

BridgeSandbox2 v1.7 - Instrukcja

Wojciech Baranowski

2 lutego 2023

Spis treści

1	Wstęp	2
1.1	Przeznaczenie aplikacji	2
1.2	Wykorzystana technologia i wymagania systemowe	2
1.3	Architektura aplikacji	2
2	Panel główny	3
2.1	Sekcja rozgrywki	3
2.1.1	Stół	3
2.1.2	Przyciski modyfikujące rozgrywkę	4
2.1.3	Przycisk zmieniający kolejność wyświetlania kart na rękach graczy	4
2.1.4	Przycisk włączający i wyłączający automatyczne rozwiązywanie gry	4
2.2	Sekcja informacyjna	5
2.3	Sekcja nawigacyjna	5
2.4	Sekcja historii	6
3	Panel edycji	7
3.1	Sekcja wyboru kart	7
3.2	Sekcja konfiguracji szczegółów rozgrywki	8
3.3	Sekcja przycisków	8
3.4	Walidacja	8
3.5	Przykład	9
4	Panel statystyk i ustawień generatora	10
4.1	Sekcja ustawień generatora statystyk	10
4.2	Sekcja statystyk	11
4.3	Sekcja ustawień generatora rozwiązań	11
5	Panel prawdopodobieństwa	13
5.1	Sekcja konfiguracji rozgrywki	13
5.1.1	Stół	13
5.1.2	Zagrane karty	14
5.1.3	Gracz rozpoczynający rozgrywkę	14
5.1.4	Walidacja poprawności stanu rozgrywki	14
5.1.5	Przykład	15
5.2	Sekcja przycisków	16
5.3	Sekcja wyników	16
5.3.1	Przyciski dostosowujące widok	16
5.3.2	Wynikowe prawdopodobieństwa	16
5.3.3	Przykład	16

1 Wstęp

1.1 Przeznaczenie aplikacji

BridgeSandbox2 jest aplikacją przeznaczoną do analizy gier brydżowych oraz algorytmów szukających optymalnych przebiegów rozgrywek. Pozwala ona na optymalne (optymalna rozgrywki obu par) rozwiązywanie końcówek oraz obliczanie rozkładów prawdopodobieństw sukcesu, w których gracze posiadają maksymalnie po 8 kart na ręce w przeciągu kilku sekund. W przypadku większych rozdania czas potrzebny na obliczenia ulega znacznemu wydłużeniu, więc próby rozwiązywania końcówek dziewięciokartowych i większych są niezalecane.

1.2 Wykorzystana technologia i wymaganie systemowe

Aplikacja napisana została w języku Java w wersji 17, a następnie wyeksportowana do pliku w formacie jar. W celu zwiększenia przejrzystości kodu źródłowego zastosowano bibliotekę Lombok w wersji 1.18.24. Do testowania silnika aplikacji użyto biblioteki JUnit w wersji 4.13.2.

Do prawidłowego działania aplikacji wymagane jest uprzednie zainstalowanie jre oraz JDK w wersji 17+.

1.3 Architektura aplikacji

W skład architektury aplikacji wchodzi cztery główne moduły:

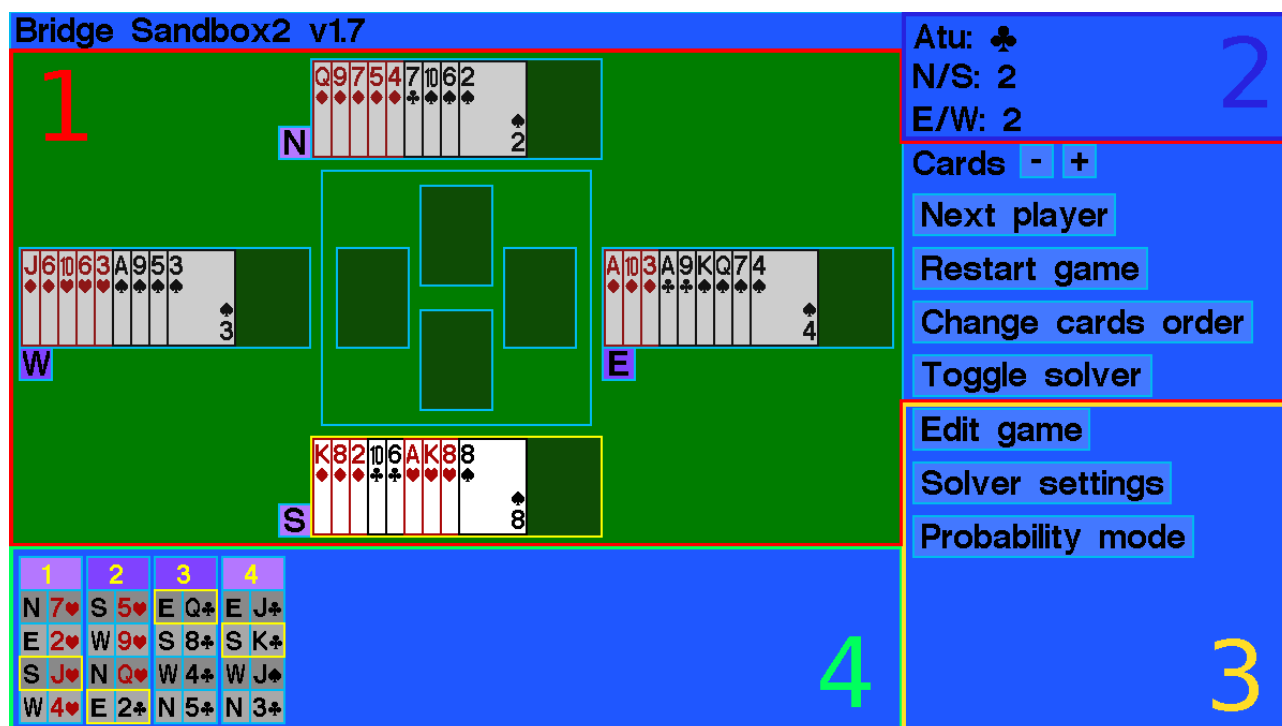
1. **Silnik** odpowiedzialny za obsługę okna, asynchroniczną obsługę zdarzeń zachodzących w programie oraz graficzną prezentację aplikacji.
2. **Moduł logiki gry** modelujący obiekty używane w rozgrywce oraz ich logikę.
3. **Moduł generatora rozwiązań**, zawierający implementacje wybranych algorytmów przeszukiwawczych oraz obsługujący obliczeniowe funkcjonalności programu.
4. **Kontrolery** odpowiedzialne za modelowanie interfejsu oraz połączenie logiki aplikacji z silnikiem.

Warto zaznaczyć, że oddzielenie aplikacji od silnika uniezależnia logikę aplikacji od interfejsu oraz środowiska, dzięki czemu w przyszłości możliwe będzie potencjalne dostosowanie programu do działania na stronie internetowej.

2 Panel główny

Panel główny składa się z czterech części; sekcji rozgrywki, sekcji informacyjnej, sekcji nawigacyjnej oraz sekcji historii (rys. 1).

1. **sekcja rozgrywki** - część interfejsu odpowiedzialna za symulowanie przebiegu analizowanej rozgrywki.
2. **sekcja informacyjna** - część interfejsu zawierająca podstawowe informacje o rozgrywce.
3. **sekcja nawigacyjna** - część zawierająca przyciski służące do nawigacji pomiędzy panelami aplikacji.
4. **sekcja historii** - część interfejsu prezentująca historię rozegranych lew oraz predykcję następnych.



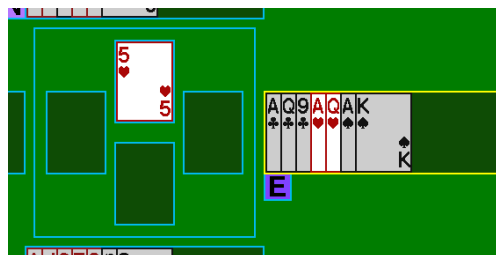
Rysunek 1: 1. sekcja rozgrywki, 2. sekcja informacyjna, 3. sekcja nawigacyjna, 4. sekcja historii.

2.1 Sekcja rozgrywki

2.1.1 Stół

Stół stanowi główną część interfejsu aplikacji. Reprezentuje on stan obecnie analizowanej rozgrywki; zawartość rąk poszczególnych graczy oraz karty zagrane podczas obecnej tury. Gracz do którego należy ruch wyróżniony jest żółtą obwódką. Symbole graczy (N, E, S, W) umieszczone bezpośrednio obok ich rąk podzielone są na dwa kolory, reprezentujące pary brydżowe; N, S - kolor różowy, E, W - kolor fioletowy.

Użytkownik może zagrać jedną z kart gracza będącego na ruchu poprzez najechanie krusorem na wybraną kartę oraz naciśnięcie lewego przycisku myszy. Karty, których zagranie byłoby sprzeczne z zasadami gry (np. niedołożenie karty do koloru) są wyszarzone (rys. 2).



Rysunek 2: Po położeniu 5 kier przez gracza N, gracz E musi dołożyć kartę do koloru. Pozostałe karty są niemożliwe do zagrania

2.1.2 Przyciski modyfikujące rozgrywkę

Przyciski znajdujące się w granicach sekcji rozgrywki ponad przyciskiem „Change cards order” umożliwiają modyfikację stanu.

1. **Cards (+, -)** - przyciski pozwalające na zwiększanie oraz zmniejszanie liczby kart biorących udział w analizowanej rozgrywce. Użyte mogą zostać tylko w przypadku rozgrywki, w której nie poczyniono żadnego ruchu podczas jej analizy (żadna karta nie została ręcznie zagrana). Dokładne działanie polega na wygenerowaniu nowej losowej rozgrywki zawierającej zaktualizowaną liczbę kart.
2. **Next player** - przycisk służący do wybierania gracza rozpoczynającego rozgrywkę. Każdorazowe wciśnięcie powoduje zmianę gracza posiadającego inicjatywę na następnego zgodnie z kolejnością przebiegu klasycznej rozrywki (zgodnie z ruchem wskazówek zegara). Użycie możliwe jest jedynie w przypadku rozgrywki, w której dotychczas nie poczyniono ruchu.
3. **Restart game** - przycisk kończący dotychczas analizowaną rozgrywkę i generujący nową, losową grę. Wciśnięcie umożliwia natychmiastowe skorzystanie z powyższych przycisków.

2.1.3 Przycisk zmieniający kolejność wyświetlania kart na rękach graczy

Naciśnięcie przycisku „Change cards order” każdorazowo powoduje wybranie kolejnego trybu porządkowania kart. Dostępne są następujące tryby:

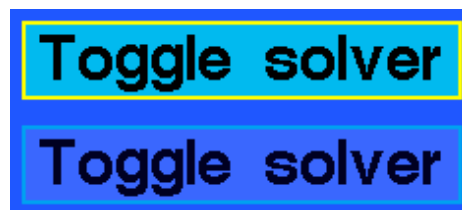
1. Karty ułożone od lewej do prawej w kolejności od 2 do K, kolejno trefle, kara, kiery, piki.
2. Karty ułożone od lewej do prawej w kolejności od K do 2, kolejno trefle, kara, kiery, piki.
3. Karty ułożone od lewej do prawej w kolejności od 2 do K, kolejno kara, trefle, kiery, piki.
4. Karty ułożone od lewej do prawej w kolejności od K do 2, kolejno kara, trefle, kiery, piki.

Tryb nr 4 jest trybem domyślnym.

2.1.4 Przycisk włączający i wyłączający automatyczne rozwiązywanie gry

Wciśnięcie przycisku „Toggle solver” powoduje włączenie albo wyłączenie automatycznego generowania rozwiązań. Obecny stan przycisku można rozróżnić po jego kolorze (rys. 3). Kiedy automatycznie rozwiązywanie jest włączone, program wylicza optymalny przebieg rozgrywki (przy końcówkach ośmiokartowych lub większych może zająć trochę czasu). Rezultat można zaobserwować w sekcji historii (2.4) oraz sekcji informacyjnej (2.2).

Aplikacja reaguje na zmiany w stanie rozgrywki tj. po zagraniu karty przez użytkownika automatycznie następuje ponowne przeliczenie przebiegu rozgrywki, z uwzględnieniem wykonanego ruchu, a następnie wyświetlenie rezultatów.



Rysunek 3: Wygląd przycisku kolejno podczas włączonego oraz wyłączonego automatycznego rozwiązywania gry

2.2 Sekcja informacyjna

Sekcja informacyjna składa się z trzech pól:

1. **Atu** - symbol przedstawiający kolor atutowy analizowanej rozgrywki.
2. **N/S** - liczba lew wziętych przez parę N/S w obecnie analizowanej rozgrywce. Podczas gdy automatyczne generowanie rozwiązań jest włączone, w nawiasach zaobserwować można przewidywaną liczbę wziętych lew po zakończeniu rozgrywki w przypadku optymalnej gry obydwu stron (rys. 4).
3. **E/W** - analogicznie jak powyżej, liczba lew wziętych przez parę E/W.

Bridge Sandbox2 v1.7

Atu: ♣

N/S: 0 (3)

E/W: 2 (2)

Cards - +

Next player

Restart game

Change cards order

Toggle solver

Edit game

Solver settings

Probability mode

1	2	3	4	5
E A♠	E 5♠	E A♦	N Q♣	N 10♣
S Q♣	S 4♣	S 10♦	E 6♦	E 6♥
W J♣	W 3♣	W Q♥	S A♥	S 4♦
N K♣	N 2♣	N A♠	W 9♥	W 8♣

Rysunek 4: W obecnej rozgrywce para N/S nie wzięła dotychczas żadnej lewy, natomiast para E/W ugrała dwie. W nawiasach można zaobserwować, że rozgrywka zakończy się rezultatem 3 lew dla pary N/S oraz 2 lewami dla E/W, gdyż gracz N jest jedynym graczem posiadającym kolor atutowy, toteż para N/S weźmie pozostałe lewy.

2.3 Sekcja nawigacyjna

W skład sekcji nawigacyjnej wchodzi następujące przyciski:

1. **Edit game** - przycisk kierujący do panelu edycji (3).
2. **Solver settings** - przycisk kierujący do panelu statystyk i ustawień reneratora rozwiązań (4).
3. **Probability mode** - przycisk kierujący do panelu prawdopodobieństwa (5).

Kliknięcie poszczególnych przycisków lewym przyciskiem myszy prowadzi do odpowiedniego panelu.

2.4 Sekcja historii

Sekcja historii przedstawia zapis uprzednio rozegranych lew. Poszczególne pionowe tabelki odpowiadają rozegranym lewom.

Pierwsza komórka tabelki zawiera numer lewy. Dodatkowo kolor pierwszej komórki odpowiada kolorowi pary, która ugrała lewę (różowy - N/S, fioletowy - E/W). Cztery kolejne rzędy informują o przebiegu rozgrywki. Symbole graczy oraz zagranych przez nich kart uporządkowane są w kolejności w jakiej karty zostały zagrane. Żółta obwódka wskazuje który z graczy ugrał daną lewę (rys. 5a).

Podczas gdy automatyczny generator rozwiązań jest włączony, w sekcji historii dodatkowo wyświetlana jest propozycja optymalnego przebiegu rozgrywki. Aby odróżnić lewy rozegrane od proponowanych, w przypadku lewy rozegranej numer lewy wyświetlany jest w kółku żółtym, natomiast w przypadku lewy proponowanej - w kolorze czarnym (rys. 5b).

1	2	3	4
N 9♣	E 6♠	W 9♦	S 7♣
E Q♣	S 8♠	N 6♦	W K♥
S 10♣	W Q♣	E 10♦	N 5♣
W 8♣	N 4♣	S Q♦	E 2♣

(a) Zapis czterech rozegranych lew. Przykładowo pierwsza kartę w lewie nr 2 zagrał gracz E (6 pik). Następnie S dołożył 8 pik, gracz W damę pik, a gracz N 4 pik. Jak można zauważyć lewę ugrał gracz W (żółta obwódka). Lewy o numerach 1 i 2 zostały ugrane przez parę E/W (kolor fioletowy), natomiast lewy 3 i 4 przez parę N/S (kolor różowy)

1	2	3	4	5
E A♠	E 5♠	E A♦	N Q♣	N 10♣
S Q♣	S 4♣	S 10♦	E 6♦	E 6♥
W J♣	W 3♣	W Q♥	S A♥	S 4♦
N K♣	N 2♣	N A♣	W 9♥	W 8♠

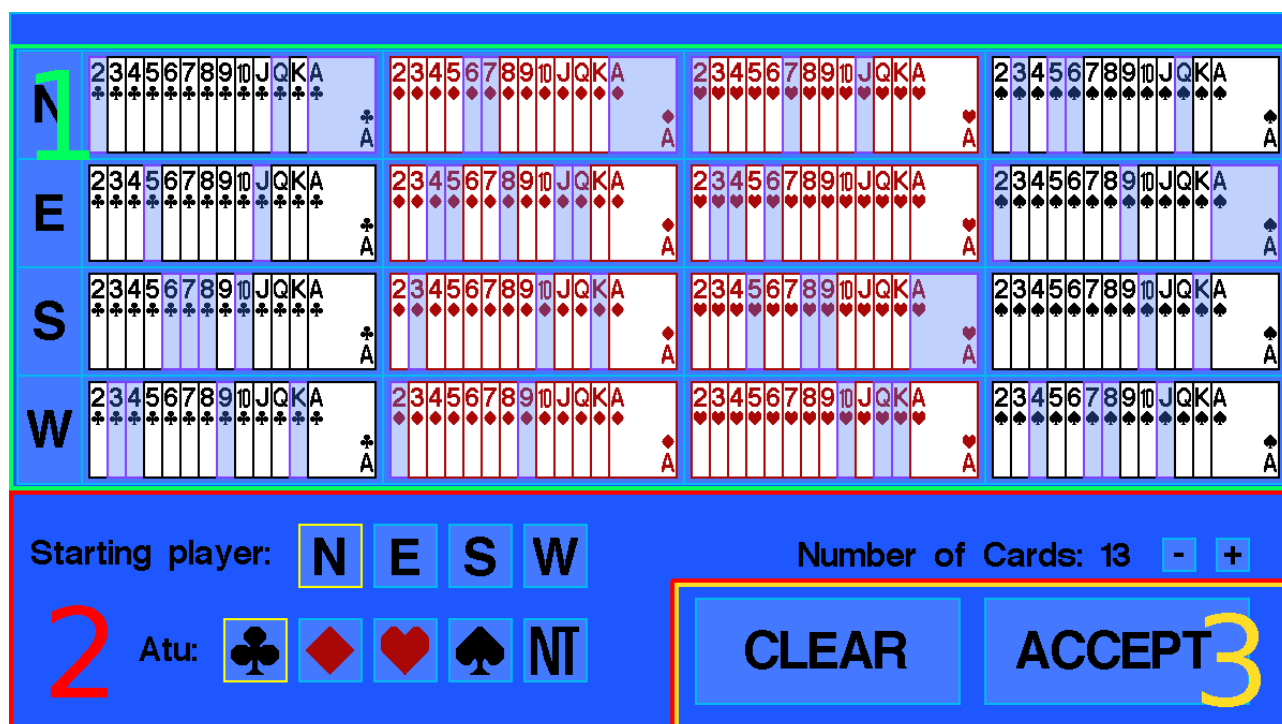
(b) Pierwsze dwie tabelki reprezentują rozegrane lewy (żółte numery lew), natomiast trzy kolejne stanowią propozycję optymalnego dalszego przebiegu rozgrywki (czarne numery lew).

Rysunek 5

3 Panel edycji

Panel edycji pozwala na wprowadzenie dowolnego stanu gry do programu. Składa się z trzech sekcji; sekcji wyboru kart, sekcji konfiguracji szczegółów rozgrywki oraz sekcji przycisków (rys. 6). Po wejściu w panel widoczna jest konfiguracja obecnej rozgrywki.

1. **sekcja wyboru kart** - część interfejsu służąca do wyboru kart poszczególnych graczy.
2. **sekcja konfiguracji szczegółów rozgrywki** - część interfejsu służąca do sprecyzowania parametrów gry.
3. **sekcja przycisków** - część zawierająca przyciski użytkowe i nawigacyjne.



Rysunek 6: 1. sekcja wyboru kart, 2. sekcja konfiguracji szczegółów rozgrywki, 3. sekcja przycisków.

3.1 Sekcja wyboru kart

Sekcja służąca do wyboru kart w całości składa się z jednej tabeli. Każdy z jej rzędów przeznaczony jest do wyboru kart jednego gracza, którego symbol wyświetlany jest w pierwszej kolumnie. Następne komórki w danym rzędzie odpowiadają kartom w danym kolorze.

Aby wybrać daną kartę dla danego gracza należy najechać na nią kursorem, a następnie wcisnąć lewy przycisk myszy. Karty wybrane podświetlane są na niebiesko (rys. 7). W celu usunięcia danej karty z ręki gracza należy ponownie najechać na nią kursorem i kliknąć lewym przyciskiem myszy.

Program posiada zabezpieczenie przed przydzieleniem tej samej karty kilku graczom; jeśli dana karta należy do gracza A, a następnie użytkownik bez uprzedniego odznaczenia karty, spróbuje przydzielić ją graczowi B, to gracz A zostanie automatycznie pozbawiony karty, która zostanie wręczona graczowi B. W teorii dla każdego gracza można przydzielić dowolną liczbę kart, jednakże jeśli rozkład nie będzie spełniał zasad gry, nie zostanie on zaakceptowany przy zatwierdzaniu stanu gry (3.4).



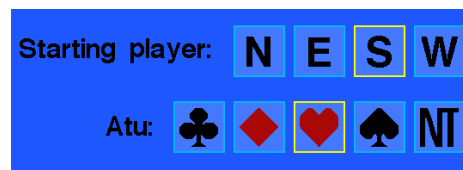
Rysunek 7: W skład trefli gracza N wchodzi kolejno 2, 3, 5, 7 i J.

3.2 Sekcja konfiguracji szczegółów rozgrywki

Panel poza kartami pozwala także skonfigurować parametry takie jak gracz rozpoczynający rozgrywkę, atu oraz liczba kart.

W przypadku atu oraz gracza rozpoczynającego rozgrywkę należy najechać kursorem na symbol interesującego nas koloru / gracza, a następnie kliknąć lewy przycisk myszy. Zaznaczony symbol wyróżnia się żółtą obwódką (rys. 8).

Liczba kart przypadająca na jednego gracza może być skonfigurowana za pomocą przycisków „+” oraz „-” znajdujących się po prawej stronie ekranu. Aby zwiększyć albo zmniejszyć liczbę kart należy nacisnąć odpowiedni przycisk lewym przyciskiem myszy.



Rysunek 8: Wybrany graczem rozpoczynającym rozgrywkę jest gracz S, natomiast kolorem atutowym kier.

3.3 Sekcja przycisków

W skład panelu wchodzi dwa przyciski funkcyjne:

1. **CLEAR** - powodujący wyczyszczenie obecnie ustawionego stanu rozgrywki, odznaczając wszystkie wybrane karty, atu oraz gracza rozpoczynającego rozgrywkę.
2. **ACCEPT** - walidujący poprawność stanu gry (3.4). W przypadku, gdy wprowadzony stan gry jest poprawny następuje inicjalizacja rozgrywki oraz przejście do panelu głównego.

3.4 Walidacja

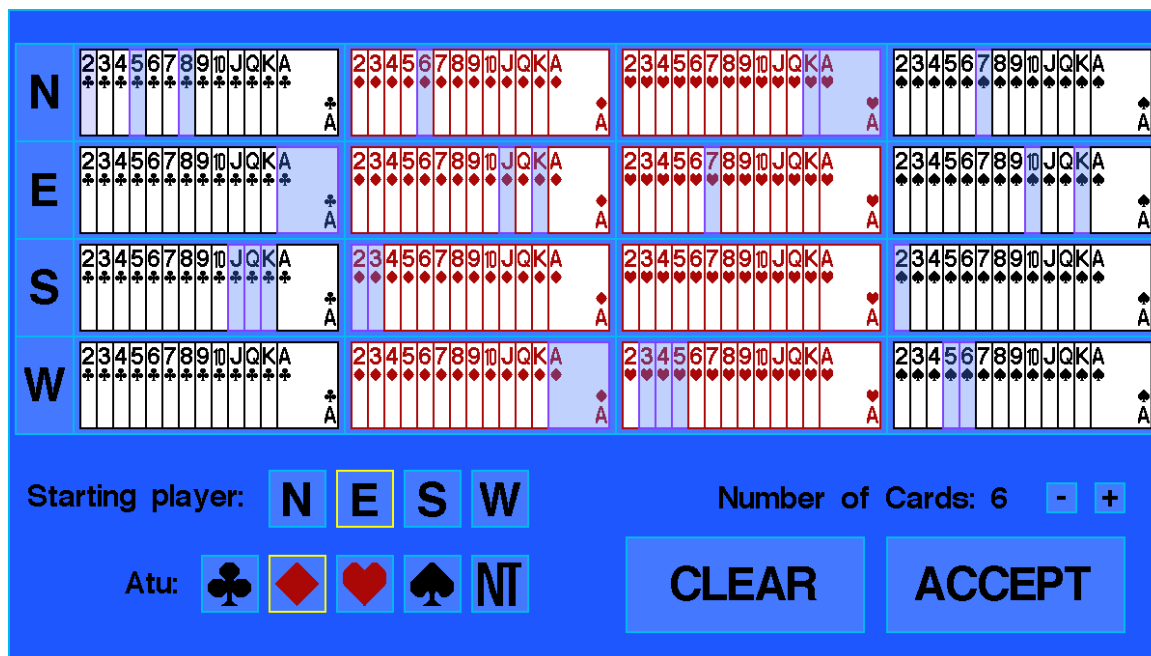
W momencie kliknięcia przycisku „ACCEPT” ustawiony stan gry poddawany jest walidacji jego poprawności. Walidacja składa się z następujących testów:

1. Sprawdzenie czy sprecyzowano kolor atutowy.
2. Sprawdzenie czy sprecyzowano gracza rozpoczynającego rozgrywkę.
3. Sprawdzenie czy każdy z graczy posiada liczbę kart równą wartości liczby wyświetlanej obok napisu „Number of cards”.

Jeśli którykolwiek z kroków walidacji się nie powiedzie, w lewym górnym rogu ekranu wyświetlony zostanie komunikat „Invalid game data!”. W przyszłości planowane jest dodanie szczegółowych komunikatów o rodzaju nieprawidłowości, jednakże w obecnej wersji użytkownik sam musi zidentyfikować miejsce występowania błędu.

3.5 Przykład

W celu lepszego zrozumienia panelu zalecane jest przeanalizowanie przykładu widocznego na poniższym rysunku (rys. 9).



Rysunek 9: Przykładowy stan gry

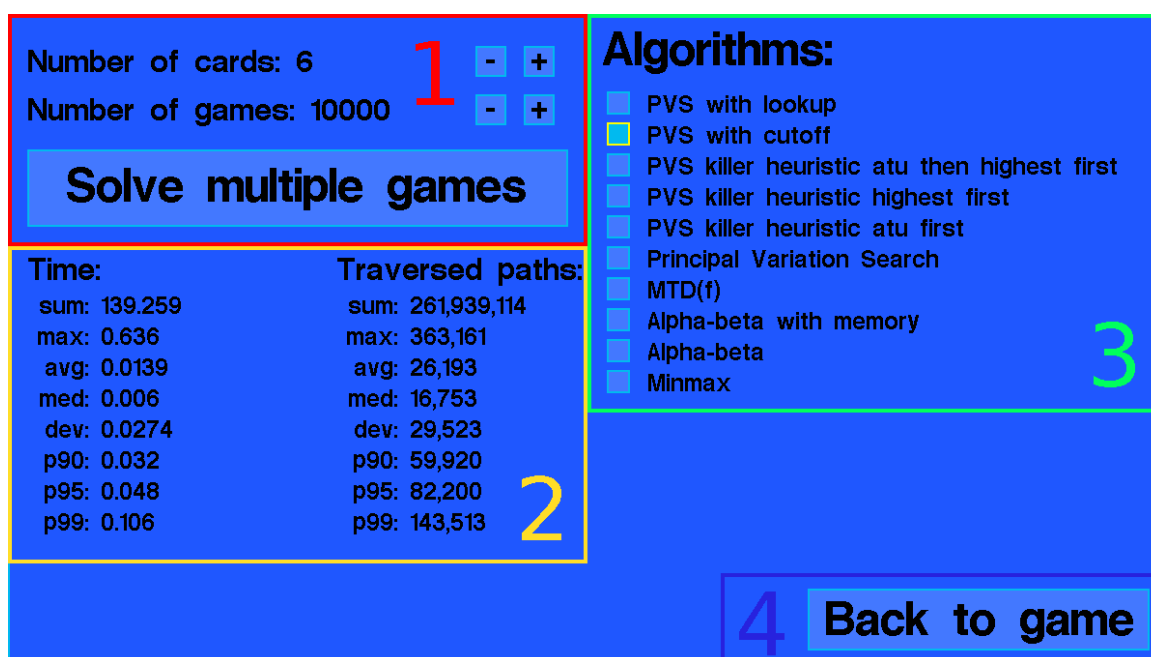
Wyjaśnienie przykładu:

- Jako gracza rozpoczynającego rozgrywkę wybrano gracza **E**.
- Kolorem atutowym zostało **karo**.
- Rozpatrywana gra jest **sześciokartowa**.
- Gracz **N** posiada kolejno 5, 8 trefl, 6 karo, K i A kier oraz 7 pik.
- Gracz **E** posiada A trefl, J i K karo, 7 kier oraz 10 i K pik.
- Gracz **S** posiada J, Q, K trefl, 2, 3 karo oraz 2 pik.
- Gracz **W** posiada A karo, 3, 4, 5 kier oraz 5 i 6 pik.

4 Panel statystyk i ustawień generatora

Panel statystyk i ustawień generatora rozwiązań pozwala na analizę efektywności poszczególnych algorytmów na odpowiednio wygenerowanym zestawie losowych końcówek brydżowych. Składa się z następujących sekcji; sekcji ustawień generatora statystyk, sekcji statystyk, sekcji ustawień generatora rozwiązań oraz sekcji nawigacyjnej (rys. 10).

1. **sekcja ustawień generatora statystyk** - część interfejsu pozwalająca na konfigurację parametrów, na podstawie których generowana jest statystyka.
2. **sekcja statystyk** - część interfejsu, w której wyświetlana jest obliczona statystyka.
3. **sekcja ustawień generatora rozwiązań** - część interfejsu odpowiedzialna za wybór wykorzystywanego algorytmu rozwiązującego końcówki brydżowe.
4. **sekcja nawigacyjna** - sekcja przeznaczona na przycisk „Back to game” pozwalający na powrót do panelu głównego.



Rysunek 10: 1. sekcja ustawień generatora statystyk, 2. sekcja statystyk, 3. sekcja ustawień generatora rozwiązań, 4. sekcja nawigacyjna.

4.1 Sekcja ustawień generatora statystyk

W skład sekcji ustawień generatora statystyk wchodzi następujące elementy:

- „**Number of cards**” oznaczający liczbę kart przypadających na jednego gracza w analizowanych końcówkach. Liczbę można modyfikować za pomocą przycisków „-” oraz „+” znajdujących się po jej prawej stronie. Zaleca się nieprzekraczanie wartości 8, gdyż końcówki dziewięciokartowe i większe mogą wymagać bardzo długiego czasu do analizy.
- „**Number of games**” oznaczający liczbę generowanych końcówek, na podstawie których tworzona jest statystyka (4.2). Analogicznie jak w powyższym elemencie, liczbę gier można konfigurować za pomocą przycisków po jej prawej stronie. Aplikacja pozwala na analizowanie liczby gier z zakresu [1, 1.000.000], gradowanych co czynnik 10.

- „**Solve multiple games**” będący przyciskiem uruchamiającym generowanie statystyk. Generowanie wymaga przeprowadzenia bardzo dużej ilości obliczeń, przez co może zająć dużo czasu. Dla przykładu generowanie statystyki dla 1000 końcówek ośmiokartowych może zająć nawet kilka godzin (Generowanie statystyk końcówek zawierających mniej kart zajmuje wykładniczo mniej czasu; np. dla 1000 końcówek sześciokartowych czas generowania statystyk wynosi jedynie kilkanaście sekund).

4.2 Sekcja statystyk

Sekcja statystyk podzielona jest na dwie podsekcje:

1. **Podsekcja czasu („Time”)** wyświetlająca statystyki odnośnie czasu [s] wykonywania analizowanego algorytmu.
2. **Podsekcja przebytych ścieżek („Traversed paths”)** informująca o statystyce liczby ścieżek w drzewie przeszukiwawczym przebytych przez analizowany algorytm.

Wyświetlany rezultat analizy algorytmu obejmuje następujące wartości:

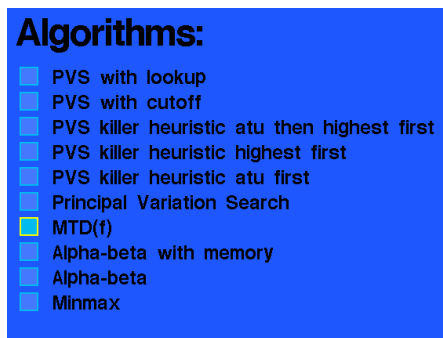
- „**sum**” - sumaryczny czas analizy / liczba ścieżek w całym badanym zestawie rozgrywek.
- „**max**” - maksymalny czas analizy / liczba ścieżek.
- „**avg**” - średni czas analizy / liczba ścieżek.
- „**med**” - mediana czasu analizy / liczby ścieżek.
- „**dev**” - odchylenie standardowe czasu analizy / liczby ścieżek.
- „**p90**” - Kwantyl 90 czasu analizy / liczby ścieżek.
- „**p95**” - Kwantyl 95 czasu analizy / liczby ścieżek.
- „**p99**” - Kwantyl 99 czasu analizy / liczby ścieżek.

4.3 Sekcja ustawień generatora rozwiązań

Sekcja pozwana na wybór algorytmu stosowanego do generowania rozwiązań. Aby wybrać dany algorytm należy najechać kursorem na kwadrat po lewej stronie jego nazwy, a następnie kliknąć lewym przyciskiem myszy. Wybrany algorytm oznaczony jest żółtą obwódką (rys. 11).

Pięć dolnych opcji stanowią różne warianty zaimplementowanych algorytmów przeszukiwawczych. Pierwsze pięć opcji jest różnymi heurystycznymi optymalizacjami algorytmu, który okazał się najefektywniejszy spośród wszystkich pięciu.

Algorytmy ułożono w kolejności od najefektywniejszego, do najmniej efektywnego.



Rysunek 11: Wybrany algorytm jest MTD(f).

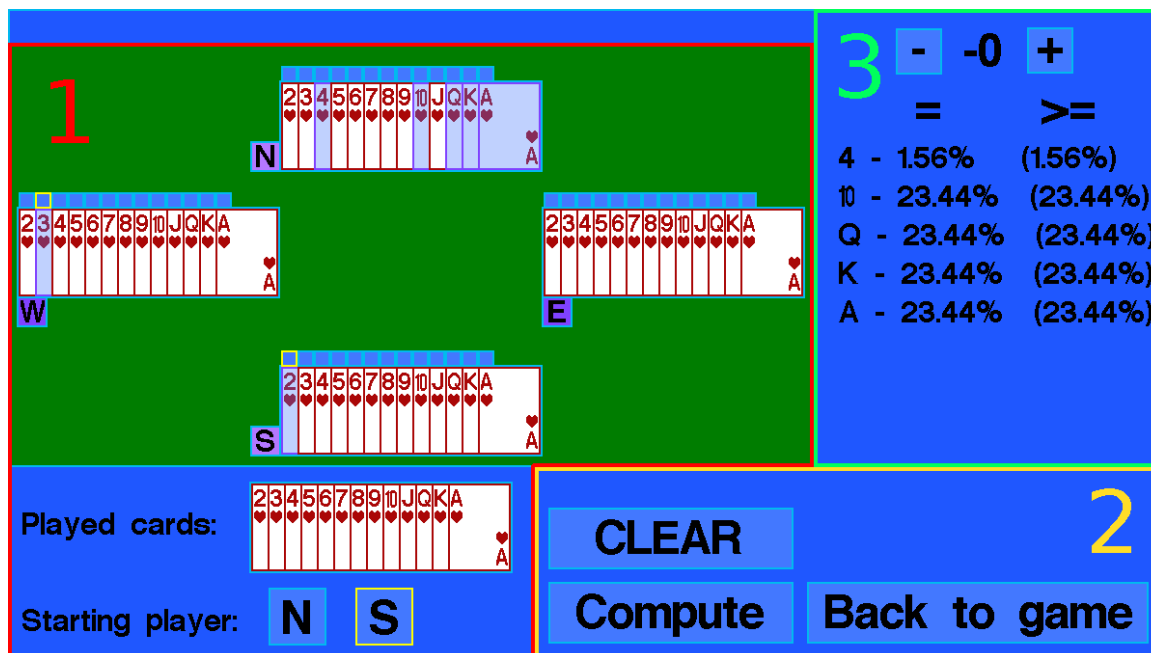
Aplikacja udostępnia następujące algorytmy generujące rozwiązania:

- **Minmax** - podstawowy algorytm przeszukiwawczy typu minmax. Analizuje wszystkie możliwe ścieżki w drzewie przeszukiwawczym, będąc tym samym bardzo nieefektywnym.
- **Alpha-beta** - algorytm przeszukiwawczy typu alpha-beta. Działa na zasadzie ucinania ścieżek w drzewie przeszukiwawczym, które nie mają wpływu na wynik, tym samym redukując ich liczbę.
- **Alpha beta with memory** - wariant algorytmu alpha-beta dodatkowo korzystający z pamięci przechowywanej wyniki dla rozpatrzonych uprzednio stanów gry, pozwalającej na odpowiedź w czasie stałym, jeśli dany stan gry został uprzednio rozwiązany.

- **MTD(f)** - algorytm MTD(f) - wariant algorytmu alpha-beta with memory, dodatkowo implementujący technikę „zero window search” pozwalającą na wykluczanie nieoptymalnych gałęzi drzewa przeszukiwań bez odwiedzania ich algorytmem alpha-beta.
- **Principal variation search (PVS)** - wariant algorytmu alpha-beta implementujący technikę „zero window search” w celu redukcji gałęzi drzewa przeszukiwań. Efektywność algorytmu w znacznym stopniu uzależniona jest od jakości heurystyki stosowanej w celu szeregowania kolejności przeszukiwanych gałęzi.
- **PVS killer heuristic atu first** - wariant algorytmu PVS, stosujący heurystykę polegającą na priorytetowym rozpatrywaniu ruchów z wykorzystaniem koloru atutowego.
- **PVS killer heuristic highest first** - wariant algorytmu PVS, stosujący heurystykę polegającą na szeregowaniu rozpatrywanych ruchów względem wartości danej karty (Od A do 2).
- **PVS killer heuristic atu then highest first** - hybryda powyższych dwóch wariantów porządkująca ruchy względem heurystyki atu first, a następnie (w przypadku kart tego samego koloru) highest first.
- **PVS with cutoff** - wariant algorytmu PVS oparty o powyższą heurystykę, dodatkowo wykorzystujący fakt, że liczba możliwych wyników (rozkładu wziętych lew pomiędzy obie pary) jest bardzo ograniczona (14 możliwości), w celu wczesnego ucinania nieoptymalnych gałęzi drzewa przeszukiwań.
- **PVS with lookup** - algorytm PVS with cutoff dodatkowo rozszerzony o preprocessing tablicujący rozwiązania wszystkich możliwych konfiguracji pojedynczej lewy oraz validacji poprawności stanu gry, pozwalający na późniejszą redukcję obliczeń wykonywanych przez program. Szczególnie efektywne w przypadku analizowania bardzo dużej liczby gier.

5 Panel prawdopodobieństwa

Panel prawdopodobieństwa umożliwia obliczanie prawdopodobieństwa danego wyniku rozgrywki jednokolorowej w zależności od zagranej karty. Zakłada się, że wiedza o stanie rąk graczy N oraz S jest zawsze zupełna, natomiast wiedza o stanie rąk graczy E oraz W jest niekompletna, a karty które nie zostaną zdefiniowane w sekcji konfiguracji rozgrywki są losowo rozdyskrebowane pomiędzy parę E/W. Panel składa się z trzech sekcji; sekcji konfiguracji rozgrywki, sekcji przycisków oraz sekcji wyników (rys. 12).



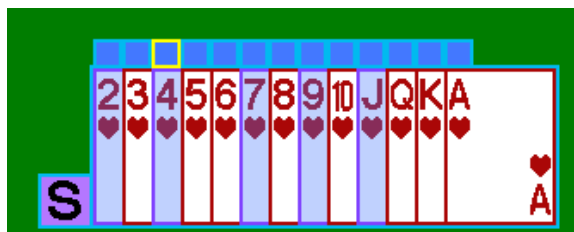
Rysunek 12: 1. sekcja konfiguracji rozgrywki, 2. sekcja przycisków, 3. sekcja wyników.

5.1 Sekcja konfiguracji rozgrywki

Sekcja konfiguracji rozgrywki pozwala na wprowadzenie rozgrywki do analizy. Składa się ze stołu, w którego skład wchodzi ręce poszczególnych graczy, dodatkowego zestawu kart pozwalającego na zaznaczenie kart zagranych w uprzednich lewach oraz przycisków do wyboru rozpoczynającego gracza.

5.1.1 Stół

Stół składa się z czterech rąk wypełnionych kartami od 2 do A. Pozwalają one na zaznaczenie które karty posiada dany gracz. Zaznaczanie kart działa w pełni analogicznie jak w przypadku kart z panelu edycji rozgrywki (3.1). Ponadto podobnie jak w sekcji wyboru kart z panelu edycji rozgrywki, niemożliwe jest podwójne wybranie karty. Dodatkowo ponad kartami widoczne są małe kwadraty, które można zaznaczać oraz odznaczać poprzez najechanie kursorem, a następnie naciśnięcie lewego przycisku myszy. Zaznaczony kwadrat oznacza, że dana karta została zagrana przez danego gracza w aktualnej lewie (została wyłożona na środek stołu) (rys. 13). Umożliwia to obliczanie prawdopodobieństw dla dowolnego momentu rozgrywki, w którym inicjatywę ma para którykolwiek z graczy pary N/S.



Rysunek 13: Gracz S posiada karty 2, 4, 7, 9 i J, z czego karta 4 została zagrana w obecnej lewie.

5.1.2 Zagrane karty

Poniżej stołu po prawej stronie napisu „Played cards” znajduje się dodatkowy zestaw kart działający analogicznie jak zestawy wchodzące w skład stołu. Zestaw kart służy do rejestrowania kart, które zostały uprzednio rozegrane w danej rozgrywce i nie mogą wchodzić w skład żadnej z rąk.

5.1.3 Gracz rozpoczynający rozgrywkę

Jako że analiza dokonywana jest na kartach jednego z graczy pary N/S, są to jedyni gracze, od których można rozpocząć analizowaną lewę. Aby sprecyzować gracza, należy najechać na przycisk z jego symbolem, a następnie nacisnąć lewy przycisk myszy. Obecnie wybrany gracz wyróżnia się żółtą obwódką wokół przycisku z jego symbolem.

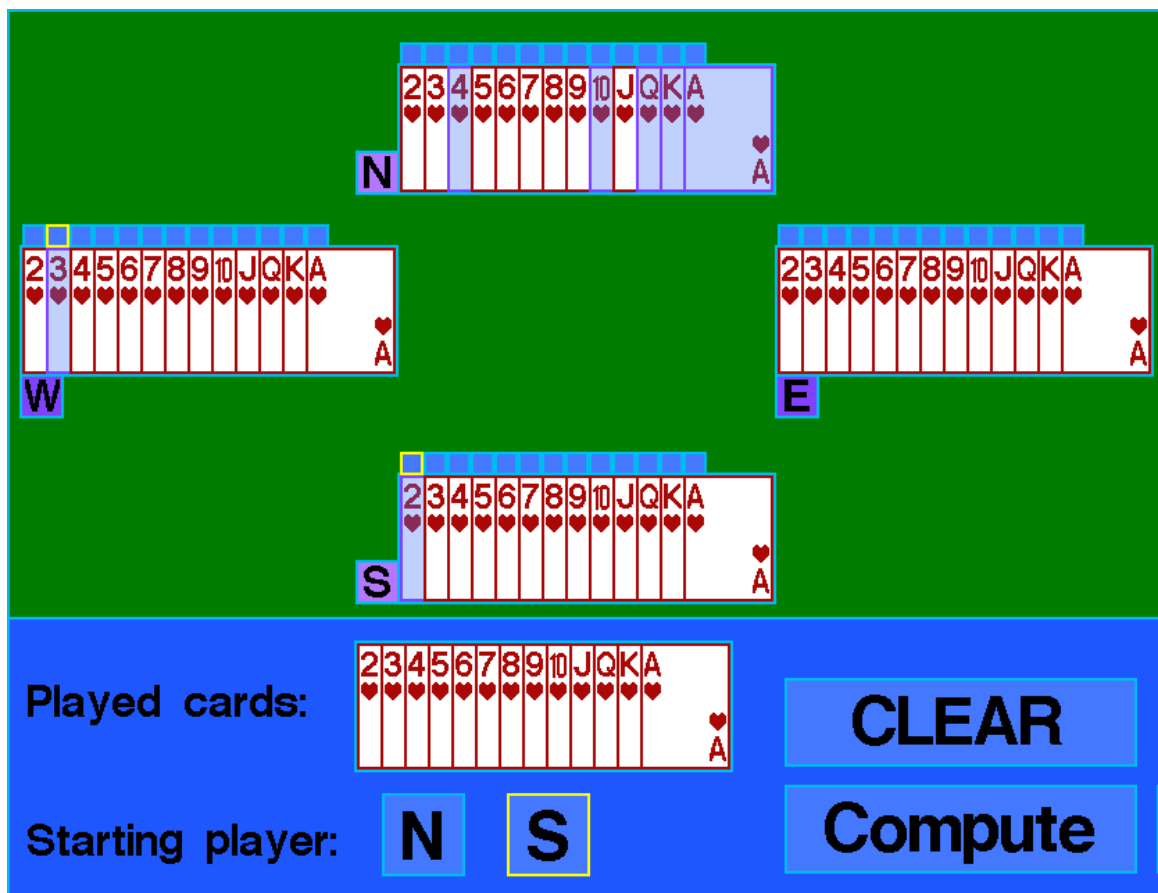
5.1.4 Walidacja poprawności stanu rozgrywki

Zanim aplikacja przystąpi do obliczania prawdopodobieństw, w pierwszej kolejności następuje walidacja poprawności stanu rozgrywki. Walidacja składa się z następujących kroków:

1. Sprawdzenie czy gracz rozpoczynający daną lewę został sprecyzowany.
2. Sprawdzenie czy gracz rozpoczynający daną lewę posiada jakąkolwiek zdefiniowaną kartę (zagrana bądź nie).
3. Sprawdzenie czy karty zdefiniowane jako zagrane w danej lewie zostały zdefiniowane jako karty należące do poszczególnych graczy.
4. Sprawdzenie czy ruch należy obecnie do właściwego gracza tj. na ruchu jest gracz N albo S oraz karty zagrane w obecnej lewie wprowadzone zostały poprawnie (np. nie występuje sytuacja, w której karty położyli gracze E oraz W, podczas gdy gracz S nie zagrał nic).

Dokładniejsze wyjaśnienie procesu walidacji w praktyce zapisane jest w kolejnej podsekcji (5.1.5).

5.1.5 Przykład



Rysunek 14: Przykładowy poprawny stan gry wprowadzony do programu.

Wyjaśnienie przykładu:

- Jako gracza rozpoczynającego daną lewę wybrano gracza **S**.
- Gracz **S** posiada kartę 2, która została zagrana w danej lewie.
- Gracz **W** posiada zdefiniowaną kartę 3, która także została zagrana w danej lewie.
- Gracz **N** posiada karty 4, 10, Q, K, A.
- Gracz **E** nie posiada żadnych zdefiniowanych kart.
- Żadna karta z rozgrywanego koloru nie została uprzednio zagrana (w „Played cards” nie wybrano żadnej karty).
- Jako że gracze **S** oraz **W** położyli karty (kolejno 2 i 3), to następnym w kolei graczem, a jednocześnie graczem, którego karty będą rozpatrywane podczas obliczania prawdopodobieństw jest gracz **N**.
- Jako że z założenia wiedza o zawartości rąk pary przeciwnej (**E/W**) jest niekompletna, karty niezdefiniowane (tj. 5, 6, 7, 8, 9, J) są losowo rozdyskrebowane pomiędzy graczy **W** oraz **E**.
- Stan gry jest poprawny, gdyż gracz rozpoczynający jest zdefiniowany (5.1.4.1), gracz rozpoczynający (**S**) posiada zdefiniowaną co najmniej jedną kartę - kartę 2 (5.1.4.2), karty zagrane w danej lewie - 2 oraz 3 są jednocześnie kartami zdefiniowanymi (wybranymi) na rękach kolejno graczy **S** oraz **W** (5.1.4.3), gracz rozpoczynający **S** zagrał kartę (2), następnie kolejny gracz **W** także zagrał kartę (3), następny gracz w kolei, czyli **N** nie zagrał jeszcze żadnej karty, podobnie jak gracz **E** (5.1.4.4).

5.2 Sekcja przycisków

W skład sekcji wchodzi następujące przyciski:

- **„Clear”** - przycisk czyszczący ustawiony stan rozgrywki, odznaczając wszystkie wybrane karty oraz pola wyboru.
- **„Compute”** - przycisk rozpoczynający proces obliczania prawdopodobieństw po uprzedniej walidacji poprawności stanu gry (5.1.4). Przed użyciem zaleca się wprowadzenie co najmniej 7 kart, gdyż w przeciwnym wypadku czas obliczeń może znacznie się wydłużyć. W przypadku niepowodzenia walidacji w lewym górnym rogu okna ukaże się napis „Invalid game data” sygnalizujący o błędzie we wprowadzonej rozgrywce.
- **„Back to game”** - przycisk nawigacyjny powracający do panelu głównego.

5.3 Sekcja wyników

Sekcja wyników prezentuje obliczone wartości prawdopodobieństw. Składa się z przycisków do dostosowywania widoku oraz samych rezultatów.

5.3.1 Przyciski dostosowujące widok

Liczba „-X” znajdująca się na górze sekcji symbolizuje liczbę nieugranych lew (dla przykładu „-2” oznacza, że zamieszczone poniżej prawdopodobieństwa dotyczą rezultatów gier, w których para N/S oddała dwie lewy). Liczbę tą, a co za tym idzie wynikowe prawdopodobieństwa zamieszczone niżej można dostosowywać za pomocą przycisków „-” oraz „+”, których użycie powoduje kolejno zmniejszenie albo zwiększenie liczby oddanych lew.

5.3.2 Wynikowe prawdopodobieństwa

Prawdopodobieństwa przedstawione są w postaci procentowej. Każda linia opisuje prawdopodobieństwo osiągnięcia danego rezultatu pod warunkiem zagrania określonej karty.

Pierwszą część każdej linii stanowi symbol dotyczącej jej karty. Pierwsza liczba (znajdująca się w kolumnie pod symbolem „=”) informuje o prawdopodobieństwie osiągnięcia dokładnie danego rezultatu (oddania dokładnie tylu lew, o ilu informuje liczba na górze sekcji). Druga liczba (znajdująca się w kolumnie pod symbolem „>=”) informuje o osiągnięciu co najmniej danego rezultatu (oddania maksymalnie tylu lew o ilu informuje liczba na górze sekcji).

5.3.3 Przykład

Przykład wynikowych prawdopodobieństw dla stanu gry z przykładu 5.1.5:

	-	-0	+
	=		>=
4	- 156%		156%
10	- 23.44%		23.44%
Q	- 23.44%		23.44%
K	- 23.44%		23.44%
A	- 23.44%		23.44%

(a) Prawdopodobieństwa dla nieoddania żadnej lewy pod warunkiem zagrania danej karty.

	-	-1	+
	=		>=
4	- 98.44%		100.0%
10	- 57.81%		81.25%
Q	- 76.56%		100.0%
K	- 76.56%		100.0%
A	- 76.56%		100.0%

(b) Prawdopodobieństwa dla oddania dokładnie jednej / maksymalnie jednej lewy pod warunkiem zagrania danej karty.

	-	-2	+
	=		>=
4	- 0.0%		100.0%
10	- 18.75%		100.0%
Q	- 0.0%		100.0%
K	- 0.0%		100.0%
A	- 0.0%		100.0%

(c) Prawdopodobieństwa dla oddania dokładnie dwóch / maksymalnie dwóch lew pod warunkiem zagrania danej karty.

Rysunek 15