



UNIWERSYTET  
IM. ADAMA MICKIEWICZA  
W POZNANIU

## Języki formalne i złożoność obliczeniowa

### Sylabus zajęć

#### Informacje podstawowe

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kierunek studiów</b><br>Informatyka<br><b>Specjalność</b><br>-<br><b>Jednostka organizacyjna</b><br>Wydział Matematyki i Informatyki<br><b>Poziom studiów</b><br>studia inżynierskie pierwszego stopnia<br><b>Forma studiów</b><br>studia stacjonarne<br><b>Profil studiów</b><br>profil ogólnoakademicki |                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Cykl dydaktyczny</b><br>2024/25<br><b>Kod zajęć</b><br>06INFS.38P.02425.24<br><b>Języki wykładowe</b><br>polski<br><b>Obligatoryjność</b><br>Obowiązkowy<br><b>Blok zajęciowy</b><br>Przedmioty podstawowe |
| <b>Koordynator zajęć</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Maciej Kandulski                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Prowadzący zajęcia</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Maciej Kandulski, Tomasz Kowalski                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Okres</b><br>Semestr 4                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Forma zajęć / liczba godzin / forma zaliczenia</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Wykład: 30, Egzamin</li><li>Ćwiczenia: 15, Zaliczenie z oceną</li><li>Ćwiczenia w salach komputerowych: 15, Zaliczenie z oceną</li></ul> | <b>Liczba punktów ECTS</b><br>5                                                                                                                                                                               |

## Cele kształcenia dla zajęć

| Kod | Cel                                                                                                                                   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C1  | Zaprezentowanie formalnych modeli generowania i rozpoznawania języków (automaty i gramatyki), oraz prezentacja własności tych modeli. |
| C2  | Opis podstawowych własności języków tworzących hierarchię Chomsky'ego.                                                                |
| C3  | Prezentacja rozstrzygalnych i nierozstrzygalnych problemów w teorii języków formalnych.                                               |
| C4  | Wprowadzenie podstawowych pojęć i wyników teorii złożoności obliczeniowej                                                             |
| C5  | Ukazanie użyteczności automatów w praktyce inżynierskiej                                                                              |

## Wymagania wstępne

Podstawowa wiedza z zakresu logiki i teorii mnogości oraz umiejętność programowania w wybranym języku programowania.

## Efekty uczenia się dla zajęć

| Kod                               | Efekty uczenia się dla zajęć w zakresie                                                                                                                                                                                    | Efekty uczenia się dla kierunku                | Metody weryfikacji osiągnięcia efektów uczenia się dla zajęć |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Wiedzy - Student/ka:</b>       |                                                                                                                                                                                                                            |                                                |                                                              |
| W1                                | zna i rozumie podstawowe pojęcia teorii języków formalnych.                                                                                                                                                                | INF_K3_W01, INF_K3_W02                         | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test                     |
| W2                                | zna formalne modele obliczeń (automaty skończone, automaty ze stosem, maszyny Turinga) i ich własności.                                                                                                                    | INF_K3_W02                                     | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test                     |
| W3                                | rozumie pojęcie gramatyki generatywnej oraz zna podstawowe rodzaje gramatyk generatywnych, ich własności i ich związki z automatami. Zna pojęcie wyrażenia regularnego, zna i rozumie jego związek z językami regularnymi. | INF_K3_W01, INF_K3_W02                         | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test                     |
| W4                                | zna i rozumie pojęcie problemu decyzyjnego oraz rozstrzygalnego problemu decyzyjnego. Zna podstawowe algorytmy rozstrzygania dla języków formalnych.                                                                       | INF_K3_W01, INF_K3_W02, INF_K3_W05             | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test                     |
| W5                                | zna modele maszyn Turinga równoważne z modelem podstawowym i rozumie na czym polegają różnice między modelami. Zna i rozumie tezę Churcha.                                                                                 | INF_K3_W01, INF_K3_W02                         | Egzamin pisemny                                              |
| W6                                | zna miary złożoności obliczeniowej, zna podstawowe klasy złożoności obliczeniowej i rozumie relacje między nimi.                                                                                                           | INF_K3_W01, INF_K3_W02, INF_K3_W05             | Egzamin pisemny                                              |
| W7                                | zna i rozumie pojęcie problemów trudnych i zupełnych dla danej klasy problemów. Rozumie konsekwencje rozstrzygnięcia hipotezy $P=NP$ .                                                                                     | INF_K3_W01, INF_K3_W02, INF_K3_W05, INF_K3_W07 | Egzamin pisemny                                              |
| W8                                | zna zalety i możliwości oraz ograniczenia w zastosowaniach automatów w pracy programisty.                                                                                                                                  | INF_K3_W01, INF_K3_W04_inz                     | Test, Projekt                                                |
| <b>Umiejętności - Student/ka:</b> |                                                                                                                                                                                                                            |                                                |                                                              |

| Kod | Efekty uczenia się dla zajęć w zakresie                                                                                         | Efekty uczenia się dla kierunku                | Metody weryfikacji osiągnięcia efektów uczenia się dla zajęć |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| U1  | umie wykonywać operacje na językach formalnych.                                                                                 | INF_K3_U01_inz                                 | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test                     |
| U2  | potrafi konstruować automaty i gramatyki oraz znajdować wyrażenia regularne dla zadanych języków.                               | INF_K3_U01_inz, INF_K3_U06_inz                 | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test                     |
| U3  | umie wykonać determinizację automatu skończenie stanowego.                                                                      | INF_K3_U01_inz                                 | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test                     |
| U4  | potrafi znajdować postaci normalne dla zadanych gramatyk i umie je wykorzystać.                                                 | INF_K3_U01_inz                                 | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test                     |
| U5  | umie zastosować lematy o pompowaniu dla języków regularnych i bezkontekstowych.                                                 | INF_K3_U01_inz                                 | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne                           |
| U6  | umie zastosować algorytm CYK dla rozstrzygnięcia problemu słowa dla języków bezkontekstowych.                                   | INF_K3_U01_inz, INF_K3_U04_inz                 | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne                           |
| U7  | umie pisać programy na maszynę Turinga akceptujące/rozstrzygające języki i liczące funkcje, oraz oszacować złożoność programów. | INF_K3_U01_inz, INF_K3_U04_inz                 | Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne                           |
| U8  | potrafi zanalizować redukcje problemów decyzyjnych.                                                                             | INF_K3_U01_inz, INF_K3_U04_inz                 | Egzamin pisemny                                              |
| U9  | umie stosować automaty w pracy programistycznej.                                                                                | INF_K3_U01_inz, INF_K3_U05_inz, INF_K3_U06_inz | Projekt                                                      |

### Treści programowe dla zajęć

| Lp. | Treści programowe dla zajęć                                                                                                                           | Efekty uczenia się dla zajęć | Formy zajęć                                         |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1.  | Pojęcia podstawowe: alfabet, słowo, język. Operacje na językach.                                                                                      | W1, U1                       | Wykład, Ćwiczenia                                   |
| 2.  | Automaty skończenie stanowe (wersja deterministyczna, niedeterministyczna i z pustym przejściem), język akceptowany przez automat skończenie stanowy. | W2, U2                       | Wykład, Ćwiczenia                                   |
| 3.  | Determinizacja automatu skończenie stanowego i jej koszt. Informacja o automacie minimalnym.                                                          | W2, U3                       | Wykład, Ćwiczenia                                   |
| 4.  | Lemat o pompowaniu dla języków regularnych i jego zastosowanie.                                                                                       | W2, W3, U4, U5               | Wykład, Ćwiczenia                                   |
| 5.  | Wyrażenia regularne i języki oznaczane przez te wyrażenia. Twierdzenie Kleene'ego.                                                                    | W3, U2                       | Wykład, Ćwiczenia, Ćwiczenia w salach komputerowych |
| 6.  | Gramatyki typu 3 (regularne) i ich równoważność z automatami skończenie stanowymi.                                                                    | W3, U2, U4                   | Wykład, Ćwiczenia                                   |
| 7.  | Gramatyki bezkontekstowe i automaty ze stosem. Postaci normalne dla gramatyk bezkontekstowych.                                                        | W2, W3, U2, U4               | Wykład, Ćwiczenia                                   |
| 8.  | Lemat o pompowaniu dla języków bezkontekstowych. Języki poza klasą CF.                                                                                | W2, W3, U5                   | Wykład, Ćwiczenia                                   |

| Lp. | Treści programowe dla zajęć                                                                                                                                                                                  | Efekty uczenia się dla zajęć | Formy zajęć                      |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 9.  | Pojęcie (rozstrzygalnego) problemu decyzyjnego. Problemy rozstrzygalne i nierozstrzygalne dla języków regularnych i bezkontekstowych. Algorytm CYK.                                                          | W4, U6                       | Wykład, Ćwiczenia                |
| 10. | Maszyna Turinga - model podstawowy i modele równoważne. Akceptowanie i rozstrzyganie języków przez maszynę Turinga. Języki akceptowane i rozstrzygane przez maszynę Turinga. Problemy decyzyjne jako języki. | W4, W5, U7                   | Wykład, Ćwiczenia                |
| 11. | Maszyna Turinga jako model obliczeń numerycznych - informacja o tezie Churcha.                                                                                                                               | W5, U7                       | Wykład, Ćwiczenia                |
| 12. | Złożoność czasowa i pamięciowa maszyny Turinga. Klasy czasowej i pamięciowej złożoności obliczeniowej.                                                                                                       | W6, U7                       | Wykład, Ćwiczenia                |
| 13. | Redukowalność, NP-trudność i NP-zupełność. Twierdzenie Cooka-Levina i jego znaczenie. Przykłady problemów NP-zupełnych.                                                                                      | W6, W7, U7, U8               | Wykład, Ćwiczenia                |
| 14. | Hipoteza $P=NP$ i konsekwencje jej prawdziwości/fałszywości. Twierdzenie Savitcha.                                                                                                                           | W6, W7, U8                   | Wykład, Ćwiczenia                |
| 15. | Wybrane zagadnienia z programowania parserów                                                                                                                                                                 | W8, U9                       | Ćwiczenia w salach komputerowych |
| 16. | Automat skończenie stanowy w pracy programisty - struktura w kodzie/pamięci                                                                                                                                  | W8, U9                       | Ćwiczenia w salach komputerowych |

### Informacje dodatkowe

| Forma zajęć                      | Metody i formy prowadzenia zajęć                                                        |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Wykład                           | Wykład z prezentacją multimedialną wybranych zagadnień, Praca z tekstem                 |
| Ćwiczenia                        | Praca z tekstem, Rozwiązywanie zadań (np.: obliczeniowych, artystycznych, praktycznych) |
| Ćwiczenia w salach komputerowych | Rozwiązywanie zadań (np.: obliczeniowych, artystycznych, praktycznych)                  |

| Forma zajęć | Warunki zaliczenia zajęć                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wykład      | <p>Zajęcia zaliczane są na podstawie testu pisemnego, składającego się z części wykładowej i ćwiczeniowej oraz na podstawie dodatkowych aktywności. Ocena wykładu i ćwiczeń przyznawana jest w zależności od liczby uzyskanych punktów na 20 możliwych. 18 punktów uzyskać można z testu, 1 punkt z aktywności podczas ćwiczeń oraz 1 punkt z rozwiązywania zadań domowych. Warunkiem przystąpienia do zaliczenia jest wcześniejsze zaliczenie zajęć laboratoryjnych.</p> <p>Skala ocen jest następująca:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>bardzo dobry (bdb, 5.0) - od 19 do 20 punktów</li> <li>dobry plus (db+, 4.5) - od 17 do 18 punktów</li> <li>dobry (db, 4.0) - od 15 do 16 punktów</li> <li>dostateczny plus (dst+, 3.5) - od 13 do 14 punktów</li> <li>dostateczny (dst, 3.0) - od 10 do 12 punktów</li> <li>niedostateczny (nd, 2.0) - poniżej 10 punktów</li> </ul> |

| Forma zajęć                      | Warunki zaliczenia zajęć                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ćwiczenia                        | <p>Zajęcia zaliczane są na podstawie testu pisemnego, składającego się z części wykładowej i ćwiczeniowej oraz na podstawie dodatkowych aktywności. Ocena wykładu i ćwiczeń przyznawana jest w zależności od liczby uzyskanych punktów na 20 możliwych. 18 punktów uzyskać można z testu, 1 punkt z aktywności podczas ćwiczeń oraz 1 punkt z rozwiązywania zadań domowych. Warunkiem przystąpienia do zaliczenia jest wcześniejsze zaliczenie zajęć laboratoryjnych.</p> <p>Skala ocen jest następująca:</p> <p>bardzo dobry (bdb, 5.0) - od 19 do 20 punktów<br/> dobry plus (db+, 4.5) - od 17 do 18 punktów<br/> dobry (db, 4.0) - od 15 do 16 punktów<br/> dostateczny plus (dst+, 3.5) - od 13 do 14 punktów<br/> dostateczny (dst, 3.0) - od 10 do 12 punktów<br/> niedostateczny (nd, 2.0) - poniżej 10 punktów</p> |
| Ćwiczenia w salach komputerowych | <p>Warunkiem zaliczenia zajęć laboratoryjnych jest uzyskanie z nich oceny pozytywnej. Ocena z zajęć laboratoryjnych przyznawana jest w zależności od liczby uzyskanych końcowych punktów w następujący sposób:</p> <p>bardzo dobry (bdb, 5.0) - od 90% do 100% punktów<br/> dobry plus (db+, 4.5) - od 80% do 89% punktów<br/> dobry (db, 4.0) - od 70% do 79% punktów<br/> dostateczny plus (dst+, 3.5) - od 60% do 69% punktów<br/> dostateczny (dst, 3.0) - od 50% do 59% punktów<br/> niedostateczny (nd, 2.0) - poniżej 50% punktów</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## Literatura

### Obowiązkowa

1. J.E. Hopcroft, R. Motwani, J.D. Ullman: Wprowadzenie do teorii automatów, języków i obliczeń. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005.
2. M. Sipser: Wprowadzenie do teorii obliczeń. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2009.
3. W. Homenda: Elementy lingwistyki matematycznej i teorii automatów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
4. Antoni Kościelski: Teoria obliczeń. Wykłady z matematycznych podstaw informatyki. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1997.

### Dodatkowa

1. G. E. Revesz: Introduction to Formal Languages. McGraw-Hill Book Company, wiele wydań

## Nakład pracy studenta i punkty ECTS

| Rodzaje zajęć studenta           | Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane rodzaje zajęć |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Wykład                           | 30                                                                  |
| Ćwiczenia                        | 15                                                                  |
| Ćwiczenia w salach komputerowych | 15                                                                  |
| Przygotowanie do zajęć           | 10                                                                  |
| Czytanie wskazanej literatury    | 15                                                                  |
| Przygotowanie do zaliczenia      | 15                                                                  |

|                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Przygotowanie do egzaminu           | 25                          |
|                                     |                             |
| <b>Łączny nakład pracy studenta</b> | <b>Liczba godzin</b><br>125 |
| <b>Liczba punktów ECTS</b>          | <b>ECTS</b><br>5            |

\* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

## Efekty uczenia się dla kierunku

| Kod            | Treść                                                                                                                                                                                     |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| INF_K3_U01_inz | Absolwent/ka potrafi zastosować wiedzę matematyczną do formułowania, modelowania, analizowania i rozwiązywania prostych zadań związanych z informatyką                                    |
| INF_K3_U04_inz | Absolwent/ka potrafi opracować, przeanalizować, zaprojektować klasyczne algorytmy i systemy informatyczne                                                                                 |
| INF_K3_U05_inz | Absolwent/ka potrafi pisać, uruchamiać i testować programy w wybranym środowisku programistycznym                                                                                         |
| INF_K3_U06_inz | Absolwent/ka potrafi ocenić, na podstawowym poziomie, przydatność metod i narzędzi informatycznych oraz wybrać i zastosować właściwą metodę i narzędzia do typowych zadań informatycznych |
| INF_K3_W01     | Absolwent/ka zna i rozumie zaawansowane pojęcia z działów matematyki służące do modelowania i rozwiązywania problemów w informatyce                                                       |
| INF_K3_W02     | Absolwent/ka zna i rozumie zaawansowane pojęcia i problemy formujące kanon dyscypliny informatyka                                                                                         |
| INF_K3_W04_inz | Absolwent/ka zna i rozumie zaawansowane pojęcia, konstrukcje i procesy związane z językami programowania i inżynierią programowania                                                       |
| INF_K3_W05     | Absolwent/ka zna i rozumie zaawansowane pojęcia związane z algorytmami i strukturami danych                                                                                               |
| INF_K3_W07     | Absolwent/ka zna i rozumie zaawansowane pojęcia związane z technologiami sieciowymi, bezpieczeństwem i protokołami kryptograficznymi                                                      |