

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Wydział Informatyki

Model systemu wspomagającego projektowanie  
efektywnych interfejsów użytkownika w symulatorach  
medycznych z wykorzystaniem stylu poznawczego  
człowieka

Maja Dziśko

Promotor: dr hab. inż. Anna Lewandowska, prof. ZUT

SZCZECIN 2023



# Spis treści

<b>Wprowadzenie</b> . . . . .	5
Definicja problemu . . . . .	6
Teza i cele pracy . . . . .	7
Metodologia badań . . . . .	8
Organizacja treści rozprawy . . . . .	9
<b>1. Percepcja człowieka</b> . . . . .	11
1.1. Pojęcie uwagi wzrokowej . . . . .	11
1.1.1. Uwaga wzrokowa - redukcja bodźca . . . . .	11
1.1.2. Uwaga wzrokowa - wzmocnienie bodźca . . . . .	11
1.2. Pojęcie widzenia peryferyjnego i centralnego . . . . .	12
1.3. Kierunkowość widzenia . . . . .	13
Podsumowanie . . . . .	13
<b>2. Interfejsy użytkownika</b> . . . . .	15
2.1. Graficzny interfejs użytkownika . . . . .	15
2.2. Standardy tworzenia interfejsów graficznych użytkownika . . . . .	16
2.3. Efektywny interfejs użytkownika . . . . .	17
2.4. Problemy graficznych interfejsów użytkownika . . . . .	17
Podsumowanie . . . . .	17
<b>3. Symulatory medyczne</b> . . . . .	19
3.1. Pojęcie symulatorów medycznych . . . . .	19
3.2. Pojęcie symulacji medycznej . . . . .	19
3.3. Problemy występujące w interfejsach medycznych . . . . .	20
Podsumowanie . . . . .	21
<b>4. Style poznawcze człowieka</b> . . . . .	23
4.1. Profile poznawcze . . . . .	26
Podsumowanie . . . . .	26
<b>5. Zwiększenie efektywności interfejsów użytkownika</b> . . . . .	29
5.1. Rola częstotliwości i kontrastu . . . . .	29
5.1.1. Eksperyment . . . . .	30
5.1.2. Wyniki . . . . .	33

---

Podsumowanie . . . . .	43
5.2. Kontrast pary kolorów a ich widoczność i przyjazność . . . . .	45
5.2.1. Eksperyment . . . . .	45
5.2.2. Wyniki . . . . .	48
Podsumowanie . . . . .	49
5.3. Wpływ stresu krótkotrwałego na efektywność odczytu parametrów GUI kardiomonitora . . . . .	50
5.3.1. Eksperyment . . . . .	50
5.3.2. Wyniki . . . . .	54
Podsumowanie . . . . .	55
5.4. Modyfikacja ustawień GUI kardiomonitora z wykorzystaniem stylu poznawczego człowieka . . . . .	57
5.4.1. Eksperyment . . . . .	58
5.4.2. Wyniki . . . . .	62
5.4.3. Model Rekomendujący Konfigurację efektywnego Interfejsu Kardiomoni- tora (MR-KIK) . . . . .	62
Podsumowanie . . . . .	74
<b>Podsumowanie pracy . . . . .</b>	<b>75</b>
Osiągnięcia zgłaszane w ramach pracy . . . . .	76
Wnioski końcowe . . . . .	76
Odniesienie do tezy i celów pracy . . . . .	77
Dalsze prace . . . . .	78
<b>Spis rysunków . . . . .</b>	<b>79</b>
<b>Spis tabel . . . . .</b>	<b>85</b>
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>87</b>

# Wprowadzenie

Monitorowanie czynności życiowych pacjenta stanowi kluczowy aspekt w procesie diagnostyki medycznej. W tym celu często wykorzystywane są kardiomonytory, których istotnym elementem jest graficzny interfejs użytkownika (GUI). W rozprawie w sposób szczególny skupiono się na interfejsie kardiomonitora, jednak zastosowany w nim sposób reprezentacji danych jest zbliżony do reprezentacji danych na innych urządzeniach medycznych takich jak np. defibrylator. Dlatego przedstawione w rozprawie badania, będzie można w przyszłości zastosować również na innych urządzeniach diagnostycznych używanych m. in w symulatorach medycznych. Istotnym problemem takich urządzeń jest sposób wyświetlenia na nich danych, który jest z reguły domyślny, co może negatywnie wpływać na efektywność pracy z takim interfejsem. Istnieją badania w których zidentyfikowano powiązania między błędami medycznymi a niewłaściwie zaprojektowanym interfejsem medycznym. Zauważono, że wiele niepożądanych zdarzeń medycznych jest spowodowanych źle zaprojektowanym interfejsem, a nie błędami popełnionymi przez personel medyczny. Często wyświetlane na ekranie komunikaty są niewłaściwie prezentowane, uniemożliwiając medykowi ich zauważenie.

Jednym z elementów, wpływającym negatywnie na efektywną komunikację lekarza z GUI kardiomonitora jest zastosowany układ kolorystyczny. Problem sięga końca lat 80 XX wieku, gdy kolorowe monitory stały się standardem. Pomimo wprowadzenia kolorów, ich przypisanie do konkretnych poziomów parametrów było całkowicie przypadkowe i pozbawione spójności. Do tej pory nic w tej kwestii nie uległo zmianie. Co więcej, wprowadzenie kolorystyki wyświetlanych parametrów GUI kardiomonitora tożsamej z kolorystyką sygnalizacji świetlnej powoduje, że kolor czerwony może być błędnie interpretowany jako nieprawidłowy odczyt, podczas gdy w rzeczywistości wskazuje poprawną wartość. Z drugiej strony, niedoświadczeni lub zmęczeni użytkownicy mogą uznać nieprawidłowe odczyty wyświetlane w kolorze zielonym za wartości poprawne.

Kolejnym elementem wpływającym na obniżenie efektywności interfejsu kardiomonitora jest stres towarzyszący personelowi medycznemu podczas wykonywania czynności ratujących życie pacjentów, tym bardziej, że chaos panujący na oddziale ratunkowym jedynie go nasila. Dlatego, rodzi się pytanie: czy standardowy interfejs użytkownika, do którego są przyzwyczajeni medycy, nadal spełnia swoją rolę, pomimo naukowego potwier-

dzenia, że część błędów medycznych wynika z niedostatecznie dobrze zaprojektowanego interfejsu?

Elementem, który umożliwiłby podniesienie efektywności GUI kardiomonitora jest jego personalizacja uwzględniająca styl poznawczy użytkownika, czyli fakt, że ludzie różnią się od siebie w sposobie, w jaki postrzegają dane, przetwarzają je i interpretują. Interfejs kardiomonitora, który byłby wrażliwy na ludzkie preferencje poznawcze zwiększyłby wydajność, skuteczność i łatwość użytkowania go przez pracowników służby zdrowia. Jest to tym bardziej ważne, że związek między urządzeniem a człowiekiem nie jest bezbłędny. Niestety brak jest spersonalizowanego podejścia do sposobu wyświetlenia GUI kardiomonitora uwzględniającego naturalne predyspozycje poznawcze użytkownika. Ciężko jest również doszukać się badań oraz rekomendacji sugerujących zmianę ustawień domyślnych GUI kardiomonitora na takie, które zminimalizują opóźnienie w zauważeniu pogarszających się parametrów życiowych pacjenta, zwiększając ich widoczność. Jest to tym bardziej zaskakujące, że producenci kardiomonitorów umożliwiają konfigurację ich interfejsów oraz istnieją badania sugerujące, że standardowa konfiguracja monitorów kardiologicznych może prowadzić do opóźnień w wykrywaniu zmian parametrów życiowych pacjenta a tym samym do zagrożenia dla zdrowia a nawet życia pacjenta. Dlatego istnieje pilna potrzeba przeprowadzenia badań w kierunku opracowania rekomendacji sugerujących konfigurację GUI kardiomonitora tak aby zwiększyć efektywność komunikacji pomiędzy urządzeniem a użytkownikiem.

Biorąc pod uwagę powyższe, głównym celem rozprawy jest opracowanie modelu systemu wspomagającego projektowanie spersonalizowanych interfejsów użytkownika, wykorzystującego styl poznawczy człowieka oraz metody eksploracji danych. Zastosowanie takiego modelu podczas konfiguracji interfejsu może przyczynić się do szybszej reakcji personelu medycznego na zmiany wyświetlane na kardiomonitorach, szczególnie w sytuacjach obciążonych stresem.

## Definicja problemu

Wiele niepożądanych zdarzeń medycznych jest wynikiem niedostatecznie dopracowanego interfejsu kardiomonitora, a nie błędu ludzkiego. Kardiomonytory te, niestety nie są doskonałe, stąd nie każda zmiana parametrów życiowych pacjenta jest od razu zauważana przez personel medyczny. Okazuje się, że nieprawidłowe prezentowanie komunikatów na ekranie kardiomonitorów często sprawia, że personel medyczny nie jest w stanie ich łatwo dostrzec. Czynniki takie jak niewłaściwa wielkość wyświetlanych komunikatów utrudniają zauważenie ich z daleka. Ponadto, częstotliwość wyświetlania parametrów oraz ich kolorystyka mają istotny wpływ na szybkość reakcji personelu medycznego. Należy również podkreślić, że integralnymi elementami pracy medyków jest stres i zmęczenie zarówno

psychiczne jak i fizyczne, co wpływa na szybkość reakcji. Stąd tak ważne jest aby praca personelu medycznego była wspierana przez interfejs, a nie utrudniana. Warto zauważyć, że obecnie kardiomonitoring są konfigurowalne, jednak nie wykorzystuje się w pełni ich potencjału w praktyce. Wymienione czynniki mogą wpływać na sytuacje, w których sposób prezentacji danych klinicznych może przyczynić się do popełnienia błędów lub umożliwić ich uniknięcia, a także przyspieszyć lub opóźnić reakcję personelu medycznego.

## Teza i cele pracy

Odnosząc się do problemu przedstawionego powyżej, w niniejszej pracy postawiono następującą tezę:

*Uwzględnienie naturalnych predyspozycji człowieka skorelowanych z komponentami obrazowania komputerowego zwiększy efektywność interfejsu użytkownika.*

Głównym celem pracy jest opracowanie modelu systemu wspomagającego projektowanie spersonalizowanych interfejsów użytkownika z wykorzystaniem stylu poznawczego człowieka oraz metod eksploracji danych.

Do szczegółowych celów pracy należy:

- Opracowanie eksperymentu percepcyjnego w celu stworzenia profili użytkowników.
- Indukcja reguł rekomendujących z wykorzystaniem metod eksploracji danych.
- Opracowanie modelu rekomendującego na podstawie stworzonych reguł.
- Weryfikacja tezy na podstawie eksperymentów percepcyjnych:
- *Etap 1: Przeprowadzenie eksperymentu percepcyjnego na standardowym interfejsie.*
- *Etap 2: Identyfikacja najlepszej reprezentacji interfejsu na podstawie stworzonego profilu użytkownika.*
- *Etap 3: Eksperyment na spersonalizowanym interfejsie: analiza błędów.*

W ramach pracy jednym z pierwszych etapów było opracowanie trzech baz obrazów, na podstawie których opracowano eksperymenty percepcyjne, mające na celu wyselekcjonowanie cech wpływających na zauważalność elementów GUI kardiomonitora przez uczestników badania. Pierwszy z eksperymentów miał za zadanie ustalenie poziomu kontrastu (kolorystyki), przyciągającego uwagę użytkownika. Respondenci zostali poproszeni o określenie koloru bodźca, który pojawiał się w obszarze peryferyjnym, bez bezpośredniego patrzenia się w kierunku tego bodźca. Drugi z eksperymentów miał na celu określenie zauważalności (lokalizację) oraz częstotliwość migania bodźca. W tym przypadku respondenci zostali poproszeni o wskazanie miejsca na monitorze, w którym pojawiał się bodziec, również bez bezpośredniego patrzenia się w kierunku bodźca. Poprawność wykonania badania była kontrolowana poprzez wykorzystanie okulografu. Mając ustalone poziomy kontrastu i częstotliwości parametrów związane z percepcją użytkownika (zauwa-

zeniem zmiany), w kolejnym kroku skupiono się na przedyskutowaniu zestawień kolorystycznych (2 kolorów), z uwzględnieniem poziomu kontrastu, wpływających na sposób ich odbioru przez użytkownika. W sposób szczególny skupiono się przyjazności i widoczności takich zestawień kolorystycznych.

Mając ustalone powyższe kwestie, kolejnym zadaniem był wybór profili użytkowników, umożliwiających sklasyfikowanie grupy badawczej do grup o podobnych naturalnych predyspozycjach poznawczych. Następnie ustalono zależności pomiędzy postrzeganiem danego poziomu kontrastu i częstotliwości a profilem poznawczym użytkownika. Po serii eksperymentów przygotowawczych przeprowadzono trzy eksperymenty na grupie medyków w Centrum Symulacji Medycznej (CSM). Pierwszy miał na celu zbadania wpływu stresu na efektywność pracy medyków. Badanie zrealizowano w CSM w Zielonej Górze. Drugi eksperyment przeprowadzono z wykorzystaniem standardowych ustawień GUI kardiomonitora, trzeci zaś ze zmodyfikowanym GUI monitora życia pacjenta (modyfikując takie parametry jak kontrast, częstotliwość czy kolor). Podczas eksperymentów poproszono respondentów by podjęli się obserwacji i diagnozy pacjenta. By zachować bardziej naturalne warunki (takie jak panują w szpitalu) zastosowano elementy rozpraszające i stresogenne tj. dźwięki krzyku pacjenta, dźwięk dzwoniącego telefonu, czy dźwięk jadącej na sygnale karetki pogotowia. Kończącym etapem pracy było porównanie uzyskanych wyników. Eksperymenty drugi i trzeci przeprowadzono w CSM w Międzyzdrojach i w Szczecinie na takich samych symulatorach wysokiej wierności.

W rozprawie zaproponowany został autorski model systemu wspomagającego projektowanie interfejsów użytkownika wykorzystywanych w symulatorach medycznych, wykorzystujący naturalne predyspozycje człowieka, czyli jego styl poznawczy.

## Metodologia badań

Przedstawiona praca ma charakter eksperymentalno-analityczny. Podstawową metodą badawczą są przeprowadzone eksperymenty percepcyjne dotyczące skupienia i rozproszenia uwagi użytkownika oraz zauważalności przez niego, elementów o różnych poziomach kontrastu i częstotliwości.

Uzyskane wyniki eksperymentów percepcyjnych posłużyły do przygotowania i przeprowadzenia eksperymentów w Centrum Symulacji Medycznej (w Pomorskim Uniwersytecie Medycznym w Szczecinie, w Collegium Medicum Zielonogórskiego Uniwersytetu Medycznego oraz w Państwowym Pogotowiu Ratunkowym w Szczecinie z siedzibą w Międzyzdrojach), które miały na celu sprawdzenie efektywności pracy medyków przy różnych ustawieniach monitora życia pacjenta: standardowym i skonfigurowanym. W ramach podsumowania pracy został opracowany model systemu wspomagającego pro-



jektowanie spersonalizowanych interfejsów użytkownika dla symulatorów medycznych z wykorzystaniem stylu poznawczego człowieka.

## Organizacja treści rozprawy

W Rozdziale 1 szczegółowo opisano pojęcie percepcji ujmując w tym uwagę wzrokową człowieka. Poruszono też tematykę widzenia peryferyjnego i kierunkowości widzenia. Rozdział zawiera także opis podstawowych pojęć i zagadnień związanych z biologią widzenia.

Rozdział 2 dotyczy tematyki graficznych interfejsów użytkownika. Opisane zostały w nim standardy tworzenia interfejsów oraz problemy aktualnie występujące w interfejsach.

W rozdziale 3 przedstawiono pojęcie symulatorów i symulacji medycznej. Rozdział, przybliży problemy występujące w interfejsach symulatorów medycznych.

W rozdziale 4 skupiono uwagę na systemach poznawczych człowieka. Przedstawiono profile użytkowników, oraz wyjaśniono wpływ systemu poznawczego człowieka na jego percepcję. Rozdział 5 przedstawia sposób projektowania eksperymentów oraz wyniki przeprowadzonych badań, na podstawie których wyjaśniono: rolę kontrastu, rolę koloru i rolę częstotliwości w projektowaniu GUI oraz wpływ stresu i profilu poznawczego człowieka na postrzeganie zmian w interfejsie. W rozdziale, zaprezentowano również Model Rekomendujący Konfigurację efektywnego Interfejsu Kardiomonitora (MR-KIK).



# 1. Percepcja człowieka

Percepcja jest podstawową formą kontaktu poznawczego człowieka z otaczającym go światem [9]. Pozwala na identyfikację świata zewnętrznego poprzez odbiór bodźców zewnętrznych za pomocą zmysłów. Jedną z form percepcji jest zdolność do postrzegania otoczenia - tzw. percepcja wzrokowa [17]. Jest to możliwe dzięki mechanizmowi widzenia, na który składają się impuls świetlny oraz elementy gałki ocznej czyli siatkówka oraz receptory: pręciki i czopki, które w mniejszym lub większym stopniu uaktywniają się w zależności od natężenia światła, ale także od kierunkowości widzenia człowieka [50][56].

## 1.1. Pojęcie uwagi wzrokowej

Mechanizmy uwagi kształtują to, co człowiek widzi oraz na co może reagować. Uwaga wzrokowa jest procesem, który umożliwia jednoczesny odbiór bodźca zewnętrznego, jednocześnie hamując (ignorując) bodźce zbędne tzn. pozwala człowiekowi skoncentrować się na istotnych bodźcach wizualnych (np. czerwone światło sygnalizacji świetlnej), ignorując te, które nie są istotne w danym momencie (kolor kurtki człowieka przechodzącego po drugiej stronie ulicy) [71]. Taka selektywność pozwala na zmniejszenie złożoności i przebodźcowania człowieka. Z perspektywy niniejszej pracy najistotniejszą kwestią jest redukcja oraz wzmocnienie bodźca [25].

### 1.1.1. Uwaga wzrokowa - redukcja bodźca

Uwagę wzrokową kontroluje mózg, który nie jest w stanie przetwarzać pełnego strumienia informacji związanego z ciągłym napływem bodźców z otoczenia [21][71]. Jedną z najważniejszych ról uwagi wizualnej jest filtrowanie bodźców wizualnych napływających z zewnątrz. Mózg człowieka kontroluje je w taki sposób, że na bieżąco aktywnie tłumi nieistotne bodźce, wybierając te, potencjalnie ważne. Biologicznie, polega to na zmniejszeniu aktywności neuronów przetwarzających bodziec [71].

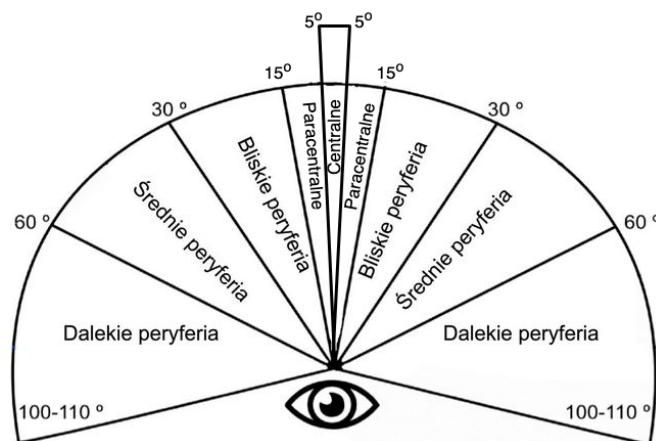
### 1.1.2. Uwaga wzrokowa - wzmocnienie bodźca

Wykryty dzięki uwadze wzrokowej bodziec, jest wzmacniany. Wzmocnienie bodźca może być konsekwencją bezpośredniego przypisania uwagi do bodźca lub skierowania uwa-

gi na jakiś jego atrybut (np. kolor, czy jego częstotliwość) [10]. Dzięki wzmocnieniu bodźca można zaobserwować u człowieka krótszy czas reakcji i silniejsze przyciągnięcie wzroku do bodźca. Biologicznie jest wtedy zwiększona aktywność neuronów przetwarzających bodziec [25].

## 1.2. Pojęcie widzenia peryferyjnego i centralnego

Widzenie peryferyjne jest inaczej nazywane widzeniem bocznym. Jest to zdolność widzenia obiektów i ruchu poza bezpośrednią linią widzenia [68]. Widzenie peryferyjne to praca pręcików i komórek nerwowych znajdujących się w dużej mierze poza plamką żółtą siatkówki [8]. Pręciki są również odpowiedzialne za widzenie w nocy i w słabym świetle, jednakże są niewrażliwe na kolor. Poniżej na Rysunku 1.1 przedstawiono schemat widzenia człowieka w odniesieniu do widzenia peryferyjnego [68].



Rysunek 1.1. Schemat widzenia człowieka. Źródło: [36].

Część środkowa siatkówki oka człowieka, w której jest największe zagęszczenie czopków odpowiada za widzenie centralne definiujące widzenie wysokiej ostrości. Wówczas sposób patrzenia człowieka jest zorientowany prostopadle względem obiektu z odchyleniem od 0 do 5 stopni. W przypadku jeśli wzrok człowieka odbiega od punktu centralnego o wartości z zakresu od 5 do 15 stopni, mamy do czynienia z widzeniem paracentralnym. Wtedy następuje zanik wysokiej ostrości liter. Zakres od 15 do 30 stopni definiuje bliskie peryferia, oznaczające w praktyce obszar rozpoznawalności kształtów. Kąty widzenia od 30 do 60 stopni określają średnie peryferia. Tutaj człowiek jest w stanie rozpoznać kolory, jednak rozpoznanie kształtów w średnich peryferiach może być niskiej jakości. Wzrok odbiegający od punktu centralnego powyżej 60 stopni nazywa się peryferiami dalekimi i jest uważany za obszar rozpoznawania ruchu bez możliwości rozpoznania kształtu i kolorów, ponieważ na brzegach siatkówki zagęszczenie czopków jest niewielkie [36].

### 1.3. Kierunkowość widzenia

Za kierunkowość widzenia uważa się zdolność percepcyjną do określania pozycji obserwowanego obiektu [30][61]. Jest bardzo ważnym aspektem w przeprowadzaniu eksperymentów percepcyjnych zwłaszcza przeprowadzanych przy pomocy okulografii, gdzie źródłem danych są pomiary ruchów gałek ocznych (a dokładniej punktu skupienia wzroku) u osoby badanej. W przypadku okulografii, która jest wykorzystywana w rozprawie, na podstawie ruchów gałek ocznych badanego ustalono kierunkowość widzenia. Miało to na celu m.in. ustalenie obiektu na którym badany skupiał się w trakcie prowadzonych eksperymentów.

Ponieważ, okulograf jest jednym z podstawowych narzędzi wykorzystywanych podczas realizacji eksperymentów percepcyjnych opisanych w pracy, poniżej przedstawiono krótki opis narzędzia. Okulograf (ET) jest urządzeniem umożliwiającym rejestrację aktywności wzrokowej człowieka. We współczesnych okulografach wykorzystywane są kamery na podczerwień, ułatwiające identyfikację źrenicy oraz lokalizację odbicia rogówkowego, co pozwala na określenie wektora patrzenia. Okulografy mają szerokie zastosowanie w projektowaniu GUI. Umożliwiają pozyskiwanie danych na temat efektywności GUI, poprzez analizę elementów przyciągających lub nie uwagę użytkownika, kolejność elementów przyciągających uwagę, czas zauważenia danego elementu itd.

## Podsumowanie

Percepcja umożliwia odbieranie rzeczywistości za pomocą zmysłów, umożliwiając komunikację człowieka ze światem zewnętrznym [22]. Jest niezwykle ważna przy przeprowadzaniu eksperymentów percepcyjnych. Dzięki niej można dowiedzieć się jak badany, podczas prowadzonych eksperymentów, odbiera i reaguje na różne elementy występujące w badaniu [13]. W niniejszym rozdziale poruszono kwestię percepcji wzrokowej człowieka zwracając szczególną uwagę na widzenie peryferyjne oraz kierunkowość widzenia.



## 2. Interfejsy użytkownika

Interfejs graficzny użytkownika jest obecnie nieodłącznym komponentem w praktycznie każdej dziedzinie działalności człowieka [20]. Przy skupieniu się na specyfice pracy w sektorze medycznym, można zauważyć, że praca personelu, zwłaszcza lekarzy i pielęgniarek, często toczy się w ogólnym chaosie spowodowanym różnorodnymi sytuacjami kryzysowymi związanymi z pacjentami [29]. Takie warunki wpływają na zwiększenie poziomu zmęczenia i stresu u lekarzy. Jednym z podstawowych narzędzi wykorzystywanych przez personel medyczny podczas diagnostyki i monitorowania czynności życiowych pacjenta są kardiomonitoringi, które stały się powszechne w latach 80. Elektroniczne monitorowanie ułatwiło pomiar parametrów życiowych człowieka w czasie rzeczywistym [20][29]. Co istotne, kardiomonitoringi są wykorzystywane głównie w początkowym etapie badania pacjentów, a co za tym idzie, błędy popełnione na tym etapie wpłyną na dalszą procedurę medyczną. Niestety komunikacja między interfejsem, a użytkownikiem nie jest bezbłędna [53]. Mimo to w środowiskach medycznych (i nie tylko) brakuje zindywidualizowanego podejścia polegającego na dostosowaniu GUI urządzeń do potrzeb użytkownika [53].

### 2.1. Graficzny interfejs użytkownika

Graficzny interfejs użytkownika (GUI) jest formą komunikacji między człowiekiem a maszyną, służącą do interakcji z urządzeniami za pomocą elementów graficznych [3], takich jak ikony, menu czy wykresy [60]. Za jego pośrednictwem prezentowane są również dane, które wyświetlają informacje i sygnalizują zdarzenia które zaszły w środowisku, na przykład w postaci alarmów. Interfejsy te są powszechnie obsługiwane za pomocą urządzeń wejścia, takich jak mysz, trackball, rysik lub dotyk palca na ekranie [3][46]. Obecnie popularność GUI jest jednym z kluczowych czynników, które przyczyniły się do zwiększenia dostępności technologii cyfrowych dla użytkowników [60]. Ich rozwój skupia się na zapewnieniu użytkownikowi wystarczającej intuicyjności, koncentrując się na jego potrzebach [63].

## 2.2. Standardy tworzenia interfejsów graficznych użytkownika

Dobrze zaprojektowany interfejs graficzny użytkownika trzyma się określonych standardów, które zostały zaktualizowane w 2020 roku, w postaci dobrych praktyk projektowania GUI [27]. Pierwszą z najważniejszych zasad projektowania interfejsów graficznych jest widoczność stanu systemu, która mówi o tym, że użytkownicy systemu powinni być zawsze informowani na bieżąco o operacjach systemowych w jasny i zrozumiały sposób [19]. Drugą z zasad jest dopasowanie interfejsu do świata rzeczywistego. Dotyczy ona prezentowania danych w logiczny i spójny sposób, zgodnie z ogólną przyjętą terminologią w świecie rzeczywistym [5]. Trzecia zasada dotyczy kontroli użytkownika, zwłaszcza umożliwienie korekcji i ponawiania czynności przez użytkownika obsługującego interfejs [26]. Czwarta zasada odnosi się do błędów i zapobiegania im. Zasada ta, mówi, by potencjalne błędy były ograniczone do minimum, a w przypadku ich wystąpienia użytkownik w jasny i zrozumiały sposób powinien zostać o tym poinformowany [49]. Piątą zasadą wskazuje na zminimalizowanie obciążeń poznawczych. Zasada ta, jest o tyle istotna, że uwaga ludzka jest ograniczona, a przeciętny człowiek jest w stanie utrzymać w pamięci krótkotrwałej tylko około pięciu elementów na raz. Ze względu na ograniczenia pamięci krótkotrwałej przy projektowaniu interfejsów powinno się pamiętać, że bardziej efektywnym interfejsem będzie ten, który nie będzie zmuszał użytkownika do zapamiętywania [46]. Szóstą zasadą jest wspomaganie efektywności użytkownika interfejsu. Zasada ta, wskazuje na to, że im mniej interakcji użytkownik interfejsu będzie musiał podjąć z interfejsem, tym szybciej go obsłuży [18]. Siódmą zasadą jest minimalistyczny design. Zasada ta, odnosi się do zachowania estetyki i usunięcia z interfejsu graficznego użytkownika wszystkiego tego, co nie jest niezbędne. Dzięki takiej praktyce do interfejsu nie jest wnoszony chaos [46]. Ostatnim ze standardów projektowania interfejsów jest szybki dostęp do dokumentacji, w której użytkownik bezproblemowo znajdzie rozwiązania zaistniałych ewentualnych błędów i problemów przy pracy z interfejsem [18].

Niestety, zasady opisane powyżej nie zostały zastosowane w przypadku GUI kardiomonitorów, co prowadzi do utrudnionej komunikacji między urządzeniem a lekarzem. Głównym problemem jest brak standaryzacji dotyczącej wykorzystywanych kolorów w kardiomonitorach. Przykładem jest czerwony kolor, który może wskazywać poprawną wartość dla jednego z parametrów życiowych pacjenta, podczas gdy zielony kolor może oznaczać wartość krytyczną. Ten brak standaryzacji może prowadzić, nawet podświadomie, do ignorowania zaistniałej sytuacji lub w skrajnym przypadku do błędnej interpretacji parametrów życiowych pacjenta przez lekarza, co z kolei może mieć negatywny wpływ na stan zdrowia pacjenta.



## 2.3. Efektywny interfejs użytkownika

Dobrze zaprojektowany interfejs użytkownika jest efektywnym interfejsem, czyli takim który wspomaga pracę użytkownika ograniczając sytuacje, w których sposób prezentacji danych może prowadzić do błędnej ich interpretacji [18]. Aby osiągnąć wysoką efektywność GUI, konieczne jest podjęcie działań na etapie jego konstrukcji, przy szczególnym uwzględnieniu wydajności [63]. Innymi słowy, interfejs nie powinien być nadmiernie rozbudowany, co mogłoby prowadzić do długiego czasu ładowania i wydajnościowych problemów. Minimalistyczny interfejs użytkownika zapewnia efektywność oraz łatwość konserwacji [66]. Ponadto, taki interfejs powinien usprawniać działania użytkownika, nie utrudniając ich wykonania. Efektywność interfejsu użytkownika powinna również korzystnie wpływać na wydajność pracy użytkownika oraz wspierać jego logiczne myślenie [63].

## 2.4. Problemy graficznych interfejsów użytkownika

Graficzne interfejsy użytkownika są niezbędnym pomostem między medykiem a urządzeniem (monitor życia pacjenta, monitor defibrylatora, itd.) [36]. Duża część graficznego interfejsu użytkownika jest tak stworzona, aby informacje istotne z punktu widzenia pracy skupiały uwagę użytkownika na centralnej części interfejsu, przez co to, co jest wyświetlane w obszarze peryferyjnym, staje się znacznie mniej widoczne dla użytkownika [24]. Dodatkowo, w dzisiejszych czasach użytkownik korzystający z różnorodnych interfejsów jest narażony na przesyt zbędnymi alertami i informacjami [66]. W rezultacie użytkownik ulega efektowi habituacji wobec alertów, które często pojawiają się w peryferyjnej części ekranu. Zjawisko habituacji polega w tym przypadku na tendencji przeciętnego użytkownika do ignorowania alertów i uodpornienia się na nie [36]. Inwazyjne podawanie treści, w postaci komunikatów, może znacząco wpłynąć na dalszą pracę użytkownika z interfejsem, zwłaszcza w przypadku wyświetlenia kluczowych alertów, które mają istotne znaczenie. Przykładem mogą być alerty wyświetlane w sposób inwazyjny (wywołujący rozdrażnienie) na monitorze używanym przez chirurga podczas operacji, gdzie istnieje potencjalne zagrożenie dla życia pacjenta [24].

Niewłaściwe zaprojektowanie interfejsu, szczególnie obciążanie go nadmiarem informacji czy komunikatów, może prowadzić do zmniejszonej reakcji użytkownika na elementy GUI wynikającej z efektu habituacji. [36] Tym samym, bodziec pochodzący z interfejsu zostanie zignorowany lub nastąpi spadek uwagi odbiorcy [66].

## Podsumowanie

Obecnie praktycznie każda osoba, niezależnie od charakteru swojej pracy, jest zaangażowana w interakcję z interfejsami graficznymi [36]. Niestety, interfejsy te często za-

wierają wiele błędów już na etapie projektowania [20]. Jednym z kluczowych problemów jest chaos, który wpływa negatywnie na człowieka poprzez nadmiar danych, co zostało potwierdzone w literaturze [29]. W Rozdziale 2 omówiono standardy tworzenia interfejsów graficznych użytkownika oraz zidentyfikowano problemy, ze szczególnym uwzględnieniem interfejsów wykorzystywanych w branży medycznej.

## 3. Symulatory medyczne

Symulacja medyczna jest dynamicznie rozwijającym się obszarem, którego głównym celem jest szkolenie profesjonalistów medycznych oraz przyszłych lekarzy umożliwiającym doskonalenie ich wiedzy i umiejętności [35]. Poprzez symulacje możliwe jest przeprowadzanie szeregu procedur medycznych, których nie można często stosować bezpośrednio na pacjentach, z uwagi na ryzyko dla ich zdrowia i życia [57].

### 3.1. Pojęcie symulatorów medycznych

Symulatory medyczne są to wysokiej wierności urządzenia medyczne lub fantomy, które w sposób realistyczny odzwierciedlają urządzenia diagnostyczne stosowane w medycynie do monitorowania stanu pacjenta [35]. Urządzenia te umożliwiają m.in. na realistyczną symulację warunków panujących w szpitalach. Dzięki temu możliwe jest przeprowadzanie kontrolowanych symulacji w celu doskonalenia wiedzy i umiejętności osób związanych z branżą medyczną, w tym przyszłych lekarzy. [57]. Należy podkreślić, że symulatory pacjentów są często różnicowane ze względu na grupy demograficzne i chorobowe jakie odzwierciedlają, takie jak symulator niemowlaka, osoby starszej, poszkodowanego w wypadku, symulator kobiety w ciąży itd.

Na Rysunku 1.1 przedstawiono symulator zabiegowy pacjenta, przygotowany w celu symulacji operacji. Symulator zlokalizowany jest w Centrum Symulacji Medycznej w Zielonej Górze, które bardzo realistycznie odzwierciedla warunki panujące w szpitalu.

### 3.2. Pojęcie symulacji medycznej

Symulacja medyczna jest kluczową dziedziną, którą można potraktować jako naukę empiryczną umożliwiającą przewidywania przyszłych sytuacji wymagających interwencji w opiece zdrowotnej oraz przygotowanie reakcji na nie [57]. Jest to istotne, ponieważ, nie zawsze istnieje możliwość przeprowadzenia takiej symulacji w rzeczywistym środowisku opieki nad pacjentem. Symulacja medyczna, nazywana również symulacją opieki zdrowotnej [35], umożliwia bezpieczne szkolenie personelu medycznego w zakresie wykonywania



Rysunek 3.1. Symulator medyczny wysokiej wierności, CSM w Zielonej Górze. Źródło: własne.

czynności, które w przeciwnym przypadku byłyby zbyt ryzykowne lub mogłyby zagrażać życiu pacjenta [57]. Przykładem może być, użycie przez osobę niewykwalifikowaną defibrylatora na żywym pacjencie, co może prowadzić do nieprawidłowej akcji serca. Wykorzystanie natomiast symulacji medycznej pozwala przyszłym lekarzom na bezpieczne opanowanie tych umiejętności [35].

### 3.3. Problemy występujące w interfejsach medycznych

Obecnie stosowane monitory pacjentów nie są doskonałe, co oznacza, że nie każda zmiana parametrów pacjenta jest natychmiastowo zauważana [55]. Okazuje się, że wiele niepożądanych zdarzeń medycznych wynika z błędów w prezentacji danych na interfejsie. Najczęstszym występującym błędem w interfejsach medycznych jest sposób wyświetlania tych danych, który czasami uniemożliwia lekarzowi skuteczne zauważenie istotnych komunikatów [14][48]. Dzieje się tak dlatego, że w interfejsach często wszystkie alerty są wyświetlane z podobny sposób, np. są takiej samej wielkości lub liczba wprowadzonych kolorów na ekranie jest na tyle duża, że lekarz nie potrafi w szybki i sprawny sposób wyodrębnić najważniejszych informacji, zwłaszcza przy stresogennej charakterystyce pracy [20]. Ponadto, przez to, że w interfejsach medycznych jest prezentowany nadmiar informacji, to

interfejsy są mocno obciążone, skutkiem czego jest opóźnione tempo podawania informacji zwrotnej dotyczącej stanu zdrowia pacjenta [14].

Dodatkowo, kliniczne interfejsy medyczne obecnej generacji są projektowane z domyślnym założeniem, że ich użytkownicy wykonują pojedyncze zadanie, a ich uwaga jest całkowicie poświęcona interakcji z tym interfejsem [20]. Należy tu jednak zaznaczyć, że personel medyczny korzystający z interfejsu monitora życia pacjenta podczas czynności ratujących życie, musi jednocześnie koncentrować się zarówno na tym, co jest wyświetlane przez interfejs, jak i na pacjencie [11]. W związku z tym personel nie może poświęcić całej swojej uwagi wyłącznie interfejsowi medycznemu [15].

Zagadnienie problemów z interfejsami medycznymi jest szeroko poruszane w literaturze [15]. Wielu autorów odwołuje się do interfejsów w kontekście alarmów medycznych [11][14][48]. Wszyscy zgodnie twierdzą, że więcej niż sześć alarmów na oddziałach szpitalnych może prowadzić do zagrożenia, które obejmuje niewłaściwe zastosowanie alarmów. Może to powodować zmęczenie alarmem i obojętność na jego odbiór (habitację na dany sygnał alertu) [48]. Skutkiem tego jest spowolniona reakcja na postrzeganie zmian parametrów życiowych pacjenta [20]. Ponadto, udowodniono, że do ciężkich obrażeń i śmierci pacjentów często dochodzi z powodu przeoczonych zdarzeń alarmowych, wynikających z wyczerpania personelu medycznego alarmami [14]. Problem zauważa również Cvach w swoim raporcie [15], w którym dyskutuje o niedoskonałym systemie informacji medycznej. Autor podkreśla konieczność zapewnienia niezawodnej i precyzyjnej interakcji pomiędzy użytkownikami a systemem w sytuacjach zagrożenia.

Istotną kwestią jest fakt, że obecne symulatory medyczne są projektowane z pełną konfigurowalnością ich interfejsów, jednak potencjał tych interfejsów nie jest w pełni wykorzystywany, a dane wyświetlane za ich pomocą są prezentowane w formie domyślnej [20].

## Podsumowanie

Symulatory medyczne są bardzo istotnym elementem procesu kształcenia i doskonalenia umiejętności zarówno dla początkujących, przyszłych medyków, jak i doświadczonych pracowników branży medycznej [35]. Dzięki nim można symulować sytuacje, które mogą mieć miejsce w szpitalach np. przy czynnościach mających na celu ratowanie życia pacjenta. W niniejszym rozdziale omówiono pojęcie symulatorów oraz symulacji medycznej. Zwrócono również uwagę na problemy występujące w interfejsach symulatorów medycznych oraz na niewykorzystany potencjał konfigurowalności tych interfejsów [35][57].



## 4. Style poznawcze człowieka

Style poznawcze odnoszą się do indywidualnych cech każdego człowieka, definiują w jaki sposób odbiera, przetwarza, zapamiętuje i wykorzystuje informacje. Styl poznawczy to pojęcie, które doczekało się wielu definicji:

- „Styl poznawczy odnosi się do sposobu, w jaki jednostki przetwarzają i organizują informacje” [40].
- „Styl poznawczy odnosi się do preferowanego przez daną osobę sposobu radzenia sobie z zadaniami poznawczymi” [58].
- „Styl poznawczy można zdefiniować jako wymiar lub konstrukt reprezentujący spójny sposób postrzegania, przetwarzania i wykorzystywania informacji przez jednostkę” [34].

Te definicje różnią się nieco znaczeniowo, ale każda z nich wskazuje na to, że styl poznawczy jest związany z preferowanym sposobem przetwarzania informacji przez jednostkę. Niektóre definicje skupiają się na sposobie organizacji i przetwarzania informacji, podczas gdy inne koncentrują się na indywidualnych preferencjach w zakresie podejścia do zadań poznawczych.

Styl poznawczy jest w wysokim stopniu odpowiedzialny za to, że dwie osoby patrząc na ten sam zbiór informacji dostrzegają i rozumieją coś innego i w efekcie podejmują inne decyzje i inne działania na podstawie tych samych przesłanek. Różnice w stylach poznawczych nie tylko definiują percepcyjne filtry informacyjne, ale również wpływają mocno na czasy reakcji i podejmowania decyzji. Należy przy tym pamiętać, że style poznawcze nie mogą podlegać wartościowaniu i należą do różnic indywidualnych, a więc naturalnych cech różnicujących ludzkie zachowanie. Nie ma dobrego lub złego stylu poznawczego. Styl poznawczy to po prostu sposób przetwarzania informacji. Każdy styl poznawczy ma swoje mocne strony i ograniczenia, dzięki czemu jest odpowiedni do niektórych zadań i sytuacji, a mniej odpowiedni do innych. Wszystkie style poznawcze są równie ważne [12].

Wpływ stylów poznawczych na przebieg i efekty działań jednostek jest najwyższy w sytuacjach nagłych, nowych, nie w pełni zdefiniowanych, kiedy stres, deficyt czasu lub innych zasobów skłania do reakcji najbardziej typowych, naturalnych i opartych na najsilniejszych nawykach poznawczych [33]. Najbardziej znane i zbadane wymiary poznawcze definiujące różnice między ludźmi w postrzeganiu, przetwarzaniu i reagowa-

niu przedstawiono w Tabeli 4.1, są to odpowiednio: zależność-niezależność od pola, impulsywność-refleksyjność, złożoność poznawcza oraz tolerancja na nierealistyczne doświadczenia. Więcej wymiarów poznawczych wraz z ich współczesną interpretacją opisano w publikacjach [33] i [34].

Badania stylów poznawczych w kontekście graficznych interfejsów użytkownika są coraz bardziej popularne, jednak wciąż koncentrują się na pomiarach wyłącznie jednego ze stylów poznawczych, jakim jest zależność-niezależność od pola. Badania realizowane są za pomocą jednego z możliwych sposobów pomiaru jakim jest test obrazkowy EFT lub GEFT [70]. Testy te polegają na wyodrębnieniu ukrytych kształtów w serii skomplikowanych figur. Im wyższy wynik trafności w tym teście, tym wyższy wynik niezależności od pola otrzymuje osoba badana. Testy typu EFT i GEFT są łatwo dostępne, stosunkowo proste i szybkie w wykonaniu, co ułatwia badanie większych grup ludzi i porównywanie wyników między poszczególnymi eksperymentami.

Mają jednak sporo minusów:

- Mierzą tylko jeden aspekt stylu poznawczego, tj. zależność-niezależność od pola. Inne wymiary poznawcze, takie jak tempo poznawcze, złożoność poznawcza i podobne, są przez test pomijane, co może prowadzić do niedokładnych wniosków o preferencjach poznawczych danej osoby.
- Są łatwe do oszukania lub manipulacji oraz stosunkowo łatwe do wytrenowania - zwłaszcza przez osoby zależne od pola, które mogą skorzystać z technik, które pozwalają szybko odnaleźć ukryty element. W efekcie, podchodząc ponownie do badania można uzyskać wyniki wskazujące na wyższą niezależność od pola.
- Wyniki mogą być zaburzone przez różne czynniki, takie jak zmęczenie, stres czy nieuwaga.

Największym problemem może być fakt, że są doniesienia o tym, że testy EFT/GEFT są testami umiejętności a nie preferencji [31]. Dlatego też, w rozprawie korzystano z podejścia kwestionariuszowego, które polega na teście psychometrycznym retrospektywnym, który bada nie tylko zależność - niezależność od pola, ale również inne wymiary poznawcze. Test retrospektywy polega na samo opiniowaniu swojego stylu poznawczego na podstawie doświadczeń i zachowań. W przeciwieństwie do testów obrazkowych, takich jak EFT i GEFT, testy retrospektywne mają kilka przewag:

- Mierzą różne wymiary poznawcze, dzięki dostarczają bardziej kompleksowych informacji na temat stylu poznawczego danej osoby.
- Wykazują większą wrażliwość na subtelne różnice między jednostkami, podczas gdy testy obrazkowe często wskazują jedynie na preferowany biegun dwubiegunowego wymiaru poznawczego.
- Niższy efekt uczenia się: testy retrospektywne opierają się na doświadczeniach życiowych i zachowaniach, które nie są łatwe do zmiany. W przypadku testów obrazkowych



Tabela 4.1. Najbardziej popularne wymiary poznawcze.

<b>Wymiar poznawczy</b>	<b>Definicja</b>	<b>Perspektywa poznawcza według modelu stylów myślenia FRIS® [2]</b>
Zależność - niezależność od pola	Stopień, w jakim jednostki polegają na zewnętrznych wskazówkach lub kontekście w celu przetwarzania informacji (zależność od pola), w porównaniu z poleganiem na wewnętrznych wskazówkach lub własnym subiektywnym doświadczeniu (niezależność od pola) [70].	Włączona perspektywa Relacji (zależność od pola) lub Wyłączona perspektywa Relacji (niezależność od pola)
Impulsywność - refleksyjność	Skłonność jednostek do podejmowania szybkich, automatycznych decyzji w oparciu o ich początkowe reakcje (impulsywność) w porównaniu z przyjmowaniem bardziej przemyślanego podejścia do podejmowania decyzji, uwzględniającego wszystkie dostępne informacje (refleksyjność) [28].	Włączona perspektywa Struktur (refleksyjność) lub Wyłączona perspektywa Struktur (impulsywność)
Złożoność poznawcza	Stopień, w jakim jednostka jest w stanie przetworzyć dużą ilość różnorodnych, a czasem sprzecznych informacji, zintegrować je w spójny i elastyczny model umysłowy (niska lub wysoka złożoność poznawcza) [6].	Włączona perspektywa Faktów (niska złożoność poznawcza) lub Wyłączona perspektywa Faktów (wysoka złożoność poznawcza)
Tolerancja na nierealistyczne doświadczenia	Zdolność danej osoby do tolerowania i rozumienia niejednoznacznych lub niespójnych informacji, w tym doświadczeń, które nie mają sensu (pasują do czyichś oczekiwań lub przekonań). Innymi słowy oznacza niską lub wysoką tolerancję na nierealistyczne doświadczenia) [32].	Włączona perspektywa Idei (wysoka tolerancja na nierealistyczne doświadczenia) lub Wyłączona perspektywa Idei (niska tolerancja na nierealistyczne doświadczenia)

wynik może być zaburzony przez efekt uczenia się, ponieważ ludzie mogą uczyć się strategii i technik, które pozwalają na uzyskanie lepszego wyniku.

Podsumowując, chociaż testy obrazkowe typu EFT i GEFT są powszechne, dobrze znane, szybsze i łatwiejsze do wykonania, psychometryczne testy retrospektywne są bardziej kompleksowe i dokładniejsze w mierzeniu preferencji poznawczych danej osoby. W związku z tym w badaniach wykorzystano kwestionariusz psychometryczny FRIS<sup>®</sup> [2].

### 4.1. Profile poznawcze

Profile poznawcze to zbiór informacji i cech dotyczących ludzi, pod kątem poznawczym. By określić profil użytkownika, niezbędny do tego jest kwestionariusz psychometryczny FRIS<sup>®</sup> [2], który prowadzi pomiar na 6 znormalizowanych skalach, a następnie dokonuje interpretacji ipsatywnej, definiując dominującą perspektywę poznawczą zwaną w modelu FRIS<sup>®</sup> [2] stylami myślenia. FRIS<sup>®</sup> [2] definiuje 4 perspektywy dominujące poznawczo:

- **Fakty.** Styl ten określa predyspozycje ludzi, dla których zorientowanie na cel jest jednym z przodujących zachowań. Ludzie ci, bardzo często upraszczają ogół problemów znajdując szybko praktyczne rozwiązanie. Osoby, u których ten profil jest uaktywniony są mocno cenione za umiejętność szybkości podejmowania decyzji oraz za praktyczność [44].
- **Relacje.** Styl ten określa silną umiejętność odnajdywania powiązań pomiędzy celami a czynnikami. Osoby, których system poznawczy odpowiada takiemu profilowi z łatwością podczas nagłych sytuacji potrafią okazać osobiste zaangażowanie oraz znaleźć wspólne części pomiędzy postawionymi celami [44].
- **Idee.** To styl opisujący osoby, które szukając alternatyw wychodzą poza obecny stan rzeczy. Swobodnie i szybko odkrywają nowe zależności, często odbiegające od stanu rzeczywistego. Osoby takie, są w dużej mierze cenione za elastyczność i nieszablonowe pomysły [44].
- **Struktury.** Cechują osoby, które cechuje silna potrzeba zbierania często nadmiernej ilości informacji, kategoryzowania tychże informacji, analizy ich, a następnie dążenia do rozwiązania optymalnego. Profil ten wyróżnia osoby, które są bardzo wnikliwe i dbają o najmniejszy szczegół przy podejmowaniu decyzji [44].

### Podsumowanie

Systemy poznawcze pełnią ważną rolę w procesie percepcji [67], będąc odpowiedzialne za sposób rejestracji, przetwarzania i interpretacji informacji przez człowieka [47].

---

W Rozdziale podjęto tematykę tych procesów, jak i ich podstaw, czyli stylów kognitywnych człowieka.



## 5. Zwiększenie efektywności interfejsów użytkownika

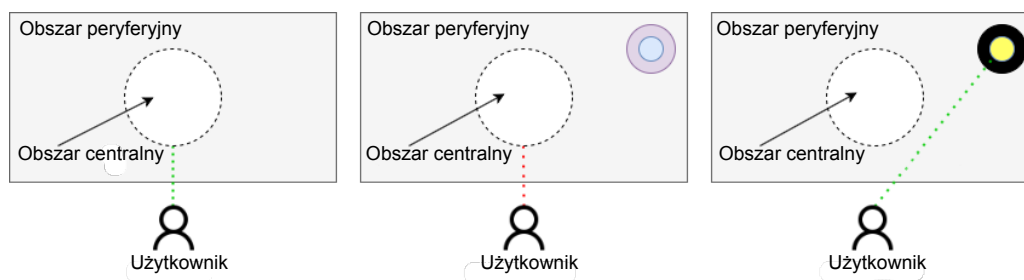
Komunikacja pomiędzy medykiem a kardiomonitorem odbywa się standardowo za pomocą interfejsu graficznego, dostarczającego informacji o wartościach parametrów życiowych pacjenta. Niestety, GUI kardiomonitora jest zaprojektowany w sposób niespójny z symboliką kolorów przez co może prowadzić do błędnej interpretacji wyświetlanych parametrów. Co więcej, liczba alertów wprowadzana do interfejsów w celu przyciągnięcia uwagi medyków jest na tyle duża, że powoduje przyzwyczajenie się użytkownika do nich i w konsekwencji ich ignorowanie. W rozdziale skupiono się na badaniach mających na celu zwiększenie efektywności interfejsów użytkownika, jednak co istotne, w sposób umożliwiający wyświetlenie danych tak aby ich odbiór nie wywoływał irytacji (był przyjazny) oraz efektu habituacji. W tym celu opracowano model wspomagający tworzenie efektywnych interfejsów graficznych kardiomonitora w symulatorach medycznych z uwzględnieniem stylu poznawczego użytkownika.

### 5.1. Rola częstotliwości i kontrastu

Interfejsy graficzne są standardowo projektowane w taki sposób, aby najważniejsze elementy znajdowały się w centralnej części ekranu i skupiały największą uwagę użytkownika. Zdarzają się jednak sytuacje, w których istotne jest aby użytkownik w sposób świadomy przekierował swoją uwagę w inną część ekranu np. do ważnego alertu. Często tego typu alerty wyświetlane są w obszarze peryferyjnym, tak aby nie wchodzić w interakcję z główną treścią wyświetlaną na ekranie.

Głównym celem badań była analiza widoczności bodźca wyświetlanego w obszarze peryferyjnym ekranu, mającego za zadanie odwrócenie uwagi użytkownika od centralnej części interfejsu (Rysunek 5.1). Istotne było znalezienie takich wartości parametrów bodźców, aby przykuwały uwagę użytkowników w pozytywny sposób, czyli bez wywołania uczucia irytacji. Parametry danego bodźca, na które zwracano uwagę, to kontrast między kolorem bodźca a jego tłem, częstotliwość jego migania oraz położenie na ekranie. W celu zbadania i wskazania parametrów przyciągających i utrzymujących uwagę użytkownika (pomimo dłuższej interakcji z systemem) zbadano kwestię wystąpienia efektu habituacji i sensytyzacji. Analizując wyniki otrzymane w ramach eksperymentu uzyskano istotność

statystyczną między poziomem kontrastu i częstotliwością bodźca oraz jego lokalizacją, a skutecznością przyciągania uwagi użytkownika.

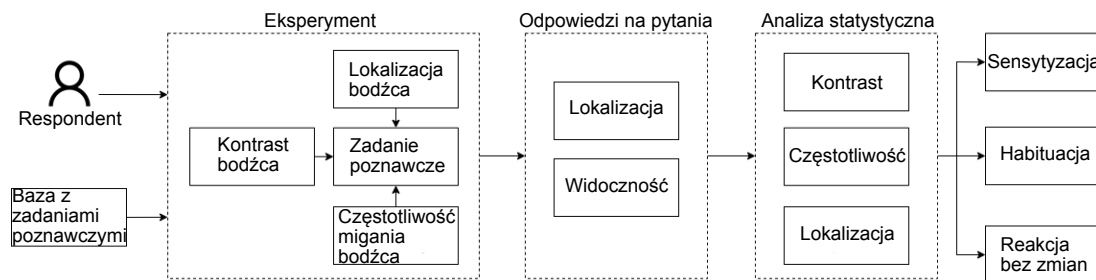


Rysunek 5.1. Widoczność bodźca na wyświetlaczu przy różnych poziomach kontrastu. Lewa strona: brak bodźca, prawidłowe skupienie uwagi obserwatora w centralnej części ekranu. Środek: niski kontrast bodźca, niezauważalny przez obserwatora ze względu na jego lokalizację i niewłaściwy dobór kontrastu. Prawa strona: odpowiednio wysoki kontrast bodźca zauważalny przez obserwatora w peryferyjnej części ekranu. Źródło: [36].

### 5.1.1. Eksperyment

Zaprojektowany eksperyment polegał na zbadaniu widoczności bodźca w zależności od ustawienia jego parametrów takich jak kontrast, częstotliwość migania oraz lokalizacja. Badanie przeprowadzono w sposób, zapewniający lokalizację bodźca w peryferyjnym obszarze widzenia użytkownika. Przed eksperymentem respondenci zostali poproszeni o przeczytanie pisemnych instrukcji. Po przeczytaniu instrukcji i zapoznaniu się z przykładowym interfejsem, uczestnicy badania w razie wątpliwości mogli zadawać pytania. Po udzieleniu odpowiedzi na pytania, rozpoczęło się główne badanie. Podczas eksperymentu sprawdzano dostrzeganie różnic pomiędzy bodźcami wyświetlanymi w peryferyjnym polu widzenia. Użytkowników poproszono, aby skupili się na zadaniu wyświetlanym w centralnej części ekranu a nie na bodźcu. Naszą intencją było sprawdzenie, czy bodziec w obszarze peryferyjnym jest w stanie odwrócić uwagę użytkownika od wykonywanego zadania, w zależności od ustawienia jego parametrów. Podczas badania, celowo zastosowano naturalne rozproszenie uwagi użytkownika w postaci bodźców (którego nie oczekiwał), aby uniknąć wytworzenia efektu przyzwyczajenia (habitacji) do określonego bodźca. Przebieg eksperymentu przedstawiono na Rysunku 5.2.

Do przeprowadzenia eksperymentu użyto okulografu Gazepoint GP3 HD 150 Hz. Okulograf był wykorzystany do monitorowania, czy bodziec wyświetlany w obszarze peryferyjnym, zgodnie z założeniem odwraca uwagę od wykonywanego zadania oraz do kontroli skupienia uwagi na centralną część ekranu (na zadaniu) a nie świadomego przenoszenia wzroku w obszar peryferyjny (na bodźce). Kalibracja (5-cio punktowa) okulografu polegała na śledzeniu przez respondenta wzrokiem wyświetlanego bodźca. Nie było górnego limitu czasowego do wykonania eksperymentu. Aby uniknąć stanu zmęczenia responden-



Rysunek 5.2. Konceptcja: proces gromadzenia wiedzy podczas eksperymentu. Źródło: [36].

ta, zgodnie z wytycznymi ITU500 [59], sesja została przygotowana w taki sposób aby nie trwała dłużej niż 30 minut. Stanowisko eksperymentalne przedstawiono na Rysunku 5.3 .



Rysunek 5.3. Stanowisko badawcze. Źródło: [36].

**Respondenci.** W eksperymencie przebadano 60 respondentów, którzy zadeklarowali prawidłowe lub skorygowane do normy. Wiek respondentów wahał się od 19 do 60 lat.

**Warunki wyświetlania.** Eksperymenty przeprowadzono na monitorze NEC z natywną rozdzielczością 1680 x 1050 pikseli. Wyświetlacz monitora został skalibrowany do przestrzeni kolorów sRGB przy użyciu kolorymetru Minolta CS-200 i spektrometru Specbos 1201.

**Obrazy testowe.** Eksperyment składał się ze 128 slajdów. Średni czas eksperymentu wynosił około 20-25 minut, więc nie było potrzeby dzielenia eksperymentu na bloki (mniej niż 30 minut wg wytycznych ITU500 [59]). Na początku eksperymentu, na środku ekranu pojawiło się zadanie w postaci obrazków, poniżej których były wyświetlone cztery możliwe odpowiedzi. Wzdłuż krawędzi ekranu wyświetlona została ramka, w której umieszczono osiem bodźców w wybranych lokalizacjach: lewy górny róg, lewy dolny róg, prawy górny róg, prawy dolny róg, środek prawej krawędzi ekranu, środek lewej krawędzi ekranu, środek górnej krawędzi ekranu, środek dolnej krawędzi ekranu. Przykładowy obraz

testowy przedstawiono na Rysunku 5.4. Po dwóch sekundach od wyświetlenia zadania, jeden z bodźców zaczynał migać losowo z jedną z czterech zadanych częstotliwości (0Hz - Brak migania, 1Hz - Niska, 2Hz - Średnia, 4Hz - Wysoka) oraz z jednym z trzech wstępnie ustawionych kontrastów (Niski, Średni, Wysoki). Poziomy kontrastu dobrano na podstawie wytycznych WCAG [69] odpowiednio: Niski - 3:1, Średni - 4.5:1, Wysoki - 7:1. Po 4 sekundach bodziec przestawał migać, a respondent musiał udzielić odpowiedzi na zadane wyświetlone na środku ekranu. Po udzieleniu odpowiedzi wyświetlane było pytanie: czy któryś/jaki bodziec migał. Jeśli respondent odpowiedział, że żaden bodziec nie migał, wyświetlany był kolejny slajd z nowym zadaniem na środku ekranu, natomiast jeśli respondent wskazał, że jeden z bodźców migał, pytano go o jego położenie.

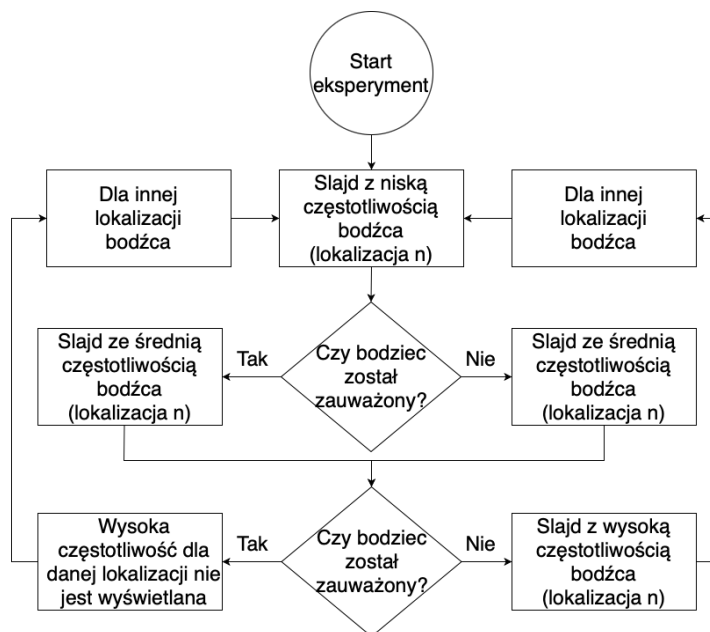


Rysunek 5.4. Przykład zadania poznawczego wykorzystanego w eksperymencie. Obszar centralny (środek ekranu) - zadanie poznawcze skupiające uwagę użytkownika z możliwymi odpowiedziami poniżej. Żółta ramka - przykład kolorowej ramki stanowiącej tło dla wyświetlanych bodźców. Bodźce umieszczone na ramce (czarne kropki) migały z jedną z zadanych częstotliwości: 1Hz, 2Hz, lub 4Hz. Źródło: [36].

W celu skrócenia czasu wykonywania eksperymentu zastosowano procedurę pozwalającą na pominięcie wybranych slajdów – metodę QUEST. Na nasze potrzeby metodę QUEST zastosowaliśmy w następujący sposób: jeżeli użytkownik w lokalizacji  $x$  zauważył bodziec ze stałą, niską i średnią częstotliwością i poprawnie ją wskazał pomijaliśmy wyświetlanie bodźca w miejscu  $x$  z dużą częstotliwością (Rysunek 5.5).

W procedurze tej założono, że reakcja na bodźce możliwe do pominięcia będzie analogiczna do reakcji na bodźce wyświetlone wcześniej z niższymi poziomami kontrastu czy częstotliwości migania. Innymi słowy, procedura optymalizacji eksperymentu polegała na tym, że w przypadku wskazywania przez użytkownika prawidłowych odpowiedzi, tj. zauważania niskich i średnich częstotliwości migania bodźca, kolejne slajdy nie wyświetlały wysokich częstotliwości dla danych pozycji. Metoda QUEST pozwoliła zyskać około 20% skrócenie czasu wykonywania eksperymentu. Po zakończonym badaniu odtworzono brakujące dane. Zadanie zrealizowano poprzez uzupełnienie brakujących danych o poprawne wskazania pozycji bodźców migających z wysoką częstotliwością lub wyświetlonych z wysokim kontrastem.





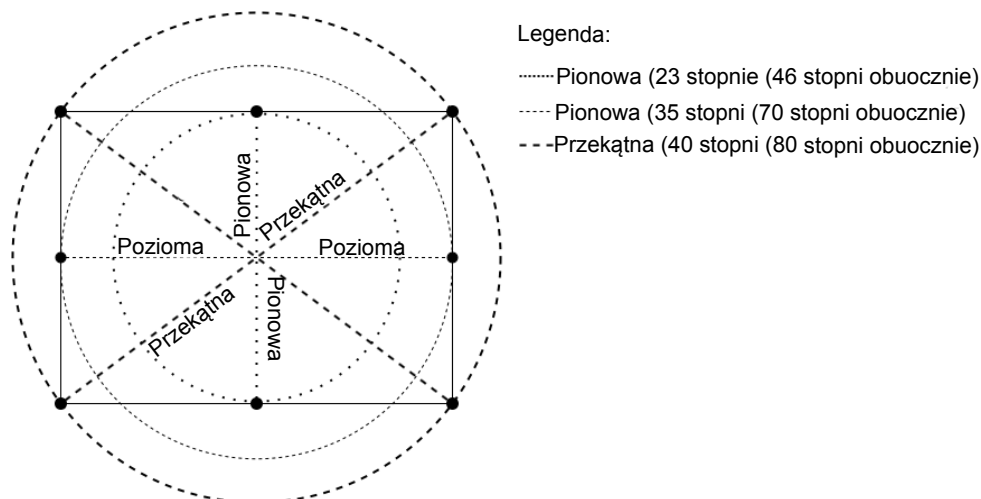
Rysunek 5.5. Procedura optymalizacji eksperymentu. Źródło: [36].

**Lokalizacja bodźca.** Lokalizacja bodźca użytego do przeprowadzenia eksperymentu wynikała z naturalnego widzenia peryferyjnego człowieka (podana w stopniach kąta widzenia). W związku z tym, że zalecana odległość człowieka od monitora to 42-70 cm (w przypadku tego eksperymentu 70 cm), kąty widzenia przy założeniu widzenia obucznego przyjęły następujące wartości: w pionie (46 stopni (23 stopnie x 2)) dla środkowej dolnej i górnej krawędź ekranu, poziomie (70 stopni (35 stopni x 2)) dla środkowej prawej i lewej krawędzi ekranu oraz po przekątnej (80 stopni (40 stopni x 2)) dla czterech rogów ekranu. Lokalizację bodźców zaznaczono na Rysunku 5.6.

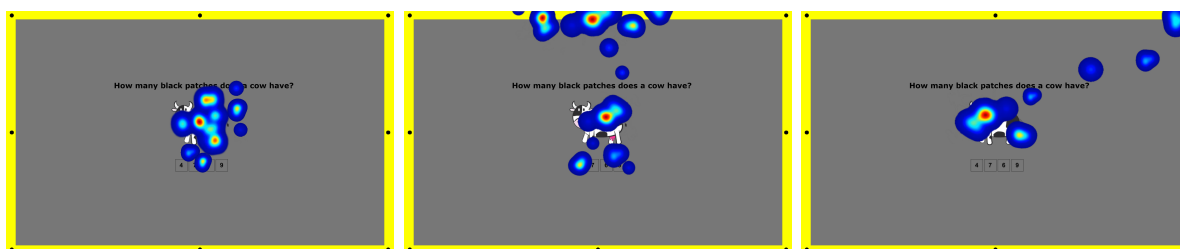
### 5.1.2. Wyniki

Pierwszym krokiem, po przeprowadzeniu serii eksperymentów percepcyjnych, była wizualna analiza zarejestrowanych danych przedstawionych za pomocą map cieplnych. Na podstawie nagrań dokonano selekcji osób, które celowo przekierowywały swój wzrok na wyświetlany bodziec (Rysunek 5.7). W wyniku przeprowadzonej analizy odrzucono 2 z 60 respondentów biorących udział w eksperymencie i ostatecznie do analizy włączono dane zebrane od 58 uczestników badania.

Kolejnym krokiem było wykonanie analizy statystycznej. Najpierw przeanalizowano korelację między zauważeniem bodźca a jego właściwą lokalizacją. Aby ustalić, czy istnieje związek między parametrami wyświetlanego bodźca w obszarze peryferyjnym oraz czy respondenci zauważyli migający bodziec dla danej konfiguracji, zastosowano test analizy wariancji ANOVA. Porównywane grupy były równe pod względem liczby osób, a ich



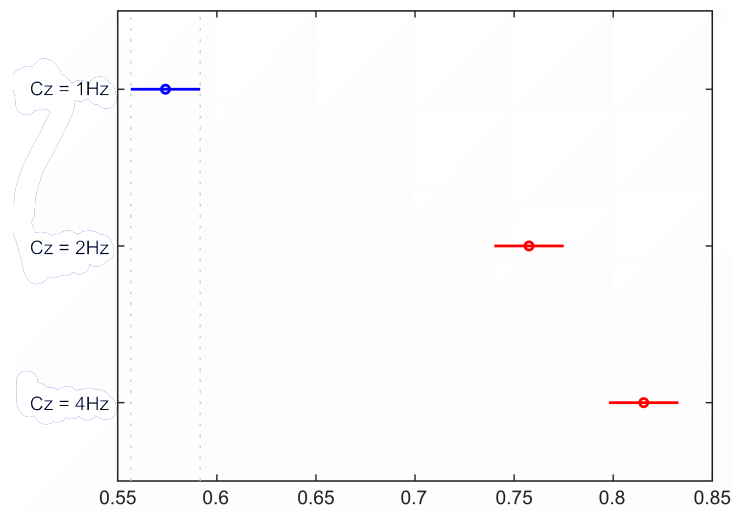
Rysunek 5.6. Położenie bodźca: Ciągła linia tworząca prostokąt to kontur ekranu, na którym wyświetlany był eksperyment. Czarne kropki to bodźce (kropki) wyświetlane z różnymi częstotliwościami i z różnym poziomem kontrastu. Przerywane linie reprezentują określone odległości kątowe (w stopniach) dla następujących kątów widzenia obuocznego (pozycja bodźca): pionowa (46 stopni (23 x 2)) w pionie (46 stopni (23 x 2)) dla środka dolnej i górnej krawędzi ekranu, w poziomie (70 stopni (35 x 2)) dla środka prawej i lewej krawędzi ekranu oraz po przekątnej (80 stopni (35 x 2)) dla środka prawej i lewej krawędzi ekranu i po przekątnej (80 stopni (40 x 2)) dla czterech rogów ekranu. Źródło: [36].



Rysunek 5.7. Mapy ciepłe odpowiadające przebiegowi eksperymentu. Lewa strona: respondent skupił się wyłącznie na wyświetlonym zadaniu poznawczym: eksperyment został przeprowadzony prawidłowo. Środek i prawa strona: Respondent skupił się na bodźcach w przestrzeni peryferyjnej, zamiast na zadaniu poznawczym: eksperyment został przeprowadzony niewłaściwie. Źródło: [36].

rozkład był zbliżony do normalnego. Wszystkie analizy wykonano dla przedziałów ufności równych 95%, dla poziomu istotności  $\alpha = 0,05$  (Rysunek 5.8).

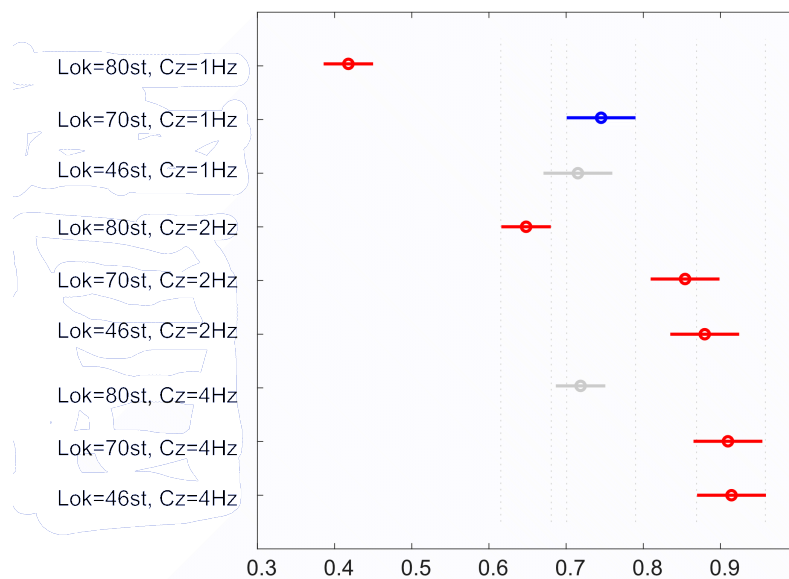
Kolejną analizę przeprowadzono w celu sprawdzenia, czy istnieje korelacja między kolejnymi orientacjami bodźca: pionową, poziomą i przekątną a ich widzeniem peryferyjnym. Lokalizacja bodźca została obliczona względem środka ekranu. Istotność statystyczną uzyskano dla różnic między częstotliwością migania równą 1Hz a pozostałymi częstotliwościami dla wszystkich lokalizacji bodźców (Rysunek 5.9). Oznacza to, że obiekty migające z niską częstotliwością (1Hz), niezależnie od miejsca, w którym się znajdują,



Rysunek 5.8. Test ANOVA: widoczność bodźca dla różnych częstotliwości migania (1Hz, 2Hz i 4Hz). Oś X opisuje widoczność bodźca, a oś Y przedstawia częstotliwość migania bodźca. Źródło: [36].

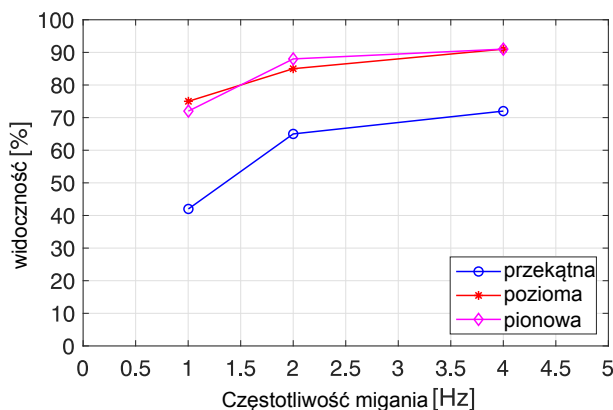
są znacznie mniej zauważalne niż te, które migają z częstotliwością większą lub równą 2Hz.

Natomiast dla analizowanych parametrów częstotliwości 2Hz i 4Hz nie stwierdzono istotności statystycznej dla wszystkich lokalizacji. W praktyce oznacza to, że percepcja obiektów migających w obszarze peryferyjnym dla obu poziomów częstotliwości jest podobna. W takim przypadku przy projektowaniu interfejsów graficznych należy wybrać częstotliwość migania 2Hz, ponieważ jest mniej inwazyjna niż częstotliwość migania równa 4Hz.



Rysunek 5.9. Test ANOVA: widoczność bodźca między wszystkimi poziomami częstotliwości migania i wszystkimi pozycjami bodźca na ekranie. Oś X opisuje widoczność bodźca, a oś Y częstotliwość migania i położenie bodźca. Źródło: [36].

Przeanalizowano również widoczność bodźców dla wszystkich podanych poziomów częstotliwości. Otrzymane wyniki przedstawiono na Rysunku 5.10. Analiza wykazała, że wraz ze wzrostem częstotliwości migania bodźca i malejącą odległością kątową rośnie widoczność bodźca.



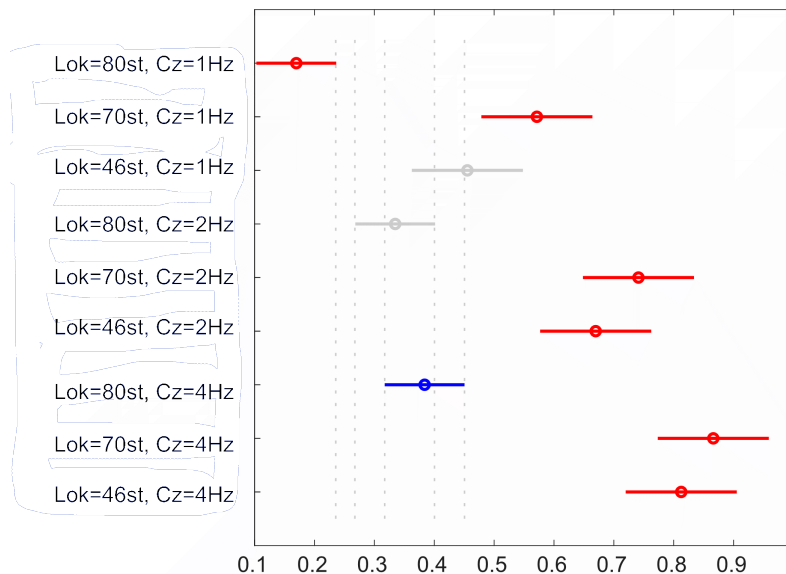
Rysunek 5.10. Widoczność bodźca dla trzech różnych częstotliwości migania, 1Hz, 2Hz i 4 Hz, oraz dla trzech różnych odległości kątowych, pionowej (46 stopni (szary)), poziomej (70 stopni (pomarańczowy)) i przekątnej (80 stopni) stopnie (niebieski) Źródło: [36].

Dla odległości kątowej najmniej zauważalnym bodźcem, niezależnie od częstotliwości migania, jest bodziec znajdujący się na przekątnej ekranu. Należy jednak zauważyć, że dla częstotliwości większych równych 2Hz, widoczność bodźca jest zbliżona dla lokalizacji pionowej, jak i poziomej. Wynika to z faktu, że częstotliwość migania 2Hz jest na tyle wysoka, że podniesienie tej wartości nie wpływa na zwiększenie zauważalności bodźców. Jest to więc górny próg widoczności bodźca.

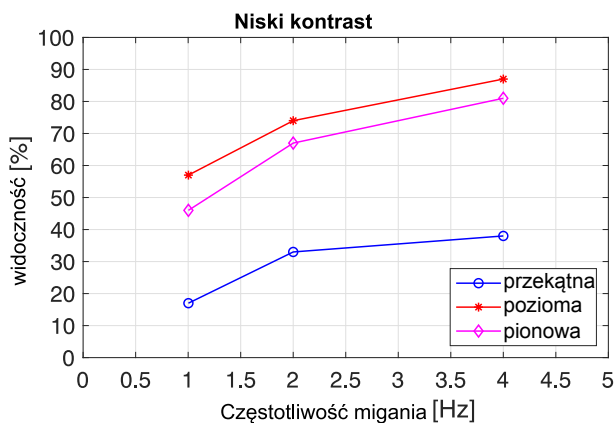
Aby dokładniej przeanalizować uzyskane dane, skupiono się na różnicach kontrastu między kolorem bodźca a tłem, na którym był wyświetlany a widocznością bodźca. W celu przeprowadzenia analizy wybraliśmy trzy różne poziomy kontrastu: niski (fioletowo-niebieski: F 1.4:1), średni (czarno-szary: P 7.6:1) i wysoki (czarno-żółty: P 19.6:1) .

**Niski kontrast - fioletowo-niebieski (F 1.4:1).** Zagłębiając się w analizę, dla widoczności bodźca o niskim kontraście (Rysunek 5.11), stwierdzono, że największą istotność statystyczną uzyskano między bodźcem migającym z częstotliwością równą 1Hz a pozostałymi częstotliwościami dla wszystkich lokalizacji: poziomej ( $p = 8.9702e - 08$ ), pionowej ( $p = 1.2104e - 06$ ) i przekątnej ( $p = 1.3346e - 05$ ). Ponadto istnieje różnica statystyczna między położeniem przekątnym bodźca a położeniem pionowym ( $p = 1.2104e - 06$ ) oraz poziomym ( $p = 0.0029$ ). Na przekątnej widoczność bodźca jest zdecydowanie najgorsza.

**Wnioski.** Z przeprowadzonych analiz wynika, że z praktycznego punktu widzenia w przypadku tworzenia interfejsów graficznych parametry, takie częstotliwość czy kontrast



Rysunek 5.11. Test ANOVA dla niskiego kontrastu: widoczność bodźca między wszystkimi poziomami częstotliwości migania i wszystkimi lokalizacjami bodźca na ekranie. Oś X opisuje widoczność bodźca, a oś Y częstotliwość migania i położenie bodźca. Źródło: [36].

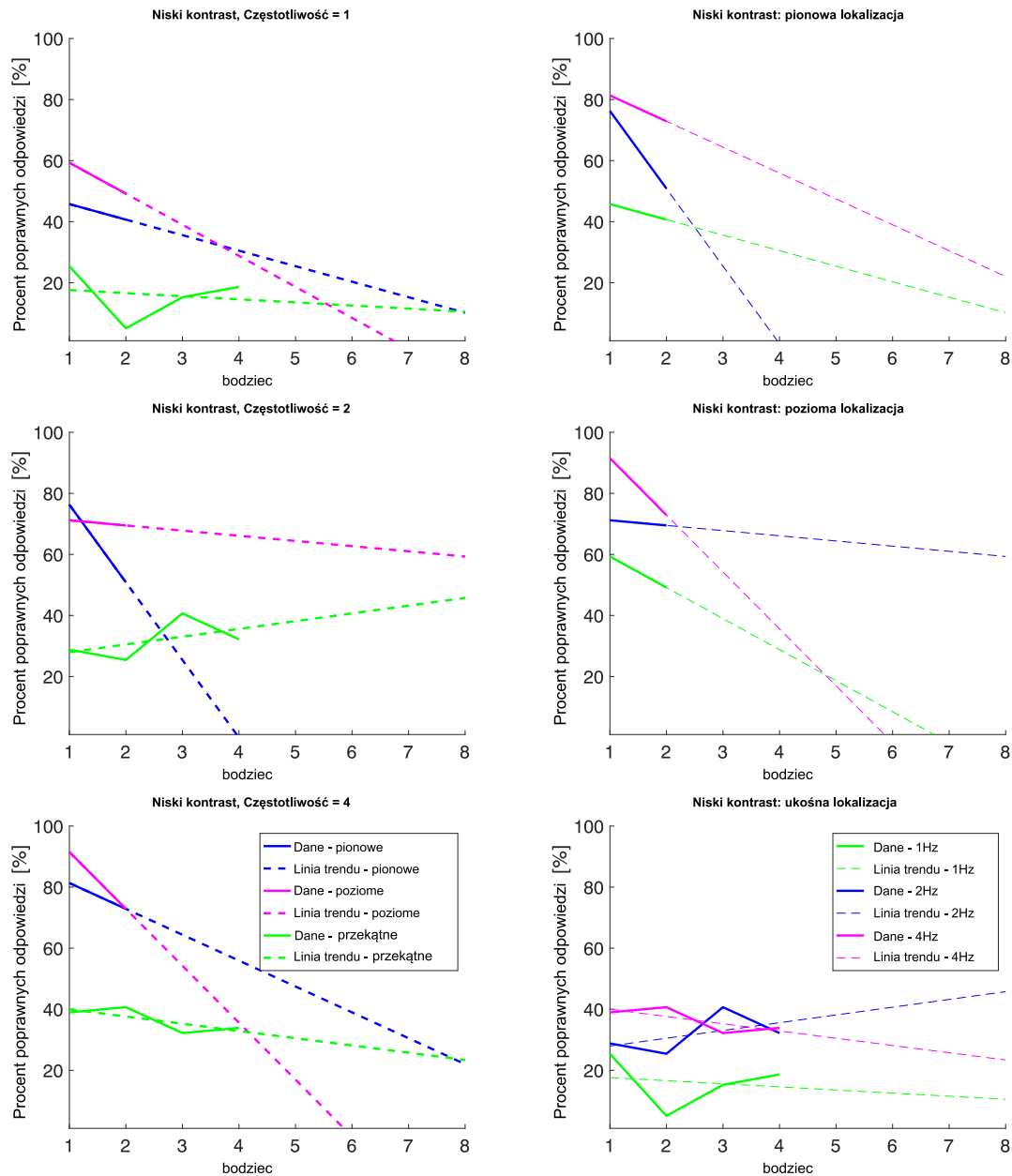


Rysunek 5.12. Widoczność bodźca przy niskim kontraście podana dla trzech różnych częstotliwości migania: 1Hz, 2Hz i 4Hz oraz dla 3 różnych odległości kątowych: 46 stopni (w poziomie), 70 stopni (w pionie) i 80 stopni (przekątnej). Źródło: [36].

odgrywają ogromną rolę w przyciąganiu uwagi. Im niższy kontrast elementów, tym wyższa powinna być częstotliwość ich migania (przy założeniu, że element będzie ustawiony w tej samej odległości kątowej).

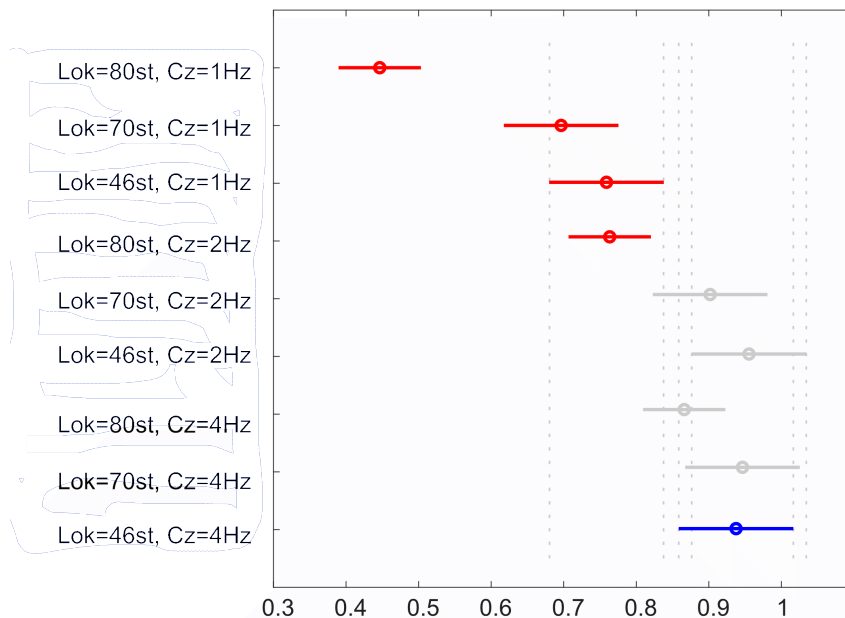
W przypadku zastosowania komponentów o niskim kontraście umieszczonych w peryferyjnym polu widzenia, dopiero wysoka częstotliwość migania (4Hz) wpłynęła na zauważenie bodźców i umożliwiła skupienie uwagi użytkowników na zadowalającym poziomie bliskim 90% (Rysunek 5.12). Częstotliwość 2Hz była widoczna dla 78%, co w kontekście m.in. alarmu krytycznego zdecydowanie nie jest zadowalające. Z drugiej strony, zdecydowanie lepiej zwiększyć kontrast bodźca niż jego częstotliwość migania.

**Efekt habituacji.** W kolejnym kroku wyznaczono linię trendu dla danych zebranych w każdym etapie eksperymentu dla niskiego poziomu kontrastu. Zarejestrowano zarówno efekt sensytyzacji (uwrażliwienia) jak i habituacji u respondentów (Rysunek 5.13 i Tabela 5.1).



Rysunek 5.13. Widoczność bodźca o małym kontraście (lewa kolumna) i odległości kąto-wej (prawa kolumna). Źródło: [36].

**Średni kontrast - czarno-szary (P 7.6:1)** Dla widoczności bodźca o średnim kontraście (Rysunek 5.14) znaleziono kluczową różnicę istotności dla pary częstotliwości 1Hz i 2Hz dla wszystkich lokalizacji. Natomiast pomiędzy częstotliwościami migania równymi 2Hz i 4Hz nie było istotnej statystycznie różnicy.

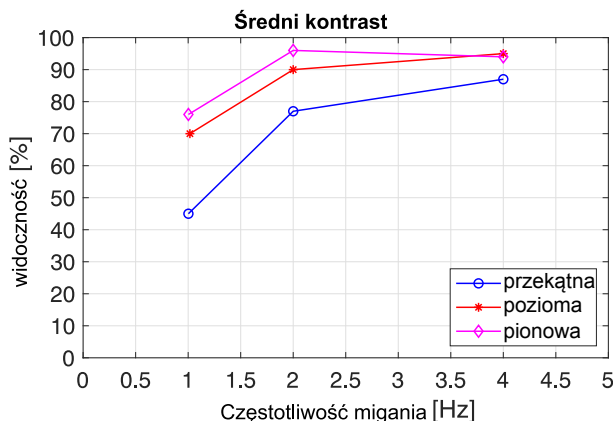


Rysunek 5.14. Test ANOVA - Istotność statystyczna między widocznością bodźca a częstotliwością jego migania dla średniego kontrastu - wszystkie odległości kątowe. Prawidłowe wskazania bodźca przez obserwatorów przedstawiono na osi X, a na osi Y częstotliwości migania bodźca i położenia bodźca, gdzie odległość kątowa wynosi: pionowa (46 stopni), pozioma (70 stopni), przekątna (80 stopni). Źródło: [36].

Kolejnym etapem analizy było sprawdzenie, wpływu bodźca o danej częstotliwości i położeniu na uwagę wzrokową respondentów (Rysunek 5.15) dla średniego kontrastu. Okazało się, że bodziec zlokalizowany na przekątnej ekranu jest najmniej zauważalny w porównaniu z jego pionową i poziomą lokalizacją.

**Wnioski.** Używając średniego kontrastu w interfejsach użytkownika, aby przyciągnąć uwagę respondenta wystarczy użyć częstotliwości migania parametru równą 2Hz. Zwiększenie tej wartości do 4Hz nie spowoduje zwiększenia widoczności elementów, jednak może wpłynąć na irytację lub złe samopoczucie użytkownika z powodu zbyt dużej częstotliwości migania. W przypadku lokalizacji pionowej i poziomej, począwszy od częstotliwości 2Hz widoczność w obszarze peryferyjnym kształtowała się na poziomie 90%, co wydaje się być wystarczające do większości zastosowań. Komunikaty są wtedy zauważalne przez prawie wszystkich użytkowników.

**Effekt habituacji.** W kolejnym kroku wyznaczono linię trendu dla danych zebranych w każdym etapie eksperymentu dla średniego kontrastu (Rysunek 5.16). Okazało się, że poziome i przekątne położenie bodźca wywołało efekt habituacji wśród respondentów.



Rysunek 5.15. Widoczność bodźca dla średniego kontrastu dla trzech różnych częstotliwości migania: 1Hz, 2Hz i 4Hz oraz dla 3różnych odległości kątowych: 46 stopni (w poziomie), 70 stopni (w pionie) i 80 stopni (przekątnej). Źródło: [36].

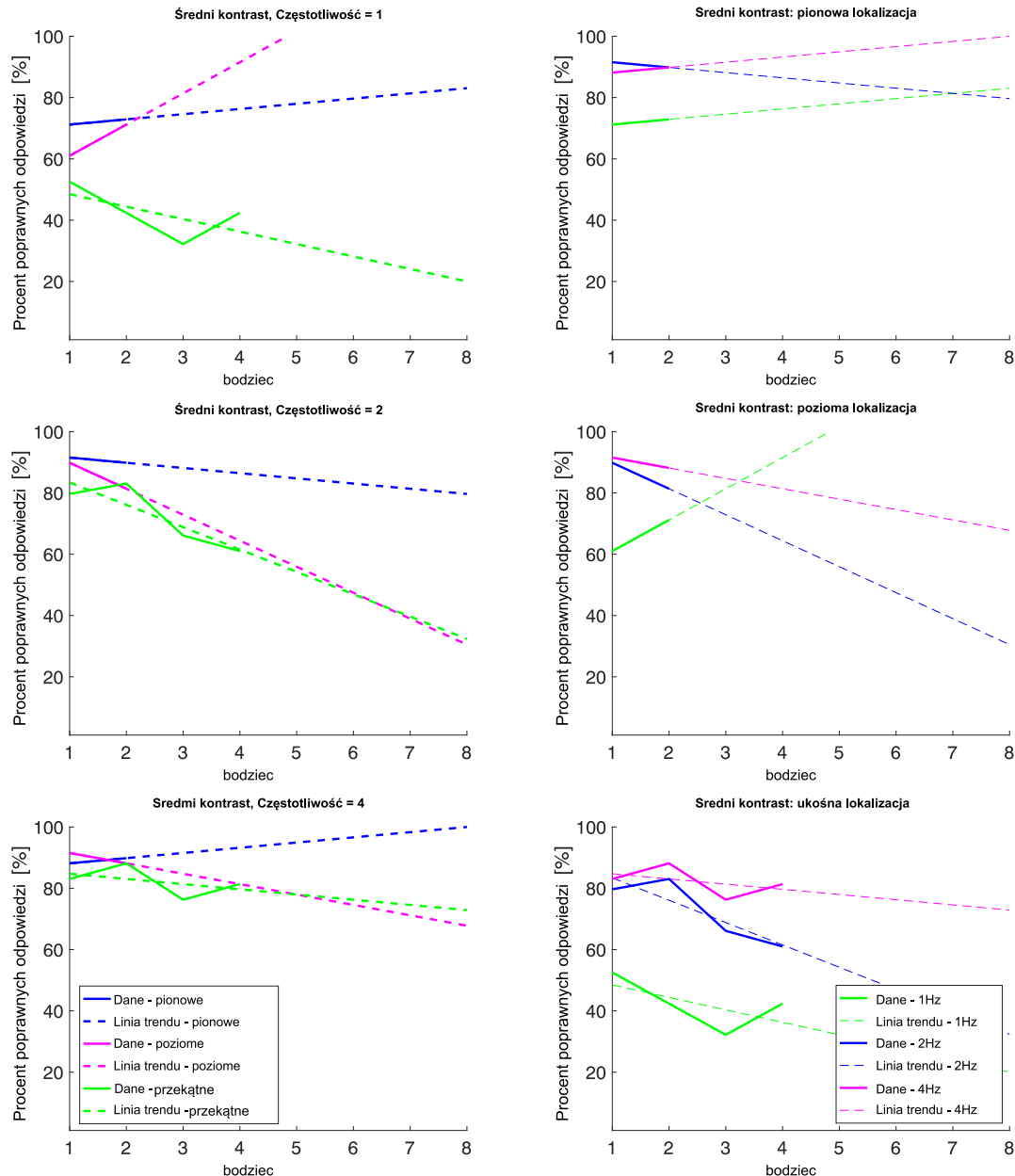
W przypadku bodźca ustawionego pionowo uzyskano efekt sensytyzacji (uwrażliwienia) na bodziec (Rysunek 5.16 i Tabela 5.1).

**Wysoki kontrast - czarno-żółty (P 19.6:1)** Ostatnim krokiem w analizie widoczności bodźca było sprawdzenie przypadku wysokiego kontrastu (Rysunek 5.17). W przypadku lokalizacji pionowej i przekątnej uzyskano istotne statystycznie różnice pomiędzy częstotliwością bodźca równą 1Hz a pozostałymi częstotliwościami (2Hz i 4Hz). Dla największych odległości kątowych (pomiędzy lokalizacją przekątną i poziomą) dla częstotliwości migania pomiędzy 1Hz a resztą częstotliwości uzyskano istotność statystyczną na poziomie ( $p = 2.8088e - 07$ ). Mniejszą, ale również istotną statystycznie wartość uzyskano między lokalizacją przekątną i poziomą bodźca dla częstotliwości 1Hz ( $p = 0.0071$ ), 2Hz ( $p = 7.1055e - 04$ ) i 4Hz ( $p = 1.4134e - 04$ ). Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między pionowym i poziomym położeniem bodźca. Reasumując, zgodnie z oczekiwaniami, najgorszą widoczność uzyskano dla lokalizacji przekątnej, a najlepszą dla najmniejszej odległości bodźca od środka ekranu, np. dla pozycji pionowej.

Ważną kwestią było również sprawdzenie widoczności bodźców dla różnych lokalizacji (przy wysokim kontraście) przez respondentów (Rysunek 5.18). Okazało się, że podobnie jak w przypadku niskiego i średniego kontrastu, przekątne położenie bodźca było najmniej zauważalne przez respondentów. Przy najniższej częstotliwości migania, bodziec zauważyło tylko 50% respondentów. Kiedy częstotliwość migania została zwiększona do 2Hz i 4Hz, około 80% respondentów zauważyło bodziec. W przypadku ułożenia bodźca poziomo przy częstotliwości 1Hz widoczność tego bodźca jest bliska 80%. Zwiększając częstotliwość migania bodźca z 1Hz do 2Hz i 4Hz widoczność bodźca dla wzrosła do około 90%.

Końcowym etapem było przeanalizowanie danych pod kątem efektu uwrażliwienia i habituacji dla poszczególnych kontrastów i położzeń bodźca.

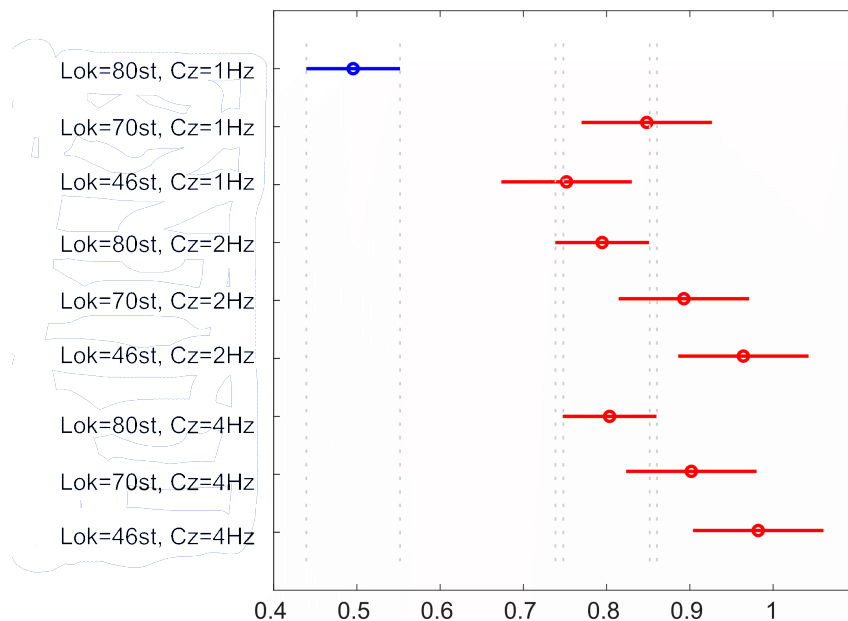




Rysunek 5.16. Widoczność bodźca o średnim kontraście odpowiednio pod względem częstotliwości (lewa kolumna) i odległości kątowej (prawa kolumna). Źródło: [36].

**Efekt habituacji.** W przypadku bodźca o wysokim kontraście, podobnie jak w przypadku niskiego i średniego kontrastu, oraz lokalizacji przekątnej i poziomej położenie bodźca wywoływało efekt habituacji u respondentów. Inaczej jest w przypadku lokalizacji pionowej. Tutaj, podobnie jak w przypadku bodźca o średnim kontraście, pionowe położenie bodźca wywołało efekt uwrażliwienia u respondentów (Rysunek 5.19).

**Wnioski.** Przeprowadzone badania wykazały, zgodnie z oczekiwaniami, znacznie częstsze występowanie zjawiska habituacji niż sensytyzacji. Otrzymane wyniki, przedstawiono w sposób zbiorczy, w postaci Tabeli 5.1.

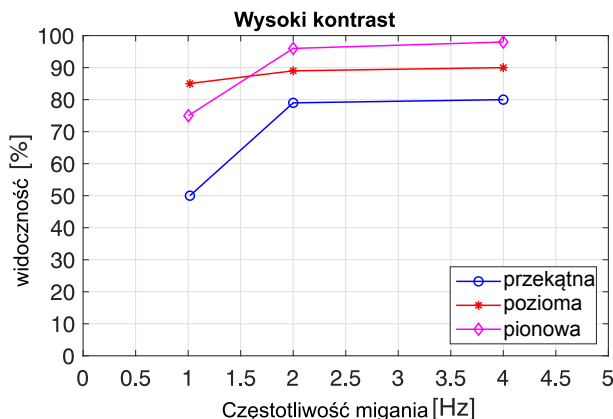


Rysunek 5.17. Test ANOVA - Istotność statystyczna między widocznością bodźca a częstotliwością jego migania dla wysokiego kontrastu - wszystkie odległości kątowe. Prawidłowe wskazania bodźca przez respondentów przedstawiono na osi X, a na osi Y częstotliwości migania bodźca i położenia bodźca, gdzie odległość kąтова wynosi: pionowa (46 stopni), pozioma (70 stopni), przekątna (80 stopni). Źródło: [36].

Efekt sensytyzacji uzyskano głównie dla bodźca umieszczonego blisko środka ekranu, tj. pionowego (górną-dół wyświetlacza) i poziomego (lewo-prawo wyświetlacza) dla częstotliwości progowej 2Hz, z wysokim kontrastem. Wynik jest szczególnie interesujący ze względu na wysoki poziom widoczności bodźca: 90%.

Dla pozostałych parametrów dominował efekt habituacji. Analizując wykresy przedstawione na rysunkach (Rysunek 5.13, Rysunek 5.16 i Rysunek 5.19) można zauważyć, że im wyższy poziom kontrastu i stosunkowo niewielkie odległości od centralnej części ekranu (lokalizacja pionowa i pozioma), efekt habituacji wydaje się niewielki, zwłaszcza dla częstotliwości migania bodźca na poziomie 2Hz. Przy częstotliwościach powyżej i poniżej progu 2Hz bodziec był mniej zauważalny lub efekt był zbyt irytujący dla respondenta, dlatego był ignorowany, zwłaszcza w przypadku lokalizacji poziomej.

W przypadku lokalizacji bodźca w rogach ekranu (przekątna) efekt habituacji nie był silny. Jednakże, nawet dla 2Hz i 4Hz widoczność bodźca w tej lokalizacji była mniejsza niż w przypadku lokalizacji poziomej. Dlatego nie jest zalecana ta lokalizacja, szczególnie w przypadku alertów krytycznych.



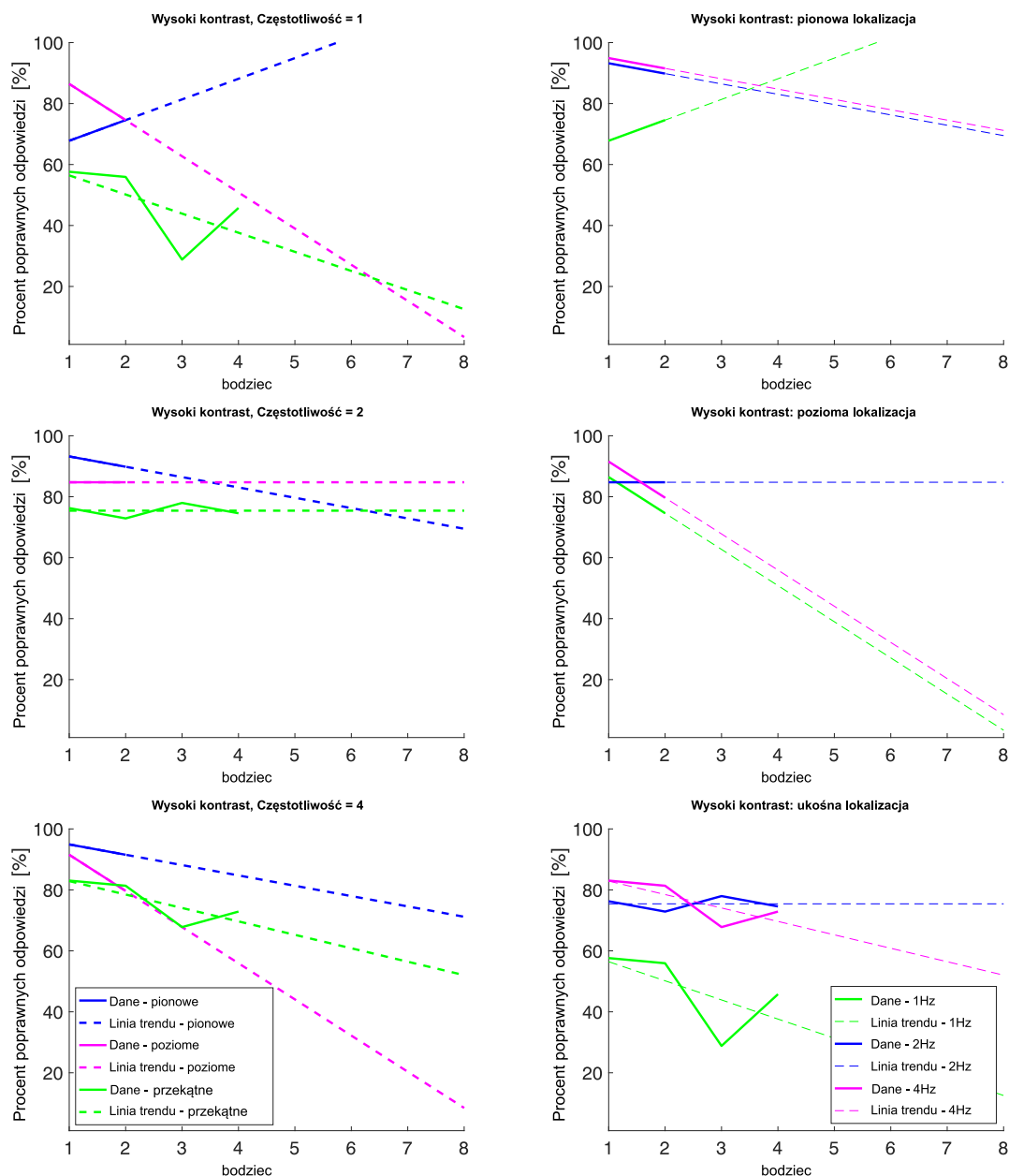
Rysunek 5.18. Widoczność bodźca dla wysokiego kontrastu dla trzech różnych częstotliwości migania: 1Hz, 2Hz i 4Hz oraz dla 3 różnych odległości kątowych: 46 stopni (w poziomie), 70 stopni (w pionie) i 80 stopni (przekątnej). Źródło: [36]

## Podsumowanie

Głównym celem badań i analiz przedstawionych w podrozdziale było zwrócenie uwagi użytkownika na obszar peryferyjny, nie odrywając go równocześnie od głównego zadania. Priorytetem było wyeliminowanie efektu przyzwyczajenia. Osiągnięto to, dzięki minimalizacji inwazyjności bodźca. Najbardziej pożądaną sytuacją było zwiększenie uwagi użytkownika na bodźce wyświetlane w obszarach peryferyjnych, niezależnie od tego, jak długo pracuje on z systemem, co oznaczałoby wywołanie efektu uwrażliwienia.

Jest to szczególnie istotne w przypadku pracy użytkownika w przez dłuższy czas z wieloma komunikatami wyświetlanymi na ekranie. W przypadku dużej intensywności wizualnej, częste komunikaty mogą obniżyć doświadczenie użytkownika i odwrócić jego uwagę od głównych zadań. Jak pokazano w sekcji z wynikami, rozwiązaniem mogą być bodźce o średnich kontrastach. Zastosowanie ich spowoduje przyciągnięcie uwagi, jednak ze zmniejszonym efektem przyzwyczajenia. Rozwiązanie to, sprawdzi się szczególnie dla bodźca który będzie zlokalizowany w odległościach kątowych takich jak pionowa czy pozioma lokalizacja (lokalizacje, w których bodziec był najlepiej widoczny dla użytkowników). Wygląda na to, że położenie poziome jest progiem widoczności dla bodźca. Większa odległość (przekątna) okazała się znacznie mniej zauważalna. Dlatego rogi ekranu nie są obszarami, w których powinny znajdować się ważne informacje w postaci alertów.

Podczas projektowania GUI, w przypadku elementów mających przyciągać uwagę, zalecana jest lokalizacja komponentów o wysokim kontraście i częstotliwości migania 4Hz w środkowej części bocznych lub górnej i dolnej monitora. W przypadku długotrwałych zastosowań, takich jak sesje wideo, gry i systemy medyczne, średni poziom kontrastu i niższa częstotliwość migania na poziomie 2Hz wydaje się wystarczająca. Przekroczenie poziomu 4Hz, z medycznego punktu widzenia, może powodować złe samopoczucie, ból głowy, a nawet zniekształcenia.



Rysunek 5.19. Widoczność bodźca o wysokim kontraście pod względem częstotliwości (lewa kolumna) i odległości kątej (prawa kolumna). Źródło: [36].

Przeprowadzone badania miały charakter praktyczny zarówno z punktu widzenia odległości kątowych odnoszących się do standardowej odległości użytkownika od ekranu, jak i częstotliwości migania, które są akceptowalne z punktu widzenia zdrowia i samopoczucia użytkownika. Badania te, mogą posłużyć do stworzenia interfejsów graficznych, które lepiej wykorzystają obszary peryferyjne (np. informacyjne lub alarmowe), którymi wcześniej zarządzano bez uwzględnienia centralnych obszarów ekranu.

Tabela 5.1. Zbiorcze przedstawienie efektu habituacji i sensytyzacji przez respondentów na kontrast: Wysoki, Średni i Niski, z uwzględnieniem częstotliwości (w Hz) migającego bodźca i różnych odległości kątowych (w stopniach). Czerwona strzałka oznacza habituację, zielona – sensytyzującą. Źródło: [36].

Wysoki kontrast	Częstotliwość migania bodźca			Średnia
	1Hz	2Hz	4 Hz	
Odległość kątowa				
46 stopni (pionowa)	↘	↗	↘	↗
70 stopni (pozioma)	↘	↗	↘	↘
80 stopni (przekątna)	↘	↘	↘	↘
Średni kontrast	Częstotliwość migania bodźca			Średnia
	1Hz	2 Hz	4 Hz	
Odległość kątowa				
46 stopni (pionowa)	↗	↘	↗	↗
70 stopni (pozioma)	↗	↘	↘	↘
80 degree (przekątna)	↘	↘	↘	↘
Niski kontrast	Częstotliwość migania bodźca			Średnia
	1Hz	2 Hz	4 Hz	
Odległość kątowa				
46 stopni (pionowa)	↘	↘	↘	↘
70 stopni (pozioma)	↘	↘	↘	↘
80 stopni (przekątna)	↘	↗	↘	↘

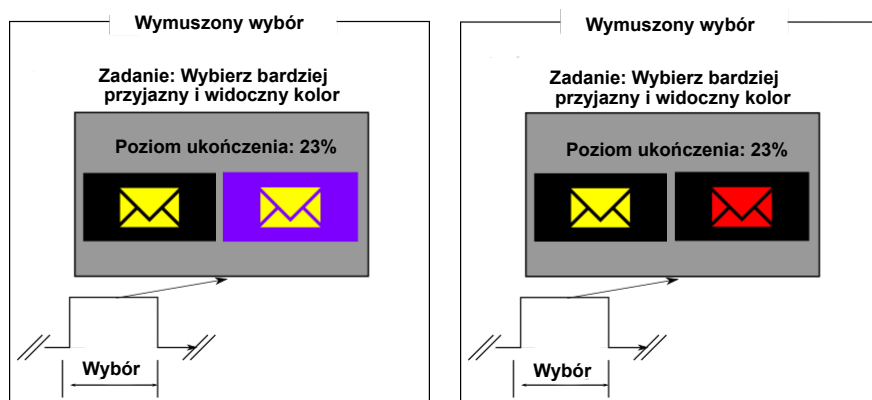
## 5.2. Kontrast pary kolorów a ich widoczność i przyjazność

Rolę kontrastu w postrzeganiu komponentów zlokalizowanych w obszarze peryferyjnym opisano powyżej. Jak jednak wygląda kwestia widoczności komponentu w kontekście nie tylko ich kontrastu z tłem ale również przyjaznego oddziaływania na użytkownika, czyli takiego które nie wywołuje uczucia irytacji? Pomimo istnienia wytycznych i standardów użyteczności, takich jak Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) [69], które określają minimalny poziom kontrastu dla optymalnego doświadczenia użytkownika, maksymalny poziom kontrastu nie został jednoznacznie zdefiniowany w kontekście pozytywnego doświadczenia użytkownika. Ostatnie badania [36] wskazują, że nadmiernie wysoki kontrast może negatywnie wpływać na doświadczenie użytkownika, a zbyt niski kontrast prowadzi do obniżenia widoczności. W niniejszym podrozdziale opisano eksperymenty mające na celu zbadanie poziomu przyjazności oraz widoczności wybranych kombinacji kolorów. W wyniku tych badań możliwe było znalezienie kombinacji kolorów, które, mimo że nie wykazywały wysokiego kontrastu, zapewniały odpowiednią widoczność oraz komfort użytkownika, innymi słowy zapewniły widoczność elementów bez wywoływania uczucia zmęczenia czy irytacji.

### 5.2.1. Eksperyment

Eksperyment opracowano z wykorzystaniem metody *porównania parami z wymuszonym wyborem* [1]. Uczestnikom badania wyświetlana była para obrazów, z której należało wybrać obraz bardziej przyciągający wzrok użytkownika ale w sposób mniej irytujący (Rysunek 5.20). Tym sposobem respondenci byli zmuszeni do wyboru jednego

obrazu, nawet jeśli nie widzieli między nimi żadnej różnicy (stąd nazwa „wybór wymuszony”). Podczas badania nie było ograniczeń czasowych, w których trzeba było podjąć decyzję. Podejście, jest dość często wykorzystywane w badaniach, niestety jest bardzo czasochłonne, szczególnie jeżeli istnieje konieczność porównania dużej liczby par obrazów. Nie zmienia to faktu, że metoda wymuszonego wyboru charakteryzuje się najmniejszą wariancją pomiaru, a tym samym daje najdokładniejsze wyniki [39].



Rysunek 5.20. Procedura wymuszonego wyboru: ten sam kolor obrazu głównego (po lewej) i ten sam kolor tła (po prawej). Źródło: [43].

**Procedura eksperymentalna.** W pierwszej kolejności, jeszcze przed rozpoczęciem badania respondenci zostali proszeni o przeczytanie pisemnej instrukcji badania. Zgodnie z zaleceniem [1] eksperyment rozpoczął się sesją szkoleniową, podczas której respondenci zapoznawali się z zadaniem, interfejsem i wyświetlanymi obrazami. Aby upewnić się, że respondenci w pełni zrozumieli instrukcję, na początku głównej sesji pokazano trzy losowe pary obrazów bez rejestrowania wyników. Obrazy były wyświetlane w losowej kolejności i z inną randomizacją dla każdej sesji. W miarę możliwości unikano dwóch kolejnych prób przedstawiających ten sam obraz testowy.

**Warunki wyświetlania.** Obrazy były wyświetlane na szarym tle. Wielkość obrazów zajmowała 50% tła. To samo tło zastosowano dla odstępów między wyświetlanymi parami obrazów. Eksperyment przeprowadzono na komputerze Microsoft Surface Pro 4 z 12-calowym wyświetlaczem skalibrowanym za pomocą X-Rite i1 Publish Pro 2. Do porównania wybrano tylko obrazy o tym samym kolorze tła lub piktogramu (Rysunek 5.20). Takie podejście umożliwiło użytkownikom wiarygodne porównanie, ponieważ wprowadzenie więcej niż trzech kolorów (jednego podstawowego i dwóch drugorzędnych) utrudniłoby przeprowadzenie eksperymentu lub nawet doprowadziłoby do niespójnych wyników.

**Respondenci.** Eksperyment został przeprowadzony przez 35 respondentów, u których potwierdzono, że mają normalne lub skorygowane do normalnego widzenie. Wiek obserwatorów mieścił się w przedziale od 20 do 68 lat. Dla dodatkowej wiarygodności każdy z obserwatorów powtarzał każdy eksperyment trzy razy. Aby zmniejszyć efekt ucze-

nia się, powtórzeń nie odbywały się tego samego dnia. Według badań przedstawionych w publikacji[39] zebranie 30–60 powtórzeń na warunek jest wystarczające. Przez warunek rozumiemy dwa dopasowane kolory (piktogram lub tło) reprezentowane przez parę obrazów.

**Obrazy testowe.** W celu znalezienia najbardziej przyciągających wzrok i równocześnie przyjaznych użytkownikowi par kolorów, przygotowano 72 obrazy w następujący sposób: dla każdego z analizowanych kolorów (czarny, szary, zielony, niebieski, fioletowy, czerwony, pomarańczowy, żółty i biały), jeden kolor został ustalony jako podstawowy (i ustawiony jako tło lub kolor piktogramu), a drugi kolor został wybrany z zestawu pozostałych kolorów i nazwany kolorem drugorzędym. Przykładowe obrazy z czarnym kolorem podstawowym przedstawiono na Rysunku 5.21.



Rysunek 5.21. Przykładowe obrazy testowe użyte w eksperymencie. Na rysunku obrazy składają się z czarnego koloru ustawionego jako podstawowy kolor tła (górną) i dla piktogramu (dół) Źródło: [43].

**Kolory.** Teoria kolorów obejmuje wiele definicji, koncepcji i zastosowań projektowych. Istnieją podstawowe kategorie teorii kolorów, które są często wykorzystywane podczas projektowania elementów graficznych, takie jak: koło kolorów, harmonia kolorów, kontrast kolorów, kontekst użycia kolorów itp. Przy wyborze kolorów do eksperymentu kierowano się następującymi zasadami:

- Mała liczba kolorów (maksymalnie 10). Zbyt wiele wariantów wpłynęłoby negatywnie na percepcję użytkownika i przebieg eksperymentu.
- Zastosowanie kolorów neutralnych: biały, czarny i szary. Pełnią uspokajającą i neutralizującą rolę.
- Zastosowanie nasyconych kolorów, które są najczęściej wybierane jako elementy przyciągające uwagę.

Analizując trendy i wzorce projektowe można zauważyć, że istnieje trend „Modulowania żywych kolorów przez neutralne”, zgodnie z którym coraz częściej wykorzystuje się podstawowe, nasycone kolory jako główne elementy, np. w reklamach, sloganach, menu czy przyciskach. Łączy się je z neutralnymi kolorami, aby je zmiękczyć i zwiększyć widoczność. Do badań, wybór kolorów oparto na tradycyjnym kole kolorów, znanym również jako diagram kołowy Isaaca Newtona, który był podstawą różnych badań oraz wielu systemów i teorii [45]. Koło kolorów można podzielić na trzy części złożone z kolorów podstawowych: czerwonego, żółtego i niebieskiego. Mieszanie tych kolorów tworzy kolory drugorzędne:

pomarańczowy, zielony i fioletowy. W eksperymencie wykorzystano ostatecznie dziewięć kolorów: czerwony, żółty, niebieski, pomarańczowy, zielony, fioletowy, czarny, szary i biały.

**Kontrast.** Pary kolorów dobrane zostały zgodnie z poziomami kontrastów zdefiniowanymi w Standardzie WCAG 2.1 [69], który definiuje kontrast przy użyciu podejścia numerycznego jako stosunek składników luminancji (jasności) dwóch kolorów, obliczony na podstawie ich składowych RGB. Poziomy kontrastu:

- Minimalny kontrast (poziom AA): Kontrast między tłem a pierwszym planem co najmniej 4.5:1 (lub co najmniej 3:1 dla dużego rozmiaru czcionki);
- Zwiększony kontrast (poziom AAA): Kontrast między tłem a pierwszym planem co najmniej 7:1 (lub co najmniej 4.5:1 dla dużego rozmiaru czcionki).

Wykorzystane poziomy kontrastów są zgodne z poziomami kontrastów wykorzystanymi w eksperymencie z badania przedstawionego w Sekcji 5.1.1 (Obrazy testowe).

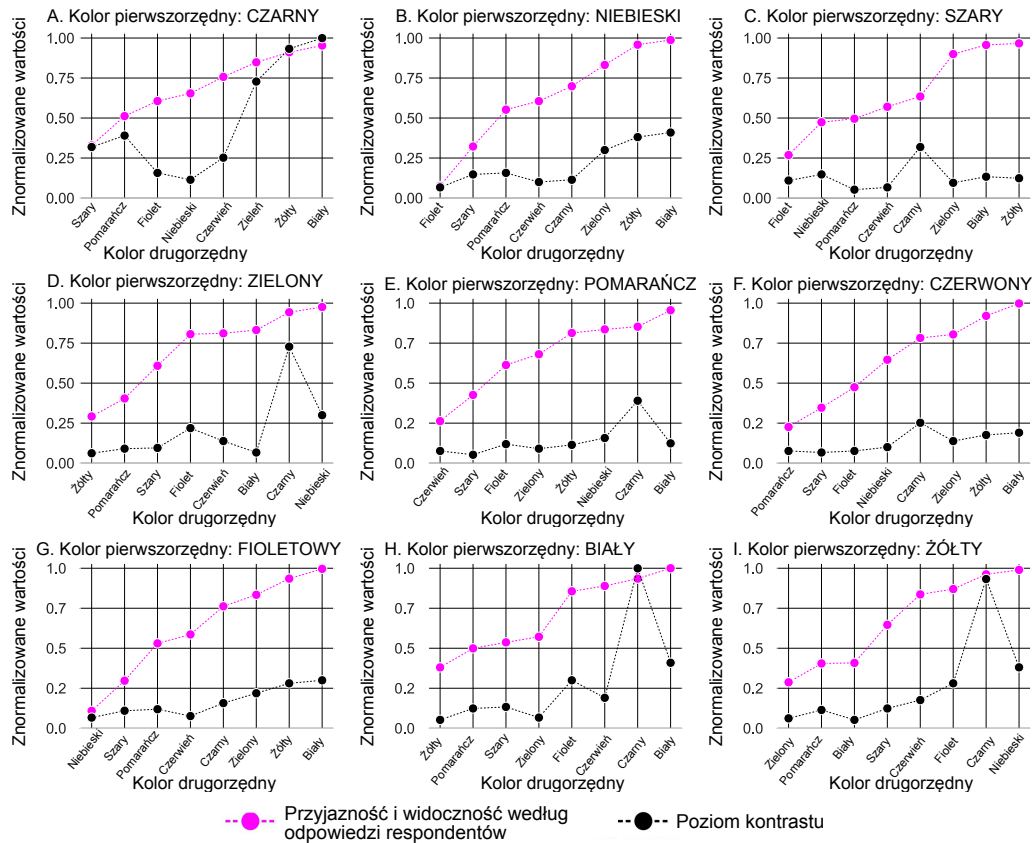
### 5.2.2. Wyniki

Po przeprowadzonym eksperymencie dane zostały ustandaryzowane i znormalizowane, co umożliwiło łatwiejszą analizę wyników. Podczas eksperymentu respondenci oceniali kolory w ramach dziewięciu kolorów podstawowych: czarnego, szarego, zielonego, niebieskiego, fioletowego, czerwonego, pomarańczowego, żółtego i białego. Każdy kolor podstawowy został ustalony jako tło lub piktogram, jak pokazano na Rysunku 5.21. Celem było zbadanie, czy zmiana koloru podstawowego wpływa na ocenę respondenta pod względem przyjazności i widoczności. Analiza wyników eksperymentu wykazała, że respondenci nie widzieli dużej różnicy między kolorem podstawowym jako tłem a kolorem podstawowym jako piktogram. W przypadku tych samych par kolorów podstawowych i drugorzędnych, gdzie kolorem podstawowym było tło lub piktogram, średnia różnica między odpowiedziami użytkowników wynosiła 0.11. Dlatego wyniki z obydwu przebiegów zostały uśrednione. Aby porównać wyniki zgodnie ze standardem WCAG [69], wartości kontrastu również zostały znormalizowane i wyświetlane dla tych samych par kolorów.

Ranking kolorów pokazany na Rysunku 5.22 jest głównym wynikiem przeprowadzonych badań. Ranking kolorów jest uporządkowany według łatwości obsługi i widoczności na podstawie odpowiedzi respondenta. Wyniki przedstawiono dla kolorów podstawowych od A do I, połączonych z zestawem kolorów drugorzędnych (oś X). Wszystkie dane zostały znormalizowane i podzielone na cztery zakresy z wartościami podziału 0, 0.25, 0.75 i 1 (oś Y).

W zakresie  $< 0; 0.25$ ), istnieją pary kolorów podstawowych i drugorzędnych oceniane przez respondentów jako najmniej przyjazne i widoczne. W przedziale  $< 0.75; 1$ ), istnieją pary kolorów podstawowych i drugorzędnych oceniane przez respondentów jako najbardziej przyjazne i widoczne. Pary kolorów podstawowych i drugorzędnych o najwyższych współczynnikach kontrastu nie zostały najwyżej ocenione przez respondentów pod





Rysunek 5.22. Rysunek przedstawia wyniki dla dziewięciu testowanych kolorów: A. Czarnego, B. Niebieskiego, C. Szarego, D. Zielonego, E. Pomarańczowego, F. Czerwonego, G. Fioletowego, H. Białego i I. Żółtego. Ranking kolorów jest uporządkowany według poziomu przyjazności i widoczności. Każdy wykres dotyczy tylko jednego koloru podstawowego. Na osi X znajduje się zestaw kolorów drugorzędnych. Oś Y przedstawia znormalizowane wartości uzyskane w eksperymencie. Każdy wykres przedstawia dwa wykresy. Pierwszy (magenta) pokazuje przyjazność i widoczność par kolorów - kolorów podstawowych i drugorzędnych. Drugi (czarny) pokazuje obliczenie kontrastu dla tych samych par kolorów. Kontrast określono zgodnie ze standardem WCAG. Źródło: [43].

względem przyjazności i widoczności: przypadki C, D, E, F, H lub I. Z drugiej strony pary kolorów podstawowych i drugorzędnych o najniższym współczynniku kontrastu osiągnęły wysoki poziom przyjazności i widoczności dla respondenta, np. D: zielony-biały; Odp.: czarny-niebieski.

## Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych danych przedyskutowano możliwość osiągnięcia równowagi między wysokim kontrastem, widocznością i przyjaznością komponentów GUI dla użytkownika. Elementy graficzne w GUI mogą być widoczne i przyciągać uwagę użytkownika, ale jednocześnie być przyjazne i nie drażniące.

### 5.3. Wpływ stresu krótkotrwałego na efektywność odczytu parametrów GUI kardiomonitora

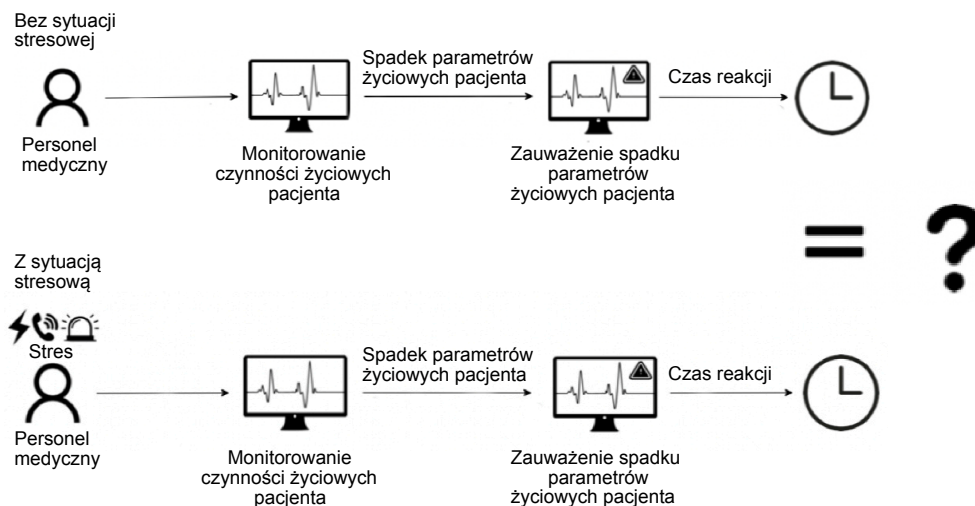
Sytuacje występujące w szpitalach, zwłaszcza na oddziałach wzmożonej opieki nad pacjentem mogą przyczyniać się do podwyższonego napięcia i silnych emocji, spowodowanych stresem. Tego typu sytuacje, powodują stres krótkotrwały (ostry), który w odróżnieniu od stresu chronicznego będącego skutkiem długotrwałego narażenia na stresory (np. codzienny kontakt z trudnymi do rozwiązania problemami, presja czasu), jest reakcją na nagłe zagrożenie o charakterze fizycznym (nagłe uderzenie, niespodziewane dotknięcie, lub innego rodzaju interakcja fizyczna), emocjonalnym (presja otoczenia, znieważenie) lub psychologicznym (poczucie zagrożenia, wywołane np. nagłym dźwiękiem) [51]. Stres nawet krótkotrwały przyczynia się do obniżonej percepcji człowieka, powodując często chaotyczne zachowania. Dlatego też, ważnym aspektem jest ułatwienie pracy medykom, by w sytuacjach stresowych chaotyczność ich działania spowodowana wystąpieniem stresu krótkotrwałego była zmniejszona. Pracę medyków można usprawnić poprzez zmodyfikowanie GUI kardiomonitorów. Jest to możliwe ponieważ, obecne kardiomitory umożliwiają konfigurację interfejsu w sposób, umożliwiający zmianę lokalizacji wyświetlanych komponentów, ich postać: numeryczną lub w postaci sygnału, liczbę parametrów i ich rodzaj oraz kolory wyświetlanych parametrów. Jednakże, aktualnie możliwości konfiguracji nie są wykorzystywane.

Powstaje zatem pytanie, czy standardowa konfiguracja kardiomonitora jest wystarczająca, czy też może prowadzić do opóźnień w dostrzeganiu zmian parametrów życiowych pacjenta, zwłaszcza w sytuacjach stresowych? Aby udzielić odpowiedzi na powyższe pytanie, opracowano i przeprowadzono badania percepcyjne na symulatorach wysokiej wierności z udziałem personelu medycznego. Celem był pomiar czasu reakcji użytkowników, związany z postrzeganiem zmian parametrów życiowych pacjenta wyświetlanych na kardiomonitorze, zarówno w sytuacjach stresowych jak i bezstresowych (Rysunek 5.23).

#### 5.3.1. Eksperyment

Aby przeprowadzić badania, opracowano eksperyment percepcyjny, który miał na celu sprawdzenie czasu reakcji personelu medycznego na spadające parametry życiowe pacjenta wyświetlane na kardiomonitorze, zarówno w sytuacji stresowej, jak i bezstresowej.

**Respondenci.** Eksperyment przeprowadzono z udziałem 21 respondentów, którzy zadeklarowali widzenie normalne lub skorygowane do normalnego. Wszystkie analizowane dane zostały w pełni znormalizowane. Przed eksperymentem uczestnicy wyrazili świadomą pisemną zgodę na wykorzystanie danych z eksperymentu percepcyjnego w badaniach (zgodnie z Porozumieniem Komisji Bioetycznej nr KB-0012/24/2020).



Rysunek 5.23. Wpływ obciążenia poznawczego w postaci stresu na postrzeganie zmian parametrów życiowych pacjenta wyświetlanych na ekranie kardiomonitora. Definicja problemu. Źródło: [20].

**Eksperyment.** Eksperyment przeprowadzono z wykorzystaniem kardiomonitora Terra Monitor. Podczas eksperymentu rejestrowano punkt skupienia wzroku uczestnika badania za pomocą okulografu Tobii Eye Tracker Glasses 2 [41] oraz sygnał EKG za pomocą opaski na klatkę piersiową (Aidlab) [16]. Głównym zadaniem respondentów było podłączenie pacjenta do aparatury medycznej, a następnie monitorowanie jego parametrów życiowych. Przed przystąpieniem do eksperymentu badany został poinformowany, że w przypadku spadku parametrów życiowych pacjenta jest zobowiązany do podjęcia odpowiedniego postępowania medycznego mającego na celu ratowanie życia pacjenta. Osoba odpowiedzialna za prawidłowe przeprowadzenie eksperymentu miała możliwość na bieżąco zmiany parametrów życiowych pacjentów, czyli ich obniżenia w zadanym przedziale czasowym.

**Stanowisko badawcze.** Do przeprowadzenia eksperymentu wykorzystano stanowisko badawcze znajdujące się w Centrum Symulacji Medycznej Collegium Medicum Uniwersytetu Zielonogórskiego (Rysunek 5.24). Stanowisko badawcze składało się z fantomu, niezbędnych urządzeń medycznych do monitorowania życia pacjenta, takich jak kardiomonitor, EKG, pulsoksymetr i rękaw do pomiaru ciśnienia. Dodatkowo wykorzystano okulograf, który umożliwił rejestrację postrzegania otoczenia przez respondenta podczas przeprowadzania procedury eksperymentalnej. Aby upewnić się, że bodźce, których użyto w eksperymencie, wywołały odpowiednio wysoki poziom stresu, respondenci mieli założony pas piersiowy Aidlab EKG, który rejestrował sygnał akcję pracy serca (Rysunek 5.24).

**Bodźce stresogenne.** W celu wywołania stresu u badanego, podczas eksperymentu zastosowano dwa rodzaje bodźców stresogennych (stresorów): dźwięk dzwoniącego



Rysunek 5.24. Stanowisko badawcze (1) złożone z łóżka, na którym leży fantom (pacjent), kardiomonitora, (2) okulografu (ET) Tobii Eye Tracker 2 [41] z laptopem rejestrującym dane oraz (3) pasa piersiowego do zapisu sygnału EKG (AidLab) [16]. Stanowisko zlokalizowane jest w Centrum Symulacji Medycznej Collegium Medicum Uniwersytetu Zielonogórskiego. Źródło: [20].

telefonu oraz sygnał karetki. Wybór bodźców był motywowany symulacją warunków naturalnych występujących w szpitalnym oddziale ratunkowym. Bodźce zastosowano losowo.

**Procedura eksperymentalna** Eksperyment podzielono na dwie części: Eksperyment 1 i Eksperyment 2. Badania przeprowadzono w odstępie jednego tygodnia. Początkowym etapem eksperymentu była kalibracja sprzętu, takiego jak okulograf i pas piersiowy do rejestracji sygnału EKG. Po procesie kalibracji rozpoczęto główny eksperyment. Całościowa procedura eksperymentalna składała się z 7 następujących kroków (Rysunek 5.25):

**Krok 1.** Kalibracja biosensorów (ET i EKG). W przypadku okulografu (ET) zgodnie z instrukcją [42] przeprowadzono tylko jednopunktową kalibrację. Korzystanie z pasa piersiowego EKG wymagało sprawdzenia prawidłowego zapięcia pasa i zarejestrowania odpowiednio silnego sygnału. Kalibracja biosensorów została przeprowadzona zarówno dla pierwszego (Eksperyment 1) jak i drugiego (Eksperyment 2) przebiegu eksperymentu

**Krok 2.** Po zgłoszeniu przez respondenta gotowości do przeprowadzenia eksperymentu, jego pierwszym zadaniem było podłączenie pacjenta do urządzeń medycznych (pulsoksymetru, mankietu do pomiaru ciśnienia krwi, elektrody do EKG). Krok 2 był taki sam dla przebiegu Eksperymentu 1 i przebiegu Eksperymentu 2.

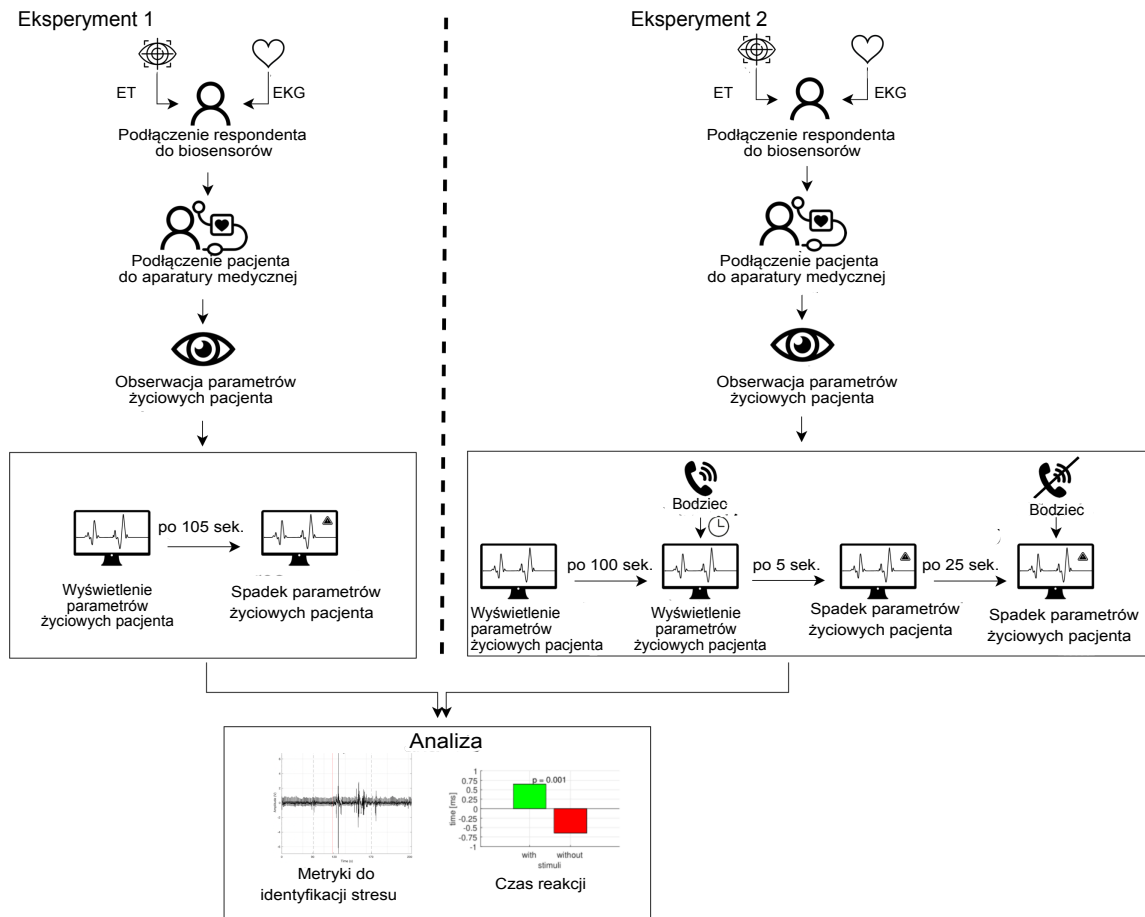
**Krok 3.** Na tym etapie respondent miał za zadanie monitorować parametry życiowe pacjenta. W kroku nie ingerowano w sposób wyświetlania parametrów życiowych pacjenta.

**Eksperyment 1.** Po 105 sekundach od rozpoczęcia Kroku 3, poziom saturacji zaczął spadać, z poziomu początkowego (100%), w sposób ciągły przez 30 sekund.

**Eksperyment 2.** Po 100 sekundach od rozpoczęcia Kroku 3, zastosowano losowy bodziec stresogenny (dzwonek telefonu lub sygnał karetki). W czasie spadku parametrów życiowych pacjenta i wywołania bodźca stresogennego, respondent był zobowiązany do podjęcia odpowiedniego postępowania medycznego mającego na celu ratowanie życia pacjenta. 5

sekund po włączeniu bodźca stresogennego saturacja spadała, z poziomu 100%, w sposób ciągły przez 30 sekund. Bodziec został wyłączony po 25 sekundach trwania.

**Krok 4.** Analiza danych.



Rysunek 5.25. Przebieg eksperymentu. Źródło: [20].

**Metryki rozpoznawania stresu.** Aby upewnić się, że uczestnicy ulegli bodźcowi stresującemu, dokonano pomiaru wystąpienia sytuacji stresowej na podstawie opisanych poniżej metryk. Najczęściej analizowanymi w literaturze sygnałami do identyfikacji stresu stanowią sygnały pochodzące z okulo grafu (ET) i EKG. W przypadku sygnału ET średnica źrenicy i średni czas trwania fiksacji to najczęściej używane wskaźniki identyfikujący pojawienie się stresu chwilowego [52]. Dla sygnału EKG, wśród stosowanych metryk, wykorzystuje się metryki HR (EKG) i LF/HF (EKG) [64]. Według [64], wspomniane metryki zostały uznane jako najbardziej wiarygodne. Poniżej podano definicje metryk:

- **Średni czas trwania fiksacji (ET)** mierzy, jak długo uwaga osoby badanej była skupiona na danym obiekcie. Im większy stres, tym krótszy średni czas trwania fiksacji. Ruch gałek ocznych staje się bardziej chaotyczny [62].

- **Średnica źrenicy (ET)** to typowa cecha używana w wykrywaniu stresu. Rozszerzenie źrenic zostało zbadane pod kątem wykrywania stresu i zareportowane w publikacji [4]. Jeśli średnica źrenicy danej osoby zwiększa się i rozszerza z większą częstotliwością niż związana z akomodacją wzroku, sugeruje to, że dana osoba jest prawdopodobnie pod wpływem stresu chwilowego [37], zakładając, że pracuje w dość stałych warunkach oświetleniowych.
- **HR (EKG)** to metryka, która mierzy zmienność rytmu serca. Ogólna aktywność jest bardziej intensywna w stresujących warunkach [72].
- **LF/HF (EKG)** - Stosunek niskiej częstotliwości do wysokiej częstotliwości. Jest wskaźnikiem równowagi układu autonomicznego: pomiędzy układem współczulnym a przywspółczulnym [7]. W przypadku sytuacji stresowej wartość wskaźników układu współczulnego wzrasta, a przywspółczulnego maleje.

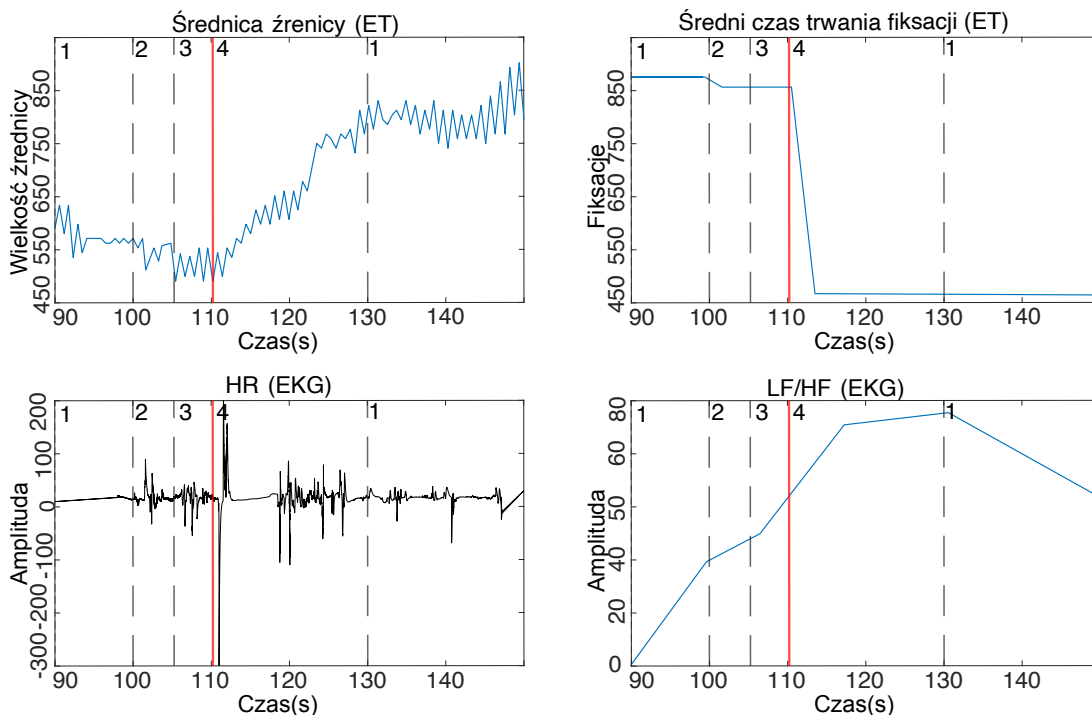
### 5.3.2. Wyniki

Po przeprowadzonym eksperymencie percepcyjnym mającym na celu określenie wpływu stresu na czas reakcji personelu medycznego podczas monitorowania parametrów życiowych pacjenta, przeprowadzono analizę danych. Aby upewnić się, że bodziec stresogeny zastosowany w eksperymencie wywołał reakcję stresową, obliczono metryki z sygnałów pochodzących z ET i EKG. Na Rysunku 5.26 przedstawiono zmianę średnicy źrenicy, czas fiksacji, częstotliwość akcji serca i metryki LF/HF.

Uśredniony rozmiar źrenicy dla wszystkich badanych wskazuje, że źrenica była o około 23% większa, gdy respondenci zauważyli spadek parametrów życiowych pacjenta podczas aktywnego bodźca stresogenego niż w przypadku braku bodźca. Dodatkowo w sytuacji stresowej, gdy respondenci zauważyli spadek parametrów życiowych, odnotowano skrócenie czasu fiksacji średnio o 47%. Zapis EKG wskazuje na przyspieszenie akcji serca. Ponadto reakcja układu LF/HF od momentu aktywacji bodźca stresogenego w postaci dzwonienia telefonu zaczęła wzrastać w stosunku do sytuacji przed bodźcem. U Respondentów, którzy zauważyli spadek parametrów życiowych na kardiomonitorze, znacznie wzrósł stosunek LF/HF - średnio o 47% w porównaniu do sytuacji, gdy funkcje życiowe pacjenta były prawidłowe, a bodziec mający na celu wywołanie stresu był nieaktywny.

W kolejnym kroku przeanalizowano czas reakcji personelu medycznego na spadek parametrów życiowych pacjentów w sytuacji bezstresowej oraz w warunkach stresu. Różnicę obliczono na podstawie sygnału okulograficznego. Wizualizacja trajektorii wzroku od momentu spojrzenia na ekran kardiomonitora do momentu identyfikacji spadającego parametru w obszarze zainteresowania (AOI) w sytuacjach stresowych i bezstresowych przedstawiono na Rysunku 5.27.

W sytuacji bezstresowej zauważalna jest, szybka reakcja respondenta na spadek parametrów życiowych pacjenta, a trajektoria wzroku nie była chaotyczna. W przypadku



Rysunek 5.26. Lewa góra: średnica źrenicy; Prawa góra róg: czas fiksacji; Lewy dół: tętno; Prawy dół: metryki LF/HF. Legenda: 1 – moment przeprowadzenia eksperymentu bez użycia bodźca stresogennego, 2 – moment, w którym na kardiomonitorze zaczęły spadać parametry życiowe pacjenta, 3 – bodziec stresogenny, 4 – moment, w którym osoba badana zauważyła spadające parametry życiowe pacjenta na kardiomonitorze. Źródło: [20].

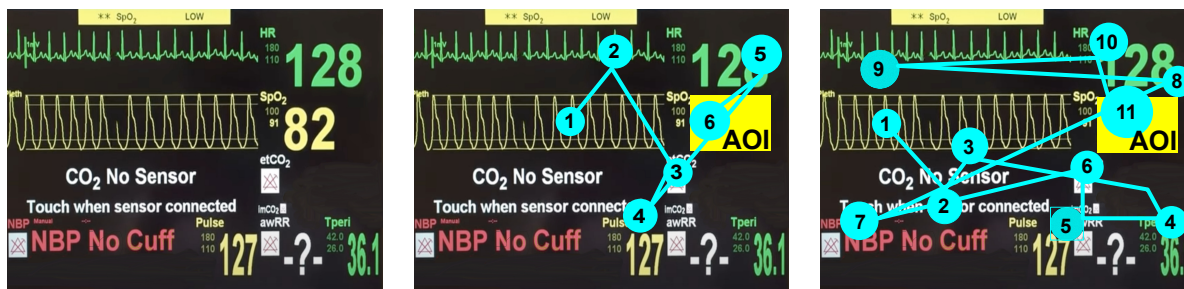
sytuacji stresującej, zarejestrowana trajektoria wzroku była bardziej chaotyczna w porównaniu z sytuacją bezstresową. W tym przypadku badany potrzebował znacznie więcej czasu, aby zauważyć spadek parametrów życiowych pacjenta na kardiomonitorze.

Kolejnym etapem była analiza statystyczna, wykonana przy pomocy testu Kruskala - Wallisa (przy poziomie istotności 5% na znormalizowanych i ustandaryzowanych danych). Dla czasów reakcji respondentów na obniżone parametry życiowe pacjenta uzyskano istotną statystycznie różnicę pomiędzy czasem uzyskanym w sytuacjach bezstresowych i stresowych z  $p = 0.001$  (Rysunek 5.28). W sytuacji stresowej czas reakcji medyka jest dłuższy niż w przypadku sytuacji, która nie jest obciążona stresem.

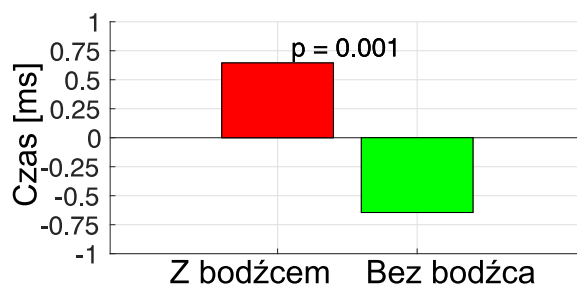
## Podsumowanie

Badanie, którego wyniki przedstawiono w niniejszym podrozdziale, polegało na analizie zachowania personelu medycznego podczas prostych procedur klinicznych tj. monitorowania parametrów życiowych pacjenta, które zostały przerwane bodźcem wywołującym stres, takim jak dzwonek telefonu i sygnał karetki pogotowia.

Istotną różnicę między czasem reakcji w sytuacjach bezstresowych i stresujących



Rysunek 5.27. Po lewej: Kardiomonitor użyty do przeprowadzenia eksperymentu. Środek: Przebieg trajektorii wzroku badanych w sytuacji bezstresowej. Po prawej: Przebieg trajektorii wzroku badanych w sytuacji stresowej. AOI - Obszar zainteresowania (docelowe miejsce na kardiomonitorze, w którym spadały parametry życiowe pacjenta), Cyjanowe plamy - przedstawiają przebieg trajektorii wzroku respondentów. Źródło: [20].



Rysunek 5.28. Różnica w średnim czasie reakcji między sytuacją z aktywnym bodźcem stresującym (czerwony) i bez bodźca (zielony). Wartość  $p$  - value wskazuje na istotną statystycznie różnicę między porównywanymi bodźcami, obliczoną za pomocą testu Kruskala-Wallisa, na poziomie istotności 0,05. Źródło: [20].

zauważono podczas badania respondentów z wykorzystaniem symulacji medycznej. Zaobserwowano wydłużone czasy reakcji na decyzje kliniczne w sytuacjach stresowych w porównaniu z czasem reakcji w sytuacjach bez aktywowanego bodźca stresującego.

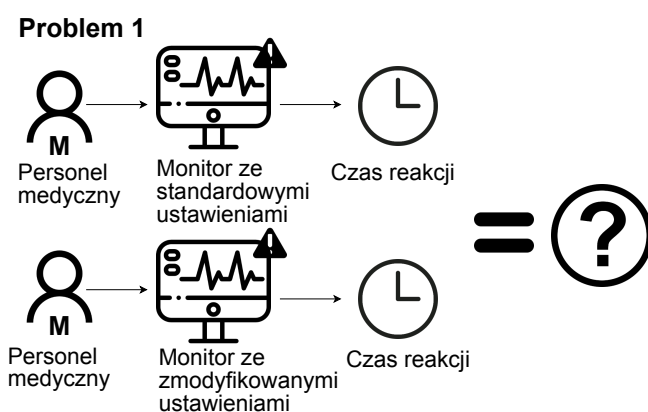
Zachowanie człowieka, zwłaszcza w warunkach stresu i zmęczenia, determinowane jest przez różne czynniki. Jednym z najbardziej obiecujących podejść może być analiza stylów poznawczych respondentów opisujących naturalne zachowania człowieka, niezależne od jego zdolności i wiedzy. Temat ten poruszony został w kolejnym podrozdziale (Rozdział 5.4).



## 5.4. Modyfikacja ustawień GUI kardiomonitora z wykorzystaniem stylu poznawczego człowieka

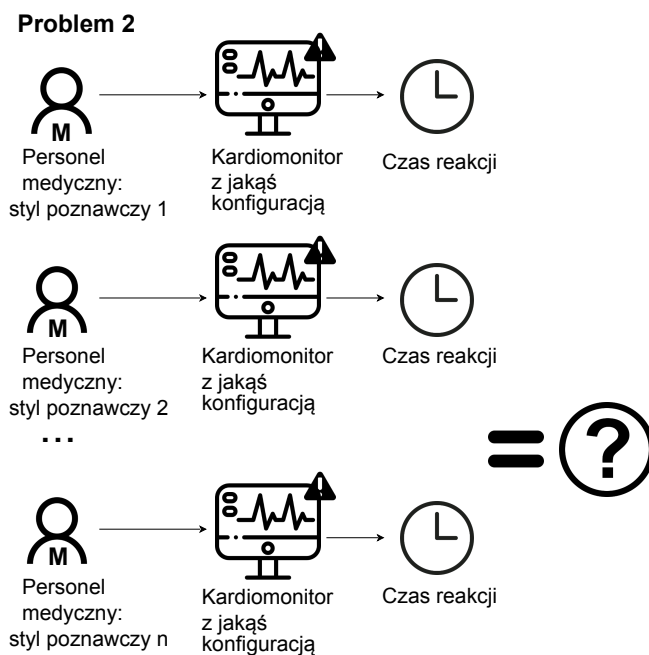
Podczas sytuacji mających na celu ratowanie życia pacjenta, czas reakcji medyka odgrywa ogromną rolę. Istotnym aspektem w tej kwestii jest to, że zanim zostanie podjęta decyzja o postawieniu diagnozy i udzieleniu pacjentowi niezbędnej pomocy, medyk musi szybko zauważyć zmianę parametrów życiowych pacjenta, która jest wyświetlana na kardiomonitorze. Niestety, pomimo możliwości konfiguracji, obecne interfejsy graficzne stosowane w kardiomonitorach działają najczęściej na ustawieniach domyślnych. Powodem jest brak wiedzy na temat korelacji pomiędzy ustawieniami kardiomonitora, takimi jak kolor, kontrast oraz częstotliwość migania, a szybkością reakcji medyka na wyświetlane alerty. W rezultacie czas reakcji na zmianę parametrów życiowych pacjenta może być dłuższy, zwłaszcza w sytuacjach, gdzie występuje stres i zmęczenie, co zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia błędów medycznych.

Zgodnie z literaturą podejmowano już wcześniej próby rozwiązania problemu źle zaprojektowanych interfejsów medycznych w celu zwrócenia większej uwagi lekarza na pogarszające się parametry życiowe pacjenta [48]. Próby rozwiązania tego problemu podejmowane były niestety poprzez wprowadzenie nadmiernej liczby alertów [48], co w rzeczywistości skutkuje zwiększonym pobudzeniem użytkownika, a w konsekwencji pomijaniem ich przez medyków (pojawia się efekt habituacji). Niestety, żadna z raportowanych prób zwiększenia efektywności interfejsów w kardiomonitorach [23] [65] nie skutkowała ingerowaniem w strukturę interfejsu graficznego. Innymi słowy nie podjęto dyskusji dotyczącej wpływu zmian konfiguracji GUI kardiomonitora na efektywność interfejsu. (Rysunek 5.29).



Rysunek 5.29. Czy zmiana ustawień parametrów graficznych kardiomonitora może wpłynąć na czas reakcji medyka na pogarszające się parametry życiowe pacjenta? Definicja problemu 1. Źródło: [38].

W dostępnej literaturze brak jest również, analizy efektywności GUI kardiomonitora z uwzględnieniem stylu poznawczego medyka (Rysunek 5.30).

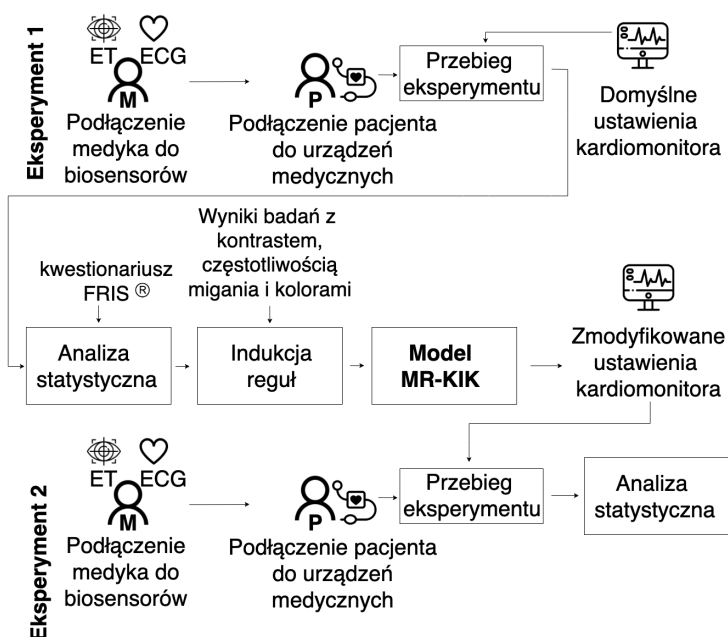


Rysunek 5.30. Czy styl poznawczy personelu medycznego może wpływać na jego czas reakcji na spadające parametry życiowe pacjenta? Definicja problemu 2. Źródło: [38].

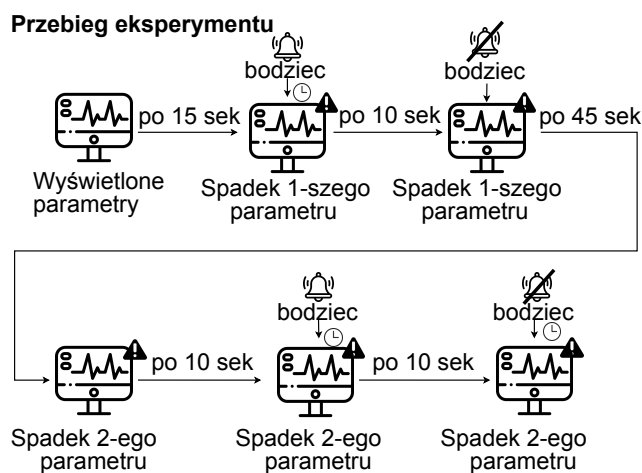
Dlatego, w niniejszym rozdziale omówiono prawdopodobieństwo niezauważenia pogarszających się parametrów życiowych pacjenta spowodowanych źle zaprojektowanymi interfejsami graficznymi kardiomonitorów oraz zaproponowano rozwiązanie zwiększające efektywność interfejsu GUI z uwzględnieniem stylów kognitywnych człowieka.

#### 5.4.1. Eksperyment

Eksperyment został zaprojektowany w sposób umożliwiający badanie czasu reakcji personelu medycznego korzystającego z interfejsów graficznych kardiomonitorów o różnych ustawieniach parametrów (domyślnych i zmodyfikowanych). W ramach eksperymentu uwzględniono modyfikację komponentów GUI, takich jak częstotliwość migania i kontrast. Eksperyment przeprowadzono na standardowych ustawieniach kardiomonitora, a następnie, na podstawie zebranych danych eksperymentalnych oraz danych z wcześniejszych badań opisanych w Sekcjach 5.1, 5.2, 5.3, opracowano model (MR-KIK) wspomagający tworzenie efektywnych interfejsów w symulatorach medycznych. W kolejnym kroku, w celu sprawdzenia poprawności działania modelu MR-KIK, ten sam eksperyment przeprowadzono na zmodyfikowanym (uproszczonym) GUI kardiomonitora. Takie podejście umożliwiło analizę wpływu uproszczenia interfejsu kardiomonitora na przyspieszenie zauważenia zmian parametrów życiowych pacjenta. Schemat eksperymentu przedstawiono na Rysunkach 5.31 i 5.32.



Rysunek 5.31. Eksperyment 1: Procedura tworzenia modelu MR-KIK na podstawie badań na symulatorach wysokiej wierności oraz wcześniejszych badań percepcyjnych (opisanych w Sekcjach 5.1,5.2,5.3); Eksperyment 2: walidacja modelu. Źródło: [38].



Rysunek 5.32. Przebieg eksperymentu od momentu podłączenia pacjenta do urządzeń medycznych i wyświetlenia ich na kardiomonitorze do wyłączenia drugiego stresora. Źródło: [38].

**Respondenci.** Eksperyment przeprowadzono z udziałem 20 osób z personelu medycznego: lekarzy, ratowników medycznych, oraz studentów ostatniego roku medycyny, którzy zadeklarowali widzenie normalne lub skorygowane do normalnego. Wszystkie analizowane dane zostały w pełni zanonimizowane. Przed rozpoczęciem eksperymentu uczestnicy wyrazili świadomą pisemną zgodę na wykorzystanie danych z eksperymentu percepcyjnego

w badaniach (zgodnie z Umową Komisji Bioetycznej nr KB-0012/24/2020).

**Stanowisko badawcze.** Do przeprowadzenia eksperymentu wykorzystano stanowisko badawcze znajdujące się w Centrum Symulacji Medycznej Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie oraz w Centrum Symulacji Medycznej Państwowego Pogotowia Ratunkowego z oddziałem umieszczonym w Międzyzdrojach. Stanowisko badawcze składało się z fantomu, niezbędnych urządzeń medycznych do monitorowania życia pacjenta, takich jak kardiomonitor, EKG, pulsoksymetr i rękaw do pomiaru ciśnienia. Dodatkowo wykorzystano okulograf, który umożliwił rejestrację postrzegania otoczenia przez respondenta podczas przeprowadzania procedury eksperymentalnej. Aby upewnić się, że bodźce, których użyto w eksperymencie, wywołały odpowiednio wysoki poziom stresu, respondenci mieli założony pas piersiowy Aidlab EKG, który rejestrował sygnał akcję pracy serca.

**Lokalizacja.** Badania przeprowadzono w Centrum Symulacji Medycznej Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie oraz w Centrum Symulacji Medycznej Państwowego Pogotowia Ratunkowego w Szczecinie umiejscowionego w Międzyzdrojach. Stanowiska badawcze składały się z fantomu i aparatury medycznej do monitorowania parametrów życiowych pacjenta.

**Procedura eksperymentu.** Opracowany eksperyment składał się z dziesięciu etapów, począwszy od kalibracji, poprzez podłączenie pacjenta do aparatury medycznej, monitorowanie parametrów życiowych pacjenta (fantom) przez medyka, pierwsze obniżenie parametrów życiowych pacjenta, pierwsze włączenie stresora, rejestrację reakcji respondenta, pierwsze wyłączenie stresora, drugie obniżenie parametrów życiowych pacjenta, włączenie drugiego stresora, rejestrację reakcji respondenta do wyłączenia drugiego stresora.

Przed rozpoczęciem eksperymentu respondenci otrzymywali pisemne instrukcje badania. Po przeczytaniu jej mogli zadawać pytania. Następnie, po udzieleniu odpowiedzi na zadane pytania rozpoczęła się główna część eksperymentu. W celu zbadania czasu reakcji respondentów na spadki parametrów życiowych podczas interakcji z GUI kardiomonitora w jego domyślnej oraz (w drugim etapie) uproszczonej wersji, przeprowadzono dwie odrębne serie eksperymentów, z tygodniową przerwą pomiędzy badaniami.

Proces akwizycji danych, tworzenie modelu i jego walidacja składał się 10 głównych etapów (Rysunek 5.31 i 5.32):

**Etap 1.** Pierwszym krokiem była kalibracja sprzętu do eksperymentu, czyli okulografu (ET) i pasa EKG (Aidlab). Następnie, po zgłoszeniu przez badanego, że jest gotowy do przeprowadzenia eksperymentu, jego pierwszym zadaniem było podłączenie pacjenta do aparatury medycznej umożliwiającej monitorowanie funkcji życiowych pacjenta.

**Etap 2.** Wyświetlenie parametrów życiowych pacjenta na monitorze pracy serca. Ten etap uznano za początek głównej części eksperymentu.

**Etap 3.** Monitorowanie parametrów życiowych pacjenta i ocena jego stanu zdrowia przez

respondenta.

**Etap 4.** 15 sekund po rozpoczęciu eksperymentu zaingerowano w parametry życiowe pacjenta. W tym przypadku był to spadek poziomu saturacji. Po 10 sekundach od spadku saturacji włączono bodziec wywołujący stres, jakim był kaszel pacjenta. Bodziec trwał 10 sekund.

Oba eksperymenty, zarówno ten z wykorzystaniem standardowego GUI kardiomonitora, jak i uproszczony GUI, miały taki sam przebieg. Różniły się jedynie graficzną prezentacją danych i bodźcami wywołującymi stres (Rysunek 5.32). **W pierwszym przebiegu** eksperymentu graficzny interfejs użytkownika symulatora medycznego był kolorowy, natomiast bodźcami były kaszel i krzyk pacjenta.

**W drugim przebiegu** eksperymentu interfejs był czarno-biały (rekomendacja modelu dla wariantu uogólnionego), natomiast bodźcami stresującymi były odgłos wymiotów pacjenta i odgłos zbliżającej się karetki.

**Etap 5.** Kolejnym etapem było wygaszenie bodźca wywołującego stres. Parametry życiowe pacjenta (nadal spadały) natomiast zadaniem medyka było podjęcie czynności medyczne mające na celu ratowanie życia pacjenta.

**Etap 6.** Dalsze monitorowanie parametrów życiowych pacjenta i ocena jego stanu zdrowia przez respondenta.

**Etap 7.** Po upływie 45 sekund, zaczęto ingerować w obniżenie drugiego parametru życiowego (tętna) pacjenta. Zadaniem respondenta była dalsza obserwacja pacjenta i jego funkcji życiowych oraz podjęcie ewentualnych działań ratujących życie pacjenta.

**Etap 8.** Wyłączenie drugiego stresora. Respondenci mieli obserwować nadal spadające czynności życiowe pacjenta i podjąć ewentualne czynności mające na celu ratowanie życia pacjenta.

**Etap 9.** Po zakończeniu Eksperymentu 1, każdy z badanych otrzymał do wypełnienia kwestionariusz psychometryczny FRIS<sup>®</sup> [2]. Celem kwestionariusza była identyfikacja stylu poznawczego respondenta.

**Etap 10.** Wyniki uzyskane z Eksperymentu 1 oraz dane z wcześniejszych, badań opisanych w Sekcjach 5.1,5.2,5.3, wykorzystano do sformułowania reguł indukcyjnych modelu rekomendującego MR-KIK zmianę ustawień GUI kardiomonitora. Rekomendacja modelu dla wariantu uogólnionego została uwzględniona w drugim przebiegu eksperymentu: Eksperyment 2.

Ze względu na czas oczekiwania na wyniki kwestionariusza FRIS<sup>®</sup> [2] (ok. 1 miesiąca), oraz ograniczony dostęp zarówno do symulatorów medycznych a przede wszystkim tego samego zespołu medyków zdecydowano się na uwzględnienie modelu ogólnego w zmodyfikowanych ustawieniach GUI kardiomonitora. Jak wykazała analiza, podejście nie wypaczyło wyników, ponieważ dla osób o dominujących stylach, zdecydowanie wymagających zmiany ustawień (Relacje i Struktury) różnica w uzyskanych wynikach okazała się

bardzo duża, natomiast tam, gdzie zmiany nie były konieczne (Fakty i Idee), uzyskana różnica była niewielka.

#### 5.4.2. Wyniki

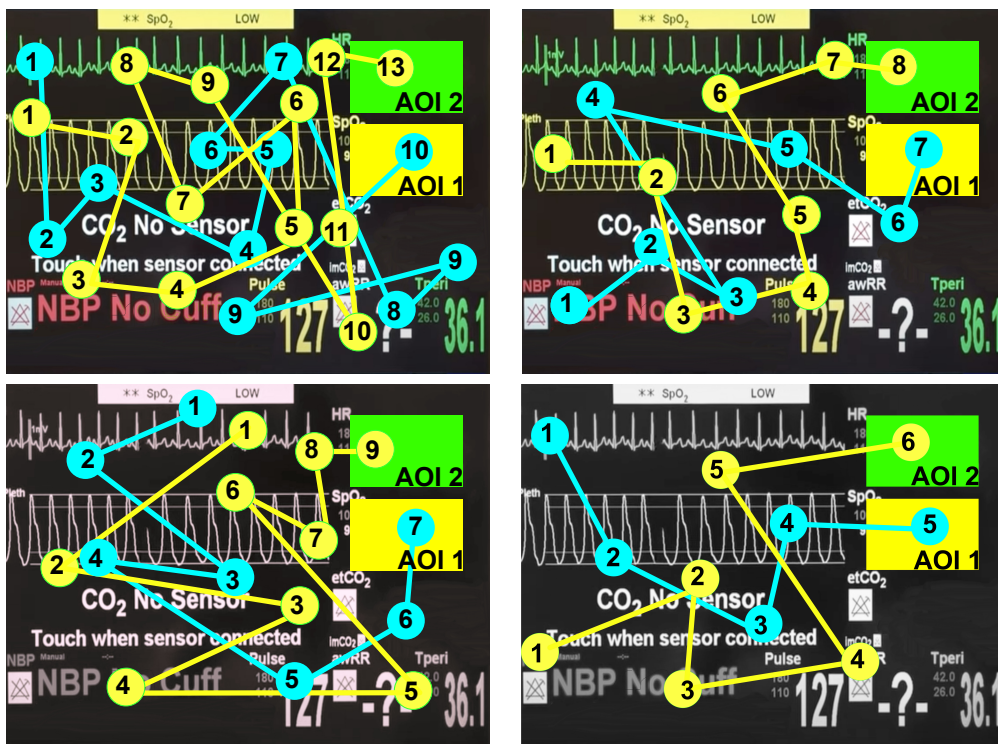
##### Modyfikacja GUI kardiomonitora - podejście z uwzględnieniem profilu poznawczego użytkownika

Po zakończeniu eksperymentu zebrane dane poddano analizie. Pierwszą była analiza wizualna (Rysunek 5.33), przebytej trajektorii wzroku medyków: od momentu obniżenia parametrów życiowych pacjenta na kardiomonitorze i pierwszego kontaktu wzroku z kardiomonitorem do momentu zauważenia spadającego parametru życiowego, oznaczanego obszarami zainteresowania, odpowiednio AOI1 lub AOI2. Trajektorია wzroku medyka dla standardowego ustawienia GUI kardiomonitora przedstawiono na Rysunku 5.33 po lewej stronie a dla zmodyfikowanego ustawienia GUI kardiomonitora po prawej stronie.

Na podstawie uzyskanych wyników zaobserwowano, że w przypadku standardowych ustawień kardiomonitora osoby, których styl poznawczy rozpoznano jako styl z włączoną dominującą perspektywą Relacji musiały przebyć znacznie dłuższą drogę, aby zauważyć spadające parametry życiowe pacjenta niż użytkownicy o innych stylach poznawczych (wyłączona dominująca perspektywa Relacji) (Rysunek 5.33 - lewy górny i prawy górny róg). Przy zmienionych ustawieniach kardiomonitora (wysoki kontrast wyświetlanych danych oraz uproszczenie - monochromatyczny GUI) widać dużą zmianę w ilości ścieżek pokonywanych przez wzrok osób z włączoną dominującą perspektywą Relacji. Wzrok tych osób pokonał znacznie krótszą drogę, aby dotrzeć do AOI zawierającego spadające parametry życiowe pacjenta. W ten sposób różnica w liczbie ścieżek między osobami z włączoną dominującą perspektywą Relacji i wyłączoną perspektywą dominującą Relacji zatarła się (Rysunek 5.33 - lewy dolny i prawy dolny). W rezultacie można zauważyć, że uproszczenie ustawień kardiomonitora skutkuje szybszą reakcją respondentów na spadające parametry życiowe pacjenta, zwłaszcza przez osoby z włączoną dominującą perspektywą Relacji. Jest to o tyle istotne, że wśród personelu medycznego, osoby o dominującej perspektywie Relacji stanowią 30.12% zgodnie z raportem FRIS<sup>®</sup> [2] bazującym na 994 próbkach (osobach o wykształceniu medycznym, które wypełniły kwestionariusz).

##### 5.4.3. Model Rekomendujący Konfigurację efektywnego Interfejsu Kardiomonitora (MR-KIK)

Po przeprowadzeniu analizy statystycznej, skupiono się na aspekcie praktycznym rozwiązania. W tym celu wykorzystano miarę *Wielkości efektu (ES) d – Coehna* [54], czyli różnicę między widocznością  $v_t$  (bodźca o danym poziomie kontrastu, częstotliwości i przyjazności kolorów) a widocznością  $v_r$  bodźca o najwyższych ustawieniach parametrów



Rysunek 5.33. Lewy górny róg: trajektoria wzroku osób z włączoną dominującą perspektywą Relacji od momentu zauważenia spadku parametrów życiowych pacjenta i kontaktu wzrokiem z kardiomonitorem do zauważenia spadającego parametru życiowego pacjenta (standardowe ustawienia kardiomonitora); Prawy górny róg: Trajektoria wzroku osób z wyłączoną dominującą perspektywą Relacji, od momentu zauważenia spadku parametrów życiowych pacjenta i kontaktu wzrokiem z kardiomonitorem do zauważenia spadającego parametru życiowego (standardowe ustawienia kardiomonitora); Lewy dolny róg: Trajektoria wzroku osób z włączoną dominującą perspektywą Relacji od momentu zauważenia spadku parametrów życiowych pacjenta i kontaktu wzrokiem z kardiomonitorem do zauważenia spadającego parametru życiowego (zmienione ustawienia kardiomonitora); Prawy dolny róg: Trajektoria wzroku osób z wyłączoną dominującą perspektywą Relacji, od momentu zauważenia spadku parametrów życiowych pacjenta i kontaktu wzrokiem z kardiomonitorem do zauważenia spadającego parametru życiowego (zmienione ustawienia kardiomonitora). Źródło: [38].

(wysoki kontrast i wysoka częstotliwość) podzieloną przez wspólne odchylenie standardowe (Równanie (5.1)):

$$ES = \frac{|v_t - v_r|}{\sigma}, \quad (5.1)$$

Zastosowanie wielkości efektu umożliwiło wskazanie ustawień GUI kardiomonitora, które szybciej przyciągną uwagę medyka do zmiany wartości parametru pacjenta. Dlatego miarę wykorzystano do opracowania modelu rekomendującego zmianę ustawień GUI kardiomonitora spersonalizowanych pod osoby ze zidentyfikowanym stylem poznawczym

(lub jego brakiem - wariant ogólny), w sytuacjach stresowych i sytuacjach bez czynnika stresu.

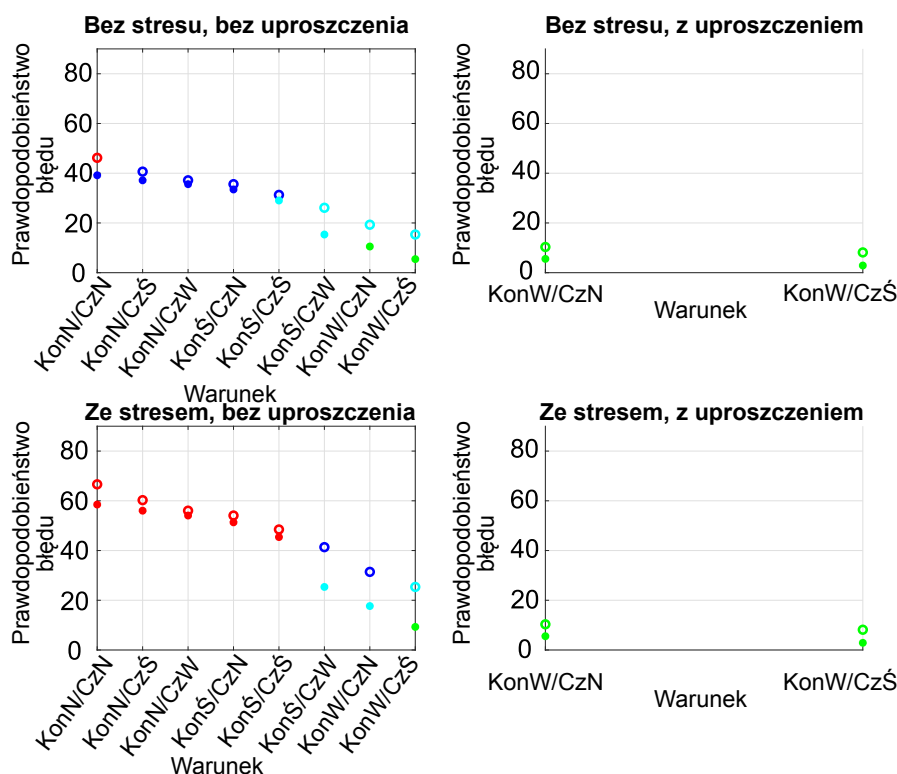
W modelu uwzględniono style poznawcze z dominującą perspektywą kognitywną opartą o Fakty: włączona/wyłączona, z dominującą perspektywą kognitywną opartą o Relacje: włączona/wyłączona, z dominującą perspektywą kognitywną opartą o Idee: włączona/wyłączona, oraz dominującą perspektywą kognitywną opartą o Struktury - włączona/wyłączona.

Wyniki przedstawiono odpowiednio na Rysunkach 5.34, 5.35, 5.36, oraz 5.37 reprezentujących wielkość efektu wyznaczoną dla każdej porównywanej perspektywy poznawczej włączonej/wyłączonej (wł/wy):  $F_w$  vs  $F_{wy}$ ,  $R_w$  vs  $R_{wy}$ ,  $I_w$  vs  $I_{wy}$  oraz  $S_w$  vs  $S_{wy}$ . Dominująca perspektywa kognitywna oparta o Relacje jest najczęstszym stylem poznawczym wśród zespołu medycznego, dlatego też, perspektywa ta była szczególnym przedmiotem zainteresowania w trakcie badań. Wielkości efektu pokazane na Rysunkach 5.34, 5.35, 5.36, 5.37 zostały zaprezentowane dla par warunków (kontrastu i częstotliwości) - pomiędzy najlepszą możliwą kombinacją: *Wysoki kontrast/Wysoka częstotliwość* i pozostałymi poziomami kontrastu i częstotliwości (Tabela 5.2). Każdy z Rysunków 5.34, 5.35, 5.36, 5.37 pokazuje cztery różne przypadki: interfejs z ustawieniami domyślnymi bez czynnika stresu (lewy górny róg), interfejs z czynnikiem stresu (lewy dolny róg), uproszczony interfejs (jednolite kolory o wysokim kontraście) bez czynnika stresu (prawy górny róg) i uproszczony interfejsem z czynnikiem stresu (prawy dolny róg).

Kolory pokazane na wykresie oznaczają dany poziom wielkości efektu według  $d - Coehna$  [54]. Kolor czerwony oznacza dużą wielkość efektu (powyżej wartości 0.7), granatowy oznacza średnią wielkość efektu (poniżej wartości 0.7 i powyżej wartości 0.4), jasnoniebieski wskazuje na małą wielkość efektu (poniżej wartości 0.4 i powyżej 0.2), a zielony (poniżej wartości 0.2) na bardzo małą wielkość efektu. Warto zauważyć, że im większa wielkość efektu (różnica między porównywanym a najlepszym zestawem parametrów), tym dłuższy czas niezbędny do zauważenia zmiany na kardiomonitorze, czyli zauważenia obniżenia parametru życiowego pacjenta, a tym samym większe prawdopodobieństwo popełnienia błędu przez personel medyczny.

Analizując wyniki można zauważyć, że zastosowanie uproszczonego interfejsu o jednolitej kolorystyce i wysokim kontraście skutecznie skróciło czas zauważenia zmian w interfejsie. Z drugiej strony ingerencja w wygląd interfejsu jest konieczna tylko czasami. Gdy prawdopodobieństwo popełnienia błędu polegającego na zbyt późnym zauważeniu spadku jest niskie (ES jest niskie – kolor jasnoniebieski lub ES jest bardzo niskie – kolor zielony), nie ma potrzeby ingerencji w interfejs. Jednak w przypadku średnich wartości ES (kolor ciemnoniebieski) zaleca się zmianę interfejsu na postać minimalizującą pojawienie się błędu. Decyzja należy do zespołu medycznego. Jednak w przypadku wysokich wartości ES, gdzie prawdopodobieństwo niezauważenia zmiany a tym samym opóźnienie w reak-

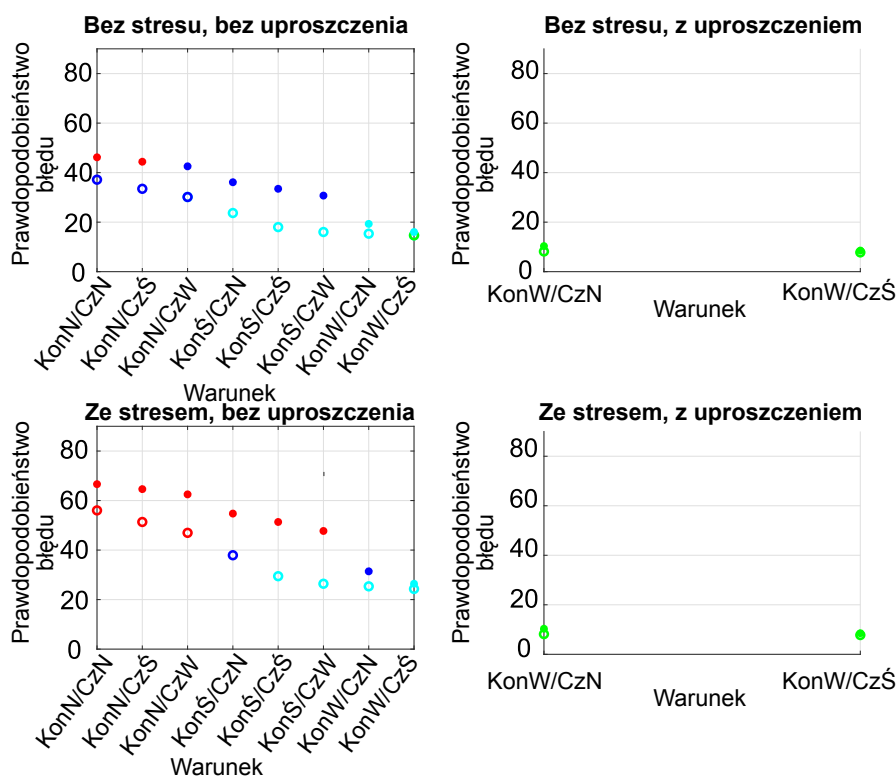




Rysunek 5.34. Po lewej: wielkość efektu (ES) bez uproszczenia dla *perspektywy dominującej opartej o Fakty* -  $F_{in}$  (kropka) i *wyłączonej perspektywy dominującej opartej o Fakty* -  $F_{out}$  (kółko); Po prawej: wielkość efektu z uproszczeniem dla *włączonej perspektywy dominującej opartej o Fakty* (kropka) i *wyłączonej perspektywy dominującej opartej o Fakty* (kółko). Oś X zawiera kombinację warunków (kontrast i częstotliwość). Oś Y oznacza prawdopodobieństwo popełnienia błędu (niezauważenia zmiany parametru). Kolor czerwony oznacza wysokie ES ( $>0.7$ ), ciemnoniebieski oznacza średnie ES ( $<0.7$  i  $>0.45$ ), jasnoniebieski oznacza małe ES ( $<0.45$  i  $>0.2$ ), a kolor zielony oznacza bardzo małe ES ( $<0.2$ ). ES zostało obliczone między warunkiem wyświetlonym na osi X a najlepszym wynikiem (wysoki kontrast i wysoka częstotliwość) uzyskanym dla danej grupy respondentów (odpowiednio  $F_{in}$  i  $F_{out}$ ). Analizowano 4 przypadki: Lewy górny: interfejs z domyślnymi ustawieniami bez czynnika stresu, Lewy dolny: interfejs z domyślnymi ustawieniami ze współczynnikiem stresu, Prawy górny: uproszczony interfejs (jednolite kolory o wysokim kontraście) bez czynnika stresu i Prawy dolny: uproszczony interfejs z czynnikiem stresu. Równanie 5.2. Źródło: [38].

cji medyków jest wysokie, zdecydowanie zaleca się zmianę interfejsu. Zmiana zależy od stanu początkowego. Podniesienie poziomu kontrastu (ustawienie parametrów w kolorze zielonym, żółtym lub białym - z czarnym tłem) często wystarcza. Parametry wyświetlane na czerwono - choć powinny zwracać uwagę, są najmniej widoczne ze względu na niski kontrast. Dlatego niezależnie od stylu poznawczego użytkownika należy zrezygnować z takiego ustawienia.

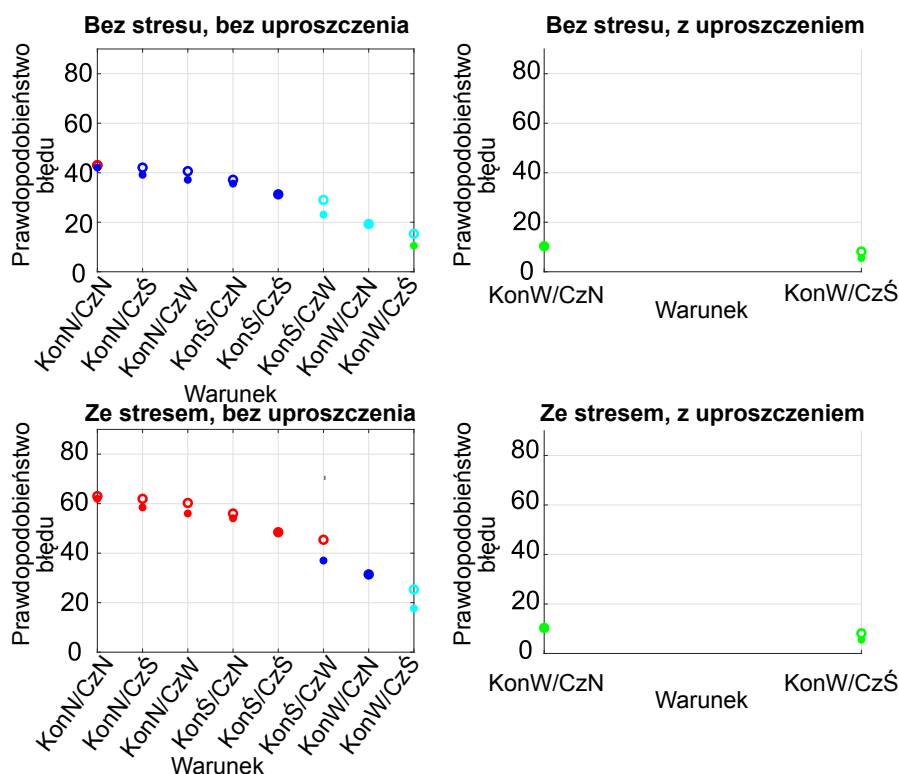
Warto zaznaczyć, że wprowadzanie „kolorów sygnalizacji świetlnej” (zielony/żółty/czerwony) przy wyświetlaniu parametrów życiowych pacjenta, co jest niestety standardowym ustawieniem GUI kardiomonitora, niezależnie od ich poziomu, może być mylące i



Rysunek 5.35. Po lewej: wielkość efektu (ES) bez uproszczenia dla *perspektywy dominującej opartej o Relacje -  $R_{in}$*  (kropka) i wyłączonej *perspektywy dominującej opartej o Relacje -  $R_{out}$*  (kółko); Po prawej: wielkość efektu z uproszczeniem dla *perspektywy dominującej opartej o Relacje* (kropka) i wyłączonej *perspektywy dominującej opartej o Relacje* (okrąg). Oś X zawiera kombinację warunków (kontrast i częstotliwość). Oś Y oznacza prawdopodobieństwo popełnienia błędu (niezauważenia zmiany parametru). Kolor czerwony oznacza wysokie ES ( $>0,7$ ), ciemnoniebieski oznacza średnie ES ( $<0,7$  i  $> 0,45$ ), jasnoniebieski oznacza małe ES ( $<0,45$  i  $> 0,2$ ), a kolor zielony oznacza bardzo małe ES ( $<0,2$ ). ES obliczono między stanem wyświetlonym na osi X a najlepszym wynikiem (wysoki kontrast i wysoka częstotliwość) uzyskanym odpowiednio dla danej grupy respondentów (FD i FI). Analizowano 4 przypadki: Lewy górny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami bez czynnika stresu, Lewy dolny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami z czynnikiem stresu, Prawy górny róg: uproszczony interfejs (jednolite kolory o wysokim kontraście) bez czynnika stresu i Prawy dolny róg: uproszczony interfejs z czynnikiem stresu. Równanie 5.3. Źródło: [38].

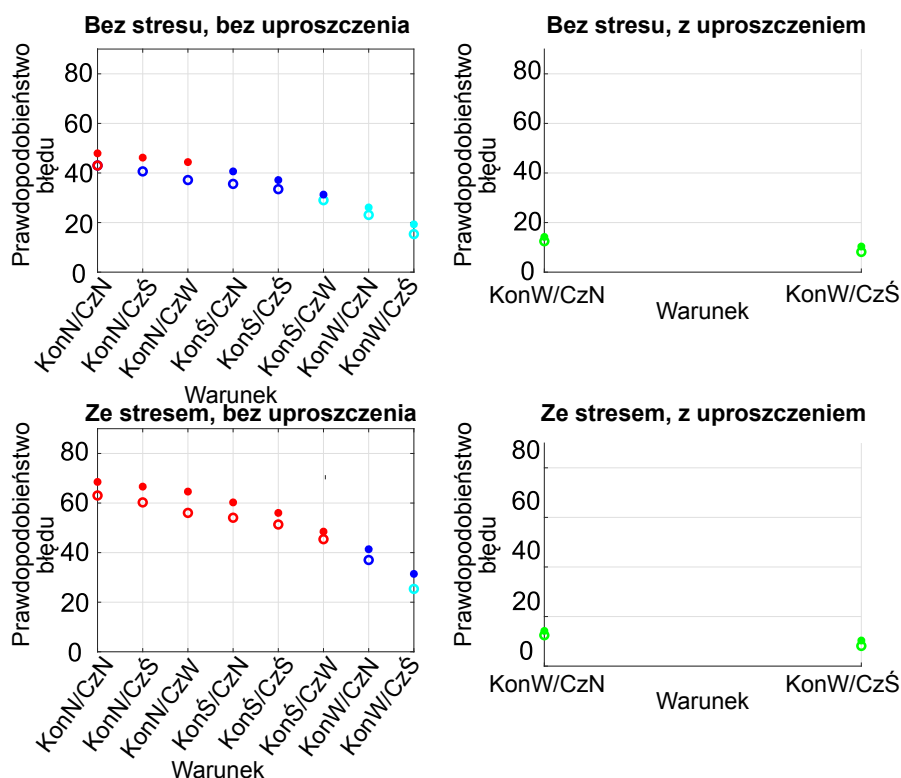
dodatkowo powoduje efekty przyzwyczajania się do bodźców i brak reakcji w sytuacjach krytycznych.

Zaindukowane reguły dla ustawień parametrów kardiomonitora zgodnie z danym stylem poznawczym lekarzy przedstawiono na równaniach (2), (3), (4) i (5). Aby zwiększyć czytelność, stres oznaczono za pomocą  $s$ , kontrast jako  $c$ , a częstotliwość jako  $f$  z poziomami M - średni (między 2 Hz-4 Hz) i H - wysoki (większy lub równy 4 Hz)



Rysunek 5.36. Po lewej: wielkość efektu (ES) bez uproszczenia dla *perspektywy dominującej opartej o Idee -  $I_{in}$*  (kropka) i *wyłączonej dominującej perspektywie opartej o Idee -  $S_{out}$*  (kółko); Po prawej: wielkość efektu (ES) z uproszczeniem dla *włączonej perspektywy dominującej opartej o Idee* (kropka) i *wyłączonej perspektywy dominującej opartej o Idee* (kółko). Oś X zawiera kombinację warunków (kontrast i częstotliwość). Oś Y oznacza prawdopodobieństwo popełnienia błędu (niezauważenia zmiany parametru). Kolor czerwony oznacza wysokie ES ( $>0,7$ ), ciemnoniebieski oznacza średnie ES ( $<0,7$  i  $> 0,45$ ), jasnoniebieski oznacza małe ES ( $<0,45$  i  $> 0,2$ ), a kolor zielony oznacza bardzo małe ES ( $<0,2$ ). ES zostało obliczone między warunkiem wyświetlonym na osi X a najlepszym wynikiem (wysoki kontrast i wysoka częstotliwość) uzyskanym dla danej grupy respondentów (odpowiednio  $I_{in}$  i  $I_{out}$ ). Analizowano 4 przypadki: Lewy górny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami bez czynnika stresu, Lewy dolny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami z czynnikiem stresu, Prawy górny róg: uproszczony interfejs (jednolite kolory o wysokim kontraście) bez czynnika stresu i Prawy dolny róg: uproszczony interfejs z czynnikiem stresu. Równanie 5.4. Źródło: [38].

$$F = \begin{cases} S = 0 & \begin{cases} K = \dot{S} \ \& \ Cz \geq \dot{S} & \text{bez zmian} \\ K = W & \text{bez zmian} \\ W \text{ przeciwnym przypadku} & \text{zmiana koloru : } B, Z \text{ lub } \dot{Z} \end{cases} \\ S = 1 & \begin{cases} K = \dot{S} \ \& \ Cz = W & \text{bez zmian} \\ K = W & \text{bez zmian} \\ W \text{ przeciwnym przypadku} & \text{zmiana koloru : } B, Z \text{ lub } \dot{Z} \end{cases} \end{cases} \quad (5.2)$$



Rysunek 5.37. Po lewej: wielkość efektu (ES) bez uproszczenia dla *perspektywy dominującej opartej o Struktury -  $S_{in}$*  (kropka) i wyłączonej *perspektywie dominującej opartej o Struktury -  $S_{out}$*  (kółko); Po prawej: wielkość efektu (ES) z uproszczeniem dla *perspektywy dominującej opartej o Struktury* (kropka) i wyłączonej *perspektywie opartej o Struktury* (kółko). Oś X zawiera kombinację warunków (kontrast i częstotliwość). Oś Y oznacza prawdopodobieństwo popełnienia błędu (niezauważenia zmiany parametru). Kolor czerwony oznacza wysokie ES (>0,7), ciemnoniebieski oznacza średnie ES (<0,7 i > 0,45), jasnoniebieski oznacza małe ES (<0,45 i > 0,2), a kolor zielony oznacza bardzo małe ES (<0,2). ES zostało obliczone między warunkiem wyświetlonym na osi X a najlepszym wynikiem (wysoki kontrast i wysoka częstotliwość) uzyskany dla danej grupy respondentów (odpowiednio  $S_{in}$  i  $S_{out}$ ). Analizowano 4 przypadki: Lewy górny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami bez czynnika stresu, Lewy dolny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami z czynnikiem stresu, Prawy górny róg: uproszczony interfejs (jednolite kolory o wysokim kontraście) bez czynnika stresu i Prawy dolny róg: uproszczony interfejs z czynnikiem stresu. Równanie 5.5. Źródło: [38].

$$R = \begin{cases} s = 0 & \begin{cases} K = W & \text{bez zmian} \\ W \text{ przeciwnym przypadku} & \text{zmiana koloru : } B, Z \text{ or } \dot{Z} \end{cases} \\ s = 1 & \begin{cases} K = W \ \& \ Cz \geq \dot{S} & \text{bez zmian} \\ W \text{ przeciwnym przypadku} & \text{zmiana koloru : } B, Z \text{ lub } \dot{Z} \end{cases} \end{cases} \quad (5.3)$$

Tabela 5.2. Wielkości efektu ES wyznaczone odpowiednio dla pary kombinacji dowolnego poziomu kontrastu i częstotliwości oraz pary o najwyższych parametrach: wysokim kontraście i wysokiej częstotliwości migania. Najlepsze wyniki uzyskano dla warunku: *Wysoki kontrast/Wysoka częstotliwość* dla każdej z perspektyw poznawczych:  $F_{in}$ ,  $F_{off}$ ,  $R_{in}$ ,  $R_{off}$ ,  $I_{in}$ ,  $I_{off}$  i  $S_{in}$ ,  $S_{off}$ . Źródło: [38].

warunek	$F_{in}$	$F_{off}$	$R_{in}$	$R_{off}$
	<i>KonW/CzW</i>	<i>KonW/FreqH</i>	<i>KonW/FreqH</i>	<i>KonW/FreqH</i>
<i>KonN/CzN</i>	0.62	0.77	0.77	0.58
<i>KonN/CzŚ</i>	0.58	0.65	0.73	0.51
<i>KonN/CzW</i>	0.55	0.58	0.69	0.45
<i>KonŚ/CzN</i>	0.51	0.55	0.56	0.34
<i>KonŚ/CzŚ</i>	0.43	0.47	0.51	0.25
<i>KonŚ/CzW</i>	0.21	0.38	0.46	0.22
<i>KonŚ/CzN</i>	0.14	0.27	0.27	0.21
<i>KonŚ/CzŚ</i>	0.07	0.21	0.22	0.20
warunek	$I_{in}$	$I_{off}$	$S_{in}$	$S_{off}$
	<i>KonW/CzW</i>	<i>KonW/CzW</i>	<i>KonW/CzW</i>	<i>KonW/CzW</i>
<i>KonN/FreqN</i>	0.68	0.7	0.81	0.7
<i>KonN/CzŚ</i>	0.62	0.68	0.77	0.65
<i>KonN/CzW</i>	0.58	0.65	0.73	0.58
<i>KonŚ/CzN</i>	0.55	0.58	0.65	0.55
<i>KonŚ/CzŚ</i>	0.47	0.47	0.58	0.51
<i>KonŚ/CzW</i>	0.33	0.43	0.47	0.43
<i>KonW/CzN</i>	0.27	0.27	0.38	0.33
<i>KonW/CzŚ</i>	0.14	0.21	0.27	0.21

$$I = \begin{cases} s = 0 & \begin{cases} K = \dot{S} \ \& \ Cz \geq W & \text{bez zmian} \\ K = W & \text{bez zmian} \\ W \text{ przeciwnym przypadku} & \text{zmiana koloru : } B, Z \text{ lub } \dot{Z} \end{cases} \\ s = 1 & \begin{cases} K = W \ \& \ Cz \geq \dot{S} & \text{bez zmian} \\ W \text{ przeciwnym przypadku} & \text{zmiana koloru : } B, Z \text{ lub } \dot{Z} \end{cases} \end{cases} \quad (5.4)$$

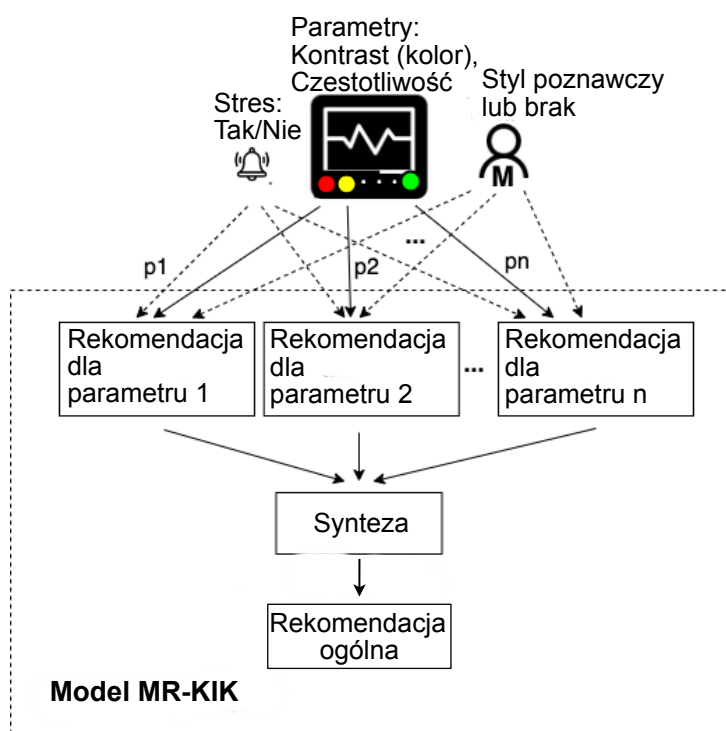
$$S = \begin{cases} s = 0 & \begin{cases} K = W & \text{bez zmian} \\ W \text{ przeciwnym przypadku} & \text{zmiana koloru : } B, Z \text{ lub } \dot{Z} \end{cases} \\ s = 1 & \begin{cases} \text{monochromatyczny wywietlacz} \\ \text{parametry zmienić na jeden z kolorów :} \\ B, Z \text{ lub } \dot{Z} \end{cases} \end{cases} \quad (5.5)$$

Przedstawione wyniki dotyczą sytuacji, gdy znany jest styl poznawczy medyków korzystających z danego kardiomonitora, tj. jeżeli wcześniej wykonali kwestionariusz psychometryczny FRIS<sup>®</sup> [2] oceniający ich kompetencje poznawcze oraz gdy kardiomonitor jest używany przez ten sam zespół lub ograniczoną liczbę zespołów. Takie sytuacje można sobie wyobrazić w karetce - gdzie przez długi czas pracuje ten sam zespół lub w salach pooperacyjnych - gdzie ten sam zespół pielęgniarek i lekarzy czuwa nad pacjentami.

Wyniki eksperymentów okazały się obiecujące. Medycy korzystający ze zoptymalizowanych ustawień interfejsu wykazali się szybszym postrzeganiem obniżonych wartości

parametrów życiowych pacjenta niż na standardowych ustawieniach GUI kardiomonitora. Zdolność zaproponowanego modelu do dostosowywania się do indywidualnych preferencji zespołu może przyczynić się do bardziej wydajnego i skutecznego przepływu pracy klinicznej.

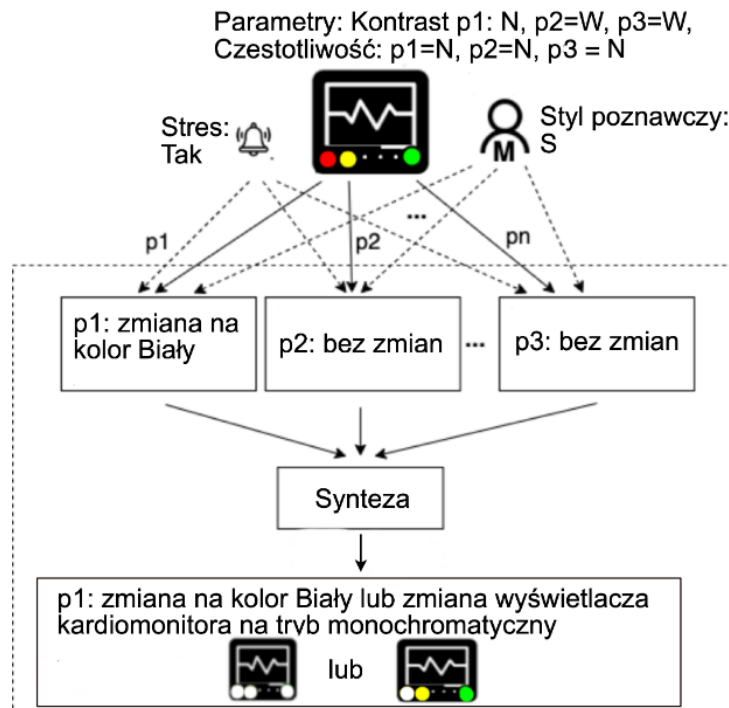
Schemat modelu przedstawiono na Rysunku 5.38. Natomiast przykład działania modelu dla medyków z perspektywą dominującej opartej o Struktury, aktywnym stresem i parametrami wejściowymi podanymi w kolorach czerwonym, żółtym i zielonym przedstawiono na Rysunku 5.39. W tej sytuacji istnieją dwa zalecenia dotyczące modelu: (1) zmienić ustawienia GUI na monochromatyczne i i zwiększyć prawdopodobieństwo widoczności parametrów z 65% do 90%, lub (2) jeśli lekarz nie jest gotowy na tak zdecydowane zmiany, rekomendowana jest zmiana parametru wyświetlanego w kolorze czerwonym na kolor biały. W takiej sytuacji widoczność parametru wzrośnie z 65% do 80%.



Rysunek 5.38. Model rekomendujący MR-KIK. W oparciu o tabelę reguł model w powyższej postaci przedstawia rekomendację ustawień kardiomonitora dla medyka ze zidentyfikowanym stylem poznawczym człowieka lub jego brakiem. Źródło: [38].

## Profile poznawcze użytkowników na podstawie ich stylu poznawczego FRIS<sup>®</sup> [2] oraz postrzegania GUI kardiomonitora

Przeprowadzone analizy pozwoliły na wyodrębnienie czterech Profili Medycznych (PM) użytkowników w oparciu o narzędzie FRIS<sup>®</sup> [2]. Cechy charakterystyczne profili wskazują ich wrażliwość na parametry ustawień kardiomonitora:



Rysunek 5.39. Przykład zastosowania zaproponowanego modelu rekomendującego MR-KIK. Źródło: [38].

- **Profil użytkownika bazujący na Faktach (PMF - Profil Medyczny Fakty).** W sytuacji stresowej szybka reakcja na parametry życiowe pacjenta wyświetlane na kardiomonitorze, który ma ustawiony średni kontrast prezentowanych danych i średnią częstotliwość. W sytuacji ze stresem, szybka reakcja, gdy parametry życiowe pacjenta na kardiomonitorze są wyświetlane w średnim kontraście i wysokiej częstotliwości migania. W przypadku, gdy dane na kardiomonitorze są wyświetlane w innym trybie niż przedstawiony wyżej rekomendowana jest zmiana parametrów na jeden z kolorów: Biały, Zielony lub Żółty (Równanie 5.2).
- **Profil użytkownika bazujący na Relacjach (PMR - Profil Medyczny Relacje).** W sytuacji stresowej szybka reakcja na parametry życiowe pacjenta wyświetlane na kardiomonitorze, który ma ustawiony wysoki kontrast prezentowanych danych. W sytuacji bez stresu, szybka reakcja, gdy parametry życiowe pacjenta na kardiomonitorze są wyświetlane w wysokim kontraście i minimum średniej częstotliwości migania. W przypadku, gdy dane na kardiomonitorze są wyświetlane w innym trybie niż przedstawiono powyżej rekomendowana jest zmiana parametrów na jeden z kolorów: Biały, Zielony lub Żółty (Równanie 5.3).
- **Profil użytkownika bazujący na Ideach (PMI - Profil Medyczny Idee).** W sytuacjach stresowych szybka reakcja na parametry życiowe pacjenta wyświetlane na kardiomonitorze, który ma ustawiony wysoki kontrast i minimum średnią częstotliwość

migania. Natomiast w sytuacji bezstresowej akceptowalnymi parametrami ustawień kardiomonitora są przynajmniej średni poziom kontrastu i wysoka częstotliwość wyświetlanych parametrów. W obu przypadkach, zarówno podczas sytuacji stresowej i bezstresowej, jeżeli parametry danych prezentowanych na kardiomonitorze są inne niż wyżej opisane, zaleca się zmianę ich na kolor Biały, Zielony lub Żółty (Równanie 5.4).

- **Profil użytkownika bazujący na Strukturach (PMS - Profil Medyczny Struktury).** W sytuacjach stresowych szybka reakcja na parametry życiowe pacjenta wyświetlane na kardiomonitorze, który ma ustawiony wysoki kontrast prezentowanych danych. W sytuacji, gdy parametry życiowe pacjenta na kardiomonitorze są wyświetlane w innym trybie niż wysoki kontrast zaleca się zmianę parametrów na jeden z kolorów: Biały, Zielony, Żółty lub uproszczenie sposobu wyświetlanych danych poprzez zmianę ustawień wyświetlacza na monochromatyczny (Równanie 5.5).

### Modyfikacja GUI kardiomonitora - podejście bez znanego profilu poznawczego użytkownika

Znajomość stylu poznawczego użytkownika, nie jest częstą sytuacją. Jeżeli pojawia się sytuacja, w której nie jest znany styl poznawczy medyka obsługującego kardiomonitor, wtedy rekomendowane jest ustawienie wysokiego kontrastu wszystkich wyświetlanych parametrów (zielony, żółty i biały) z pominięciem koloru czerwonego i niebieskiego dla czarnego tła), wraz z (w miarę możliwości) wysokimi częstotliwościami migania parametru (2Hz-4Hz) przy krytycznym poziomie parametrów życiowych pacjenta. Należy jednak pamiętać, że dłuższą metę takie ustawienie częstotliwości może być męczące. Jeśli to możliwe i nie przeszkadza zespołowi medycznemu, zalecane jest uproszczenie interfejsu kardiomonitora poprzez: (1) uproszczenie liczby/formy wyświetlanych danych oraz (2) zminimalizowanie liczby używanych kolorów (Równanie 5.6), rezygnując równocześnie z ustawienia częstotliwości migania parametrów większej niż 1Hz-2Hz.

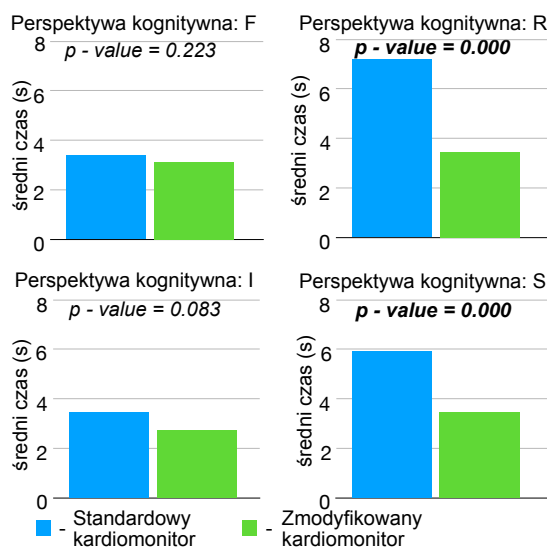
$$G = \begin{cases} s = 0 & \begin{cases} K = W & \text{bez zmian} \\ W \text{ przeciwnym przypadku} & \text{zmiana koloru : } B, Z \text{ lub } \dot{Z} \end{cases} \\ s = 1 & \begin{cases} \text{monochromatyczny wyświetlacz} \\ \text{parametry zmienić na jeden z kolorów :} \\ B, Z \text{ lub } \dot{Z} \end{cases} \end{cases} \quad (5.6)$$

### Walidacja modelu MR-KIK

Walidację wyników zwracanych przez model MR-KIK zrealizowano za pomocą analizy statystycznej w postaci testu testu Kruskala-Wallisa (Rysunek 5.40). Porównanie



dotyczyło podejścia ze standardowymi i zmodyfikowanymi ustawieniami kardiomonitora. Analiza wykonana dla osób z włączoną dominującą perspektywą opartą o Relacje (profil PMR) oraz włączoną dominującą perspektywą opartą o Struktury (profil PMS) wykazała istotną statystycznie różnicę pomiędzy czasem zauważenia pogarszających się parametrów życiowych pacjenta na kardiomonitorze o standardowych ustawieniach, a czasem zauważenia takich parametrów na kardiomonitorze zmodyfikowanym. Dla jednych i drugich zaobserwowano istotność statystyczną na poziomie  $p = 0.000$ . Według raportu FRIS® [2], osoby z włączoną dominującą perspektywą opartą o Struktury stanowią 26.37% personelu medycznego.



Rysunek 5.40. Test Kruskala - Wallisa. Średni czas od kontaktu wzroku z kardiomonitorem do zauważenia pogarszających się parametrów życiowych pacjenta przy zmodyfikowanych i standardowych ustawieniach kardiomonitora, dla określonych dominujących perspektyw poznawczych, gdzie: F - Fakty, R - Relacje, I - Idee, S - Struktury. Źródło: [38].

Przeprowadzona analiza, potwierdza, że przy standardowych ustawieniach GUI kardiomonitora, osoby z włączoną dominującą perspektywą Relacji (profil PMR) i Struktury (profil PMS) wymagają więcej czasu na zauważenie spadających parametrów życiowych pacjenta niż osoby z innymi stylami poznawczymi.

W przypadku osób o dominującej perspektywie kognitywnej opartej o Struktury i dominującej perspektywie kognitywnej opartej o Relacje średni czas zauważenia spadających parametrów życiowych pacjenta wynosił około 6 - 7 sekund, dla dominującej perspektywy kognitywnej opartej o Idee i Fakty średni czas to około 3 - 3.5 sekundy.

Przy zmodyfikowanych ustawieniach kardiomonitora różnica w czasie reakcji na spadek parametrów życiowych pacjenta między osobami z włączoną i wyłączoną dominującą perspektywą Relacji jest zatarta, a średni czas do zauważenia spadku parametrów życiowych pacjenta wynosi około 3 - 4 sekundy (Rysunek 5.40). Można wysnuć wniosek, że

zmodyfikowane ustawienia kardiomonitora umożliwiają szybszą reakcję, osób z włączoną perspektywą dominującą Relacji, na spadki parametrów życiowych pacjenta.

W przypadku dominujących perspektyw kognitywnych opartych o Idee (profil PMI) i Fakty (profil PMF) nie zaobserwowano istotności statystycznej badając czas reakcji na spadek parametrów życiowych pacjenta przy standardowych i zmodyfikowanych ustawieniach monitora. Wartość  $p$  dla dominującej perspektywy kognitywnej opartej o Fakty wynosiła  $p = 0.223$ , a dla Idee  $p = 0.083$ .

## Podsumowanie

Wyniki eksperymentów okazały się być obiecujące. Medycy korzystający ze zmodyfikowanych, na podstawie modelu rekomendującego MR-KIK, ustawień interfejsu wykazywali krótsze czasy reakcji w postrzeganiu obniżonych wartości parametrów życiowych pacjenta w porównaniu ze standardowym GUI kardiomonitora. Zdolność modelu MR-KIK do dostosowania się do indywidualnych preferencji zespołu może przyczynić się do wydajniejszego i efektywniejszego przebiegu pracy klinicznej.

Dobrze zaprojektowany GUI w symulatorach medycznych ułatwia sprawne i szybkie działanie osobom o zróżnicowanych stylach poznawczych. Zapewnienie przejrzystego i intuicyjnego interfejsu pozwala na szybsze podejmowanie decyzji, szczególnie w sytuacjach stresujących i krytycznych czasowo. Co więcej, ustawienia rekomendowane przez model MR-KIK, umożliwią zminimalizowanie dodatkowego obciążenia poznawczego narzuconego przez stresujące i męczące warunki pracy, zapewniając medykom efektywną pracę nawet wtedy, gdy procesy poznawcze i percepcja są obciążone.

## Podsumowanie pracy

Monitorowanie czynności życiowych pacjenta stanowi kluczowy aspekt w procesie diagnostyki medycznej. Urządzeniem, które zostało wybrane do badań, był kardiomonitor, będący podstawowym narzędziem wykorzystywanym do oceny parametrów życiowych pacjenta oraz stanowiący nieodłączny element większości symulatorów medycznych. Zastosowany w nim sposób reprezentacji danych jest zbliżony do reprezentacji innych urządzeń medycznych takich jak np. defibrylator. Niestety, sposób wyświetlania komunikatów o parametrach życiowych pacjentów na ekranie kardiomonitora jest z reguły domyślny, a kolorystyka dobrana przypadkowo co może negatywnie wpływać na efektywność pracy z takim interfejsem, jednocześnie uniemożliwiając medykowi szybkie zauważenie zmian i natychmiastowe wdrożenie procedury medycznej.

Nierozwiązany do dziś problem efektywności komunikacyjnej pomiędzy medykami a GUI kardiomonitorów sięga końca lat 80 XX wieku, gdy kolorowe kardiomonitora stały się standardem. Przyczyną tego problemu jest zastosowanie niekorzystnego i pozbawionego spójności układu kolorystycznego, często wprowadzającego medyków w błąd. Za niekorzystną kolorystykę uważa się barwy tożsame z kolorami sygnalizacji świetlnej, które powodują, że kolor czerwony może być błędnie interpretowany jako nieprawidłowy odczyt, podczas gdy w rzeczywistości wskazuje poprawną wartość. Z drugiej strony, niedoświadczeni lub zmęczeni medycy mogą uznać nieprawidłowe odczyty wyświetlane w kolorze zielonym za wartości normalne.

W ramach pracy opracowano model rekomendujący modyfikację konfiguracji ustawień interfejsu kardiomonitora (MR-KIK), wykorzystujący styl poznawczy człowieka oraz metody eksploracji danych. W badaniach w sposób istotny uwzględniono kwestionariusz FRIS<sup>®</sup> [2] opisujący style poznawcze człowieka na podstawie którego, uwzględniając wyniki badań eksperymentalnych opracowano profile poznawcze medyków. Celem przeprowadzonych badań była poprawa efektywności pracy medyka z GUI kardiomonitora, umożliwiającą szybsze, niż przy ustawieniach standardowych, zauważenie spadających parametrów życiowych pacjenta, a w konsekwencji zminimalizowanie prawdopodobieństwa popełnienia błędów medycznych mogących wpływać na zdrowie a nawet życie pacjentów. Zastosowanie modelu MR-KIK podczas konfiguracji interfejsu może przyczynić się

do szybszej reakcji personelu medycznego na zmiany wyświetlane na kardiomonitorach, szczególnie w sytuacjach obciążonych stresem.

## Osiągnięcia zgłaszane w ramach pracy

Praca ma charakter eksperymentalno-analityczny. Podstawową metodą badawczą były przeprowadzone eksperymenty percepcyjne dotyczące skupienia i rozproszenia uwagi użytkownika oraz możliwości przekierowania uwagi na elementy graficzne zależnie od ich poziomu kontrastu i częstotliwości migania. Badania zostały przeprowadzone na symulatorach wysokiej wierności w trzech Centrach Symulacji Medycznej (w Szczecinie, w Zielonej Górze i w Międzyzdrojach). Oryginalny wkład własny autorki pracy stanowi:

- Przeprowadzenie szczegółowych analiz, których celem było wyselekcjonowanie optymalnego poziomu kontrastu, częstotliwości oraz przyjazności i widoczności kolorów.
- Stworzenie medycznych profili użytkowników na podstawie przeprowadzonych analiz, z wykorzystaniem zebranych danych z eksperymentów percepcyjnych, oraz kwestionariuszy psychometrycznych FRIS<sup>®</sup> [2].
- Indukcja reguł z wykorzystaniem metod eksploracji danych.
- Opracowanie modelu rekomendującego optymalne ustawienie parametrów GUI kardiomonitora na podstawie wcześniej stworzonych reguł.

## Wnioski końcowe

Na podstawie opisanych w rozprawie prac badawczych oraz przeprowadzonych analiz wyciągnięto następujące wnioski:

- Optymalnymi ustawieniami przy projektowaniu GUI urządzeń medycznych jest wysoki kontrast (P 19.6:1) oraz średnia częstotliwość komponentów wizualnych GUI (2Hz), szczególnie gdy parametry GUI znajdują się w obszarach peryferyjnych pola widzenia użytkownika.
- Najlepszym zestawem kolorów dedykowanych parametrom GUI kardiomonitora, są kolory, które w połączeniu z tłem tworzą wysoki kontrast: np. czarne tło i żółty, zielony lub biały kolor parametrów.
- Czynniki ludzkie tj. styl poznawczy człowieka odgrywa ogromną rolę w szybkości zauważania zmian w GUI kardiomonitora. Dlatego uwzględnienie naturalnych predyspozycji poznawczych człowieka przy projektowaniu GUI, jest kluczowym elementem poprawiającym jego efektywność.
- W przypadku projektowania GUI i braku wiedzy na temat stylu poznawczego użytkownika, rekomendowane jest ustawienie wysokiego kontrastu parametru w stosunku do koloru tła na którym jest wyświetlany lub zastosowanie uproszczenia w postaci

zmiany trybu kardiomonitora na monochromatyczny. Taka zmiana w istotny sposób wpłynie to na poprawę widoczności danych wyświetlanych na ekranie kardiomonitora.

## Odniesienie do tezy i celów pracy

Na początku rozprawy postawiona została następująca teza:

*Uwzględnienie naturalnych predyspozycji człowieka skorelowanych z komponentami obrazowania komputerowego zwiększy efektywność interfejsu użytkownika.*

W toku prac, poruszone zostały kwestie związane z oceną efektywności GUI. Szczególny nacisk został położony na ustalenie poziomu parametrów GUI, w taki sposób, by zwracały uwagę, ale nie wywoływały efektu habituacji. Przeprowadzone analizy pozwoliły wyodrębnić parametry kolorów, które przyciągają w sposób przyjazny uwagę użytkownika. Na podstawie eksperymentów percepcyjnych zdefiniowano profile użytkowników, które wykorzystują wiedzę o stylu poznawczym użytkownika. Ostatecznie na podstawie wiedzy zebranej na temat poziomu częstotliwości, kontrastu, przyjazności kolorów oraz stylów poznawczych człowieka opracowano model wspomagający projektowanie efektywnych interfejsów graficznych użytkownika w symulatorach medycznych.

W ramach rozprawy potwierdzono zatem postawioną wcześniej tezę.

Szczegółowe cele pracy postawione na początku pracy zostały zrealizowane:

- Opracowano eksperyment percepcyjny w celu stworzenia medycznych profili użytkowników. Cel osiągnięto na podstawie kwestionariusza psychometrycznego FRIS® [2] oraz eksperymentu sprawdzającego reakcję konkretnych grup poznawczych w sytuacjach stresowych.
- Dokonano indukcji reguł rekomendujących z wykorzystaniem metod eksploracji danych. Zadanie zrealizowano na podstawie badań dotyczących doboru optymalnego poziomu kontrastu, częstotliwości oraz przyjazności kolorów dla bodźca, które w sposób efektywny przyciągają wzrok człowieka.
- Opracowano model rekomendujący na podstawie stworzonych reguł. Cel osiągnięto na podstawie wcześniej zebranych danych o stylach poznawczych użytkownika, optymalnego poziomu kontrastu i częstotliwości parametrów przyciągających uwagę oraz przyjazności kolorów. Model uwzględnia takie parametry GUI jak poziom kontrastu i częstotliwość migania parametrów oraz rekomenduje sposób konfiguracji parametrów wyświetlanych na ekranie kardiomonitora, dla medyka o zidentyfikowanym stylu poznawczym, lub generuje ogólną rekomendację w przypadku braku takiej informacji.
- Tezę zweryfikowano poprzez porównanie wyników z przeprowadzenia dwóch eksperymentów:

1. Eksperymentu percepcyjnego przeprowadzonego na standardowym interfejsie kardiomonitora z udziałem zespołu medycznego bez znanego stylu poznawczego
2. Eksperymentu percepcyjnego przeprowadzonego na kardiomonitorze z konfiguracją GUI kardiomonitora zgodną z rekomendacją modelu MR-KIK.

Weryfikacja tezy potwierdziła ją.

## Dalsze prace

Niniejsza rozprawa skupia się na ocenie efektywności GUI kardiomonitorów oraz na opracowaniu modelu wspomagającego projektowanie spersonalizowanych interfejsów użytkownika z wykorzystaniem stylu poznawczego człowieka oraz metod eksploracji danych.

Dziedzina interfejsów (nie tylko medycznych) rozwija się dynamicznie, zatem wskazanym byłoby bieżące analizowanie ich efektywności zwłaszcza pod kątem GUI kardiomonitorów. W szczególności:

- Kwestią, którą warto byłoby poruszyć w przyszłości to przeprowadzenie badań i rozszerzenie modelu dla dwóch przypadków: osób z aktywnym daltonizmem oraz gałkami ocznymi rozłożonymi nierównolegle (zez). Niestety ze względów technicznych, tj. niemożliwość kalibracji okulografu, takie osoby zostały pominięte w badaniach percepcyjnych.
- Ciekawym podejściem, byłoby wprowadzenie do zaproponowanego rozwiązania uczenia maszynowego, dzięki któremu system na bieżąco poprawiałby własną jakość.
- Uzasadnione są dalsze badania i oceny efektywności modelu w różnych warunkach klinicznych, co ostatecznie może doprowadzić do poprawy opieki nad pacjentem.
- Badania powinny również koncentrować się na dalszym włączaniu stylu poznawczego użytkownika do GUI i rozszerzaniu jego zastosowania na inne urządzenia i systemy medyczne.

## Spis rysunków

1.1.	Schemat widzenia człowieka. Źródło: [36]. . . . .	12
3.1.	Symulator medyczny wysokiej wierności, CSM w Zielonej Górze. Źródło: własne. . .	20
5.1.	Widoczność bodźca na wyświetlaczu przy różnych poziomach kontrastu. Lewa strona: brak bodźca, prawidłowe skupienie uwagi obserwatora w centralnej części ekranu. Środek: niski kontrast bodźca, niezauważalny przez obserwatora ze względu na jego lokalizację i niewłaściwy dobór kontrastu. Prawa strona: odpowiednio wysoki kontrast bodźca zauważalny przez obserwatora w peryferyjnej części ekranu. Źródło: [36]. . . . .	30
5.2.	Koncepcja: proces gromadzenia wiedzy podczas eksperymentu. Źródło: [36]. . . . .	31
5.3.	Stanowisko badawcze. Źródło: [36]. . . . .	31
5.4.	Przykład zadania poznawczego wykorzystanego w eksperymencie. Obszar centralny (środek ekranu) - zadanie poznawcze skupiające uwagę użytkownika z możliwymi odpowiedziami poniżej. Żółta ramka - przykład kolorowej ramki stanowiącej tło dla wyświetlanych bodźców. Bodźce umieszczone na ramce (czarne kropki) migają z jedną z zadanych częstotliwości: 1Hz, 2Hz, lub 4Hz. Źródło: [36]. . . . .	32
5.5.	Procedura optymalizacji eksperymentu. Źródło: [36]. . . . .	33
5.6.	Położenie bodźca: Ciągła linia tworząca prostokąt to kontur ekranu, na którym wyświetlany był eksperyment. Czarne kropki to bodźce (kropki) wyświetlane z różnymi częstotliwościami i z różnym poziomem kontrastu. Przerzywane linie reprezentują określone odległości kątowe (w stopniach) dla następujących kątów widzenia obuocznego (pozycja bodźca): pionowa (46 stopni (23 x 2)) w pionie (46 stopni (23 x 2)) dla środka dolnej i górnej krawędzi ekranu, w poziomie (70 stopni (35 x 2)) dla środka prawej i lewej krawędzi ekranu oraz po przekątnej (80 stopni (35 x 2)) dla środka prawej i lewej krawędzi ekranu. ekranu i po przekątnej (80 stopni (40 x 2)) dla czterech rogów ekranu. Źródło: [36]. . . . .	34
5.7.	Mapy cieplne odpowiadające przebiegowi eksperymentu. Lewa strona: respondent skupił się wyłącznie na wyświetlonym zadaniu poznawczym: eksperyment został przeprowadzony prawidłowo. Środek i prawa strona: Respondent skupił się na bodźcach w przestrzeni peryferyjnej, zamiast na zadaniu poznawczym: eksperyment został przeprowadzony niewłaściwie. Źródło: [36]. . . . .	34

5.8. Test ANOVA: widoczność bodźca dla różnych częstotliwości migania (1Hz, 2Hz i 4Hz). Oś X opisuje widoczność bodźca, a oś Y przedstawia częstotliwość migania bodźca. Źródło: [36]. . . . .	35
5.9. Test ANOVA: widoczność bodźca między wszystkimi poziomami częstotliwości migania i wszystkimi pozycjami bodźca na ekranie. Oś X opisuje widoczność bodźca, a oś Y częstotliwość migania i położenie bodźca. Źródło: [36]. . . . .	35
5.10. Widoczność bodźca dla trzech różnych częstotliwości migania, 1Hz, 2Hz i 4 Hz, oraz dla trzech różnych odległości kątowych, pionowej (46 stopni (szary)), poziomej (70 stopni (pomarańczowy)) i przekątnej (80 stopni) stopnie (niebieski)) Źródło: [36]. . . . .	36
5.11. Test ANOVA dla niskiego kontrastu: widoczność bodźca między wszystkimi poziomami częstotliwości migania i wszystkimi lokalizacjami bodźca na ekranie. Oś X opisuje widoczność bodźca, a oś Y częstotliwość migania i położenie bodźca. Źródło: [36]. . . . .	37
5.12. Widoczność bodźca przy niskim kontraście podana dla trzech różnych częstotliwości migania: 1Hz, 2Hz i 4Hz oraz dla 3 różnych odległości kątowych: 46 stopni (w poziomie), 70 stopni (w pionie) i 80 stopni (przekątnej). Źródło: [36]. . . . .	37
5.13. Widoczność bodźca o małym kontraście (lewa kolumna) i odległości kątowej (prawa kolumna). Źródło: [36]. . . . .	38
5.14. Test ANOVA - Istotność statystyczna między widocznością bodźca a częstotliwością jego migania dla średniego kontrastu - wszystkie odległości kątowe. Prawidłowe wskazania bodźca przez obserwatorów przedstawiono na osi X, a na osi Y częstotliwości migania bodźca i położenia bodźca, gdzie odległość kątowa wynosi: pionowa (46 stopni), pozioma (70 stopni), przekątna (80 stopni). Źródło: [36]. . . . .	39
5.15. Widoczność bodźca dla średniego kontrastu dla trzech różnych częstotliwości migania: 1Hz, 2Hz i 4Hz oraz dla 3 różnych odległości kątowych: 46 stopni (w poziomie), 70 stopni (w pionie) i 80 stopni (przekątnej). Źródło: [36]. . . . .	40
5.16. Widoczność bodźca o średnim kontraście odpowiednio pod względem częstotliwości (lewa kolumna) i odległości kątowej (prawa kolumna). Źródło: [36]. . . . .	41
5.17. Test ANOVA - Istotność statystyczna między widocznością bodźca a częstotliwością jego migania dla wysokiego kontrastu - wszystkie odległości kątowe. Prawidłowe wskazania bodźca przez respondentów przedstawiono na osi X, a na osi Y częstotliwości migania bodźca i położenia bodźca, gdzie odległość kątowa wynosi: pionowa (46 stopni), pozioma (70 stopni), przekątna (80 stopni). Źródło: [36]. . . . .	42
5.18. Widoczność bodźca dla wysokiego kontrastu dla trzech różnych częstotliwości migania: 1Hz, 2Hz i 4Hz oraz dla 3 różnych odległości kątowych: 46 stopni (w poziomie), 70 stopni (w pionie) i 80 stopni (przekątnej). Źródło: [36]. . . . .	43
5.19. Widoczność bodźca o wysokim kontraście pod względem częstotliwości (lewa kolumna) i odległości kątowej (prawa kolumna). Źródło: [36]. . . . .	44
5.20. Procedura wymuszonego wyboru: ten sam kolor obrazu głównego (po lewej) i ten sam kolor tła (po prawej). Źródło: [43]. . . . .	46



- 
- 5.21. Przykładowe obrazy testowe użyte w eksperymencie. Na rysunku obrazy składają się z czarnego koloru ustawionego jako podstawowy kolor tła (góra) i dla piktoqramu (dół) Źródło: [43]. . . . . 47
- 5.22. Rysunek przedstawia wyniki dla dziewięciu testowanych kolorów: A. Czarnego, B. Niebieskiego, C. Szarego, D. Zielonego, E. Pomarańczowego, F. Czerwonego, G. Fioletowego, H. Białego i I. Żółtego. Ranking kolorów jest uporządkowany według poziomu przyjazności i widoczności. Każdy wykres dotyczy tylko jednego koloru podstawowego. Na osi X znajduje się zestaw kolorów drugorzędnych. Oś Y przedstawia znormalizowane wartości uzyskane w eksperymencie. Każdy wykres przedstawia dwa wykresy. Pierwszy (magenta) pokazuje przyjazność i widoczność par kolorów - kolorów podstawowych i drugorzędnych. Drugi (czarny) pokazuje obliczenie kontrastu dla tych samych par kolorów. Kontrast określono zgodnie ze standardem WCAG. Źródło: [43]. . . . . 49
- 5.23. Wpływ obciążenia poznawczego w postaci stresu na postrzeganie zmian parametrów życiowych pacjenta wyświetlanych na ekranie kardiomonitora. Definicja problemu. Źródło: [20]. . . . . 51
- 5.24. Stanowisko badawcze (1) złożone z łóżka, na którym leży fantom (pacjent), kardiomonitora, (2) okulografu (ET) Tobii Eye Tracker 2 [41] z laptopem rejestrującym dane oraz (3) pasa piersiowego do zapisu sygnału EKG (AidLab) [16]. Stanowisko zlokalizowane jest w Centrum Symulacji Medycznej Collegium Medicum Uniwersytetu Zielonogórskiego. Źródło: [20]. . . . . 52
- 5.25. Przebieg eksperymentu. Źródło: [20]. . . . . 53
- 5.26. Lewa góra: średnica źrenicy; Prawa góra róg: czas fiksacji; Lewy dół: tętno; Prawy dół: metryki LF/HF. Legenda: 1 – moment przeprowadzenia eksperymentu bez użycia bodźca stresogennego, 2 – moment, w którym na kardiomonitorze zaczęły spadać parametry życiowe pacjenta, 3 – bodziec stresogenny, 4 – moment, w którym osoba badana zauważyła spadające parametry życiowe pacjenta na kardiomonitorze. Źródło: [20]. . . . . 55
- 5.27. Po lewej: Kardiomonitor użyty do przeprowadzenia eksperymentu. Środek: Przebieg trajektorii wzroku badanych w sytuacji bezstresowej. Po prawej: Przebieg trajektorii wzroku badanych w sytuacji stresowej. AOI - Obszar zainteresowania (docelowe miejsce na kardiomonitorze, w którym spadały parametry życiowe pacjenta), Cyjanowe plamy - przedstawiają przebieg trajektorii wzroku respondentów. Źródło: [20]. . . . . 56
- 5.28. Różnica w średnim czasie reakcji między sytuacją z aktywnym bodźcem stresującym (czerwony) i bez bodźca (zielony). Wartość  $p$  - value wskazuje na istotną statystycznie różnicę między porównywanymi bodźcami, obliczoną za pomocą testu Kruskala-Wallisa, na poziomie istotności 0,05. Źródło: [20]. . . . . 56
- 5.29. Czy zmiana ustawień parametrów graficznych kardiomonitora może wpłynąć na czas reakcji medyka na pogarszające się parametry życiowe pacjenta? Definicja problemu 1. Źródło: [38]. . . . . 57

- 5.30. Czy styl poznawczy personelu medycznego może wpływać na jego czas reakcji na spadające parametry życiowe pacjenta? Definicja problemu 2. Źródło: [38]. . . . . 58
- 5.31. Eksperyment 1: Procedura tworzenia modelu MR-KIK na podstawie badań na symulatorach wysokiej wierności oraz wcześniejszych badań percepcyjnych (opisanych w Sekcjach 5.1,5.2,5.3); Eksperyment 2: walidacja modelu. Źródło: [38]. . 59
- 5.32. Przebieg eksperymentu od momentu podłączenia pacjenta do urządzeń medycznych i wyświetlenia ich na kardiomonitorze do wyłączenia drugiego stresora. Źródło: [38]. 59
- 5.33. Lewy górny róg: trajektoria wzroku osób z włączoną dominującą perspektywą Relacji od momentu zauważenia spadku parametrów życiowych pacjenta i kontaktu wzrokiem z kardiomonitorem do zauważenia spadającego parametru życiowego pacjenta (standardowe ustawienia kardiomonitora); Prawy górny róg: Trajektoria wzroku osób z wyłączoną perspektywą dominującą Relacji, od momentu zauważenia spadku parametrów życiowych pacjenta i kontaktu wzrokiem z kardiomonitorem do zauważenia spadającego parametru życiowego (standardowe ustawienia kardiomonitora); Lewy dolny róg: Trajektoria wzroku osób z włączoną dominującą perspektywą Relacji od momentu zauważenia spadku parametrów życiowych pacjenta i kontaktu wzrokiem z kardiomonitorem do zauważenia spadającego parametru życiowego (zmienione ustawienia kardiomonitora); Prawy dolny róg: Trajektoria wzroku osób z wyłączoną dominującą perspektywą Relacji, od momentu zauważenia spadku parametrów życiowych pacjenta i kontaktu wzrokiem z kardiomonitorem do zauważenia spadającego parametru życiowego (zmienione ustawienia kardiomonitora). Źródło: [38]. . . . . 63
- 5.34. Po lewej: wielkość efektu (ES) bez uproszczenia dla *perspektywy dominującej opartej o Fakty* -  $F_{in}$  (kropka) i *wyłączonej perspektywy dominującej opartej o Fakty* -  $F_{out}$  (kółko); Po prawej: wielkość efektu z uproszczeniem dla włączonej *perspektywy dominującej opartej o Fakty* (kropka) i *wyłączonej perspektywy dominującej opartej o Fakty* (kółko). Oś X zawiera kombinację warunków (kontrast i częstotliwość). Oś Y oznacza prawdopodobieństwo popełnienia błędu (niezauważenia zmiany parametru). Kolor czerwony oznacza wysokie ES ( $>0.7$ ), ciemnoniebieski oznacza średnie ES ( $<0.7$  i  $> 0.45$ ), jasnoniebieski oznacza małe ES ( $<0.45$  i  $>0.2$ ), a kolor zielony oznacza bardzo małe ES ( $<0.2$ ). ES zostało obliczone między warunkiem wyświetlonym na osi X a najlepszym wynikiem (wysoki kontrast i wysoka częstotliwość) uzyskanym dla danej grupy respondentów (odpowiednio  $F_{in}$  i  $F_{out}$ ). Analizowano 4 przypadki: Lewy górny: interfejs z domyślnymi ustawieniami bez czynnika stresu, Lewy dolny: interfejs z domyślnymi ustawieniami ze współczynnikiem stresu, Prawy górny: uproszczony interfejs (jednolite kolory o wysokim kontraście) bez czynnika stresu i Prawy dolny: uproszczony interfejs z czynnikiem stresu. Równanie 5.2. Źródło: [38]. . . . . 65

- 5.35. Po lewej: wielkość efektu (ES) bez uproszczenia dla *perspektywy dominującej opartej o Relacje -  $R_{in}$*  (kropka) i wyłączonej *perspektywy dominującej opartej o Relacje -  $R_{out}$*  (kółko); Po prawej: wielkość efektu z uproszczeniem dla *perspektywy dominującej opartej o Relacje* (kropka) i wyłączonej *perspektywy dominującej opartej o Relacje* (okrąg). Oś X zawiera kombinację warunków (kontrast i częstotliwość). Oś Y oznacza prawdopodobieństwo popełnienia błędu (niezauważenia zmiany parametru). Kolor czerwony oznacza wysokie ES ( $>0,7$ ), ciemnoniebieski oznacza średnie ES ( $<0,7$  i  $> 0,45$ ), jasnoniebieski oznacza małe ES ( $<0,45$  i  $> 0,2$ ), a kolor zielony oznacza bardzo małe ES ( $<0,2$ ). ES obliczono między stanem wyświetlonym na osi X a najlepszym wynikiem (wysoki kontrast i wysoka częstotliwość) uzyskanym odpowiednio dla danej grupy respondentów (FD i FI). Analizowano 4 przypadki: Lewy górny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami bez czynnika stresu, Lewy dolny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami z czynnikiem stresu, Prawy górny róg: uproszczony interfejs (jednolite kolory o wysokim kontraście) bez czynnika stresu i Prawy dolny róg: uproszczony interfejs z czynnikiem stresu. Równanie 5.3. Źródło: [38]. . . . . 66
- 5.36. Po lewej: wielkość efektu (ES) bez uproszczenia dla *perspektywy dominującej opartej o Idee -  $I_{in}$*  (kropka) i wyłączonej *dominującej perspektywie opartej o Idee -  $S_{out}$*  (kółko); Po prawej: wielkość efektu (ES) z uproszczeniem dla *włączonej perspektywy dominującej opartej o Idee* (kropka) i wyłączonej *perspektywie dominującej opartej o Idee* (kółko). Oś X zawiera kombinację warunków (kontrast i częstotliwość). Oś Y oznacza prawdopodobieństwo popełnienia błędu (niezauważenia zmiany parametru). Kolor czerwony oznacza wysokie ES ( $>0,7$ ), ciemnoniebieski oznacza średnie ES ( $<0,7$  i  $> 0,45$ ), jasnoniebieski oznacza małe ES ( $<0,45$  i  $> 0,2$ ), a kolor zielony oznacza bardzo małe ES ( $<0,2$ ). ES zostało obliczone między warunkiem wyświetlonym na osi X a najlepszym wynikiem (wysoki kontrast i wysoka częstotliwość) uzyskanym dla danej grupy respondentów (odpowiednio  $I_{in}$  i  $I_{out}$ ). Analizowano 4 przypadki: Lewy górny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami bez czynnika stresu, Lewy dolny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami z czynnikiem stresu, Prawy górny róg: uproszczony interfejs (jednolite kolory o wysokim kontraście) bez czynnika stresu i Prawy dolny róg: uproszczony interfejs z czynnikiem stresu. Równanie 5.4. Źródło: [38]. . . . . 67

- 5.37. Po lewej: Po lewej: wielkość efektu (ES) bez uproszczenia dla *perspektywy dominującej opartej o Struktury* -  $S_{in}$  (kropka) i wyłączonej *perspektywie dominującej opartej o Struktury* -  $S_{out}$  (kółko); Po prawej: Po lewej: wielkość efektu (ES) z uproszczeniem dla *perspektywy dominującej opartej o Struktury* (kropka) i wyłączonej *perspektywie opartej o Struktury* (kółko). Oś X zawiera kombinacje warunków (kontrast i częstotliwość). Oś Y oznacza prawdopodobieństwo popełnienia błędu (niezauważenia zmiany parametru). Kolor czerwony oznacza wysokie ES ( $>0,7$ ), ciemnoniebieski oznacza średnie ES ( $<0,7$  i  $> 0,45$ ), jasnoniebieski oznacza małe ES ( $<0,45$  i  $> 0,2$ ), a kolor zielony oznacza bardzo małe ES ( $<0,2$ ). ES zostało obliczone między warunkiem wyświetlonym na osi X a najlepszym wynikiem (wysoki kontrast i wysoka częstotliwość) uzyskanym dla danej grupy respondentów (odpowiednio  $S_{in}$  i  $S_{out}$ ). Analizowano 4 przypadki: Lewy górny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami bez czynnika stresu, Lewy dolny róg: interfejs z domyślnymi ustawieniami z czynnikiem stresu, Prawy górny róg: uproszczony interfejs (jednolite kolory o wysokim kontraście) bez czynnika stresu i Prawy dolny róg: uproszczony interfejs z czynnikiem stresu. Równanie 5.5. Źródło: [38]. . . . . 68
- 5.38. Model rekomendujący MR-KIK. W oparciu o tabelę reguł model w powyższej postaci przedstawia rekomendację ustawień kardiomonitora dla medyka ze zidentyfikowanym stylem poznawczym człowieka lub jego brakiem. Źródło: [38]. . . . . 70
- 5.39. Przykład zastosowania zaproponowanego modelu rekomendującego MR-KIK. Źródło: [38]. . . . . 71
- 5.40. Test Kruskala - Wallisa. Średni czas od kontaktu wzroku z kardiomonitorem do zauważenia pogarszających się parametrów życiowych pacjenta przy zmodyfikowanych i standardowych ustawieniach kardiomonitora, dla określonych dominujących perspektyw poznawczych, gdzie: F - Fakty, R - Relacje, I - Idee, S - Struktury. Źródło: [38]. . . . . 73

## Spis tabel

4.1.	Najbardziej popularne wymiary poznawcze. . . . .	25
5.1.	Zbiorne przedstawienie efektu habituacji i sensytyzacji przez respondentów na kontrast: Wysoki, Średni i Niski, z uwzględnieniem częstotliwości (w Hz) migającego bodźca i różnych odległości kątowych (w stopniach). Czerwona strzałka oznacza habituację, zielona – sensytyzującą. Źródło: [36]. . . . .	45
5.2.	Wielkości efektu ES wyznaczone odpowiednio dla pary kombinacji dowolnego poziomu kontrastu i częstotliwości oraz pary o najwyższych parametrach: wysokim kontraście i wysokiej częstotliwości migania. Najlepsze wyniki uzyskano dla warunku: <i>Wysoki kontrast/Wysoka częstotliwość</i> dla każdej z perspektyw poznawczych: $F_{in}$ , $F_{off}$ , $R_{in}$ , $R_{off}$ , $I_{in}$ , $I_{off}$ i $S_{in}$ , $S_{off}$ . Źródło: [38]. . . . .	69



# Literatura

- [1] Itu-r.rec.bt.500-14. <https://www.itu.int/rec/R-REC-BT.500>, 2019.
- [2] Anna and Anna Samborska-Owczarek. Fris, <https://fris.pl>.
- [3] Ishan Banerjee, Bao Nguyen, Vahid Garousi, and Atif Memon. Graphical user interface (gui) testing: Systematic mapping and repository. *Information and Software Technology*, 55(10):1679–1694, 2013.
- [4] Armando Barreto, Jing Zhai, and Malek Adjouadi. Non-intrusive physiological monitoring for automated stress detection in human-computer interaction. In *International Workshop on Human-Computer Interaction*, pages 29–38. Springer, 2007.
- [5] Dianne Berry and Anna Hart. User interface standards for expert systems: are they appropriate? *Expert Systems with Applications*, 2(4):245–250, 1991.
- [6] James Bieri. Cognitive complexity-simplicity and predictive behavior. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 51(2):263, 1955.
- [7] George E Billman. The lf/hf ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Frontiers in physiology*, 4:26, 2013.
- [8] Frances Brown, Derek D Hall, and Derek R Hall. *Tourism in peripheral areas: Case studies*, volume 2. Channel View Publications, 2000.
- [9] Marie H Bundy, Thomas F Gross, David J Coughlin, and JR Strickler. Quantifying copepod searching efficiency using swimming pattern and perceptive ability. *Bulletin of Marine Science*, 53(1):15–28, 1993.
- [10] Marisa Carrasco. Visual attention: The past 25 years. *Vision research*, 51(13):1484–1525, 2011.
- [11] Ok Min Cho, Hwasoon Kim, Young Whee Lee, and Insook Cho. Clinical alarms in intensive care units: Perceived obstacles of alarm management and alarm fatigue in nurses. *Healthcare informatics research*, 22(1):46–53, 2016.
- [12] Parul Christian, Laura E Murray-Kolb, James M Tielsch, Joanne Katz, Steven C LeClerq, and Subarna K Khatri. Associations between preterm birth, small-for-gestational age, and neonatal morbidity and cognitive function among school-age children in nepal. *BMC pediatrics*, 14(1):1–8, 2014.
- [13] William S Cleveland and Robert McGill. Graphical perception: Theory, experimentation, and application to the development of graphical methods. *Journal of the American statistical association*, 79(387):531–554, 1984.
- [14] Enrico Coiera. Technology, cognition and error. *BMJ quality & safety*, 24(7):417–422, 2015.

- 
- [15] Maria Cvach. Monitor alarm fatigue: an integrative review. *Biomedical instrumentation & technology*, 46(4):268–277, 2012.
- [16] L Czekaj, Maciej Daniszewski, and Jakub Domaszewicz. Validation of the aidlab solution for measuring heart rate variability. *Aidlab: Gdansk, Poland*, 2019.
- [17] Steven Dakin and Uta Frith. Vagaries of visual perception in autism. *Neuron*, 48(3):497–507, 2005.
- [18] Christina Doty, Shaun Gallagher, Wenqi Cui, Wenya Chen, Shweta Bhushan, Marjolein Oostrom, Sarah Akers, and Steven R Spurgeon. Design of a graphical user interface for few-shot machine learning classification of electron microscopy data. *Computational Materials Science*, 203:111121, 2022.
- [19] Wolfgang Dzida. Standards for user-interfaces. *Computer Standards & Interfaces*, 17(1):89–97, 1995.
- [20] Maja Dzisko, Anna Lewandowska, and Beata Wudarska. Can the standard configuration of a cardiac monitor lead to medical errors under a stress induction? *Sensors*, 22(9):3536, 2022.
- [21] Karla K Evans, Todd S Horowitz, Piers Howe, Roccardo Pedersini, Ester Reijnen, Yair Pinto, Yoana Kuzmova, and Jeremy M Wolfe. Visual attention. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2(5):503–514, 2011.
- [22] Gustavo Flores-Macías and Jessica Zarkin. Militarization and perceptions of law enforcement in the developing world: Evidence from a conjoint experiment in mexico. *British Journal of Political Science*, 52(3):1377–1397, 2022.
- [23] Kirsty Forrest and Judy McKimm. Using simulation in clinical education. *British Journal of Hospital Medicine (2005)*, 71(6):345–349, 2010.
- [24] Katherine T Hanson and Erin P Riley. Beyond neutrality: The human–primate interface during the habituation process. *International Journal of Primatology*, 39(5):852–877, 2018.
- [25] Laurent Itti and Christof Koch. Computational modelling of visual attention. *Nature reviews neuroscience*, 2(3):194–203, 2001.
- [26] Bernard J Jansen. The graphical user interface. *ACM SIGCHI Bulletin*, 30(2):22–26, 1998.
- [27] Jeff Johnson. *Designing with the mind in mind: simple guide to understanding user interface design guidelines*. Morgan Kaufmann, 2020.
- [28] Jerome Kagan. Reflection-impulsivity: The generality and dynamics of conceptual tempo. *Journal of abnormal psychology*, 71(1):17, 1966.
- [29] Peter J Kennel, Hannah Rosenblum, Kelly M Axsom, Shudhanshu Alishetti, Michael Brenner, Evelyn Horn, Ajay J Kirtane, Edward Lin, Jan M Griffin, Mathew S Maurer, et al. Remote cardiac monitoring in patients with heart failure: a review. *JAMA cardiology*, 2021.
- [30] Tariq M Khan, M Aurangzeb Khan, Shahzad A Malik, Shahid A Khan, Tariq Bashir, and Amir H Dar. Automatic localization of pupil using eccentricity and iris using gradient based method. *Optics and Lasers in Engineering*, 49(2):177–187, 2011.
- [31] Mohammad Khatib and Rasoul Mohammad Hosseinpour. On the validity of the group embedded figure test (geft). *Journal of Language Teaching & Research*, 2(3), 2011.



- 
- [32] George S Klein, Herbert J Schlesinger, and David E Meister. The effect of personal values on perception: an experimental critique. *Psychological Review*, 58(2):96, 1951.
- [33] Maria Kozhevnikov. Classifying cognitive style across disciplines. *APS Observer*, 27, 2014.
- [34] Maria Kozhevnikov, Carol Evans, and Stephen M Kosslyn. Cognitive style as environmentally sensitive individual differences in cognition: A modern synthesis and applications in education, business, and management. *Psychological science in the public interest*, 15(1):3–33, 2014.
- [35] Kevin Kunkler. The role of medical simulation: an overview. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 2(3):203–210, 2006.
- [36] Anna Lewandowska, Malwina Dziśko, and Jarosław Jankowski. Investigation the role of contrast on habituation and sensitisation effects in peripheral areas of graphical user interfaces. *Scientific Reports*, 12(1):1–19, 2022.
- [37] Wenhui Liao, Weihong Zhang, Zhiwei Zhu, and Qiang Ji. A real-time human stress monitoring system using dynamic bayesian network. In *2005 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition (CVPR'05)-workshops*, pages 70–70. IEEE, 2005.
- [38] Dzisko Maja, Lewandowska Anna, Samborska-Owczarek Anna, and Beata Wudarska. Recommender-predictive model for cardiac monitor interface (rpm-cmi) settings enhancing medical staff efficiency in emergencies. *Publikacja w recenzji - IEEE TANSCTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING*, 2023.
- [39] Rafał K Mantiuk, Anna Tomaszewska, and Radosław Mantiuk. Comparison of four subjective methods for image quality assessment. In *Computer graphics forum*, volume 31, pages 2478–2491. Wiley Online Library, 2012.
- [40] Samu Messick et al. *Individuality in learning*. Jossey-Bass, 1976.
- [41] Diederick C Niehorster, Roy S Hessels, and Jeroen S Benjamins. Glassesviewer: Open-source software for viewing and analyzing data from the tobii pro glasses 2 eye tracker. *Behavior research methods*, 52(3):1244–1253, 2020.
- [42] Diederick C Niehorster, Roy S Hessels, and Jeroen S Benjamins. Glassesviewer: Open-source software for viewing and analyzing data from the tobii pro glasses 2 eye tracker. *Behavior Research Methods*, 52:1244–1253, 2020.
- [43] Agnieszka Olejnik-Krugly, Anna Lewandowska, Malwina Dzisko, and Jarosław Jankowski. Towards effective visual communication with positive user experience: High contrast and visibility vs user-friendliness positive/perception. *Publikacja w recenzji - International Journal of Human - Computer Studies*, 2023.
- [44] Anna Samborska Owczarek. <http://fris.pl>.
- [45] Charles Parkhurst and Robert L Feller. Who invented the color wheel? *Color Research & Application*, 7(3):217–230, 1982.
- [46] Elizabeth Potterton, Peter Briggs, Maria Turkenburg, and Eleanor Dodson. A graphical user interface to the ccp4 program suite. *Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography*, 59(7):1131–1137, 2003.
- [47] Varanasi Ramabrahmam. Human cognitive process—an ancient indian model. 2005.
- [48] A Ramlaul, G Chironda, and P Brysiewicz. Alarms in the icu: A study investigating how icu

- nurses respond to clinical alarms for patient safety in a selected hospital in kwazulu-natal province, south africa. *Southern African Journal of Critical Care*, 37(2):57–62, 2021.
- [49] P Reed, Keith Holdaway, Scott Isensee, Elizabeth Buie, J Fox, J Williams, and Arnold Lund. User interface guidelines and standards: progress, issues, and prospects. *Interacting with Computers*, 12(2):119–142, 1999.
- [50] David Regan. *Human perception of objects*. Sunderland, MA: Sinauer, 2000.
- [51] Stanley Reisman. Measurement of physiological stress. In *Proceedings of the IEEE 23rd Northeast Bioengineering Conference*, pages 21–23. IEEE, 1997.
- [52] Peng Ren, Armando Barreto, Jian Huang, Ying Gao, Francisco R Ortega, and Malek Adjoaudi. Off-line and on-line stress detection through processing of the pupil diameter signal. *Annals of biomedical engineering*, 42(1):162–176, 2014.
- [53] Matthias Reumann, Viatcheslav Gurev, and John Jeremy Rice. Computational modeling of cardiac disease: potential for personalized medicine. 2009.
- [54] Marnie E Rice and Grant T Harris. Comparing effect sizes in follow-up studies: Roc area, cohen’s d, and r. *Law and human behavior*, 29:615–620, 2005.
- [55] Y Batu Salman, Hong-In Cheng, and Patrick E Patterson. Icon and user interface design for emergency medical information systems: A case study. *International journal of medical informatics*, 81(1):29–35, 2012.
- [56] ML Seghier and Patrik Vuilleumier. Functional neuroimaging findings on the human perception of illusory contours. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(5):595–612, 2006.
- [57] Tobias Sielhorst, Tobias Obst, Rainer Burgkart, Robert Riener, and Nassir Navab. An augmented reality delivery simulator for medical training. In *International workshop on augmented environments for medical imaging-MICCAI Satellite Workshop*, volume 141, pages 11–20, 2004.
- [58] Robert J Sternberg and Elena L Grigorenko. Are cognitive styles still in style? *American psychologist*, 52(7):700, 1997.
- [59] Geneva Switzerland tech. rep., UIT. Itu-r recommendation bt.500-11, méthodologie d’évaluation subjective de la qualité des images de télévisi- on. In *Gretsi 2009*, pages 4–pp, 2002.
- [60] Brian H Toby. Expgui, a graphical user interface for gas. *Journal of applied crystallography*, 34(2):210–213, 2001.
- [61] Dejan Todorović. The effect of face eccentricity on the perception of gaze direction. *Perception*, 38(1):109–132, 2009.
- [62] Povilas Treigys, Virginijus Marcinkevičius, and Artūras Kaklauskas. Analysis of iris and pupil parameters for stress recognition. *Information Technology and Control*, 41(1):7–14, 2012.
- [63] Keith S Vallerio, Lin Zhong, and Niraj K Jha. Energy-efficient graphical user interface design. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 5(7):846–859, 2006.
- [64] LCM Vanderlei, RA Silva, CM Pastre, Fábio Mícolis de Azevedo, and MF Godoy. Comparison of the polar s810i monitor and the ecg for the analysis of heart rate variability in

- the time and frequency domains. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 41(10):854–859, 2008.
- [65] Paul Kengfai Wan, Abylay Satybaldy, Lizhen Huang, Halvor Holtskog, and Mariusz Nowostawski. Reducing alert fatigue by sharing low-level alerts with patients and enhancing collaborative decision making using blockchain technology: Scoping review and proposed framework (medalert). *Journal of Medical Internet Research*, 22(10):e22013, 2020.
- [66] Hongjing Wang, Wenxin Wang, Hongjie Yu, Qiqi Mao, You Xu, Xiaonian Li, Ziqiang Wang, and Liang Wang. Interface engineering of polyaniline-functionalized porous pd metallene for alkaline oxygen reduction reaction. *Applied Catalysis B: Environmental*, 307:121172, 2022.
- [67] Yingxu Wang, Du Zhang, and Witold Kinsner. *Advances in cognitive informatics and cognitive computing*, volume 323. Springer, 2010.
- [68] Stephen Wanhill. Peripheral area tourism: A european perspective. *Progress in Tourism and Hospitality Research*, 3(1):47–70, 1997.
- [69] Jason White. Wcag 2.1 meets stem: Application, interpretation, and opportunities for further standard development. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 22(1):n1, 2019.
- [70] Herman A Witkin, Carol Ann Moore, Donald R Goodenough, and Patricia W Cox. Field-dependent and field-independent cognitive styles and their educational implications. *Review of educational research*, 47(1):1–64, 1977.
- [71] Jeremy M Wolfe. Visual attention. *Seeing*, pages 335–386, 2000.
- [72] Maeike Zijlmans, Danny Flanagan, and Jean Gotman. Heart rate changes and ecg abnormalities during epileptic seizures: prevalence and definition of an objective clinical sign. *Epilepsia*, 43(8):847–854, 2002.