

# הגיאולוגיה והגיאוגרפיה בשירות הצבא



כוחות צבא ארה"ב במרחב הררי באפגניסטן | בספרות התו"ל של צה"ל כמעט שלא מוצאים התייחסות משמעותית לסוגיית הקרקע - אף כי מצוין בה שעדיפה "בחירה בדרך של קשיים קרקעיים ידועים על פני הלא נודע והכלתי צפוי שבהתנגשות כוחות לחימה"

**סרן (מיל') איתן אהרוני**  
גיאוגרף, מומחה לחישה מרחוק ולניתוח שטח  
בחברת VisionMap



**רס"ן (דימ') ד"ר יואל רסקין**  
גיאולוג, פוסט-דוקטורנט לגיאוגרפיה פיזית ולגיאולוגיה של הרביעון, יועץ בתחומי קרקע וסביבה



# אין כמעט מפקד שלא נתקל במהלך שירותו באתגר מבצעי משמעותי שנבע מניתוח או מאי-ניתוח מעמיק של תכונות הקרקע. המאמר מציג את תחום הגיאולוגיה הצבאית על היבטיו הרבים

## מטרת המאמר

מטרת המאמר הזה היא לעורר בצבא את השיח על ערכה המבצעי של הקרקע. לשם כך בוחן המאמר וממחיש את פוטנציאל התרומה של הגיאולוגיה ושל הגיאוגרפיה לשיח הצבאי, מציג את מה שקורה במחקר הגיאולוגי והגיאוגרפי בצבאות של מדינות המערב וסוקר אפיקים חדשים שבאמצעותם יכול תחום הגיאוגרפיה לתרום להשגת יעדים מודיעיניים, אג"מיים ולעיתים אף מדיניים.

## נלחמים על הקרקע, אך מתעלמים ממנה

מי אינו זוכר את המופעים החוזרים של קמ"ן הגדוד המדקלם את פרק הקרקע בפתחת פקודת תרגיל או מבצע מול קהל מפקדים מאובקים הטרוידים באותו הזמן באינ-ספור בעיות של הכנת הכוח. כל מה שמצטייר לנגד עיני המאזינים חשוכי השינה הוא הרושם שהקמ"ן המדופלם אינו מכיר באמת את הגזרה ואינו מבין בעצם את מה שהוא אומר - ככל הנראה כיוון שהוא משנן איזשהו שריד של סיכום קרקע בלתי מעודכן שהתגלגל לידי מאיזשהו מקום ושאותו הכינו בעבר הקרוב ואולי אף הרחוק אלמוני או אלמונית כלשהם.

מעבר לעובדה שסקירת הקמ"ן לרוב די משעממת ולא כל כך רלוונטית, המסר הסמוי של אותו ריטואל נשנה הוא שלניתוח הקרקע השכיח אין הרבה מה לתרום לתכנונה ולביצועה של פעילות צבאית קרקעית - למעט אולי מתן מידע על קווי שליטה או על מעבר הכרחי מסוים. הדבר החיובי בסקירת הקמ"ן הוא שלרוב היא מסתיימת בתוך כמה דקות, ואם לא - יש לקהל הקשוב והחשוב הזדמנות פז להשלים קצת שינה.

לרוב מניחים המפקדים שהקרקע היא מגרש משחקים סטטי נתון. אך במקרים רבים, תוך כדי הפעילות או לאחריה מגלים מפקדים וחיללים שהקרקע אינה תמימה כפי שהניחו. הבעיה היא שאין בידיהם מידע וכלים לטפל בתופעה ואף לא לתארה כראוי. ניתוח הקרקע, הצגת נתונים ומתן משמעות לנתונים האלה הם אמנות לא פשוטה. קציני מודיעין רבים - בעיקר ברמות הטקטיות - לרוב אינם מוכשרים להעביר את המסר למפקדים. במקרים לא מעטים מגבשים מפקדים טקטיים עמדה שלפיה העיסוק בסוגיית הקרקע אינו מעניין ואינו משמעותי. הסיבה לכך היא לרוב ניסיון שלילי בעת לימוד הנושא הזה בשלבים מוקדמים יותר של ההכשרה הצבאית.

התפיסה הזאת עלולה ללוות מפקדים במשך כל שירותם בצבא. מפקדים ברמות בכירות יותר כבר רגילים לכך שהקרקע אינה נחשבת לגורם משמעותי, אלא לכל היותר למשהו שהוא

בבחינת Nice to have. כתוצאה מכך משמעויות רבות הגנוזות בקרקע הדוממת אינן מופקות, שהרי אין אפשר להשוות את האטרקטיביות של מושגים במסלע, בתבליט ובתכסית לתוד"א (תודעת אויב) בנושאי טנקים ותותחים או לדילמות חיות בנוגע לדפ"אות (דרכי פעולה אפשריות) של האויב?

אך המציאות הזאת היא פרדוקסלית, שהרי כל דפ"א היא קודם כול נגזרת ישירה של תנאי השטח. דילוג על השלב של ניתוח הקרקע כבר פגע בעבר בפעולות של צה"ל וגרם לאבדות בנפש.

ניצול הקרקע אינו אחד מיסודות הקרב של צה"ל ואף אינו נחשב לאחד היסודות החיוניים ליצירת הפתעה. זאת אף שידוע כי תנועה בשטחים שבעיני האויב הם בלתי עבירים היא אמצעי להשגת הפתעה טקטית ואף אסטרטגית. את הטענה הזאת מחזקות דוגמאות רבות מקרבות העבר - מתקופת התנ"ך ועד ימינו.



העיור המואץ במזרח התיכון והמעבר ללחימה אסימטרית גורמים לכך שהלחימה מתרכזת יותר ויותר באזורים צפופי אוכלוסייה

בספרות התו"ל של צה"ל כמעט שלא מוצאים התייחסות משמעותית לסוגיית הקרקע - אף כי מצוין בה שעדיפה "בחירה בדרך של קשיים קרקעיים ידועים על פני הלא נודע והבלתי צפוי שבהתנגשות כוחות לחימה"<sup>1</sup>. עם זאת, "אין לך מכשלה גדולה יותר בקרב הנייד מהשתעבדות הפעולה כולה לכוח מתמרן שמסתבך"<sup>2</sup>.

להסתבכות התמרון יכולות להיות סיבות רבות: טעות בהתמצאות, מחסור באספקה (דלק, מזון, חימוש), פעולות של האויב וגם מגבלות עבירות לכוחות המתמרנים ולכוחות הלוגיסטיקה. במקרים רבים החשש מפני הלא ידוע בקרקע מונע ממפקדים לבחור בתמרון ולהעדיף התמודדות חזיתית עם האויב, והרי ידוע ש"התמרון הינו מדד מובהק לביטחונם העצמי של המפקדים בעוצמת הכוח הנתונה בידיהם"<sup>3</sup>. ישנם מקרים שבהם תכנון התמרון - בעיקר ברמה האופרטיבית - מתעלם לגמרי מנתוני השטח וממשמעויותיהם. זאת כנראה על בסיס ההנחה שאת הבעיות הקשורות בקרקע יצליחו המסגרות הטקטיות לפתור בסופו של דבר בצורה זו או אחרת באמצעות כוחות ההנדסה תוך כדי הקרב.



גורמי המודיעין הם שאחראים לניתוח הקרקע, אך עיקר העניין שלהם נתון לאויב, ואילו בקרקע הם רואים סוגיה משנית.<sup>4</sup> גם מפקדי הצבא רואים בדרך כלל בנתוני הקרקע רק חומר רקע לנושאים המרכזיים, שהם ניתוח היכולות והכוונות של האויב ותכנון המהלכים של כוחותינו.

## מקום הקרקע בניתוחי קרבות מן העבר: היסטוריה של הזנחה

ואנשי הצבא אינם היחידים שנוקטים את הגישה הזאת. לידל הארט אומנם הדגיש מאוד את ההשפעה שהייתה לתנאי הקרקע על מהלכי הקרב במלחמת העולם השנייה,<sup>5</sup> אך רוב ההיסטוריונים הצבאיים מתעניינים בדרך כלל הרבה יותר בהשפעת בני האדם על האירועים. ייתכן שהדבר נובע מכך שבסופו של דבר מלחמות מוכרעות בעיקר בתודעת הלוחמים, המפקדים והקברניטים ולא בהכרח בקרקע. אולם זוהי גישה שגויה: אי-הכרת הקרקע עלולה להביא לתבוסות קשות שבסופו של דבר ישפיעו על תודעת הלוחמים והמפקדים בכל הרמות.

אובדן הקשר עם קרקע לא בנויה  
גורם למפקדים ולקמ"נים רבים  
להתעלם מהשפעותיה ולפתח מעין  
הנחת יסוד סמויה שהקרקע אינה  
אלא "חגרש משחקים"

לא מעט מערכות הוכרעו משום שצד אחד השכיל לנצל טוב יותר את הקרקע מהצד האחר. ניתוח של השפעת הקרקע בכלל ושל המבנה הגיאולוגי בפרט על קרבות עבר הוא תחום מרתק, ונכתבו על כך לא מעט עבודות.<sup>6</sup> אולם ניתוחים כאלה של הקרבות שבהם לחם צה"ל כמעט שאינם קיימים.

כך, למשל, נכתבו לא מעט מחקרים על הקרב של אוגדה 38 במלחמת ששת הימים לכיבוש אום-כתף ועל "מבצע תופת" (פעולת כראמה), אולם אף שהקרקע מילאה תפקיד מרכזי בשני הקרבות האלה, כמעט שאין התייחסות לכך באותם המחקרים. למערכה של גדוד 63 על אום-כתף-אבו-עגילה בתחילת מלחמת ששת הימים יצא שם של "קרב סדור וערוך".<sup>7</sup> הקרב, שכלל תנועה דרך הדיונות של ואדי חרדין, משמש דוגמה לניצול נכון של הקרקע. ואכן זהו אחד מהקרבות הבודדים שבהם ניצל צה"ל שטח שנחשב בלתי עביר כדי להפתיע את האויב. עם זאת לאחר הקרב סיפרו לוחמי חי"ר שהופתעו מהקושי לנוע בדיונות בלילה. במסמך הסיכום של הקרב<sup>8</sup> אומנם יש בתחילתו תיאור של הקרקע ושל משמעותיה בכל הנוגע לעבירות ולתמרון, אך למרבה ההפתעה, אין התייחסות להשפעת הקרקע על הקרב או ניתוח של האופן שבו ניצלו צה"ל והמצרים את הקרקע. זאת אף שבצה"ל הוכן תיק ניתוח קרקע של השטח שבו נערך הקרב.<sup>9</sup> לעומת זאת יש במסמך ניתוח של האופן שבו נוצל המודיעין

הצבאי שהיה בידי כוחותינו לתכנון הקרב.

"מבצע תופת" (21 במרס 1968) נועד להשמיד מפקדה של הפת"ח שהתמקמה בעיירה הירדנית כראמה ושהייתה אחראית לשיגור חוליות מחבלים לעבר ישראל. הקרב הזה נחשב לכישלון צורב של צה"ל בשל האבדות הכבדות שהוא ספג במהלכו: 31 הרוגים ומתוכם שלושה נעדרים. שניים מהם נעדרים עד היום. אחת הסיבות המרכזיות לכישלון הצורב היא העובדה שמתכנני הפעולה לא הביאו בחשבון את העבירות של הקרקע בדרך אל היעד. הדבר נבע מכך שגורמי המודיעין לא היו מודעים לכך שמדובר באזור שבו מתקיימת פעילות חקלאית אינטנסיבית ושהוא משופע בתעלות מים שמשמשות להשקיה. תדירות ההשקיה הייתה נמוכה יחסית, אך ספיקת המים בכל השקיה הייתה גבוהה - מה שיצר שטחי בוץ נרחבים.

ההתעלמות ממאפייני הקרקע גרמה לכך שכמה טנקים מחטיבה 7 שקעו בבוץ, וארבעה מהם הושארו בסופו של דבר בשטח יחד עם שני זחל"מים, שתי שריוניות, משאית וג'יפ. בשל שקיעת הטנקים בבוץ הם לא הצליחו להגיע ליעדיהם, והקרב הפך לסטטי.

התערבות מסיבית של חיל האוויר סייעה לכוחות הצנחנים להתגבר על אש הארטילריה של צבא ירדן, להשתלט על כראמה ולהשמיד יעדי מחבלים. עם זאת, יאסר ערפאת ורבים מאנשיו הספיקו להימלט מהעיירה.

אילו היו המתכננים מביאים בחשבון את המכשול הקרקעי, סביר להניח שהיו הוגים תוכנית אחרת, והקרב היה מסתיים באופן שונה לחלוטין. מה שמפתיע הוא שלא רק מתכנני המבצע התעלמו מסוגיית הקרקע אלא גם הניתוחים שנעשו לקרב בדיעבד. כך, למשל, ניתוח של קרב כראמה שהוכן במכללה לפיקוד טקטי אין אזכור של הקרקע ושל משמעותה במבצע. גם בסיכום של זיו וגלבר<sup>10</sup> אין אזכור לטעות שנעשתה בהערכת העבירות של הקרקע.

## ערכה היחסי של הקרקע

גם היום, בעידן הנשק המדויק והמתוחכם והטכנולוגיות המתקדמות, לא איבדה הקרקע מחשיבותה בלחימה - כפי שטוענים לעיתים מי שאינם מתמצאים בסוגיה הזאת - אבל פני הקרקע הולכים ומשתנים. העיור המואץ במזרח התיכון והמעבר ללחימה אסימטרית גורמים לכך שהלחימה מתרכזת יותר ויותר באזורים צפופי אוכלוסייה.<sup>11</sup> צה"ל ממקד כיום חלק גדול ממאמציו באימון לוחמיו בלוחמה בשטחים בנויים, שהם הזירה העיקרית שבה הוא נאלץ להילחם בעשרות השנים האחרונות מאז תום עידן המלחמות הגדולות. להתמקדות בלחימה בשטחים בנויים יש מחיר: החיילים והמפקדים מאבדים את מיומנויות הלחימה בשטחים פתוחים.

לעיוור המואץ יש מחיר נוסף: יותר ויותר לוחמים ומפקדים הם עירוניים וכתוצאה מכך הם פחות מחוברים לקרקע מכפי שהיו הדורות הקודמים.<sup>12</sup> אובדן הקשר עם קרקע לא בנויה גורם למפקדים ולקמ"נים רבים להתעלם מהשפעותיה ולפתח מעין הנחת יסוד



**מבצע כראמה ("מבצע תופת") 21 במאריס 1968 | המבצע הזה נחשב לכישלון צורב של צה"ל בשל האכזות הכבדות שהוא ספג במהלכו: 31 הרוגים ומתוכם שלושה נעדרים. אחת הסיבות המרכזיות לכישלון הצורב היא העובדה שמתכנני הפעולה לא הביאו בחשבון את העבירות של הקרקע בדרך אל היעד**

התכונות הגיאולוגיות - הסטטיות והדינמיות - שיש לתבליט ולתת-הקרקע. במאגר המאמרים הממוחשב (GeoRef) של המוסד האמריקני למדעי הגיאוגרפיה נוגע המונח "גיאולוגיה צבאית" ביותר מ-30 תחומים במדעי כדור הארץ כמו גיאולוגיה הנדסית, הידרוגיאולוגיה וגיאוגרפיה פיזית שבמסגרתה נחקרים תהליכים שעל פני השטח (למשל תנועות של חול, של אבק ושל מים עיליים). הגיאולוגיה הצבאית, כאמור, עוסקת במחקר מדעי-יישומי של המסלע ושל הקרקע (התשתית הטבעית). זהו תחום שלא נועד להחליף את חקר השטח לצורכי הצבא אלא לתמוך בו. הכלים שמקנה הגיאולוגיה הצבאית מאפשרים להפיק תוצרים שהם רלוונטיים לכל הרמות - החל מהרמה הטקטית ועד לרמה המדינית. התוצרים האלה מסייעים לפעילות של שלוש הזרועות. אנשי זרוע היבשה מעוניינים בעיקר במידע על עבירות הקרקע ועל היבטים הנדסיים שונים. תחומי העניין של חיל האוויר כוללים, בין השאר, איתור ותכנון של מנחת נחיתה מאולתרים, איתור ואפיון של נקודות אפקטיביות לחסימת האויב, חקר ביצועים של פצצות בבואן במגע עם הקרקע וניתוח העבירות של שטחים בעבור כוחות מיוחדים. חיל הים זקוק, בין השאר, למחקרים על זרמי קרקעית וחוף הים ועל יחסי הגומלין ביניהם.

תחום נוסף שמחייב פעמים רבות סיוע של גיאולוגים הוא הבטיחות. בתרגילים ובפעילות מבצעית יש לא פעם צורך במידע על הסיכונים שעלולים לנבוע מתופעות שיש להן השפעה רבה על התשתית הטבעית והמלאכותית. הכוונה היא לתופעות כמו שלג, מפולות סלעים, שיטפונות, פריצת מאגרי מים, היווצרות בוץ, קריסות קרקע ובורות טבעיים (בולענים) ומלאכותיים.

סמויה שהקרקע אינה אלא "מגרש משחקים". אך בניגוד לספורט, שבו ידוע מהו טיבו של המגרש שעליו משחקים ומתמודדים, הקרקע שעליה נלחמים היא כמעט תמיד מורכבת הרבה יותר. מיכלסון (2008) טוען שמחקר השטח עומד לחזור למעמד המכובד שהיה לו בעבר<sup>13</sup> - בין השאר בזכות טכנולוגיות מתקדמות - אך לדעתנו יש עדיין לעבור כברת דרך ארוכה עד שזה יקרה.

## דיסציפלינות, סקירת התפתחות ודוגמאות מצבאות המערב

במילון למונחי גיאולוגיה ניתנת ההגדרה הבאה לגיאולוגיה צבאית: "אחד מהענפים של מדעי כדור הארץ שעוסק בעיקר בגיאומורפולוגיה, במדעי הקרקע ובקלימטולוגיה ליישומים צבאיים, כמו ניתוח שטח, הספקת מים, תנועה בשטח, איתור תשתיות, פריצת צירים ובניית מנחתים"<sup>14</sup>. לגיאוגרפיה צבאית יש הגדרות שונות ורחבות יותר. בוויקיפדיה (באנגלית) היא מוגדרת "תת-תחום של הגיאוגרפיה שמשמש כלי לא רק לאנשי צבא אלא גם לאנשי אקדמיה ולמדינאים להבנת המרחב הגיאורפולטי דרך העדשה הצבאית". במאמר הזה אנחנו מתמקדים בגיאולוגיה הצבאית.

גיאולוגיה היא מדע העוסק בחקר כדור הארץ. במדע נגזרות שיטות העבודה משאלות המחקר, ותוצריו הם הוכחות מדעיות שלרוב מוצגות בפרסומים מדעיים. אולם גיאולוגיה צבאית היא תחום מעשי שתכליתו היא לתת מענה יישומי לצרכים צבאיים בקשת רחבה של תחומים. מהדברים האלה עולה שהממד המדעי בגיאולוגיה הצבאית הוא הכרחי, אך לרוב משמש אמצעי בלבד. תחום הגיאולוגיה הצבאית עוסק בהיבטים הצבאיים של



## מגמות עכשוויות בגיאולוגיה הצבאית

צבאות המערב מפיגנים עניין הולך וגובר בגיאולוגיה צבאית שכן הם פרוסים על פני זירות רבות ומגוונות ומתמודדים עם בעיות רבות שפתרון מצריך היכרות מעמיקה עם הקרקע. דוגמאות לבעיות כאלה: מהו חוזקם של חללים תת-קרקעיים שבהם מאופסנים אמצעי לחימה? כיצד יכולים כוחות שמירת שלום לסייע לתושבים מקומיים בניצול משאבים?<sup>15</sup> כיצד יכולים כוחות לשמור על איכות הסביבה בשטחי אימונים?

כדי לתת תשובות לשאלות האלה יש צורך לערוך לא פעם מחקרים מורכבים המצריכים אמצעי איסוף ועיבוד יקרים ומתוחכמים. כך, למשל, היה לצבא ארה"ב עניין רב להשיג מידע מפורט על טיב הסדקים בהרי אפגניסטן כדי שאפשר יהיה להעריך את האפקטיביות של אמצעי החימוש השונים ששוגרו לעבר מערות ומנהרות באותם ההרים. כדי להשיג מידע כזה יש צורך למפות במדויק את המרחב כולו, ולאחר מכן יש צורך במיפוי גיאולוגי ממוקד של הסדקים (אורך, כיוון, גודל פתיחה, מילוי, עומק וכו').

## עבירות הקרקע

חקר העבירות משמש הן כדי להעריך את מידת הקושי לנוע על סוגים שונים של קרקעות והן כדי לפתח כלי רכב בעלי יכולת לצלוח שטחים קשים. ניצול אופרטיבי של שטחים מוגבלי עבירות עשוי להיות המפתח להצלחה בקרב. העדפת התמרון באזורים מוגבלי עבירות על פני תנועה בצירי תנועה ידועים (שלאורכם צפויה היערכות של האויב) עשויה לתרום להשגת הפתעה. אולם התנועה באזורים בעלי העבירות המוגבלת מחייבת התעמקות מקצועית בקרקע הספציפית שבה מדובר. זו אינה משימה של מה בכך, כי מטבע הדברים הקרקע שבה מדובר מצויה בשטחו של האויב.

מאפייני הקרקע כוללים, בין היתר, את סוג הקרקע (או המסלע) את שיפוע השטח, את חוזק הקרקע ואת יכולות ההתנגדות של הקרקע לרק"ם, את תגובת הקרקע למצבי רטיבות שונים ואת השפעת הקרקע הרטובה על כלי הרכב השונים. כמו כן יש להכיר את ההשפעה שיש לקרקע על סוגי חימוש שונים, את האופן שבו מצוקים ומתלולים מגבילים את העבירות ואת ההשפעה שיש לשילוב שבין הקרקע למכשולי תכסית טבעיים ומלאכותיים.

האמריקנים משקיעים מאמץ רב בפיתוח כלי רכב בעלי עבירות משופרת. במלחמת המפרץ הראשונה הם נתקלו במגבלות של עבירות - בין היתר בגלל היווצרות בוץ לאחר גשמים. עם זאת מעבודות מחקר שנעשו עולה שבאופן כללי הקפידו המתכננים האמריקנים להביא בחשבון את עבירות הקרקע בתכנוניהם. כך, למשל, כותב סוויין במחקרו על חלקה של ארמיה 3 ב"סופה במדבר": "מפקד הזירה הצביע על שלוש בעיות עיקריות שתבעו פתרון: מבנה הכוחות האמריקניים, היכולת לתחזק את הפריסה והעבירות. על קורפוס 18 הוטל לאמן את יחידותיו בתנועה במדבר בשטחים שדומים לאלה שבדרום-מערב עיראק... עם זאת נותרו חששות בנוגע לעבירות השטחים באזור הפעולה של קורפוס 18 עד לרגע הביצוע". סוויין גם כותב על התקדמותה של

דיוויזיה 24 לעבר נהר הפרת ומציין שזו "כמעט שלא הופרעה, חוץ מאשר בגלל קשיי הקרקע". לדבריו, תנועתה של "דיוויזיית הניצחון" המחישה שוב את קביעתו של לידל הארט ש"סיכונים מן הטבע - חמורים ככל שיהיו - הם פחות מסוכנים ופחות בלתי ודאיים מסיכונים הלחימה. לכן רצוי להרבות בניצול הקרקע ולמעט במגע ישיר עם האויב".

## מבצעים טקטיים קרקעיים

מבצעים טקטיים נגד כוחות גרילה ששולטים בשטחים כפריים ועירוניים מחייבים מודיעין מפורט ביותר שכולל הערכה של הקרקע בדרך אל היעד וביעד עצמו. בין היתר יש צורך במידע על סוג הגידולים החקלאיים ועל הצמחייה הרב-שנתית והעונתית שכן אלה משפיעים מאוד על מידת העבירות של הקרקע וכן על היכולת להסתיר תנועה רגלית ותנועה רכובה.

## תכנון מבצעי

מעבר להערכת העבירות הכללית של תא שטח מסוים ומעבר לניתוח פרטני של תוואי התנועה מומלץ להיעזר בשלב התכנון מבצעי בייעוץ של גיאולוג צבאי או של גיאוגרף צבאי. אלה יכולים לתת מידע רב ערך היכן להציב מארבים ותצפיות בהתחשב במבנה הטופוגרפי, האם קיימות דרכי הגעה נסתרות אל היעד, מהם מאפייני התכסית והתשתית ביעד ובדרך אליו ומהן דרכי ההסוואה המתאימות ביותר.

גם תכנון של מערכות מכשול מושפע מאוד מתכונות הקרקע. גיאולוג צבאי יכול להמליץ על חומרי הגלם המתאימים ביותר לבניית המכשול, על התוואי המתאים ביותר להצבת גדר או לחפירת תעלה ואף לסמן שטחים שבהם ניתן להתגבר בקלות, יחסית, על המכשולים - למשל באמצעות מנהור. כך, למשל, ישנם קטעים בגדר של קו התפר שבהם ישנה גלישת קרקע - מה שעלול להביא לערעור הגדר. כדי להתגבר על הבעיה הזאת הובאה חברה גיאור-הנדסית כדי שתמצא פתרון לבעיה.

כאשר התוכנית המבצעית כוללת שהות ממושכת של כוחות בשטח, יש צורך במידע מפורט על הימצאותם של מקורות מים ועל איכותם. גם מידע כזה עשויים לספק הגיאולוג או הגיאוגרף.

## לוחמה תת-קרקעית

ניצול של התווח התת-קרקעי היה קיים כבר בעולם העתיק (ראו, למשל, את המאמר בגיליון הזה על מלחמת בר-כוכבא). כדי להתמודד עם לוחמה מהסוג הזה יש קודם כול למפות את השטחים שבהם נוח במיוחד לאויב לחפור מנהרות. מיפוי כזה מצריך הכרה של תכונות הקרקע (הסוג, תכולת הרטיבות, הלכידות וכו'). מהידע הזה על סוג הקרקע ניתן להסיק איזה סוג של מנהרות כדאי לחצוב באזור מסוים ומהן הטכנולוגיות המתאימות ביותר לגילוי אותן המנהרות. כמעט בלתי אפשרי לספק מענה צבאי הולם למנהרות ללא גיאולוגים הבקיאים במיפוי גיאולוגי, במיפוי גיאופיזי ובגיאולוגיה הנדסית.



על קורפוס 18 של צבא ארה"ב הוטל לקראת המלחמה בעיראק ב־1991 לאמן את יחידותיו בתנועה במדבר בשטחים שדומים לאלה שבדרום־מערב עיראק (בתמונה: כוחות של ארה"ב ב"סופה במדבר") | ניצול אופרטיבי של שטחים מוגבלי עבירות עשוי להיות המפתח להצלחה בקרב

לתצפיות מרוחקות של האויב. כל אלה הם חסמים משמעותיים על האפקטיביות המבצעית. לעיתים קרובות רואים המפקדים בתופעות האלה מציאות בלתי נמנעת ואינם חושבים כי ניתן לבקש ייעוץ כיצד להחליש את השפעתן.

### השפעות על הסביבה

במערב ישנה כיום מודעות לחשיבות הרבה של השמירה על איכות הסביבה, וגם הצבאות נדרשים לתרום את חלקם בהגנה על הנוף ועל הטבע. זו הסיבה שבצבאות המערב נהוג כיום להיעזר באנשי מקצוע - בין היתר בגיאולוגים - לניטור סביבתי.

אין צבא שאינו מותיר "טביעת רגל" בטבע - החל מזיהום קרקע וכלה בפגיעה בחי ובצומח. אחת הפגיעות הקשות של צבאות בסביבה נובעת משפכים שמזרימים הבסיסים אל תוך האדמה ולא למערכות ביוב מוסדרות. השפכים האלה מגיעים למי התהום ומזהמים אותם. כך, למשל, בגרמניה חתם חיל האוויר האמריקני על חוזה בהיקף של מיליוני דולרים עם חברה שמתמחה בגיאולוגיה הנדסית וסביבתית כדי שתסדיר את

### קריטריונים לתכנונם ולניהולם של השימושים המבצעיים בקרקע

לפעילות צבאית - אימונים, ביטחון שוטף (בט"ש) ולחימה - יש השפעה ניכרת על הסביבה. בין היתר כוללת הפעילות הזאת הריסת צירים, יצירת צירים חדשים ולא מתוכננים, תנועה אינטנסיבית בשטח ופעולות הנדסיות שונות בקרקע. אחת התוצאות של הפעילות הזאת היא הידוק הקרקע - מה שמחולל שינויים במבנה של מערכות הניקוז: נהרסים ערוצים קטנים שבהם זורמים מי הגשמים. כתוצאה מכך נפגע ניקוז המים, ונוצרים אגני מים ובוץ.

הסרת קרום הקרקע גם מאיצה את סחיפת האדמה ברוח. במילים אחרות: תנועה צבאית אינטנסיבית על הקרקע - ובמיוחד על קרקע חולית - מחריפה את התופעה של סופות חול. זוהי לא רק פגיעה סביבתית: סופות חול עלולות להשבית כלים צבאיים - לפחות באופן זמני, ואילו הפגיעה בפני הקרקע עלולה לגרום למגבלות עבירות שונות, למגבלות ראייה משמעותיות ולגרום לכך שתנועת רק"ם תעלה ענני אבק גדולים שיהיו גלויים



במספר מועט, יחסית, של זירות שידועות מראש. הפתרון הזה הרבה יותר סבוך כשמדובר במעצמות כמו ארה"ב, שצבאותיהן נדרשים לעיתים לפעול בהתרעה קצרה בכמה זירות שמרוחקות מאוד זו מזו ושעליהן אין תיקים שהוכנו מראש.

דרך נוספת להתמודד עם האתגר הזה היא להיעזר בחישה מרחוק מולטי־ספקטרלית והיפר־ספקטרלית. זהו תחום שצובר תאוצה בשנים האחרונות, ותכליתו היא למפות את הקרקע ואת התכסית בעזרת צילומי לוויין או בעזרת תצלומי אוויר בספקטרומים שונים (למשל אינפרא־אדום). בדרך הזאת ניתן למפות במהירות שטחים נרחבים. המחקר הספקטראלי מחייב מיומנות רבה ומומחיות גבוהה, אך יתרונו הגדול הוא היכולת שהוא מקנה להפיק מפייו ופענוח של שטחים בפרקי זמן קצרים מאוד.

## אתגר מס' 2: הטמעת הידע הגיאולוגי בצבא

לא פעם קורה שגיאולוגים כותבים עבודות בעבור הצבא, אך בעבודות האלה לא נעשה שימוש משום שהן אינן כתובות בשפה שמובנת למי שאינם שייכים לתחום הגיאולוגיה. מחקר גיאולוגי שמיועד לצורכי הצבא חייב להיות ברור לצרכניו. עם זאת ניתן גם לדרוש מהצרכנים שיכירו מושגים בסיסיים מתחום הגיאוגרפיה והגיאולוגיה.

לאחר שנפתרה בעיית ההבנה יש להתגבר על בעיה נוספת - ההטמעה. מערכות השרו"ב מאפשרות כיום להזין לכוחות הלוחמים שפע של מידע עדכני, אולם הרצון למנוע היצף של מידע מונע לעיתים הזנת מידע בתחום הגיאולוגיה שנחשב לפחות חיוני.

ואם לא די בכך שהמפקדים אינם מודעים לחשיבותם של תוצרי המחקר בתחום הגיאולוגיה - גם כשהם כתובים בשפה שמובנת לאנשי הצבא - קיים גם קושי להמחיש את התוצרים האלה. הפתרון הוא להמעיט במלל ולהרבות באלמנטים ויזואליים וגרפיים שימחישו את השטח בצורה ברורה ומיידית.

פתרון נוסף הוא לקיים מפגשים אישיים בין הגיאולוגים הצבאיים לבין הצרכנים כדי להשיג הטמעה מבצעית של תוצרי המחקרים. הפתרון הזה אינו תמיד ישים - בין היתר בגלל מספרם המועט של הגיאולוגים הצבאיים. כשיש מעט גיאולוגים שמתפרסים על פני גזרות נרחבות ועל פני כל סוגי הפעילות המבצעית, פשוט אין להם די זמן לקיים מפגשים כאלה. הפתרון הזה בוודאי שאינו ישים בזמן לחימה.

## אתגר מס' 3: יש צורך בידע מקצועי רב־תחומי

המיומנויות הנדרשות מגיאולוג צבאי ומגיאוגרף צבאי הן רחבות וכוללות דיסציפלינות רבות. מעבר להכשרה המקצועית המבוססת על ידע אקדמי ובהמשך על ניסיון צבאי רב מחייב המקצוע גם ניסיון מעשי בתפקידי שדה ובתפקידי מודיעין ומטה.

## מה נדרש מגיאולוג צבאי?

גיאולוגים צבאיים מילאו תפקיד חשוב במאה השנים האחרונות ולא פעם סייעו לצבאות לנצח במערכות חשובות. גיאולוג צבאי חי למעשה בשני עולמות: עולם המחקר האקדמי בתחום

פינוי השפכים של בסיסיו. החוזה הזה נחתם בעקבות מחאתם של ארגונים ירוקים שם על כך שהשפכים של הבסיסים האלה מזהמים את מי התהום.

באחרונה נעשים בישראל מחקרים על נזילות של דלק במתקנים צבאיים וביטחוניים שונים. הדלק הזה מגיע בסופו של דבר למי התהום ומזהם אותם.

רבים משטחי האימונים הצבאיים בעולם נושקים לשמורות טבע. בישראל ישנה מצוקת קרקעות חריפה, ובגללה מצויים שטחי אש רבים בתוך שמורות טבע. התוצאה הבלתי נמנעת של המצב הזה היא שריפות גדולות בשמורות הטבע - בעיקר ברמת־הגולן - כתוצאה מאימוני צה"ל באש חיה. ניתוח של הקרקע, של הצמחייה ושל התנאים המטאורולוגיים והאטמוספריים מאפשר לחזות מראש סכנת שריפות ולתכנן את האימונים באופן שימזער את סכנת השריפות. בידי קק"ל יש כיום מערכת כזאת לחיזוי שריפות, ורצוי שלצבא תהיה מערכת דומה או שהוא ייעזר במערכת של קק"ל.

למחקרים על השפעות סביבתיות שיש לפעילויות שונות של הצבא אין משמעויות מבצעיות, הם נמשכים זמן רב, ועלותם גבוהה. לכן

גיאולוגים צבאיים מילאו תפקיד חשוב במאה השנים האחרונות ולא פעם סייעו לצבאות לנצח במערכות חשובות

זה רק טבעי שהצבא ימסור מחקרים כאלה לחברות אזרחיות. עם זאת ניתן להטיל את המלאכה הזאת גם על צוות של גיאולוגים צבאיים הבאים מתוך המערכת. מה שחשוב הוא שהמחקרים האלה ייעשו שכן הם עשויים למנוע נזק רב מהסביבה ולסייע לפעילות הצבאית השוטפת להשתלב טוב יותר עם נתוני השטח.

## אתגרים בחקר הגיאולוגיה הצבאית

ניצול המחקר הגיאולוגי־מדעי לשימושים צבאיים כרוך בהתגברות על כמה אתגרים משמעותיים. להלן המרכזיים שבהם:

### אתגר מס' 1: הפער בין לוח הזמנים של המחקר הגיאולוגי ללוח הזמנים של התכנון הצבאי

לרשות המתכנן הצבאי עומד בדרך כלל זמן מועט. לעומת זאת, הגיאולוג הצבאי זקוק לזמן רב כדי לבנות לעצמו בסיס נתונים רחב. את המידע החיוני הוא משיג מפרסומים מקצועיים, מתיעוד שטח שבו יש לצבא עניין או מסיוורים בשטח. הפתרון לאתגר הזה הוא לבנות את בסיסי הנתונים מראש בעבור כל הזירות הרלוונטיות. בסיסי נתונים כאלה - בניגוד לנתונים השונים על האויב - נשארים רלוונטיים להרבה מאוד שנים. עם זאת יש לציין שזהו פתרון נוח למדיניות קטנות כמו ישראל שצפויות לפעול

## הערות

1. א' רותם, **התמרון**, 1990, תוה"ד, מסמך פנימי בצה"ל
2. אלישיב שמשי, **איפה אני נמצא לעזאזל? על התמצאות בשדה הקרב**, מערכות, תל-אביב, 1995
3. רותם, **שם**
4. אליהו דקל-דליצקי, **מודיעין תלוש מהקרקע - הצלחה וכישלון בעבודת המודיעין הגיאוגרפי**, בית עלים, תל-אביב, 2010
5. Basil Henry Liddel-Hart, **History of the Second World War**, G.P. Putnam's Sons, New York, 1970
6. האמריקנים והבריטים פירסמו מחקרים רבים על ההשפעה שהייתה לקרקע על קרבות עבר. ראו, למשל: J. Ehlen and R. S. Harmon (eds.) **The Environmental Legacy of Military Operations**, Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, Vol. 14, 2001; E. P. F. Rose, and P. C. Natahanail, (eds.), **Examples of the Influence of Terrain and Geologists on Military Operations**, The Geological Society of London, 2000; C. Pareyn and E. P. F. Rose, "A Field Guide to British Military Applications in Normandy During 1944", in E. P. F. Rose and P. C. Natahanail (eds.), **Examples of the Influence of Terrain and Geologists on Military Operations**, The Geological Society of London, 2000, pp. 413-489
7. ר' יקר, **לחימת צנ"מ 63 בקרב אוס-כתף-אבו-עגילה במלחמת ששת הימים**, מחלקת היסטוריה, 1995, מסמך פנימי בצה"ל
8. **שם**
9. דקל-דליצקי, עמ' 161-162
10. חני זיו, ויואב גלבר, **בני קשת - מאה שנות מאבק, חמישים שנות צה"ל**, משרד הביטחון, תל-אביב, 1998
11. ארנון סופר "הפריסה העירונית המודרנית - שינוי פני המערכה", **מערכות** 384, יולי 2002, עמ' 2-13
12. יגיל לוי, **צבא אחר לישראל - מיליטריזם חומרי בישראל**, ידיעות אחרונות, תל-אביב, 2003
13. בני מיכלסון, "מודיעין השטח עבור הלחימה ביבשה", **שריון** 30, דצמבר 2008, עמ' 64-68
14. R.L. Bates, and L.A. Jackson, **Glossary of Geology**, American Geological Institute, Alexandria Virginia, 1987
15. J. R. Underwood and W. L. Guth (eds.), "Military Geology in War and Peace", **Reviews in Engineering Geology**, Vol. 13, Geological Society of America, Boulder, Colorado, 1998, pp. 55-66
16. J. Ehlen, "A Proposed Method for Characterizing Fractured Patterns in Denied Areas" In **Reviews in Engineering Geology**, **Ibid.**
17. P. Tomio, **Planning from the Ground Up: The Importance of Military Geology**, Center for Defense Studies, American Enterprise Institute, 2011
18. ראו למשל באתר [www.wes.army.mil/Welcome.html](http://www.wes.army.mil/Welcome.html)
19. R. M. Swain, **Lucky War - Third Army in Desert Storm**, U.S. Army Command and General Staff College Press, Ft. Leavenworth, Kansas, 1995
20. B. H. Liddel-Hart, **Thoughts on War**, Faber & Faber, London, 1944
21. יועז הנדל ויעקב כץ, **ישראל נגד איראן - מלחמת הצללים**, זמורה ביתן, 2011
22. J. David Lashlee and Robert F. Ballard, **Imaging Spectrometer Analysis of Otay Mesa, California - A Non-Intrusive Tunnel Detection Technique**, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Geotechnical Laboratory, Vicksburg, Mississippi, 1995
23. אט"ל, **קול קורא - תחרות מגן השר להגנת הסביבה בצה"ל** 2010

הגיאולוגיה ועולם הצבא. השילוב בין שני העולמות האלה אינו פשוט, אך חיוני.

גיאולוג צבאי חייב להיות בעל ידע בסיסי ברוב הדיסציפלינות של מדעי כדור הארץ כדי שיוכל לתרגם את הבעיה שמוצגת בפניו לשאלת מחקר ולמצוא את השיטה, את האמצעים ואת הדרכים לפתרונה.

יש לציין שישנם כיום מקצועות בגיאולוגיה ובמדעי כדור הארץ שאינם מחייבים הכרות עם השטח - מקצועות כמו גיאוכימיה ומינרלוגיה - אולם גיאולוג צבאי חייב להכיר את השטח ולהיות בקיא בתחומים כמו מערכות מידע גיאוגרפיות וגיאור-מרחביות, פענוח תצלומי אוויר וחישה מרחוק. מאחר שגיאולוג צבאי אחד אינו יכול להקיף את כל תחומי הידע הנדרשים, ומאחר שלצבא אין די משאבים להעסיק גיאולוגים רבים - שהרי בסופו של דבר אין מדובר בליבת העיסוק הצבאי - יש היגיון רב בהטלת משימות בתחום הזה על אנשי מקצוע שמחוץ לצבא.

אך האם על הצבא להסתמך רק על גיאולוגים חיצוניים שיועסקו במיקור חוץ, או שעליו להעסיק גם גיאולוגים שהם אנשי צבא? ואם מתקבלת החלטה שיש צורך בגיאולוג שהוא איש צבא, האם עליו להיות איש קבע או איש מילואים? והיכן ראוי להציבו, ברמת האוגדה או ברמת הפיקוד או אף המטכ"ל? ובאיזה חיל יש להציב גיאולוגים, בחיל ההנדסה או בחיל המודיעין? כל אלה הן שאלות שעדיין אין עליהן תשובות חד-משמעיות. צבאות שונים נתנו לשאלות האלה תשובות שונות במשך השנים, ומוכן שלכל תשובה יש יתרונות וחסרונות.

## סיכום

גיאולוג צבאי שעובד יחד עם מפקד יחידה יכול להביא לניצול מרבי של תכונות הקרקע - מעבר למה שיכול לתת קצין ההנדסה וקצין המודיעין. לידע שברשות הגיאולוג יש חשיבות רבה הן בלחימה קונוונציונלית בין צבאות סדירים והן בלחימה אסימטרית של צבא נגד גרילה ונגד טרור.

איסוף מידע מקיף על הקרקע ועל תת-הקרקע - בין היתר באמצעות חישה מרחוק - דורש התמקצעות. את ההכשרה האקדמית הבסיסית לא ניתן לרכוש במערכות הדרכה צבאיות, אלא יש להשיגה במסגרות אקדמיות אזרחיות. הצבא קולט אפוא גיאולוג שרכש את מקצועו במסגרת האקדמית, ועליו להכשירו להיות גיאולוג צבאי. ההכשרה הזאת מושגת בעיקר באמצעות עבודה מעשית בשטח בהדרכת גיאולוגים צבאיים מנוסים.

בצבאות המערביים עשויים גיאולוגים צבאיים למצוא את עצמם בכל מקום בעולם בהתרעה קצרה כדי לתמוך במבצעים לשמירה על השלום או כדי לסייע בתכנון תוכניות מלחמה. לדעתנו יש מקום גם לניתוחי קרקע של שטחי אימונים.

ולסיום: יש לזכור את הכלל שניסח לידל הארט ושהוזכר קודם לכן ולפיו "סיכונים מן הטבע, איתנים ככל שיהיו, הם פחות מסוכנים ופחות בלתי ודאיים מסיכונים הלחימה". מפקדים ששוכחים את הכלל הזה עלולים לשלם מחיר יקר בקרב.

