

(pieczęć wydziału)

**KARTA PRZEDMIOTU**

| <b>1. Nazwa przedmiotu: MODELOWANIE CYFROWE</b>  |   | <b>2. Kod przedmiotu:</b>             |                         |   |
|--|---|---------------------------------------|-------------------------|---|
| <b>3. Karta przedmiotu ważna od roku akademickiego: 2018/19</b>  |   |                                       |                         |   |
| <b>4. Forma kształcenia:</b> studia drugiego stopnia   |   |                                       |                         |   |
| <b>5. Forma studiów:</b> studia stacjonarne  |   |                                       |                         |   |
| <b>6. Kierunek studiów:</b> INFORMATYKA, WYDZIAŁ AEII  |   |                                       |                         |   |
| <b>7. Profil studiów:</b> ogólnoakademicki   |   |                                       |                         |   |
| <b>8. Specjalność:</b>   |   |                                       |                         |   |
| <b>9. Semestr:</b> 1 i 2   |   |                                       |                         |   |
| <b>10. Jednostka prowadząca przedmiot:</b> Instytut Informatyki, RAU2  |   |                                       |                         |   |
| <b>11. Prowadzący przedmiot:</b> dr inż. Marcin Skowronek  |   |                                       |                         |   |
| <b>12. Przynależność do grupy przedmiotów:</b> przedmioty wspólne  |   |                                       |                         |   |
| <b>13. Status przedmiotu:</b> obowiązkowy  |   |                                       |                         |   |
| <b>14. Język prowadzenia zajęć:</b> polski   |   |                                       |                         |   |
| <b>15. Przedmioty wprowadzające oraz wymagania wstępne:</b> Analiza i algebra liniowa, Metody numeryczne, Metody statystyczne, Podstawy informatyki, Podstawy programowania komputerów. Zakłada się, że przed rozpoczęciem nauki niniejszego przedmiotu student posiada przygotowanie w zakresie: algebry liniowej, równań różniczkowych, algorytmów numerycznych, zmiennych losowych i funkcji je opisujących, testowania hipotez, systemów masowej obsługi i sieci takich systemów.  |   |                                       |                         |   |
| <b>16. Cel przedmiotu:</b> Celem wykładu jest przekazanie studentom podstawowych wiadomości w zakresie modelowania cyfrowego, algorytmów wykorzystywanych w modelach układów ciągłych i zdarzeń dyskretnych, formalizacji celu modelowania oraz automatyzacji badań modelowych. Celem ćwiczeń tablicowych i laboratoryjnych jest nabycie przez studentów umiejętności w zakresie wykorzystywania różnych środków opisu układów dynamicznych, wyznaczania równań stanu, oceny stabilności modeli, wykorzystania środków programowych do tworzenia modeli cyfrowych i opracowywania wyników modelowania. |   |                                       |                         |   |
| <b>17. Efekty kształcenia:</b>   |   |                                       |                         |   |
| Nr   | Opis efektu kształcenia   | Metoda sprawdzenia efektu kształcenia | Forma prowadzenia zajęć | Odniesienie do efektów dla kierunku studiów |
| W1   | Student zna metody opisu układów dynamicznych ciągłych                                      | SP, EP                                | WM, C, L                | K2A_W01                                     |
| W2   | Student ma wiedzę w zakresie przykładowych algorytmów wykorzystywanych w modelach cyfrowych | ET                                    | WM                      | K2A_W01                                     |

|    |  |                |          |                  |
|----|--|----------------|----------|------------------|
| W3 | Student ma wiedzę z zakresu modelowania układów dynamicznych, w tym systemów komputerowych i sieci teleinformatycznych   | EP, ET         | WM, L    | K2A_W01          |
| U1 | Student potrafi wyznaczyć równania stanu i na ich podstawie zbudować model cyfrowy z wykorzystaniem poznanych narzędzi programowych  | SP, PS, EP     | WM, C, L | K2A_U07, K2A_U13 |
| U2 | Student potrafi sformułować cel modelowania jako zadanie optymalizacji parametrycznej  | SP, PS, EP     | WM, L    | K2A_U09          |
| U3 | Student posiada umiejętność budowy modeli układów zdarzeń dyskretnych z wykorzystaniem poznanych narzędzi programowych   | SP, PS, EP, ET | WM, L    | K2A_U07, K2A_U13 |
| U4 | Student potrafi napisać funkcję generacji liczb losowych o dowolnym rozkładzie   | PS, EP         | WM, L    | K2A_U07, K2A_U09 |
| U5 | Student ma świadomość potrzeby uczenia się przez całe życie na przykładzie zmieniających się możliwości narzędzi symulacyjnych, takich jak środowiska: R, Matlab i OMNeT++ | PS, ET         | WM, L    | K2A_U06          |

Znaczenie skrótów stosowanych w punkcie 17.

- WM – wykład multimedialny
- L – laboratorium
- C – ćwiczenia
- SP – sprawdzian pisemny (również np. przed/po lab.)
- PS – przygotowanie sprawozdania
- EP – egzamin pisemny
- ET – egzamin testowy

#### 18. Formy zajęć dydaktycznych i ich wymiar (liczba godzin)

30 W., 15 Ćw. – 1 Sem.; 15 W., 30 L. – 2 Sem.

#### 19. Treści kształcenia:

##### Wykład:

**Modele matematyczne układów dynamicznych.** Modele, modelowanie i symulacja. Klasyfikacja metod modelowania. Cele i etapy modelowania. Modele układów dynamicznych. Układy dynamiczne liniowe ciągłe. Sposoby opisu: równania różniczkowe, funkcje przejścia, macierzowe funkcje przejścia. Przykłady opisu elementów podstawowych. Metody całościowe i strukturalne Schematy blokowe i zasady przekształceń. Równania stanu układu liniowego. Układy dynamiczne liniowe dyskretne. Przykłady układów dyskretnych. Transformaty dyskretne. Funkcje przejścia układów dyskretnych. Równania stanu układu dyskretnego. Układy nieliniowe ciągłe. Linearyzacja. Metoda płaszczyzny fazowej. Punkty równowagi. Układy nieliniowe dyskretne.

**Właściwości układów dynamicznych.** Kryteria dobroci. Pojęcie stabilności. Warunki stabilności układów liniowych ciągłych. Kryterium Hurwitza. Warunki stabilności układów liniowych dyskretnych. Zastosowanie kryterium Hurwitza. Stabilność układów nieliniowych. Twierdzenia Lapunowa.

**Modele cyfrowe układów ciągłych.** Elementy modelu cyfrowego. Przykład budowy modelu z wykorzystaniem uniwersalnego języka algorytmicznego. Środowisko Matlab-Simulink, charakterystyka i zakres zastosowań.

Przestrzeń robocza, operacje na macierzach, prezentacja graficzna, M-pliki skryptowe i funkcyjne. Przykład budowy modelu układu ciągłego i realizacji badań. Schematy różnicowe dla znajdowania rozwiązania przybliżonego. Metody numerycznego rozwiązywania równań różniczkowych. Metody jednokrokowe, metody wielokrokowe. Zmiana rzędu i kroku całkowania. Oszacowanie błędu lokalnego. Zbieżność i stabilność schematu różnicowego.

**Zastosowanie modelu przepływu cieczy do opisu działania sieci AQM.** Aktywne zarządzanie siecią. Niektóre mechanizmy protokołu TCP. Algorytm RED. Równania różniczkowe opisujące działanie sieci AQM. Przykładowe modele w Simulinku.

**Automatyzacja procesu badań modelowych.** Zadanie optymalizacji parametrycznej jako przykład definiowania celu modelowania. Algorytmy rozwiązywania zadań optymalizacji parametrycznej. Metody poszukiwania minimum w kierunku. Metody gradientowe, sposoby wyznaczania składowych gradientu. Metody poszukiwań prostych: Hooke-Jeevesa, Nelder-Mead. Metody z minimalizacją wzdłuż kierunków poszukiwań: Gauss-Seidela, kierunków sprzężonych Powella, gradientu sprzężonego Fletchera-Reevesa, zmiennej metryki Fletchera-Powella-Davidona oraz Broydena-Fletchera-Goldfarba-Shano. Metoda funkcji kary dla rozwiązywania zadań optymalizacji parametrycznej z ograniczeniami. Rozwiązywanie zadań optymalizacji parametrycznej z wykorzystaniem modeli opracowanych w Matlabie, Matlabie/Simulinku lub środowisku R.

**Modele układów zdarzeń dyskretnych.** Elementy układów zdarzeń dyskretnych. Charakterystyki opisu i oceny układów zdarzeń dyskretnych. Koncepcje budowy i elementy modelu cyfrowego. Budowa modelu według koncepcji wyboru działania. Budowa modelu według koncepcji planowania zdarzeń. Budowa modelu według koncepcji interakcji procesów. Ocena wyników symulacji. Charakterystyka języka CSL. Elementy biblioteki CSL++. Klasy: zegarów, pojemników, generatorów, statystyk i histogramów. Opis metod. Przykład budowy modelu. Pakiet symulacyjny NewGasp, charakterystyka i zastosowanie. Przykładowe procedury. Środowisko OMNeT++, charakterystyka i zastosowanie. Opis topologii modelu, elementy biblioteki symulacyjnej: moduły proste, komunikaty, generacja liczb losowych, kontenery do przechowywania obiektów, klasy statystyk i histogramów, zapis przebiegów czasowych i wielkości skalarnych. Narzędzia pomocnicze. Implementacja algorytmu symulacyjnego, przykład budowy modelu. Pakiet SimEvents jako przykład realizacji koncepcji interakcji procesów. Opis działania podstawowych bloków, przykład budowy modelu i opracowania wyników eksperymentu. Generacja liczb losowych. Generacja liczb losowych o rozkładzie równomiernym. Weryfikacja generatorów, testy zgodności rozkładu, testy niezależności rozkładu. Właściwości arytmetyczne generatorów losowych. Zasady konstrukcji generatorów losowych o dowolnym rozkładzie. Metoda odwracanie dystrybucyjności, metoda eliminacji, metoda superpozycji rozkładów. Przykłady konstrukcji generatorów niektórych rozkładów.

#### **Ćwiczenia:**

Odpowiedzi układów dynamicznych ciągłych. Rozwiązanie liniowego układu równań stanu. Właściwości macierzy tranzycji. Transformata funkcji schodkowych i transformata Z. Rozwiązywanie równań różnicowych liniowych o stałych współczynnikach, zastosowanie transformaty Z. Znajdowanie równań stanu układu dynamicznego. Określanie warunków początkowych zmiennych stanu. Określanie wartości zmiennych wyjściowych. Środowisko R, charakterystyka i podstawowe struktury: wektory, listy, macierze, tablice, ramki danych. Obiekt funkcji i instrukcje sterujące kolejnością wykonywania poleceń. Rozwiązywanie zagadnienia początkowego z wykorzystaniem pakietu deSolve. Przykłady budowy modeli i zapisu badań modelowych. Pakiet Simulink: bloki operacyjne, budowa schematu operacyjnego, pliki opisu modeli. Realizacja badań modelowych w Matlabie z wykorzystaniem modeli opracowanych w pakiecie Simulink. Badanie stabilności układów ciągłych liniowych. Badanie stabilności schematów różnicowych numerycznego rozwiązywania równań różniczkowych.

#### **Zajęcia laboratoryjne:**

W ramach laboratorium rozwiązywane są typowe zadania modelowania z wykorzystaniem różnych narzędzi programowych. Ćwiczenia laboratoryjne realizowane są w 4 godzinnych jednostkach czasowych. W oddzielnym terminie odbywają się sprawdziany końcowe.

1. Środowisko R – odpowiedzi i portrety fazowe układów dynamicznych. Wprowadzanie wektorów do przestrzeni roboczej. Prezentacja z użyciem funkcji plot, lines, matplot i matlines. Zapis równań stanu. Modelowanie układów ciągłych z wykorzystaniem funkcji ode. Prezentacja przebiegów czasowych i fazowych.
2. Środowisko obliczeń naukowo-technicznych Matlab-Simulink. Wprowadzanie macierzy do przestrzeni roboczej, podstawowe operacje na macierzach, prezentacja graficzna, modelowanie układów ciągłych z wykorzystaniem funkcji całkujących *ode*, budowa modeli układów ciągłych lub dyskretnych za pomocą pakietu Simulink, realizacja eksperymentów. Definiowanie M-plików skryptowych i funkcyjnych.
3. Środowisko obliczeń naukowo-technicznych Matlab-Simulink – optymalizacja parametryczna. Funkcje do rozwiązywania zadań optymalizacji parametrycznej. Przykłady zadań optymalizacji parametrycznej. Zapis funkcji poszukujących rozwiązania zadania optymalizacji parametrycznej. Analiza wyników i porównanie algorytmów.
4. Biblioteka CSL++ – modele układów zdarzeń dyskretnych w koncepcji wyboru działania. Elementy biblioteki CSL++. Modele systemu masowej obsługi. Testy generatorów losowych. Budowa modeli w koncepcji wyboru

działania.

5. Pakiet SimEvents – modele układów zdarzeń dyskretnych w koncepcji interakcji procesów. Elementy pakietu. Budowa sieci stanowisk obsługi w koncepcji interakcji procesów. Badanie typowych charakterystyk statystycznych modeli układów zdarzeń dyskretnych.

6. Środowisko OMNeT++ – modele układów zdarzeń dyskretnych w koncepcji planowania zdarzeń. Opis topologii modelu, elementy biblioteki symulacyjnej. Implementacja algorytmu symulacyjnego. Budowa modeli systemów masowej obsługi i sieci komputerowych. Wykorzystanie narzędzi do prezentacji wyników.

**20. Egzamin:** tak

**21. Literatura podstawowa:**

1. M. Skowronek: Modelowanie cyfrowe. Wyd. 2, Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2012.
2. M. Skowronek – red.: Modelowanie cyfrowe – zadania. Wyd. 2 zmienione. Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2016.

**22. Literatura uzupełniająca:**

1. OMNeT++ 5.4. User Manual. <http://www.omnetpp.org/doc/manual/usman.html>
2. Tyszer J.: Symulacja cyfrowa. WNT, Warszawa 1990.
3. Matlab R2016b – Programming. The MathWorks Inc., 2016.
4. Simulink R2016b – Using Simulink. The MathWorks Inc., 2016.
5. Matlab R2016b – SimEvents. The MathWorks Inc., 2016.
6. Sradomski W.: MATLAB. Praktyczny podręcznik modelowania. Helion, Gliwice, 2015.
7. Biecek P.: Przewodnik po pakiecie R. Wyd. 4, Oficyna Wydawnicza GIS, 2017.
8. Soetaert K., Cash J., Mazzia F.: Solving Differential Equations in R. Springer, 2012.
9. Fishman G. S.: Discrete-Event Simulation: Modeling, Programming and Analysis. Springer-Verlag, New York 2001.

**23. Nakład pracy studenta potrzebny do osiągnięcia efektów kształcenia**

| Lp. | Forma zajęć  | Liczba godzin kontaktowych / pracy studenta |
|-----|--------------|---|
| 1   | Wykład       | 45/45                                       |
| 2   | Ćwiczenia    | 15/15                                       |
| 3   | Laboratorium | 30/30                                       |
| 4   | Projekt      |   |
| 5   | Seminarium   |   |
| 6   | Inne         |   |
|     | Suma godzin  | <b>90/90</b>                                |

**24. Suma wszystkich godzin: 180**

**25. Liczba punktów ECTS: 3+3=6**

**26. Liczba punktów ECTS uzyskanych na zajęciach z bezpośrednim udziałem nauczyciela akademickiego: 3**

**27. Liczba punktów ECTS uzyskanych na zajęciach o charakterze praktycznym (laboratoria, projekty): 2**

**26. Uwagi:**

Zatwierdzono:

.....  
(data i podpis prowadzącego)

.....  
(data i podpis dyrektora instytutu/kierownika katedry/  
Dyrektora Kolegium Języków Obcych/kierownika lub  
dyrektora jednostki międzywydziałowej)