

Roman BARCZYK¹, Danuta JASIŃSKA-CHOROMAŃSKA¹, Błażej KABZIŃSKI¹, Agnieszka STIENSS²

¹ POLITECHNIKA WARSZAWSKA, INSTYTUT MIKROMECHANIKI I FOTONIKI, ul. Św. A. Boboli 8, 02-525 Warszawa

² INSTYTUT EDUKACJI INTERAKTYWNEJ ESTAKADA.PL, ul. Grzybowska 80/82, 00-844 Warszawa

Projekt stanowiska badawczego do pomiarów pionowych i poziomych kątów widzenia monitorów LCD

Mgr inż. Roman BARCZYK

Ukończył studia na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej w 2004 r. po czym został doktorantem a następnie asystentem na tym wydziale. Pracuje w Instytucie Mikromechaniki i Fotoniki PW, gdzie prowadzi zajęcia m.in. z przedmiotu Urządzenia Multimedialne.



e-mail: R.Barczyk@mchtr.pw.edu.pl

Mgr inż. Błażej KABZIŃSKI

Ukończył studia na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej w 2002. Od 2004 roku jest doktorantem na tym samym Wydziale. Zajmuje się tematyką związaną z komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi, ze szczególnym uwzględnieniem urządzeń do obrazowania.



e-mail: b.kabzinski@mchtr.pw.edu.pl

Prof. nzw. dr hab. inż.
Danuta JASIŃSKA-CHOROMAŃSKA

Ukończyła studia na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej PW (obecnie Wydział Mechatroniki) w 1975. W 1983 uzyskała stopień doktora (na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej PW), a w 2001 stopień doktora habilitowanego. Jest autorką i współautorką ponad 120 prac naukowych, w tym autorką 2 monografii z zakresu projektowania mechatronicznych urządzeń pomiarowych i rehabilitacyjnych w oparciu o modelowanie i symulację komputerową.



e-mail: danuta@mchtr.pw.edu.pl

Mgr inż. Agnieszka STIENSS

Absolwentka Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej, specjalność Techniki Multimedialne. Podczas pisania pracy dyplomowej stworzyła stanowisko pomiarowe umożliwiające badanie parametrów monitorów posiadających matryce ciekłokrystaliczne. Obecnie, w celu połączenia swoich zainteresowań z wiedzą zdobytą na studiach, uczęszcza na studia podyplomowe na kierunku Reklama i Marketing. Obecnie pracuje w Instytucie Edukacji Interaktywnej Estakada.pl



e-mail: a.stienss@gmail.com

Streszczenie

W artykule przedstawiono projekt oraz realizację stanowiska pomiarowego służącego do pomiarów kątów patrzenia monitorów LCD. Przedstawione zostały założenia, które przyjęto na etapie projektu, zgodność z normami ISO oraz przykładowe wyniki pomiarów. Przedstawione wyniki pomiarów pokazują, że zmierzona wartość kąta patrzenia może się znacznie różnić od wartości podawanej przez producenta monitora.

Słowa kluczowe: monitor LCD, kąt widzenia, stanowisko pomiarowe, luminancja.

Project of the research stand for measuring horizontal and vertical viewing angles of LCD displays

Abstract

The paper deals with project and realization of a laboratory stand for measuring viewing angles of LCD displays. There is a need to build such stands in order to check whether the parameters of displays reflect the ones provided by their producers. The ISO norms guidelines as regards tests of displays (ISO 9241-303:2008 „Ergonomics of human-system interaction - Part 303: Requirements for electronic visual displays” and ISO 9241-305:2008 „Ergonomics of human-system interaction - Part 305: Optical laboratory test methods for electronic visual displays”) were used to make sure that the results of such research were reliable. The stand together with additional accessories (spectrophotometer and measuring probes) as well as software allow measuring a wide range of parameters (colour gamut, response time, contrast coefficient and its irregularity, luminance of black colour and its irregularity, luminance of white colour and its irregularity, changes of luminance depending on the viewing angle). In this paper there is described the stand construction as well as the method for measuring the luminance change depending on the viewing angles, which is one of the most important parameters in the situation when there are several people looking at a certain screen. The presented measurement results also show differences between particular pieces of the same model of a display screen (investigations were performed on 5 pieces of the same model of a display). The presented results show that the measured value of the viewing angle may significantly differ from the value provided by producers of displays.

Keywords: LCD displays, viewing angle, measuring stand, luminance.

1. Wprowadzenie

1.1. Zasadność tworzenia niezależnych metod pomiarowych

Teoretycznie wszystkie modele monitorów LCD wydają się mieć parametry pozwalające na używanie ich w każdej dziedzinie. Zgodnie z zapewnieniami producentów posiadają szerokie kąty widzenia, często przekraczające wartość 160 stopni, współczynnik kontrastowości co najmniej 500:1, wyświetlanie 16 milionów kolorów, a różnica między parametrami poszczególnych modeli często wydaje się być niezauważalna – przeciętne ludzkie oko, nie wyposażone w żadne dodatkowe urządzenia, nie jest w stanie rozróżnić 160 stopni kąta widzenia w matrycy TN+Film i 170 stopni kąta widzenia w matrycy PVA, MVA lub IPS.

Jak pokazuje doświadczenie, teoria i praktyka różnią się od siebie. Jeśli umieścimy dwa monitory z różnymi matrycami obok siebie – to różnice w jakości wyświetlania obrazu zauważy każdy użytkownik. Niejednokrotnie może okazać się również, że umieszczone obok siebie dwa monitory o takich samych specyfikacjach, ale wyprodukowane przez różnych producentów, będą znacznie różniły się między sobą odwzorowaniem kolorów lub kontrastami.

Pomiary parametrów w przeważającej większości przeprowadzane są przez producentów matryc a nie, jak powszechnie się uważa, producentów monitorów. Podczas takich pomiarów matryce umieszczane są na specjalnych platformach, na których podłącza się je do sygnału testowego. Lampy podświetlające są zasilane prądem elektrycznym o ściśle określonej wartości. W gotowym monitorze jednak, elektronika różni się bardzo od generatora sygnału stosowanego w laboratorium, umożliwia użytkownikowi zmienianie niektórych z jej ustawień, takich, jak jasność, kontrast, temperaturę kolorów. Parametry matrycy w gotowym monitorze zmieniają się więc w inny sposób, niż parametry matrycy podczas testów. Jeśli zatem dwie takie same matryce zostaną zamontowane w różnych monitorach, będą one w większości przypadków wyświetlały ten sam obraz w inny sposób.

1.2. Kąt widzenia a zmiany luminancji w zależności od kąta patrzenia

Zgodnie z obecnie przyjętymi standardami, maksymalny kąt widzenia określany jest dla obrazu, którego współczynnik kontrastowości w centralnym punkcie matrycy spada do wartości równej 10:1. Kąt patrzenia, pod którym obraz jest już nie do przyjęcia, określa kąt graniczny.

Jednak obraz staje się zniekształcony już przy kilkukrotnym spadku kontrastu, np. do wartości 100:1, więc spadek jakości obrazu występuje już przy znacznie mniejszych kątach patrzenia. Co więcej, niektórzy producenci przyjęli graniczny współczynnik kontrastowości równy 5:1, co pozwala zwiększyć teoretyczną wartość maksymalnego kąta widzenia o około 20 stopni.

2. Metoda badawcza

2.1. Zastosowana metoda pomiaru

W celu uzyskania informacji na temat zmian, jakie zachodzą w postrzeganym obrazie podczas przemieszczania się użytkownika względem powierzchni monitora, zostało opracowane stanowisko badawcze. Pomiar kąta widzenia oparty jest na pomiarze współczynnika kontrastowości:

$$CR = \frac{L_{\max}}{L_{\min}}, \quad (1)$$

gdzie: L_{\max} – maksymalna luminancja punktu ekranu, L_{\min} – minimalna luminancja punktu ekranu.

2.2. Zgodność stanowiska z normami ISO

W celu odniesienia wyników pomiarów do wartości podawanych przez producentów, przyjęto następujące założenia zgodnie z obowiązującymi normami ISO:

- Optymalna odległość obserwacji ekranu wynika z możliwości percepcyjnych użytkownika. Zgodnie z normą ISO 9241-303:2008 [1] oczy obserwatora powinny znajdować się w odległości od 300 mm do 750 mm od punktu centralnego ekranu. Obserwując monitor z tej właśnie odległości, przeciętny użytkownik nie będzie miał problemów z rozróżnieniem szczegółów wyświetlanego obrazu.
- Zgodnie z normą ISO 9241-305:2008 [2]:
 - badany monitor został odizolowany od zewnętrznych źródeł światła,
 - urządzenie pomiarowe ustawiane jest prostopadle do osi monitora przechodzącej przez środek matrycy LCD, pomiary wykonywane są co maksimum 10°,
 - na monitorze wyświetlana jest plansza o 100% wartości bieli,
 - po przeprowadzeniu pomiarów obliczana jest nierównomierność luminancji punktów pomiarowych wg wzoru:

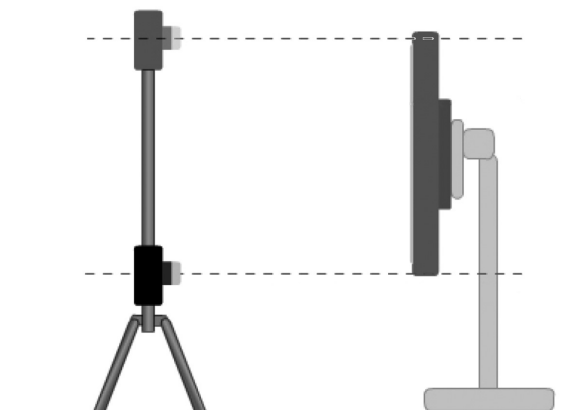
$$\text{nierównomierność} = \frac{L_{\min}}{L_{\max}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

2.3. Stanowisko badawcze

Do pomiarów luminancji matrycy LCD wykorzystano wysokiej klasy cyfrowy aparat fotograficzny.

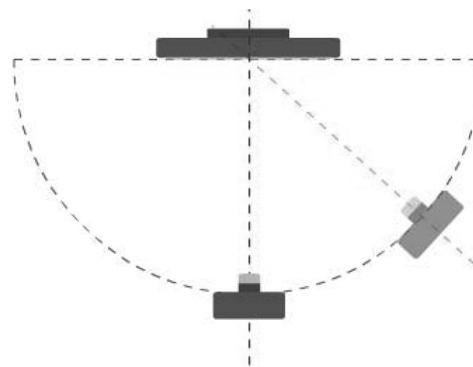
Przy budowie stanowiska przyjęto następujące założenia:

- aparat fotograficzny mocowany jest na statywie, który zapewnia zmianę wysokości położenia aparatu w zakresie od dolnej do górnej krawędzi matrycy monitora;



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe - schemat
Fig. 1. Measuring stand – schematic diagram

- aparat ze statywem mają możliwość wykonania ruchu względem monitora po okręgu w zakresie $\pm 90^\circ$ od ustawienia prostopadłego do matrycy. Ruch ten realizowany jest ręcznie;



Rys. 2. Stanowisko pomiarowe – zakres badanych kątów
Fig. 2. Measuring stand – range of measured angles

- aparat ustawiony jest w trybie w pełni manualnym;
- stanowisko posiada uchwyt, w którym można zamocować obrócony monitor (w przypadku pomiaru pionowego kąta patrzenia) dla monitorów nie posiadających funkcji pivot.

Aparat fotograficzny, zgodnie z założeniami umiejscowiony jest na statywie, który umożliwia zmianę jego położenia w osi pionowej. Całość znajduje się na podstawie umożliwiającej przesuw aparatu na ramieniu o maksymalnej długości równej 750 mm. Odległość, z jakiej rejestrowane są zmiany luminancji może być regulowana w przedziale 400 – 750 mm.

Monitor, mocowany na ramieniu, ma możliwość obrotu o 90 stopni, co umożliwi badanie go również w płaszczyźnie pionowej. Ramię umożliwia mocowanie monitorów posiadających otwory o rozstawie 50, 75 i 100 mm (zgodne ze standardem VESA).

Przed wykonaniem serii zdjęć pomiarowych, które będą w późniejszym etapie poddawane analizie, pamiętać trzeba o kilku ważnych czynnikach, które składają się na dokładność otrzymanych wyników (zgodnie z normą ISO-9241-305:2008):

- usunięcie wszelkich zanieczyszczeń z matrycy monitora,
- rozgrzanie monitora – stabilizacja luminancji następuje po około 20 minutach od momentu włączenia monitora,
- zapewnienie równoległości płaszczyzn matrycy LCD oraz matrycy urządzenia pomiarowego (położenie początkowe 90°),
- kalibracja monitora z wykorzystaniem spektrofotometru,
- ustawienie rozdzielczości obrazu takiej, jaka jest fizyczna rozdzielczość matrycy monitora,
- warunki zewnętrzne: pomiar w pomieszczeniu zamkniętym, wilgotność 25-85%, temperatura 20-50°C, ciśnienie atmosferyczne 960-1060 hPa.



Rys. 3. Zrealizowane stanowisko pomiarowe
Fig. 3. Realized measuring stand

2.4. Realizacja badań

Dokonując serii zdjęć do analizy, należy pamiętać o każdorazowym:

- dokładnym ustawieniu ostrości w aparacie,
- ustawieniu pozycji monitora względem aparatu - oś obrotu ramienia z aparatem musi leżeć na płaszczyźnie matrycy monitora,
- dobraniu odpowiednich parametrów zdjęcia (wartości przesłony, czasu ekspozycji oraz czułości) i nie zmienianiu ich w ciągu pomiaru ze wszystkich kątów.

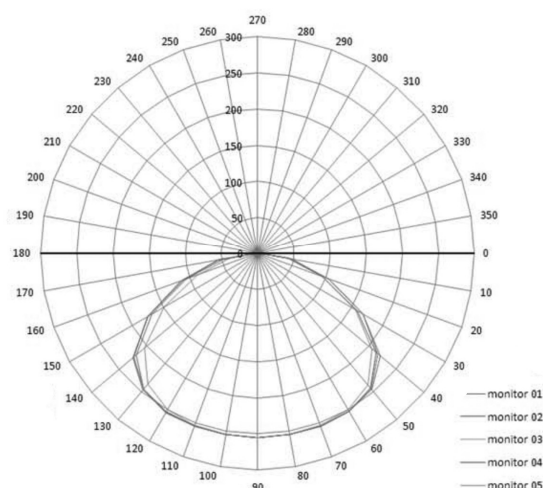


Rys. 4. Przykładowe zdjęcie z serii pomiarów
Fig. 4. Sample photo of measurement series

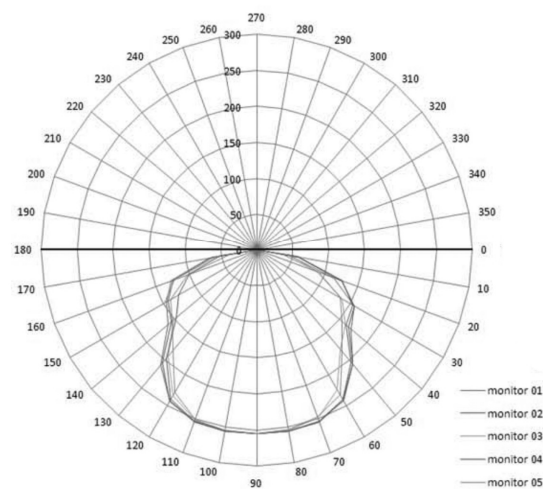
3. Wyniki badań

Analiza otrzymanych danych polega na znalezieniu punktów matrycy o minimalnej i maksymalnej luminancji, a przede wszystkim wartości średniej luminancji całej matrycy lub wybranego jej obszaru.

Według procedury pomiarowej przeprowadzono badania kątów patrzenia pionowego i poziomego 5 egzemplarzy tego samego modelu monitora, aby dodatkowo wykazać różnice tych parametrów pomiędzy takimi samymi matrycami. Przedstawione wykresy zostały wyznaczone na podstawie wartości średnich całego obszaru matrycy monitora.



Rys. 5. Wykres poziomy szarości matrycy monitora w funkcji poziomego kąta patrzenia
Fig. 5. Dependence of grayscale level on horizontal viewing angle



Rys. 6. Wykres poziomy szarości matrycy monitora w funkcji pionowego kąta patrzenia
Fig. 6. Dependence of grayscale level on vertical viewing angle

Porównując ze sobą obydwa wykresy widać wyraźnie, że luminancja w płaszczyźnie pionowej monitorów (podczas patrzenia od dołu do góry), maleje dużo szybciej, niż dla płaszczyzny poziomej. W pierwszym przypadku emitowana biel traci swą jasność już dla wartości większych, niż przedział 70°-110° (zakres 40° widzenia dla niezmiennej lub prawie niezmiennej luminancji). Dla płaszczyzny poziomej wartości te zmniejszają się dopiero dla wartości spoza przedziału 50°-130° (zakres 80°), przy czym zmiana ta jest mniej gwałtowna, niż w przypadku płaszczyzny pionowej.

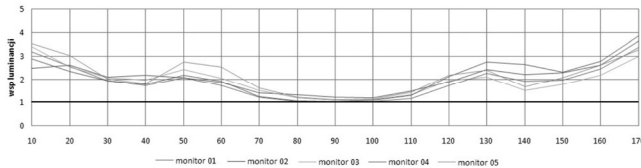
Widać również wyraźnie, że we wszystkich przebadanych monitorach zmiany kątowe luminancji zachodzą w zbliżony do siebie sposób.

Dodatkowo do badań wprowadzono dodatkowy parametr – współczynnik luminancji, który obliczono jako iloraz luminancji najjaśniejszego i najciemniejszego punktu ekranu:

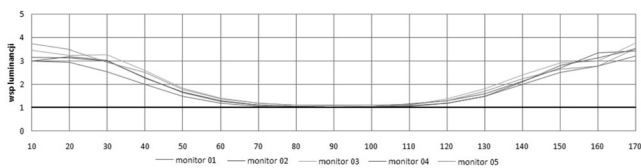
$$\text{wsp.lum.} = \frac{L_{\text{max_matrycy}}}{L_{\text{min_matrycy}}}, \quad (3)$$

gdzie: $L_{\text{max_matrycy}}$ to luminancja najjaśniejszego punktu ekranu, $L_{\text{min_matrycy}}$ to luminancja najciemniejszego punktu ekranu.

Biorąc pod uwagę fakt, że podczas pomiaru wyświetlana była jedynie biała plansza, współczynnik luminancji równy 3 oznacza, że patrząc z danego kąta, najciemniejszy widziany punkt jest aż trzykrotnie ciemniejszy od punktu najjaśniejszego. Zmiany tego współczynnika dla obydwu płaszczyzn obserwacji monitorów zobrazowano na poniższych wykresach.



Rys. 7. Wykres współczynnika luminancji w funkcji pionowego kąta patrzenia
Fig. 7. Luminance factor vs. vertical viewing angle



Rys. 8. Wykres współczynnika luminancji w funkcji pionowego kąta patrzenia
Fig. 8. Luminance factor vs. vertical viewing angle

Z wykresów, mimo nieco większych niż w przypadku wartości średniej luminancji rozbieżności, odczytać można, że najmniejsze zmiany luminancji zachodzą dla przebadanych monitorów w zakresie kątowym 80°-100° (zakres jedynie 20°) w płaszczyźnie pionowej, oraz 70°-110° (zakres 40°) i są one dla tych zakresów kątowych zbliżone do wartości 1, co oznacza, że obraz w tym zakresie jest bardzo mało zaburzony przez przyciemnienie ekranu.

Pomiar zmian kątowych luminancji nie jest skomplikowany i jak widać na powyższych wykresach, daje wymierne i powtarzalne wyniki.

4. Wnioski

Zbudowane stanowisko pomiarowe pozwala na zmierzenie wartości parametrów monitorów związanych z postrzeganą przez użytkownika jakością odwzorowywania obrazu, a następnie porównaniu ich z wartościami podawanymi przez producentów. Badania wykazały, że wartości zmierzone różnią się diametralnie od danych, jakie podają w swoich specyfikacjach producenci monitorów.

Całe stanowisko wraz z dodatkowym osprzętem (spektrofotometr i sondy pomiarowe) oraz oprogramowaniem pozwala na badania różnych parametrów monitorów LCD, takich jak:

- gamut barwny,
- czas reakcji piksela,
- współczynnik kontrastowości i jego nierównomierność,
- luminancja czerni i jej nierównomierność,
- luminancja bieli i jej nierównomierność,
- zmiany luminancji w zależności od kąta patrzenia.

Do zaproponowanego zestawu parametrów mierzonych można również dołączyć badanie innych parametrów, na przykład wpływ kąta widzenia na postrzeganie pełnoekranowych plansz ze stuprocentowym natężeniem wybranej barwy. Patrząc na taki obraz zmienia się nie tylko jego luminancja, ale również (szczególnie w przypadku starszych typów matryc) chrominancja wyświetlanego koloru.

5. Literatura

- [1] Norma ISO 9241-303:2008: Ergonomics of human-system interaction - Part 303: Requirements for electronic visual displays.
- [2] Norma ISO 9241-305:2008: Ergonomics of human-system interaction - Part 305: Optical laboratory test methods for electronic visual displays.

otrzymano / received: 13.04.2011

przyjęto do druku / accepted: 05.08.2011

artykuł recenzowany

INFORMACJE

Szanowni Autorzy artykułów publikowanych w PAK,

W trosce o jak najwyższy poziom punktacji miesięcznika PAK zwracam się z prośbą o cytowanie artykułów opublikowanych w PAK w innych artykułach, zwłaszcza tych publikowanych w czasopiśmie z listy filadelfijskiej. Ma to bezpośredni wpływ na współczynnik IF (Impact Factor) miesięcznika PAK.

W algorytmach oceny czasopism współczynnik IF ma największą wagę. Na zwiększenie wartości współczynnika IF redakcja czasopisma nie ma żadnego wpływu, ale wszystko zależy od Autorów cytujących. W przypadku miesięcznika PAK aktualnie każde cytowanie zwiększa IF o około 0,002. Oczywiście cytowanie artykułu tylko wtedy jest uzasadnione, jeżeli jest on tematycznie związany z artykułem cytującym, a autor korzystał z niego przy przygotowaniu pracy.

Aby ułatwić Autorom korzystanie z artykułów opublikowanych w PAK (a także możliwość cytowania) została opracowana przez redakcję PAK „Wyszukiwarka”, umożliwiająca wyszukiwanie artykułów według nazwiska autora, słowa tytułu artykułu, albo frazy kluczowej.

Aby skorzystać z „Wyszukiwarki” należy:

- wejść na stronę: www.pak.info.pl
- w menu „Wyszukiwarka” (po lewej stronie ekranu) wybrać „Artykuły”.

Strona zawiera również szereg innych łatwo dostępnych funkcjonalności, m.in. wykazy artykułów opublikowanych w PAK, a cytowanych w artykułach opublikowanych w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

Zdaję sobie sprawę, że redakcje niektórych czasopism usuwają cytowania artykułów publikowanych w czasopiśmie spoza listy filadelfijskiej, np. argumentując, że są one mało dostępne. Taka argumentacja będzie mniej uzasadniona, jeżeli tytuł naszego miesięcznika oraz tytuły artykułów będą podane w cytowaniach w języku angielskim. Proszę zauważyć, że oficjalny tytuł anglojęzyczny miesięcznika PAK (występujący na okładce) ma formę: Measurement, Automation and Monitoring (MA&M), a wszystkie artykuły naukowe publikowane w PAK są napisane albo w języku angielskim, albo mają rozszerzone abstrakty w tym języku.