczone zostaną punkty  $e_5$  oraz  $e_6$  oznaczające szerokość twarzy na wysokości oczu. Po wyznaczeniu obydwu punktów możemy łatwo wyznaczyć wzór na promień  $R$ :

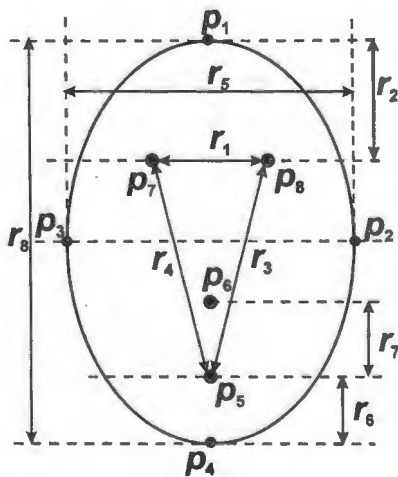
$$R = \frac{e_{5x} - e_{6x}}{2} \quad (3)$$



Rys.3. Rzut obrazu określonego na powierzchni obracanej elipsoidy na wysokości oczu na płaszczyznę znajdującą się za obracaną bryłą.

W celu uproszczenia obliczeń przyjmuje się, że połączone punkty  $1O_s$  oraz  $sO_2$  tworzą dwa trójkąty równoramienne o ramionach wyznaczonych przez Promień  $R$  i podstawach odpowiednio  $d_1$  oraz  $d_2$ . Mając wyznaczony promień  $R$  oraz punkty  $x_1$ ,  $x_2$  i  $x_s$  można łatwo wyznaczyć punkty  $y_1$ ,  $y_2$  i  $y_s$  (obliczenia te autorzy pozostawiają czytelnikowi). Jeżeli jest spełnione założenie  $d_1 = d_2$  wówczas możemy napisać:

$$(x_1 - x_s) + (y_1 - y_s)^2 = (x_s - x_2) + (y_s - y_2)^2 \quad (4)$$



Rys.4. Postać wynikowa twarzy.

Jeśli mamy dany punkt  $s$ , to po dokonaniu obrotu o kąt  $\alpha$   $s' = 0$  ( $s'$  - punkt  $s$  w nowym układzie współrzędnych), zaś w przypadku braku punktu  $s$ ,  $-x'_1 = x'_2$  (należy punkt  $s$  przesunąć o taki kąt  $\alpha$ , by punkt ten znalazł się w położeniu oznaczonym na rys.3 przez  $X$ ).

Po wykonaniu przedstawionych powyżej obrotów otrzymujemy postać wynikową (rys.4.).

Obraz utworzony zgodnie z podanymi powyżej zasadami dalej traktowany jest jako obiekt podlegający porównywaniu.

#### 4. ALGORYTM PRZESZUKIWANIA BAZY

W etapie identyfikacji rozpatrywany jest obraz powstały po transformacjach podanych w p.3.

Obecnie stosowane systemy porównania bazują głównie na porównaniu cech (wartości) przypisanych wybranemu obszarowi na twarzy. W przedstawionym w p.2 algorytmie punkty środków oczu i ust wyznaczają zakres siatki rastrowej (prostokąt)  $N \times M$ . Każdemu z poszczególnych podobszarów przypisuje się wartości  $q_{ij}$  wynikające z zapisu obrazu. Miarę podobieństwa najczęściej określa się współczynnikiem korelacji [4, 5]:

$$\alpha^{ro} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (q_{ij}^o - q^o)(q_{ij}^r - q^r)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (q_{ij}^o - q^o)^2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (q_{ij}^r - q^r)^2}} \quad (5)$$

Gdzie  $q_{ij}^o$  i  $q_{ij}^r$  wartości przypisane obszarom  $ij$  porównywanych obiektów,  $q^o$  i  $q^r$  wartości tła najczęściej średnie na badanych obszarach.

Metoda ta nie jest odporna na zmiany kontrastów obrazów. Autorzy proponują uzupełnienie istniejących metod w celu maksymalnego uniezależnienia się od kontrastu jak i od wymiarów porównywanych obiektów.

Na nowo powstałym obrazie (obroty p. 3) zaznaczane są punkty szczególne  $p_1 - p_n$ . Punkty te określają położenie cech niezmienniczych u osób dorosłych jak środki oczu, środek ust czy też mały zmienne u osób dorosłych jak np. wysokość czoła.

Niech dla obiektu  $\gamma$  w bazie danych porównywanych będą określone:

$$\forall \gamma \in \Gamma : p_1^\gamma, \dots, p_n^\gamma \quad (6)$$

oraz na ich podstawie rozmyte odległości pomiędzy punktami i ich ilorazy (4).

Dla odległości oraz ilorazów przyjmuje się trójkątne liczby rozmyte i określa:

$r_{i,j,m}^\gamma$ ,  $\Delta_{i,j,-}^\gamma$ ,  $\Delta_{i,j,+}^\gamma$  - wartość modalną, rozszerzenie lewo- i prawostronne,

$\mu_{i,j}^\gamma(r_{i,j}^\gamma)$  - funkcja przynależności ilorazu  $r_{i,j}^\gamma$ .

$$\forall_{\gamma \in \Gamma} : \begin{matrix} \tilde{r}_1^\gamma & \tilde{r}_2^\gamma & \tilde{r}_3^\gamma & \dots & \tilde{r}_k^\gamma \\ \tilde{r}_1^\gamma & 1 & \tilde{r}_{1,2}^\gamma & \tilde{r}_{1,3}^\gamma & \dots & \tilde{r}_{1,k}^\gamma \\ \tilde{r}_2^\gamma & & 1 & \tilde{r}_{2,3}^\gamma & \dots & \tilde{r}_{2,k}^\gamma \\ \tilde{r}_3^\gamma & & & 1 & \dots & \tilde{r}_{3,k}^\gamma \\ \vdots & & & & \ddots & \vdots \\ \tilde{r}_k^\gamma & & & & & 1 \end{matrix} \quad (7)$$

Niech będą określone zbiory  $\Lambda_l$ ,  $l=1, \dots, L$  zawierające indeksy ilorazów odległości w zależności od ich stałości. Ponadto przyjmijmy zbiór początkowy (zawierający całą bazę obiektów) z którego eliminowane będą obiekty odstające:

$$\Gamma_0 = \Gamma \quad (8)$$

Proces można przedstawić:

Dla  $l=0, \dots, L$

$$\exists_{\substack{i, j \in \Lambda_l \\ \gamma \in \Gamma_0}} : \mu_{i,j}^\gamma(r_{i,j}) = 0 \Rightarrow \Gamma_0 \leftarrow \Gamma_0 - \{\gamma\} \quad (9)$$

gdzie  $r_{i,j}$  - ilorazy odległości dla obiektu identyfikowanego.

W wyniku otrzymujemy zbiór zredukowany do podzbioru obiektów „podobnych”. Następnie określa się rozmyta miarę podobieństwa np. miarę multiplikatywną:

$$\forall_{\gamma \in \Gamma_0} : \lambda_\gamma = \prod_{l=1}^L \prod_{i,j} \mu_{i,j}^\gamma(r_{i,j}) \quad (10)$$

Po wyznaczeniu miar podobieństwa zbiór  $\Gamma_0$  jest sortowany według wartości tych miar.

## 5. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono jedynie zarys proponowanego podejścia do identyfikacji twarzy. Celem głównym jest osiągnięcie niezależności od cienia czy koloru zdjęcia.

W pracy przyjęto podobnie jak w [3], że niepewność zapisana jest rozmytych odległościach porównywanych obiektów, natomiast parametry porównywanego obrazu traktuje się jako zdeterminowane.

Redukcja zbioru zgodnie z (9) ma na celu eliminację obiektów znacznie odstających. Zredukowany i uporządkowany zbiór zgodnie z (10) podlega dalszemu porównaniu w miarach łączących dotychczasowe algorytmy z udziałem człowieka.

Pierwsze badanie zachowania się algorytmu wskazują na właściwy kierunek prac. Należy jednak dokładniej zbadać błędy wynikające z przyjmowanego elipsoidalnego modelu trójwymiarowego głowy. Obecnie bada się model bielipsoidalny bliższy kształtowi ludzkiej głowy. Innym zagadnieniem jest badanie różnych (rozmytych) miar podobieństwa (odległości obrazów) niż (10).

Ostatnim problemem jest określenie możliwie dużej liczby punktów niezmiennych czy mało zmiennych twarzy. Wzrost liczby porównywanych odległości (ilorazów uniezależniających algorytm od wymiaru obrazu) powoduje wzrost efektywności i dokładności porównania.

## PERSON'S IDENTIFICATION BASED ON FACIAL FEATURES USING FUZZY LOGIC

**Abstract:** Many methods of face identification based on face image are existing, which despite their numerous advantages are characterized with this, that the correct identification depends on similar in relation to image in database lighting, pose or the facial expression. In this paper the method to remove limitations existing identification program Mug-Match Phantomas is introduced. The assumptions of the method permissive on elaborate 2D-3D-2D of image processing algorithms, thanks which possible is searching the possessed database is also characterized. Database searching algorithm based on fuzzy logic is also introduced, in which the special points are marked describing location of characteristic features.

## Literatura

- [1] Gutowska D., Stolec L. (2004) Techniki identyfikacji osób z wykorzystaniem indywidualnych cech biometrycznych, *Zesz. Nauk. Wydz. E i A*, XVI.
- [2] Piegat A. (1999) *Modelowanie i sterowanie rozmyte*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa
- [3] Stolec L. (1998) Zastosowanie logiki rozmytej do identyfikacji składu pociągu w ruchu, *Zesz. Nauk. Pol. Śląskiej, Automatyka*, 125, 1391, 112-122.
- [4] Wildes R.P., Asmuth G.L., Hsu S.C., Kolczynski R.J., Matey J.R., McBride S.E. (1996) A machine-vision system for iris recognition. *Machine Applications*, 9.
- [5] Wildes R.P. (1997) Iris recognition: An emerging biometric technology, *Proceedings of the IEEE*, 85(9).





**Instytut Badań Systemowych  
Polskiej Akademii Nauk**

**ISBN 83-89475-02-2**