



היכרות עם האוויין ונוס וניתוח תצלומיו



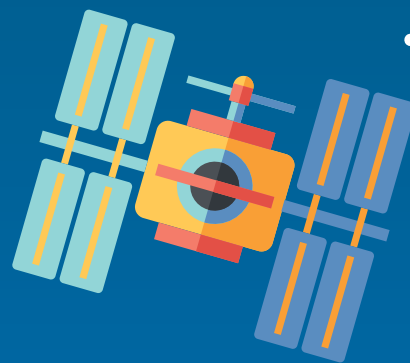
.....
גיל התלמידים: חט"ב

מספר תלמידים מומלץ: עד 25

משך השיעור: 90 דקות

כותבות המסר: ד"ר שמרית ממון וד"ר סיון איזיקסון
מהמעבדה לחישה מרחוק והדמאה פלנטרית
באוניברסיטת בן גוריון בנגב.

.....
יש להדפיס את דפי העבודה והתמונות המצורפות בצבע
ובאיכות גבוהה ככל האפשר. לחלופין מומלץ לקיים את
השיעור בכיתת מחשבים. בדפי העבודה יש שאלות בונים
המצריכות שימוש בתוכנה החינמית Google earth.
מומלץ מאוד להתקינה.





רציונל אחר

- שיעור זה עוסק בתרומתו הייחודית של הלוויין ונוס ובתכונותיו של לוויין זה ותכונותיהם של לווייני חישה מרחוק בכלל.

מטרות (יזע וחיומנויות)

- התלמידים יכירו ויבינו את המושג החישה מרחוק ואת חקר כדה"א באמצעות הדמאות לוויין.
- התלמידים ילמדו על עקרונות בסיסיים במחקר סביבתי בניתוח הדמאות לוויין (ארבע הרזולוציות).
- התלמידים יכירו את תכונותיו ויתרונותיו של הלוויין ונוס.
- התלמידים יתנסו בניתוח הדמאות שהתקבלו מהלוויין ונוס, בחילוץ מידע ובהשוואה ללוויינים אחרים.

חשיכס עיקריים

- חישה מרחוק, רזולוציה, רזולוציה מרחבית, רזולוציה רדיומטרית, רזולוציה ספקטראלית, רזולוציה עיתית, ניטור שינויים בזמן, מולטי-ספקטראליות, צילום אינפרה-אדום

מקורות חיזע ותוכנות

- מידע על הלוויין ונוס באתר [סוכנות החלל הישראלית](#)
- Google Earth (מומלץ)





רקע אורח ומוסאי

חישה מרחוק

חקר כדה"א מהחלל הוא תחום טכנולוגי-גאוגרפי שהחל להתפתח לפני כחמישים שנה עם שליחת לווייני הריגול הראשונים (לווייני תצפית, חישה מרחוק). כיום קיימים עשרות לווייני צילום, הן מחקריות והן מסחריות, ולכל לוויין תכונות משלו, בהתאם למשימה שלשמה שוגר. כבר שנים רבות יש למדינת ישראל נציגות מכובדת של לווייני תקשורת ולווייני חישה מרחוק בחלל. **בשנת 2017 בלטה בהישגיה הלוויינות הישראלית בתחום החישה מרחוק**. בשנה זו שוגרו בהצלחה שני לווייני תצפית ישראליים. הראשון - ננרלוויין BGUSAT, לוויין של אוניברסיטת בן-גוריון בנגב בשיתוף עם התעשייה האווירית וסוכנות החלל הישראלית. השני - הלוויין ונוס VENμS, פרי שיתוף פעולה של סוכנות החלל הישראלית וזו הצרפתית. הלוויינים הללו עדיין שוהים בחלל, מצלמים אתרים נבחרים על פני כדה"א ומשדרים את התמונות אל תחנות הקרקע.

הראאות לוויין

לתיאור צילומי לוויין אנו משתמשים במונח הדמאה (Image), ולא הדמיה (Simulation).

הלוויין ונוס

ונוס, ששמו נכתב בלועזית VENμS (ראשי תיבות של Vegetation and Environment on a New Micro Satellite), הוא לוויין חישה מרחוק שנבנה ומופעל בשיתוף פעולה של סוכנות החלל הישראלית והצרפתית. הלוויין שוגר באוגוסט 2017 והדמאות שלו כבר משמשות חוקרים ברחבי העולם במגוון נושאי סביבה וחקלאות.

כאן בלינק אפשר לעקוב ולראות היכן נמצא הלוויין ונוס בכל רגע.

רזולוציה

משמעות המילה רזולוציה היא כושר הפרדה או כושר הבחנה. בהקשר של הדמאות לוויין ושל תמונות בכלל, המושג רזולוציה מציין את היכולת שלנו להפריד ולהבחין בין עצמים בתמונה. יכולת זו תלויה במאפיינים שונים של התמונה, וכל מאפיין הוא כשלעצמו סוג של רזולוציה, כפי שיפורט להלן.

רזולוציה מרחבית

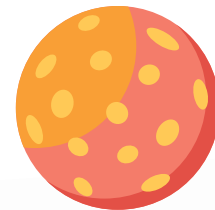
רזולוציה מרחבית עניינה **גודלו של העצם** הקטן ביותר שניתן לזהות בתמונה. היא מתבטאת בגודל הפיקסל בתמונה - כמה שטח במציאות מייצג כל פיקסל. גודל הפיקסל תלוי ביכולות החיישן (סנסור) ובמרחק שלו מהאובייקט המצולם. בצילומים של אובייקטים על פני הקרקע במצלמה רגילה, ייתכן גודל פיקסל של 1 מ"מ עד 1 ס"מ. בהדמאות לוויין גודל הפיקסל יהיה לרוב בין מטרים אחדים לאלף מטרים.

הרזולוציה המרחבית של ונוס: גודל הפיקסל של ונוס הוא כ-5 מטר לפיקסל. זוהי רזולוציה מרחבית הנחשבת גבוהה לחיישנים לווייניים (HSR - High Spatial Resolution). לשם ההשוואה, לווייני מזג אוויר מצלמים ברזולוציה של כ-1,000 מטר לפיקסל, ולעומת זאת יש היום לוויינים המצלמים ברזולוציה של 1 מטר לפיקסל ואף פחות, ונחשבים בעלי רזולוציה מרחבית גבוהה מאוד (VHSR - Very High Spatial Resolution). בעתיד מתוכנן הלוויין ונוס לשנות מסלול קרוב יותר אל כדה"א ולשפר את הרזולוציה המרחבית שלו: להגיע ל-2.7 מטר לפיקסל.

רזולוציה רדיומטרית

רזולוציה רדיומטרית עניינה כמות ה**גוונים** שכל פיקסל יכול לייצג (מספר גווני אפור). ככל שמתועדים בתמונה יותר גוונים, כך גדלה יכולת ההבחנה בין אובייקטים שהגוונים שלהם כמעט זהים. הרזולוציה הרדיומטרית מבוטאת בשיטה הבינארית לביטוי מספרים ועל כן נמדדת בביט, וכמות הגוונים מחושבות בחזקות על בסיס 2.

הרזולוציה הרדיומטרית של ונוס: הרזולוציה הרדיומטרית של הלוויין ונוס היא 10 ביט, כלומר 1024 גווני צבע אפשריים בכל אחד מהערוצים.



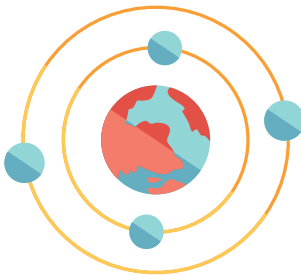


צילום מולטי-ספקטראלי (רב-ערוצי)

מצלמות רגילות מצלמות בתחום הנראה לעין בשלושה ערוצים: כחול, ירוק ואדום. התמונה המתקבלת ממצלמות צבעוניות היא השילוב של הצבעים הללו בעוצמות שונות של בהירות.

מצלמות מולטי-ספקטראליות המשמשות במחקר יכולות לצלם בתחומים נוספים של הספקטרום האלקטרומגנטי. למעשה הן "רואות" קרינה במגוון אורכי גל. מצלמות מולטי-ספקטראליות מותקנות על לוויינים רבים ועל מטוסים ורפנים. תמונות הלוויין ותצלומי האוויר משמשים לשלל מטרות: מחקרים אקולוגיים, מיפוי גאולוגי, שימושים חקלאיים ועוד.

רכווציה ספקטראלית



רזולוציה ספקטראלית היא מידת יכולתו של החיישן להבחין בין אורכי הגל השונים, הן בתחום הנראה והן בתחומים נוספים כמו אולטרה-סגול, אינפרה-אדום, תרמי וכד'. ככל שהתמונה כוללת יותר תחומים בספקטרום האלקטרומגנטי וככל שיכולת ההבחנה בין אורכי הגל גדלה, כך מתקבל יותר מידע על האובייקטים המצולמים בהדמאה.

רזולוציה ספקטראלית של ונוס: המצלמה המותקנת על הלוויין מורכבת מ-12 ערוצים בתחום האור הנראה והאינפרה-אדום הקרוב. ריבוי הערוצים בתחום זה (ערוצים יחסית צרים) ותכונותיהם מקנים ללוויין רזולוציה ספקטראלית גבוהה בתחום הרגיש לניטור ומחקר צומח.

צילום באינפרה-אדום קרוב של מחקר חקאי ואקואאי

שילוב התחום הנראה והאינפרה-אדום בהדמאות לווין מספק מידע חשוב על מצב הצמח והקרקע. בעזרת עיבוד התמונות ניתן לאתר מחלות או יובש בצמחים (עקת יובש), להעריך את טיב היבול בשלב מוקדם ובכך לסייע בתכנון יעיל וניהול נכון של השדות החקלאיים.

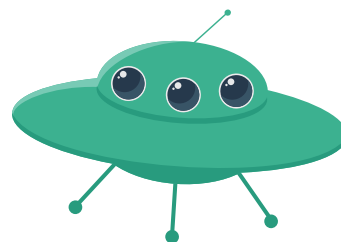
רכווציה עיתית

רזולוציה עיתית בלוויין עניינה הזמן שחלף בין תיעוד אחד של נקודה על פני כדה"א למשנהו. התיעוד של כדה"א לאורך זמן בצילום לווין מאפשר השוואה של תופעות בקנה מידה נרחב.

רזולוציה עיתית של ונוס: זמן החזרה של ונוס הוא יומיים בלבד. זהו זמן חזרה הנחשב גבוה והוא מאפשר מעקב אחר שינויים מהירים למדי, כמו תגובה לשרפות, פגעים בחקלאות, תגובת צמחים לזיהום ממוקד ועוד. לצורך השוואה, זמן החזרה של לוויני התצפית האמריקאים מסדרת LANDSAT, סדרה גדולה ומוצלחת, הוא 16-18 יום! בטווח זמן זה אנו עשויים להחמיץ אירועים קריטיים כמו שרפות או שיטפונות בזק, ואין אפשרות לעקוב כראוי אחר גידולים חקלאיים מהירי צימוח כגון תירס.

סיכום נושא רכווציות הרמאות הלוויין ונוס:

אף על פי שיש כיום לוויינים בעלי רזולוציה מרחבית, רדיומטרית, ספקטראלית או עיתית גבוהה מזו של הלוויין ונוס, יש לבחון כל לווין על פי מכלול הרזולוציות שלו. לרוב רזולוציה אחת באה על חשבון אחרת. ונוס נחשב לווין ייחודי ומוביל ביכולות המחקר שהוא מאפשר, בשל שילוב כלל התכונות שלו ובעיקר בזכות ריבוי ערוצים יחסי בתחום האור הנראה והאינפרה-אדום הקרוב ובזכות תדירות הצילום הגבוהה. ריבוי הערוצים מספק מידע רב על מצב הצמחייה והקרקע, ותדירות הצילום הגבוהה מאפשרת ניטור של שינויים מהירים בסביבת המחקר.





מהלך השיעור

תקציר השיעור:

מבוא המסביר על לוויינים וחישה מרחוק בכלל ועל הלוויין ונוס בפרט < פרק מבוא: מהי רזולוציה > פרק על רזולוציה מרחבית < פרק על רזולוציה רדיומטרית > פרק על רזולוציה ספקטראלית < פרק על רזולוציה עיתית. עבור כל אחד מן הפרקים על הרזולוציות מצורף דף עבודה לתלמידים בליווי הדמאות לווין. מומלץ לפנות לדף העבודה בתום כל פרק במצגת, אך ניתן גם לרכז את דפי העבודה לסיום המצגת כולה.

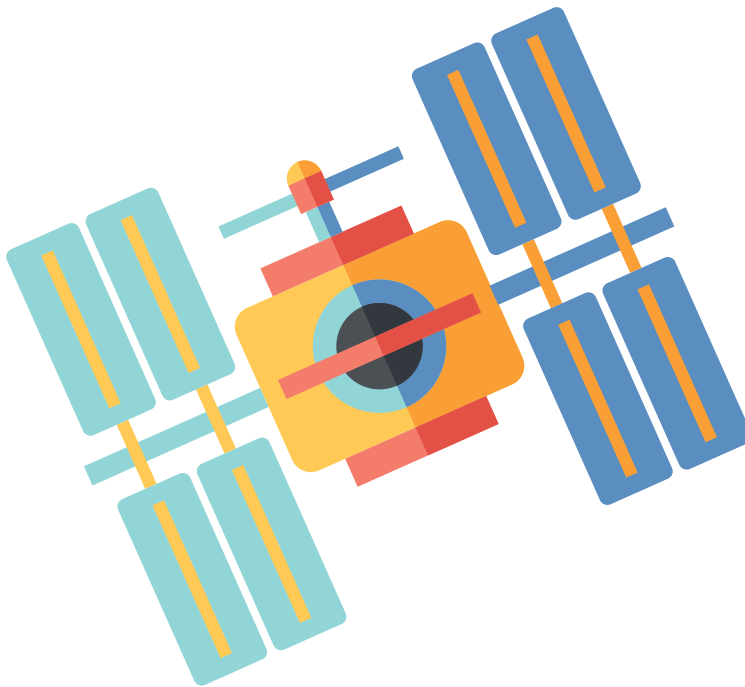
רצף מומלץ לשיעור

הנושא	מס' שקופית	הנחיות למורה
שימו לב: בחלק מהשקופיות יש הערות הבהרה ודגשים למורה בתוך המצגת.		
מבוא	9-2	<ul style="list-style-type: none"> שקפים אלה נועדו ליצור עניין בתלמידים ולהציג להם את נושא הלוויינות והחישה מרחוק בהקשר של הלוויין הישראלי-צרפתי החדש, ונוס. כדאי להתעכב ולהגדיר על הלוח, עם התלמידים, מהי חישה מרחוק. *בחיי היום-יום אנו כבר רגילים לראות על מסך הטלוויזיה שלנו ובאתרי אינטרנט את השימוש הרחב בהדמאות לווין. בפעם הבאה שתצפו בחדשות, למשל, שימו לב שהמפות המוצגות הן למעשה הדמאות לווין.
מהי רזולוציה	16-10	<ul style="list-style-type: none"> הסבר על רזולוציה, מושג שהתלמידים ודאי שמעו בעבר אך יתקשו להגדיר. נסו לתת לתלמידים להגדיר את המושג בעצמם בתחילה, או לומר מה הם יודעים עליו, באיזה הקשר שמעו את המושג וכו'.
רזולוציה מרחבית	24-17	<ul style="list-style-type: none"> הסבר והדגמה על רזולוציה מרחבית. שימת דגש על כך שרזולוציות שונות מתאימות למשימות מחקר שונות. אם מתפתח דיון ניתן לציין גם את החסרונות של רזולוציות גבוהות, לדוגמה גודל הקובץ. ככל שיש יותר פיקסלים בתמונה נתונה, כל פיקסל מייצג שטח קטן יותר במציאות. זוהי רזולוציה מרחבית גבוהה יותר, ופירושו של דבר קובץ כבד יותר (והדבר נכון לעוד סוגי רזולוציות). למשימות רבות יש צורך ברזולוציה מרחבית גבוהה, למשל למחקרים העוסקים באוכלוסייה ובמבנים בשטח עירוני, או למשימות ריגול וליישומים צבאיים.
רזולוציה רדיומטרית	26-25	<ul style="list-style-type: none"> פרק קצר על רזולוציה רדיומטרית. גם דוגמת החתול בתחילת המצגת היא רזולוציה רדיומטרית. לפרק זה אין תרגיל התנסות. מטרת הפרק להמחיש שוב שכל פיקסל בתמונה מקבל ערך, כלומר צבע, וכך נבנית התמונה.





הנושא	מס' שקופית	הנחיות למורה
רזולוציה ספקטראלית	39-27	<ul style="list-style-type: none"> חשובה לפרק זה ההבנה שתמונה דיגיטלית (ממצלמת סמארטפון או ממצלמה לוויינית) היא למעשה שילוב של שלוש תמונות בצבעים שונים. נדרש הסבר קצר על הספקטרום האלקטרומגנטי ועל הקרינה באורכי גל שונים. כאשר אנו מסתכלים "מעבר לחושינו", כלומר מעבר לתחום הנראה, אנו מקבלים מידע חדש על שטח המחקר. למשל, אם נסתכל על אצטדיון בתחום הנראה בלבד, לא נוכל לדעת אם הדשא אמיתי או סינתטי: לשניהם צבע ירוק. אולם אם נצלם את האצטדיון בתחום האינפרא-אדום הקרוב, ההבדל יהיה מובהק. * כדי שנוכל לראות מעבר לחושינו (מעבר לתחום הנראה בעין האנושית) אנו משתמשים בחיישנים מיוחדים כגון מצלמות תרמיות ומצלמות חישה מרחוק המותקנות על לוויינים. יש בעלי חיים המסוגלים לראות בתחומים אלו ללא חיישנים. דבורים, למשל, רואות בתחום האולטרה-סגול וכמה מסוגי הנחשים רואים בתחום האינפרא-אדום, כלומר ראייה תרמית.
רזולוציה עיתית	43-40	<ul style="list-style-type: none"> התמקדות באחת התכונות החשובות של הלוויין - זמן חזרה. כדאי להגדיר עם התלמידים מהו זמן חזרה, ולדון בחשיבותו של זמן חזרה קצר כמו של ונוס (יומיים) ובסוגיות מחקר סביבתיות שהלוויין יאפשר לחקור (דוגמאות בהערות לשקופיות במצגת). * זמן חזרה, כפי שהוזכר לעיל, הוא קריטי בחקר תופעות פתאומיות כגון אסונות טבע (הוריקנים, התפרצות הרי געש, שיטפונות וכד'). בחקר תהליכים הדרגתיים יותר, זמן חזרה קצר משפר את מידת הדיוק ואת איכותם של הנתונים המתקבלים (לדוגמה, השפעת התפשטות מחלה בשדה חקלאי).
סיכום	44	<ul style="list-style-type: none"> תרומתו האפשרית של הלוויין ונוס למחקר סביבתי. לאחר שהתלמידים הבינו את יכולות הלוויין יתקיים דיון ובו הם יתבקשו להעלות רעיונות: מה יאפשר הלוויין לחקור ולמצוא ובאילו תחומים.





הפסילות לתלמידי

רזולוציה מרחבית

מטרת המטלה היא להמחיש לתלמידים את המשמעות של גודל הפיקסל הנחוץ לזיהוי העצמים בתמונה.

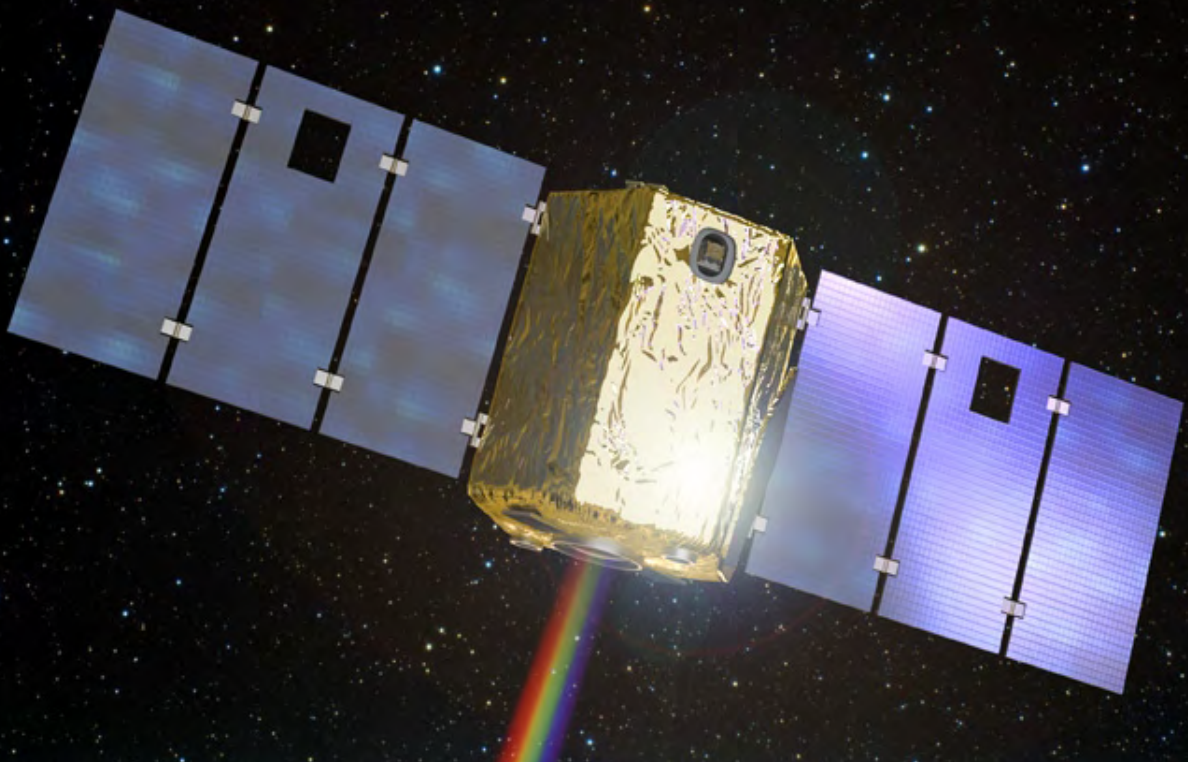
1. פרטים שלא ניתן להבחין בהם ברזולוציה של 30 מטר: שבילים קטנים, מבנים, שדות קטנים, פרטים בקו החוף וכד'. הנחו את התלמידים למצוא פרטים רבים ככל האפשר ולסמנם על ההדמאה המודפסת, או הקרינו על לוח מחיק וסמנו עם התלמידים את הפרטים.
2. מובן שיש אינסוף פריטים שאיננו יכולים לראות ברזולוציה של 5 מטרים: מכוניות, אנשים, עצים וכד'.
3. שאלת בונוס: יש לשים לב להבדל בין הדמאות לוויין של Google earth לבין תצוגת רחוב (Street view) הרזולוציה המרחבית בתצוגת הרחוב היא אומנם גבוהה מאוד וניתן לראות פרטים שאי אפשר לראות מהלוויין, אבל החיסרון של תצוגת הרחוב הוא הרזולוציה העיתית והכיסוי המרחבי. תצוגת רחוב מצולמת אחת לכמה שנים ולכן אינה עדכנית.

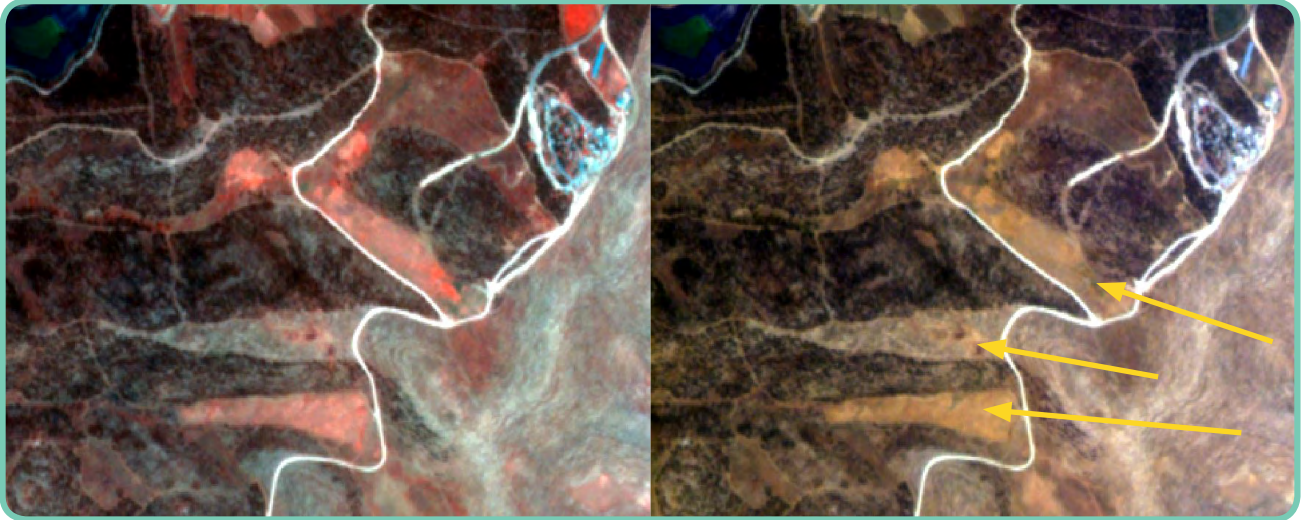
רזולוציה ספקטראלית

מטרת המטלה היא להמחיש לתלמידים ששימוש בתחום שמעבר לאור הנראה (מעבר לחושינו), מאפשר קבלת מידע חדש.

1. מה רואים כאשר בוחנים את יער יתיר באור אינפרא-אדום קרוב (מיוצג בהדמאה בצבע אדום):

- **השדות החקלאיים** בולטים לעין לעומת היער, בשל צפיפות הצומח בשדות החקלאיים (ניתן לראות ב-Google earth שהיער דליל מאוד ולכן כל פיקסל ביער מכיל גם צמחייה אך גם הרבה קרקע).
 - **ערוצי הנהלים** בסביבה המדברית מסביב ליער, שבתמונת הצבע הרגיל לא ברור אם יש בהם צמחייה, נראים אדומים בתמונת האינפרא-אדום הקרוב, ודבר זה מלמד על נוכחות צמחייה.
2. דוגמה לאזורים שנראים דומים זה לזה בתמונת האור הנראה: שימו לב לשלושת הוואדיות ממזרח ליער (בצורת משולשים; מסומנים בחיצים צהובים בתמונה מימין). הגוון שלהם נראה דומה, אך כשבוחנים את השטח באור באינפרא-אדום קרוב הוואדי האמצעי נראה אדום פחות. מתברר אפוא שיש בו פחות צמחייה.





איור 1: מימין הדמאה של יער יתיר באור הנראה. משמאל אותו אזור בצילום אינפרה-אדום קרוב (צבוע באדום).

רזולוציה עתית

מטרת המטלה היא להמחיש לתלמידים את השינויים הרבים המתרחשים באזור חקלאי ואת ניטורם באמצעות הלוויין.

1. אסונות טבע וכן גידולים חקלאיים הם דברים שחל בהם שינוי בטווח זמן של יומיים, ולכן הלוויין ונוס רלוונטי מאוד למחקרים שעוסקים בהם. לעומתם, בתהליכים ארוכי טווח הקשורים באקלים העולמי, כמו התחממות גלובלית, המסת קרחונים, מדבור, הם תהליכים שאי אפשר להבחין בשינוי בהם בטווח של יומיים.

2. השינויים שקל להבחין בהם יהיו בשטחים החקלאיים. אזורים שלא השתנו הם לרוב האזורים הטבעיים, כמו הר תבור עצמו, וכן האזורים הבנויים.

