

כשחוטבים שבבים – נוצרים גושים: משבר השבבים העולמי וההזדמנות האסטרטגית לישראל

אריאל סובלמן | 7 באפריל, 2022

התחרות בין ארצות הברית וסין על עליונות טכנולוגית בשוק השבבים, ביחד עם השפעות מגיפת הקורונה, גרמו לשיבוש שרשרת אספקת השבבים העולמית ולמחסור חריף הנמשך כבר מעל שנתיים. המשבר ממחיש הן את התלות העולמית בשבבים והן את היתרונות האסטרטגיים שייווצרו למדינות אשר ימנפו את המשבר לתועלתן.

שבבים מניעים את כלל מכשירי האלקטרוניקה בעולם, מצעצועים קטנים, דרך מכשירי צריכה ביתיים ומכשור רפואי ועד למערכות נשק מתקדמות. משבר השבבים העולמי, הנמשך כבר מעל שנתיים, ממחיש את חשיבותם הקריטית של הרכיבים הזעירים ואת השפעתם על כל תחומי החיים, וכן הבהיר שטכנולוגיה אפרורית זו הפכה לסוגיה גיאואסטרטגית גלובאלית. בדומה לנפט המזרח-תיכוני בעשורים עברו, הפכו השבבים למשאב שהעולם תלוי בו, ופגיעה בשרשרת האספקה שלהם עלולה לגרור השלכות הרסניות על היציבות העולמית. משבר זה, כשברקע התחרות הבין-מעצמתית בין ארצות הברית לסין, מגלם גם הזדמנות אסטרטגית לישראל לקפיצת מדרגה בתחום טכנולוגיית השבבים.

משבר השבבים לא נוצר בין-לילה. במסגרת התמכרותה למחירים זולים, זנחה ארצות הברית בשלושים השנים האחרונות את ייצור השבבים והתמקדה במחקר ופיתוח. הייצור עצמו נדד לאסיה הזולה יותר וטיוואן הפכה ליצרנית השבבים הגדולה בעולם, המספקת כשישים אחוזים מהתפוקה העולמית. חשיבות השבבים בחיינו כיום גדולה לאין-שיעור מאשר בשנות התשעים, כשארצות הברית ויתרה על התחום.

ארצות הברית הפנימה בהדרגה את חומרת תלותה בייצור זר ואת פגיעותה בשל שליטת גורמים זרים על חלקים נרחבים משרשרת האספקה לרכיבים אזוריים וצבאיים כאחד. ממשל אובמה כבר זיהה את המגמה, והנשיא טראמפ ירה את יריית הפתיחה המעשית של המשבר כשהגיע להסכמה (מדהימה) עם חברת TSMC הטייוואנית, יצרנית השבבים הגדולה בעולם, שלפיה תפסיק למכור שבבים מתקדמים לסין תמורת סבסוד בניית מפעל מתקדם שלה בארצות הברית. המשבר הוחמר והועצם בשל מגיפת הקורונה, וכן אסונות טבע, רעידת אדמה ביפן, הפסקת חשמל בסביבת מפעלי שבבים בטקסס והפרעות נוספות,

אשר גרמו להשבתות פסי ייצור. ממשל ביידן ממשיך במאמצים למנוע העברת טכנולוגיה לסין ונדמה כי אף מחמיר את הצעדים נגדה.

במקביל הפכה ישראל למעצמת פיתוח שבבים. עולם התעשייה מכיר בכך ורבות מהחברות הרב-לאומיות מחזיקות בישראל מרכזי פיתוח לתכנון השבבים למוצריהן. למרות דימויה המשעמם של הנדסת השבבים, בשנים האחרונות הגיעו האקזיטים הגדולים ביותר בתעשייה הישראלית דווקא מתחום השבבים, ביניהם רכישת טאוור-סמיקונדוקטור לאחרונה בידי אינטל, תמורת 6.5 מיליארד דולר. התעשייה הישראלית מתמחה אמנם בתחום פיתוח השבבים, אבל הייצור בפועל מתבצע במקומות אחרים. אינטל מחזיקה בישראל מפעלי ייצור, אבל לא בטכנולוגיה המתקדמת ביותר. יכולת כחול-לבן אמיתית של ייצור שבבים למעשה לא קיימת.

כחלק מהמאבק מול סין, ארצות הברית משקיעה משאבים עצומים בהחזרת ההובלה בתחום השבבים לידיה, ובמקביל חותרת למנוע מסין לממש את שאיפתה המוצהרת: עצמאות טכנולוגית ואספקת 70 אחוזים מהשבבים לתצרוכת עצמית מייצור מקומי עד שנת 2025, ובעיקר מניעה מסין לייצר שבבים מהדור הבא בגיאומטריה של פחות מחמישה ננומטר. בנוסף, ארצות הברית ואירופה מקדמות חקיקה¹ ייעודית לתמרוץ תעשיות השבבים שלהן בהיקף של 52 מיליארד דולר ו 43 מיליארד יורו, בהתאמה. החוק² האמריקני עבר בבית הנבחרים וצפוי להזרים תקציבים גדולים לחברות בתחום השבבים. בין השאר, החוק מתייחס לשיתוף פעולה עם מדינות ידידותיות ורתימתן למאמצי התעשייה האמריקאית ומזכיר מפורשות שיתוף פעולה טכנולוגי עם ישראל. אינטל, לדוגמה, כבר ביטלה תוכניות למפעלים בסין ותבנה אותם בארצות הברית לייצור שבבים בגיאומטריה של 2 ו-3 ננומטר. שרשרת האספקה העולמית הסבוכה של חלקים, חומרים, יסודות כימיים, גישה למשאבי טבע ומרבצי מינרלים, כמו גם מכשירי ייצור – חוצה גבולות ומשטרים ומחייבת את ארצות הברית לרתום שותפות נוספות למאמץ והיא פונה לבעלות בריתה. בסופו של דבר, מעטים הם הדברים שקשים, מורכבים ויקרים לייצור יותר משבבים.

עם התפתחות התלות העולמית בשבבים, התחוויר גם ההיתוך בין הטכנולוגי-אזרחי-עסקי לגיאואסטרטגי והביטחוני. לדוגמה, תפישת ההרתעה הטיוואנית הומשגה כבר לפני שנים רבות כ"מגן הסיליקון", אבל מקורותיה היו אזרחיים-כלכליים. הכרת ארצות הברית בסין העממית על חשבון טאיוואן חייבה את האחרונה לחפש מנוע כלכלי עצמאי, והובילה ליוזמה להקים תעשיית ייצור שבבים מקומית תוך העברת ידע וטכנולוגיה מארצות הברית לטאיוואן. תוך פחות משני עשורים הפכה טאיוואן למובילת העולם בתחום והיא אחראית למעל 60 אחוזים מייצור השבבים העולמי בכלל, ול-80 אחוזים מייצור השבבים המתקדמים. הביקוש

¹ "European Chips Act" 2/2022 <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-chips-act-1>
communication-regulation-joint-undertaking-and-recommendation

² "America Competes Act" 3/2022 <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/45212>

העולמי לשבבים מואץ בהתמדה והתלות באספקתם הפכה לשיקול משמעותי בקונפליקטים גיאופוליטיים.

תפישת "מגן הסיליקון" מושתתת על הרעיון שהעולם ירתם כדי לנטרל כל ניסיון להפר את יציבות אספקת השבבים, לרבות בתרחיש של פלישת סין לאי. בחשיבה האסטרטגית והצבאית האמריקנית מוצעת³ אסטרטגיה אפשרית של "אדמה חרוכה", בצורת איום מפורש של השמדת מפעלי השבבים במקרה של פלישה סינית לטאיוואן, אשר תסב נזק חמור גם לכלכלת סין. בדומה לפרדיגמות הרתעה אחרות, תפישת "מגן הסיליקון" מתעדכנת⁴ עם ההתפתחויות הגלובליות, אך דומה כי על ציר הזמן, התקבעה כגורם מייצב המשפיע על חשיבתה ארוכת הטווח של סין⁵ על אודות הדרך לממש את שאיפות איחודה עם טאיוואן.

חברות סיניות הן בין לקוחותיה הגדולים ביותר של TSMC (לשבבים ישנים יותר, אשר נמצאים במוצרי הצריכה הנפוצים ביותר בעולם) ופגיעה ברציפות הייצור תפגע בסין עצמה. מעבר לכך, כמעט 80 אחוזים מ-TSMC היא בבעלות זרה. גלי ההדף הכלכליים במקרה של פגיעה בתפוקת המפעלים יהיו עצומים ויורגשו בכל העולם. מאמציה האסטרטגיים של סין לנתק עצמה מהתלות בשבבים טאיוואניים ולהגיע לעצמאות יצור מלמדת כי היא מודעת לעוצמת "מגן הסיליקון" הטאיוואני ולנזקים העצומים שיגרמו כתוצאה מפגיעה במפעלים. הטאיוואנים מצידם המחישו את חשיבות ההגנה על המפעלים בתרגיל מלחמה ביולי 2020,⁶ שבמסגרתו אלפי חיילים דימו הגנה על אחד מפסי הייצור מול תקיפה סינית. בתחילת 2022 התקיים משחק⁷ מלחמה אמריקאי אשר דימה מתקפת סייבר סינית רחבה על מפעלי TSMC על מנת לנסות ולהעריך את השלכות המהלך, השפעותיו על שרשרת האספקה העולמית והסיכון לפתיחת מלחמה כוללת.

ניתן לציין כי גם המלחמה באוקראינה, ספקית מרכזית של ניאון, החיוני לתהליך ייצור השבבים, משפיעה על שרשרת האספקה העולמית וממחישה כיצד משבר השבבים עלול להחמיר כתוצאה מאי-יציבות גלובלית, ואפשר שיכנס לשיקוליהן של מדינות לפני שייזמו עימותים. סנקציות אמריקאיות על סין מקשות על התפתחות תעשיית ייצור שבבים סינית מקומית, ובכך משמרות את כח הרתעתו של "מגן הסיליקון". בה בעת, ארצות הברית משקיעה תקציבים עצומים בעידוד פיתוח והקמה של מערך ייצור עצמאי, שישחרר אותה מהתלות באסיה. ממשל בידן הפנים את הצורך ומוביל מהלכים חסרי-תקדים בהיקפם –

Broken Nest: Deterring China from Invading Taiwan. J. McKinney, P. Harris, The US Army War College³
Quaterly: Parameters. Vol 51, 11/2021
<https://press.armywarcollege.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3089&context=parameters>
Taiwan's silicon shield is strong as ever. P. Van Gerven. Bits&Chips, 10/2021 <https://bits-chips.nl/artikel/taiwans-silicon-shield-is-stronger-as-ever/>⁴
Semiconductors as a shield for Taiwan. E.Y-Ching Ho, Australian Strategic Policy Institute, 3/2021⁵
Silicon Fortress T-Day: The Battle for Taiwan. Y. Lee, N. Shrouzu, D. Lague. Reuters, 12/2021⁶
When the chips are down – Gaming the global semiconductor competition. B. Wasser, M. Rasser, H. Kelly. CNAS, 1/2022, <https://s3.us-east-1.amazonaws.com/files.cnas.org/documents/CNAS-Report-Semiconductor-game-final.pdf?mtime=20220125131057&focal=none>⁷

בחקיקה, בתקצוב ובשיתופי פעולה - לקיצור שרשרת האספקה העולמית ולבנייתה מחדש, כך שהשבבים המתקדמים ביותר ייוצרו בארצות הברית או בבעלות בריתה.

כאמור, תפישת ההרתעה הטיואנית הומשגה במלואה רק לאחר שתעשיית השבבים כבר עמדה על כנה. בישראל, תפישת הרכיב הטכנולוגי בחוסנה וביטחונה הלאומי התפתחה יד ביד עם עליית חשיבותה של הטכנולוגיה במקצוע הצבאי מחד גיסא, והתבססותה של תעשייה עתירת ידע מאידך גיסא. השילוב ויחסי הגומלין בין מערכת הביטחון וצה"ל, כחממות ליזמות טכנולוגית, לבין התפתחות תעשיית ההייטק האזרחית - הם היבט מרכזי בהצלחתה של מדינת ישראל. אם בעבר, הטכנולוגיה נתפסה כרכיב חשוב ביתרונה האיכותי של ישראל, אבל הומשגה בעיקר ברמה הטכנו-פרקטית של השימוש הצבאי בה, נדמה כי כיום המושג המופשט "טכנולוגיה" מזוהה באופן מוחלט עם מהותה וחוסנה הלאומי. במילים אחרות, תעשיית ההייטק בכלל, ותחום השבבים בפרט, נעשו חלק אינטגרלי מתפישת הביטחון הלאומי של ישראל וזו צריכה להיות מומשגת בהתאם.

ניתן לשאוב השראה מחשיבותה האסטרטגית של טאיוואן כספקית שבבים. זו יכולה לשמש מודל ליצירת מעין "כיפת סיליקון" לישראל. אם תהיה לישראל יכולת ייצור שבבים, אם באמצעות תוכנית ארוכת טווח להקמת תעשיית שבבים מקומית, שותפות עם אינטל לשדרוג משמעותי של מפעליה בארץ, או עידוד יצרני שבבים נוספים לבנות מפעלים כאן - תצא ישראל נשכרת בממדים רבים. אחד המרכזיים שבהם הוא שמדינת ישראל תהנה מיתרונות מוכרים ומוכחים⁸ בזכות קירבה פיזית בין המו"פ והייצור. התאגדותן של תעשיות מכל הסוגים בסמיכות גיאוגרפית היא תופעה מוכרת שגורמת למספר אפקטים יסודיים שמעלים רמת את התחרותיות⁹, ביניהן זרימה קבועה של עובדים וספקים, התהוות אקוסיסטם של נותני שירותים היקפיים לתעשייה, שיתוף פעולה יעיל בין שחקניות תעשייתיות, ועוד.¹⁰ מעבר לכך, ברמה ההנדסית עצמה, סמיכות פיזית מקצרת ומייעלת את הממשקים בין הפיתוח וליצור ומשפרת את התפוקה הכוללת. כך גם מתאפשר תכנון ארוך-טווח של השכלה, הכשרה וגיוס עובדים. - כל אלה יתרמו להגברת התחרותיות של המשק הישראלי.

יתרון נוסף של ייצור שבבים מתקדמים בישראל הוא תרומתו הפוטנציאלית לצמצום הפערים בחברה בארץ. כיום מפרנסת תעשיית ההייטק במישרין כעשרה אחוזים מכח העבודה במשק. מקובל להעריך, שעל כל משרה ישירה בהייטק נוצרות עוד משרה וחצי בעקיפין. במפעלי שבבים מתקדמים, רמת האוטומציה גבוהה וישנם פחות עובדים, אך על כל עובד ישיר נוצרות ארבע-חמש משרות עקיפות. בישראל קיים פער עצום בין רמות השכר בתעשייה המסורתית לבין ההייטק. הפיכת ישראל למרכז ייצור מתקדם תאפשר לישראלים רבים

⁸ The role of geographical proximity in innovation: Do regional and local levels really matter?,

G.Bardon, N. Irena, Fraunhofer Institute, 2012

⁹ The Roles and Measurements of Proximity in Sustained Technology Development: A Literature

Review, C. Omobhude, S.H. Chen, Institute of Management of Technology, National Chiao Tung University, Taiwan, 1/2019

¹⁰ Spatial Alchemy: Why proximity matters for innovation, The Economist Intelligence Unit, 2016

נוספים, גם באזורי פריפריה, לרכוש השכלה ומקצוע נדרש ולהשתלב בתעשייה יצרנית מתקדמת ובחלום הישראלי. לדוגמא, פער השכר בין מהנדס פיתוח שבבים בטאיוואן לבין עובדי הייצור הוא כ-30 אחוזים - הרבה פחות מאשר בין משרות הייטק לעובדי ייצור בתעשייה המקומית המסורתית בישראל. במפעלי שבבים מתקדמים רמת השכר גבוהה בהרבה, ומכאן שלתעשיית שבבים מתקדמת עשויה להיות חשיבות חברתית עצומה כגורם מצמצם פערים, שייצור הזדמנויות לשילוב אוכלוסיות מגוונות ישראליות, ואולי אף פלסטיניות בתעשייה. בהכונה נכונה ניתן יהיה לעודד הקמת מפעלי ייצור בפריפריה, ובכך להמשיך ולקדם את המפעל הציוני, למשל בנגב.

ייצור שבבים הוא תחום יקר במיוחד, המאופיין בחסמי כניסה גבוהים מאוד. מדינות בודדות בעולם מחזיקות ביכולת לייצר שבבים בטכנולוגיות המתקדמות ביותר - TSMC בטאיוואן, סמסונג בקוריאה ואינטל במפעליה המתוכננים בארצות הברית. העלות הישירה להקמת מפעל שבבים הינה 10 - 20 מיליארד דולר. בנוסף למכשירי ייצור יעודיים, נדרשים לו גם תשתיות חשמל ומים ספציפיות להפעלה ולקירור. מעבר לכך, נדרשים גם תחזוקה ושדרוג, כמו גם הבטחת מערך בניית הידע, חינוך והכשרת כח האדם, אשר קיים בישראל רק בחלקו. לכן, חזון ייצור שבבים עצמאי דורש החלטה אסטרטגית של ממשלת ישראל, הקצאת משאבים ורתימת השוק הפרטי בארץ ובחו"ל.

כצעד ראשון נדרשת בחינה מעמיקה של הנושא על מנת למנף את הקונסטלציה הגיאו-אסטרטגית היחודית שנוצרה בתעשיית השבבים. בחינה זו צריכה לכלול עבודת מטה בשיתוף ראשי תעשיית השבבים בעולם ובישראל ותאפשר הצגת המלצה טכנולוגית-עסקית מוסכמת. ישנם סימנים לפתיחות ותמיכה ברעיון הזה בקרב מעצבי דעה והוגים אסטרטגיים בארצות הברית, כמו גם נושאי תפקידי מפתח בממשל האמריקני העוסקים בנושא ומעוניינים בשיתוף פעולה. חשוב להמשיך ולפתח את המגמה הזו על מנת לרתום אותו לחזון המשותף. רצוי גם לפעול מול חברי הקונגרס והסנאט, ישירות ודרך השדולות הרלוונטיות על מנת להבטיח תמיכתם בקידום החזון והקצאת תקציבים אפשרית במסגרת החקיקה האמריקנית.

לסיכום, משבר השבבים העולמי מייצר הזדמנות נדירה למנף את נ(כ)ס ההייטק הישראלי ולשדרג את מעמדה העולמי של מדינת ישראל. מכלול הנסיבות הגיאו-פוליטיות, התחרות בין ארצות הברית לסין, מעמדה המוביל של ישראל במו"פ ותכנון שבבים, חוק עידוד תעשיית השבבים האמריקאי והתקציבים הבאים בצידו, כמו גם מעמדה המיוחד של ישראל כבעלת ברית איתנה של אמריקה - כל אלה מהווים שעת כושר והזדמנות לגבש אסטרטגיית שבבים לאומית ותוכנית למימושה שתחזק את הקשר בין שתי המדינות ותניח נדבך חיוני לברית טכנולוגית אסטרטגית ביניהן.