

This paper should be cited as : Michalski, R., Grobelny, J., & Jach, K. (2007). Wskaźniki aktywności wzrokowej w analizie przetwarzania przeduwagowego w procesach interakcyjnych. *Proceedings of the Conference: Interfejs użytkownika - Kansei w praktyce, Warszawa 2007* (pp. 66–75). Warsaw: Wydawnictwo PJWSTK.

Rafał Michalski, Jerzy Grobelny,  
Katarzyna Jach **Wskaźniki aktywności  
wzrokowej w analizie przetwarzania  
przeduwagowego w procesach  
interakcyjnych** Laboratorium  
Ergonomii Instytut Organizacji  
i Zarządzania Politechnika Wrocławska  
ul. Smoluchowskiego 25,  
50-372 Wrocław, tel. +48 71 348 50 50,  
<http://ergonomia.ioz.pwr.wroc.pl>

> Wprowadzenie

> Pojęcie przetwarzania przeduwagowego zostało wprowadzone w pracy Treisman (1982). Koncepcja preatentywizmu zakłada, że informacja wzrokowa jest odbierana w dwóch fazach. Pierwsza, realizowana niejako automatycznie i trwająca ułamki sekundy organizuje pole widzenia w pewne struktury (meta obiekty) na bazie podstawowych cech obrazu. Druga faza jest natomiast realizowana świadomie – przebieg procesów uwagowych zależy od strukturalizacji przeduwagowej. Faza druga jest w pewnym stopniu determinowana rezultatami pierwszej – przebieg procesów uwagowych zależy od strukturalizacji przeduwagowej. Ten fakt spowodował rozwój badań nad podstawowymi czynnikami (cechami) wywołującymi procesy preatentywne. Szczególnie intensywnie rozwinęły się

one w latach 80-tych ubiegłego wieku. Rozważane w eksperymentach cechy obrazu to przede wszystkim kolor, ruch, orientacja, kształt i wzór obserwowanych obiektów.

➤ Ostatnio Wolfe i Horowitz (2004) dokonali podziału badanych czynników na kategorie wyznaczając poziom prawdopodobieństwa ich działania przeduwagowego w oparciu o analizę literaturową badań eksperymentalnych. Badania Bichota et al. (2001, 2005)

pokazały natomiast, że mechanizm przeduwagowy ma bardzo prawdopodobne podłoże neurofizjologiczne. W eksperymencie z małpkami z rodziny makaków uzyskali sygnały aktywności elektrycznej obszarów kory mózgowej odpowiedzialnych za sterowanie gałką oczną, w trakcie realizacji zadania wyszukiwania kolorowych obiektów o określonym kształcie ze zbioru, zgodny z założeniami przetwarzania przeduwagowego. Pokazali wystąpienie wyraźnych dwóch faz aktywności w dwóch różnych warstwach neuronów, które najprawdopodobniej odpowiadały najpierw preatentywnemu przetworzeniu kolorów a później uwagowemu wyszukiwaniu kształtu.

- Procesy preatentywne mają niewątpliwie duże znaczenie w interakcji człowieka z komputerem. Niektóre z przewodników projektowania interfejsów odwołują się do dobrze znanych zasad psychologii Gestalt – na przykład prawa bliskości, podobieństwa, czy też ciągłości (Change et al., 2002). Zasady można uznać za wczesną koncepcję przetwarzania preatentywnego. Niewiele jednak prac o charakterze badawczym można znaleźć w systemach informacji naukowej z tej dziedziny.
- W tej pracy przedstawiono wyniki wstępnych eksperymentów dotyczących zastosowania badań eyetrackingowych, szczególnie wskaźników uzyskiwanych w tych badaniach, do identyfikacji własności przeduwagowych interfejsów graficznych. Badania były zainspirowane eksperymentami Bichota i in. (2001, 2005) oraz rezultatami badań nad efektywnością wyszukiwania obiektów metodą manipulacji bezpośredniej (Shneiderman, 1982, 1983) przedstawionymi w pracach Grobelny et al. (2005), Michalski et al. (2006) oraz Grobelny et al. (2006). W tej ostatniej pracy pokazano eksperymentalnie, że odpowiednio wyróżnione za pomocą koloru i jego przestrzennego rozmieszczenia (wzorca) elementy interfejsu są obsługiwane (wyszukane i wybrane kliknięciem myszy) sprawniej od takich samych elementów o jednakowej kolorystyce. Miernikiem sprawności były czas i ilość popełnianych błędów.

## ➤ 2. Cele badawcze

- Celem zaprojektowanych i omówionych tutaj eksperymentów była próba wyjaśnienia wpływu koloru i jego rozmieszczenia w interfejsach graficznych na charakterystykę poszukiwania wzrokowego wyrażoną wybranymi wskaźnikami liczbowymi, uzyskiwanymi z badania urządzeniem do śledzenia ruchu gałek ocznych (eye tracker).

## ➤ 3. Metoda

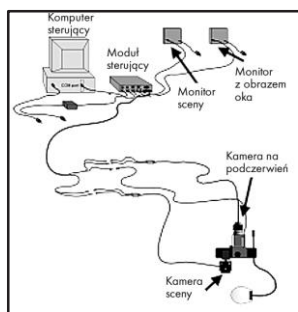
### ➤ 3.1. Uczestnicy

- W badaniu udział wzięło dziesięć osób w wieku 24–25 lat. Ze względu na błędy pomiarowe związane prawdopodobnie z niepoprawną konfiguracją systemu do śledzenia aktyw-

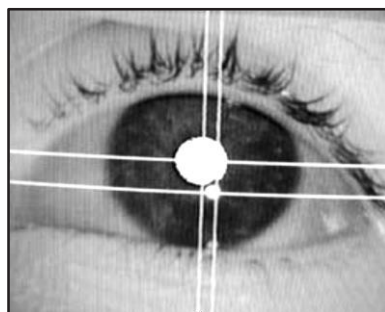
ności wzrokowej wyniki jednej osoby został wykluczone z dalszej analizy. Uczestnicy nie nosili okularów ani szkieł kontaktowych oraz nie zgłosili żadnej wady wzroku. Badani charakteryzowali się podstawową znajomością obsługi komputera i systemu operacyjnego z rodziny Windows oraz posiadali podstawową umiejętność obsługi przeglądarki internetowej. Osoby badane nigdy wcześniej nie brały udziału w tego rodzaju eksperymentach. Uczestnicy nie otrzymywali żadnego wynagrodzenia za udział w eksperymencie.

### > 3.2. Narzędzia badawcze

> Do przeprowadzenia badania posłużono się systemem ASL 6000 do śledzenia pracy wzroku człowieka, który znajduje się na wyposażeniu Instytutu Organizacji i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej. Częstotliwość próbkowania tego urządzenia wynosi 60 Hz, a dokładność pomiaru współrzędnych pozycji gałki ocznej 0,5 stopnia kąta widzenia. Schemat funkcjonalny systemu zaprezentowano na rys. 1. System monitoruje położenie gałek ocznych korzystając z dwóch kamer i odpowiedniego oprogramowania. Kamera sceny (rys.1) pokazuje, co widzi osoba badana. Kamera wykorzystująca promieniowanie podczerwone (rys.1) jest zamontowana na opasce i śledzi położenie oka. Program EyeTracker™, zainstalowany na komputerze sterującym, umożliwia rozpoznanie środka źrenicy oraz odbicia rogówkowego zwanego także pierwszym punktem Purkyniego. Wzajemna lokalizacja tych dwóch punktów służy określeniu kierunku patrzenia badanej osoby (rys.2). Obraz z obu kamer przekazywany jest na odpowiednie monitory. Komputer badawczy wyposażony był w aplikację GazeTracker™ rejestrującą zdarzenia systemowe oraz gromadzącą dane wysyłane przez komputer sterujący.



Rys. 1. Schemat systemu ASL do śledzenia ruchów oczu (ASL 2005)



Rys. 2. Widok oka w podczerwieni z wyróżnioną źrenicą i pierwszym punktem Purkyniego

> Systemie informatyczny GazeTracker™ został również wykorzystany do zarządzania, analizy i prezentacji graficznej zgromadzonych informacji podczas opracowywania uży-

skanych wyników. Komputer badawczy działał pod kontrolą środowiska systemu operacyjnego Windows XP Professional™. Ustawiono domyślne parametry myszy komputerowej wykorzystywanej podczas wykonywania eksperymentów.

### > 3.3. Zmienne niezależne

- > Manipulowano dwiema zmiennymi niezależnymi różnicującymi analizowane poziome struktury graficzne:
- > Kolor tła obiektu graficznego (KTO). Wykorzystano trzy różne kolory: czerwony (R), zielony (G) oraz niebieski (B). Elementy o określonym kolorze tła zostały zestawione w następujące pary: czerwono-niebieskie (RB), czerwono-zielone (RG) i zielono-niebieskie (GB).
- > Wzorec kolorystyczny panelu (WKP). Ta zmienna była analizowana na dwóch poziomach. Pierwszy wzorec nazwano uporządkowanym (OR) i był podobny w swojej strukturze do szachownicy. Drugi, nieuporządkowany (UO), charakteryzował się losowym rozmieszczeniem dwóch typów obiektów różniących się kolorem tła.

### > 3.4. Miary zależne

- > Zmienne zależne obejmowały czas wykonania zadania badawczego oraz charakterystyki aktywności wzrokowej uczestnika obejmujące: ilość fiksacji i zmienność kierunku wyszukiwania. Przyjęto założenie, że fiksacja występowała wówczas, gdy na obszarze (koło) o średnicy 40 pikseli, czas przebywania wzroku był dłuższy niż 0,2 sekundy oraz ilość zatrzymań wzroku (ang. gazepoints) była nie mniejsza niż trzy. Zmienność kierunku wyszukiwania określona została procentowo jako stosunek ilości tych par sakkad (wejściowych i wyjściowych), w których występowała zmiana kierunku po fiksacji (mierzona kątem większym od 90°) do ilości wszystkich par sakkad (dla wszystkich fiksacji oprócz pierwszej i ostatniej).

### > 3.5. Projekt eksperymentu

- > Uwzględnienie jednocześnie dwóch niezależnych czynników (KTO i WKP) daje w rezultacie sześć różnych paneli, które zostały poddane badaniu: (trzy KTO) × (dwa WKP). Zastosowano standardowy model eksperymentalny, w którym każda z osób uczestnicząca w eksperymentach testowała wszystkie sześć wariantów paneli graficznych (ang. within subjects design). Wszystkie analizowane panele składały się z 36 identycznych przycisków (rys. 3). Ikony umieszczone na tych obiektach reprezentowały 26 liter łacińskiego alfabetu i dziesięć liczb arabskich. Zastosowano pogrubioną czcionkę typu Times New Roman o wielkości 12 punktów. Posłużono się liczbami od 1 do 10 w celu uniknięcia po-

tencjalnych pomyłek pomiędzy literą O a cyfrą zero. Kwadratowe standardowe przyciski używane w systemach operacyjnych Microsoft®, wchodzące w skład badanych paneli były wielkości 330 TWIP-sów (22 pikseli, 6 milimetrów, 0°41' w jednostkach kątowych).

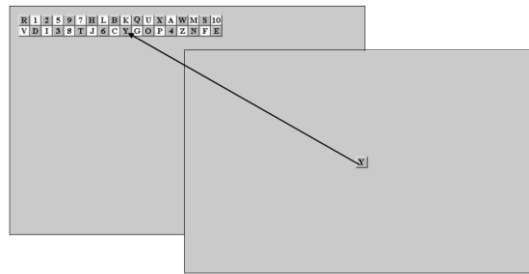
M	I	K	A	O	H	W	9	B	R	4	J	6	10	Q	G	Y	C
2	D	8	E	F	T	L	N	X	S	U	V	Z	1	3	5	7	P
A	6	7	9	H	T	10	4	J	2	U	B	S	3	L	D	W	N
V	G	Y	I	F	Q	X	K	E	P	R	1	O	Z	M	5	8	C
R	1	2	5	9	7	H	L	B	K	Q	U	X	A	W	M	S	10
V	D	I	3	8	T	J	6	C	Y	G	O	P	4	Z	N	F	E

Rys. 3. Przykłady badanych paneli.

- Badane układy zostały umieszczone w lewym górnym rogu ekranu monitora w odległości 270 TWIP-sów od krawędzi obrazu w celu zminimalizowania efektu łatwiejszego wyboru ikon znajdujących się przy krawędzi ekranu. Ta odległość jest równa wysokości górnego paska tytułowego używanego zazwyczaj w większości okien dialogowych systemów operacyjnych Microsoft®. Badana struktura graficzna była widoczna wyłącznie podczas procesu wyszukiwania wzrokowego. Wpływ uczenia się nie był analizowany w przedstawionych badaniach. Zadania wskazania odpowiedniego obiektu graficznego wykonywano za pomocą standardowej myszy komputerowej. Odległość pomiędzy użytkownikiem a monitorem komputera wynosiła około 50 cm. Wielkość całych paneli w kątach widzenia wynosiła 12.9° × 1.4°.

### ➤ 3.6. Procedura badawcza

- Badani byli informowani o celu i dokładnym zakresie badania. Po uzyskaniu zgody na uczestnictwo w badaniach, wypełniano ankietę dotyczącą danych osobowych i znajomości obsługi komputera. Następnie, dopasowywano stanowisko do indywidualnych cech antropometrycznych i fizjologicznych użytkownika oraz przeprowadzano niezbędną kalibrację systemu śledzenia aktywności wzrokowej. W celu zaznajomienia uczestnika ze sposobem przeprowadzenia eksperymentu użytkownik proszony był o wykonanie zadań testowych, po czym następowało zasadnicze badanie. Zadanie rozpoczynało się od pokazania pustego slajdu wyświetlanego przez dwie sekundy. Dalej pokazywał się obraz zawierający jeden z losowo wybranych elementów składowych badanych paneli. Po kliknięciu na ten obiekt pokazywała się plansza z jednym z sześciu wariantów struktur graficznych. Zadaniem uczestnika eksperymentu było odnalezienie i wskazanie poprzez kliknięcie lewym klawiszem myszy obiektu który został wcześniej zaprezentowany.



Rys. 4. Symulacja przykładowego zadania badawczego.

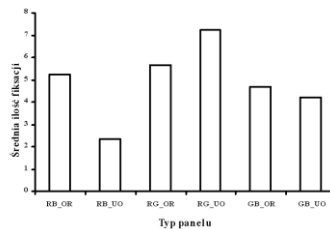
➤ Procedura ta (rys. 4) powtarzała się dla każdego badanego wariantu struktur graficznych. Kolejność pojawiania się poszczególnych układów była ustalana w sposób losowy. Również rozmieszczenie obiektów w ramach panelu było określane przypadkowo. Czas wykonania badania dla jednej osoby wraz z przygotowaniem systemu i jego kalibracją wynosił około 20 minut.

#### ➤ 4. Wyniki

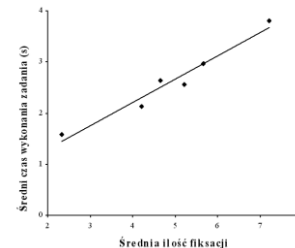
➤ Badani wykonali w sumie 60 wskazań losowo wybranych obiektów graficznych z testowanych układów (10 osób po sześć wskazań), natomiast do analizy wybrano wyniki uzyskane przez dziewięciu użytkowników. Ogólne zestawienie uzyskanych rezultatów zamieszczono w tablicy 1 oraz na rys. 6 i 7. Analizę regresyjną zmiennych zależnych (średnia ilość fiksacji i średni czas wykonania zadania) przedstawia rys. 5.

Nr	Typ panelu	Średnia ilość fiksacji	Średni czas wykonania zadania (s)
1	RB_OR	5,22	2,56
2	RB_UO	2,33	1,57
3	RG_OR	5,67	2,96
4	RG_UO	7,22	3,80
5	GB_OR	4,67	2,64
6	GB_UO	4,22	2,12

Tablica 1. Średnie czasy obsługi paneli oraz średnie fiksacji dla poszczególnych wariantów.

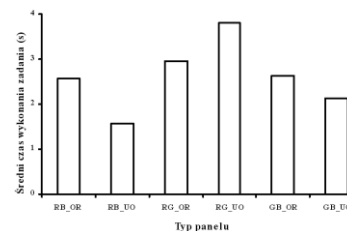


Rys. 6. Średnia ilość fiksacji w zależności od rodzaju panelu



Rys. 5. Analiza regresyjna dla średniej ilości fiksacji i średniego czasu wykonania zadania.

$$\text{Równanie regresji } y = 0,455x + 0,383; R^2 = 95,7\%$$



Rys. 7. Średni czas wykonania zadania w zależności od rodzaju panelu

- W celu weryfikacji istotności różnic pomiędzy średnimi czasami obsługi poszczególnych wariantów układów posłużono się dwuczynnikową analizą wariancji w ramach uogólnionych modeli liniowych (Nelder i Wedderburn 1972, ang. generalized linear models, GZLM), przyjmując założenie, że zmienna zależna pochodzi z rozkładu odwrotnie normalnego (ang. inverse Gaussian IG). Założenie to wynika z rezultatów badań opisanych w pracy Michalski (2005), gdzie pokazano, że hipoteza o odwrotnie normalnym charakterze empirycznych rozkładów czasów wyborów w podobnych zadaniach nie może zostać odrzucona. Wyniki tej analizy przedstawiono w tablicy 2.

Czynnik	Stopnie swobody	Statystyka Walda (W)	Prawdopodobieństwo
Kolor tła obiektu graficznego (KTO)	2	11,4	0,0033
Wzorzec kolorystyczny panelu (WKP)	1	1,56	0,211
Interakcja KTO × WKP	2	5,86	0,053

Tablica 2. Wyniki analizy wariancji GLZM dla czasów obsługi poszczególnych paneli.

- Z rezultatów analizy wariancji GLZM dla czasów wyszukiwania dla badanych struktur graficznych wynika, że czynnik KTO istotnie różnicował zmienną zależną, wzorzec kolorystyczny nie był statystycznie znaczący, a interakcja KTO × WKP nieznacznie przekroczył poziom istotności  $\alpha = 0,05$ . Najszybciej obsługiwano układy RB, natomiast najdłuższe średnie czasy zarejestrowano dla paneli czerwono-zielonych. Średnie czasy uzyskane podczas badań eksperymentalnych czynników KTO i WKP przedstawiono w tablicach 3 i 4, natomiast przeciętne wartości związane z interakcją KTO × WKP znajdują się w tablicy 1.

Poziom czynnika	N	Średni czas (s)	Błąd standardowy
GB	18	2,38	0,234
RB	18	2,07	0,246
RG	18	3,38	0,579

Tablica 3. Statystyka opisowa uzyskanych czasów obsługi dla czynnika KTO (st. sw. = 1; W = 11,4; p = 0,0033).

Poziom czynnika	N	Średni czas (s)	Błąd
UO	27	2,50	0,350
OR	27	2,72	0,312

Tablica 4. Statystyka opisowa uzyskanych czasów obsługi dla czynnika WKP (st. sw. = 2; W = 1,56; p = 0,211).

- Wyniki standardowej dwuczynnikowej analizy wariancji procentowych zmian kierunku poszukiwania w odniesieniu do przyjętych zmiennych niezależnych pokazane są w tablicy 5.

Czynnik	Stopnie swobody	Statystyka Fishera (F)	Prawdopodobieństwo
Kolor tła obiektu graficznego (KTO)	2	5,36	0,00791
Wzorzec kolorystyczny panelu (WKP)	1	0,048	0,827
Interakcja KTO × WKP	2	2,35	0,107

Tablica 5. Wyniki standardowej analizy wariancji dla procentowej zmiany kierunku poszukiwania.



➤ Uzyskane wyniki wykazały istotny wpływ koloru tła obiektu graficznego na średnie procentowe zmiany kierunku poszukiwania wzrokowego. Uzyskane średnie wartości procentowe przedstawione w tabelicy 6 pokazują, że najmniejsze zmiany kierunku zarejestrowano dla układów czerwono-niebieskich. Zdecydowanie największe zmiany kierunków zanotowano dla układów czerwono-zielonych. Wzorzec kolorystyczny panelu okazał się efektem statystycznie nieistotnym, natomiast interakcja KTO × WKP nieznacznie przekroczyła poziom istotności  $\alpha = 0,1$ . Spośród wszystkich badanych paneli, wariant RB\_UO charakteryzował się najmniejszą zmiennością kierunków wyszukiwania (tablica 7), a największe wartości zarejestrowano dla nieuporządkowanych układów z czerwono-zielonymi obiektami.

Poziom czynnika	Średnia zmiana kierunku (%)	Błąd standardowy
GB	14,4	6,53
RB	9,92	6,14
RG	42,4	9,98

Tablica 6. Dane procentowej zmiany kierunku w zależności od czynnika KTO (st. sw. = 1; F = 5,36; p = 0,00791).

Poziom czynnika	Średnia zmiana kierunku (%)	Błąd standardowy
RB_OR	19,8	11,7
RB_UO	0	0
RG_OR	29,2	12,5
RG_UO	55,7	14,9
GB_OR	14,8	7,6
GB_UO	13,9	11,1
OR	27	2,72

Tablica 7. Dane procentowej zmiany kierunku w zależności od interakcji KTO × WKP (st. sw. = 2; F = 2,35; p = 0,107).

## ➤ 5. Dyskusja

➤ Przedstawione rezultaty badań pokazały, że średnio obsługa układów nieuporządkowanych była szybsza niż paneli o wzorcu uporządkowanym (tablica 4), ale różnica okazała się nieistotna statystycznie. Czynnikiem znacząco różnicującym średnie czasy przeszukiwania struktur graficznych okazało się tło elementów badanych paneli. Podobny rezultat uzyskano w badaniach przeprowadzonych przez Michalskiego i Grobelnego (2007). Dalsza część analizy wykazała bardzo wysoką korelację ilości zarejestrowanych przez system eyetrackingowy fiksacji z czasem obsługi danego panelu. Dodatkowo przeprowadzona analiza wariancji ilości fiksacji w zależności od KTO i WKP nie została zademonstrowana w tej pracy ze względu na bardzo zbliżone wyniki uzyskane dla czasów obsługi wynikające z wysokiej zależności tych zmiennych. Zaprezentowane wyniki analizy wariancji dla procentowej zmiany kierunków przeszukiwania badanych struktur pokazały, że zestawienia kolorystyczne znacząco wpływają na tę zmienną. Najmniej zmian odnotowano w trakcie wykonywania zadań eksperymentalnych obejmujących układy czerwono-niebieskie, czyli kolory znajdujące się na skrajnych pozycjach w widmie świetlnym.

# 73

➤ Przetawione w tej pracy wyniki badań należy traktować z ostrożnością ze względu na stosunkowo niewielką próbę. Na uzyskane rezultaty wpływ mogły mieć ponadto czyn-

niki związane z samym przeprowadzeniem eksperymentów, czyli sztuczne środowisko laboratoryjne, unieruchomienie postawy ciała oraz obecność kamer przymocowanych do głowy. Trudno również uogólniać uzyskane wyniki ze względu na wykorzystanie wyłącznie trzech podstawowych kolorów zestawionych parami. Nie jest jasne czy przy innych barwach lub jednoczesnej analizie ich większej liczby uzyskano by podobne wyniki. Te zagadnienia powinny zostać podjęte w kolejnych badaniach. Interesującym wydaje się rozstrzygnięcie jak będą wyglądały charakterystyki pracy wzrokowej przy przeszukiwaniu paneli o innych niż zbadane konfiguracjach i wielkościach.

➤ Oprócz badań o charakterze wyrażnie podstawowym, dalsze analizy powinny również objąć ikony występujące w rzeczywistych systemach informatycznych czy też powszechnie spotykane w serwisach internetowych. Ciekawą kwestią może także okazać się analiza innych niż opisane w tej pracy mierników pracy wzroku.

## ➤ 6. Podsumowanie

➤ Przetwarzanie informacji wzrokowej ma niebagatelne znaczenie w wielu dziedzinach włączając w to oczywiście zagadnienia ściśle związane z różnorodnymi procesami interakcyjnymi. Badania podstawowe w tym obszarze z zastosowaniem okulografii, uwzględniające przetwarzanie przeduwagowe z pewnością przyczynią się do lepszego poznania zachowania się człowieka w dialogu z maszyną cyfrową. W konsekwencji umożliwi to w przyszłości projektowanie lepszych, z punktu widzenia dostosowania do możliwości i potrzeb użytkownika, interfejsów komputerowych.

## ➤ Literatura

- Applied Science Laboratories (ASL), 2005, Eye Tracking System Instructions. ASL Eye-Trac 6000 Head Mounted Optics, ASL.
- Bichot, N.P., Rao, S.C., Schall, J.D., 2001, Continuous processing in macaque frontal cortex during visual search. *Neuropsychologia*, 39, 972–982.
- Bichot, N.P., Rossi, A.F., Desimone, R., 2005, Parallel and serial neural mechanisms for visual search in macaque area V4. *Science*, 308, 529–534.
- Change, D., Dooley, L., Tuovinen, J., 2002, Gestalt theory in visual screen design. A new look at an old subject. In *Proceedings of the seventh world conference on computers in education* (New York: ACM), 5–12.
- Grobelny, J., Karwowski, W., Drury, C., 2005, Usability of Graphical icons in the design of human-computer interfaces. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 18, 167–182.
- Grobelny, J., Michalski, R., Zawadzka, A., 2006, The preattentive visual information processing in the work with computer interfaces, [w:] *The role of education and researches in ergonomics and work-safety in health care of*

population, Proceedings of the XXnd International Seminar of Ergonomics Teachers, Międzyzdroje, L.M. Pacholski, J.S. Marcinkowski, W.M. Horst Poznań (Eds.), Poznań: Institute of Management Engineering, Poznan University of Technology, s. 59-65.

- Michalski, R., 2005, Komputerowe wspomaganie badań jakości ergonomicznej oprogramowania, praca doktorska, Politechnika Wroclawska.
- Michalski, R., Grobelny, J., Karwowski, W., 2006, The effects of graphical interface design characteristics on human-computer interaction task efficiency. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 959-977.
- Michalski, R., Grobelny, J., 2007, The role of preattentive visual information processing in human-computer interaction task efficiency: a preliminary study, wysłano do *International Journal of Industrial Ergonomics*.
- Nelder, J.A., Wedderburn, R.W.M., 1972, Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society A*, 135, 370-384.
- Shneiderman, B., 1982, The future of interactive systems and the emergence of direct manipulation. *Behaviour and Information Technology*, 1, 237-256.
- Shneiderman, B., 1983, Direct manipulation. A step beyond programming languages. *IEE Computer*, 16, 57-69.
- Treisman, A., 1982, Perceptual grouping and attention in visual search for features and for objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 194-214.
- Wolfe, J.M., Horowitz, T.S., 2004, What attributes guide the deployment of visual attention and how do they do it? *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 495-501.

