

תקן לשימוש בסורקי לייזר מוטסים ורכובים לצורכי מיפוי

| | | | |
|-----------|---------------|----------------------------|--------------|
| תקן 7 | מספר תקן : | ה' - מיפוי וגאו-אינפורמציה | פרק בתקנות : |
| 07.7.2024 | תאריך פרסום : | 1 | מהדורה : |

1. מבוא

- 1.1 המרכז למיפוי ישראל מקדם שימוש באמצעים טכנולוגיים חדישים לצרכי מדידה ומיפוי.
- 1.2 בהתאם לסעיף 59(א)(4) בתקנות ניתן להשתמש בסריקת לייזר כשיטה למדידה ומיפוי של מידע טופוגרפי.
- 1.3 תקן זה מתייחס לסורקי לייזר אוויריים לכל סוגי הפלטפורמות ובכל אורכי הגל הקיימים (בכללם סורקים בתימטרים) ולסורקים רכובים על כל סוגיהם.
- 1.4 תוצרי פרויקט הסריקה ישמשו את הלקוח ובעלי עניין נוספים ככלי מבוסס נתונים ומידע לקבלת החלטות.
- 1.5 באמצעות נתונים ותוצרי מיפוי מתקדמים ניתן לבצע מחקרים, לתכנן, לפענח ולהכין עזרים שונים למטרות שונות.
- 1.6 כל תוצרי המיפוי וחומרי הגלם המשמשים להפקתם יישמרו ויימסרו בשלמותם ללקוח על פי המפורט בנהל זה.

2. מטרת התקן

- 2.1 לפרט את שיטות העבודה, המדידה והמיפוי באמצעות סורקי לייזר מוטסים ורכובים.
- 2.2 להבטיח את עמידת תוצרי המדידה בדרגות הדיוק והאיכות שנקבעו בתקנות.
- 2.3 להגדיר את מתכונת תוצרי המיפוי ואת המטאדאטה לצורכי תיעוד.
- 2.4 להגדיר שימוש במערכת סריקה להפקת מפת מדידה וקטורית באמצעות ענן נקודות ופוטוגרמטריה.
- 2.5 לפרט את תהליכי אבטחת ובקרת האיכות למוצרים.

3. הגדרות

| | |
|---|------------------------------------|
| מתוך תקנות המדידות (מדידות ומיפוי), תשע"ו-2016 (להלן-"תקנות המדידות") : | |
| כהגדרתה בתקנות המדידות : " (Airborne\Mobile Laser Scanning) | מערכת סורק לייזר מוטס/ רכוב (סורק) |
| מערכת חישה הכוללת שלושה רכיבים : מערכת סריקת לייזר למדידת טווח ועוצמת החזר, מערכת ניווט לוויינית עולמית לקביעת מיקום מערכת הסריקה ומערכת ניווט אינרציאלית, לקביעת הרכנת מערכת הסריקה ; שילוב שלוש המערכות מאפשר קביעת מיקום מרחבי תלת-ממדי של נקודה". | |
| כהגדרתה בתקנות המדידות : " (– Global Navigation Satellite System GNSS) | GNSS |
| מערכת לוויינים עולמית המשמשת לקביעת מיקום, לצורכי ניווט ומדידות גאודטיות". | |
| כהגדרתה בתקנות המדידות : " (Inertial Navigation System (INS) – עזר ניווט המשתמש בחיישני תנועה ומחשב, שבאמצעותו ניתן לקבוע מיקום ושלוש זוויות הרכנה מרחביות". | מערכת ניווט אינרציאלית (INS) |
| מספר הפולסים המשוגרים בשנייה על ידי הסורק. | קצב שיגור |
| מספר הקווים הנסרקים בשנייה. | קצב הסריקה |
| האזור שנסרק במהלך קו טיסה אחד. | פס סריקה |
| פסי סריקה הניצבים לכוון הסריקה. | פסי קשר |

| | |
|--|---|
| משטח מישורי המשמש לביצוע בקרה פנימית השוואתית בין פסי סריקה חופפים הנמצא באזור חפיה של שני פס סריקה ושטחו 1 מ"ר לפחות. המשטח יכול להיות אופקי או משופע. | משטח קשר |
| משטח מישורי על הקרקע שמשמש לבדיקה או הגדרה של גובה ענן הנקודות. נתוני מסלול הלוויינים בשמיים המשמשים לחישוב מיקום הלוויינים בזמן המדידה. | משטח בקרה נתוני האפמריס |
| כהגדרתו בתקנות המדידות: "אוסף נקודות תלת-ממדי שמחושב באמצעות פוטוגרמטריה ספרתית או נקלט באמצעות מערכת סורק לייזר מוטס או מערכת סורק לייזר קרקעי; הענן כולל נקודות המוחזרות מהקרקע ונקודות המוחזרות מאובייקטים שעל פני השטח". | ענן נקודות |
| (Nominal Pulses Density) ממוצע של כמות הנקודות ב- 1 מ"ר בפס סריקה אחד. | צפיפות נקודות נומינלית |
| ממוצע של כמות הנקודות מהחזר אחרון ויחיד ב- 1 מ"ר בשטח הפרויקט. פריסת האנרגיה המוחזרת מהקרקע ומהעצמים שעל פניה בציר הזמן. הפריסה מחולקת לאופנים (Modes), המתייחסים להחזרים מהעצמים בהם פגעה הקרן. | צפיפות נקודות הגל המוחזר Waveform |
| החזר מהעצם הרחוק ביותר שבו פגעה הקרן. | החזר אחרון |
| החזר מהעצם הקרוב ביותר שבו פגעה הקרן. | החזר ראשון |
| החזרים שהם לא החזר ראשון או אחרון. | החזרי ביניים |
| החזר מעצם שכולל את כל עוצמת הקרן | החזר יחיד |
| תהליך עיבוד של ענן הנקודות להפרדת החזרים מהקרקע מהחזרים מעצמים שעל פני הקרקע ולרמות סיווג שונות. הפרדה זו מהווה בסיס לבנייתם של מודלי גבהים ספרתיים. | סינון ענן הנקודות |
| חילוץ שגיאות שיטתיות במערכת סורק הלייזר המוטס במהלך ההטסה, בדגש על פרמטרי התמרה בין רכיבי המערכת – הסורק, ה- GNSS וה- INS. Triangulated Irregular Network | כיוול אווירי בזמן ביצוע רשת משולשים לא רגולרית TIN |
| רשת של משולשים בין נקודות, המחושבת לרוב באמצעות אלגוריתם דלאוני (Delaunay algorithm) | המרכז למיפוי ישראל |
| יחידת סמך במשרד הביטחון והשכונות, המשמשת כגוף הלאומי המוסמך בנושאי גאודזיה, קדסטר, מיפוי, מיפוי ימי ומידע גאו-מרחבי. | טריאנגולציה |
| שיטה לפתרון האוריינטציה החיצונית של כל אחד מהתצלומים ברצף או רצפי התצלומים לביסוס המיפוי באמצעים פוטוגרמטריים. | מודל גבהים ספרתי |
| DEM - Digital Elevation Model | |
| אוסף של נקודות גובה על פני הקרקע, עם או בלא נקודות גובה אופייניות. מודל גבהים ספרתי שנקודות הגובה שלו, שאינן אופייניות, נמצאות בפינות של שריג רבוע. | מודל גבהים ספרתי סדור |
| Digital Terrain Model (DTM) | מודל פני קרקע ספרתי |
| מודל גבהים ספרתי (DEM) בתוספת קווי אי רציפות טבעיים ומלאכותיים. | מודל פני שטח ספרתי |
| Digital Surface Model (DSM) | |
| מודל פני קרקע ספרתי (DTM) שכולל גם נקודות גובה של פרטי תכסית, קווי אי-רציפות מלאכותיים של עצמים מעל פני הקרקע וקווי המגע שלהם עם הקרקע. | |

4. מאפייני המערכת

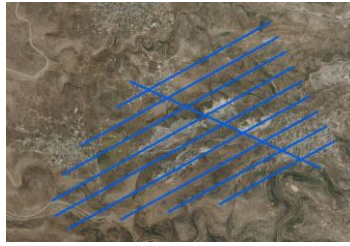
- 4.1 המערכת תכלול לפחות את תת המערכות הבאות :
- (א) סורק לייזר
- (ב) מקלט GNSS דיפרנציאלי.
- (ג) מערכת ניווט אינרציאלית (INS).
- 4.1.1 עבור מערכות הכוללות בנוסף לתת המערכות שלעיל גם מצלמה :
- (א) המצלמה המותקנת באותה מערכת ייחוס תקבל את נתוני מיקום ממערכת ה-INS.
- (ב) במערכת אווירית- רכיב ייצוב גלגול (רכיב השומר על כיוון הסריקה ומפצה על גלגול המטוס) או מערכת ייצוב בשלושה צירים.
- 4.1.2 מערכת רכובה תכלול בנוסף לרשום לעיל גם מד מרחק גלגול (DMI).
- 4.2 כיול ואישור של הסורק
- 4.2.1 הכיול יתבצע בהתאם להוראות היצרן ולכל הפחות אחת לחמש שנים.
- 4.2.2 כתנאי לשימוש בסורק יש להציג את המסמכים הבאים :
- (א) מפרט טכני של המערכת.
- (ב) תעודת כיול עדכנית של היצרן.
- (ג) דו"ח כיול אווירי שבוצע במסגרת גיחת הצילום.
- 4.3 השימוש ב- GNSS
- 4.3.1 הסריקה תתבצע יחסית למערך תחנות GNSS קבועות, בהתחשב במרחק המותר מתחנת בסיס פיסית או וירטואלית ובהתאם לסעיף 5.5.
- 4.3.2 ניתן לעשות שימוש בתחנת בסיס לשירותי זמן אמת פרטית שתוקם על נקודת בקרה מדרגה G2 או S0 בהתאם לתקנות המדידה, ובהתאם לסעיף 5.5.

5. תכנון וביצוע סריקת הלייזר

- 5.1 תכנון הטיסה ומאפייני הסריקה יבטיחו עמידה בצפיפות הנקודות והדיוק הנדרשים מהמדידה.
- 5.2 גובה הטיסה יותאם לדיוק האופקי הנדרש ויהיה האופטימלי להשגת הכיסוי הנדרש במינימום קווי סריקה.
- 5.3 קצב שיגור האותות ופיזורן יותאם לגובה הטיסה ולצפיפות הנקודות הנדרשת.
- 5.4 זווית ההטיה של קרן הלייזר המשוגרת תהיה המקסימלית על פי המפרט הטכני של המערכת.
- 5.5 בזמן הסריקה, המרחק של מערכת סורק הלייזר המוטס מתחנת GNSS לא יעלה על 40 ק"מ. במערכת רכובה לא יעלה המרחק מתחנת GNSS על 20 ק"מ.
- 5.6 אורך קו סריקה לא יעלה על 35 ק"מ.
- 5.7 החפייה הצידית בין פסי סריקה סמוכים תהיה לפחות 25% ולא פחות מ- 50 מ'.
- 5.8 יש לכלול רצועה של 100 מ' מעבר לתחום העבודה (Buffer).
- 5.9 בנוסף לפסי הסריקה הסמוכים, תתבצע סריקה של פסי קשר (Tie strips) בריווח של 25 ק"מ לכל היותר בין פס לפס, ולכל הפחות רצף קשר אחד בתחום העבודה. רצפי הקשר יכסו את כל קווי הסריקה ויבוצעו ככל הניתן, מעל שטחים בנויים/ אלמנטים מעשה ידי אדם. בפרויקט סריקה קווי, קווי הסריקה יחצו אחד את השני באופן שתתקיים חפיפה הגדולה מרוחב הסריקה של כל קו, אזורי החפיפה יבוצעו ככל הניתן, מעל שטחים בנויים/ אלמנטים מעשה ידי אדם. (ראו איורים להמחשה)



איור 3: פרויקט סריקה קווי, קווי הסריקה חוצים אחד את השני מעל שטחים בנויים.



איור 2: קווי סריקה קצרים מ 25 ק"מ, קו קשירה אחד מעל שטחים בנויים החוצה את כל הקווים.



איור 1: קווי סריקה ארוכים מ 25 ק"מ, שני קווי קשירה בקצות הבלוק מעל שטחים בנויים החוצה את כל הקווים.

5.10 על מערכת סורק הלייזר לאסוף, כמינימום, שלושה נתוני החזר (ראשון, ביניים ואחרון) ונתוני עוצמה לכל החזר. מספר מרובה יותר של החזרים או קליטת הגל המוחזר כולו מהוות תוספת רצויה.

5.11 כל מדידה לאורך קו החוף (טופוגרפית או בתיםטרית) יש לבצע בהתאם לשעות השפל- אין למדוד מחוץ לטווח של שתיים לפני או אחרי שיא השפל

5.12 אין לבצע סריקת לייזר מוטסת באחד או יותר מהתנאים הבאים:

(א) רוחות חזקות.

(ב) עננות או ערפל בין המטוס לקרקע.

(ג) מזג אוויר גשום.

(ד) אזורים מושלגים.

5.13 נתוני ה-DPGS בזמן הסריקה:

(א) במהלך כל הפעלת המערכת יקלטו לכל הפחות 6 לוויינים וזווית הגובה של כל לוויין המשמש לחישוב לא תפחת מ-15° מעל האופק.

(ב) על ערך ה-PDOP להיות קטן מ 5.

6. כיוול המערכת

6.1 כיוול של מערכת אווירית יתבצע:

(א) בכל התקנה מחדש של המערכת על גבי המטוס.

(ב) בתחילתה או בסיומה של גיחת סריקת לייזר לצורכי מדידה ומיפוי אם חלף יותר משבוע ממועד התקנת המערכת על גבי המטוס.

6.1.2 הכיוול יתבצע כמפורט להלן:

(א) ימדדו משטחי כיוול מישורים. המשטחים יהיו אופקיים ומשופעים. כגון: משטחי אספלט, משטחי בטון, גגות מבנים, וכדומה.

(ב) ערכי פינות המשטח ימדדו מראש בשיטה קרקעית, בדרגת דיוק 3, אופקי ואנכי.

(ג) מאפייני הטיסה בעת הכיוול, שכוללים את גובה הטיסה, קצב השיגור, קצב הסריקה והמפתח הזוויתי יהיו האופטימליים להשגת תוצרים בדרגת דיוק 3 לפי תקנות המדידה.

(ד) בסיום הכיוול ייקבעו ההפרש הקווי והזוויתי בין הסורק ומקלט ה-GNSS וה-INS, בהתאמה.

6.2 כיוול של מערכת רכובה יתבצע בהתחלה ובסיום של כל הפעלה או בהתאם להוראות היצרן

7. צפיפות נקודות למטר ודרגות דיוק סריקה

7.1 צפיפות ענן הנקודות תתייחס לאזור המכיל את הנקודות השמישות גיאומטרית פרט למקרים מיוחדים בהם תוגדר צפיפות נקודות נומינאלית נדרשת (למשל באזורים סבוכים במיוחד או גדות נחלים)

7.2 חישוב צפיפות ענן הנקודות יתייחס אל נתוני החזר האחרון והחזר היחיד בפרויקט הסריקה כולו (על אזורי החפיפה השמישים בין קווי הסריקה).

7.3 צפיפות הנתונים תוגדר כמות המינימאלית של נקודות בתא ריבועי של 1 מטר עבור 90% מהתאים.

| 1 | 2 | 4 | 8 | 100* | מאפיין צפיפות הנקודות למ"ר |
|----------|----------|----------|---------|-----------|--|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | דרגת דיוק מיפוי אופקי |
| 1: 2,500 | 1: 1,250 | 1: 1,000 | 1: 500 | 1: 250 | קנה מידה אופייני |
| 63 ס"מ | 30 ס"מ | 25 ס"מ | 13 ס"מ | 6 ס"מ | שר"ב מירבי בכוון מזרח וצפון |
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | דרגת דיוק מיפוי אנכי |
| 2.50 מ' | 1.25 מ' | 1.00 מ' | 0.50 מ' | 0.25 מ' | רווח אנכי אופייני |
| 50 ס"מ | 25 ס"מ | 20 ס"מ | 10 ס"מ | 5 ס"מ | שר"ב מירבי אנכי |
| 100 סמ"פ | 100 סמ"פ | 50 סמ"פ | 40 סמ"פ | 12.5 סמ"פ | הרזולוצייה המירבית של שריג הגבהים המחושב |

* הערה: העמודה הימנית בדרגת דיוק 3 מתייחסת אך ורק לסריקה רכובה ולא לסריקה אווירית.

8. נקודות ביסוס (בקה) וביקורת

- 8.1 בסריקה אווירית דיוק המיקום המרחבי נקבע בעיקר כמוואה של דיוק המערכת וגובה הטיסה- יש להתאים את גובה הטיסה לרמת הדיוק הנדרשת מהסריקה.
- 8.1.1 על מנת לבדוק את הדיוק האופקי ימדדו פינות של גגות מבנים או תחנות אוטובוס במקומות שונים בפרויקט בפיזור של איתור כל 50 קמ"ר ומינימום שני איתורים בפרויקט.
- 8.1.2 על מנת לשפר ולבדוק את הדיוק האנכי ימדדו משטחי בקרה -
- (א) אזורים מישורים בגודל של לפחות 1 מטר על 1 מטר בהם ימדדו חמש נקודות גובה בפינות המשטח ובמרכזו ויחושב גובה ממוצע למשטח.
- * הערה: אין למקם משטחי בקרה לאורך קווי אי רציפות טופוגרפיים.
- (ב) השוואת הסריקה למשטחי הבקרה תתבצע ביחס לרשת משולשים לא רגולרית שתחושב על בסיס נתוני ההחזר האחרון.
- (ג) כמות משטחי הבקרה והביקורת- עבור כל 20 קמ"ר של סריקה יש למדוד משטח בקרה אחד ו- 2 משטחי ביקורת. יודגש כי בכל פרויקט יש למדוד לכל הפחות 5 משטחי בקרה ו- 2 משטחי ביקורת.
- 8.2 בסריקה רכובה יש למדוד נקודות בקרה לבדיקת הפוזיציה והגובה
- (א) הנקודות יקבעו על פרטים ברורים ויציבים: פינת קיר, פינת מבנה, פינת מדרכה, סימון על כביש, פינת סלע, פינת שוחה וכו'. וימדדו בשני צידי הסריקה, בגבהים שונים ועל משטחים אופקיים ואנכיים.
- (ב) הנקודות יסומנו מראש באמצעות סמנים מוסכמים או ילוו בטופס תיאור נקודה כמפורט בנספח ז'.
- (ג) כמות נקודות הבקרה והביקורת- עבור כל 500 מטר רץ של סריקה יש למדוד לכל הפחות נקודת בקרה אחת ו- 2 נקודות ביקורת. יודגש כי בכל פרויקט יש למדוד לכל הפחות 5 נקודות בקרה ו- 2 נקודות ביקורת.
- 8.3 מדידת נקודות הביסוס תהיה בדיוק טוב פי 2 מדרגת הדיוק שנדרשת לתוצר (ראו [הנחיית מנהל 4ה - ביצוע מיפוי טופוגרפי או מצבי בשיטה פוטוגרמטרית](#) – סעיף 7.3).
- הערה: במידה ובנוסף לסריקה האווירית מתבצע גם צילום אוויר יש להוסיף נקודות בקרה לביצוע הטריאנגולציה בהתאם לתקן תק. 6 לביצוע פרויקט מיפוי מתקדם בכיסוי אזורי.

9. עיבוד הנתונים והפקת ענן הנקודות

- 9.1 חישוב נתיב הסריקה :
- (א) חישוב מיקום המערכת בכל שניה יתבצע בעזרת נתוני תיקון המיקום שיתקבלו ממערכת ה GPS הקרקעית
- (ב) יש להשתמש בנתוני האפמריס שזמינים לאחר יומיים באינטרנט.
- (ג) על קובץ נתיב הסריקה לכלול נתוני דיוק הפתרון לכל שניה.
- (ד) קובץ נתיב הסריקה יימסר למזמין כחלק מנתוני הפרויקט.
- 9.2 על בסיס נתיב הסריקה המעודכן ונתוני הכיול של המערכת יחושבו נתוני המיקום של כל סריקה בנפרד.
- 9.3 יחושבו משטחי קשר בין פסי הסריקה ופסי הקשר ויותאמו פסי הסריקה אחד לשני בהתאם לרמת הדיוק של נתיב הסריקה ובהתאם לנקודות בקרה קרקעיות.
- 9.4 ההפרש המרבי בין הגבהים של פסי סריקה צמודים לא יעלה על חצי מהשר"ב המירבי האנכי עבור 95 אחוזים מהמשטחים בהתאם לדרגת הדיוק של הסריקה.
- 9.5 במערכת אוורית, תהליך התאמת קווי הסריקה לא יתבצע עבור 5% מקצותיו של כל קו סריקה, שטח זה עשוי להכיל שגיאות גבוהות ולא יהיה חלק מהמידע.
- 9.6 במידה והגיחה כללה גם צילום :
- (א) הבלוק הצילומי ייפתר באמצעות נתוני המיקום המחושבים של הסורק ונקודות הבקרה שנמדדו למטרה זו.
- (ב) ענן הנקודות המחושב יקבל ערכי RGB מהתצלומים הפתורים.
- 9.7 יישמר קובץ ענן נקודות לכל קו סריקה בנפרד ודוחות המפרטים את דיוק הנתונים וכמות משטחי הקשר בהם נעשה שימוש.

10. ענן נקודות ומודלי גבהים ספרתיים

- 10.1 ענן הנקודות של אזור העבודה יכיל גם את פסי הקשר וגם את אזורי החפיפה בין פסי סריקה סמוכים אך אלו יסווגו באופן מתאים ולא יכללו בחישוב צפיפות נקודות הפרויקט.
- 10.2 ענן הנקודות יעבור סינון לניקוי חריגות מענן הנקודות באופן אוטומטי/חצי אוטומטי, כולל בקרה ותיקון ידנית תוך הקפדה על העקרונות הבאים :
- (א) נקודות רעש מתחת ומעל לקרקע יסווגו לנקודות רעש.
- (ב) נקודות רעש הנובעות מאובייקטים דינמיים בסריקה (כגון רכבים, בעלי חיים או אנשים הנמצאים בתנועה) יסווגו לנקודות רעש.
- 10.3 אזורים נטולי מידע יוגדרו כאזורים הגדולים משני מטר מרובע ושאינם מכילים נקודה בודדת. קיום אזורים מעין אלו בענן הנקודות יוביל להגדרת המידע כלא שלם.
- 10.4 חוסר במידע יתקבל עבור תאי שטח בהם הופיע אובייקט דינאמי שהוסר וכו'.
- 10.5 בסריקה טופוגרפית, אזורים המאופיינים בהחזרים נמוכים בתחום האינפרא-אדום, כגון גופי מים או גופים אחרים, לא יכללו בניתוח שלמות המידע.
- 10.6 סיווג ענן הנקודות :
- (א) ענן הנקודות יכלול סיווג **בסיסי** על פי החלוקה הבאה : אזורי חפיפה בין קווי סריקה, נקודות החזר ראשון ואחרון, נקודות תבליט, נקודות תבליט אופייני, נקודות תכסית, נקודות רעש וגופי מים.

- (ב) במידה ויוזמן ענן נקודות הכולל סיווג **מתקדם** העבודה תתבצע על פי החלוקה הנ"ל והשכבות הנוספות המוגדרות בנספח ב'.
- (ג) במידה ותוזמן סריקה בתימטרית יכלול הסיווג בנוסף לסעיף א' גם שכבות בתימטריות המפורטות בנספח ב'.
- (ד) הפעילות תתבצע באופן אוטומטי כאשר בקרת איכות ותיקונים יתבצעו באופן ידני.
- 10.7 כל נקודה בענן הנקודות תכיל גם את מספר קו הסריקה ומספר מזהה עבור מערכת הסריקה (במידה ונעשה שימוש ביותר מסורק אחד)
- 10.8 יצירת מודל גבהים ספרתי סדור של תבליט השטח (DTM) ושל תבליט ותכסית השטח (DSM), מחושבים מענן הנקודות שסווג בהתאם לצפיפותו של ענן הנקודות בהתאם לסעיף 7 לעיל.
- 10.9 חישוב מודלי הגבהים יתבצע באופן הבא :
- (א) חישוב מודל הגבהים מענן הנקודות שסווג כנקודות המתארות את תבליט השטח ונקודות המים, ייקח בחשבון את הגובה המינימלי של ענן הנקודות בתוך כל תא של השריג.
- (ב) חישוב מודל הגבהים מענן הנקודות שסווג כנקודות המתארות את תבליט ותכסית השטח ונקודות המים, ייקח בחשבון את הגובה המקסימלי של ענן הנקודות בכל תא של השריג שהוגדר.
- (ג) במידה ובוצע מיפוי טופוגרפי יש לשלב את קווי השבר (קובץ ה- DIS) בחישוב מודלי הגבהים.
- (ד) חישוב מודל הגבהים מענן הנקודות שסווגו כנקודות בתימטריות ואובייקטים שקועים, ייקח בחשבון את הגובה המקסימלי של ענן הנקודות בכל תא של השריג שהוגדר.
- 10.10 שמירה על שלמות ורציפות המודל :
- (א) במודל הגבהים המחושב לא יהיו פיקסלים ללא מידע מלבד בשולי האריח במקרה של גבול הסריקה יקבע ערך קבוע 9,999-.
- (ב) אזורים המייצגים גופי מים (מאגרים, אגמים, ים וכו') יהיו רציפים ואחידים, במקרה של צילום חלקי של גופי מים יושלם המידע של גובה פני המים עד למרחק של 200 מטר מקו החוף ומעטפת של גוף המים.
- (ג) ערכי הפיקסלים של קרקע טבעית ייצגו את ההשתנות הטבעית של הקרקע ללא שברים או מדרגות.
- (ד) עבור פיקסלים הנמצאים בקרבת גבול האריח/הגיליון יש לקחת בחשבון נתונים מאריחים/גיליונות צמודים במטרה לקבל גובה רציף ואמתי בגבולות.
- 10.11 הפקת דו"ח דיוקים עבור מודלי הגבהים שיכלול דרגת דיוק אופקית ואנכית ו-שר"ב אופקית ואנכית.
- 10.12 הדיוק המרחבי של ענני הנקודות ומודלי הגבהים יהיה כמפורט בסעיף 7 בתקן זה.

11. מיפוי טופוגרפי

- 11.1 מיפוי טופוגרפי לפי תקן זה יתבצע רק באמצעות מערכת המשלבת סריקה וצילום
- 11.2 תצלומי אוויר המיועדים לשילוב עם ענן הנקודות לצורך מיפוי יבוססו פוטוגרמטרית על סמך שיטות טריאנגולציה אווירית המאושרות על ידי המרכז למיפוי ישראל (ר' הנחיות המנהל).
- 11.3 לצורך ביקורת העיגון ההדדי בין התצלומים והסריקות תדגמנה נקודות ביקורת על סמך הקריטריונים שפורטו עבור דיוק מדידת הגובה.
- 11.4 הדיוק המרחבי של המפה יהיה כמפורט בסעיף 7 בתקן זה.
- 11.5 המפה תוגבש בקובץ CAD ובהתאם למפרט המיפוי הלאומי.

- 11.6 המודד יבצע בקרת איכות בהתאם להנחיית המנהל ב1 לבקרת איכות למדידה טופוגרפית.
- 11.7 בנוסף למפה יוגשו קבצי REG ו-DIS המתארים בצורה מיטבית את ה-DTM וזאת בהתאם לצרכי המזמין והשימוש שיעשה במפה.
- 11.8 בהתאם לדרישת המזמין המפה תוגש גם בפורמט GIS שידרוש מזמין העבודה.
- הערה: צילום אווירי למיפוי יתבצע בהתאם לתקן תקן 6. תקן לצילום אווירי ומוצרי מיפוי בסיסיים ומתקדמים בכיסוי אזורי בנוגע לתנאי ולשעות הצילום

12. נתונים ותוצרים להגשה

- 12.1 התוצרים והנתונים שיוגשו עבור סריקת לייזר אווירית הם כמפורט להלן:

| תוצר או נתון | פורמט | נספח | חובה/ על פי דרישה |
|--|----------|-----------------|-------------------|
| (א) קובץ נתוני המערכת ודוחות כיוול המערכת | PDF/XLX | סעיף 4.2.2 לעיל | חובה |
| (ב) קובץ מיקום המטוס וקווי הסריקה | TXT+ SHP | נספח ג' | חובה |
| (ג) ענן נקודות גולמי כפי שחושב | Las\Laz | נספח ב' | על פי דרישה |
| (ד) ענן נקודות מסווג | Las\Laz | נספח ב' | חובה |
| (ה) מודל גבהים של תבליט - DTM | GeoTiFF | נספח ב' | חובה |
| (ו) מודל גבהים של תכסית - DSM | GeoTiFF | נספח ב' | חובה |
| (ז) דו"ח דיוקים למודל הגבהים | XLSX | נספח א' | חובה |
| (ח) דו"ח מסכם לעבודה | PDF | נספח א' | חובה |
| (ט) שכבת אינדקס חלוקה לאריחים עבור ענן הנקודות ומודלי הגבהים | SHP\GDB | נספח ב' | חובה |

- 12.2 התוצרים והנתונים שיוגשו עבור סריקת לייזר רכובה הם כמפורט להלן:

| תוצר או נתון | פורמט | נספח | חובה/ על פי דרישה |
|---|----------|-----------------|-------------------|
| (א) קובץ נתוני המערכת ודוחות כיוול המערכת | PDF | סעיף 4.2.2 לעיל | חובה |
| (ב) ענן נקודות גולמי צבעוני כפי שחושב | Las\Laz | נספח ב' | חובה |
| (ג) קובץ מיקום מסלול הסריקה | TXT+ SHP | נספח ג' | חובה |
| (ד) תצלומים פנורמיים/ מיושרים | JPEG | נספח ה' | חובה |
| (ה) קובץ מיקומי התצלומים | TXT\XLS | נספח ה' | חובה |
| (ו) קובץ קליברצית מצלמה | TXT\XLS | נספח ו' | חובה |
| (ז) דו"ח מסכם לעבודה | PDF | נספח א' | חובה |

| | | | |
|------|---------|----------|--|
| חובה | נספח ב' | SHP\GDB | שכבת אינדקס חלוקה לאריחים עבור ענן הנקודות |
| חובה | נספח ז' | Word\PDF | טופסי תיאור נקודות הבקרה והביקורת שנמדדו |

12.3 התוצרים והנתונים שיוגשו עבור הצילום האווירי, נקודות הביסוס ופתרון הטריאנגולציה אווירית הם כמפורט להלן:

| תוצר או נתון | פורמט | נספח | חובה\ על פי דרישה |
|-----------------------------|-------|---------|-------------------|
| (א) מרכזי תצלומים | GIS | נספח ג' | על פי דרישה |
| (ב) תיחומי תצלומים | GIS | נספח ג' | חובה |
| (ג) תצלומי אוויר | TIFF | נספח ד' | חובה |
| (ד) דו"ח פתרון הטריאנגולציה | XLSX | נספח ו' | חובה |
| (ה) תיאורי נקודות הביסוס | PDF | נספח ז' | חובה |

12.4 התוצרים והנתונים שיוגשו עבור אורתופוטו הם:

| תוצר או נתון | פורמט | נספח | חובה\ על פי דרישה |
|------------------------------------|-------------------|---------|-------------------|
| (א) אורתופוטו | TIFF/ECW/JPEG2000 | נספח ח' | חובה |
| (ג) שכבת קווי התפר עם תאריכי צילום | GIS | נספח ג' | חובה |
| (ו) דו"ח דיוקים | XLSX | נספח ט' | חובה |

12.5 התוצרים והנתונים שיוגשו עבור מיפוי טופוגרפי הם כמפורט להלן:

| תוצר או נתון | פורמט | נספח | חובה\ על פי דרישה |
|---------------------|----------|----------------------------------|-------------------|
| (א) מפה טופוגרפית | CAD | מפרט מיפוי לאומי | חובה |
| (ב) קבצי REG ו-DIS | Reg, Dis | נספח י' | על פי דרישה |
| (ג) מיפוי טופוגרפי | GIS | מפרט מיפוי לאומי | על פי דרישה |
| (ד) דו"ח בקרת איכות | PDF | טופס בקרת איכות | חובה |

13. בקרת איכות

- 13.1 החברה תבצע אבטחת ובקרת איכות על הנתונים והתוצרים שתעביר לרשות המזמין.
- 13.2 החברה/הנציג המזמין יבצעו בקרת איכות בהתאם לנתונים והתוצרים כמפורט בנספח י"א.
- 13.3 נציג המזמין יאשר לספק בכתב כל הגשה, לאחר סיום בקרת האיכות והתיקונים.

14. אופן ההגשה

- 14.1 מכתב נלווה עם פרוט תכולת ההגשה ופרוט של התאריכים, התיקיות והקבצים.
- 14.2 מסירת הקבצים תבצע באמצעות כוננים חיצוניים או באמצעים מקוונים בהתאם לדרישת מזמין העבודה.

נספח א' – דו"ח מסכם לפרויקט

הדו"ח המסכם יכלול לפחות את הנקודות שלהלן:

1. תאור הפרויקט:
 - א. שטח הפרויקט
 - ב. צפיפות הנקודות המתוכננת ובפועל
 - ג. תאריכי הצילום ושעות הצילום
 - ד. פרטי החברה המבצעת כולל איש קשר לשאלות
2. סיכום תהליך העיבוד כולל דוחות פתרון, נתוני PDOP ונתוני השוואת משטחי בקרה.
3. דו"ח דיוק ענן הנקודות מול משטחי ביקורת.
עבור כל משטח בקרה יפורטו הנתונים הבאים:

| פרמטר | הסבר | יחידות |
|------------|------------------------|--------|
| Point name | שם נקודה | - |
| מזרח | ערך מרכז המשטח בשדה X | מטרים |
| צפון | ערך מרכז המשטח בשדה Y | מטרים |
| גובה | ערך מחושב למשטח בשדה H | מטרים |
| גובה | ערכים מדודים במודל H | מטרים |
| גובה | הפרש בין ערכי ה H | מטרים |

נספח ב' – דרישות עבור קבצי ענן הנקודות ונתוני גבהים

- הקבצים אשר יוגשו יהיו בהתאם להנחיות שלהלן:
1. עבור כל אזור עבודה הגשת הנתונים תהיה בהתאם למפת המפתח שתימסר ע"י מזמין העבודה או שתוכן על ידי הספק בהתאם לאזור העבודה.
 2. כל הקבצים יהיו מעוגנים ברשת ישראל התקפה.
 3. כל קבצי הראסטר יהיו בפורמט GeoTIFF מסוג signed float 32 bit.
 4. כל קבצי ענן הנקודות יהיו בפורמט las 1.4.
 5. לכל קובץ ראסטר יצורף קובץ עיגון מסוג tfw.
 6. עבור כל קובץ, יש להתחשב בעובדה שקובץ העיגון מגדיר את מערכת הקואורדינטות של מרכז הפיקסל השמאלי עליון של קובץ הראסטר.
 7. שם קובץ הראסטר (GeoTiff) יהיה בהתאם לפורמט הבא:

| | |
|------|------------------------------------|
| NNN | שם גיליון העבודה (מתוך מפת המפתח). |
| TTTT | מס' אריח (מתוך מפת המפתח). |
| TYPE | יש לבחור בערך המתאים (DTM/DSM). |
| YYYY | שנת צילום |
 8. שם קובץ ענן הנקודות המסווג (las) יהיה בהתאם לפורמט הבא:

| | |
|------|------------------------------------|
| NNN | שם גיליון העבודה (מתוך מפת המפתח). |
| TTTT | מס' אריח (מתוך מפת המפתח). |
| YYYY | שנת צילום |
 9. שם קובץ ענן הנקודות לכל קו טיסה יהיה בהתאם לפורמט הבא:

| | |
|-----------------|--------------------------------|
| NNN_L_DDDMMYYYY | שם קו טיסה |
| NNN | שם אזור העבודה |
| L | מספר קו הסריקה |
| DDMMYYYY | תאריך הצילום בפורמט dd/mm/20yy |
 10. קטגוריות סיווג ענן הנקודות:

| | |
|---|-------------------|
| 0 | נקודות לא מסווגות |
| 1 | החזר יחיד ואחרון |
| 2 | נקודות תבליט |
| 3 | צמחיה נמוכה |
| 4 | צמחיה בינונית |
| 5 | צמחיה גבוהה |

| מספר | שכבה | רמת סיווג | הסבר |
|------|-------------------|------------------|---|
| 0 | נקודות לא מסווגות | סריקה רכובה בלבד | חומר גלם לפני סיווג אוטומטי. |
| 1 | החזר יחיד ואחרון | בסיסית | נקודות החזר יחיד ואחרון, שלא סווגו לקרקע או תכסית. בד"כ מדובר בנקודות הנמצאות מעט מעל ומתחת למשטח הייחוס של הקרקע. |
| 2 | נקודות תבליט | בסיסית | נקודות המתארות תבליט השטח (קרקע טבעית) ואובייקטים על פני הקרקע הטבעית (כגון: כבישים, דרכי עפר וכו') ונקבעו כמישור הקובע של הקרקע |
| 3 | צמחיה נמוכה | מתקדמת | נקודות המתארות עצים או צמחים בגובה של חצי מטר עד מטר מעל המישור של הקרקע. |
| 4 | צמחיה בינונית | בסיסית | ברמת סיווג בסיסית- כל נקודות התכסית. ברמת סיווג מתקדמת- נקודות המתארות עצים או צמחים בגובה של מטר עד שני מטר מעל המישור של הקרקע. |
| 5 | צמחיה גבוהה | מתקדמת | נקודות המתארות עצים או צמחים בגובה של יותר מ 2 מטרים מעל המישור של הקרקע. |

| | | | |
|-------|---------------------------|--------|---|
| 6 | מבנים וגשרים | מתקדמת | נקודות המתארות מבנים ואלמנטים קבועים מעשה ידי אדם ששטחם גדול מ 4 מ"ר (כגון: גשרים, סככות, חממות, וכו') וגבוהים ביותר מ 1 מטרים מעל מישור הקרקע. |
| 7 | נקודת רעש | בסיסית | נקודות מעל או מתחת למשטח ועצמים דינמיים כגון: ציפורים וכלי טיס מנמיכי טוס בסריקה אווירית ובני אדם ורכבים חולפים בסריקה רכובה. |
| 8 | נקודות תבליט אופייניות | בסיסית | נקודות קרקע המתארות את פני השטח ושינויים בטופוגרפיה בצפיפות נמוכה- נקודת גובה אופיינית כל 10 מטרים וכל שינוי של 15 מעלות בטופוגרפיה. |
| 9 | מים | בסיסית | נקודות המתארות גופי מים בסריקה טופוגרפית. |
| 10 | נקודות תכסית כלליות | מתקדמת | נקודות המתארות אובייקטים ניידים או מעשי ידי אדם ששטחם קטן מ 4 מ"ר (כגון: רכבים, פסלים, עמודים וכו'). |
| 11 | כבלי תשתית | מתקדמת | כבלי חשמל, תקשורת וכו'. |
| 12 | נקודות חפיפה | בסיסית | נקודות חופפות מקווי סריקה צמודים. |
| 13 | קיר | מתקדמת | נקודות המתארות קירות בסריקה רכובה. |
| 14 | עצים | מתקדמת | נקודות המתארות עצים בסריקה רכובה. |
| 15 | עמודים | מתקדמת | נקודות המתארות עמודים שונים כגון: תאורה, רמזורים, חשמל, טלפון וכו'. |
| 16 | רכבים | מתקדמת | נקודות המתארות רכבים סטטיים. |
| 17-19 | לא בשימוש | | |
| 20 | קווי אי רציפות | בסיסית | נקודות קרע הנמצאות בסמיכות לקווי אי רציפות במידה ונוצרו במסגרת מיפוי טופוגרפי משולב סריקה. |
| 21-39 | לא בשימוש | | |
| 40 | נקודות בתימטריות | בסיסית | נקודות המתארות את קרקעית גוף המים. |
| 41 | פני המים | בסיסית | נקודות המתארות את פני משטח המים (בניגוד לנקודות מים בסריקה בטווח האדום). |
| 42 | נקודה סינטטית | בסיסית | נקודה המתארת את פני משטח המים שמקורה לא בסריקה |
| 43 | אובייקטים שקועים | בסיסית | אלמנטים על קרקעית גוף המים (סלעים, שברי אוניות, עוגנים וכו'). |
| 44 | נקודת S57 | | על פי תקן ה IHO |
| 45 | נקודות בתימטריה לא מסווגת | בסיסית | נקודות בתימטריות ללא סיווג קרקע או אובייקטים שקועים. |

נספח ג' – דרישות עבור קבצי הממ"ג

הקבצים אשר יוגשו יהיו בהתאם להנחיות שלהלן:
 1. שכבת מרכזי התצלומים:

- א. שם הקובץ: frameCenters
- ב. פורמט: FGDB\GDB\SHp
- ג. רשת ייחוס: רשת ישראל התקפה
- ד. גיאומטריה: נקודה
- ה. מאפייני השכבה:

| מאפיין | סוג משתנה | הסבר |
|------------|-------------|--------------------------------------|
| Frame | טקסט | שם מלא של התצלום |
| Camera | טקסט | שם מערכת הצילום למיפוי |
| Easting | מספר עשרוני | אורדינאטה מזרח-מערב במטרים של התצלום |
| Northing | מספר עשרוני | אורדינאטה צפון-דרום במטרים של התצלום |
| MSL_Height | מספר עשרוני | גובה מעל פני השטח במטרים של התצלום |
| Omega | מספר עשרוני | זווית עלרוד |
| Phi | מספר עשרוני | זווית גלגול |
| Kappa | מספר עשרוני | זווית סבסוב |
| Date | תאריך | תאריך הצילום בפורמט: dd/mm/20yy |
| Time | זמן | שעת הצילום בשעון מקומי בפורמט: hh:mm |

2. שכבת תיחומי התצלומים לפני/אחרי פתרון טריאנגולציה אוורית:

- א. שם הקובץ: frameBoundaryBeforeAT/ frameBoundaryAfterAT
- ב. פורמט: FGDB\GDB\SHp
- ג. רשת ייחוס: רשת ישראל התקפה
- ד. גיאומטריה: פוליגון
- ה. מאפייני השכבה – זהים לסעיף 1.

3. שכבת קווי התפר:

- א. שם הקובץ: seamLines
- ב. פורמט: FGDB\GDB\SHp
- ג. רשת ייחוס: רשת ישראל התקפה
- ד. גיאומטריה: פוליגון
- ה. מאפייני השכבה – זהים לסעיף 1 למעט מאפייני המיקום וזוויות ההרכבה.

4. שכבת קווי טיסה מתוכננים/מבוצעים:

- א. שם הקובץ: planedFlightLines/ actFlightLines
- ב. פורמט: FGDB\GDB\SHp
- ג. רשת ייחוס: רשת ישראל התקפה
- ד. גיאומטריה: קו
- ה. מאפייני השכבה:

| מאפיין | סוג משתנה | הסבר |
|-----------|-----------|-----------------------------------|
| Line | מספר שלם | מספר קו |
| Camera | טקסט | שם מערכת הצילום למיפוי |
| Date | תאריך | תאריך הצילום בפורמט: dd/mm/20yy |
| StartTime | זמן | שעת התחלה של הצילום בפורמט: hh:mm |
| EndTime | זמן | שעת סיום של הצילום בפורמט: hh:mm |

5. שכבת פסי סריקה מתוכננים ומבוצעים :

- א. שם הקובץ : `plannedScanLines/ actScanLines`
- ב. פורמט : `FGDB\GDB\SHP`
- ג. רשת ייחוס : רשת ישראל התקפה
- ד. גיאומטריה : פוליגון
- ה. מאפייני השכבה : בדומה לסעיף 4

6. קובץ נתיב הסריקה :

- א. שם הקובץ : `ScanTrajectory`
- ב. פורמט : `GDB\SHP\TXT`
- ג. רשת ייחוס : רשת ישראל התקפה
- ד. גיאומטריה : נקודה
- ה. מאפייני השכבה : על השכבה/ טבלה להכיל לפחות את השדות הבאים :

| מאפיין | סוג משתנה | הסבר |
|--------------------|-------------|--|
| Time | מספר עשרוני | זמן GPS בפורמט <code>seconds of week + week</code> |
| Easting | מספר עשרוני | קורדינאטה מזרח-מערב במטרים |
| Northing | מספר עשרוני | קורדינאטה צפון-דרום במטרים |
| Elevation | מספר עשרוני | גובה מעל פני הים במטרים |
| Heding | מספר עשרוני | זווית סבסוב |
| Roll | מספר עשרוני | זווית גלגול |
| Pitch | מספר עשרוני | זווית עלרוד |
| Easting Accuracy | מספר עשרוני | רמת הדיוק של ה קורדינאטה מזרח-מערב |
| Northing Accuracy | מספר עשרוני | רמת הדיוק של ה קורדינאטה צפון-דרום |
| Elevation Accuracy | מספר עשרוני | רמת הדיוק של הגובה |
| Heading Accuracy | מספר עשרוני | רמת הדיוק של זווית הסבסוב |
| Roll Accuracy | מספר עשרוני | רמת הדיוק של זווית הגלגול |
| Pitch Accuracy | מספר עשרוני | רמת הדיוק של זווית העלרוד |

7. שכבת נקודות ביסוס וקשר :

- א. שם הקובץ : `atPoints`
- ב. פורמט : `FGDB\GDB\SHP`
- ג. רשת ייחוס : רשת ישראל התקפה
- ד. גיאומטריה : נקודה
- ה. מאפייני השכבה :

| מאפיין | סוג משתנה | הסבר |
|-----------|-------------|--|
| pointName | טקסט | שם הנקודה |
| Type | מספר שלם | 1 – נקודת ביסוס מרחבית 2 – נקודת ביסוס אופקית 3 – נקודת ביסוס אנכית 4 – נקודת קשר |
| Easting | מספר עשרוני | אורדינאטה מזרח-מערב במטרים |
| Northing | מספר עשרוני | אורדינאטה צפון-דרום במטרים |
| Height | מספר עשרוני | גובה אורתומטרי במטרים |

נספח ד' – דרישות עבור קבצי תצלומי האוויר

הקבצים אשר יוגשו יהיו בהתאם להנחיות שלהלן:

1. שמותיהם של קבצי תצלומי האוויר יהיו בהתאם לפורמט הבא:

$L_XXX_F_ZZZZ_DDMMYYYY$, כאשר:

- א. L קיצור של *Line* ואין צורך לשנתו.
- ב. XXX מס' קו הצילום באזור העבודה בטווח 001-999 (חובה 3 תווים)
- ג. F קיצור של *Frame* ואין צורך לשנתו.
- ד. $ZZZZ$ מס' התצלום בקו הרלוונטי בטווח 0001-9999.
- ה. $DDMMYYYY$ תאריך הצילום בפורמט dd/mm/20yy.

דוגמא:

L_001_F_001_20072023.tif

- 2. עבור כל אזור עבודה הגשת הנתונים תהיה בהתאם לאזור העבודה הרלוונטי.
- 3. כל התצלומים יהיו מעוגנים ברשת ישראל התקפה.
- 4. כל התצלומים יוגשו ברזולוציה רדיומטרית של 8bit.

**נספח ה' – דרישות עבור קבצי תצלומי הסריקה הרכובה**

- הקבצים אשר יוגשו יהיו בהתאם להנחיות שלהלן:
1. שמותיהם של קבצי התצלומים יכילו את שם אזור העבודה ואת תאריך הצילום.
 2. עבור כל אזור עבודה הגשת הנתונים תהיה בהתאם לאזור העבודה הרלוונטי.
 3. קבצי התצלומים ילוו בקובץ פרמטרי המצלמה כולל עיוותי עדשה.
 4. קבצי התצלומים ילוו בקובץ מיקום לכל תצלום הכולל לפחות את הנתונים הבאים:
 - (א) שם התצלום
 - (ב) זמן הצילום בשעון GPS
 - (ג) קואורדינטת התצלום בשלושת הצירים במערכת הייחוס של הפרויקט
 - (ד) זווית ההרכבה והסיבוב של כל תצלום
 5. ביצוע טשטוש פרצופים ולוחיות רישוי של רכבים יבוצע על התצלומים לפי דרישת המזמין.

נספח ו' – מבנה קובץ טריאנגולציה אווירית

1. קובץ ה-XLS הרצי"ב כולל את הנתונים הנדרשים לבדיקת הטריאנגולציה האווירית.
2. מבנה הקובץ:
 - א. פרמטרי מצלמה.
 - ב. תצלומים פתורים.
 - ד. מדידת נקודות בקרה בתצלומים והפרשם מהערך המדוד בשדה.
3. הסבר אודות פרמטרי המצלמה:

| פרמטר | הסבר | יחידות |
|--------------|--------------------------------------|------------|
| Image width | רוחב תמונה | פיקסלים |
| Image Height | אורך תמונה | פיקסלים |
| focal length | אורך מוקד | מ"מ |
| x | סטיית מרכז התצלום בכיוון רוחב התמונה | מ"מ |
| y | סטיית מרכז התצלום בכיוון רוחב התמונה | מ"מ |
| pixel size | גודל פיקסל במיקרון מטר | מיקרון מטר |
| K0 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| K1 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| K2 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| K3 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| K4 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| K5 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| K6 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| K7 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| P1 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| P2 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| P3 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| P4 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |

4. הסבר אודות תצלומים פתורים - עבור כל תצלום יפורטו ערכי הפרמטרים המופיעים בטבלה:

| פרמטר | הסבר | יחידות |
|------------|--|--------|
| Image Name | שם תמונה | - |
| Xo | מיקום מרכז התצלום במרחב בכיוון מזרח-מערב | מטרים |
| Yo | מיקום מרכז התצלום במרחב בכיוון צפון-דרום | מטרים |
| Zo | מיקום מרכז התצלום במרחב מעל פני השטח | מטרים |

| | | |
|----------------|-------------|-------|
| מעלות עשרוניות | זווית גלגול | omega |
| מעלות עשרוניות | זווית עלרוד | phi |
| מעלות עשרוניות | זווית סבסוב | kappa |

הערה: במידה ונעשה שימוש בפרמטרים נוספים יש לצרפם ולעדכן את קובץ ה-XLS כנדרש.

5. הסבר אודות מדידת נקודות בקרה בתצלומים – עבור כל נקודת בקרה ששולבה בפתרון הטריאנגולציה האווירית יפורטו כלל הפרמטרים המופיעים בטבלה:

| פרמטר | הסבר | יחידות |
|----------------------------|-----------------------|--------|
| Point name | שם נקודה | - |
| Left image: image name | שם תמונה ראשונה במודל | - |
| Right image: image name | שם תמונה שניה במודל | - |
| מזרח | ערכים מדודים בשדה X | מטרים |
| צפון | ערכים מדודים בשדה Y | מטרים |
| גובה | ערכים מדודים בשדה H | מטרים |
| מזרח | ערכים שנדגמו במודל X | מטרים |
| צפון | ערכים שנדגמו במודל Y | מטרים |
| גובה | ערכים מדודים במודל H | מטרים |
| מזרח | הפרש בין ערכי ה X | מטרים |
| צפון | הפרש בין ערכי ה Y | מטרים |
| גובה | הפרש בין ערכי ה H | מטרים |

6. בנוסף לקובץ ה-XLS יוגש קובץ טקסט הכולל את פרמטרי המצלמה לפי הפירוט הבא:

| פרמטר | הסבר | יחידות |
|--------------|--------------------------------------|------------|
| Image width | רוחב תמונה | פיקסלים |
| Image Height | אורך תמונה | פיקסלים |
| focal length | אורך מוקד | מ"מ |
| x | סטיית מרכז התצלום בכיוון רוחב התמונה | מ"מ |
| y | סטיית מרכז התצלום בכיוון רוחב התמונה | מ"מ |
| pixel size | גודל פיקסל במיקרון מטר | מיקרון מטר |
| K0 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| K1 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| K2 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |
| K3 | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | - |

| | | |
|---|----------------------------------|----|
| - | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | K4 |
| - | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | K5 |
| - | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | K6 |
| - | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | K7 |
| - | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | P1 |
| - | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | P2 |
| - | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | P3 |
| - | מקדם בפולינום לחישוב עיוות העדשה | P4 |

נספח ח' – דרישות עבור קבצי האורתופוטו

הקבצים אשר יוגשו יהיו בהתאם להנחיות שלהלן:

- עבור כל אזור עבודה הגשת הנתונים תהיה בהתאם למפת המפתח שתימסר ע"י מזמין העבודה או שתוכן על ידי הספק בהתאם לאזור העבודה. שם הקובץ יהיה בהתאם לפורמט הבא:

NNN_TTTT_GSD, כאשר:

NNN שם גיליון העבודה (מתוך מפת המפתח)

TTTT מס' אריח (מתוך מפת המפתח)

GSD רזולוציה ב-ס"מ,

- כל הקבצים יהיו מעוגנים ברשת ישראל התקפה.
- כל הקבצים יוגשו ברזולוציה רדיומטרית של 8bit.
- כל הקבצים יכללו את הערוצים הבאים בהתאם לסדר הבא:

| תאור | סימן הערוץ | סדר הערוץ |
|------|------------|-----------|
| אדום | R | 1 |
| ירוק | G | 2 |
| כחול | B | 3 |

- לכל קובץ ראסטר יצורף קובץ עיגון בהתאם לפורמט כפי שמצוין בטבלה:

| קובץ עיגון | פורמט |
|------------|-------|
| Tfw | Tiff |
| jpw | JP200 |

- עבור כל קובץ יש להתחשב בעובדה שקובץ העיגון מגדיר את מערכת הקואורדינאטות של מרכז הפיקסל השמאלי עליון של קובץ הראסטר. לכן, הקואורדינאטות של הפיקסל הראשון בקבצי העיגון תהיינה שונות בחצי הגודל הקרקעי של הפיקסל מהקואורדינאטות של המסגרת הגיאוגרפית. את ערכי קבצי העיגון ניתן לחשב באמצעות הנוסחאות הבאות:

- $GSD_{Easting} = GSD$
- $rotateAngle_{Easting} = 0$
- $rotateAngle_{Northing} = 0$
- $GSD_{Northing} = -GSD$
- $Easting = Easting_{origin} + GSD/2$
- $Northing = Northing_{origin} - GSD/2$

דוגמאות:

הקואורדינאטה השמאלית עליונה של המסגרת הגיאוגרפית הינה: (175,000.000 , 705,000.000)

| 10 סמ"פ | |
|-------------|--------------------------|
| 0.1 | $GSD_{Easting}$ |
| 0 | $rotateAngle_{Easting}$ |
| 0 | $rotateAngle_{Northing}$ |
| -0.1 | $GSD_{Northing}$ |
| 175,000.050 | $Easting$ |
| 704,999.950 | $Northing$ |

- עבור קבצים דחוסים יש להקפיד כי:

- יחס הדחיסה לא יפחת מ 10:1.
- שולי הקובץ יקבלו ערכי צבע של 255,255,255 או no data (שכבת transparent)

נספח ט' – דרישות עבור קבצי מטאדאטה לאורתופוטו

הקבצים אשר יוגשו יהיו בהתאם להנחיות שלהלן:

1. שכבת קווי תפר :
כפי שמוגדר בנספח ג' סעיף 3
2. דוח דיוקים- קובץ מדידת נקודות ביקורת :
עבור כל נקודת בקרה יפורטו הנתונים הבאים:

| פרמטר | הסבר | יחידות |
|------------|------------------------------|--------|
| Point name | שם נקודה | - |
| מזרח | ערכים מדודים בשדה X | מטרים |
| צפון | ערכים מדודים בשדה Y | מטרים |
| מזרח | ערכים שנדגמו באורתופוטו X | מטרים |
| צפון | ערכים שנדגמו באורתופוטו Y | מטרים |
| מזרח | הפרש בין ערכי ה X | מטרים |
| צפון | הפרש בין ערכי ה Y | מטרים |

נספח י' – דרישות עבור קבצי Dis-Reg

- נתוני גובה Dis-Reg עבור נתוני מיפוי טופוגרפי יוגשו לפי הפירוט להלן:
1. קובץ Reg- שריג גבהים במרווח אופקי קבוע בהתאם לדרגת המיפוי ותקנות המדידה.
 2. קובץ Dis- קובץ נקודות גובה של אי רציפיות טופוגרפיות (לדוגמה: גדה עליונה ותחתונה בנחל, קו מצוק, שולי כביש, שפות תעלה, אבני שפה).
 3. שריג הגבהים יהיה רציף ויכסה את כל שטח העבודה.
 4. פורמט הקבצים יהיה TXT או SHP.

נספח י"א – תהליך בקרת האיכות

להלן פירוט הבדיקות שיתבצעו ע"י המזמין על החומרים שיתקבלו:

| שיטת הבדיקה | נושא הבדיקה | |
|--|----------------------------|-----|
| בהתאם למכתב הנלווה (סעיף 14.1) | שלמות תכולת המסירה | (1) |
| פתיחת הקבצים בתוכנות המתאימות | תקינות הקבצים | (2) |
| דוחות הפתרון, ה PDOP ונתוני השוואת המשטחים מתוך הדוח המסכם | תקינות עיבוד הנתונים | (3) |
| תקינות ענני הנקודות נתוני הגבהים | | (4) |
| בדיקה ויזואלית ובדיקת רציפות הגבהים בין קווי הסריקה | תאימות קווי הסריקה | (א) |
| בדיקה ממוחשבת | צפיפות ענן הנקודות | (ב) |
| איתור שגיאות בסיווג הנקודות, מדידת מדגם של עד 20% משטח הפרויקט | דיוק סיווג ענן הנקודות | (ג) |
| בדיקת דו"ח הדיוקים על בסיס משטחי הביסוס, משטחי ביקורת או נתוני גבהים ממקור אחר ברמת דיוק טובה מדיוק הפרויקט. | דרגת דיוק אנכי | (ד) |
| בדיקת הפורמט (סוג קובץ, היטל, רזולוציה, רשת ייחוס וכ"ו) | תקינות פורמט | (ה) |
| בדיקה ויזואלית של מודל הגבהים היחסי (nDSM) | תקינות מודל גבהים יחסי | (ו) |
| איתור חורים בענן הנקודות | שלמות המידע | (ז) |
| איתור שבירות ומדרגות בתוך מודל הגבהים ובעיקר בין קווי סריקה סמוכים. | רציפות המידע | (ח) |
| בדיקת ענן הנקודות ומודלי הגבהים להימצאות נקודות רעש לא מסווגות | ניקיון המידע | (ט) |
| תקינות נתוני הסריקה הרכובה | | (4) |
| פתיחת הקבצים ובדיקה ויזואלית | תקינות ענן הנקודות | (א) |
| בחינה מדגמית של ענן הנקודות מול משטחי ביקורת ונקודות ביקורת אופקיות | דרגת דיוק אנכי ואופקי | (ב) |
| בדיקה ויזואלית לסיווגים הנדרשים בפרויקט | סיווג ענן הנקודות | (ג) |
| בדיקה ויזואלית להתאמה לדרישות הפרויקט (חדות, רמת חשיפה, צנזור פנים, מחיקת לוחיות רישוי וכ"ו) | איכות התצלומים | (ד) |
| איכות נקודות הביסוס והטריאנגולציה האווירית | | (5) |
| בדיקת התאמה להנחיית המנהל | נכונות תיאורי נקודות הבקרה | (א) |
| מדידת מדגם של 5% מהנקודות בשטח | דיוק נקודות הבקרה | (ב) |
| בדיקת דו"ח פתרון הטריאנגולציה | דיוק הטריאנגולציה והמודלים | (ג) |
| מדידת מדגם של 10% מהמודלים, בתחנה פוטוגרמטרית | | |
| פרמטרי הצילום האווירי | | (6) |
| כמצוין על התצלומים | שעת הצילום | (א) |
| כמצוין על התצלומים | מיקום מרחבי | (ב) |
| מתוך הזוויות של פתרונות המודל או מנתוני ה- IMU | זווית המטוס | (ג) |
| בדיקה ממוחשבת | שיעור חפיה | (ד) |
| בדיקה ממוחשבת | תקינות שכבת מרכזי תצלומים | (ה) |
| בדיקה ממוחשבת | תקינות שכבת תיחומי תצלומים | (ו) |
| איכות התצלומים | | (7) |

| | | |
|--|---|------|
| בדיקה שהפיזור בכל הערוצים תואם לשטח המצולם | היסטוגרמת גוונים בכל ערוץ | (א) |
| בדיקה ויזואלית | ניגודיות | (ב) |
| בדיקה ויזואלית | רעשים ולכלוכים | (ג) |
| בדיקה ויזואלית | חדות | (ד) |
| בדיקה ויזואלית | איכות הגוונים | (ה) |
| בדיקה ויזואלית | בהירות | (ו) |
| בדיקה ויזואלית לווודא אפס הסתרה ונראות טובה של תשתיות (מבנים, כבישים וכדומה) | ראות (אובך, עשן ועננות) | (ז) |
| בדיקה שרזולוציית התצלומים היא 8bit לכל הפחות | רזולוציה רדיומטרית | (ח) |
| בדיקה שרזולוציית הצילום עומדת בדרישות | רזולוציה קרקעית | (ט) |
| בדיקה ויזואלית | עיגון התצלומים | (י) |
| | איכות האורתופוטו | (8) |
| בדיקה שהפיזור בכל הערוצים תואם לאופי השטח המצולם | היסטוגרמת גוונים בכל ערוץ | (א) |
| בדיקה ויזואלית | ניגודיות | (ב) |
| בדיקה ויזואלית | רעשים ולכלוכים | (ג) |
| בדיקה ויזואלית | חדות | (ד) |
| בדיקה ויזואלית | איכות הגוונים | (ה) |
| בדיקה ויזואלית | בהירות | (ו) |
| בדיקה ויזואלית | ראות (אובך ועננות) | (ז) |
| בדיקה שרזולוציית התצלומים היא 8bit לכל הפחות | רזולוציה רדיומטרית | (ח) |
| בדיקת דו"ח הדיוקים על בסיס נקודות ביקורת | דרגת דיוק אופקי | (ט) |
| בדיקה ויזואלית | התאמה גיאומטרית | (י) |
| בדיקה ויזואלית | עיוותי נתוני DEM סדור | (יא) |
| בדיקה ויזואלית של מבנים גבוהים בעלי גובה ידוע | העתק בשל תבליט | (יב) |
| בדיקת הפורמט (סוג קובץ, היטל, רזולוציה, רשת ייחוס וכו') | תקינות פורמט הנתונים | (יג) |
| בדיקה ויזואלית וממוחשבת (גיאומטריה, רשת ייחוס, נתונים וכו'). | תקינות שכבת קווי התפר | (יד) |
| | תקינות המיפוי הטופוגרפי | (9) |
| בדיקת הקבצים שהתקבלו ושטח הכיסוי בהתאם לאזור העניין | שלמות הנתונים | (א) |
| בדיקה ממחושבת וידנית | עמידה בהנחיית המנהל ב-1 לבקרת איכות למדידה טופוגרפית. | (ב) |