

משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה
הפיקוח על מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
ומגמת מערכות בקרה ואנרגיה

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים
התמחות מערכות אלקטרוניות

תכנית לימודים לבחירה

עיבוד ספרתי של אותות

סמל מקצוע 11.9114

כיתה י"ד

דרישות מוקדמות

ללימוד החלופה נדרש ידע בנושאים האלה :

1. מספרים מרוכבים – נלמד במסגרת המקצוע "מתמטיקה".
2. דגימה – נלמד במסגרת המקצוע "מערכות תקשורת א' - תקשורת ספרתית" בכיתה י"ג.
3. "מסננים תקביליים" – נלמד במסגרת המקצוע "תקשורת תקבילית" בכיתה י"ג.
4. "ספקטרום" – נלמד במסגרת המקצוע "תקשורת תקבילית" בכיתה י"ג.
5. מבנה תמונה, צילום, מבנה העין, קוד RGB וקוד CCD – נלמד במסגרת המקצוע "מערכות תקשורת ב' " בפרק הדן במערכות חו"ז. המקצוע נלמד במקביל ללימוד חלופה זו בכיתה י"ד.

תכנית הלימודים במקצוע
עיבוד ספרתי של אותות – 96 שעות

כיתה י"ד

| <u>מספר שעות</u> | <u>ראשי פרקים</u> |
|------------------|---|
| | הקדמה |
| 1 | 1. מבוא לעיבוד ספרתי של אותות |
| | חלק א' – מבוא לאותות ומערכות |
| 9 | 2. אותות |
| 5 | 3. דגימת אותות |
| 9 | 4. מערכות בסיסיות |
| | חלק ב' – מבוא לעיבוד ספרתי של אותות |
| 5 | 5. הצגת אותות במישור התדר |
| 3 | 6. שחזור אותות |
| 9 | 7. התמרה של אותות דגומים למישור התדר וניתוחם – DFT/FFT |
| 5 | 8. מסננים תקביליים |
| 24 | 9. מסננים ספרתיים |
| | חלק ג' – עיבוד של אות שמע ואות חוזי |
| 14 | 10. עיבוד קול |
| 12 | 11. עיבוד תמונה |
| 96 | סך-הכול |

שעה אחת

1. התפתחות ורקע היסטורי

- 1.1 התפתחות הצורך בעיבוד ספרתי של אותות.
- 1.2 ההשפעה של התפתחות המחשב על עיבוד אותות.
- 1.3 הצגת התחומים השונים שנעשה בהם עיבוד ספרתי של האותות הספרתיים :
תקשורת, טלפוניה, שימושים צבאיים, שימושים רפואיים, שימושים תעשייתיים, מיפוי באמצעות לוויינים.

חלק א' – מבוא לאותות ומערכות

10 שעות

2. אותות

- 2.1 הגדרת אותות
 - 2.1.1 הגדרה של אות דיבור ושל צלילים, הגדרה של אות חוזי.
 - 2.1.2 הגדרה של אות רציף ואות בדיד, דרכים לייצוג מתמטי וגרפי של האותות.
 - 2.1.3 סוגים שונים של אותות רציפים ובדידים: אות רציף בעל עוצמה רציפה, אות רציף בעל עוצמה בדידה, אות בדיד בעל עוצמה רציפה, אות בדיד בעל עוצמה בדידה.
- 2.2 התנהגות של אותות בזמן רציף
 - 2.2.1 אות סינוסיאדלי: ייצוג מתמטי וגרפי של אות סינוסיאדלי.
 - 2.2.2 התכונות המתמטיות של הפונקציות \cos ו- \sin , ייצוג של זוויות הפונקציות ברדיאנים ובמעלות, מחזוריות, זוגיות ואי-זוגיות, נקודות חיתוך עם הצירים, נקודות קיצון.
 - 2.2.3 פונקצית מדרגה: הגדרה, תיאור מתמטי וגרפי, תיאור של חלון מלבני כסכום או כהפרש של פונקצית מדרגה.
 - 2.2.4 פונקצית הלם: הגדרה, תיאור מתמטי וגרפי, הצגת התלות המתמטית והקשר הגרפי בין אות מדרגה לאות הלם.
 - 2.2.5 אות מעריכי (אקספוננציאלי): הגדרה, תיאור של אותות נפוצים, e^t , e^{-t} .
- 2.3 התנהגות של אותות בזמן בדיד
 - 2.3.1 פונקצית מדרגה: הגדרה, תיאור מתמטי וגרפי.
 - 2.3.2 פונקצית הלם: הגדרה, תיאור מתמטי וגרפי, הצגת התלות המתמטית והקשר הגרפי בין אות מדרגה לאות הלם, הצגת התלות המתמטית והקשר הגרפי בין אות הלם לאות מדרגה.

- 2.3.3 אות גיאומטרי ואות מעריכי: הגדרות, תיאור של אותות נפוצים.
- 2.3.4 אות סינוסיאדלי: הגדרה, תיאור מתמטי וגרפי.
- 2.3.5 ייצוג של אותות בדידים כסכום של אותות הלים: אות מדרגה, אות גל ריבועי ואות גיאומטרי.
- 2.4 הצגה והסבר של התכונות וההתמרות של אותות
 - 2.4.1 הגדרה מילולית ומתמטית ומתן דוגמאות לתכונות הבאות של אותות בעבור זמן רציף ובעבור זמן בדיד: מחזוריות, זוגיות (סימטריות), חילופין, סיבתיים, אות חסום, משך סופי ומשך אינסופי.
 - 2.4.2 הגדרה מילולית ומתמטית להתמרות שונות של אותות. הסבר גרפי של ההתמרות האלה:
 - (א) התמרות של המשתנה הבלתי תלוי "זמן": הזזה בזמן, כיווץ והרחבה, תמונת ראי.
 - (ב) התמרות של המשתנה התלוי $S(t)$: הוספת רכיב של מתח ישר (DC offset), הגבר/נייחות והיפוך מופע.
- 2.5 ייצוג של אותות סינוסיאדליים במישור המרוכב
 - 2.5.1 ייצוג של אות סינוסיאדלי כפאזור.
 - 2.5.2 חיבור פאזורי של אותות סינוסיאדליים.

5 שעות

3. דגימת אותות

- 3.1 דגימת אותות רציפים
 - 3.1.1 הסבר של משמעות פעולת הדגימה והגדרה שלה.
 - 3.1.2 תיאור מתמטי ותיאור גרפי של אות דגום.
- 3.2 דגימת אותות סינוסיאדליים ותופעת ההתחזות (Aliasing).
 - 3.2.1 דגימת אותות סינוסיאדליים והדגמת תופעת ההתחזות.
 - 2.2. תיאור הספקטרום של אות סינוסיאדלי ושל אות סינוסיאדלי דגום.
- 3.3 חזרה על משפט הדגימה של נייקוויסט (שאנון):
 - 3.3.1 הגדרה של משפט הדגימה.
 - 3.3.2 דגימת אותות בעלי רוחב סרט סופי, דגימת אותות בעלי רוחב סרט לא סופי.
 - 3.3.3 דגימה של אותות בקצבים הגבוהים מקצב נייקוויסט ודגימה של אותות בקצבים הנמוכים מקצב נייקוויסט.
 - 3.3.4 הדגמת הספקטרום של אות סינוסיאדלי דגום בקצב גבוה מקצב נייקוויסט והדגמת הספקטרום של אות סינוסיאדלי דגום בקצב נמוך מקצב נייקוויסט.

3.3.5 הצגת הצורך במסנן מעביר נמוכים, L.P.F., כדי להקטין את העיוותים הנגרמים בשל דגימה בקצב נמוך מקצב נייקוויסט, הסבר עקרוני של פעולת המסנן והנדרש ממנו.

10 שעות

4. מערכות בסיסיות

- 4.1 הכרה של הקריטריונים לסיווג מערכות ליניאריות, קבועות זמן, סיבתיות, בעלות זיכרון, הופכיות, יציבות. הקריטריונים יודגמו עבור מערכות בזמן רציף ומערכות בזמן בדיד.
- 4.2 דרכים לתיאור של מערכות ליניאריות, קבועות זמן, בזמן בדיד, LTI – Linear & Time Invariant.
- 4.2.1 תיאור של מערכת באמצעות אבני בניין בסיסיות: הצורך, הגדרת המושג הגבר, הגדרת המושג השהיה.
- 4.2.2 הרכבת מערכת באמצעות אבני בניין בסיסיות.
- 4.2.3 תיאור של מערכת באמצעות משוואות הפרשים.
- 4.2.4 הסבר של אופן המעבר מתיאור של מערכת באמצעות אבני הבניין הבסיסיות לתיאור של מערכת באמצעות משוואות הפרשים, הסבר של אופן המעבר מתיאור של מערכת באמצעות משוואות הפרשים לתיאור באמצעות אבני בניין בסיסיות.
- 4.3 חישוב של אות המוצא של מערכת נתונה
- 4.3.1 חישוב של אות המוצא של מערכת חסרת זיכרון ושל מערכת בעלת זיכרון מתוך ידיעת משוואת הפרשים ומתוך ידיעת אות המבוא.
- 4.3.2 חישוב של אות המוצא של מערכת בעבור אותות מבוא מסוג הלם ומדרגה.
- 4.4 הצגת התכונות של פעולת הקונבולוציה ותרגול השימוש בה בזמן בדיד.
- 4.4.1 הצגת התכונות של פעולת הקונבולוציה במערכות מסוג LTI.
- 4.4.2 חישוב הערך של אות המוצא של מערכת מתוך ידיעת ערכו של אות המבוא ומתוך ידיעת ערכה של תגובת ההלם במערכת.

חלק ב' – מבוא לעיבוד ספרתי של אותות

5.5. הצגת אותות במישור התדר 5 שעות

5.1 הצגת אותות סינוסיאדליים במישור התדר

- 5.1.1 תיאור של אות סינוסיאדלי בודד במישור התדר.
- 5.1.2 הגדרה של המושגים הרמוניה, ספקטרום ורוחב סרט.
- 5.1.3 ייצוג של סכום אותות סינוסיאדליים במישור התדר.

5.2 טורי פורייה

- 5.2.1 אופן ההצגה, ללא הוכחה, של אותות מחזוריים בזמן, במישור התדר (טורי פורייה) .
- 5.2.3 הצגה של התמרת פורייה לאותות מחזוריים רציפים יסודיים.
- 5.2.4 הגדרה של התמרת פורייה, חישוב של התמרת פורייה לחלון מלבני.
- 5.2.5 אופן הצגת אותות לא מחזוריים בזמן במישור התדר.
- 5.2.6 הצגה, ללא הוכחה, של התמרת פורייה לאותות לא מחזוריים יסודיים.
- 5.2.7 הצגה התכונות של התמרת פורייה.

6.6. שחזור אותות 3 שעות

6.1 משחזר אידיאלי

- 6.1.1 הסבר למהותו של משחזר
- 6.1.2 משחזר אידיאלי, מסנן מעביר נמוכים אידיאלי (LPF) כמשחזר אידיאלי, הסבר לסיבה מדוע לא ניתן לממש משחזר אידיאלי*.

6.2 משחזרים מעשיים

- 6.2.1 הגדרה, תיאור מתמטי וגרפי.
- 6.2.2 הצגת משחזר מסדר אפס (ZOH – Zero Order Hold), דוגמאות למימוש, תיאור של התגובה להלם, תיאור של דרך לשיפור ביצועי המשחזר באמצעות הוספת מסנן מעביר נמוכים למעגל.
- 6.2.3 הצגת משחזר מסדר ראשון (FOH – First Order Hold).

7.7. התמרת פורייה לאותות בדידים 9 שעות

* בשלב זה יש ללמד את עקרונות הפעולה של מסנן אידיאלי ללא מימוש

- 7.1 התמרת פורייה לאות דגום (Discrete-time Fourier transform (DTFT).
- 7.1.1 הגדרה מתמטית.
- 7.1.2 תיאור התכונות של ההתמרה (הדגשת תכונת המחזוריות של ההתמרה הנצפית בספקטרום התדרים).
- 7.1.3 תיאור הספקטרום של אותות רציפים ואותות דגומים והצגת הקשר ביניהם.
- 7.1.4 הצגת שחזור אידיאלי במישור התדר.
- 7.2 התמרת פורייה לאות בדיד, (Discrete Fourier transform (DFT).
- 7.2.1 הצגת התמרת פורייה לאות בדיד כדגימת הספקטרום של האות: הגדרה, ייצוג של ההתמרה באמצעות משוואות אלגבריות (אלגברה ליניארית) וחישוב של המקדמים.
- 7.2.2 התכונות של התמרת פורייה לאות בדיד.
- 7.2.3 ריפוד באפסים (Zero Padding) במישור ה"זמן" ובמישור ה"תדר" ומשמעותם.
- 7.3 התמרת פורייה מהירה – (Fast Fourier transform (FFT)
- 7.3.1 הצגת הצורך בהתמרה, תיאור של תהליך ביצוע ההתמרה והצגת דוגמה.
- 7.3.2 תיאור של היבטים מעשיים של התמרת פורייה מהירה: סידור של אותות מבוא ושל אותות

$$\cdot W_N^{-kn} = e^{-\frac{j2\pi kn}{N}}$$

מוצא, חישוב ההתמרה של המספרים המרוכבים

5 שעות

8. מסננים תקביליים (אנלוגיים)

- 8.1 חזרה על תכונות של מסננים
- 8.1.1 הגדרה של מסנן.
- 8.1.2 סיווג של מסננים על-פי תפקידם: מעביר נמוכים, מעביר גבוהים, מעביר פס, חוסם פס, מסנן חריץ – Notch filter.
- 8.1.3 הגדרות והסברים למושגים: תדר הקיטעון, סדר המסנן, תחום ההעברה, תחום החסימה, תחומי המעבר (בין העברה לחסימה), גליות בתחום ההעברה ובתחום החסימה, נייחות בתחום ההעברה ובתחום החסימה.
- 8.1.4 מסנני קבל סליל LC (חזרה): תיאור התכונות, פונקציית התמסורת, התגובה בזמן והזזת פאזה של מסננים מסוג בטרוררת', צ'בישב, ומסנן אליפטי.

8.2 רשות תכנון של מסנן פסיבי

- 8.2.1 תכנון של מסנן מסדר ראשון עם קוטב יחיד, תיאור של נתוני המבוא, חישוב של פונקציית התמסורת, חישוב של התנהגות הפאזה ויציבות המסנן.

8.2.2 תכנון של מסנן מסדר שני, תיאור של נתוני המבוא. חישוב של פונקציית התמסורת, תיאור התנהגות הפאזה בתחום המעבר ובתחום החסימה, תיאור של יציבות המסנן.

24 שעות

9. מסננים ספרתיים

- 9.1 מבוא למסננים ספרתיים
- 9.1.1 תיאור של המסנן הספרתי ושל הפרמטרים שלו.
 - 9.1.2 תיאור של תפקיד המסנן הספרתי במעגל להפרדת אותות.
 - 9.1.3 תיאור של היתרונות הביצועיים של מסנן ספרתי על-פני מסנן אנלוגי.
 - 9.1.4 הצגת פונקציית התמסורת ותגובת התדר של מסנן ספרתי.
 - 9.1.5 תיאור של עקרונות הפעולה, ההבדלים באופן המימוש ובאופן השימוש, יתרונות וחסרונות עבור המסננים הספרתיים האלה: מסנן (Infinite Impulse Response) IIR. ומסנן FIR (Finite Impulse response).
- 9.2 תכונות ואפיון של מסננים ספרתיים
- 9.2.1 תיאור הפרמטרים של המבוא למסנן ספרתי בתחום הזמן: מהירות התגובה, זמן העלייה, תגובת יתר (OVERSHOOT), פרמטרים של שמירת הפאזה.
 - 9.2.2 תיאור של מאפייני המסנן הספרתי בתחום התדר (בדומה למסנן תקבילי): תדרי קיטעון, תחום ההעברה, תחום החסימה, תחומי המעבר (בין העברה וחסימה), גליות ונייחות בתחומי ההעברה והחסימה, סדר המסנן.
- 9.3 מסנן מסוג FIR
- 9.3.1 תיאור של מסנן מסוג FIR ותיאור נתוני המבוא שלו.
 - 9.3.2 תכנון של מסנן FIR בתחום הזמן.
 - 9.3.3 תיאור של מסנן עם ממוצע נע, הצגת יתרון הפשטות בתכנון והחיסרון בתגובת התדר.
 - 9.3.4 תיאור של הרכבת מסנן FIR באמצעות אבני הבניין היסודיות (השהיה, הגברה, סיכום).
 - 9.3.5 תכנון של מסנן FIR בתחום התדר.
 - 9.3.6 תיאור של מסנן עם "חלון" SINC, תיאור היתרון של המסנן בתגובת התדר המעולה שלו, תיאור החיסרון של המסנן בזמני התגובה.
 - 9.3.7 תיאור של עקרון התכנון המאפשר את תגובת התדר ה"שטוחה" של המסנן בתחום המעבר ונייחות אינסופי בתחום החסימה.
 - 9.3.8 תיאור של חלונות מסוג: מלבני, משולש, BLACKMAN ו-HAMMING ואופן השימוש בהם לשם תכנון מסננים.

| | |
|-------|--|
| 9.3.9 | תיאור של תהליך התכנון של מסנן FIR באמצעות חלונות. |
| 9.4 | מסנן מסוג IIR |
| 9.4.1 | תיאור של המבנה והשימוש במסנן מסוג IIR. תיאור של נתוני המבוא למסנן. |
| 9.4.2 | אפיון של מסנן IIR מבחינת אופן מימושו (באמצעות תהליך רקורסיבי) ומהירות פעולתו. |
| 9.4.3 | תיאור של התהליך למימוש מסנן בשיטה רקורסיבית, הצגת משוואת הרקורסיה ומקדמי הרקורסיה. |
| 9.4.4 | הצגה של מסנן רקורסיבי בעל קוטב יחיד, השוואה בינו ובין מסנן תקבילי פסיבי (הממומש באמצעות נגד וקבל) מבחינת יציבות המסנן והתגובה למדרגה. |
| 9.4.5 | <u>רשות</u> הצגה של מסנן רקורסיבי צר סרט, אפיון של המסנן וסרטוט ותגובת התדר. |
| 9.4.6 | <u>רשות</u> הצגת המבנה של מסנן רקורסיבי בעל שני קטבים. |
| 9.5 | השוואה בין מסנן FIR למסנן IIR |
| 9.5.1 | הצגת היתרונות והחסרונות של המסננים מבחינת היציבות, סדר המסנן, הפאזה, הרגישות לרעשים והפרשי הפאזה. |
| 9.5.2 | <u>רשות</u> השוואה בין תהליכי התכנון של מסנן IIR לתהליכי התכנון של מסנן FIR. |
| 9.5.3 | <u>רשות</u> השוואה בין הביצועים של מסנן IIR לביצועים שלו כאשר הוא פועל כמסנן FIR. |
| 9.6 | <u>רשות</u> תכנון של מסננים ספרתיים על-פי דרישות נתונות |
| 9.6.1 | תכנון של מסננים על-פי הדרישות האלה: תדר הקיטעון, תחום החסימה, תחום ההעברה, הגליות וגורמי הצורה. |
| 9.7 | <u>רשות</u> הופעת שגיאות במסננים ספרתיים |
| 9.7.1 | הופעה של שגיאות במוצא המסנן בשל כימוי של ערכי אות המבוא, גלישה, שגיאה במקדמי המסנן בשל כימוי, הופעה של שגיאות כימוי במוצא המסנן בשל פעולות אריתמטיות במילים בעלות אורך סופי. |
| 9.7.2 | הופעה של שגיאות במסנן בשל פעולות אריתמטיות בשיטת הייצוג נקודה קבועה, Fixed Point, ובשיטת הייצוג נקודה צפה, Floating point. |
| 9.7.3 | מניעת גלישה במסנן על-ידי פעולת כיוול - scaling. |
| 9.7.4 | הצגה של תופעת ה-Limit Cycle במסנני IIR. |
| 9.8 | מעבדי DSP |
| 9.8.1 | הצגה של המבנה והמאפיינים של מעבד DSP. |
| 9.8.2 | הכרת השיטות לייצוג מספרים והכרת אופן הביצוע של פעולות אריתמטיות במעבד. |
| 9.8.3 | הכרת אופן הארגון של מבנה הזיכרון, שיטות מיעון ו-Pipeline במעבד. |

9.8.4 הכרה של התקני קלט/ פלט המחוברים למעבד.

9.8.5 ניתוח של דף מפרט של מעבד DSP.

חלק ג' – עקרונות בעיבוד של אותות שמע ואותות חוזי*

14 שעות

10. יסודות בעיבוד אותות שמע

10.1 האוזן כמקלט לגלי קול

10.1.1 המבנה ועקרונות הפעולה של האוזן וחלקיה השונים: האוזן החיצונית, תעלת האוזן, עור התוף, האוזן התיכונה והאוזן הפנימית, תהליך העברת גלי הקול לאוזן הפנימית והפיכתם לגירויים עצביים, תהליך השילוב, במוח, של הצלילים המגיעים משתי האוזניים.

10.1.2 הקשר בין עוצמת הצליל הנקלט באוזן לתחושת העוצמה כפי שהאוזן "מפרשת" אותה.

10.1.3 מאפייני השמע של האוזן האנושית: תחום דינמי, תחום תדרי השמע, היכולת לזהות את הכיוון שממנו מגיע הצליל, אך חוסר היכולת לקבוע את המרחק של מקור הצליל מהאוזן.

10.2 איכות הצליל

10.2.1 המשתנים השונים המשפיעים על איכות הצליל: עוצמה (ווליום), רום הקול (LOUDNES), גובה הצליל (PITCH) וגוון הצליל (TIMBRE).

10.2.2 השפעת התדרים השונים המרכיבים את הצליל על איכות הצליל ועל הרמוניות הצלילים, הצגת חוסר ההשפעה של הפרשי הפאזה של התדרים המרכיבים את הצליל על איכות הצליל.

10.2.3 המבנה של סולם התווים המוזיקלי, האוקטאבה וההרמוניות שלה.

10.2.4 התלות של איכות הקול המתקבלת ביישומים שונים בקצב דגימת המידע, קצב דגימת המידע הנדרש לקבלת צליל באיכות גבוהה הנחוצה בעת השמעת מוסיקה Fidelity-High. קצב הדגימה הנדרש לתקשורת טלפונית ולדחיסת קול.

10.3 נגן תקליטורים

10.3.1 המבנה (דיאגרמת מלבנים) ועקרונות הפעולה של נגן תקליטורים.

10.3.2 תיאור של מבנה משטח הכתיבה של המדיה, קידוד האותות והוספת רכיבי תיקון שגיאות בעת הכתיבה, תיקון שגיאות בהשמעה.

10.4 מערכות שמע (מונו, סטריאו, סראונד)

10.4.1 מערכות שמע בערוץ יחיד (MONO) ושימושיהן.

* ניתן ללמוד את אחד משני הפרקים 10 או 11

- 10.4.2 המבנה ועקרונות הפעולה של מערכות שמע בשני ערוצים (STEREO). הפועלות באיכות גבוהה. תיאור של שיטות ליישום השיטה.
- 10.4.3 המבנה ועקרונות הפעולה של מערכת דולבי סטריאו (Dolby Stereo) ומערכות דולבי עם צלילים היקפיים (Dolby Surround Pro Logic), הגדרת ערוצי דולבי, שיטות לקידוד הערוצים, שימוש במפענח דולבי להשמעה, חלוקת תחום התדרים בין הערוצים.
- 10.5 בנייה (סינתזה) של קולות וזיהוי קולות
- 10.5.1 טכניקה להדמיה ולבנייה של קולות, הרקע, עקרונות הפעולה ודיאגרמת המלבנים של המערכת.
- 10.5.2 הצגת מבנה הקול באמצעות ספקטרוגרם או באמצעות חתימת קול.
- 10.6 סינון של רעשים
- 10.6.1 סינון ספרתי של אותות לשם הפרדת התדרים הבסיסיים וסילוק רעשים.
- 10.6.2 סינון של רעש רחב סרט באות דיבור.

12 שעות

11. יסודות בעיבוד תמונה

- 11.1 מבנה תמונה (חזרה)
- 11.1.1 מבנה של תמונה כמערך דו-ממדי של ערכי דגימה המאוחסנים בשורות ובעמודות.
- 11.1.2 הצגת מרווחי הדגימה ומבנה סריג הדגימה.
- 11.1.3 PIXEL: הגדרת הפיקסל בתמונת שחור לבן ובתמונה צבעונית, הצגת רמות ערכי הפיקסלים בתמונת שחור-לבן, תחום והגדרת רמות האפור בתמונה, אופן ייצוג הצבע בפיקסל של תמונה צבעונית.
- 11.2 שיפור של איכות התמונה באמצעות החלקה וסינון
- 11.2.1 הגדרה של המאפיינים בהירות (brightness) וניגוד (contrast) של תמונה, הצגת ההשפעה של שינוי בערכם על איכות התמונה.
- 11.2.2 שיפור של איכות התמונה באמצעות ביצוע המרות של רמות האפור לשם הפרדת פרטים רצויים בתמונה.
- 11.2.3 יצירת דיאגרמת פילוג של רמות האפור (היסטוגרמה) ושימושיה.
- 11.2.4 הצגת עקרונות של החלקת תמונה בשיטת הממוצע הנע באמצעות מסננים שונים, למשל, מסן גאوسی, מסן ריבועי ומסננים אחרים.

11.2.5 הצגת שיטת חידוד הקצוות כשיטה הפוכה לשיטת ההחלקה, הצגת סוג הסינון הנדרש לביצוע חידוד קצוות, השפעת הסינון על איכות התמונה, גילוי קצוות בשיטת ההזזה והחיסור כשיטה המשמשת לחשיפת גבולות בתמונה.

11.3 פעולות סינון מרחביות

11.3.1 הכרת פעולת הקונבולוציה: קונבולוציה עם מסכה, מסנן מעביר נמוכים, מסנן מעביר גבוהים, זיהוי והדגשת קצוות באמצעות מסכות מסוג sobel.

11.3.2 שיטות להפחתת רעש בתמונה באמצעות מיצוע מרחבי ומסנן חציון.

11.4 ביצוע של פעולות גיאומטריות

11.4.1 הגדלה/הקטנה של תמונה.

11.4.2 סיבוב התמונה, הזזה של תמונה.

ספרות מומלצת

1. עיבוד ספרתי של תמונות, בן-צבי ד., ויסמן ז. , מטח ובית-הספר לטכנולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה
ISBN : 965-06-0314- , (1966)
2. עיבוד אותות ספרתי, פורת ב., מטח ובית-הספר לטכנולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה (1987),
ISBN : 965-302-277-6
3. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing (2nd Edition)*, S. W. Smith.
California Technical Publishing San Diego, California (1999)
4. *Signals and Systems (2nd Edition)*, A. V. Oppenheim, A. S. Willsky, with S. Hamid, S. Hamid
Nawab, Prentice-Hall (1997)
5. *Discrete-Time Signal Processing (2nd Edition)*, A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, J. R. Buck,
Prentice-Hall (1999)
6. *Schaum's Outline of Digital Signal Processing*, Monson H. Hayes (1999)
7. *DSP FIRST: A Multimedia Approach*, Jim McClellan, Ron Schaffer and Mark Yode (1997)