**Nazwa przedmiotu:**

Kompresja danych

**Koordynator przedmiotu:**

Artur Przelaskowski

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Telekomunikacja

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

KODA

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Realizacja przedmiotu obejmuje następujące formy zajęć:
- wykład prowadzony w wymiarze 2 godz. tygodniowo,
- zajęcia projektowe w wymiarze 1 godz. tygodniowo;
- student może ponadto uczestniczyć w cotygodniowych konsultacjach (w wymiarze do 2 godz.).
Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta wygląda następująco:
- udział w wykładach: 30 godz.
- przygotowanie do kolejnych wykładów, rozwiązywanie sygnalizowanych na wykładzie problemów: 20 godzin
- udział w zajęciach projektowych (omówienie projektów, wybór tematu, zaliczanie projektu): 3 godziny
- realizacja projektu (analiza teoretyczna, realizacja algorytmiczna, implementacja, eksperymenty, sprawozdanie): 40 godzin
- udział w konsultacjach: 6 godz. (zakładamy, że student sześciokrotnie w ciągu semestru korzysta z 1-godz. konsultacji dot. wykładu i projektu, w proporcjach 1:2)
- przygotowanie do egzaminu końcowego (rozwiązanie zadań przygotowawczych): 15 godzin

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

Łączny nakład pracy studenta wynosi zatem: 30+ 20 + 3 + 40 + 6 + 15 = 114 godz., co odpowiada ok. 4 punktom ECTS.
W ramach tak określonego nakładu pracy studenta:
- nakład pracy związany z zajęciami wymagającymi bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich wynosi 30 + 3 + 6 = 39 godz., co odpowiada ok. 1.5 punktom ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym wynosi 3 + 40 + 4 = 47 godz., co odpowiada ok. 2 punktom ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 30h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 15h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawy przetwarzania danych (obrazów, dźwięku). Podstawy algorytmów i struktur danych. Podstawy probabilistyki, algebry liniowej i analizy matematycznej.

**Limit liczby studentów:**

100

**Cel przedmiotu:**

Celem jest przekazanie wiedzy i umiejętności z zakresu podstaw teoretycznych oraz metodologii kodowania danych, zasad realizacji prostych algorytmów kompresji, przegląd współczesnych narzędzi i standardów z uwzględnieniem potencjalnych obszarów zastosowań, analiza możliwości oraz kryteriów i sposobów doboru koderów optymalnych dla określonego rodzaju danych, a także sformułowanie współczesnych paradygmatów kompresji. Wśród prezentowanego zarysu teorii użytecznych znajdują się przede wszystkim podstawy teorii informacji w zakresie modeli i reguł obejmujących kodowanie odwracalne oraz zniekształcenia źródeł informacji. Uzupełniają je wybrane zagadnienia analizy funkcjonalnej, teorii aproksymacji oraz przetwarzania i analizy obrazów. Wśród metod omawiane są zasady tworzenia kodów jednoznacznie dekodowalnych, sposoby redukcji nadmiarowości w reprezentacji danych tekstowych, obrazowych, przestrzennych, sekwencji obrazów. Na przykładzie kodu Huffmana oraz arytmetycznego analizowane są problemy związane z implementacją kodeków, ich optymalizacją i pragmatycznym upraszczaniem teoretycznych założeń.

**Treści kształcenia:**

Treść wykładu:
- Wprowadzenie: przegląd różnego typu danych i zbiorów danych oraz formatów ich zapisu, występujących w systemach informatycznych (głównie pliki tekstowe i graficzne, dźwięk, obrazy naturalne, medyczne, czarno-białe, wideo); podstawowe pojęcia z dziedziny kompresji, rozwój nowoczesnych metod kompresji (2h);
- Podstawy teorii informacji: definicje informacji, nadmiarowość, kanał informacji, modele źródeł informacji (m.in. źródło Markowa), miary ilości informacji, twierdzenia o kodowaniu źródeł, reguły i ograniczenia efektywnego kodowania danych, kody jednoznacznie dekodowalne, praktyczne wykorzystanie modeli teoretycznych - kody optymalne, (3h);
- Podstawowe metody kodowania odwracalnego: schematy ogólne i paradygmaty bezstratnych metod kompresji, kodery długości sekwencji, Shannona-Fano, Huffmana (statyczny i dynamiczny), Golomba, przekształcenia BWT i adaptacyjne modele kontekstowe (3h);
- Efektywne metody bezstratnej kompresji danych: kodowanie arytmetyczne (m.in. szybkie kodeki binarne typu BAC i FBAC), słownikowe (m.in. przegląd archiwizerów rodziny ZIP), metody predykcyjne (wstecz, wprzód, DPCM, nieliniowe,), analiza porównawcza skuteczności znanych narzędzi kompresji dla różnego typu danych, przegląd dostępnych bibliotek (m.in. ZLIB, BZIP2, QccPack) (6h);
- Wybrane standardy odwracalnej kompresji obrazów: predykcja 2-D (adaptacyjne modele przełączane, HINT, kilkuetapowe), modelowanie i kwantyzacja kontekstu (CALIC, JPEG-LS), standardy GIF, PNG, JPEG-LS, JBIG (2h);
- Podstawy metod selekcji informacji: teoria zniekształceń źródeł informacji, optymalizacja R-D, średnia informacja wzajemna, metody kwantyzacji, kryteria i metody oceny jakości rekonstrukcji danych, podstawowe cechy skutecznych algorytmów kompresji – elastyczność, interakcja, skalowalność, hierarchia informacji, zagnieżdżanie kodu, sterowana średnia bitowa (2h);
- Metody kompresji nieodwracalnej: stratna predykcja (JPEG-LS), BTC, wektorowa kwantyzacja, kodowanie transformacyjne z DCT (standard JPEG), modyfikacje JPEG-XR, z analizą wielorozdzielczą (EZW, JPEG2000), kompresja map bitowych (JBIG), zasady kodowania dźwięku (AAC), kodowanie wideo (MPEG-2, AVC) (7h);
- Optymalizacja kodeka obrazów: zalety falkowej metody SPIHT, rozszerzenia standardu JPEG2000 (do transmisji bezprzewodowej, kompresji danych przestrzennych, sekwencji obrazów, zabezpieczenia danych), najnowsze koncepcje zaawansowanych koderów obrazów (AIC) (3h);
- Przykłady zastosowań multimedialnych: archiwizacja z kompresją i indeksowaniem, interakcyjne protokoły transmisji obrazów (JPIP) oraz progresja i skalowanie informacji do celów telekonsultacji (2h).
Zakres projektu:
Zadania projektowe obejmują takie aktywności jak studia literaturowe, opracowanie koncepcji i algorytmów kodowania, implementacja poznanych metod kompresji, analiza najnowszych standardów, formatów czy narzędzi (w zakresie algorytmów, dostępnych pakietów oprogramowania, optymalizacja i modyfikacja dostępnych bibliotek, implementacje sprzętowe, projektowanie i realizacja testów weryfikacji narzędzi. Treść poszczególnych zadań projektowych, stale aktualizowanych, należy do jednej z kilku zasadniczych grup tematycznych:
- samodzielna realizacja prostych aplikacji kodeków (według kodu Huffmana, arytmetycznego, Golomba, słownikowego, predykcji, RLE, wykorzystującego BWT) oraz narzędzi wspomagających (do liczenia entropii, do eksperymentalnej weryfikacji określonych kodeków);
- realizacja kodeków złożonych (archiwizery, CALIC, JPEG-LS, kodek falkowy, kodek obrazów z serializacją, JPEG-XR, JPEG2000) oraz monitorów śledzących działanie wybranego algorytmu - z możliwością wykorzystania zewnętrznych bibliotek;
- optymalizacja i testy kodeków złożonych, z wykorzystaniem dostępnych pakietów oprogramowania (JPEG2000, MPEG-2 i MPEG-4, DIRAC, SNOW, kodeki dźwięku CAC, AAC, AC-3, Vobis itp.);
- analiza teoretyczna w zakresie wybranych zagadnień (podstaw wykorzystywanych teorii, specyficznych zastosowań – np. kompresji grafiki, systemy telemedyczne, itd.) i dostępnych narzędzi i usług bazujących na algorytmach kodowania.

**Metody oceny:**

Przedmiot jest zaliczany na podstawie wyników z egzaminu oraz zaliczenia projektu. Ocena końcowa jest średnią ocen uzyskanych z egzaminu oraz projektu.
Egzamin jest oceną pisemnej umiejętności rozwiązywania krótkich
zadań problemowych z zakresu prezentowanej wiedzy.
W ramach projektu student realizuje wybrane zadania z elementami analizy teoretycznej, praktycznej realizacji oraz eksperymentalnej weryfikacji.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Przelaskowski A., "Kompresja danych: podstawy, metody bezstratne, kodery obrazów", Wydawnictwo BTC, str. 258, 2005.
2. A.Przelaskowski, "Kompresja danych", skrypt internetowy, http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/Dydaktyka/koda/skrypt.html
3. A. Przelaskowski, "Falkowe metody kompresji danych obrazowych", Prace Naukowe – Elektronika, z. 138, Oficyna Wydawnicza PW, 2002.
4. K. Sayood, "Kompresja danych. Wprowadzenie", READ ME, 2002.
5. W. Skarbek, "Metody reprezentacji obrazów cyfrowych", Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, W-wa 1993.
6. W. Skarbek (red.), "Multimedia. Algorytmy i standardy kompresji", Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, W-wa 1998.
7. A. Drozdek, "Wprowadzenie do kompresji danych", WNT, 1999.
8. M. Domański, "Zaawansowane techniki kompresji obrazów i sekwencji wizyjnych", Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2000.
9. D. Salomon, "A concise introduction to data compression", Springer, 2008.
10. M. Nelson, "The Data Compression Book", M&T Books, 1991.
11. M. Rabbani, P. W. Jones, "Digital Image Compression Techniques", SPIE Press, 1991.

**Witryna www przedmiotu:**

http://www.ire.pw.edu.pl/~arturp/Dydaktyka/koda/download\_koda.php

**Uwagi:**

Szczególny nacisk położony jest na analizę koderów danych obrazowych, modelowanie danych w przestrzeni obrazu, kontekstowe kodowanie binarne, a także na dobór efektywnych przekształceń w transformacyjnych metodach kodowania. Studenci poznają szczególnie efektywne rozwiązania koderów (np. CALIC, EZW, SPIHT,JPEG-LS), popularne standardy i formaty (ZIP, GIF, PNG, AAC, JPEG, JPEG2000, JBIG, MPEG-2, AVC), jak i nowe propozycje (JPEG\_XR, AIC). Metody kompresji omawiane są na poziomie algorytmu, niekiedy kodu źródłowego w C/C++, szczegółów aplikacyjnych, kosztów czasowych i sprzętowych, użyteczności oraz możliwych modyfikacji. Szczególnie istotne jest omówienie kluczowych paradygmatów, porządkujących i systematyzujących najbardziej obiecujące koncepcje kodowania.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

Student, który zaliczył przedmiot potrafi syntetycznie scharakteryzować podstawy teorii kompresji danych, obejmujące zasadnicze elementy teorii informacji, teorii zniekształceń źródeł informacji oraz teorii aproksymacji

Weryfikacja:

egzamin/zaliczenie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03, K\_W07, K\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

**Charakterystyka W2:**

zna podstawowe algorytmy kompresji danych, bezstratnej i z selekcja informacji, a także obowiązujące paradygmaty kompresji oraz metody kompresji wykorzystywane w standardach rodziny JPEG i MPEG

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W13, K\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

potrafi projektować i realizować algorytmy wybranych metod kompresji danych, dobierać parametry i formy implementacji metod znanych, a także realizować własne pomysły w zakresie kompresji danych

Weryfikacja:

egzamin/zaliczenie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U06, K\_U09, K\_U10, K\_U12, K\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.3.o, I.P7S\_UW, I.P7S\_UK

**Charakterystyka U2:**

potrafi wykorzystać potencjał metod kompresji w określonych zastosowaniach oraz dobrać metodę lub narzędzie kompresji do zastosowania wykorzystując znane cechy algorytmów oraz właściwości możliwych do wykorzystania modeli źródeł informacji

Weryfikacja:

egzamin/zaliczenie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U08, K\_U10, K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o

**Charakterystyka U3:**

potrafi ocenić skuteczność metod kompresji dobierając właściwą miarę, kryterium, zbiór testowy oraz procedurę testu weryfikacyjnego

Weryfikacja:

zaliczenie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08, K\_U14, K\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.1.o, I.P7S\_UO, III.P7S\_UW.4.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K1:**

potrafi sprawozdać rezultaty pracy własnej i zespołowej oraz konfrontować rezultaty pracy własnej i zespołowej ze specyfiką zastosowań

Weryfikacja:

zaliczenie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_KO