

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2015/2016

Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki

Kierunek studiów: Matematyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: M

Stopień studiów: I

Specjalności: Modelowanie matematyczne

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Teoria grafów
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Graph Theory
KOD PRZEDMIOTU	WFMiI M oIS C1 15/16
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	4.00
SEMESTRY	5

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	SEMINARIUM	PROJEKT
5	30	30	0	0	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Zapoznanie z podstawowymi pojęciami i metodami teorii grafów.

Cel 2 Ćwiczenia w dowodzeniu twierdzeń i prowadzeniu rozumowań dotyczących grafów.

Cel 3 Poznanie podstawowych zastosowań teorii grafów.

Cel 4 Opanowanie podstawowych algorytmów grafowych.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Zaliczony przedmiot Wstęp do logiki i teorii mnogości.

2 Biegłość w stosowaniu zasady indukcji matematycznej.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student zna podstawowe pojęcia: grafu skierowanego, nieskierowanego, prostego, spójnego, podgrafu, sumy grafów, macierzy grafu.

EK2 Wiedza Student zna definicje i podstawowe twierdzenia dotyczące grafów eulerowskich, hamiltonowskich, drzew i grafów planarnych (twierdzenie Eulera). Student zna pojęcie kolorowania grafów i liczby chromatycznej.

EK3 Wiedza Student zna algorytmy: Dijkstry, Fleury ego, Kruskala i Prima oraz algorytmy przybliżone do rozwiązywania problemu komiwożacza

EK4 Wiedza Student ma wiadomości dotyczące złożoności obliczeniowej algorytmów, klasy P i NP.

EK5 Wiedza Student zna pojęcie sieci, przekroju, przepływu i twierdzenie o maksymalnym przepływie i minimalnym przekroju.

EK6 Umiejętności Student umie rozpoznać na podstawie definicji lub twierdzeń graf spójny, grafy izomorficzne, grafy platońskie, grafy regularne, grafy pełne, grafy dwudzielne, pełne dwudzielne, grafy eulerowskie, półeulerowskie, hamiltonowskie i półhamiltonowskie, grafy planarne.

EK7 Umiejętności Student umie zastosować algorytmy: Dijkstry, Fleury ego, Kruskala, Prima, Forda-Fulkersona oraz trzy algorytmy przybliżone do rozwiązywania problemu komiwożacza.

EK8 Umiejętności Student umie prowadzić rozumowania dotyczące grafów, stosować zasadę indukcji matematycznej do dowodzenia twierdzeń z teorii grafów.

EK9 Umiejętności Student umie modelować przy pomocy grafów proste zadania praktyczne.

EK10 Kompetencje społeczne Student potrafi formułować ściśle, klarowne i zrozumiałe dla innych wypowiedzi ustne: dowody, rozwiązania problemów. Umie komunikować swoje pomysły i jasno zadawać pytania. Potrafi wytłumaczyć laikom przynajmniej niektóre zagadnienia teorii grafów. Potrafi pracować w grupie nad niezbyt trudnymi zadaniami praktycznymi.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Pojęcie grafu. Niektóre zastosowania. Początki historyczne. Zagadki grafowe. Grafy proste. Grafy skierowane i nieskierowane. Macierz sąsiedztwa.	2
W2	Podgraf, usuwanie krawędzi i wierzchołków, ściągnięcie grafu krawędzią, suma grafów rozłącznych. Spójność. Składowa spójna. Ograniczenie dolne i górne na liczbę krawędzi w zależności od liczby wierzchołków i składowych. Lemat o uściskach dłoni i wnioski. Dwudzielność. Charakterystyka dwudzielności przy pomocy cykli.	2

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W3	Grafy eulerowskie i półeulerowskie. Definicja. Przykład historyczny. Lemat o istnieniu cyklu. Twierdzenie Eulera. Wniosek dotyczący grafów półeulerowskich. Algorytm Fleury ego i jego modyfikacja dla grafów półeulerowskich.	2
W4	Zagadnienie najkrótszej drogi. Algorytm Dijkstry. Ulepszony algorytm Dijkstry.	2
W5	Grafy hamiltonowskie. Obserwacja, że graf dwunastościanu jest hamiltonowski. Dowód, że graf Petersena nie jest hamiltonowski. Twierdzenie Ore z dowodem. Twierdzenie Diraca jako wniosek. Przykłady na nieprawdziwość twierdzeń odwrotnych.	3
W6	Problem komiwożacza – sformułowanie. Algorytm naiwny. Złożoność algorytmu naiwnego. Pojęcie złożoności obliczeniowej algorytmu. Klasa P. Klasa NP. Informacja o problemach NP zupełnych i o zagadnieniu, czy $P=NP$? Informacja, że problem komiwożacza jest NP-zupełny. Algorytmy przybliżone: najtańszego połączenia, najbliższego sąsiada i iterowany algorytm najbliższego sąsiada. Ich złożoność obliczeniowa. Przykłady, że mogą one nie dawać odpowiedzi prawdziwej. Zastosowania problemu komiwożacza.	4
W7	Złożoność obliczeniowa algorytmów poznanych wcześniej: Dijkstry, ulepszanego algorytmu Dijkstry, Fleury ego.	2
W8	Drzewa. Definicja i twierdzenie charakteryzujące drzewa wraz z dowodem. Pojęcie lasu. Zastosowania drzew. Drzewo spinające, las spinający. Zagadnienie najkrótszych połączeń. Algorytmy Prima i Kruskala. Ich złożoność.	4
W9	Grafy planarne-definicja i przykłady. Twierdzenie Eulera wraz z dowodem i wnioski. Wnioski, że grafy K_5 i $K_{3,3}$ nie są planarne. Twierdzenie Kuratowskiego (bez dowodu). Zastosowania.	3
W10	Kolorowanie grafów – postawienie problemu. Zastosowania kolorowania grafów. Liczba chromatyczna grafu. Twierdzenie Brooksa.	2
W11	Przepływy w sieciach. Definicja sieci, przekroju i przepływu. Twierdzenie i algorytm Forda-Fulkersona.	2
W12	Skojarzenia w grafach dwudzielnych. Twierdzenie Halla o kojarzeniu małżeństw.	2

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Ćwiczenia ilustrujące podstawowe pojęcia teorii grafów: rodzaje grafów, spójność, ciąg stopni wierzchołków. Zagadki grafowe, m.in. sześć osób na przyjęciu. Odczytywanie ciągu stopni grafu, liczby tras określonej długości na podstawie macierzy grafu i jej potęg. Proste rozumowania dotyczące grafów. Rozpoznawanie, czy dane dwa grafy są izomorficzne.	4

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C2	Rozpoznawanie grafów eulerowskich i półeulerowskich. Stosowanie algorytmu Fleury ego do znajdowania cyklu Eulera i ścieżki eulerowskiej.	2
C3	Zagadnienie najkrótszej drogi. Stosowanie algorytmu Dijkstry i ulepszego algorytmu Dijkstry. Zadania praktyczne prowadzące do zagadnienia najkrótszej drogi.	2
C4	Zagadnienie chińskiego listonosza.	1
C5	Sprawdzenie wiadomości	1
C6	Rozpoznawanie, czy dany graf jest hamiltonowski lub półhamiltonowski. Stosowanie twierdzeń Ore i Diraca. Ćwiczenia w tworzeniu niezależnych rozumowań rozstrzygających ten problem w indywidualnych przypadkach.	2
C7	Problem komiwojażera. Algorytm naiwny. Obliczanie czasu komputerowego potrzebnego do rozwiązania tego problemu dla grafów średniej wielkości. Stosowanie algorytmów przybliżonych i porównywanie wyników.	3
C8	Ćwiczenia w liczeniu złożoności obliczeniowej.	2
C9	Zastosowania drzew. Wyznaczanie rzędu cykliczności i rzędu rozcięcia. Zagadnienie najkrótszych połączeń. Ćwiczenia w stosowaniu algorytmów Prima i Kruskala	3
C10	Ćwiczenia w rozpoznawaniu, czy dany graf jest planarny. Stosowanie twierdzenia Eulera o grafach planarnych i wniosków.	2
C11	Zagadnienia praktyczne, które można rozwiązać posługując się kolorowaniem grafów. Kolorowanie map.	2
C12	Analiza sieci przepływowych. Znajdowanie minimalnego przekroju i maksymalnego przepływu; stosowanie algorytmu Forda-Fulkersona.	3
C13	Zastosowanie twierdzenia Halla o kojarzeniu małżeństw do problemów praktycznych.	2
C14	Sprawdzenie wiadomości.	1

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Zadania tablicowe

N3 Dyskusja

N4 Praca w grupach

N5 Konsultacje

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	60
Konsultacje przedmiotowe	6
Egzaminy i zaliczenia w sesji	6
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	30
Opracowanie wyników	6
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	12
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	120
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	4.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Ćwiczenie praktyczne

F3 Odpowiedź ustna

F4 Zadanie tablicowe

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Ocena P1 jest oceną z ćwiczeń.

OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA

B1 Ćwiczenie praktyczne

B2 Projekt indywidualny

B3 Projekt zespołowy

B4 Referaty studenckie

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wykazał umiejętności, o których mowa w kryterium na ocenę 3.
NA OCENĘ 3.0	Student zna podstawowe pojęcia: grafu skierowanego, nieskierowanego, prostego, spójnego, podgrafu, sumy grafów i macierzy grafu. Zna zastosowania teorii grafów w innych dziedzinach wiedzy. Poprawnie stosuje lemat o uściskach dłoni.
NA OCENĘ 3.5	Student zna podstawowe pojęcia: grafu skierowanego, nieskierowanego, prostego, spójnego, podgrafu, sumy grafów i macierzy grafu. Zna zastosowania teorii grafów w innych dziedzinach wiedzy. Poprawnie stosuje lemat o uściskach dłoni. Wie, jak liczba tras lub cykli danej długości zależy od własności potęg macierzy grafu.
NA OCENĘ 4.0	Student zna podstawowe pojęcia: grafu skierowanego, nieskierowanego, prostego, spójnego, podgrafu, sumy grafów, macierzy grafu. Zna zastosowania teorii grafów w innych dziedzinach wiedzy. Student potrafi wykazać zależność liczby tras od potęg macierzy sąsiedztwa. Rozumie i potrafi powtórzyć dowody większości twierdzeń z zakresu pojęć podstawowych przedstawionych na wykładach, : dwudzielności, spójności, lematu o uściskach dłoni z niewielką ilością usterek.
NA OCENĘ 4.5	Student zna podstawowe pojęcia: grafu skierowanego, nieskierowanego, prostego, spójnego, podgrafu, sumy grafów, macierzy grafu. Zna zastosowania teorii grafów w innych dziedzinach wiedzy. Myśli samodzielnie. Potrafi przedstawić dowody prawie wszystkich twierdzeń przedstawionych na wykładzie.
NA OCENĘ 5.0	Student zna podstawowe pojęcia: grafu skierowanego, nieskierowanego, prostego, spójnego, podgrafu, sumy grafów, macierzy grafu. Zna wiele zastosowań teorii grafów w innych dziedzinach wiedzy. Student formułuje niesztampowe, samodzielne dowody dotyczące podstawowych własności grafów. Zna wszystkie dowody w zakresie wykładów W1 i W2 i potrafi je przedstawić bez usterek.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wykazał umiejętności, o których mowa w kryterium na ocenę 3.
NA OCENĘ 3.0	Student zna definicje i podstawowe twierdzenia dotyczące grafów eulerowskich, hamiltonowskich, drzew i grafów planarnych (twierdzenie Eulera). Student nie myli twierdzeń Ore i Diraca z twierdzeniami odwrotnymi. Potrafi wskazać kontrprzykłady dla tych twierdzeń odwrotnych. Student zna pojęcie kolorowania grafów i liczby chromatycznej. Zna związek kolorowania map z kolorowaniem grafów.
NA OCENĘ 3.5	Jak na ocenę 3 oraz: student zna sposób modyfikacji twierdzeń i algorytmu dla grafów eulerowskich tak, by otrzymywać analogiczne wyniki dla grafów półeulerowskich. Umie wyprowadzić twierdzenie Diraca jako wniosek z twierdzenia Ore oraz wskazać, że K_5 i $K_{\{3,3\}}$ nie są planarne na podstawie wniosku z twierdzenia Eulera dla grafów planarnych. Umie podać warunki równoważne na to, by graf był drzewem i udowodnić niektóre z nich. Umie wyjaśnić warunki konieczne na to, by graf był eulerowski lub półeulerowski.
NA OCENĘ 4.0	Jak na ocenę 3.5 oraz: umie wykazać wszystkie warunki charakteryzujące drzewa. Umie udowodnić twierdzenie Eulera o grafach eulerowskich. Umie udowodnić twierdzenie Ore, być może z niewielkimi usterekami. Zna twierdzenia dotyczące kolorowania grafów i przynajmniej niektóre z nich potrafi udowodnić.

NA OCENĘ 4.5	Jak na ocenę 4 oraz: umie bezbłędnie udowodnić twierdzenie Ore. Zna dowód twierdzenia Brooksa lub twierdzenia o 6-kolorowalności grafów prostych planarnych.
NA OCENĘ 5.0	Jak na ocenę 4.5 oraz: zna dowody twierdzeń: Brooksa, o 6- i 5- kolorowalności grafów prostych planarnych.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wykazał umiejętności, o których mowa w kryterium na ocenę 3.
NA OCENĘ 3.0	Student umie stosować algorytmy: Dijkstry, Fleury ego, Kruskala i Prima oraz algorytmy przybliżone do rozwiązywania problemu komiwojażera.
NA OCENĘ 3.5	Jak na ocenę 3 oraz: student umie porównać algorytmy Kruskala i Prima, a także różne algorytmy dla problemu komiwojażera. Student umie precyzyjnie sformułować te algorytmy. Student wie, dlaczego w przypadku grafów skończonych można ograniczyć się do wag będących liczbami naturalnymi.
NA OCENĘ 4.0	Jak na ocenę 3.5 oraz: student umie modyfikować niektóre algorytmy do rozwiązywania problemów pokrewnych. Student umie liczyć złożoność obliczeniową przynajmniej niektórych algorytmów. Dla zadanego problemu praktycznego, student umie dostrzec, który z algorytmów ma w nim zastosowanie.
NA OCENĘ 4.5	Jak na ocenę 3.5 oraz: student umie modyfikować wymienione algorytmy do rozwiązywania większości problemów podobnych: znajdowania drogi najdłuższej, znajdowania ścieżki eulerowskiej w grafie półeulerowskim, znajdowania cyklu Hamiltona o największej wadze, znajdowania maksymalnego przepływu w sieci o wielu źródłach lub wielu ujściach, w sieci z pojemnościami wierzchołków czy z przepływami w dwóch kierunkach.
NA OCENĘ 5.0	Jak na ocenę 4.5, przy czym student umie modyfikować odpowiedni algorytm w każdym z wymienionych przypadków. Student umie liczyć złożoność wszystkich tych algorytmów.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wykazał umiejętności, o których mowa w kryterium na ocenę 3.
NA OCENĘ 3.0	Student zna definicję klasy O oraz definicję złożoności obliczeniowej. Umie podać definicje klasy P i intuicyjnie wyjaśnić, co to jest klasa NP oraz przykłady problemów z każdej z tych klas.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi wskazać hierarchię złożoności dla najważniejszych funkcji elementarnych. Potrafi zakwalifikować do odpowiedniej klasy funkcje elementarne w nietrudnych przypadkach. Student zna definicje i przykłady, o których mowa w kryterium na ocenę 3 oraz definicję klasy NP. Wie, co to jest problem NP zupełny i zna przykład chociaż jednego takiego problemu.
NA OCENĘ 4.0	Jak na ocenę 3.5 oraz: zna co najmniej kilka przykładów problemów NP-zupełnych. Umie wyjaśnić na czym polega problem $P=NP$. Umie obliczyć złożoność obliczeniową większości algorytmów poznanych na wykładzie.
NA OCENĘ 4.5	Jak na ocenę 4 oraz: zna równoważne wypowiedzi problemu $P=NP$. Umie obliczyć złożoność obliczeniową wszystkich algorytmów omówionych podczas wykładów.

NA OCENĘ 5.0	Jak na ocenę 4.5 oraz: radzi sobie z obliczeniem złożoności obliczeniowej niezbyt trudnego algorytmu iterowanego widzianego po raz pierwszy.
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wykazał umiejętności, o których mowa w kryterium na ocenę 3.
NA OCENĘ 3.0	Student zna pojęcie sieci, przekroju, przepływu i twierdzenie o maksymalnym przepływie i minimalnym przekroju. Potrafi wypowiedzieć definicje z niewielkimi usterkami. Koryguje usterki, gdy zostaną wskazane.
NA OCENĘ 3.5	Jak na ocenę 3 oraz: student zna zastosowania tych pojęć i twierdzenia. Umie stosować twierdzenie o maksymalnym przepływie i minimalnym przekroju. Wypowiada potrzebne definicje bez usterek.
NA OCENĘ 4.0	Jak na ocenę 3.5 oraz: potrafi przedstawić ideę dowodu twierdzenia Forda-Fulkersona i rozumie związek dowodu z algorytmem Forda-Fulkersona.
NA OCENĘ 4.5	Jak na ocenę 4 oraz: student umie przedstawić poprawny dowód twierdzenia Forda-Fulkersona. Być może z niewielkimi usterkami potrafi zmodyfikować ten dowód na niektóre przypadki ogólniejsze, na przykład dla grafów z określoną pojemnością wierzchołków lub przepływami w obydwu kierunkach.
NA OCENĘ 5.0	Jak na ocenę 4.5 oraz: student umie zmodyfikować dowód twierdzenia Forda-Fulkersona, by obejmował przypadki ogólniejsze: wielu źródeł, przepływu dopuszczalnego w obu kierunkach, pojemności wierzchołków. Student zna związek twierdzenia Forda-Fulkersona z twierdzeniem Halla. Potrafi wyprowadzić twierdzenie Halla jako wniosek z twierdzenia Forda-Fulkersona.
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wykazał umiejętności, o których mowa w kryterium na ocenę 3.
NA OCENĘ 3.0	Student umie rozpoznać na podstawie definicji lub twierdzeń: graf spójny, grafy izomorficzne, grafy platońskie, grafy regularne, grafy pełne, grafy dwudzielne, pełne dwudzielne, grafy eulerowskie i półeulerowskie, hamiltonowskie i półhamiltonowskie, grafy planarne.
NA OCENĘ 3.5	Student spełnia kryteria na ocenę 3 oraz: umie wykazać, że graf dwunastościanu jest hamiltonowski, potrafi modelować nietrudne problemy praktyczne przy pomocy grafów.
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia kryteria na ocenę 3.5, przy czym potrafi wykazywać własności, o których mowa w kryterium na ocenę 3, także w przypadkach mniej oczywistych. Potrafi wykazać, że graf Petersena nie jest hamiltonowski.
NA OCENĘ 4.5	Jak na ocenę 4, przy czym student potrafi wykazywać, że graf jest lub nie jest hamiltonowski, planarny oraz, że dwa grafy są lub nie są izomorficzne także w większości mało oczywistych przypadków i w niektórych trudnych przypadkach.
NA OCENĘ 5.0	Jak na ocenę 4.5, przy czym rozstrzygnięcia dotyczą także wielu trudniejszych przypadków.
EFEKT KSZTAŁCENIA 7	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wykazał umiejętności, o których mowa w kryterium na ocenę 3.

NA OCENĘ 3.0	Student umie zastosować algorytmy: Dijkstry, Fleury ego, Kruskala, Prima, Forda-Fulkersona oraz trzy algorytmy przybliżone do rozwiązywania problemu komiwojażera. Stosując algorytmy, popełnia być może niewielkie pomyłki.
NA OCENĘ 3.5	Student bezbłędnie stosuje algorytmy wymienione w kryterium na ocenę 3.
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia kryteria na ocenę 3.5, oraz zna klasy złożoności wymienionych algorytmów. Umie zidentyfikować, który algorytm nadaje się do rozwiązania konkretnego problemu praktycznego.
NA OCENĘ 4.5	Student spełnia kryteria na ocenę 4 oraz umie udowodnić poprawność niektórych algorytmów.
NA OCENĘ 5.0	Student spełnia kryteria na ocenę 4.5 oraz umie udowodnić poprawność większości z wyżej wymienionych algorytmów.
EFEKT KSZTAŁCENIA 8	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wykazał umiejętności, o których mowa w kryterium na ocenę 3.
NA OCENĘ 3.0	Student umie powtórzyć poznane rozumowania, poprawnie stosuje zasadę indukcji, poprawnie kwantyfikuje dowodzone tezy.
NA OCENĘ 3.5	Student umie prowadzić nietrudne rozumowania nieznacznie różne od tych poznanych na zajęciach. Poprawnie odczytuje, do których rozumowań stosuje się zasada indukcji. Ponadto spełnia kryteria na ocenę 3.
NA OCENĘ 4.0	Student myśli krytycznie, zadaje mądre pytania i proponuje rozwiązania problemów. Często potrafi zaproponować rozwiązania, które po uzupełnieniu i usunięciu usterek stają się poprawne. Ponadto spełnia kryteria na ocenę 3.5
NA OCENĘ 4.5	Student proponuje, nie zawsze poprawnie, własne, twórcze rozwiązania nowych problemów. Ponadto spełnia kryteria na ocenę 4.
NA OCENĘ 5.0	Student często proponuje własne, twórcze rozwiązania problemów, które są w większości przypadków poprawne. Umie korygować własne usterki. Ponadto spełnia pozostałe kryteria na ocenę 4.
EFEKT KSZTAŁCENIA 9	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wykazał umiejętności, o których mowa w kryterium na ocenę 3.
NA OCENĘ 3.0	Student umie modelować przy pomocy grafów proste zadania praktyczne. Dopuszczalne są niewielkie usterki.
NA OCENĘ 3.5	Student umie modelować i rozwiązywać przy pomocy grafów zadania trudniejsze, być może z niewielkimi usterekami. Zadania prostsze modeluje i rozwiązuje bezusterkowo. Potrafi uogólniać i modyfikować poznane algorytmy do rozwiązywania innych problemów.
NA OCENĘ 4.0	Student spełnia kryteria na ocenę 3.5 oraz: w niektórych przypadkach potrafi znaleźć poprawny model i algorytm dla nowego problemu praktycznego. Potrafi, być może z niewielkimi usterekami, przeanalizować ten algorytm: wskazać jego zakres stosowania.

NA OCENĘ 4.5	Student spełnia kryteria na ocenę 4. Twórczo podchodzi do nowych zagadnień praktycznych i proponuje dla nich modele grafowe, w większości przypadków poprawne. Niekiedy proponuje własne algorytmy i rozpoznaje ograniczenia do ich stosowania.
NA OCENĘ 5.0	Student twórczo podchodzi do nowych problemów praktycznych i znajduje dla nich modele grafowe. Proponuje samodzielnie algorytmy prowadzące do rozwiązań. Formułuje ogólne założenia, przy których można stosować te algorytmy.
EFEKT KSZTAŁCENIA 10	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wykazał umiejętności, o których mowa w kryterium na ocenę 3.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi formułować poprawne, krótkie, precyzyjne i jasne wypowiedzi ustne zawierające rozumowania i rozwiązania niektórych nietrudnych problemów.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi formułować poprawne, krótkie, precyzyjne i jasne wypowiedzi ustne zawierające rozumowania i rozwiązania większości nietrudnych problemów. Szanuje prawa innych uczestników dyskusji do własnych poglądów i początkowych błędów. Umie korygować własne błędy w rozumowaniu. Umie współpracować w grupie.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi formułować ścisłe, klarowne i zrozumiałe dla innych dłuższe wypowiedzi ustne: dowody, rozwiązania problemów i przekazywać swoje pomysły. Uczestniczy w dyskusjach problemowych. Jasno formułuje pytania. Umie wytłumaczyć laikowi niektóre zagadnienia teorii grafów. Spełnia kryteria na ocenę 3.5.
NA OCENĘ 4.5	Student jest aktywny w dyskusjach. Dzieli się swoimi poglądami szanując przy tym innych uczestników dyskusji. Jest w stanie przedstawić logiczne argumenty na rzecz swojego rozwiązania. Jego wypowiedzi są jasne. Umie wyrażać się ściśle. Akceptuje poprawne rozwiązania zgłaszane przez innych i koryguje znalezione usterki w swoich. Spełnia kryteria wymagane na ocenę 4.
NA OCENĘ 5.0	Student jest bardzo aktywny podczas zajęć. Potrafi przedstawić dłuższe rozumowanie. Ma nieszablonowe pomysły rozwiązywania trudnych problemów. Ponadto spełnia kryteria wymagane na ocenę 4.5.

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K_W03 K_W05 K_W06 K_U02 K_U06 K_K05	Cel 1	W1 W2 C1 C5	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F3 F4 P1
EK2	K_W01 K_W02 K_W04 K_W05 K_W06 K_U01 K_U02 K_U03 K_U06 K_U29 K_K05	Cel 1	W3 W5 W8 W9 W10 C5 C9 C11	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F3 F4 P1
EK3	K_W01 K_U01 K_U03 K_U06 K_U25 K_U29 K_K07	Cel 4	W3 W4 W6 W7 W8 C2 C3 C4 C5 C7 C9	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 F3 F4 P1
EK4	K_W01 K_W04 K_W08 K_U01 K_U02 K_U25 K_K01 K_K07	Cel 4	W6 W7 W8 C8 C14	N1 N2 N3 N5	F1 F3 F4 P1
EK5	K_W01 K_W02 K_W04 K_W05 K_W06 K_U01 K_U02 K_U25 K_U29	Cel 3	W11 W12 C12 C13 C14	N1 N2 N3 N5	F1 F3 F4 P1
EK6	K_W01 K_W05 K_W06 K_U01 K_U25 K_U29 K_K05	Cel 1	W1 W2 W3 W5 W9 C1 C2 C5 C6 C10 C14	N1 N2 N3 N5	F1 F3 F4 P1
EK7	K_W01 K_U25 K_U29	Cel 4	C3 C4 C5 C7 C9	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 F3 F4 P1
EK8	K_W02 K_U02 K_U03 K_U06 K_K07	Cel 2	W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8 W9 W10 W11 W12 C1 C2 C5 C6 C8 C9 C10 C13 C14	N1 N2 N3 N5	F1 F3 F4 P1
EK9	K_W01 K_U01 K_U29 K_K05	Cel 3	W1 W2 W4 W6 W8 W9 W10 W11 W12 C1 C3 C4 C7 C9 C10 C11 C12 C13 C14	N1 N2 N3 N4 N5	F1 F2 F3 F4 P1

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK10	K_W01 K_K01 K_K02 K_K03 K_K04 K_K05	Cel 2	C1 C6 C8 C10 C11 C12 C13 C14	N1 N3 N5	F1 F3 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

[1] | Robin J. Wilson — *Wprowadzenie do teorii grafów*, Warszawa, 2002, Wydawnictwo Naukowe PWN

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

[1] | Kenneth A. Ross, Charles R.B. Wright — *Matematyka dyskretna*, Warszawa, 1999, Wydawnictwo Naukowe PWN

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr Katarzyna Pałasińska (kontakt: kpalasin@pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 Dr Katarzyna Pałasińska (kontakt: kpalasinska@gmail.com)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....