



יום חמישי 28 נובמבר 2019

לכבוד,
חברי ועדת מכרזים

הנדון: התקשרות במסגרת מיזם משוף – סוכנות החלל הישראלית וחברת אל-אופ' - יצירת שדה כיוול במכתש רמון עבור מצלמות היפר ספקטראליות בחלל

נושא ההתקשרות והצורך בה

סוכנות החלל הישראלית פועלת לקידום מיזמים בתעשיית החלל לפיתוח טכנולוגיות ומוצרים ושילובם במערכת הלווייניות בארץ ובעולם; כמו גם, לקידום שיתופי פעולה בינלאומיים, אשר להם חשיבות רבה בייצור הזדמנויות עסקיות וחיזוק קשרי הגומלין עם מדינות. עניינו של מיזם משותף זה הינו יצירת שדה כיוול במצפה רמון עבור מצלמות היפר ספקטראליות בחלל (להלן – **שדה הכיוול**), אשר יקדם את מטרותיה של סוכנות החלל בשני תחומים אלה – שת"פ בינ"ל, מחקר ופיתוח.

רקע

1. מהו שדה כיוול?

חיישנים על לוויינים דורשים כיוול עקיף למוצרים שלהם. חיישנים מולטיספקטראליים בתחום האופטי או התרמי נדרשים במיוחד לכיוול רדיומטרי (מעבר בין ערכים דיגיטליים ופיזיקליים). חיישנים היפרספקטראליים נדרשים לכיוול ספקטראלי (מיקום הערוצים) וכן לכיוול תמטי (תוצרי האנליזות הספקטראליות). כיוול עקיף מתבסס על אזור מיוחד וידו למרכיבי השטח שלו אשר מתאים לאבחנה של שינויים בתפקוד החיישן ולהערכת ביצועיו.

הדרישה לשדות כיוול מתאימים גדלה במהלך השנים האחרונות, וזאת בעקבות פיתוח מערכות לוויינים היפר ספקטראליים, אשר הכיוול הנדרש מהן מורכב יותר; וזה נשום שמערכות אלה בוחנות את השטח הנצפה במספר רב ביותר של אורכי גל ובערוצים צרים מאד. לפיכך נדרשת ממערכת זו דיוק רב ביותר במרכיבי האופטומכאניים והאלקטרוניים. בכדי לפצות על שינויים, אף מינוריים, בתווך ו/או במרכיבי המערכת נדרש בסיס ידוע אשר אל מולו יושוו ההדמאות – וההפרשים ישמשו לכיוול המערכת.

בעוד ששדות טיפוסיים מתאימים למצלמות מולטיספקטראליות ולכיוול רדיומטרי, שדות מעטים בלבד עונים על הדרישות לכיוול היפרספקטראלי שבו נדרשת וריאבילות גדולה של מטרות עם חתימות ספקטראליות משתנות. עם כניסת המצלמות ההיפרספקטראליות לחלל נעשית פעילות נמרצת למציאת שדות כיוול מתאימים עבורם ועבור



התוכניות העתידיות של סוכנויות חלל רבות; ביניהן: NASA, ESA, ASI, JAXA, DLR ועוד. לפיכך, שדות כיוול למצלמות היפר ספקטראליות נדרשים בעתיד הקרוב כדי לאפשר ליצרנים/ מפעילים השונים למצות את היכולת של המערכות שלהן, ויאפשרו כיוול חוצה cross calibration אשר יאפשר לקדם שיתופי פעולה בין מדינות, בין חברות מסחריות, ושיתוף מ ביצוע מחקרים.

עבור ישראל, חשיבותו של אתר כיוול ספקטראלי גוברת לאור תכנית לפיתוח מצלמה היפר ספקטראלית (SHALOM). בהנחה שסוכנות החלל הישראלית תהיה בעתיד שותפה בפיתוח מצלמה היפר ספקטראלית, ובהנחה שסוכנויות חלל אחרות רבות תתעניינה בשדה כיוול, יש חשיבות לפתח עתה את שדה הכיוול ולמנף אותו כשדה כיוול עולמי.

מכתש רמון כאתר ייחודי המתאים לשדה כיוול

למכתש רמון מאפיינים גיאולוגיים ואקלימיים שהופכים אותו למתאים במיוחד לשדה כיוול. שטחו של המכתש מורכב מחשיפות מינרולוגיות טהורות המורכבות מאלמניט, אלוניט, ונטמורילוניט, קלציט, דולומיט, חוור, גבס, בזלת, טוף, אנדרזיט, צ'רט, אבן חול ותחמוצות ברזל.

באופן ייחודי למדי, המינרלים האמורים, בעלי חתימות ספקטרליות ייחודיות אשר ניתן למצוא באופן נפרד זה מזה בקרבה גיאוגרפית יחסית. בשל תנאי הצחיחות כמעט ואין צמחיה המכסה את התכסית הסלעית והיא יציבה לאורך זמן. שטח המכתש לרוב ללא עננים, כמעט לאורך ימות השנה. לפיכך, נראה שמכתש רמון מכיל את כל הדרישות להקמת שדה כיוול ספקטראלי תמטי למצלמות היפרספקטראליות: אזור בעל תכסית ספקטראלית מגוונת, קבועה, ידועה וקלה לגישה המאופיינת במזג אויר מתאים.

על מנת לאפשר לעשות שימוש במכתש רמון כאתר כיוול יש לבצע הליך של איסוף ועיבוד נותנים על פני השטח ומעליו – הליך אשר צפוי לארוך שנתיים. בסיומו תופק מפה ספקטראלית מדויקת של המכתש, וכן ספריה ספקטראלית של אזורי עניין בתוך המכתש לשימושם של סוכנויות החלל השונות.

*בעניין זה, ראה מצורפת חווד של פרופ' אייל בן דור, אוניברסיטת תל-אביב על חשיבותו של מצפה רמון כשדה כיוול (להלן נספח ג')



השותפים בפרויקט – אל-אופ

חברת אל-אופ תעשיות אלקטרו-אופטיקה בע"מ (להלן – אל-אופ) הינה חברה טכנולוגית מובילה בישראל בכל הקשור לפיתוח וייצור של מצלמות EO חלליות. כמו כן, בחברת אל-אופ מתקיים מוקד ידע לאומי (של פורום תלמי"י) של חישה מרחוק היפקספקטראלית, והחברה מתמחה בכיול של מערכות מסוג זה. אל-אופ פיתחה מצלמה מולטי ספקטראלית חללית במסגרת פרויקט משותף עם סל"ה וסוכנות החלל הצרפתית, ונוס. במו כן, בימים אלו אל-אופ שותפה בתהליך פיתוח נוסף של טלסקופ היפר ספקטראלי בפרויקט "שלום" המשותף לסל"ה וסוכנות החלל האיטלקית.

לצורך ביצוע הפרויקט ברמה מקצועית גבוהה נחתם הסכם בין אל-אופ ורמות ליד אוניברסיטת תל-אביב בע"מ (לעיל ולהלן – אוניברסיטת תל אביב להלן נספח א'), במסגרתו הוסדרה מעורבותו של החוקר פרופסור אייל בן דור מאוניברסיטת תל אביב ביצירת שדה הכיול. החוזה נחתם ב-14.8.2019.

ייחודה של המעבדה לחישה מרחוק באוניברסיטת תל אביב בראשותו של פרופ' איל בן דור בפיתוח וביצוע כיול עקיף לחיישנים היפרספקטראליים בשדה הכיול של מכתש רמון ומישור עמיעז. המעבדה לחישה מרחוק אוניברסיטת תל אביב עוסקת בנושא החישה ההיפרספקטראלית מזה 26 שנה בכלל ובנושא של כיולים היפרספקטראליים כ-20 שנה בפרט. על בסיס זה פיתחה המעבדה מספר שיטות ייחודיות ופרוטוקולים לביצוע כיולים אלה ממטוסים ולוויינים שחלקם אף מוגנים בפטנט. למעבדה ספריה ספקטראלית עניפה שנאספה במשך שנים רבות של קרקעות וסלעים מאזורים רבים בישראל ובכלל זה מכתש רמון מישור עמיעז שאין לגוף אחר בישראל. המעבדה אספה נתונים מוטסים באמצעות מחושים היפרספקטראליים מוטסים מעל אזורים אלה במשך שנים רבות ובהשקעה רבה, ויש לה בלעדיות על נתונים אלה. ללא נתונים אלה אין אפשרות לבצע כיולים עקיפיים היות והם מאפשרים הערכת שינויים בזמן באזורי הכיול וכן הערכה של השפעות מחושים שונים על התוצאות. המעבדה היא חלק מפרוייקטים עכשוויים של סוכנות החלל האמריקאית NASA ושל סוכנות החלל האירופאית ESA בפיתוח של לוויינים היפרספקטראליים (EMIT ו-CHIME בהתאמה) ותחת פעילות זו הגדירה את פרוטוקול הכיול של סוכנויות אלה מעל האזורים שנבחרו על פי צרכיהם. יש לציין כי למעבדה גישה בלעדית לנתוני PRISMA האיטלקיים מעל אזורים אלה על פי הסכם ובעתיד גם לנתוני ENMAP וזאת לאור המוניטין שלה בכיולים עקיפיים החשובים עבור סוכנויות אלה.



בנוסף – יש לציין כי הרעיון של פיתוח מכתש רמון ומישור עמיעז כשדה כיוול עקיף של לוויינים היפרספקטליים הוא בלעדי של המעבדה והיא היחידה שמפרסמת אותה בעולם וגורמת לסוכנויות החלל החשובות להתרכז בישראל מבחינת כיוול ספקטרלי עקיף. יש לציין גם כי המעבדה נמצאת בתהליכי קבלה לגוף בינלאומי שעוסק בכיוול עקיף של לוויינים בכל העולם CAL/VAL במסגרת CEOS וזאת על בסיס הניסיון המוכח שלה בכיוול עקיף של מחושים היפרספקטליים הנישאים על לוויינים ומטוסים.

לסיכום:

המעבדה הנה היחידה בארץ עם קשרי עבודה מוכחים עם גופים שונים (סוכנויות חלל ומעבדות מסחריות לפיתוח חישניים), הבנת הצרכים המבצעיים והמדעיים של סוכנויות אלה, נסיון רב בכיוול עקיף בארץ ובחול, ספריה עניפה של חומרי כדור הארץ ונתונים היפרספקטליים שנאספו בממון רב ובמיוחד -המעבדה היא היוזמת והמוציאה לפועל פעילות חשובה זו בארץ ובעולם.

בניית שדה הכיוול – רכיבים מרכזיים ולוחות זמנים

תקופת ההתקשרות היא כשנתיים מיום החתימה על ההסכם. ראה פירוט חודשי הפעילות המצורפים בטבלה. תכנית בניית שדה הכיוול מורכבת משני שלבים: שנה א' (Phase A) – במימון חברת אל-אופ, ושנה ב' (Phase B) – במימון סוכנות החלל הישראלית.

להלן תכולות שנה א' - Phase A:

מס'	נושא	פירוט – רכיבים מרכזיים ותוצר	משך זמן מוערך מיום התחלת הפרויקט(חודשים)
1	איסוף נתונים היפרספקטליים מוטסים <u>גולמיים</u> בכיסוי שלם של מכתש רמון בעזרת מצלמת FENIX 1K ותיקון רדיומטרי	ספריית הנתונים	4



3	ספריית הנתונים לאחר תיקונים וחיבור הפסים	תיקונים אטמוספריים וגיאומטריים של הנתונים מ- 1 וחיבור הפסים בתוצרת REFELCTANCE	2
3	מפה גולמית מושווית לנתוני מפות גיאולוגיות	יצירת מפה גולמית של נתוני החזרה ספקטרלית של המכתש והשוואתם עם נתוני מפות גיאולוגיות	3
1	דו"ח אימות ל 5 מטרות	דו"ח אימות ל 5 מטרות קרקעיות	4
1	דו"ח מסכם לשלב זה	הפקת דו"ח מסכם	5



להלן תכולות שנה ב' – Phase B :

מס' / נושא	פרוט – רכיבים מרכזיים ותוצר	משך זמן מוערך מיום התחלת הפרויקט(חודשים)
1	בניית ספריה ספקטרלית קרקעית של אזורי אפיון דיאגנוסטיים במכתש (מהנתונים הגולמיים - מוטסים וקרקעיים)	2
2	שילוב המידע ופיתוח מערכת לגישה אל המידע ע"י צרכנים (כגון סוכנויות חלל)	2
3	יישום והפעלה של בסיס המידע מהשלב הקודמים על נתונים היפרספקטריים חלליים לפי הזמינות כגון: CHRIS PROBA, PRISMA	2
4	פעילות והתקשרות (בחסות סוכנות החלל) עם קבוצת CEOS CAL/VAL תוך חיבור השדה לרשת שדות הכיול העולמית ובחינת יתרונותיו ביחס לשדות אחרים (אופציונאלי)	2
5	הדמאה היפרספקטרלית מקיפה של המכתש וספריה ספקטרלית קרקעית בפורמט ENVI (ENVI.bil.cub), מסונכרנת גיאוגרפית למערכות GIS	2



2	הפקת מפות כאמור	מפות תמטיות של תחמוצות ברזל, גבס, גיר ודולומיט (מנתונים היפרספקרטיים) והגדרת דיוק המיפוי	6
---	-----------------	--	---



משך הזמן בו שדה הכיול יהיה תקף

לפי הערכות אל-אופ ואוניברסיטת ת"א, לאור הגיאוגרפיה היציבה של מכתש רמון, המפות שיופקו יהיו תקפות למשך זמן ארוך (מספר שנים). יש לציין שתזוזות גיאולוגיות משמעותיות (כגון רעידת אדמה מהותית) עשויות לשנות את בסיס החתימות ובמקרה זה יהיה צורך לבצע כיוול נוסף. לאחר הפקת המפה והספריות הספקטרליות וכדי להבטיח כי אכן מתקיימת יציבות ספקטרלית בתכסית פני השטח, אוניברסיטת תל אביב תערוך מידי שנה מדידות שדה נבחרות לבדיקה.

זכויות בתוצרי המחקר:

1. סוכנות החלל תהיה רשאית לאפשר למוסדות מחקר בישראל ולסוכנויות חלל זרות לעשות שימוש מחקרי בשדה הכיול, ללא תשלום. גופים אלה יוכלו לבצע מחקרים בסיוע שדה הכיול ואולם לא יהיו רשאים להעביר את קבצי שדה הכיול עצמם לצד ג'.
2. סוכנות החלל תהיה רשאית לאפשר לחברות הפועלות בישראל או בחו"ל לעשות שימוש בשדה הכיול. החברות יידרשו להעביר לאל-אופ תשלום כספי הולם וסביר תמורת השימוש. אל-אופ מתחייבת שהתשלום ייעשה על בסיס ענייני בלבד, על בסיס ההוצאות הנדרשות לצורך השימוש וללא כל שיקול מסחרי או תחרותי זר. חברות אלה יוכלו לעשות בשדה הכיול שימוש לצרכי מחקר בלבד, (לא שימושי מסחריים) ולא יהיו רשאים להעביר את קבצי שדה הכיול עצמם לצד ג'.
3. כל פרסום מחקרי שיעשה בעקבות שימוש בנתוני שדה הכיול יידרש לתת קרדיט לסוכנות החלל הישראלית, לאל-אופ ולאוניברסיטת ת"א.
4. אלאופ תהיה רשאית לעשות שימוש בשדה הכיול ובנתוניו ללא הגבלה.



מחויבות לביצוע הפעילות – לא מדובר בפעילות אשר המדינה מחויבת לביצועה לפי דין, אולם מדובר בפעילות אשר מגשימה את מטרות סוכנות החלל הישראלית בתחומי מחקר, פיתוח וקידום שיתופי פעולה בינלאומיים.

היוזמה לביצוע הפעילות – היוזמה להקמת שדה הכיול היא של אל-אופ ואוניברסיטת תל אביב.

מידת המעורבות בעת ביצוע הפעילות – סוכנות החלל תהיה שותפה בהכנת תכנית העבודה, תהיה שותפה מלאה בצוות ההיגוי של הפרויקט, תוזמן לדיוני הצגת סטטוס לרבות בעניין ביצוע המחקרים; וכאמור – תהיה רשאית לאשר שימוש בתוצרי הפרויקט לגופי אקדמיה בישראל ולסוכנויות חלל זרות.

תקציב הפרויקט – התקציב המוקצה לכלל הפרויקט הוא 200 אש"ח (ראה נספח תקציבי); מתוכם מימון המשרד יהיה בסך 100,000 ₪. ראה פירוט תקציבי נספח ב

אישור מתן חסות המשרד לפרויקט – במסגרת אישור המיזם הועדה מתבקשת לאשר שבפרסומים הנוגעים לפרויקט, ככל שיהיו, יופיעו לוגו אל-אופ ואוניברסיטת ת"א במקביל ללוגו המשרד. פרסום כל לוגו נוסף יהיה כפוף לאישור ועדת החסויות של המשרד.

בברכה,

אבי בלסברגר,

מנהל סוכנות החלל הישראלית
משרד המדע והטכנולוגיה