

ZESZYTY NAUKOWE NR 3(75)
AKADEMII MORSKIEJ
SZCZECIN 2004

PRACE WYDZIAŁU NA WIGACYJNEGO

Maciej Gućma

**Metoda testowania graficznego interfejsu użytkownika
w pilotowym systemie nawigacyjnym**

Słowa kluczowe: *interfejs użytkownika, system pilotowy, pilotaż*

Proces manewrowania statkiem na akwenach ograniczonych wymaga od załogi statku wykorzystania usług pilota (ekspert znający parametry hydrometeorologiczne i batymetryczne danego akwenu manewrowego). W celu zapewnienia pilotowi źródła informacji niezależnego od statkowych systemów proponuje się wprowadzenie pilotowego systemu nawigacyjnego.

W artykule przedstawiono metodę testowania graficznego interfejsu użytkownika w pilotowym systemie nawigacyjnym. Opisano metody pozyskiwania danych do analizy efektywności pracy z interfejsem. Określono, jakie parametry powinny być rejestrowane podczas badań testowych. Opracowana metoda pozwala na weryfikację przydatności skonstruowanego interfejsu użytkownika w pilotowym systemie nawigacyjnym.

**Testing Method of Graphical User Interface
for Pilot Navigation System**

Keywords: *user interface, pilotage, HCI, pilot system*

Using Portable Navigation Systems (PNS) requires specially constructed interface while navigating in confined areas. User interface must be optimal according to its layout and navigational information shown on it. There is also a need to analyze which information on the electronic chart is indispensable and which may be removed, without affecting the system's usability.

Ergonomics and usability engineering gives appropriate tools to develop, verify and test optimal user interface. The paper presents main testing methods of user interface in PNS. Methods of electronic chart selection have been shown. Before using the interface in real conditions, several tests were conducted and the paper presents them respectively.

Wstęę

Badanie i opis zachowania układu statek – nawigator – środowisko zewnętrzne pozwala na budowę systemów wspomagania podejmowania decyzji takich, jak np. pilotowy system nawigacyjny (PNS). Systemy takie przyczyniają się do wzrostu poziomu bezpieczeństwa manewrowania statkiem na akwenach ograniczonych, jak np. tory podejściowe, porty, wąskie przejścia. System PNS składa się z podsystemów: określania pozycji oraz przekształcającego informację o pozycji na postać bardziej czytelną dla pilota. Informacja jest następnie prezentowana na interfejsie użytkownika (ang. *Graphical User Interface* – GUI) [3]. Używa się tu mapy elektronicznej akwenu, na którym porusza się statek. Jest to jeden z czynników, który zapewnia maksymalną czytelność informacji. Pilotowy system nawigacyjny dostarczałby kapitanowi lub pilotowi prowadzącemu statek informacji umożliwiającej bezpieczne wykonanie planowanego manewru w określonych warunkach nawigacyjnych w zadanym czasie [5].

Krytycznym elementem większości systemów komputerowych jest interfejs użytkownika. Jest on jedynym sposobem komunikacji z użytkownikiem, który decyduje o jakości całego systemu. Ocena przydatności systemu przez potencjalnego użytkownika jest zatem podstawowym wskaźnikiem jakości [6]. W przypadku systemów technicznych, które służą zapewnieniu bezpieczeństwa, takich jak PNS, kluczowym problemem jest wpływ czynnika ludzkiego na pracę systemu.

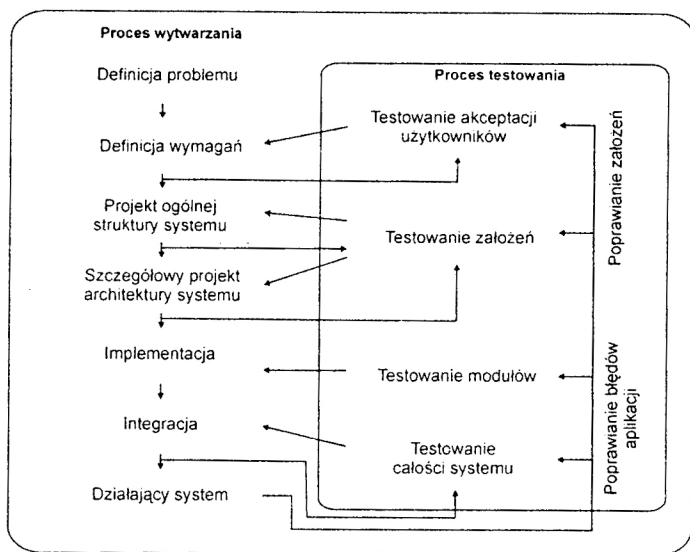
Na etapie projektowania interfejsów użytkownika konieczne staje się określenie interakcji zachodzących pomiędzy przyszłym użytkownikiem a systemem, co jest zdefiniowane jako pojęcie oddziaływania komputera i człowieka (ang. *Human-Computer Interaction* – HCI). Obecnie HCI coraz częściej uwzględnia aspekt projektowania użytkowego (ang. *Usability Engineering* – UE).

1. Metody pozyskiwania danych

Cały proces wytwarzania systemu PNS można podzielić na etap projektowania, budowy i testowania prototypu, budowy urządzenia i etapu testowania. Na etapie testowania można wyróżnić dwie składowe: poprawianie założeń i poprawianie błędów aplikacji. Zakres artykułu obejmuje metodę testowania na etapie błędów aplikacji, a dane do analizy efektywności będą pozyskane w dwóch następujących etapach:

- Etap 1. Testowanie modułów – sposób prezentacji informacji nawigacyjnej, rozkład elementów kontrolnych interfejsu, dostępność funkcji.
- Etap 2. Testowanie całości systemu – ogół interakcji użytkownika z systemem.

Ogół zależności procesów testowania w trakcie wytwarzania systemu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Testowanie w trakcie procesu tworzenia aplikacji [3]

Fig. 1. Testing in process of development of application [3]

Ocena systemu przez użytkowników polega na zebraniu opinii od reprezentatywnej próbki rzeczywistych użytkowników, będącymi ekspertami w dziedzinie, w jakiej system ma być wdrożony. Stosuje się następujące metody pozyskiwania danych oraz kryteria oceny graficznych systemów użytkownika [4, 6]:

1. **Test zadaniowy systemu.** Badania i testy laboratoryjne z udziałem użytkowników mają na celu przede wszystkim uzyskanie danych ilościowych z pomiarów wyników pracy z systemem, np. czas wykonania zadania, czas uczenia się, skuteczność wykonania zadań, liczba i rodzaj popełnionych błędów. Możliwe jest również określenie wad użytkowych systemu i zebranie subiektywnych opinii dla określenia stopnia satysfakcji użytkowników.
2. **Obserwacja.** W metodach obserwacyjnych wyniki prac użytkownika z systemem są mierzone podczas wykonywania zadań z użyciem systemu przez testową grupę użytkowników. Pozwala to na zebranie zarówno danych ilościowych, jak i jakościowych przydatnych do analizy własności użytkowych systemu. Metoda ta nadaje się do pozyskiwania danych związanych ze statycznymi elementami interfejsu (okna dialogowe, wprowadzania danych).
3. **Rejestracja video.** Rejestracja pracy użytkownika z systemem pozwala oddzielić zbieranie danych od analizy, która może odbyć się po zakończeniu testu systemu. Niekiedy bezpośrednio po teście odtwarza się

- nagranie prosząc uczestników o komentarze i objaśnienia pewnych sytuacji, co pozwala na badanie retrospektywne.
4. **Kwestionariusze.** Kwestionariusze dają możliwość zebrania danych o odczuciach użytkowników co do jakości interfejsu. Kwestionariusze wykorzystuje się zwykle do oceny podsumowującej i na ogół z testem zadaniowym systemu.
 5. **Wywiady.** Wywiady z użytkownikami mogą być prowadzone według ustalonego scenariusza lub bez ustalonej sztywnej struktury pytań. Zapewniają one prowadzącemu znaczną elastyczność w analizie wybranych zagadnień jakości.
 6. **Automatyczne monitorowanie interakcji z systemem.** Monitorowanie interakcji jest oparte na rejestracji zdarzeń wewnątrz systemu z użyciem rezydentnego programu rejestrującego, podczas gdy użytkownicy obsługują system w trakcie wykonywania zadań. Zasadniczą zaletą monitorowania interakcji jest to, że badanie nie rozprasza użytkowników w wykonywaniu zadania.

W przypadku systemów PNS najkorzystniejszym wyborem metody oceny interfejsu jest test zadaniowy systemu połączony z kwestionariuszem, automatyczne monitorowanie interakcji oraz rejestracje wideo (zarówno na etapie prototypu jak i działającego systemu) [4]. Ustalono, że w przypadku testowania prototypu konieczne jest wykonanie przynajmniej pięciu wersji interfejsu o różnym stopniu złożoności danych nawigacyjnych, różnej ilości elementów sterujących oraz różnych metodach prezentacji obrazu, przedstawionych poniżej:

- a. Najprostszą wersją jest zobrazowanie przedstawiające jedynie sylwetkę statku oraz odległość od osi toru. Mapa wektorowa z podstawowymi informacjami (głębokości punktowe, kilometrów toru).
- b. Kolejne zobrazowanie zawiera dodatkowo informacje o parametrach ruchu jednostki (prędkość i kurs).
- c. W następnym zobrazowaniu przedstawiono dodatkowe informacje związane z głębokościami oraz izobatami bezpiecznymi dla danej jednostki.
- d. W kolejnym kroku dodano informacje szczegółowe dotyczące: parametrów ruchu oraz odległości od wybranych punktów (nabrzeże, punkt drogi).
- e. Zobrazowanie zgodne z S-57, wszystkie informacje jak w standardzie ECDIS.

2. Analiza danych

Ocena efektywności polega na analizie danych uzyskanych na wyjściu procesu interakcji człowiek – komputer oraz analizie danych uzyskanych z rejestracji video. Miary używane w ocenie efektywności pracy:

- ilościowa – rejestrowana przez system monitorujący działania użytkownika w tle – system taki rejestruje wszystkie zdarzenia zaszłe w testowanym systemie (np.: wprowadzenie danych z klawiatury);
- jakościowa – rejestrowana przez system monitorujący;
- czas całkowity – np.: z rejestracji video.

Miara jakościowa opiera się na ocenie dokładności wykonania zadania przez użytkownika w stosunku do zadania wykonanego wzorcowo. Stopień wykonania zadania w mierze jakościowej może być oceniony poprzez odchylenie od założonych wartości (np.: odchylenie od trajektorii, odchyłka kursowa). Miara ta jest użyteczna w przypadku danych mających duży wpływ na bezpieczeństwo. Przedstawia to zależność:

$$M_j = \frac{Q_g}{100\%} \quad (1)$$

gdzie:

- M_j – miara jakościowa,
- Q_g – stopień wykonania zadania [%].

Miara ilościowa to stosunek ilości prób wykonania zadania zakończonych sukcesem do ilości wszystkich prób. Obrazuje to zależność:

$$M_i = \frac{T_g}{T_a} \quad (2)$$

gdzie:

- M_i – miara ilościowa,
- T_g – ilość prób wykonania zadania zakończonych sukcesem,
- T_a – ilość wszystkich prób.

Metoda pomiaru składowej ilościowych obejmuje:

- podział całkowitego procesu na mniejsze podprocesy o podobnej ważności,
- identyfikację sposobu przedstawienia poszczególnych podprocesów,
- ustalenie reguły akceptacji podprocesu.

Na podstawie określonych wartości można uzyskać następujące informacje:

- skuteczność wykonania zadania;
- wydajność użytkowa – skuteczność wykonania zadania w danym czasie;
- względna wydajność użytkowa – skuteczność podzielona przez skuteczność osiąganą przez eksperta;

- czas produktywny – wykonywania zadania;
- czas przeszukiwania, błądzenia i uzyskiwania pomocy;
- opłacalność wdrożenia systemu.

Skuteczność wykonania zadania można przedstawić jako:

$$S_e = M_j \cdot M_i \cdot 100\% \quad (3)$$

gdzie:

S_e – skuteczność wykonania zadania.

W technice mianem skuteczności określa się stosunek pomiędzy wartością na wejściu procesu i wartością uzyskaną na wyjściu. W przypadku interakcji człowieka z komputerem tego typu analogia nie jest możliwa ze względu na różne jednostki miar dostarczane na wejściu i wyjściu. Każdorazowo przed wykonaniem analizy należy przewidzieć, jakie jednostki będą odpowiednie dla danego przypadku. W zastosowaniach oceny efektywności do analizy interfejsów można przyjąć wydajność użytkową i względną wydajność użytkową jako:

$$W_e = \frac{S_e}{t_p} \quad (4)$$

$$W_{er} = \frac{S_e}{N_p} \quad (5)$$

gdzie:

- W_e – wydajność użytkowa,
- W_{er} – względna wydajność użytkowa,
- N_p – skuteczność osiągnięta przez eksperta,
- t_p – czas produktywny (czas pędzony na wykonywaniu zadania).

Czas całkowity to czas użyty na wykonywanie zadania (produktywny) i czas błądzenia, przeszukiwania i uzyskiwania pomocy. Jest on opisany zależnością:

$$t = t_p + t_h \quad (6)$$

gdzie:

- t – czas całkowity,
- t_h – czas przeszukiwania, błądzenia i uzyskiwania pomocy.

Czas przeszukiwania to okres, podczas którego użytkownik wchodzi w funkcje, ale ich nie uaktywnia. Obejmuje on:

- rozwijanie menu bez uaktywniania funkcji w nich zawartych,
- poruszanie się pomiędzy elementami interfejsu nie aktywując żadnych elementów,
- uaktywnianie funkcji a następnie wycofywanie się z niej.

Czas zużyty na uzyskiwanie pomocy to czas, jaki użytkownik poświęca na zapoznawanie się z funkcjami systemu, a w szczególności na:

- uzyskiwanie pomocy on-line,
- czytanie podręcznika użytkownika,
- konsultowanie się ze specjalistą.

Czas błędzenia zdefiniowano jako czas:

- wprowadzania błędnych danych i następnie kasowania ich,
- używania funkcji „cofnij”,
- wprowadzania komend nierozpoznawalnych przez system.

Opłacalność wdrożenia systemu z punktu widzenia efektywności pracy można przedstawić jako:

$$O_w = \frac{S_e}{C_t} \quad (7)$$

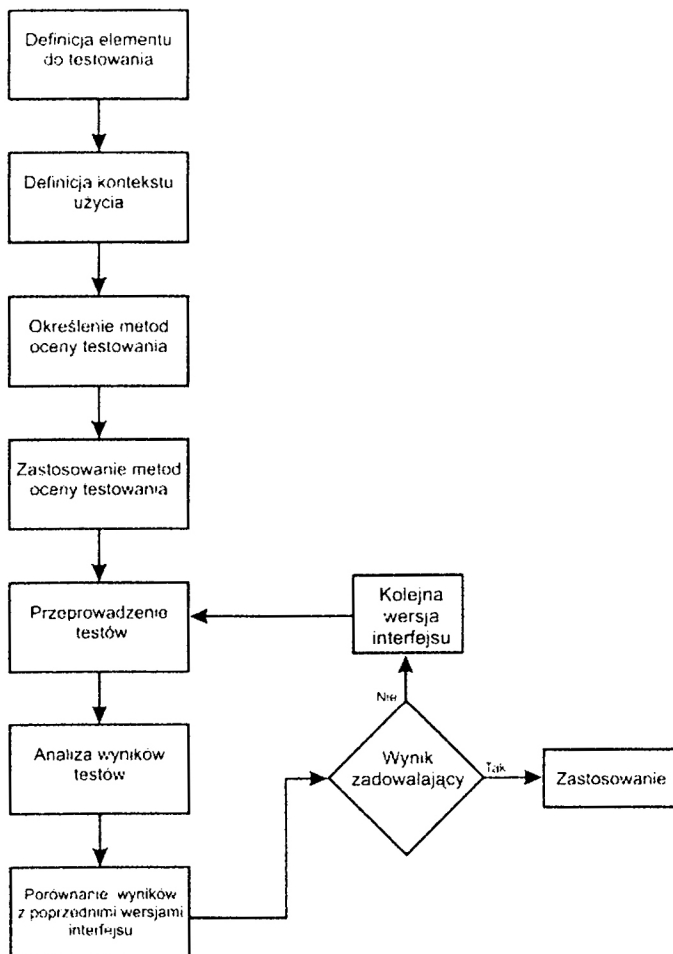
gdzie:

- O_w – opłacalność wdrożenia,
- C_t – całkowity koszt systemu.

Analiza danych opiera się głównie na porównaniu wartości uzyskanych z testów przeprowadzonych dla reprezentatywnej próbki danych dla przynajmniej 2 systemów o różnym stopniu złożoności i różnej ilości informacji nawigacyjnej prezentowanej na nich.

3. Planowanie badań

Wymagania stawiane systemowi wspomagania pilotażu, takie jak użycie w specyficznych warunkach czy prezentacja zoptymalizowanej informacji, uniemożliwiają zastosowanie specjalizowanych metod testowania interfejsów, takich jak MUSiC (ang.: *Metrics for Usability Standards in Computing*) [1] przewidzianych do testowania aplikacji korporacyjnych, gdzie użytkownik nie jest ekspertem z wykonywanej dziedziny. Proces planowania badań oceny efektywności pracy z GUI w PNS przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Proces planowania badań oceny efektywności pracy z GUI w PNS
 Fig. 2. Research planning process for effectiveness evaluation of GUI in PNS

Proces inicjowany jest przez zdefiniowanie elementu do testowania. W przypadku PNS może to być część interfejsu, gotowy interfejs, bądź cały system. Stopień złożoności zależy od etapu projektowego.

Kontekst użycia ma bezpośredni wpływ na przeprowadzenie badań optymalizacyjnych, które będą przeprowadzone w następnym kroku rozwoju systemu PNS. Etap ten obejmuje:

- zdefiniowanie użytkownika poddanego testom,
- określenie zadań do wykonania przez użytkownika,
- organizacja techniczna badań.

Kontekst użycia w PNS może obejmować: definicje akwenów, na których pilot będzie wykonywał manewry oraz definicje samych manewrów, określenie ilości oraz parametrów prezentowanej informacji, określenie sposobów interakcji (pełne interakcje, częściowa prezentacja danych, brak interakcji).

Metody oceny testowania są przyjęte w zależności od testowanego systemu, stopnia jego ukończenia, wiedzy użytkowników oraz innych czynników. Dla PNS przewiduje się testowanie na poziomie prototypu i ukończonej aplikacji. Inne kryteria oceny będą konieczne na etapie testów modułów a inne na etapie gotowego systemu. Badania będą przeprowadzone na użytkownikach (pilotach) posiadających rozległą wiedzę z zakresu nawigacji i manewrowania statkami, dzięki czemu mogą precyzyjnie zidentyfikować swoje wymagania stawiane wobec PNS. W przypadku testowania ukończonego systemu koniecznym będzie przekazanie pilotom szczegółowej wiedzy na temat funkcjonowania interfejsu, co powinno dodatnio wpłynąć na względną wydajność użytkową.

Przeprowadzenie testów, analiza wyników oraz ich publikacja będą dla kolejnych wersji interfejsu na danym etapie produkcyjnym. Przy zastosowaniu jednakowych metod oceny możliwe będzie szczegółowe porównanie wydajności użytkowej i względnej wydajności użytkowej dla różnych wersji interfejsu.

4. Nawigacyjne elementy interfejsu podlegające testowaniu

System PNS jest systemem opartym m.in. na elektronicznej mapie nawigacyjnej. Koniecznym staje się przygotowanie odpowiedniej mapy wektorowej zoptymalizowanej pod kątem prezentowanej informacji nawigacyjnej. Interakcje interfejsu z użytkownikiem będą w dużym stopniu związane z operacjami przeprowadzanymi na mapie, co pociąga za sobą konieczność oceny użyteczności pracy z mapą. Szczegółowymi elementami poddanymi testowaniu będą elementy:

- zobrazowania ruchu własnej jednostki na akwencie,
- nawigacyjne wyświetlane na mapie,
- związane z warunkami hydrograficznymi na akwencie,
- nastaw predykcji ruchu,
- zmiany skali mapy,
- zmiany trybu zobrazowania,
- zmiany punktu przeznaczenia,
- zmiany punktu odniesienia,
- pomocnicze.

System musi zapewniać m.in.: wystarczającą dokładność wskazań pozycji wodnicy na akwencie oraz KDD. Poziomy dokładności dla tych parametrów powinny być zdefiniowane przy pomocy odpowiedniego wskaźnika na interfejsie.

Wszystkie alarmy związane z nawigacją, takie jak: minięcie waypointu, przekroczenie zadanej odległości do punktu odniesienia, czy wejście w zadany obszar powinny zostać przetestowane pod kątem użyteczności.

Pola edycji i sterowania związane z wprowadzaniem danych do systemu, takie jak np.: pozycje punktów drogi, czy informacje nawigacyjne powinny być standardowymi komponentami Microsoft Windows API.

Wnioski

W pracy zrealizowano następujące zagadnienia:

- opracowano metodę testowania interfejsów użytkownika dla PNS;
- przedstawiono źródła pozyskiwania informacji do oceny interfejsów użytkownika;
- zdefiniowano miary jakościowe i ilościowe oceny efektywności PNS;
- określono wskaźniki oceny efektywności interfejsu, takie jak: skuteczność wykonania zadania, wydajność użytkowa, względna wydajność użytkowa, czas produktywny, czas bezproduktywny oraz opłacalność wdrożenia systemu;
- zbudowano plan badań oceny efektywności interfejsów w PNS.

Dalsze prace w tym zakresie powinny obejmować:

- konstrukcję stanowiska do testowania interfejsów, czyli specjalizowanego oprogramowania rejestrującego interakcje z użytkownikiem;
- określenie eksperymentalne wpływu ilości informacji nawigacyjnej na wydajność użytkową;
- wykonanie analizy opłacalności ekonomicznej wdrożenia systemu z określonym interfejsem użytkownika.

Bibliografia

1. Bevan N., Macleod M., *Usability measurement in context*, Behaviour and Information Technology, 13, Wessex 1994.
2. Florczyk M., *Przegląd wybranych metod testowania aplikacji informatycznych pod kątem ich zastosowania do testowania wirtualnych przyrządów pomiarowych*, Systemy Pomiarowe w Badaniach Naukowych i Przemysle SP'02, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2002.
3. Gućma M., *Model systemu pilotowego wspomaganie nawigacyjnego na akwenach ograniczonych*, Praca magisterska, maszynopis. WSM, Szczecin 2003.

4. Gucma M., *Testowanie interfejsów użytkownika w pilotowych systemach nawigacyjnych*, Zeszyty Naukowe nr 70 Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie, X Międzynarodowa Konferencja Inżynierii Ruchu Morskiego, Szczecin 2003.
5. Gucma S., *Information System of Ship Pilotage Support in Restricted Areas*, Konferencja Niezawodności i Bezpieczeństwa Systemów, Gdynia 2003.
6. Spolsky J., *Projektowanie interfejsu użytkownika, Poradnik dla programistów*. Warszawa 2001.

Recenzent

dr hab. inż. Roman Śmierzchalski, prof. AM Gdynia

Adres Autora

mgr inż. Maciej Gucma

Akademia Morska w Szczecinie
Instytut Inżynierii Ruchu Morskiego
ul. Wały Chrobrego 1/2
70-500 Szczecin
e-mail: macgucma@am.szczecin.pl