

Specyfikacja funkcjonalna projektu 2

Sebastian Pietrykowski, Paweł Borkowski
Grupa projektowa nr 3

27 kwietnia 2022

1 Cel projektu

Program tworzony w ramach projektu 2. znajduje najkrótszą możliwą ścieżkę pomiędzy dwoma wybranymi wierzchołkami oraz sprawdza, czy graf jest spójny. Potrafi on generować grafy o zadanej liczbie kolumn, wierszy oraz zakresie wartości, z którego będzie losowana waga krawędzi, podawanych przez użytkownika. Program dodatkowo wyposażony jest w możliwość zapisu wygenerowanego grafu do pliku oraz odczytu grafu z takiego pliku. W programie wykorzystywane są dwa algorytmy:

- algorytm Dijkstry – algorytm dzięki, któremu wyszukiwana jest najkrótsza ścieżka,
- algorytm BFS – algorytm umożliwiający sprawdzenie czy graf jest spójny.

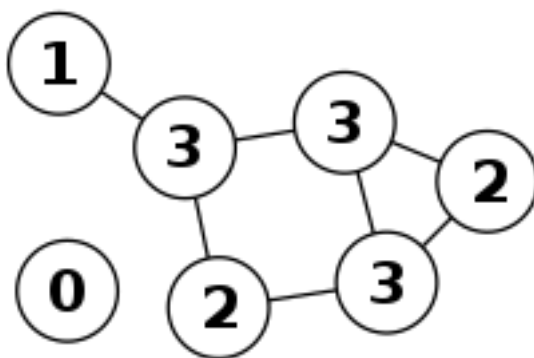
2 Teoria

Graf

Matematyczna struktura, oznaczana: $G = (V, E)$ składająca się z niepustego, skończonego zbioru wierzchołków V oraz zbioru połączeń między nimi, zwanymi krawędziami E .

Graf spójny i niespójny

Graf nazywamy spójnym jeśli istnieje droga pomiędzy każdym wierzchołkiem grafu. Jeśli w danym grafie dwa punkty nie są ze sobą połączone, to taki graf nazywamy niespójnym.



Rys.1 Przykładowy graf niespójny

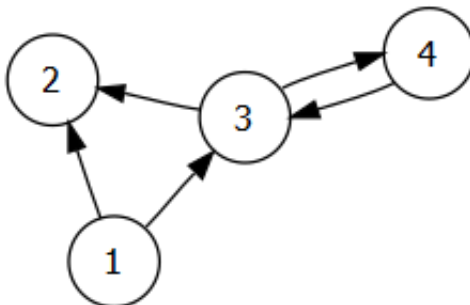
Graf skierowany

Rodzaj grafu definiowany jako uporządkowana para zbiorów. Pierwszy zbiór zawiera wierzchołki grafu, a drugi krawędzie będące uporządkowaną parą wierzchołków. Ruch po takim grafie jest możliwy tylko w kierunkach wskazanych przez krawędzie – od pierwszego wierzchołka do drugiego.

Matematyczna definicja: $G = (V, A)$

Gdzie:

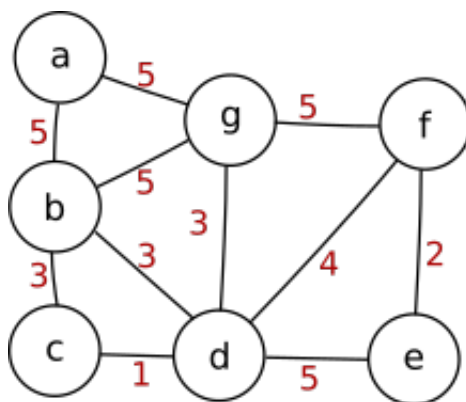
1. V – zbiór wierzchołków
2. A – uporządkowany zbiór par nazywanych krawędziami skierowanymi, będący podzbiorem $V \times V$
3. $e = (a, b)$ – krawędź skierowana z wierzchołka a do b



Rys.2 Przykładowy graf skierowany

Graf z wagami

Modyfikacja grafu polegająca na przypisaniu krawędziom lub wierzchołkom etykiet, przechowujących dodatkowe informacje. Etykiety liczbowe są często nazywane wagami, a graf – grafem z wagami.



Rys.3 Przykładowy graf z wagami

W programie wykorzystywany jest graf skierowany z wagami przyporządkowanymi krawędziom.

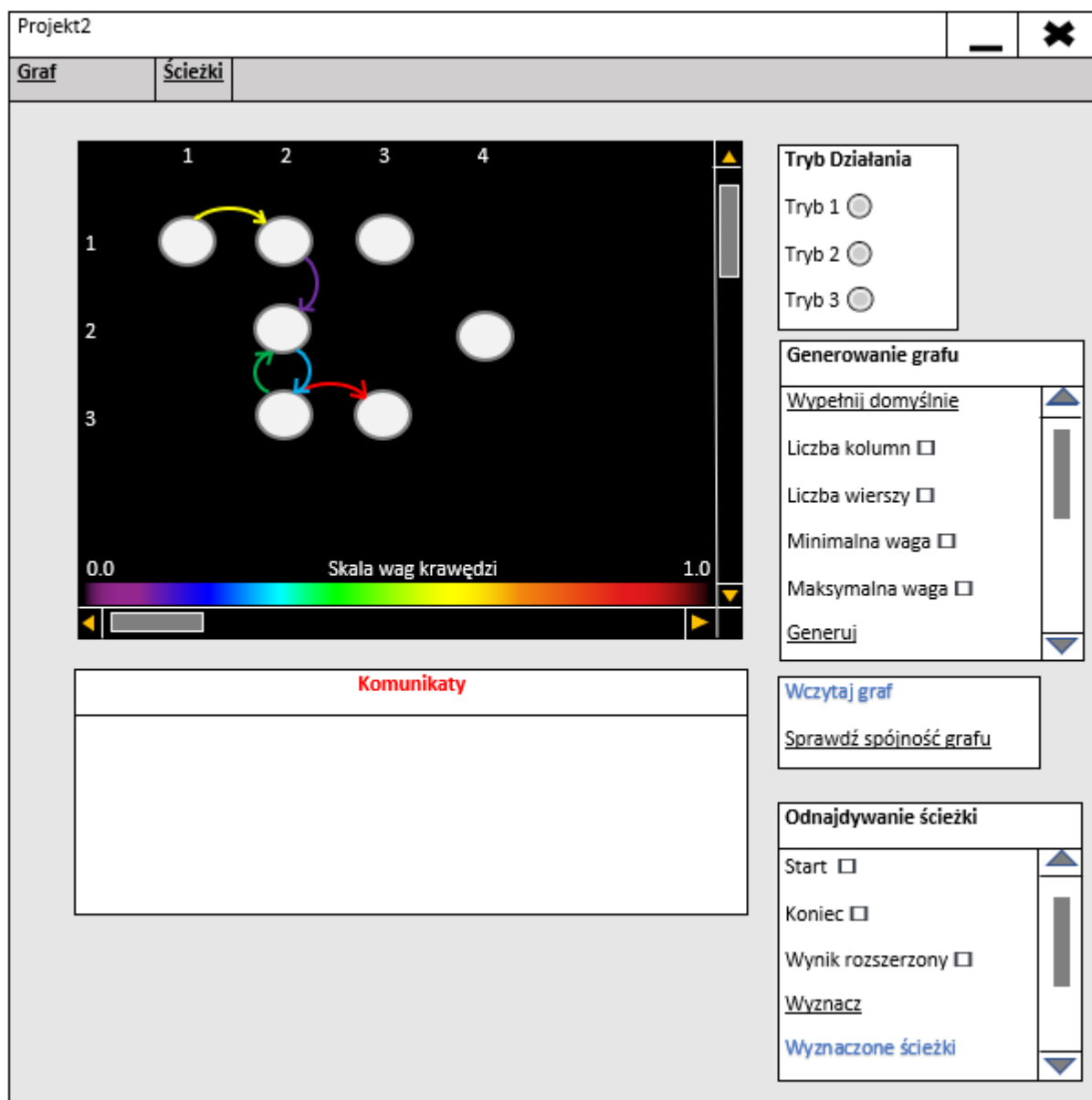
3 Opis funkcji udostępnianych przez program

Program udostępnia następujące funkcje:

- generowanie grafu o dowolnych wymiarach oraz o dowolnym zakresie wag,
- wczytywanie grafu z pliku,
- odnajdywanie najkrótszej możliwej ścieżki pomiędzy dwoma dowolnymi wierzchołkami grafu,
- możliwość zobaczenia wyznaczonych ścieżek,
- sprawdzenie spójności grafu,
- zapis grafu do pliku.

4 Sposób sterowania programem

Program obsługiwany jest przez graficzny interfejs użytkownika.



Rys.4 Widok głównego okna programu

Lewą stronę ekranu zajmuje podgląd na rozpatrywany graf wraz z wyznaczonymi ścieżkami, obsługujący możliwość przewijania pionowo i poziomo.


Po prawej stronie ekranu znajduje się menu sterowania programem:

- na górze znajduje się zakładka **Tryb działania** sterująca trybem działania programu, zawierająca grupę przełączników radiowych (radio buttons), z których należy zaznaczyć interesujący nas tryb generowania grafu, domyślnie tryb 3;
- niżej znajduje się zakładka **Generowanie grafu** sterująca generowaniem grafu, zawierająca:

- pola tekstowe: Kolumny, Wiersze, Minimalna waga, Maksymalna waga, gdzie należy wpisać odpowiednie wartości,
- przycisk Wypełnij domyślnie, po którego kliknięciu pola w zakładce przyjmują domyślne wartości: kolumny=5, wiersze=5, minimalna waga=0, maksymalna waga=1,
- przycisk Generuj, po którego wciśnięciu generowany jest graf z danymi parametrami: liczba kolumn, liczba wierszy, minimalna waga krawędzi, maksymalna waga krawędzi, tryb działania programu;
- niżej znajduje się zakładka ogólnego przeznaczenia, zawierająca:
 - przycisk Wczytaj graf, który przenosi użytkownika do menu wybierania pliku ze struktury katalogów,
 - przycisk Sprawdź spójność grafu, która sprawdza spójność grafu;

Wyznaczone ścieżki					✕
Etykieta	Start	Koniec	Widoczność	Widoczność wag	Usuń
S1	2	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
S2	6	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
S3	7	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Rys.5 Widok okna wyznaczonych ścieżek

Usuwanie ścieżek		✕
	<p>Czy na pewno chcesz usunąć trwale usunąć wybrane ścieżki?</p> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px;"> <div style="background-color: black; color: white; padding: 5px 15px; border: 1px solid black;">Tak</div> <div style="background-color: black; color: white; padding: 5px 15px; border: 1px solid black;">Nie</div> </div>	

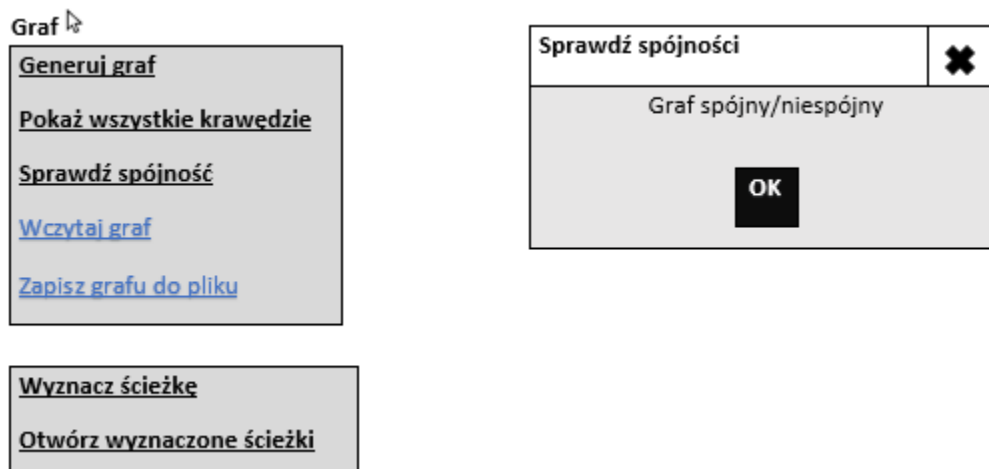
Rys.6 Widok okna zatwierdzenia usunięcia ścieżek

Na dole znajduje się zakładka Ścieżki sterująca wyznaczaniem najkrótszych ścieżek między dwoma wybranymi wierzchołkami, zawierająca:

- pola tekstowe: Start, Koniec, gdzie należy wpisać odpowiednie wartości, odpowiadające numerom wierzchołków, gdzie ma się zaczynać i kończyć ścieżka. Jeżeli zostanie wpisany tylko jeden wierzchołek, drugi przyjmuje domyślną wartość: start = 0, koniec = kolumny*rzędy-1,
- przycisk Wyznacz, po wciśnięciu którego zostaje wyznaczona ścieżka. Domyślnie zaznaczana jest waga krawędzi na graficznym przedstawieniu grafu,
- przycisk Wyznaczone ścieżki, który przenosi użytkownika do osobnego okna, zawierającego listę dotychczas wyznaczonych ścieżek, dla których istnieją:
 - pole wyboru (checkbox) Widoczność sterujące widocznością ścieżki na podglądzie,
 - etykieta Nazwa informująca o numerze porządkowym ścieżki,
 - pole wyboru (checkbox) Widoczność wag sterujący widocznością wag między wierzchołkami ścieżki,

- pole wyboru (checkbox) zaznaczające do usunięcia.

Na górze okna znajduje się przycisk **Usuń**, usuwający zaznaczone do usunięcia ścieżki z programu. Po kliknięciu w przycisk **Usuń**, otwiera się nowe okno wymagające potwierdzenia chęci usunięcia ścieżek.

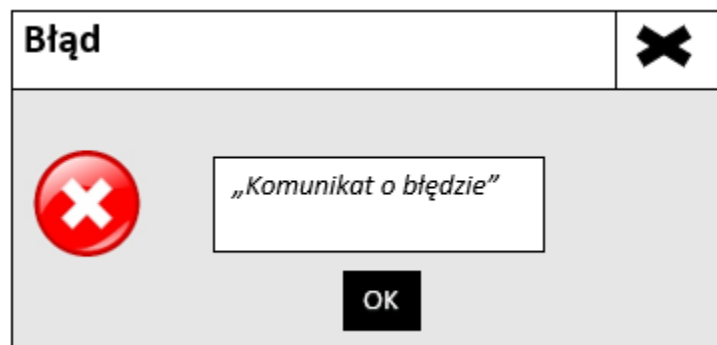


Rys.7 Widok opcji z paska narzędzi

Na górze ekranu znajduje się pasek narzędzi, zawierający opcje:

- Graf
 - Generuj graf będące równoważne z przyciskiem **Generuj** w zakładce **Generowanie grafu**, wartości zostaną pobrane z pól tekstowych, w przypadku braku ich uzupełnienia zostaną wykorzystane wartości domyślne;
 - Pokaż wszystkie krawędzie pokazuje widok grafu z wszystkimi krawędziami;
 - Sprawdź spójność grafu sprawdza spójność rozpatrywanego grafu;
 - Wczytaj graf będące równoważne z przyciskiem **Otwórz** w zakładce **Wczytywanie grafu**;
 - Zapisz graf do pliku zapisuje graf do pliku tekstowego.
- Ścieżki
 - Wyznacz ścieżkę będące równoważne z przyciskiem **Wyznacz** w zakładce **Ścieżki**;
 - Otwórz wyznaczone ścieżki będące równoważne z przyciskiem **Wyznaczone ścieżki** w zakładce **Ścieżki**.

Na dole ekranu znajduje się zakładka **Komunikaty**, gdzie wypisywane są komunikaty informujące o działaniach programu.



Rys.8 Widok okna z komunikatem o błędzie

W przypadku wystąpienia błędu uniemożliwiającego działanie programu, wyskakuje okno z informacją o błędzie. Po naciśnięciu przycisku OK program wraca do stanu po nowym uruchomieniu.

Tryby działania programu:

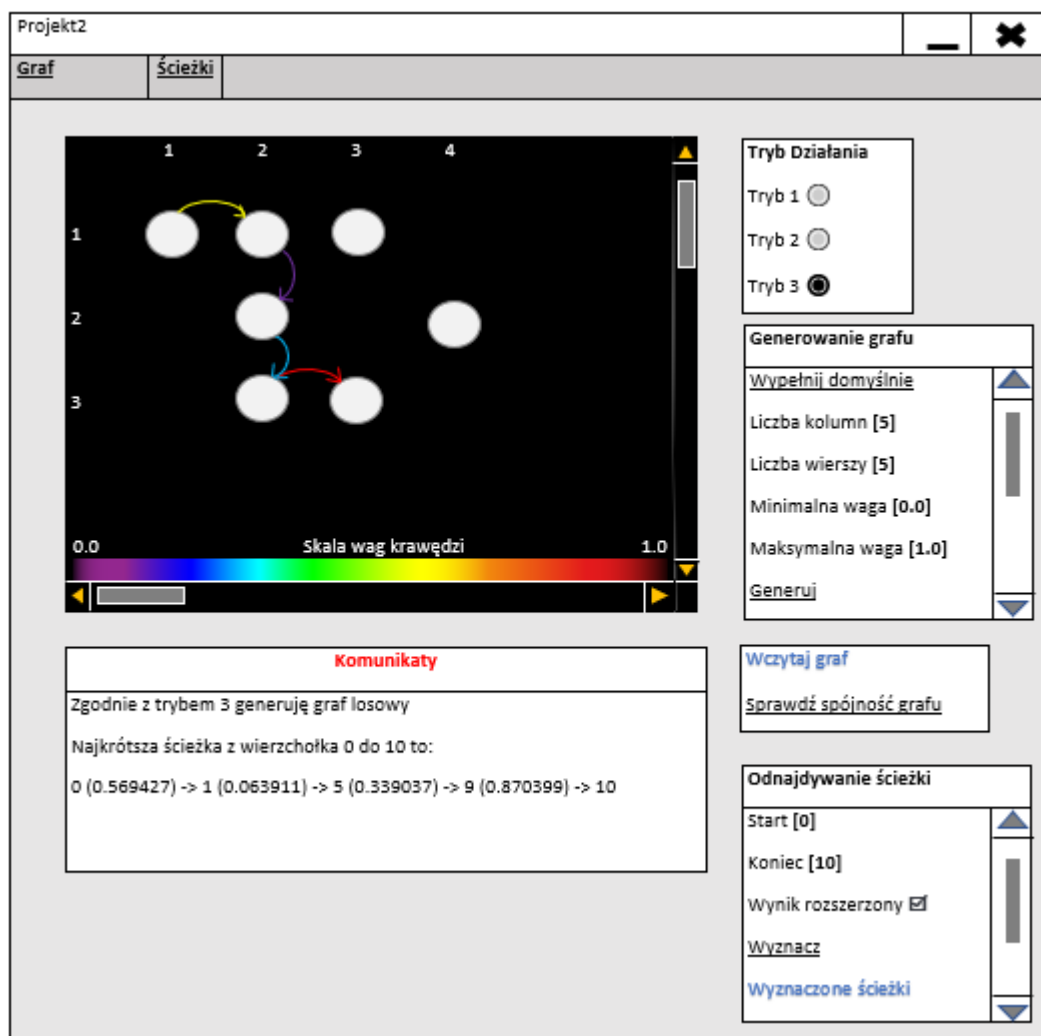
1. W przypadku generowania grafu: program generuje graf z wszystkimi możliwymi krawędziami (pomiędzy punktami sąsiadującymi poziomo lub pionowo) oraz z losowymi wagami. W przypadku czytania grafu: jeżeli graf nie posiada wszystkich możliwych krawędzi (pomiędzy punktami sąsiadującymi poziomo lub pionowo), program kończy działanie;
2. W przypadku generowania grafu: program generuje graf spójny z losowymi wagami. W przypadku czytania grafu: jeżeli graf jest niespójny, program kończy działanie;
3. W przypadku generowania grafu: program generuje graf z losowo występującymi krawędziami (spójny lub niespójny) oraz losowymi wagami. W przypadku czytania grafu: nie wpływa na działanie programu;

Domyślnie tryb 3.

Najkrótszą możliwą ścieżkę między dwoma wierzchołkami można również wyznaczyć poprzez kliknięcie na podglądzie najpierw wierzchołka początkowego, a następnie końcowego. Cofanie kliknięcia odbywa się przez wciśnięcie skrótu klawiszowego Ctrl+Z.

Przykładowe uruchomienia:

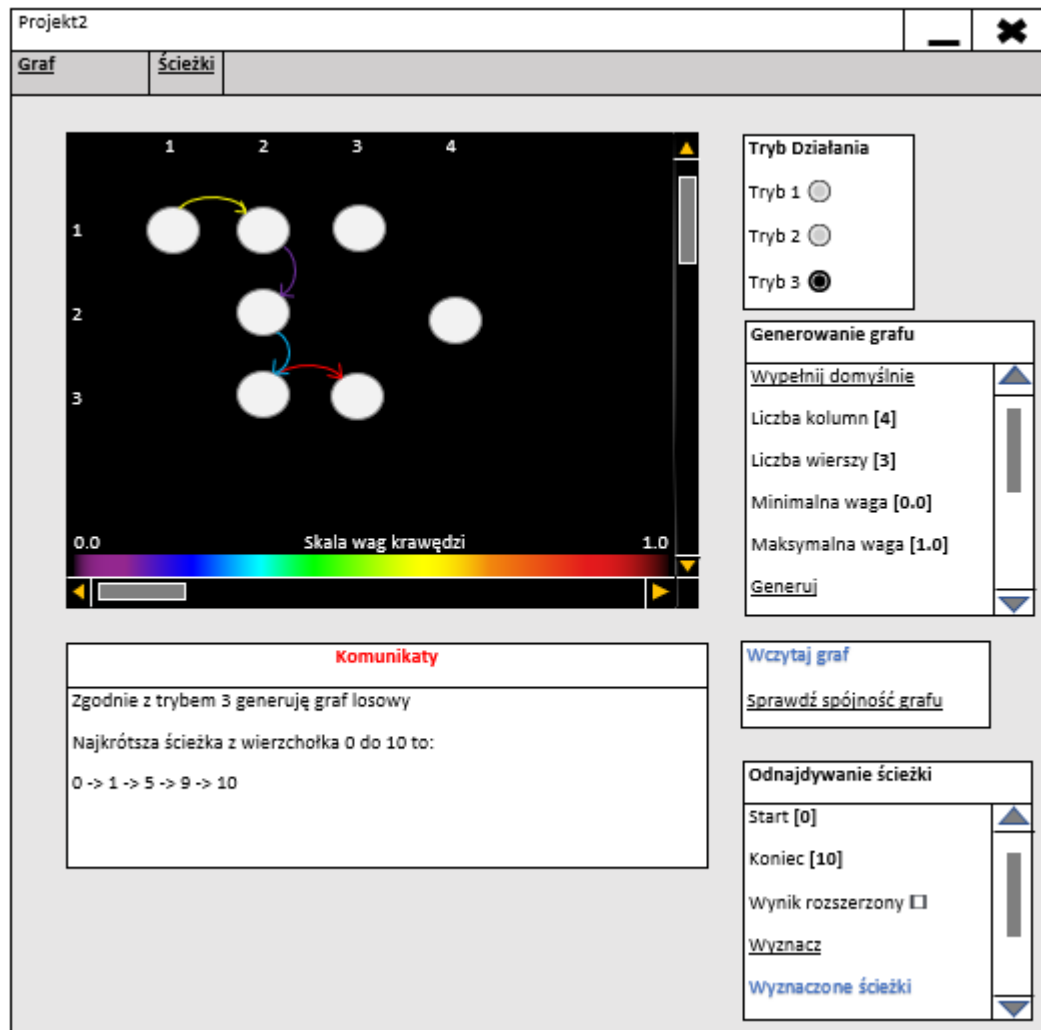
1.
 - Użytkownik klika przycisk Wyznacz w zakładce Odnajdywanie ścieżki przed wczytaniem lub generowaniem grafu.
 - Otrzymuje komunikat o błędzie w nowym oknie. Po kliknięciu OK przez użytkownika program wraca do stanu po nowym uruchomieniu.
2.
 - Użytkownik w zakładce Generowanie grafu klika na przycisk Wypełnij domyślnie, wybiera tryb w zakładce Tryb działania i klika na Generuj w zakładce Generowanie grafu.
 - Na podglądzie zostaje wyświetlony graf wygenerowany zgodnie z wybranym trybem, o parametrach określonych wartościami domyślnymi (Liczba kolumn = 5, Liczba wierszy = 5, Minimalna waga = 0, Maksymalna waga = 1), czyli o 5 kolumnach i wierszach oraz wagach z zakresu (0,1). W zakładce Komunikaty wyświetlana jest wiadomość: Zgodnie z trybem ... wygenerowano graf
 - Użytkownik wypełnia pola tekstowe wartościami Start = 0 i Koniec = 10. Zaznacza pole wyboru (CheckBox) Wynik rozszerzony. Klika na przycisk Wyznacz w zakładce Odnajdywanie ścieżki.
 - Na podglądzie grafu zostaje wyświetlona najkrótsza ścieżka z wierzchołka nr 0 do wierzchołka nr 10. W zakładce Komunikaty wyświetlana jest wiadomość: Najkrótsza ścieżka z wierzchołka 0 do 10 to: 0 (0.569) -> 1 (0.63) -> 5 (0.33) -> 9 (0.87) -> 10.



Rys.9 Widok okna w przypadku uruchomienia z wartościami domyślnymi

3.
 - Użytkownik wybiera tryb odpowiedni tryb w zakładce Tryb działania, klika na Wczytaj graf, wybiera odpowiedni plik.
 - Jeżeli plik jest poprawny i wczytany graf jest zgodny z wybranym trybem, zostanie on wyświetlony na podglądzie. W zakładce Komunikaty zostanie wyświetlona wiadomość Poprawnie wczytano graf z pliku, jest on zgodny z trybem ... ,
 - jeżeli plik jest poprawny, ale wczytany graf jest niezgodny z wybranym trybem działania, użytkownik otrzymuje wiadomość w zakładce Komunikaty: Poprawnie wczytano graf z pliku, jest on niezgodny z trybem ... ,
 - jeżeli plik jest niepoprawny, użytkownik otrzymuje wiadomość w zakładce Komunikaty: Próba wczytania grafu z pliku nie powiodła się: niepoprawny plik. .
4.
 - Użytkownik wypełnia pola tekstowe odpowiednio wartościami: Liczba kolumn = 4, Liczba wierszy = 3, Minimalna waga = 0.0, Maksymalna waga = 1.0, wybiera tryb 3. w zakładce Tryb działania i klika na Generuj w zakładce Generowanie grafu.
 - Na podglądzie zostaje wyświetlony graf wygenerowany zgodnie z trybem 3., czyli losowy. W zakładce Komunikaty wyświetlana jest wiadomość Zgodnie z trybem 3 wygenerowano graf losowy.
 - Użytkownik wypełnia pola tekstowe wartościami Start = 0 i Koniec = 10. Odznacza pole wyboru (CheckBox) Wynik rozszerzony. Klika na przycisk Wyznacz w zakładce Odnajdywanie ścieżki.

- Na podglądzie grafu zostaje wyświetlona najkrótsza ścieżka z wierzchołka nr 0 do wierzchołka nr 10. W zakładce Komunikaty wyświetlana jest wiadomość: Najkrótsza ścieżka z wierzchołka 0 do 10 to: 0 -> 1 -> 5 -> 9 -> 10.

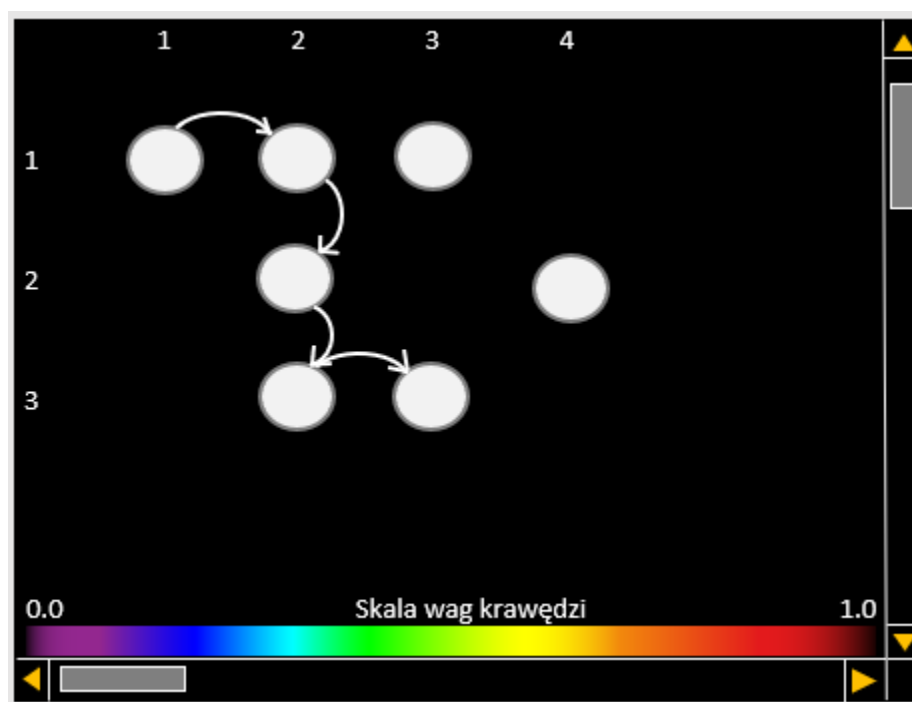


Rys.10 Widok okna wyznaczonych ścieżek

- W programie są wyznaczone ścieżki. Użytkownik klika na Wyznaczone ścieżki w zakładce Odnajdywanie ścieżki.
 - Zostaje wyświetlone osobne okno, zawierające listę wyznaczonych ścieżek, dla których użytkownik może sterować ich widocznością na podglądzie, widocznością wag oraz usuwać dane ścieżki z programu.

Wyznaczone ścieżki					
Etykieta	Start	Koniec	Widoczność	Widoczność wag	Usuw
S1	0	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Rys.11 Widok okna wyznaczonych ścieżek



Rys.12 Widok podglądu grafu, pokazujący wyznaczoną ścieżkę, gdy widoczność wag jest wyłączona

5 Format pliku wejściowego

Wczytywany z pliku tekstowego graf musi mieć ściśle określony format.

Przykładowy zapis grafu umieszczony jest poniżej:

3 2

1 :0.8864916775696521 3 :0.2187532451857941

0 :0.2637754478952221 4 :0.6445273453144537 2 :0.4630166785185348

4 :0.8650384424149676 0 :0.42932761976709255

2 :0.9452864187437506

Dwie liczby na początku pliku oznaczają odpowiednio liczbę kolumn oraz liczbę wierszy, czyli przykładowy graf zawiera 3 kolumny, 2 wiersze, na który składa się 6 wierzchołków o numerach 0–5.

Każda następna linia reprezentuje wierzchołek, od którego zaczyna się krawędź, rozpoczynając numerację od wierzchołka nr 0. W liniach podane są numery wierzchołków, w których kończy się krawędź. Po odstępach podane są wagi dla konkretnych krawędzi, zaczynające się od przedrostka ":". Każdy wpis w linii oddzielony jest odstępem.

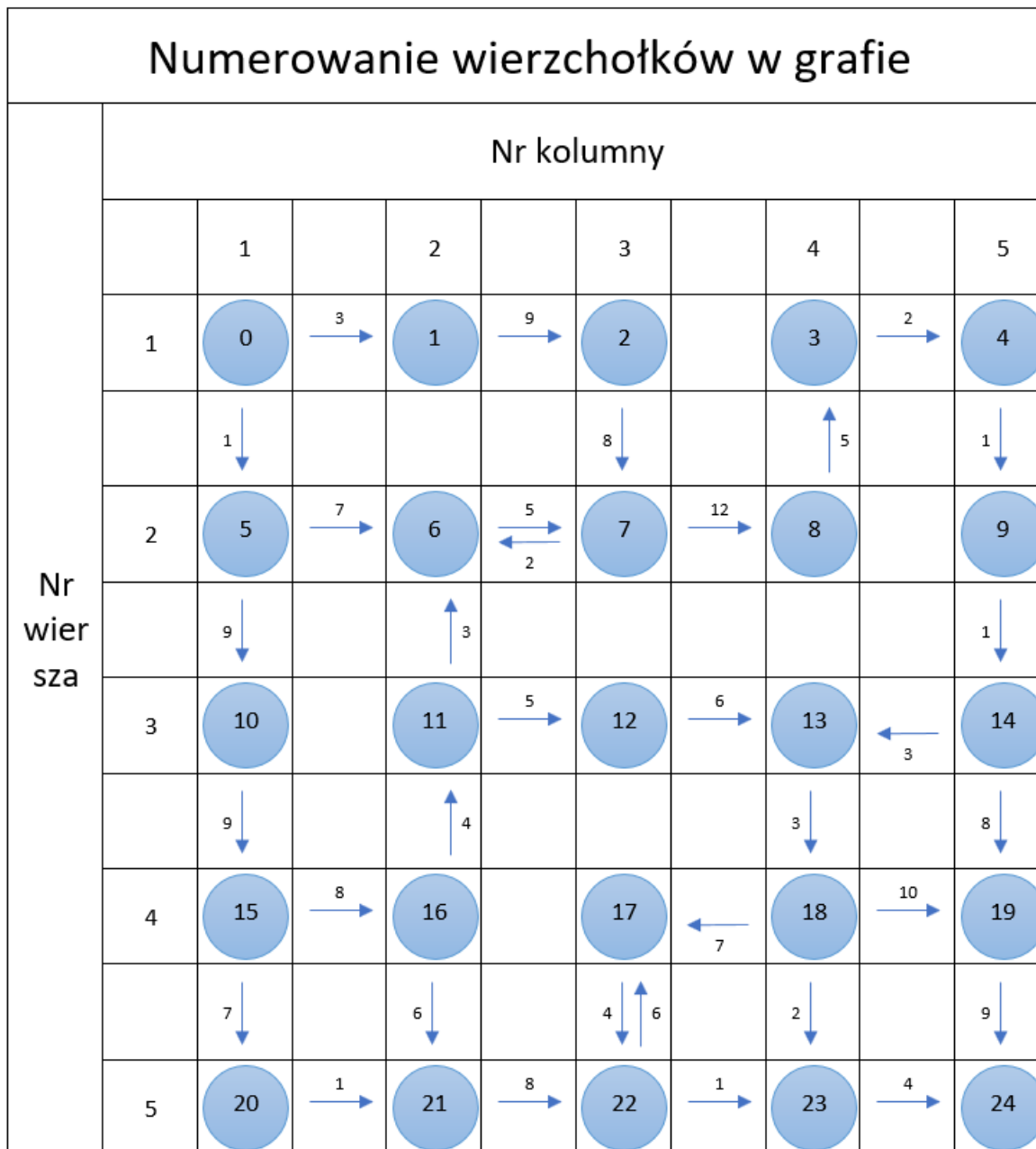
W omawianym pliku:

- z wierzchołka nr 0 istnieją krawędzie do wierzchołków nr 1 (waga: 0.8864916775696521) i nr 3 (waga: 0.2187532451857941),
- z wierzchołka nr 1 istnieją krawędzie do wierzchołków nr 0 (waga: 0.2637754478952221), nr 4 (waga: 0.6445273453144537) i nr 2 (waga: 0.4630166785185348),
- z wierzchołka nr 2 nie istnieje krawędź do żadnego wierzchołka,
- z wierzchołka nr 3 istnieją krawędzie do wierzchołków nr 4 (waga: 0.8650384424149676) i nr 0 (waga: 0.42932761976709255),
- z wierzchołka nr 4 nie istnieje krawędź do żadnego wierzchołka,
- z wierzchołka 5 istnieje krawędź do wierzchołka nr 2 (waga: 0.9452864187437506).

Uwaga:

- wagi w grafie nie mogą być ujemne,
- w grafie mogą istnieć jedynie krawędzie między wierzchołkami które sąsiadują ze sobą pionowo lub poziomo.

Sposób numerowania wierzchołków został przedstawiony na poniższej grafice:



Rys.13 Sposób numerowania wierzchołków w grafie na przykładzie pewnego grafu.

6 Komunikaty błędów

Program stara się kontynuować pracę mimo napotkania nieprawidłowych danych, jeżeli nie wpływa to negatywnie na pracę całego programu.

1. Błędy związane z plikiem wejściowym – czytaniem grafu:

(a) Nie zadeklarowano liczby kolumn/wierszy w pliku wejściowym:

- Linia 1: Nie znaleziono liczby kolumn/wierszy. Przerywam działanie.
- Komunikat pojawia się, gdy w podanych danych wejściowych program nie znajdzie poprawnie zadeklarowanej liczby kolumn/wierszy w 1. linii pliku. Może to wynikać z tego, że zostały one wpisane w niepoprawnym formacie lub plik jest pusty.

- (b) Numer wierzchołka (poprzednika) większy niż $kolumny * rzędy - 1$ lub mniejszy od 0:
 - Linia 106: Numer wierzchołka musi być mniejszy od $kolumny * rzędy$ i większy lub równy 0. Wczytano: "104". Wierzchołek poprzednik wraz z jego następnikami został pominięty.
 - Program wykrył wierzchołek (poprzednik) o numerze większym niż $kolumny * rzędy - 1$ lub ujemnym (o wartości 104) w linii 106 w danych wejściowych. Program ignoruje nieprawidłowy wierzchołek poprzednik wraz z jego następnikami.
 - (c) Numer wierzchołka (następnika) większy niż $kolumny * rzędy - 1$ lub mniejszy od 0:
 - Linia 24: Numer wierzchołka musi być mniejszy od $kolumny * rzędy$ i większy lub równy 0. Wczytano: "7890". Wierzchołek (następnik) został pominięty.
 - Program wykrył wierzchołek (następnik) o numerze większym niż $kolumny * rzędy - 1$ lub ujemnym (o wartości 7890) w linii 24 w danych wejściowych. Program ignoruje nieprawidłowy wierzchołek.
 - (d) Waga krawędzi w danych wejściowych mniejsza/równa 0:
 - Linia 15: Waga krawędzi musi być większa od 0. Wczytano: "-3.3". Krawędź została pominięta.
 - Program wykrył ujemną wagę (o wartości -3.3) w linii 15 w pliku wejściowym. Program ignoruje nieprawidłową krawędź, ponieważ uniemożliwiłaby ona znalezienie najkrótszej możliwej drogi za pomocą algorytmu Dijkstry.
 - (e) Brak poprawnie wczytanych krawędzi:
 - W podanych pliku wejściowym brak poprawnie zdefiniowanych krawędzi. Przerywam działanie.
 - Komunikat pojawia się, gdy w podanych danych wejściowych program nie znajdzie poprawnie zdefiniowanych krawędzi. Może to wynikać z tego, że w pliku nie zadeklarowano żadnych krawędzi, albo wszystkie wpisy zawierają błędy.
2. Błędy związane z nieprawidłowymi danymi wprowadzonymi przez użytkownika:
- (a) Kolumny lub wiersze mniejsze/równe 0:
 - Wartość wczytana w polu tekstowym "Kolumny" lub "Wiersze" jest mniejsza od 0 lub równa 0. Przerywam działanie.
 - Program wykrył, że użytkownik podał w polu tekstowym Kolumny lub Wiersze liczbę mniejszą od 0 lub równą 0. Ze względu na niepoprawność matematyczną program przerywa działanie.
 - (b) Minimalna waga lub maksymalna waga mniejsza od 0:
 - Wartość wczytana w polu tekstowym "Minimalna waga" lub "Maksymalna waga" jest ujemna. Przerywam działanie.
 - Program wykrył, że użytkownik podał w polu tekstowym Minimalna waga lub Maksymalna waga liczbę mniejszą od 0. Program ignoruje nieprawidłową krawędź, ponieważ uniemożliwiłaby ona znalezienie najkrótszej możliwej drogi za pomocą algorytmu Dijkstry.
 - (c) Minimalna waga jest większa niż maksymalna waga:
 - Wartość wczytana w polu tekstowym "Minimalna waga" jest większa niż wartość wczytana w polu tekstowym "Maksymalna waga". Przerywam działanie.
 - Program wykrył, że użytkownik podał w polu tekstowym Minimalna waga wartość większą niż w polu tekstowym Maksymalna waga. Ze względu na niepoprawność matematyczną program przerywa działanie.
 - (d) Niepoprawny numer wierzchołka:
 - Zadeklarowano niepoprawny numer wierzchołka w polu tekstowym "Start" lub "Koniec". Nie znajdę najkrótszej możliwej ścieżki.
 - Program wykrył, że użytkownik podał w polu tekstowym Start lub Koniec numer wierzchołka większy od $Kolumny * Rzędy - 1$ lub ujemny. Z tego powodu program nie będzie mógł znaleźć najkrótszej możliwej ścieżki z wierzchołka start do wierzchołka koniec.

Literatura

- [1] Jacek Starzyński. *Prezentacja "Algorytmy dla grafów" na podstawie: Cormen, Leiserson, Rivest, Stein: "Wprowadzenie do algorytmów", WNT 2004*
- [2] Artykuł "Graf (matematyka)" na stronie Wikipedia,
[[https://pl.wikipedia.org/wiki/Graf_\(matematyka\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Graf_(matematyka))]
- [3] Artykuł "Graf skierowany" na stronie Wikipedia,
[https://pl.wikipedia.org/wiki/Graf_skierowany]

Źródło Rys.1: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UndirectedDegrees.svg>

Źródło Rys.2: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Directed_graph_no_background.svg

svg

Źródło Rys.3: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Graph_weights.svg

Źródło Rys.4, Rys.5, Rys.6, Rys.7, Rys.8 : Rysunek własny