

# MODELOWANIE PROCESÓW DECYZYJNYCH W KSZTAŁTOWANIU DZIAŁALNOŚCI HANDLOWO – USŁUGOWEJ

Zbigniew BUCHALSKI, Robert BUCHALSKI

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono pewną koncepcję systemu ekspertowego o nazwie JACHTEX jako narzędzia wspomagającego pracę firmy produkującej łodzie żaglowe. Podano strukturę i założenia budowy tego systemu oraz scharakteryzowano mechanizm nabywania wiedzy do bazy wiedzy systemu JACHTEX. Zaprezentowano strukturę bazy wiedzy oraz przebieg procesu wnioskowania na elementach bazy wiedzy systemu ekspertowego. Przedstawiono implementację komputerową systemu JACHTEX. System ten poddano badaniom testującym i zaprezentowano wyniki tych badań.

**Słowa kluczowe:** systemy doradczo-decyzyjne, sztuczna inteligencja, zarządzanie wiedzą.

## 1. Wstęp

Podjęcie decyzji oznacza akt wyboru jednej możliwości (kierunku) działania spośród pewnego ich zestawu. Wybór ten może być wykonywany na podstawie określonej sekwencji działań, które prowadzą do wyselekcjonowania najkorzystniejszej (optymalnej) alternatywy. Istotną rolę we wspomaganiu procesu decyzyjnego odgrywają inteligentne systemy informatyczne jakimi są systemy ekspertowe [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Systemy ekspertowe przestały być wyłącznie domeną naukowców i laborantów zajmujących się badaniami w dziedzinie sztucznej inteligencji, a stały się powszechnie wykorzystywane. Zastosowanie systemu ekspertowego może przynieść znaczne korzyści finansowe firmie, która pokusi się o jego wdrożenie.

System ekspertowy jest programem komputerowym, przy pomocy którego wykonywane są skomplikowane zadania o dużych wymaganiach intelektualnych. Wykorzystanie systemów ekspertowych umożliwia zwiększenie wydajności pracy, zmniejszenie kosztów produkcji oraz polepszenie jakości wytwarzanych produktów. Pomocne są one wszędzie tam, gdzie istnieje duży zasób wiedzy, w oparciu o którą trzeba podejmować wiele decyzji [11, 12, 13, 14, 15, 16].

Celem niniejszego artykułu jest pewna koncepcja systemu ekspertowego nazwanego JACHTEX wspomagającego pracę firmy produkującej łodzie żaglowe. System ten ma służyć jako narzędzie pomocne w procesie podejmowania decyzji związanych z powstaniem odpowiedniej konfiguracji łodzi żaglowej dostosowanej do wymagań klientów.

## 2. Opis problematyki związanej z budową jachtów żaglowych

W punkcie tym omówione zostaną zagadnienia związane z konstrukcją i budową jachtów żaglowych. Zawarto tu informacje mające na celu przybliżenie środowiska pracy

systemu ekspertowego JACHTEX.

Jachty żaglowe jest to grupa jednostek o długiej tradycji, znacznie różnorodności rozwiązań konstrukcyjnych i różnym przeznaczeniu. Klasyfikując jachty żaglowe można wykorzystać bardzo różne kryteria podziału. Wśród stosowanych na uwagę zasługują kryteria przeznaczenia jachtu (kryterium rejestracji sportowej, kryterium użytkowania jachtu, kryterium klasowe) oraz kryteria budowy (kryterium konstrukcji kadłuba, typ osprzętu żaglowego).

Biorąc pod uwagę założenia eksploatacyjne możemy jachty żaglowe podzielić na:

- jachty regatowe,
- jachty turystyczno-regatowe,
- jachty turystyczne,
- jachty przeznaczone do szkolenia.

**Jachty regatowe** – przeznaczone głównie do regat na trójkącie olimpijskim lub innej trasie o krótkim dystansie albo do regat na długich trasach: śródlądowych, morskich i oceanicznych. Zasadniczą wspólną cechą wszystkich jachtów regatowych jest osiąganie maksymalnej prędkości. W związku z czym jachty regatowe mają: duże powierzchnie ożaglowania w stosunku do wyporności, stosunkowo lekkie kadłuby i wyposażenie oraz urządzenia pozwalające na balastowanie przez załogę jachtów mieczowych. Wyróżniają się wyspecjalizowanymi i kosztownymi urządzeniami służącymi do manewrowania i nawigacji w warunkach regatowych.

**Jachty turystyczno – regatowe** – przeznaczone do regat i do turystyki. Konstrukcja ich spełnia z reguły wymagania przepisów formuły pomiarowej, które uwzględniając warunki regat długodystansowych i pełnomorskich wymagają również zapewnienia odpowiednich warunków mieszkalnych dla załogi.

**Jachty turystyczne** – do tej grupy jachtów zalicza się przede wszystkim jachty, przy projektowaniu których nie brano pod uwagę walorów regatowych, lecz jedynie bezpieczeństwo i wygodę żeglugi, przy użyciu żagli lub silnika, po wodach pełnomorskich, przy-brzeżnych lub śródlądowych.

**Jachty przeznaczone do szkolenia** – współczesny typ małego statku szkolnego powinien być możliwie tani w budowie i eksploatacji, przy zapewnieniu jak największego bezpieczeństwa żeglugi i dużej liczby miejsc, prosty w obsłudze osprzętu żaglowego, wyposażony w pomocniczy napęd mechaniczny, prosty w konstrukcji i eksploatacji, estetyczny w sylwetce, o dobrych właściwościach morskich przy skromnym i prostym wyposażeniu.

Kształty kadłubów jachtowych różnią się znacznie między sobą wielkością i poszczególnymi częściami konstrukcyjnymi oraz ogólnymi proporcjami. Najbardziej charakterystyczne są: wysokość wolnej burty, kształt górnej krawędzi burt, szerokość kadłuba oraz ukształtowanie dziobu i rufy. Konstrukcja kadłuba decyduje o wyglądzie i walorach jachtu, a tym samym o jego typie.

Jacht żaglowy musi się odznaczać wieloma cechami, których najistotniejsze to:

- zdolność do bezpiecznego unoszenia się na wodzie, co zapewnia prawidłowo rozwiązana konstrukcja kadłuba, a szczególnie wiązań wewnętrznych oraz poszycia pokładu,
- dążność do przeciwstawiania się momentowi przychylającemu, wynikającemu z naporu wiatru na żagle,
- stawianie oporu sile wywołującej dryf.

W budownictwie jachtowym stosuje się cztery zasadnicze rozwiązania konstrukcyjne kadłuba, dające podstawę do podziału jachtów żaglowych na następujące rodzaje:

- jachty balastowe zwane też kilowymi, których odpowiednią stateczność zapewnia balast przez obniżenie środka ciężkości w stosunku do środka wyporu,
- jachty mieczowe o szerokich kadłubach, których stateczność zapewnia stosunkowo szeroka wodnica, wysoka burta i możliwość balastowania przez załogę,
- jachty balastowo- mieczowe będące kombinacją poprzednich rozwiązań,
- jachty wielokadłubowe (katamarany lub trimarany) wykazujące dużą stateczność poprzeczną dzięki rozstawieniu lekkich i wąskich kadłubów, połączonych ze sobą za pomocą platformy stanowiącej pokład.

Współcześnie używane typy osprzętu żaglowego na przestrzeni wieków uległy wielokrotnym przekształceniom, zanim przybrały obecną postać. Do dzisiaj stosuje się w żeglarstwie następujące typy osprzętu żaglowego: ket, słup, kuter, jol, kecz, szkuner, bryg, brygantyna, bark, barkentyna, fregata. Każdy z tych typów osprzętu ma swoje zalety i wady oraz najważniejsze zastosowanie. O ile osprzęt wymieniony w pierwszych sześciu pozycjach stosuje się powszechnie jako uzbrojenie jachtów żaglowych, to pięciu końcowych typów ożaglowania używa się niemal wyłącznie na dużych statkach żaglowych pływających po morzach i oceanach jako statki szkolne.

Na jachtach żaglowych osprzęt jest stosunkowo prosty, a nazwy mało skomplikowane, natomiast na statkach szkolnych są złożone. Pomimo to nazewnictwo cechuje łatwość budowania nazw dzięki systemowi nadawania ich od masztów rei i sztagów. Przy pomocy rdzeni, przed- i przyrostków (fok, grot, bezan, ster, sten, sztag, achteł, marsel, bom, bram, bramsel, nok, top, itp.) można nadawać nazwy lin i żagli wchodzących w skład jakiegokolwiek typu osprzętu żaglowego.

### **3. Cel i założenia budowy systemu JACHTEX**

Podstawowym założeniem budowy systemu ekspertowego JACHTEX jest otrzymanie efektywnego narzędzia wspomagającego proces konfiguracji łodzi żaglowych w zależności od odpowiedniej wersji zabudowy, przeznaczenia i ceny.

Kolejne etapy budowy systemu JACHTEX są następujące:

- opracowanie koncepcji systemu, czyli stworzenie modelu koncepcyjnego systemu i wyszczególnienie wymagań,
- zaprojektowanie systemu, czyli stworzenie modelu logicznego i fizycznego systemu,
- zaimplementowanie systemu, czyli przedstawienie architektury systemu oraz zakresu implementacji,
- przeprowadzenie testów funkcjonalnych systemu w celu sprawdzenia poprawności działania i wyeliminowania ewentualnych błędów przy jego realizacji.

System JACHTEX ma służyć jako narzędzie wspomagające projektowanie i usprawniający produkcję łodzi żaglowych klasy OMEGA. Skierowany jest przede wszystkim do producentów, przedstawicieli handlowych jak i do potencjalnych nabywców łodzi żaglowych.

System JACHTEX dostosowany jest do potrzeb użytkownika w skompletowaniu pełnej łodzi klasy OMEGA w jednej z trzech konfiguracji: turystycznej, regatowej oraz regatowo-turystycznej. Dodatkowo informuje osobę korzystającą z aplikacji o odpowiedniej masie łodzi dostosowanej do podanej przez użytkownika wagi załogi. Dużym plusem systemu jest

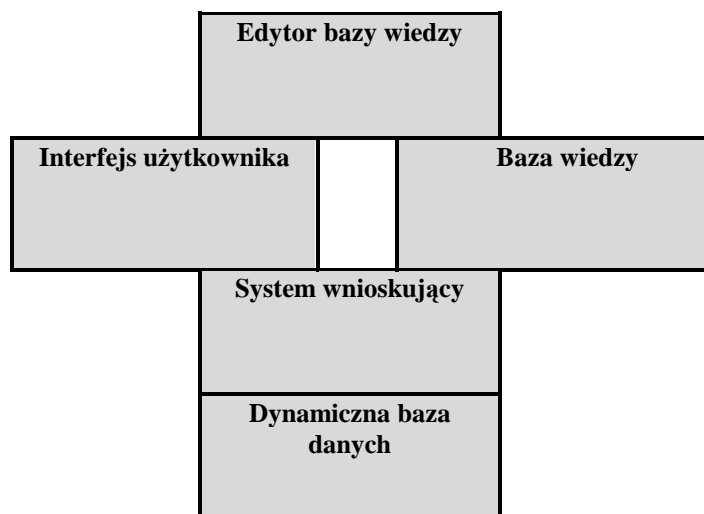
prosty oraz intuicyjny interfejs użytkownika pozwalający na korzystanie z oprogramowania bez konieczności przeprowadzania szkoleń przy wdrażaniu aplikacji w firmie.

#### 4. Struktura systemu JACHTEX

Celem systemu ekspertowego jest wyznaczanie wniosków i wyników z wiedzy zapisanej w bazie wiedzy. Ciąg kroków potrzebny do wyznaczania wniosków i wyników jest przez system wnioskujący dynamicznie syntezowany dla każdej bazy wiedzy, nie zaś jawnie programowany w trakcie tworzenia bazy wiedzy. Oprócz wymienionych elementów podstawowych system JACHTEX ma jeszcze elementy pomocnicze bardzo ważne, lecz nie decydujące o jego naturze. Są nimi:

- dynamiczna baza danych, służąca do przechowywania odpowiedzi użytkownika i wyników wnioskowania,
- edytor bazy wiedzy, służący do czytania, formułowania i modyfikowania bazy wiedzy,
- łącze użytkownik, umożliwiające użytkownikowi komunikowanie się z systemem wnioskującym i edytorem bazy wiedzy.

Podstawowe elementy funkcjonalne systemu JACHTEX komunikują się ze sobą jak na poniższym rysunku:



Rys. 1. Struktura systemu JACHTEX

Jak widać, użytkownik może kontaktować się z bazą wiedzy tylko poprzez interfejs użytkownika i edytor bazy wiedzy (w celu edytowania bazy wiedzy) lub poprzez interfejs użytkownika i system wnioskujący (w celu wnioskowania). Z dynamiczną bazą danych kontaktuje się tylko system wnioskujący, wprowadzający do niej dane deklarowane przez użytkownika lub dane wynikłe z wnioskowania.

Poniżej przedstawiono opisy trzech wybranych przypadków użycia systemu JACHTEX:

### ***Dodanie elementu do bazy wiedzy***

- Podstawowy ciąg zdarzeń jest następujący:
  - użytkownik wybiera zakładkę, która umożliwi mu dodanie nowego elementu do bazy wiedzy,
  - użytkownik wpisuje atrybuty nowego elementu,
  - aplikacja sprawdza poprawność wprowadzonych danych,
  - użytkownik wciska przycisk „Dodaj”,
  - aplikacja wprowadza nowy element do bazy wiedzy.
- Alternatywne ciągi zdarzeń:
  - aplikacja wykryła nieprawidłowości we wprowadzonych danych,
  - użytkownik jest informowany o niezbędnej zmianie wartości atrybutów,
  - system wraca do stanu sprzed rozpoczęcia akcji dodawania nowego produktu,
  - użytkownik rezygnuje z wprowadzenia produktu,
  - system wraca do stanu sprzed rozpoczęcia akcji dodawania nowego produktu.
- Zależności czasowe:
  - częstotliwość wykonania: 10 razy miesięcznie,
  - przewidywane spiętrzenia: Nowy Rok (wprowadzenie nowych produktów),
  - typowy czas realizacji: 30 s,
  - maksymalny czas realizacji: 1 min.
  - użytkownik rezygnuje z wprowadzenia produktu,
  - system wraca do stanu sprzed rozpoczęcia akcji dodawania nowego produktu.
- Wartości uzyskiwane po zakończeniu przypadku użycia:
  - nowy element zostaje wpisany do bazy wiedzy i jest gotowy do użycia przy konfiguracjach łodzi.

### ***Konfiguracja łodzi żaglowej według zadanej kwoty***

- Podstawowy ciąg zdarzeń jest następujący:
  - użytkownik wybiera zakładkę umożliwiającą konfigurację łodzi według podanej kwoty,
  - użytkownik zaznacza opcję konfiguracji według kwoty oraz wybiera typ zabudowy,
  - użytkownik wciska przycisk „Generuj”,
  - aplikacja wybiera wszystkie niezbędne elementy dla wybranego typu zabudowy o cenie odpowiadającej ustalonemu udziałowi procentowemu całości,
  - aplikacja umieszcza wybrane elementy w tabelce, aby Użytkownik mógł je zobaczyć.
- Alternatywne ciągi zdarzeń:
  - użytkownik rezygnuje z konfiguracji łodzi,
  - system wraca do stanu sprzed rozpoczęcia akcji,

- baza wiedzy nie zawiera elementów o wymaganej cenie dla wybranego typu zabudowy,
- aplikacja wyświetla komunikat o napotkanych trudnościach,
- system wraca do stanu sprzed rozpoczęcia akcji.
- Zależności czasowe:
  - częstotliwość wykonania: 25 razy miesięcznie,
  - przewidywane spiętrzenia: okres wakacyjny,
  - typowy czas realizacji: 3 min,
  - maksymalny czas realizacji: 6 min.
- Wartości uzyskiwane po zakończeniu przypadku użycia:
  - wybrane elementy umieszczane są w tabeli umożliwiającej przeglądanie konfiguracji przez użytkownika.

#### ***Konfiguracja łodzi żaglowej z najtańszych elementów***

- Podstawowy ciąg zdarzeń jest następujący:
  - użytkownik wybiera zakładkę umożliwiającą konfigurację łodzi z najtańszych produktów,
  - użytkownik zaznacza opcję konfiguracji minimalnej oraz wybiera typ zabudowy,
  - użytkownik wciska przycisk „Generuj”,
  - aplikacja wybiera wszystkie niezbędne elementy dla wybranego typu zabudowy o najniższej cenie,
  - aplikacja umieszcza wybrane elementy w tabelce, aby Użytkownik mógł je zobaczyć.
- Alternatywne ciągi zdarzeń:
  - użytkownik rezygnuje z konfiguracji łodzi,
  - system wraca do stanu sprzed rozpoczęcia akcji,
  - baza wiedzy nie zawiera wszystkich elementów dla wybranego typu zabudowy,
  - aplikacja wyświetla komunikat o napotkanych trudnościach,
  - system wraca do stanu sprzed rozpoczęcia akcji.
- Zależności czasowe:
  - częstotliwość wykonania: 15 razy miesięcznie,
  - przewidywane spiętrzenia: okres wakacyjny,
  - typowy czas realizacji: 2 min,
  - maksymalny czas realizacji: 5 min.
- Wartości uzyskiwane po zakończeniu przypadku użycia:
  - wybrane elementy umieszczane są w tabeli umożliwiającej przeglądanie konfiguracji przez użytkownika.

## **5. Implementacja komputerowa systemu JACHTEX**

### **5.1. Interfejs użytkownika**

Interfejs użytkownika został oparty o zakładki. Każda z nich udostępnia pewną grupę funkcjonalności. Zakładka startowa „Konfiguracja według kwoty” udostępnia możliwość

generowania zestawu elementów łodzi na podstawie określonych parametrów. W górnej części panelu znajdują się dwie grupy przycisków wyboru, dzięki którym użytkownik może określić z jakich opcji chce skorzystać. Pierwsza z nich określa rodzaj konfiguracji.

Użytkownik może wybrać jedną z trzech dostępnych konfiguracji:

- według podanej kwoty,
- maksymalna,
- minimalna.

Domyślnie zaznaczona jest pierwsza z nich – według podanej kwoty. Przy niej wymagane jest wypełnienie znajdującego się poniżej pola „Kwota”. Na podstawie podanej wartości system ekspertowy wybierze odpowiednie elementy. Opcja konfiguracji maksymalnej pozwoli użytkownikowi na wybór najdroższych elementów z każdej grupy, natomiast ostatnia z nich (minimalna) wybierze składowe najtańsze.

Kolejne elementy interfejsu użytkownika pozwalają na określenie dopuszczalnej masy łodzi na podstawie podanej masy załogi. Dla każdej zabudowy istnieją odrębne reguły wyznaczające wagę łodzi. Przy zabudowie regatowej obowiązują następujące zasady:

- gdy masa załogi jest nie większa niż 200 kg to masa łodzi powinna wynosić 270 kg,
- gdy masa załogi znajduje się pomiędzy 200 kg a 220 kg to masa łodzi powinna wynosić 265 kg,
- gdy masa załogi znajduje się pomiędzy 220 kg a 240 kg to masa łodzi powinna wynosić 260 kg,
- gdy masa załogi znajduje się pomiędzy 240 kg a 260 kg to masa łodzi powinna wynosić 255 kg,
- gdy masa załogi jest większa niż 260 kg to masa łodzi powinna wynosić 250 kg.

Przy zabudowie regatowo-turystycznej wykorzystano następujące reguły:

- gdy masa załogi jest nie większa niż 200 kg to masa łodzi powinna wynosić 320 kg,
- gdy masa załogi znajduje się pomiędzy 200 kg a 250 kg to masa łodzi powinna wynosić 300 kg,
- gdy masa załogi jest większa niż 250 kg to masa łodzi powinna wynosić 280 kg.

Ostatni typ zabudowy – turystyczny został oparty na pojedynczej zasadzie:

- bez względu na masę załogi masa łodzi powinna wynosić 320 kg.

Druga grupa odpowiada za określenie zabudowy, dla której system będzie wybierał elementy. Osoba korzystająca z systemu może wybrać jeden z trzech dostępnych typów:

- regatowa,
- regatowo-turystyczna,
- turystyczna.

Każdy element w bazie wiedzy jest przeznaczony wyłącznie do jednego typu zabudowy. Podczas działania systemu JACHTEX wybierane będą tylko te z wybranego typu. Domyślnie zaznaczona jest opcja pierwsza – zabudowa regatowa.

Druga zakładka „Ustawienia procentowe” wiąże się z funkcjonalnością zakładki startowej. Pozwala ona na określenie jaki procent wpisanej kwoty ma być przeznaczony na konkretny element.

Przy uruchamianiu wybrane są ustawienia domyślne. Są one następujące:

- maszt – 23%,
- bom – 5%,

- olinowanie stałe – 6%,
- miecz – 5%,
- ster – 5%,
- olinowanie ruchome – 1%,
- knagi – 4%,
- bloczki – 11%,
- żagle – 36%,
- salingi – 3%.

Użytkownik może dowolnie manewrować procentami, musi jednak uważać, aby nie przekroczyć 100%. W przeciwnym razie zostanie wyświetlony komunikat, że wybrane wartości są nieprawidłowe.

Kolejna zakładka, trzecia, o nazwie „Konfiguracja ręczna” udostępnia możliwość ręcznego wybrania wszystkich interesujących użytkownika elementów. Górna lista zawiera wszystkie dostępne elementy, natomiast dolna – elementy wybrane przez użytkownika. Przenoszenie składowych między listami jest możliwe przy pomocy dwóch znajdujących się w środkowej części panelu przycisków. Przycisk „Dodaj” pozwala na wybranie elementu (przeniesienie zaznaczonego rekordu z listy dostępnych elementów do wybranych), natomiast drugi z nich - „Usuń” – umożliwia przeniesienie zaznaczonego elementu z listy wybranych do dostępnych. Po każdym przeniesieniu rekordów między listami obliczany jest koszt wybranych elementów i wyświetlany jest on w etykiecie znajdującej się poniżej dolnej tabeli z rekordami.

Czwarta i zarazem ostatnia zakładka o nazwie „Dostępne produkty” udostępnia funkcjonalności pozwalające na modyfikację bazy wiedzy aplikacji. Przycisk „Usuń” pozwala na usunięcie zaznaczonego rekordu na liście, która zawiera wszystkie dostępne w bazie produkty. Przycisk „Dodaj” dodaje nowy element do bazy wiedzy systemu ekspertowego. Wymagane jest, aby użytkownik podał wszystkie wartości określające cechy dodawanej składowej. Po pierwsze, musi określić jej rodzaj wybierając jedną z trzech dostępnych wartości:

- regatowa,
- regatowo-turystyczna,
- turystyczna.

Poza tym wymagane jest, aby użytkownik wybrał typ elementu. Czyni to określając konkretną wartość z listy rozwijanej, która zawiera następujące pozycje: maszt, salingi, bom, trapezy, stenwanty, wanty, achtersztag, sztag, grot, fok, spinaker, miecz, ster, olinowanie ruchome, knagi, bloczek. Dodatkowo w pola tekstowe osoba korzystająca z aplikacji wprowadza cenę oraz opis elementu.

Opisane powyżej cztery zakładki stanowią cały interfejs użytkownika, poprzez który udostępnione są wszystkie funkcjonalności systemu ekspertowego.

## 5.2. Baza wiedzy oraz operacje plikowe

Baza wiedzy opisywanego systemu JACHTEX znajduje się w pliku *dane.txt* umieszczonym w katalogu projektu. Dla każdego elementu została przeznaczona jedna linia. Na początku znajduje się typ zabudowy, do której jest przeznaczona opisywana składowa. Po spacji umieszczony został typ elementu, następnie jego cena. Na końcu znajduje się opis, który charakteryzuje daną składową. Przy uruchomieniu aplikacji baza wiedzy jest wczytywana z pliku i umieszczana na liście. W trakcie działania, program



korzysta z elementów znajdujących się na liście, aby zmniejszyć czas oczekiwania na zakończenie komunikacji z plikiem.

Odczyt z pliku jest wykonywany przy pomocy funkcji bibliotecznego pakietu *cstdio*. Na początek baza wiedzy jest otwierana w trybie do odczytu. W wyniku poniższej operacji otrzymuje się wskaźnik do pliku o podanej ścieżce:

```
FILE *plik = fopen("dane.txt", "r+");
```

Następnie sprawdzane jest, czy uzyskany wskaźnik jest różny od NULL. Gdy wskaźnik jest prawidłowy, wczytywane są po kolei wszystkie elementy przy pomocy funkcji *fscanf*:

```
fscanf(plik, "%s %s %f ", a, b, &cena);
```

Przy pomocy tej funkcji pobierane są trzy parametry elementu, natomiast ostatni pobierany jest znak po znaku do końca bieżącej linii. Znaki po kolei są pobierane również przy pomocy funkcji *fscanf*. Całość wykonuje się w pętli, której koniec determinowany jest poprzez wynik funkcji *feof*, która określa, czy dany plik się skończył.

Wszystkie operacje wykonywane w trakcie działania programu na elementach nie odwołują się bezpośrednio do bazy wiedzy (pliku), tylko na listach. Przy zamykaniu aplikacji automatycznie zapisywane są wszystkie składowe (łącznie z wprowadzonymi zmianami) do pliku. Odbywa się to w następujący sposób:

```
FILE *plik = fopen("dane.txt", "w");
if(plik != NULL)
{
    list<Element>::iterator iter = elDostepne2.begin();
    while(iter != elDostepne2.end())
    {
        fprintf(plik, "%s %s %.2f %s", iter->getTyp(), iter->getRodzaj(), iter-
>getCena(), iter->getOpis());
        iter++;
        if(iter != elDostepne2.end()) fprintf(plik, "\n");
    }
}
fclose(plik);
```

W pierwszej kolejności otwierany jest plik (przy pomocy opisanej wcześniej funkcji *fopen*). Następnie, jeżeli uzyskany do niego wskaźnik jest prawidłowy, w pętli przechodzącej po wszystkich elementach, każda składowa po kolei zapisywana jest do pliku przy użyciu funkcji *fprintf*. Jeżeli wstawiony element był ostatnim, na końcu pliku umieszczany jest znak nowej linii.

### 5.3. Ręczna parametryzacja systemu JACHTEX

Aplikacja umożliwia ręczną konfigurację łodzi przy pomocy elementów interfejsu znajdujących się w trzeciej zakładce. Użytkownik poprzez zaznaczenie wiersza na górnej liście i naciśnięcie przycisku „Dodaj” sam wybiera elementy, z których ma składać się jego łódź. Przy każdorazowym dodaniu elementu do listy wybranych składowych przeliczany jest łączny koszt konfiguracji. Jest on wyświetlany u dołu okna. Podczas kompletowania zestawu użytkownik może cofnąć wybrany element zaznaczając go oraz klikając na przycisk „Usuń”. Elementy wybrany oraz elementy dostępne znajdują się na dwóch listach. Razem tworzą całą bazę wiedzy. Przenoszenie elementów między listami wygląda następująco:

*e*Wykorzystane3.push\_back(*e*);

*e*Dostępne5.erase(*iter*);

Zostały tu wykorzystane funkcje biblioteczne kontenera *List*:

- push\_back(*e*) – dodaje element *e* na koniec listy,
- erase(*iter*) – usuwa element, na który wskazuje iterator *iter* z listy.

Po każdej zmianie na listach odświeżana jest zawartość tabel. Użytkownik zawsze ma pewność, iż wyświetlane informacje są aktualne.

#### **5.4. Automatyczna parametryzacja systemu JACHTEX**

Jednym z ważniejszych, jak i nie najważniejszym zadaniem aplikacji, jest automatyczna konfiguracja łodzi na podstawie zadanych przez użytkownika parametrów. Zadaniem osoby korzystającej z programu jest określenie rodzaju konfiguracji, typu zabudowy oraz kwoty, która przeznaczona jest na łódź. W przypadku wybrania opcji minimalnej, aplikacja znajdzie elementy o najniższej cenie dla danego typu zabudowy. Odpowiednio, przy wybraniu opcji maksymalnej, aplikacja znajdzie elementy o najwyższej cenie dla wybranego typu zabudowy.

Ostatnia możliwość konfiguracji, według kwoty pozwala na dobór elementów poprzez procentowe rozłożenie pieniędzy na niezbędne składowe. Rozkład ten ustalany jest w zakładce drugiej.

Całość konfiguracji przebiega w następujący sposób:

- od całości kwoty odejmowane są pieniądze przeznaczone na kadłub, odpowiednio:
  - typ regatowy – 10 000 zł,
  - typ regatowo-turystyczny – 7 000 zł,
  - typ turystyczny – 5 000 zł,
- niezbędne elementy wybierane są w kolejności od najmniej ważnego do najbardziej istotnego,
- dla danej składowej obliczana jest kwota przeznaczona na jej zakup,
- aplikacja przeszukuje listę dostępnych elementów i wybiera ten, który przeznaczony jest dla wybranego typu zabudowy oraz jego cena jest najbardziej zbliżona do tej obliczonej w kroku poprzednim,
- różnica pomiędzy kwotą przeznaczoną na zakup składowej, a jej realną ceną przekazywana jest do puli pieniędzy przyznanej kolejnemu elementowi.

Istnieje możliwość, iż aplikacja nie znajdzie odpowiedniego elementu. Wtedy użytkownik zostaje poinformowany o zajściu takiej sytuacji odpowiednim komunikatem oraz proces automatycznej konfiguracji zostaje przerwany. Każdy typ zabudowy posiada zestaw elementów niezbędnych do skompletowania łodzi. Na podstawie opisanych powyżej zasad tworzona jest automatyczna konfiguracja łodzi.

Opisane powyżej funkcjonalności pozwalają na profesjonalne skompletowanie elementów łodzi w zależności od podanych parametrów. Czynnikiem kluczowym okazuje się być kwota, jaką użytkownik jest w stanie przeznaczyć na zakup łodzi.

#### **6. Testowanie systemu JACHTEX**

Konstrukcja budowy i wyposażenia jachtu Omega obwarowana jest licznymi przepisami technicznymi Polskiego Związku Żeglarskiego oraz Polskiego Związku Klasy Omega które należy obowiązkowo przestrzegać. Do przetestowania systemu JACHTEX ze względu na

najlepszą znajomość konstrukcji swoich jachtów wybrano zawodników klasy OMEGA. Najlepszą ku temu okazją były Mistrzostwa Polski w tejże klasie.

Ośmiu zawodników zostało podzielonych na dwie grupy. Pierwsza czteroosobowa grupa poproszona została o stworzenie wymarzonej konfiguracji jachtu regatowego klasy omega standardowo za pomocą kartki i ołówka. Drugiej czteroosobowej grupie przedstawiony został system JACHTEX do tworzenia konfiguracji jachtów. Po krótkim przedstawieniu funkcjonalności systemu osoby te zostały poproszone o stworzenie wymarzonej konfiguracji jachtu regatowego klasy omega.

Zawodnicy za pomocą zakładki „Dostępne produkty” mogli przejrzeć dostępne w systemie elementy składowe wraz z ich krótkim opisem. Następnie przy użyciu zakładki „Konfiguracja ręczna” zaznaczając odpowiedni element w tabeli „Dostępne elementy” oraz naciskając przycisk „Dodaj” mogli dowolnie skonfigurować łódź. Wybrana konfiguracja mogła być śledzona na bieżąco w tabeli „Wybrane elementy”. W trakcie konfiguracji system automatycznie obliczał koszt wybranych elementów, ta funkcjonalność została pozytywnie oceniona przez osoby testujące system, umożliwia ona bowiem kontrolowanie kosztów konfiguracji.

Po porównaniu wyników okazało się, że grupa korzystająca z systemu JACHTEX stworzyła pełniejszą konfigurację w czasie nieporównywalnie krótszym. System umożliwił nie tylko podjęcie prawidłowej decyzji w krótkim czasie ale również pozwolił na pełną kontrolę kosztów.

System przetestowany został również wśród grupy osób posiadających mniejszą wiedzę dotyczącą możliwości konfiguracji jachtów. Osobom tym zaprezentowana została możliwość generowania gotowych zestawień za pomocą zakładki „Konfiguracja według kwoty”. Po podaniu podstawowych informacji takich jak: rodzaj konfiguracji, rodzaj zabudowy, waga załogi oraz kwota w jakiej ma się mieścić przykładowa konfiguracja i naciśnięciu przycisku „Generuj” przedstawiona zostaje przykładowa konfiguracja jachtu oraz cena.

Po sprawdzeniu zaoferowanego zestawienia część osób testujących uznała, że zaoferowana konfiguracja jest odpowiednia. Wśród testującej grupy znalazły się jednak osoby nie zadowolone z wygenerowanej konfiguracji i wypróbowały swoich sił tworząc nowe zestawienie za pomocą zakładki „Konfiguracja ręczna”, gdzie znaleźli inne możliwe do zastosowania elementy. Cała grupa potwierdziła przydatność systemu przy tworzeniu konfiguracji jachtów żaglowych.

Podsumowując przeprowadzone testy można stwierdzić, że system spełnia główne założenia postawione przy tworzeniu. JACHTEX, jest łatwy w obsłudze, umożliwia sprawne skonfigurowanie jachtu żaglowego pod warunkiem, że umieszczone w nim dane będą aktualne, a przede wszystkim konfiguracja łodzi zajmuje o wiele mniej czasu niż w tradycyjny sposób.

## **7. Uwagi końcowe**

Przedstawiony w niniejszej pracy system JACHTEX wspomaga proces konstrukcyjny oraz decyzyjny przy wyborze określonego produktu przez klienta. Wybrana dziedzina dla omawianego systemu doskonale pokazuje korzyści jakie niesie za sobą zastosowanie systemu ekspertowego do wspierania różnego rodzaju procesów doradczo-decyzyjnych.

Technologie wykorzystane podczas projektowania systemu umożliwiły stworzenie narzędzia informatycznego, które można eksploatować bez konieczności posiadania

specjalistycznego i trudno dostępnego oprogramowania. Umożliwia to między innymi pracę np. przedstawicielom handlowym bezpośrednio u klienta.

W wykonanej aplikacji została zrealizowana założona wcześniej funkcjonalność. Testowanie systemu wykazało poprawność jego funkcjonowania jak i przede wszystkim dobrą prognozę na skuteczność w osiąganiu założonego celu jakim jest niewątpliwie wzrost sprzedaży produktów.

Zbudowany system JACHTEX posiada wiele użytecznych funkcji jednak istnieje jeszcze wiele możliwości, które można zaimplementować. Jedną z nich może być funkcja komunikacji internetowej pomiędzy klientem a konstruktorem, która ułatwi kontakt, pomiędzy tymi użytkownikami oraz zaoszczędzi czas klienta.

## Literatura

1. Buchalski Z.: Knowledge Management of Expert System Based on the Symbolic Representation of Natural Language Sentences. W: Information Systems Architecture and Technology, L. Borzowski, A. Grzech, J. Świątek, Z. Wilimowska (eds.). Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2006, pp.75-85.
2. Buchalski Z.: The Role of Symbolic Representation of Natural Language Sentences in Knowledge Acquisition for Expert System, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 16, No. 4A, 2007, pp. 40-43.
3. Chromiec J., Strzemieczna E.: Sztuczna inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa, 1994.
4. Jagielski J.: Inżynieria wiedzy w systemach ekspertowych, Lubuskie Towarzystwo Naukowe, Zielona Góra, 2001.
5. Krishnamoorthy C.S., Rajeev S.: Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers. CRC Press, London, 1994.
6. Liebowitz J.: The Handbook of Applied Expert Systems. CRC Press, London, 1996.
7. Niederliński A.: Regułowo-modelowe systemy ekspertowe. Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice, 2006.
8. Owoc M.: Elementy systemów ekspertowych, cz.1: Sztuczna inteligencja i systemy ekspertowe, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław, 2006.
9. Rutkowski L.: Metody i techniki sztucznej inteligencji. Inteligencja obliczeniowa. PWN, Warszawa, 2006.
10. Stefanowicz B.: Systemy eksperckie. Przewodnik, PWN, Warszawa, 2003.
11. Buchalski Z.: Komputerowe wspomaganie podejmowania decyzji z wykorzystaniem regułowego systemu ekspertowego. W: Komputerowo zintegrowane zarządzanie, tom 1, R. Knosala (red.). WNT, Warszawa, 2004, s.156-164.
12. Buchalski Z.: Praktyczny aspekt wykorzystania wiedzy eksperckiej do efektywnego podejmowania decyzji. W: Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie, t.1, R. Knosala (red.). Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2006, s.191-198.
13. Buchalski Z.: Zarządzanie wiedzą w podejmowaniu decyzji przy wykorzystaniu systemu ekspertowego. W: Bazy danych. Struktury, algorytmy, metody. Wydawnictwo WKiŁ, Warszawa, 2006, s.471-478.

14. Buchalski Z.: Computer Advisory-Decision System for the Logistics Services Support. Polish Journal of Environmental Studies, Vol.18, No.3B, 2009, pp. 53-57.
15. Radzikowski W.: Komputerowe systemy wspomaganie decyzji. PWE, Warszawa, 1990.
16. Twardowski Z.: Inteligentne systemy wspomaganie decyzji w strategicznym zarządzaniu organizacją gospodarczą, Wydawnictwo AE w Katowicach, Katowice, 2007.

Dr inż. Zbigniew BUCHALSKI  
Instytut Informatyki, Automatyki i Robotyki  
Politechnika Wrocławska  
50-372 Wrocław, ul. Janiszewskiego 11/17  
tel.: (71) 320 32 92  
e-mail: zbigniew.buchalski@pwr.wroc.pl

Mgr inż. Robert BUCHALSKI  
Instytut Informatyki  
Politechnika Wrocławska  
50-370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
tel.: 601 183 415  
e-mail: robert.buchalski@pwr.wroc.pl