**Nazwa przedmiotu:**

Kompresja danych

**Koordynator przedmiotu:**

Grzegorz Pastuszak

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Informatyka

**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
Łączny nakład pracy studenta wynosi zatem: 30+ 20 + 3 + 40 + 6 + 15 = 114 godz., co odpowiada ok. 4 punktom ECTS.

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

- udział w wykładach: 30 godz.
- udział w zajęciach projektowych (omówienie projektów, wybór tematu, zaliczanie projektu): 3 godziny
- 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)
w sumie 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:**

- 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: 4 godz. (zakładamy, że student sześciokrotnie w ciągu semestru korzysta z 1-godz. konsultacji dot. wykładu i projektu, w proporcjach 1:2)
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 wykładu jest omówienie podstaw teoretycznych oraz metod kodowania danych, zasad realizacji prostych algorytmów kompresji, przegląd współczesnych narzędzi i standardów z uwzględnieniem potencjalnych obszarów zastosowań, analiza możliwości oraz kryteriów doboru koderów optymalnych dla określonego rodzaju danych, a także sformułowanie współczesnych paradygmatów kompresji. Zarys użytecznych teorii obejmuje podstawy teorii informacji (modele, reguły kodowania i zniekształceń źródeł) oraz elementy analizy funkcjonalnej, teorii aproksymacji oraz przetwarzania sygnałów. Zagadnienia implementacji omawiane są na przykładzie kodów Huffmana oraz arytmetycznego. Szczególny nacisk położono na analizę kodeków danych obrazowych, modelowanie danych w przestrzeni obrazu, transformacje i kodowanie kontekstowe. Studenci poznają algorytmy m.in. CALIC, EZW, JPEG-LS, JPEG, JPEG2000, JPEG\_XR, ZIP, PNG, JBIG, WebP, rodziny MPEG.

Spodziewane efekty kształcenia to zdobycie syntetycznej i pragmatycznej wiedzy w zakresie nowoczesnych i użytecznych metod kompresji danych multimedialnych, umiejętność konstrukcji efektywnych algorytmów kompresji różnego przeznaczenia, optymalizacji metod bazujących na otwartych bibliotekach według kryteriów dopasowanych do charakteru zastosowań, a także projektowania i realizacji testów oceny efektywności technik kompresji odwracalnej i nieodwracalnej, z analizą wyników i formułowaniem wniosków.

**Treści kształcenia:**

Treść wykładu

Wprowadzenie: przegląd i charakterystyka różnego typu danych
wykorzystywanych do przekazu informacji, form ich reprezentowania
(formaty, protokoły) w systemach informatycznych (głównie pliki
tekstowe i graficzne, dźwięk, obrazy naturalne, medyczne, czarno-białe,
wideo); podstawowe pojęcia z dziedziny kompresji, kierunki rozwoju
nowoczesnych metod kompresji (2h).

Podstawy teorii informacji: definicje informacji, pojęcia
nadmiarowości, kanału przekazu informacji, modele źródeł informacji
(m.in. źródła 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, WebP, 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 itp.) 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 itp.) 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, strumieniowania w systemach telemedycznych, itd.) i dostępnych
narzędzi oraz 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:**

https://usosweb.usos.pw.edu.pl/kontroler.php?\_action=katalog2/przedmioty/pokazPrzedmiot&prz\_kod=103D-xxxxx-MSP-KODA; 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

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04, K\_W09, K\_W11

**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\_W04, K\_W09

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

### 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\_U01, K\_U11, K\_U13

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

**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\_U07, K\_U09, K\_U11

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

**Charakterystyka U3:**

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

Weryfikacja:

egzamin/zaliczenie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U08, K\_U09, K\_U10, K\_U13

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