שם הקורס: עיבוד תמונה ולמידה עמוקה –

מרצה: ד"ר אסף שפנייר

שעות קבלה: בתאום מראש

דרישות קדם לקורס:

- 10077 מבוא למחשוב מדעי
- 10008 אלגוריתמים 2
- 10016 הסתברות וסטטיסטיקה 2

תיאור הקורס:
קורס זה מהווה מבוא מקיף לעקרונות ולטכניקות של עיבוד תמונה דיגיטלית ולייישומים של למידה עמוקה בתחום. הקורס יכסה הן שיטות קלאסיות בעיבוד תמונה, כגון יסודות תמונה דיגיטליים, טרנספורמציות תמונה, שיפור תמונה ושחזור, והן מודלים מתקדמים של למידה עמוקה לניתוח והבנה של תמונות. דגש יושם על יישומים מעשיים לפתרון בעיות מהעולם האמיתי, תוך שילוב כלים מודרניים וספריות קוד פתוח.

יעדי הקורס:

- הצגת העקרונות הבסיסיים של עיבוד תמונה דיגיטלי והתיאוריה והאלגוריתמים העומדים בבסיס מגוון משימות הכוללות רכישה והיווצרות, שיפור, פילוח וייצוג.
- הבנה אלגוריתמית של עיבוד תמונה דיגיטלית.
- הקניית ידע בסיסי במושגי יסוד של למידה עמוקה, ובפרט רשתות נוירונים קונבולוציוניות (CNNs).
- פיתוח יכולת ליישם פתרונות משולבים של עיבוד תמונה ולמידה עמוקה למשימות כגון סיווג, זיהוי וסגמנטציה של תמונות.

תוצאות הלמידה בקורס:
בסוף קורס זה התלמידים יוכלו:

- להסביר כיצד מיוצגות תמונות דיגיטליות וכיצד מתבצעות עליהן מניפולציות במחשב, כולל קריאה, כתיבה והצגה.
- לכתוב תוכניות המיישמות אלגוריתמים בסיסיים לעיבוד תמונה.
- לתאר מתמטית טכניקות עיבוד תמונה ולדעת כיצד לעבור ממשוואה לקוד.
- להסביר עקרונות של רשתות נוירונים קונבולוציוניות (CNNs) וליישם מודלים בסיסיים של למידה עמוקה למשימות כמו סיווג וזיהוי אובייקטים בתמונות, תוך שימוש בספריות מתאימות. (מורחב מ-)
- להכיר ספריות קוד פתוח רלוונטיות (כגון OpenCV, TensorFlow/Keras או PyTorch) ולדעת כיצד להשתמש בהן למימוש אלגוריתמים.

קורס זה מתייחס לתוצרי הלמידה הבאים של תוכנית הנדסת תוכנה:

- יכולת ליישם ידע בתחום המחשוב והמתמטיקה המתאים לתחום.
- יכולת לנתח בעיה ולזהות את דרישות המחשוב המתאימות לפיתרון שלה.
- יכולת לתכנן, ליישם ולהעריך מערכת, תהליך, רכיב או תוכנית מבוססי מחשב על מנת לענות על הצרכים הרצויים.
- יכולת ליישם יסודות מתמטיים, עקרונות אלגוריתמיים ותורת מדעי המחשב של מערכות מבוססות מחשב באופן המדגים את הבנתם.

נושאי הלימוד:

1. מבוא לעיבוד תמונה וללמידה עמוקה: ייצוג תמונה, דגימה, קוונטיזציה והיסטוגרמות, הקשר בין עיבוד תמונה קלאסי ללמידה עמוקה.
2. פעולות מרחביות: קונבולוציות ופילטרים לינאריים ולא לינאריים, שיפור תמונה בתחום המרחבי (טרנספורמציות גוון אפור, עיבוד היסטוגרמה, החלקה וחידוד).
3. פעולות גיאומטריות: טרנספורמציות של קואורדינאטות, image warping.
4. זיהוי מאפיינים בתמונות (**Classical vs. Learned):** Correlation, RANSAC, Hough Transform, SIFT, HARRIS, והשוואה למאפיינים הנלמדים על ידי רשתות עמוקות.
5. מרחב התדר ופורייה: טרנספורם פורייה, משפט הקונבולוציה ויישומים בסיסיים.
6. יסודות הלמידה העמוקה: מבוא לרשתות נוירונים, פונקציות הפעלה, פונקציות הפסד, אלגוריתם Backpropagation, אופטימיזציה (SGD, Adam), אימון, ולידציה ובדיקה.
7. רשתות נוירונים קונבולוציוניות (**CNNs):** ארכיטקטורות בסיסיות (לדוגמה LeNet, AlexNet), שכבות קונבולוציה, שכבות Pooling, שכבות Fully Connected, Batch Normalization, Dropout.
8. יישומים של למידה עמוקה בעיבוד תמונה:
   - סיווג תמונות (Image Classification).
   - זיהוי אובייקטים (Object Detection) - מבוא (לדוגמה R-CNN, YOLO).
   - סגמנטציה סמנטית (Semantic Segmentation) - מבוא (לדוגמה FCN, U-Net).
9. טכניקות אימון מתקדמות:.Transfer Learning, Data Augmentation
10. עיבוד תמונה מורפולוגית: התרחבות ושחיקה, פתיחה וסגירה.
11. פילוח תמונות: איתור אי-רציפות, קישור קצה וגילוי גבול, סף, פילוח מבוסס אזור.
12. שחזור תמונות.
13. נושאים נוספים בעיבוד תמונה: פירמידות, תמונות פנורמה והדבקות, אלגוריתמים בגרפים (Dijkstra, A*).
14. תרגול מעשי:Python, OpenCV , וספריות למידה עמוקה (לדוגמה TensorFlow/Keras או PyTorch). (מבוסס על)
15. אופציונלי:Bilateral Filtering, NLM, BM3D, Guided filter, Sparse Coding , רשתות GANs, Attention models.

ציון:

- **25%** -- כ-5 תרגילי תכנות ב-Python עם שימוש ב-OpenCV וספריות למידה עמוקה. (במקרה של פחות תרגילים -- כל תרגיל יקבל חלק גדול יותר בציון). ההגשה ביחידים בלבד!
- **75%** -- מבחן בית / פרויקט סיום המשלב היבטים של עיבוד תמונה ולמידה עמוקה. הגשה ביחידים.
- לפחות פעם אחת (וכנראה פעמיים) באמצע הסמסטר ייערך מבחן יחידני בעל פה (בזום) לכל אחד מהסטודנטים על מנת לוודא שהתרגילים אכן בוצעו באופן יחידני והסטודנטים שולטים בחומר. סטודנט שלא יוכל לענות בצורה מספקת על התרגיל אותו הגיש, ציון התרגיל ייפסל.
- בסיום הסמסטר ייערך מבחן יחידני בעל פה (בזום) לכל אחד מהסטודנטים על מנת לוודא שפרויקט הסיום אכן בוצע באופן יחידני והסטודנט שולט בחומר. סטודנט אשר לא יוכל לענות בצורה מספקת על הפרויקט אותו הגיש – זה יפגע בציון הפרויקט.

דגשים נוספים:

- יש לקבל ציון "עובר" בפרויקט על מנת לקבל ציון "עובר" בקורס.
- התנאי לחישוב התרגילים בציון הקורס, הוא קבלת ציון "עובר" בפרויקט.
- ציון התרגילים אינו מגן; ייתכן שציון בפרויקט יהיה "עובר" אבל ציון הקורס יהיה "נכשל".
- בכל מקרה לא יתקבלו תרגילים מעבר ליום האחרון של הסמסטר.
- סטודנט שחוזר על הקורס מחויב בהגשה חוזרת של כל התרגילים והפרויקט.

ביבליוגרפיה (ראשונית):

- Image Processing: The Fundamentals / Maria Petrou & Costas Petrou, 2010.
- Deep Learning / Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, MIT Press.
- Dive into Deep Learning / Aston Zhang, Zachary C. Lipton, Mu Li, and Alexander J. Smola.[1]
- Python for Data Analysis / Wes McKinney, O'Reilly Media.
- Doklearnopencv: https://github.com/spmallick/learnopencv
- Scikit-image documentation: http://scikit-image.org/docs/stable/
- OpenCV imgproc documentation: https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/imgproc.html (וכן גרסאות עדכניות יותר)
- TensorFlow documentation: https://www.tensorflow.org/learn
- PyTorch documentation: https://pytorch.org/tutorials/