


# Inżynieria wiedzy i systemy ekspertowe

Logika rozmyta jako forma reprezentacji wiedzy  
w systemach sterowania lub podejmowania decyzji.

©BM

<b>Autor</b> Marcin Chrobak	<b>Temat projektu:</b> Określenie potencjału zawodnika młodzieżowego w piłce nożnej na podstawie wyników testów sprawnościowych.	<b>Data oddania projektu:</b> 28.11.2021
<b>Identyfikator przedmiotu:</b>  <b>iw-is-io-2021/2022</b>		<b>Prowadzący:</b>  <b>Dr hab. inż. Barbara Mrzygłód</b> KISiM, WIMiP, AGH <a href="mailto:mrzyglod@agh.edu.pl">mrzyglod@agh.edu.pl</a>

## 1 WPROWADZENIE DO PROJEKTU

### 1.1. Opis ogólny.

Piłka nożna jest najpopularniejszym sportem na świecie. Nic dziwnego, że wraz z rozwojem technologii, rozwija się również sposób szkolenia piłkarzy od najmłodszych lat. Zastosowanie dronów, czy specjalistycznych urządzeń do rejestrowania parametrów wydolnościowych piłkarza podczas treningu nie jest już nowością. Statystyki piłkarskie takie jak liczba strzelonych bramek czy liczba dokładnych podań w meczu są skrupulatnie rejestrowane. Daje to duży wachlarz możliwości wyspecjalizowanym algorytmom, które działając na dużym zbiorze danych, zajmują się szukaniem zawodników najbardziej pasujących do danego klubu albo posiadających największy potencjał.

W grupach młodzieżowych, szczególnie w słabszych klubach, rolę pozyskiwania zawodników z wysokim potencjałem przyjmują tak zwani „skauci” piłkarscy. Do ich zadań należy obserwowanie meczy piłkarskich młodzieżowych lig i ocenę potencjału obserwowanych zawodników. Takie rozwiązanie jest mało wydajne, ponieważ opiera się na subiektywnej ocenie człowieka. Problematiczną kwestią jest również niemożliwość uczestniczenia w każdym meczu piłkarskim przez skauta lub ewentualna absencja dobrze zapowiadających się graczy.

Rozwiązaniem może być stworzenie systemu, który na podstawie piłkarskich testów sprawnościowych określi potencjał danego zawodnika. Taki test może być przeprowadzony w dowolnym czasie, a objęta nim może zostać cała drużyna.

## 1.2. Praktyczne zastosowanie systemu.

System określający potencjał zawodnika może być wykorzystywany przez młodzieżowe szkoły piłkarskie lub profesjonalne kluby zajmujące się również trenowaniem młodzieży. Dzięki systemowi, klub może ocenić wartość swojego zawodnika, można ocenić potencjał piłkarzy innych klubów w celu pozyskania ich lub może to być dobry sposób śledzenia progresu swoich zawodników.

Będąc w posiadaniu takiego narzędzia jest również możliwość indywidualnego sprawdzenia swoich własnych możliwości piłkarskich.

## 1.3. Charakterystyki opisowe wybranych do projektu zmiennych.

Zmiennymi wejściowymi do projektu będą wyniki testów sprawnościowych testowanego zawodnika. Zostanie przeprowadzone pięć testów:

- 1) Zwroty z piłką, czyli jak najszybsze wykonanie sześciu zwrotów z piłką, między liniami wyznaczonymi pachołkami oddalonymi od siebie o 5 m. Wartością wejściową jest czas w sekundach.
- 2) Bieg bez piłki, polegający na pokonaniu wyznaczonej trasy dookoła tyczek. Tyczki rozstawione są, w taki sposób, aby zawodnik musiał zmienić tor biegu o około 120 stopni raz w lewo, raz w prawo. Wartością wejściową jest również czas w sekundach.
- 3) Żonglerka, gdzie wartością wejściową jest ilość podbić piłki w powietrzu, bez kontaktu piłki z podłożem.
- 4) Prowadzenie piłki, polega na pokonaniu takiej samej trasy jak w teście drugim, ale tym razem zawodnik prowadzi piłkę.
- 5) Skok w dal z miejsca. Zawodnik stojąc dwoma nogami bezpośrednio przed linią ma za zadanie wykonać jak najdalszy skok w dal z miejsca. Wartością wejściową jest odległość pokonana przez zawodnika w skoku w centymetrach.

Zmienne wejściowe do systemu będą przekazywane poprzez przygotowany interfejs graficzny w aplikacji okienkowej. Wszystkie wyniki testów mogą być zapisywane przez użytkownika w pliku, który będzie stanowił wejścia programu realizującego system. Innym sposobem jest wpisywanie pojedynczo wyników testów, poprzez odpowiednio przygotowany interfejs.

Zmienną wyjściową jest potencjał zawodnika. W zależności od wyboru wprowadzenia danych do systemu, użytkownik będzie otrzymywał albo plik tekstowy z wynikami potencjału dla wielu zawodników, albo w przypadku wprowadzenia wyników pojedynczo, wynik potencjału będzie widoczny na interfejsie.

#### 1.4. Model rozmytego wnioskowania

Wybrany model rozmyty wnioskowania to Mamdani, jest to jakościowy opis systemu, dobrze nadający się do zmiennych wyjściowych opisanych przez człowieka, jakimi są: czas w sekundach, ilość podbić piłki czy odległość w centymetrach. Do generowania reguł dla modelu została wykorzystana własna wiedza w tym zakresie oraz wiedza ekspercka z książki „Nowoczesne nauczanie i doskonalenie gry w piłkę nożną”. Kolejnym powodem był brak obserwacji parametrów, więc problematyczne było użycie modelu Sugeno+ANFIS.

#### 1.5. Proces pozyskiwania wiedzy.

Wiedza pozyskana do opracowania systemu oceny potencjału została pozyskana z książki „Nowoczesne nauczanie i doskonalenie gry w piłkę nożną” autorstwa Pawła Grycmanna oraz Władysława Szyngiera. Obaj panowie są trenerami piłkarskimi oraz nauczycielami akademickimi w Zakładzie Piłki Nożnej AWF w Katowicach.

Wiedza wykorzystana do zaprojektowania systemu również była zaczerpnięta z własnego doświadczenia, więc postawiono się w roli specjalisty w tej dziedzinie.

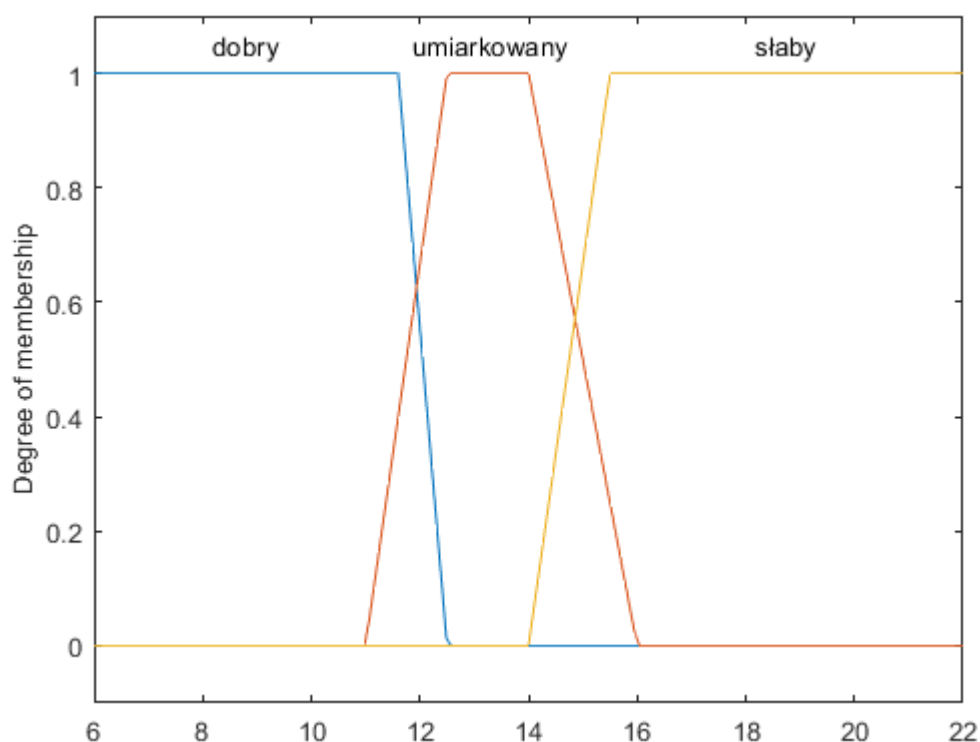
## 2 OPRACOWANIE SILNIKA WNIOSKOWANIA ROZMYTEGO

### 2.1. Reprezentacja wybranych zmiennych lingwistycznych w postaci zbiorów rozmytych

a) Zmienna lingwistyczna: Zwroty z piłką

Zakres: 6-22

Jednostka: sekundy

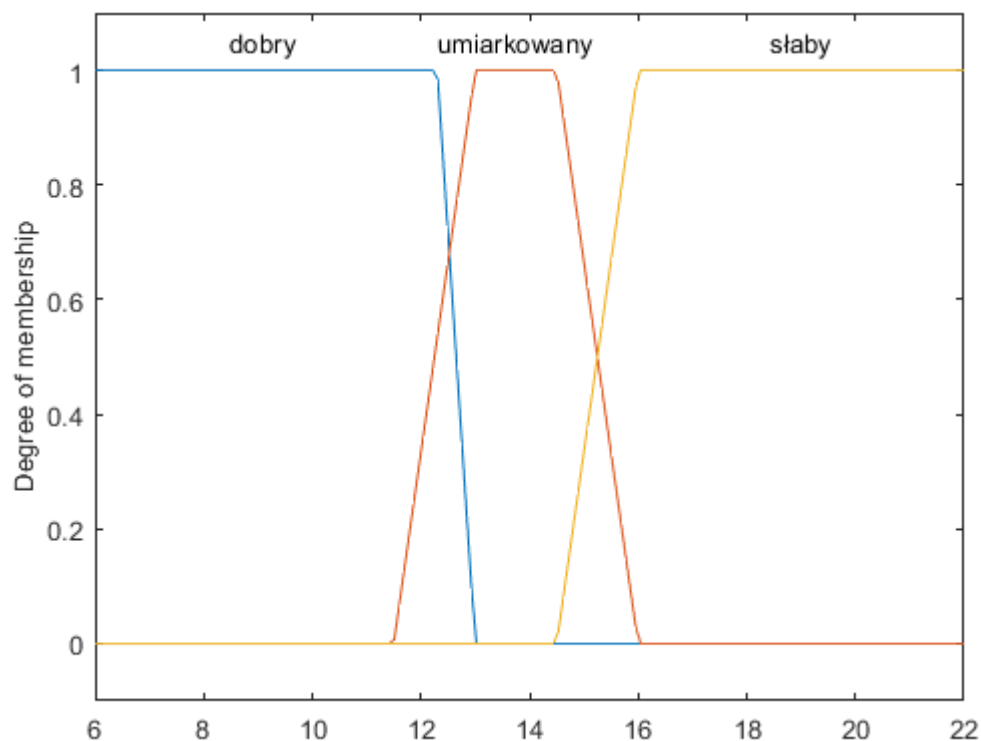


Wykres 1. Reprezentacja graficzna zbiorów rozmytych zmiennej: Zwroty z piłką

Nazwa zbioru	Typ funkcji	Parametry funkcji (punkty przegięcia)			
		a	b	c	d
dobry	trapmf	6	6	11.6	12.5
umiarkowany	trapmf	11	12.5	14	16
słaby	trapmf	14	15.5	22	22

Tabela 1. Tabelaryczne zestawienie parametrów zbiorów zmiennej: Zwroty z piłką

- b) Zmienna lingwistyczna: Bieg bez piłki  
 Zakres: 6-22  
 Jednostka: sekundy

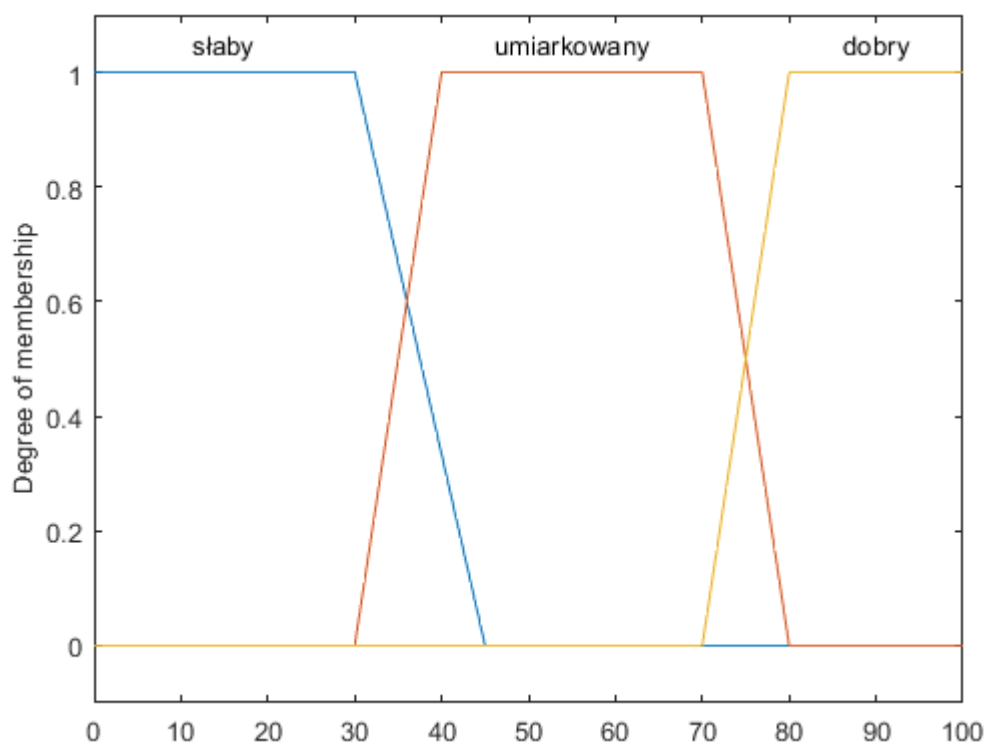


Wykres 2. Reprezentacja graficzna zbiorów rozmytych zmiennej: Bieg bez piłki

Nazwa zbioru	Typ funkcji	Parametry funkcji (punkty przegięcia)			
		a	b	c	d
dobry	trapmf	6	6	12.3	13
umiarkowany	trapmf	11.5	13	14.5	16
słaby	trapmf	14.5	16	22	22

Tabela 2. Tabelaryczne zestawienie parametrów zbiorów zmiennej: Bieg bez piłki

- c) Zmienna lingwistyczna: Żonglerka  
 Zakres: 0-100  
 Jednostka: ilość podbić

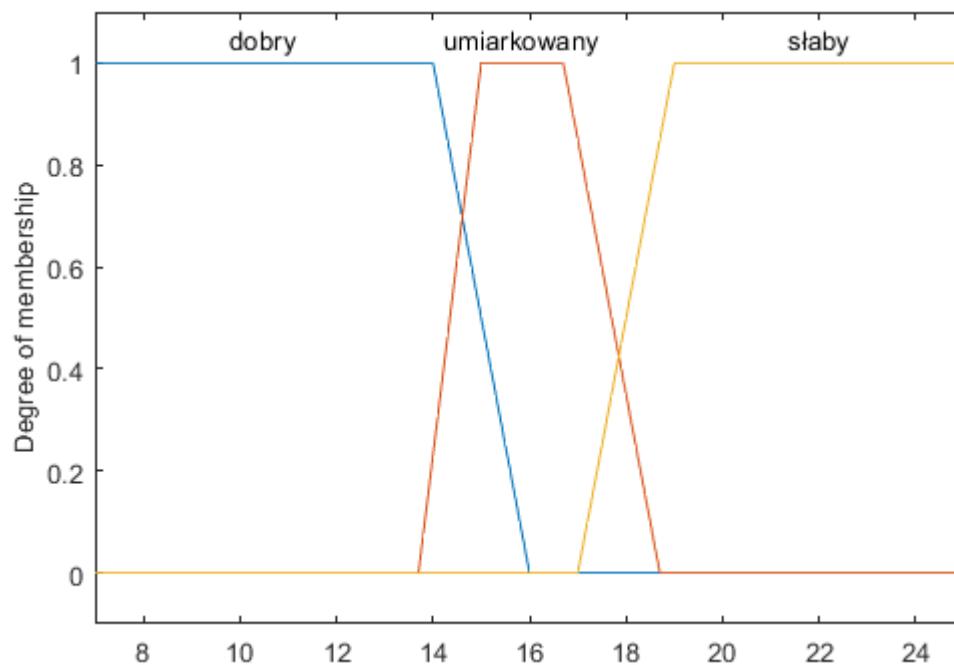


Wykres 3. Reprezentacja graficzna zbiorów rozmytych zmiennej: Żonglerka

Nazwa zbioru	Typ funkcji	Parametry funkcji (punkty przęgięcia)			
		a	b	c	d
słaby	trapmf	0	0	30	45
umiarkowany	trapmf	30	40	70	80
dobry	trapmf	70	80	100	100

Tabela 3. Tabelaryczne zestawienie parametrów zbiorów zmiennej: Żonglerka

- d) Zmienna lingwistyczna: Prowadzenie piłki  
 Zakres: 7-25  
 Jednostka: sekundy

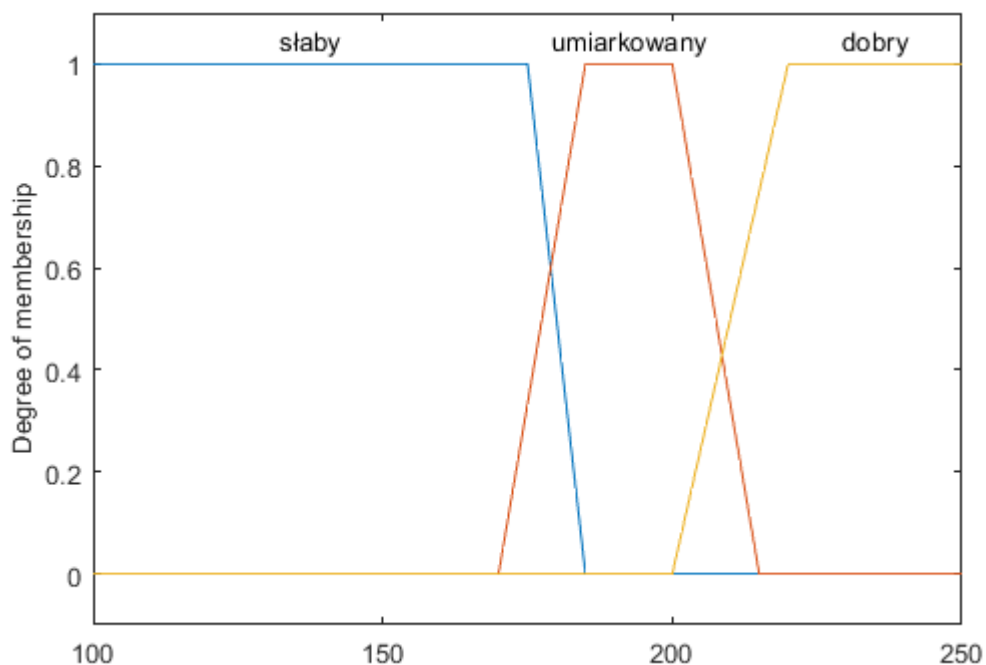


Wykres 4. Reprezentacja graficzna zbiorów rozmytych zmiennej: Prowadzenie piłki

Nazwa zbioru	Typ funkcji	Parametry funkcji (punkty przegięcia)			
		a	b	c	d
dobry	trapmf	7	7	14	16
umiarkowany	trapmf	13.7	15	16.7	18.7
słaby	trapmf	17	19	25	25

Tabela 4. Tabelaryczne zestawienie parametrów zbiorów zmiennej: Prowadzenie piłki

- e) Zmienna lingwistyczna: Skok w dal z miejsca  
 Zakres: 100-250  
 Jednostka: centymetry



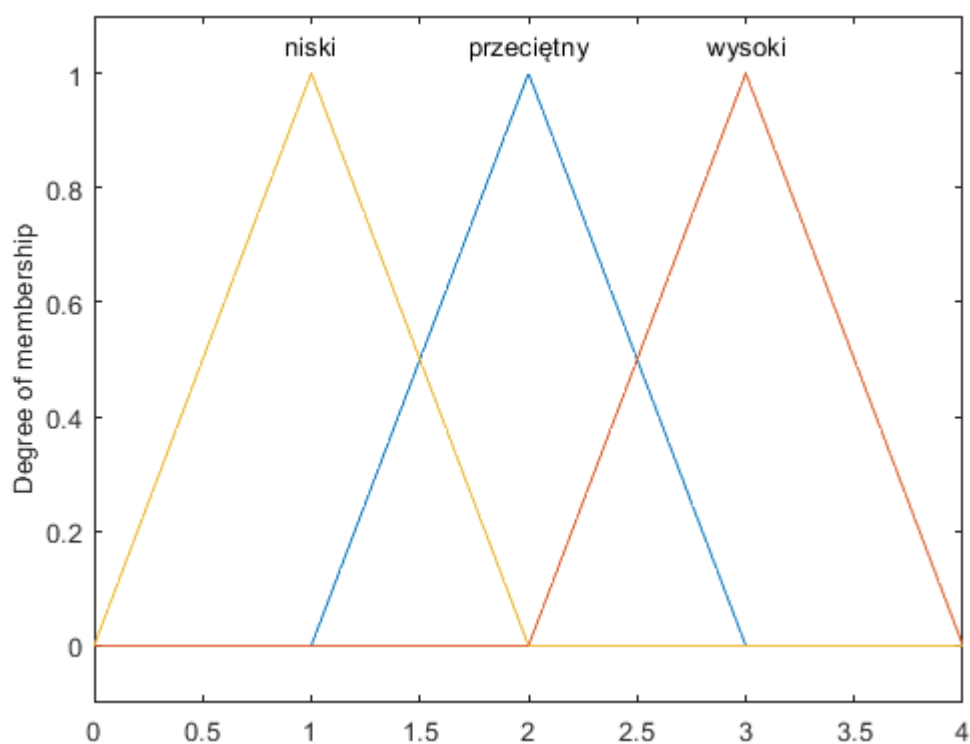
Wykres 5. Reprezentacja graficzna zbiorów rozmytych zmiennej: Skok w dal z miejsca

Nazwa zbioru	Typ funkcji	Parametry funkcji (punkty przegięcia)			
		a	b	c	d
slaby	trapmf	100	100	175	185
umiarkowany	trapmf	170	185	200	215
dobry	trapmf	200	220	250	250

Tabela 5. Tabelaryczne zestawienie parametrów zbiorów zmiennej: Skok w dal z miejsca



- f) Zmienna lingwistyczna: Potencjał  
Zakres potencjału: 0-4



Wykres 6. Reprezentacja graficzna zbiorów rozmytych zmiennej: Potencjał

Nazwa zbioru	Typ funkcji	Parametry funkcji (punkty przebiecia)		
		a	b	c
niski	trimf	0	1	2
przeciętny	trimf	1	2	3
wysoki	trimf	2	3	4

Tabela 6. Tabelaryczne zestawienie parametrów zbiorów zmiennej: Potencjał

Wszystkie zmienne wejściowe, czyli: Zwroty z piłką, Bieg bez piłki, Żonglerka, Prowadzenie piłki oraz Skok w dal, mają po 3 zbiory rozmyte: dobry, umiarkowany, słaby. Są to zbiory opisujące poziom uzyskanego wyniku dla danego testu. Typy funkcji dla tych zbiorów to *trapmf*, a parametry tych funkcji, czyli punkty przegięcia zostały dobrane na podstawie pozyskanej wiedzy z książki „Nowoczesne nauczanie i doskonalenie gry w piłkę nożną”. Opierając się o tą wiedzę zdecydowano się na użycie funkcji przynależności trapezowej, aby dany zakres liczbowy, a nie pojedyncza wartość, miał maksymalnie możliwy współczynnik przynależności, czyli 1. Wyniki, które nieznacznie odbiegają od tego zakresu zgodnie z koncepcją logiki rozmytej, mają odpowiednie mniejszy współczynnik przynależności do zbioru.

Zmienna wyjściowa Potencjał, jest ostatecznym wynikiem systemu. Ma trzy zbiory rozmyte: niski, przeciętny oraz wysoki. Zakres potencjału pierwotnie miał wynosić [1:3], gdzie wartość 1 to zbiór niski, 2 to przeciętny, a 3 to wysoki. Użyto metodę wyostrzania *centroid*, więc w celu uzyskania maksymalnej oraz minimalnej wartości zakresu, rozszerzono brzegowe zbiory rozmyte, także ostateczny zakres wynosi [0:4] ale w systemie możliwy zakres do osiągnięcia to [1:3]. Wykorzystano trójkątną funkcję przynależności *trimf*, ponieważ po testach dla tej funkcji uzyskano satysfakcjonujące wyniki.

## 2.2. Rozmyta baza wiedzy

Baza reguł dla systemu została zaprojektowana następująco:

- R1. If (Zwroty z piłką is dobry) then (potencjał is wysoki) (1)
- R2. If (Bieg bez piłki is dobry) then (potencjał is wysoki) (0.9)
- R3. If (Żonglerka is dobry) then (potencjał is wysoki) (1)
- R4. If (Prowadzenie piłki is dobry) then (potencjał is wysoki) (1)
- R5. If (Skok w dal is dobry) then (potencjał is wysoki) (0.8)
- R6. If (Zwroty z piłką is umiarkowany) then (potencjał is przeciętny) (1)
- R7. If (Bieg bez piłki is umiarkowany) then (potencjał is przeciętny) (0.9)
- R8. If (Żonglerka is umiarkowany) then (potencjał is przeciętny) (1)
- R9. If (Prowadzenie piłki is umiarkowany) then (potencjał is przeciętny) (1)
- R10. If (Skok w dal is umiarkowany) then (potencjał is przeciętny) (0.8)
- R11. If (Zwroty z piłką is słaby) then (potencjał is niski) (1)
- R12. If (Bieg bez piłki is słaby) then (potencjał is niski) (0.9)
- R13. If (Żonglerka is słaby) then (potencjał is niski) (1)
- R14. If (Prowadzenie piłki is słaby) then (potencjał is niski) (1)
- R15. If (Skok w dal is słaby) then (potencjał is niski) (0.8)

Dzięki takiej samej liczbie zbiorów rozmytych zmiennych wejściowych oraz zmiennej wyjściowej można było w odpowiedni sposób dobrać bazę reguł unikając określania bardzo dużej liczby reguł. System zaprojektowany jest w taki sposób, że wszystkie wejściowe muszą zostać wprowadzone. We wszystkich regułach przesłanki zawierają jedną zmienną. Dla każdej zmiennej występują trzy reguły dla każdego zbioru rozmytego, dzięki czemu zawsze jedna z reguł dla danej zmiennej będzie zaktywizowana. Im lepszy rezultat danego testu tym potencjał jest wyższy.

W systemie zdecydowano się na wartościowanie reguł rozmytych. Reguły dla zmiennych lingwistycznych: Zwroty z piłką, Żonglerka oraz Prowadzenie piłki opisują wyniki testów ściśle piłkarskich, więc mają największą wagę – 1, reguły zmiennej Bieg bez piłki określono na wagę 0.9, ponieważ szybkość też jest ważnym elementem gry, a zmienna Skok w dal jako najmniej piłkarski element ma wagę 0.8.

### 2.3. Operatory logiczne

Mała liczba reguł w bazie wymusiła zastosowanie operatora logicznego *sum* dla agregacji, żeby jeden skrajnie dobry lub słaby wynik w danym teście piłkarskim nie miał diametralnego wpływu na wynik końcowy.

Dla procesu wyostrzania wybrano metodę *centroid*, czyli metodę środka ciężkości. Dzięki niej wszystkie zaktywizowane reguły biorą udział w procesie defuzyfikacji oraz gwarantuje większą czułość regulatora na zmiany jego wejść.

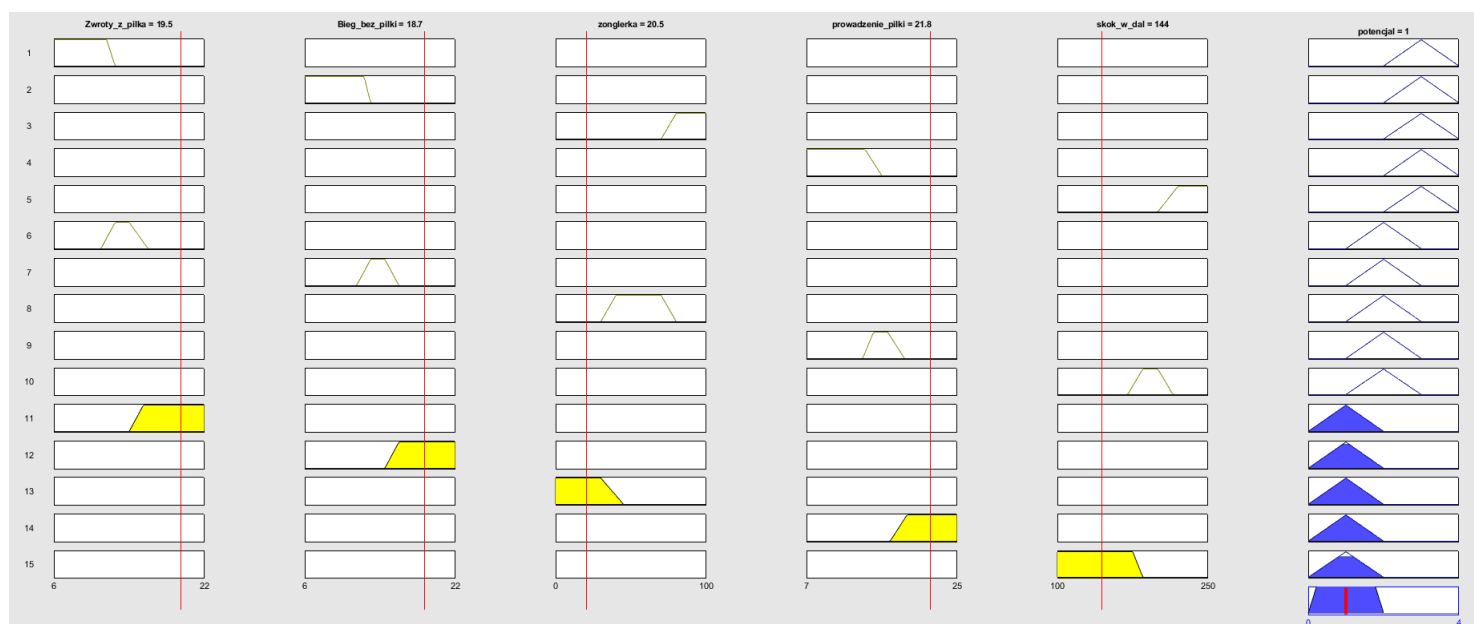
W związku z użyciem jednej zmiennej podczas projektowania bazy reguł w przesłankach, nie było potrzeby określenia operatorów dla metod *AND* i *OR*.

## 2.4. Wnioskowanie rozmyte – analiza

Pierwszym zastosowanym podejściem realizacji systemu było określenie reguł przy wykorzystaniu wszystkich zmiennych w przesłance. Przy pięciu zmiennych wejściowych, które posiadają 3 zbiory rozmyte jest to bardzo pracochłonny i skomplikowany proces, ponieważ należy zaimplementować 243 reguły. Uproszczono system, stosując po jednej zmiennej w przesłance i ostatecznie otrzymano 15 reguł.

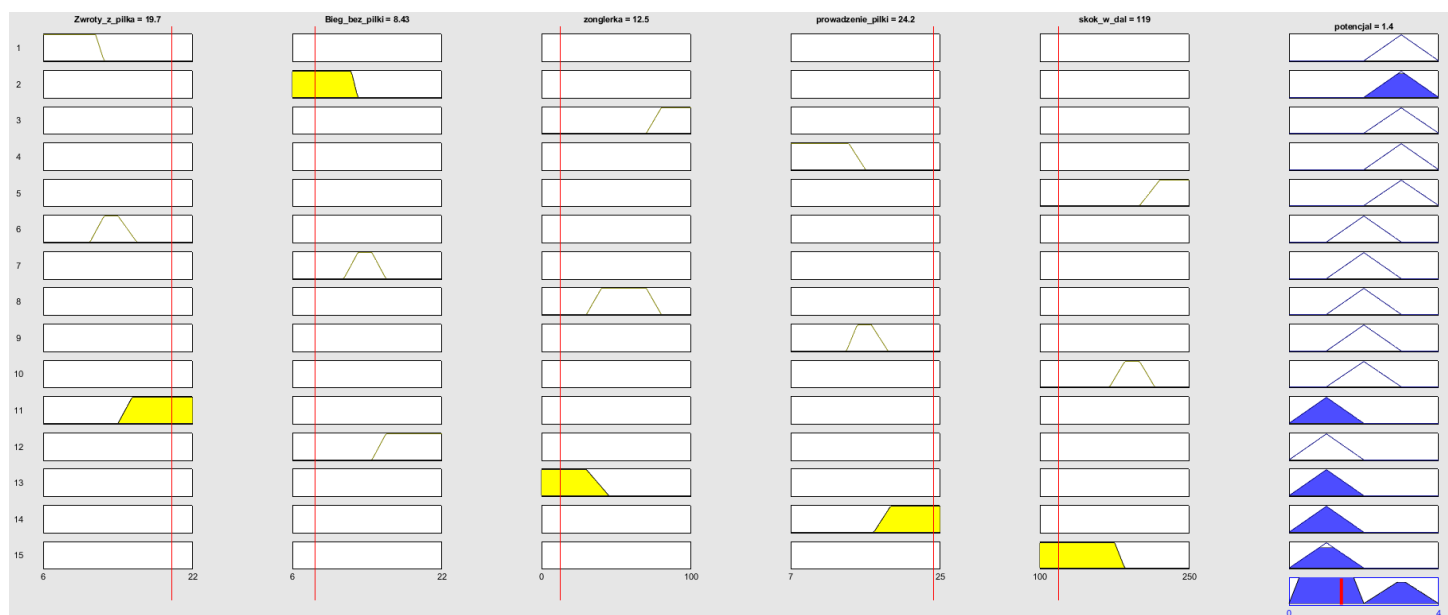
Pierwotnie stwierdzono, że otrzymywany wynik z systemu będzie w klasyfikacyjnym aspekcie: wartość 1 – niski, wartość 2 przeciętny, wartość 3 wysoki. Dlatego testowano metody defuzyfikacji takie jak: *LOM (Last of Maxima)*, *MOM (Middle of Maxima)*, *SOM (Smallest of Maxima)*. Nastąpiła zmiana koncepcji, gdzie oprócz określenia potencjału gracza za pomocą zbiorów: niski, przeciętny, wysoki, dobrym pomysłem będzie podanie użytkownikowi liczbę z zakresu [1:3], na podstawie, której określany jest potencjał. W tym celu zastosowano metodę defuzyfikacji *centroid*, czyli metodę środka ciężkości, co za tym idzie należało rozszerzyć brzegowe wartości skrajne, aby uzyskać maksymalną lub minimalną wartość zakresu. Przez zastosowanie takiego podejścia należało określić zakresy dla poziomów potencjału, więc zakres [1:1.5] oznacza potencjał niski, [1.51:2.49] przeciętny, a [2.5:3] wysoki. Celowym zabiegiem był określenie potencjału przeciętny jako najszerszy zakres. Mało jest zawodników wyróżniających się, więc system uwzględnia ten fakt.

Po dostrojeniu i wprowadzonych zmianach osiągnięto satysfakcjonujący efekt określania potencjału gracza na podstawie wyników jego testów sprawnościowych. Jeśli wszystkie zmienne będą miały wartości zbiorów rozmytych jednolite to odpowiednio będzie dobrany jego potencjał np. Rysunek 1.



Rysunek 1. Przykład aktywacji reguł, gdzie wynosi maksymalny współczynnik przynależności zbioru rozmytego "słaby".

System został tak zaprojektowany, aby wynik jednego testu nie zmieniał diametralnie zmiennej wyjściowej. Przykładowo, jeżeli jedna ze zmiennych w przykładzie na Rysunku 1, będzie skrajnie dobra, czyli jeden zbiór rozmyty będzie „dobry”, nie będzie to diametralnie wpływać na potencjał i wyniki końcowy będzie dalej w zakresie „niski” – Rysunek 2. Taki rezultat chciano osiągnąć, żeby jeden dobry wynik testu nie wpływał na całościowy potencjał.



Rysunek 2. Przykład jednej skrajnej zmiennej ze zbioru rozmytego "dobry", przy wszystkich zmiennych zbioru rozmytego "słaby".

Kolejne Rysunki 3-5, pokazują przykładowe działanie systemu, z wykorzystaniem zaimplementowanej aplikacji okienkowej, która służy jako interfejs użytkownika.

## Ocena potencjału zawodnika U13

Zwroty z piłką[s]

Bieg bez piłki[s]

Zonglerka[ilość]

Prowadzenie piłki[s]

Skok w dal[cm]

Wynik potencjału: **PRZECIĘTNY(2.1503)**

Dane z pliku

Rysunek 3. Przykładowe działanie aplikacji



## Ocena potencjału zawodnika U13

Zwroty z piłką[s]	14,9	<div style="background-color: #00FF00; padding: 10px; border: 1px solid black;">Dane z pliku</div>
Bieg bez piłki[s]	15,2	
Zonglerka[ilość]	34	
Prowadzenie piłki[s]	16,7	
Skok w dal[cm]	163	
<div style="background-color: #00FF00; padding: 5px 20px; border: 1px solid black; display: inline-block;">Oceń potencjał</div>		
<b>Wynik potencjału: NISKI(1.4829)</b>		

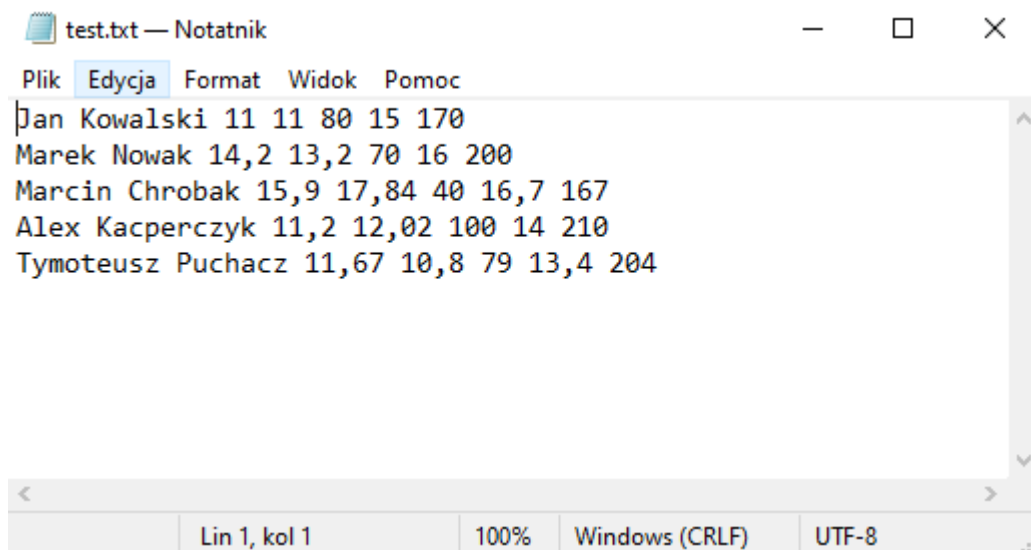
Rysunek 4. Przykładowe działanie aplikacji

## Ocena potencjału zawodnika U13

Zwroty z piłką[s]	11,86	<div style="background-color: #00FF00; padding: 10px; border: 1px solid black;">Dane z pliku</div>
Bieg bez piłki[s]	12,2	
Zonglerka[ilość]	89	
Prowadzenie piłki[s]	14,7	
Skok w dal[cm]	220	
<div style="background-color: #00FF00; padding: 5px 20px; border: 1px solid black; display: inline-block;">Oceń potencjał</div>		
<b>Wynik potencjału: WYSOKI(2.6615)</b>		

Rysunek 5. Przykładowe działanie aplikacji

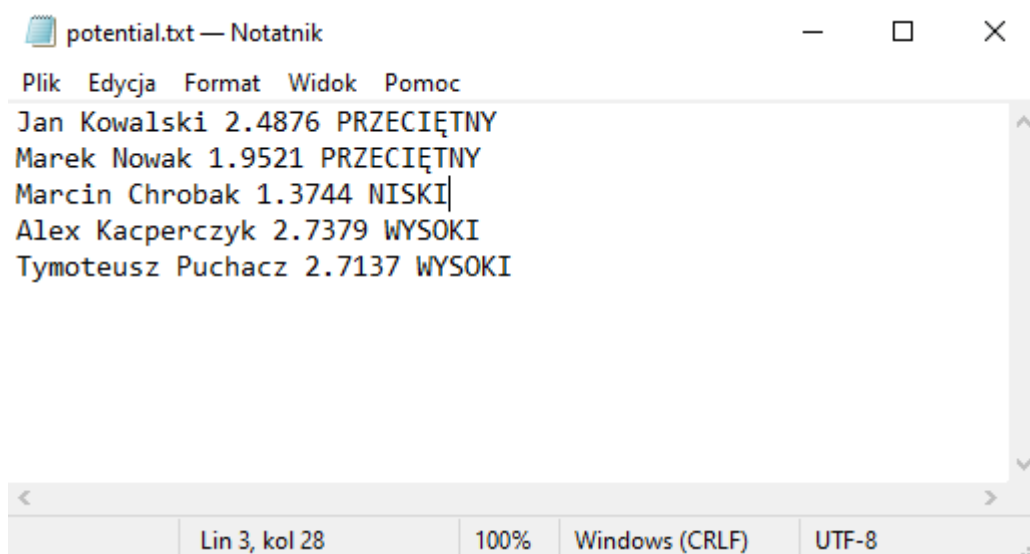
Na rysunkach 3-5 pokazane jest przykładowe działanie aplikacji poprzez pojedyncze wpisanie wyników testów w odpowiednie pola. Na interfejsie widoczny jest przycisk „Dane z pliku”, za pomocą którego w wcześniej przygotowanym pliku z wynikami testów – Rysunek 6, można określić potencjał dla większej ilości graczy. Rezultat tej opcji jest widoczny na Rysunku 7.



```
test.txt — Notatnik
Plik Edycja Format Widok Pomoc
Jan Kowalski 11 11 80 15 170
Marek Nowak 14,2 13,2 70 16 200
Marcin Chrobak 15,9 17,84 40 16,7 167
Alex Kacperczyk 11,2 12,02 100 14 210
Tymoteusz Puchacz 11,67 10,8 79 13,4 204
```

Lin 1, kol 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

Rysunek 6. Plik wejściowy z wynikami testów



```
potential.txt — Notatnik
Plik Edycja Format Widok Pomoc
Jan Kowalski 2.4876 PRZECIĘTNY
Marek Nowak 1.9521 PRZECIĘTNY
Marcin Chrobak 1.3744 NISKI
Alex Kacperczyk 2.7379 WYSOKI
Tymoteusz Puchacz 2.7137 WYSOKI
```

Lin 3, kol 28 100% Windows (CRLF) UTF-8

Rysunek 7. Plik wyjściowy z wyliczonym potencjałem na podstawie pliku z Rysunku 6

### 3 PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Aplikacja na podstawie testów sprawnościowych adekwatnie określa potencjał zawodnika. Parametry zbiorów zmiennych wejściowych oraz punkty przegięcia funkcji przynależności zostały opracowane dla wyników testów dla piłkarzy do 13 roku życia. W dalszym rozwoju aplikacji można dodać różne wersje, gdzie odpowiednio dobrane parametry będą uwzględniać inne grupy wiekowe.

Aktualnie w opracowanym interfejsie użytkownika, jest możliwość wybrania pliku tekstowego *txt* ze zmiennymi wejściowymi, w wyniku czego otrzymujemy plik wyjściowy *txt*, z wyliczonym potencjałem dla danego zawodnika. Ten proces można bardziej zautomatyzować np. poprzez wykorzystanie bazy danych, gdzie po wpisaniu wyników testów automatycznie będzie wyciągany potencjał. Dane wyniki mogą być zapisywane oraz porównywane w celu śledzenia progresu. Poprzez użycie bazy danych łatwe będzie filtrowanie piłkarzy o określonym poziomie potencjału.

System może być użytkowany przez trenerów zarówno profesjonalnych, jak i amatorskich klubów piłkarskich. Kluby mogą stosować system w celu śledzenia rozwoju swoich podopiecznych lub w celu pozyskania dobrze zapowiadających się zawodników. System może być również dostrajany na potrzeby poszczególnych klientów. Przykładowo jest możliwość powiększenia ilości zbiorów rozmytych zmiennej wyjściowej.

Jest również możliwość stosowania aplikacji na własny użytek w celu monitorowania własnego rozwoju i określenia swoich możliwości, więc może to być produkt dla indywidualnego odbiorcy.

### 4 IMPLEMENTACJA

System został zrealizowany poprzez wykorzystanie narzędzia *Fuzzy Logic Toolbox* w środowisku programistycznym MATLAB. Po stworzeniu systemu wygenerowano plik *dll*, który stanowił bibliotekę dedykowaną dla platformy .NET. Tak przygotowany plik można było zaimportować do środowiska programistycznego Visual Studio 2019 i poprzez wywołanie odpowiedniej funkcji jest kalkulowany wynik potencjału. Za pomocą frameworka .NET, napisano prostą aplikację okienkową w języku programowania C#, która stanowiła interfejs graficzny dla systemu.