

הקרב הבא על הבינה המלאכותית: האם ישראל צריכה להפוך למעצמת ייצור שבבים?

הדס לורבר | 28 ביולי 2026

עיקרי הדברים

המרוץ העולמי על הבינה המלאכותית משנה מן היסוד את אופן תפיסתן של תשתיות טכנולוגיות על ידי מדינות. אם בעשורים האחרונים התחרות נסבה סביב שליטה בנתונים, בפלטפורמות דיגיטליות ובמודלים של בינה מלאכותית, הרי שכיום מתברר כי היתרון האסטרטגי של מדינות ייקבע במידה רבה דווקא על ידי שליטתן בשרשרת הערך הפיזית של הבינה המלאכותית – החל ממינרלים קריטיים, דרך ייצור שבבים מתקדמים ותשתיות מחשוב עתיר ביצועים (Compute) וכלה במרכזי נתונים, אנרגיה ומודלים מתקדמים. **התחרות אינה עוד על רכיב בודד של מערכת הבינה המלאכותית, אלא על היכולת להחזיק בנתחים משמעותיים של ה-AI Stack כולו.**

התפתחות זו מביאה עמה גם שינוי במדיניות האמריקאית. חוק ה-CHIPS and Science Act סימן את תחילתו של מאמץ להשבת יכולות ייצור שבבים לשטח ארצות הברית ולבעלות בריתה, אולם בשנים האחרונות מתרחבת גישה זו לכדי תפיסה רחבה יותר של **ביזור גיאוגרפי של שרשראות האספקה**. יוזמת **Pax Silica** שמובילה ארצות הברית משקפת מעבר מהתמקדות בבקרת ייצוא ובהגבלת גישה לטכנולוגיות מתקדמות אל בניית אקוסיסטם גלובלי של שותפים אמנים (Trusted AI Ecosystem) המסוגלים להבטיח רציפות תפקודית, עוצמה גיאו-פוליטית ויכולת ייצור גם בעתות משבר.

על רקע זה, ראוי לבחון מחדש את מקומה של ישראל במפת ייצור השבבים העולמית. עד כה נתפסה ישראל כאחת ממעצמות תכנון השבבים בעולם, אולם כמעט שלא התקיים בה דיון אסטרטגי בשאלה האם עליה להפוך גם למוקד ייצור מתקדם של שבבים. **במסמך זה נבחן האם השינויים הגיאו-פוליטיים מחייבים את ישראל לגבש אסטרטגיה חדשה להשתלבות עמוקה יותר בשרשרת הייצור של המוליכים למחצה. במסגרת זו נבחנת האפשרות של הקמת מפעל מתקדם בישראל כאחת החלופות האסטרטגיות האפשריות.**

היתרון הישראלי אינו מתמצה בכוח אדם איכותי או במערכת חדשנות מפותחת – מאפיינים המשותפים גם למדינות אחרות. ייחודו טמון בריכוז יוצא הדופן של כלל רכיבי שרשרת הערך של הבינה המלאכותית במרחב גיאוגרפי קטן: מרכזי הפיתוח של NVIDIA וחברות שבבים מובילות נוספות, אקוסיסטם מהמתקדמים בעולם בתחום תכנון השבבים, קהילת מחקר אקדמית, תעשיית סטארטאפים ענפה, יכולות סייבר וביטחון, השקעות חסרות תקדים בתשתיות AI ומחשב-העל הלאומי, לצד שיתוף פעולה הדוק בין הממשלה לתעשייה. שילוב זה מציב את ישראל כאחת המדינות הבודדות המסוגלות לא רק לפתח טכנולוגיות, אלא גם לארח חלקים משמעותיים משרשרת הערך הגלובלית.

מנקודת מבטה של ארצות הברית, שילוב ישראל במערך ייצור השבבים של Pax Silica עשוי לחזק את עמידות שרשראות האספקה המערביות, להפחית את התלות בריכוז גיאוגרפי יחיד במזרח אסיה ולהוסיף נדבך חדש לשותפות האסטרטגית בין המדינות. **עבור ישראל, מדובר בהזדמנות להפוך ממעצמת חדשנות למעצמת תשתיות, להבטיח גישה ארוכת טווח לשבבים מתקדמים, להעמיק את השתלבותה באקוסיסטם הגלובלי של הבינה המלאכותית ולבסס נכס אסטרטגי בעל משמעות כלכלית, ביטחונית ומדינית לעשורים הקרובים.**

עם זאת, הקמת מפעל ייצור מתקדם אינה מבטיחה כשלעצמה גישה לשבבים בעת משבר. לשם כך נדרשים מנגנונים משלימים וביניהם הסכמי קיבולת, זכויות קדימה, מלאים אסטרטגיים, שותפויות בין-ממשלתיות וגיוון מקורות האספקה, **לצד התמודדות עם האתגרים הכלכליים, התשתיתיים והביטחוניים הכרוכים במהלך.**

בשורה התחתונה, אם ישראל תצליח להשתלב גם בשכבת ייצור השבבים, היא תהפוך לאחת המדינות היחידות בעולם המחזיקות ביתרון יחסי במספר חוליות מרכזיות של שרשרת הערך של ה-AI. במצב כזה, ישראל לא תהיה עוד רק צרכנית של תשתיות או ספקית חדשנות, אלא **שחקן אסטרטגי בתשתית שעליה נשענת הכלכלה העולמית.**

רקע: מהפכת ה-AI משנה את הגיאופוליטיקה של השבבים

הבינה המלאכותית משנה במהירות את תפיסת העוצמה של מדינות ואת אופן הגדרתן נכסים אסטרטגיים. אם בעשורים האחרונים עיקר הדיון נסב סביב גישה לנתונים, פיתוח אלגוריתמים או בניית מודלים מתקדמים, הרי שכיום מתברר כי היתרון התחרותי של מדינות נשען במידה הולכת וגוברת דווקא על תשתיות הייצור הפיזיות של הבינה המלאכותית. שבבים מתקדמים, יכולות מחשוב עתיר ביצועים (High Performance Computing), אנרגיה, מרכזי נתונים ורשתות תקשורת הפכו כולם לרכיבים של אותה מערכת אסטרטגית, שהיכולת לשלוט בה תקבע את מיקומן של מדינות בכלכלה ובמערכת הבינלאומית בעשורים הקרובים.

שינוי זה משקף מעבר מהותי מתפיסה של **Global Value Chains**, שהתבססה על מקסום יעילות כלכלית באמצעות פיזור גיאוגרפי של שלבי הייצור, לתפיסה של **Trusted Value Chains**, שבמסגרתה שיקולי ביטחון לאומי, עוצמה גיאופוליטית ורציפות תפקודית הופכים שיקולים מרכזיים - לא פחות מהעלות הכלכלית. מגפת הקורונה, המחסור הגלובלי בשבבים, המלחמה באוקראינה, המתיחות סביב טיוואן והמרוץ הגובר בין ארצות הברית לסין בתחום הבינה המלאכותית המחישו כי **ריכוז של יכולות קריטיות במדינה אחת או באזור גיאוגרפי אחד יוצר סיכון אסטרטגי, שאינו מתקבל עוד על הדעת.**

במובן זה, השבבים הפכו למקבילה הגיאופוליטית של הנפט במאה הקודמת. כפי שמדינות השקיעו בעבר בבניית עתודות אסטרטגיות של אנרגיה, בהבטחת נתיבי שיט ובגיוון מקורות האספקה של דלקים, כך הן פועלות כיום להבטחת גישה רציפה ליכולות מחשוב ולשבבים מתקדמים. אלא שבניגוד למשאבי טבע, ייצור שבבים מתקדמים תלוי במערכת מורכבת במיוחד של ידע, ציוד, כוח אדם, הון ותשתיות, שמספר מצומצם בלבד של מדינות מסוגל להעמיד.

במרכז מערכת זו ניצבת כיום חברת TSMC, המייצרת את מרבית השבבים המתקדמים בעולם ומשמשת ספקית מרכזית של חברות דוגמת NVIDIA, Apple, AMD, Qualcomm, Broadcom ואחרות. ריכוז יכולת כה משמעותית באתרי ייצור בודדים בטיוואן נתפס במשך שנים כביטוי ליתרון הכלכלי של התמחות גיאוגרפית. אולם כיום, אותו ריכוז נתפס כאחד הסיכונים האסטרטגיים המשמעותיים ביותר לכלכלת הבינה המלאכותית העולמית. כל שיבוש ביכולת הייצור של TSMC – כתוצאה ממשבר ביטחוני, אסון טבע, מתקפת סייבר או הסלמה במצרי טיוואן – עלול לגרום פגיעה ישירה בפיתוח מודלי AI, בשרשראות האספקה של תעשיית הטכנולוגיה וביתרונה האסטרטגי של ארצות הברית.

על רקע זה, ארצות הברית מובילה בשנים האחרונות **תפיסה חדשה של ביזור גיאוגרפי מבוקר של שרשרת הערך של השבבים**. השקעות הענק באריזונה, הרחבת פעילות TSMC ביפן ובגרמניה, לצד מדיניות ה- CHIPS and Science Act אינן מבטאות רק רצון להשיב מקומות עבודה או לעודד ייצור מקומי. הן נועדו בראש ובראשונה להפחית את הסיכון הנובע מריכוז הייצור במדינה אחת וליצור רשת גלובלית של אתרי ייצור במדינות אמינות, יציבות ובעלות ברית.



אלא שגם מהלכים אלה אינם מספקים מענה מלא לאתגר שנוצר עם עליית הבינה המלאכותית. בניגוד לדורות קודמים של שבבים, שבבי AI מתקדמים מתפתחים במחזורי זמן קצרים במיוחד והפער בין שלב התכנון לבין שלב הייצור הולך ומצטמצם. כל שיפור קטן בתהליך הייצור, בתיקון תקלות (Yield Improvement) או באינטראקציה בין צוותי הפיתוח לבין קווי הייצור עשוי לייצר ערך כלכלי של מאות מיליוני דולרים בשנה. כתוצאה מכך, הקרבה הגיאוגרפית בין מרכזי תכנון השבבים לבין מפעלי הייצור הופכת מגורם תפעולי לגורם אסטרטגי.

דווקא בנקודה זו מתחילה להתחדד השאלה הישראלית. במשך עשרות שנים ביססה ישראל את מעמדה כאחת מעצמות תכנון השבבים בעולם, אך נמנעה כמעט לחלוטין מהשקעה במפעלי ייצור מתקדמים. אולם במציאות שהיתרון התחרותי של מדינות נקבע יותר ויותר על פי שליטתן בשרשרת הערך של הבינה המלאכותית, יש מקום לבחון מחדש האם מודל זה עדיין משרת את האינטרסים הלאומיים של ישראל, או שמא הגיעה העת לשלב גם את רכיב הייצור כחלק מהאסטרטגיה הלאומית לעידן ה-AI.

ישראל כצומת אסטרטגי בשרשרת הערך של הבינה המלאכותית

הדין על מיקומם של מפעלי ייצור שבבים מתקדמים מתנהל בדרך כלל סביב שלושה משתנים מרכזיים: **עלויות, תמריצי ממשלה ונגישות לשוקי יעד**. אולם בעידן הבינה המלאכותית, משתנים אלו אינם מספקים עוד. ככל שמחזורי הפיתוח מתקצרים, המורכבות ההנדסית גדלה והמעבר בין תכנון, ייצור ואופטימיזציה נעשה רציף יותר, כך עולה חשיבותו של משתנה נוסף, שלעתים קרובות אינו זוכה למשקל מספק – **האקוסיסטם הטכנולוגי** שבתוכו פועל מפעל הייצור.

במובן זה, ישראל מציעה שילוב נדיר של יכולות שאינן קיימות כמעט באף מדינה אחרת. במשך שלושה עשורים ביססה ישראל את מעמדה כאחת ממעצמות תכנון השבבים בעולם. מרכזי הפיתוח של NVIDIA, Intel, Apple, Amazon, Google, Qualcomm Marvell, Broadcom וחברות נוספות פועלים בישראל ומעסיקים עשרות אלפי מהנדסים, כאשר חלק ניכר מן הארכיטקטורות והטכנולוגיות שעליהן נשענת כיום תעשיית הבינה המלאכותית פותחו או ממשיכות להתפתח כאן. רכישת Mellanox על ידי NVIDIA הפכה את ישראל לאחד ממוקדי הפיתוח החשובים ביותר של החברה מחוץ לארצות הברית, דווקא בתקופה ש-NVIDIA הפכה ללקוחה הגדולה ביותר של TSMC בתחום שבבי הבינה המלאכותית.

הקרב הבא על הבינה המלאכותית

נקודה זו משנה מהותית את האופן שבו יש לבחון את מיקומו של מפעל ייצור מתקדם. בניגוד לדורות קודמים של תעשיית השבבים, שבהם ניתן היה להפריד בין שלב התכנון לשלב הייצור באמצעות שרשרת אספקה גלובלית, שבבי AI מתקדמים מחייבים אינטראקציה מתמדת בין צוותי התכנון, צוותי הייצור וצוותי הוולידציה. כל שיפור קטן בשיעור התפוקה התקינה (Yield) מתורגם לערך כלכלי עצום. בתעשייה מקובל להעריך כי שיפור של אחוזים בודדים בלבד בתהליך הייצור עשוי לייצר תוספת הכנסות של מאות מיליוני דולרים בשנה, ובמפעל המייצר שבבים בקצה הטכנולוגיה – לאורך מחזור חיים של 15-20 שנה – מדובר בערך מצטבר של מיליארדי דולרים. לפיכך, הקרבה הפיזית בין מהנדסי הפיתוח לבין קווי הייצור אינה רק שאלה של נוחות תפעולית, היא הופכת לגורם בעל משמעות עסקית ואסטרטגית.

מזווית זו, ישראל נהנית מיתרון יחסי ייחודי. שטחה המצומצם מאפשר לקיים אינטראקציה רציפה כמעט בין מרכזי התכנון, מוסדות המחקר, החברות המפתחות ומתקני הייצור. במקום לפזר את שרשרת הערך בין מספר מדינות או אזורי זמן, ניתן לרכז את תכנון השבבים, האינטגרציה, הבדיקות, הוולידציה וחלק משמעותי מן הייצור באותו מרחב גיאוגרפי, ובכך לקצר משמעותית מחזורי פיתוח ולהאיץ את קצב החדשנות.

יתרון נוסף גלום בכך שישראל אינה מתחילה מנקודת אפס בתחום תשתיות הבינה המלאכותית. בשנים האחרונות נבנו בישראל נדבכים משמעותיים של אקוסיסטם AI לאומי: מחשב-העל הלאומי, השקעות פרטיות בתשתיות GPU, מרכזי מחקר מתקדמים, חברות AI בקנה מידה עולמי ומערכת סטארטאפים הנחשבת לאחת החדשניות בעולם. במקביל, שיתוף הפעולה בין הממשלה לבין המגזר הפרטי, ובפרט עם רשות החדשנות, יצר מודל ייחודי של שותפות ציבורית-פרטית, שבמסגרתו המדינה אינה מחליפה את השוק אלא פועלת כמאיץ להקמת תשתיות לאומיות. מודל זה עשוי להתאים גם למפעל ייצור שבבים מתקדם, המחייב השקעות עתק לצד ודאות רגולטורית ותכנון ארוך טווח.

המשמעות היא, שישראל אינה מציעה רק קרקע להקמת מפעל חדש, אלא **סביבת חדשנות שלמה, שבה כל חוליות שרשרת הערך של הבינה המלאכותית** – מתכנון שבבים ועד מחשוב עתיר ביצועים, מענן ועד יישומים – מתקיימות כבר כיום. דווקא בעולם שבו מדינות מבקשות לפזר סיכונים ולבנות מוקדי ייצור אמינים מחוץ למזרח אסיה, שילוב כזה עשוי להפוך את ישראל לא לעוד אתר ייצור בלבד, אלא לאחד הצמתים המרכזיים של שרשרת הערך העולמית של הבינה המלאכותית.

עצמאות טכנולוגית אינה מחייבת ביצוע כל שלבי שרשרת הערך בישראל. תעשיית המוליכים למחצה היא מטבעה גלובלית, ואין כיום כמעט מדינה המחזיקה בעצמאות מלאה בכל חוליותיה – מתכנון, דרך ציוד וחומרי גלם ועד ייצור, אריזה ובדיקות. לפיכך, היעד הריאלי עבור ישראל אינו אוטרכיה טכנולוגית, אלא **אוטונומיה אסטרטגית סלקטיבית**: פיתוח יכולות עצמאיות במספר חוליות קריטיות שבהן יש לישראל יתרון יחסי או צורך ביטחוני, לצד בניית שותפויות והסכמים ארוכי טווח שיבטיחו גישה לרכיבים, לציוד, לידע ולכושר ייצור שאינם קיימים בישראל. גישה זו מאזנת בין חיזוק החוסן הלאומי לבין השתלבות במערכת הגלובלית של שרשראות הערך.

Pax Silica והמעבר משרשרת אספקה לשרשרת ערך אסטרטגית

יוזמת **Pax Silica**, שהחלה כמסגרת לשיתוף פעולה בין ארצות הברית ובעלות בריתה בתחום תשתיות הבינה המלאכותית, משקפת שינוי עמוק באופן תפיסת ושינגטון את התחרות הטכנולוגית מול סין. אם בעשור האחרון התמקדה המדיניות האמריקאית בעיקר בהגבלת גישה של יריבים לטכנולוגיות מתקדמות – באמצעות בקורות ייצוא, סנקציות והגבלות על העברת ידע – הרי שכיום מתגבשת גישה רחבה בהרבה, המבקשת לבנות **מערכת אקולוגית של מדינות אמינות** (Trusted AI Ecosystem) אשר תחלק ביניהן את רכיבי שרשרת הערך של הבינה המלאכותית ותבטיח רציפות תפקודית גם בתרחישי משבר.

הרחבת Pax Silica למדינות שאינן בהכרח נמנות עם שותפותיה הטכנולוגיות המסורתיות של ארצות הברית מלמדת כי הקריטריון המרכזי אינו עוד רמת הפיתוח הטכנולוגי של המדינה, אלא תרומתה האפשרית לשרשרת הערך העתידית של הבינה המלאכותית. כך, לצד מדינות המובילות בתחומי המחקר והטכנולוגיה, מצטרפות גם מדינות המחזיקות בנכסים אסטרטגיים אחרים – מינרלים קריטיים, תשתיות אנרגיה, מיקום גיאוגרפי, כושר ייצור או גישה לשווקים אזוריים. במילים אחרות, Pax Silica אינה מבקשת שכל מדינה תבצע את כל שלבי הייצור, אלא שכל אחת תספק את הרכיב שבו יתרונה היחסי הוא הגבוה ביותר.

מנקודת מבט זו, השאלה הרלוונטית אינה האם ישראל מסוגלת להתחרות בארצות הברית או בטיוואן, אלא מהו התפקיד הייחודי שהיא יכולה למלא באקוסיסטם כזה. לאורך השנים ביססה ישראל את עצמה כמרכז עולמי לתכנון שבבים, למחקר, לאלגוריתמיקה ולפיתוח מערכות AI. אולם דווקא המעבר לתפיסת AI Stack מעלה את האפשרות כי ישראל יכולה להפוך גם לחוליה משמעותית בשלב הייצור של השבבים המתקדמים וכך להשלים את אחד הפערים המרכזיים באקוסיסטם המקומי.

ראייה מערכתית של Pax Silica עשויה להוביל לחלוקת עבודה חדשה בין השותפות. ארצות הברית תמשיך להוביל את החדשנות המדעית, את הארכיטקטורות ואת האסטרטגיה הטכנולוגית; ישראל תהווה מוקד לתכנון ולייצור שבבים מתקדמים ולפיתוח רכיבי AI קריטיים; מדינות המפרץ יתרמו את יתרון בתחום האנרגיה, הקרקע והקמת חוות שרתים בקנה מידה נרחב, ואילו מדינות נוספות ישלימו את השרשרת באמצעות חומרי גלם, תשתיות לוגיסטיות ויכולות ייצור משלימות. מודל כזה יוצר מערכת מבוזרת, שבה כל אחת מהשותפות מחזקת את יתרונותיה היחסיים, אך גם מפחיתה את הסיכון הנובע מהתלות באתר ייצור יחיד או במדינה אחת.

במובן זה, מפעל ייצור מתקדם של TSMC בישראל אינו אמור להיתפס כפרויקט תעשייתי מקומי בלבד, אלא כחלק מארכיטקטורה רחבה של ביטחון טכנולוגי מערבי. בדומה לאופן שבו ארצות הברית פיזרה לאורך השנים את תעשיות הביטחון שלה בין מדינות שונות, כך גם תעשיית השבבים המתקדמים נדרשת כיום לביזור מבוקר, הנשען על מדינות בעלות ברית, מוסדות יציבים, הון אנושי איכותי ויכולת להגן על תשתיות קריטיות.

מנקודת ראות ישראלית, השתלבות במהלך כזה עשויה לשנות מהותית את מעמדה של המדינה. ישראל לא תהיה עוד רק "אומת הסטארט-אפ", המספקת חדשנות לחברות בינלאומיות, אלא תהפוך לאחד הצמתים המרכזיים של שרשרת האספקה העולמית של הבינה המלאכותית. המשמעות אינה כלכלית בלבד. מדינות המחזיקות בחוליות קריטיות של

שרשרת הערך נהנות גם ממעמד מדיני שונה, מיכולת השפעה רחבה יותר על עיצוב כללי המשחק ומעמידות גבוהה יותר בפני זעזועים גיאופוליטיים.

בהקשר זה, ניתן אף לבחון הרחבה של תפיסת **Strategic Compute Reserve**, שהחלה להופיע בשיח האמריקאי סביב תשתיות AI. בדומה למאגרים אסטרטגיים של נפט או מינרלים קריטיים, ניתן לדמיין מנגנון שבו חלק מקווי הייצור של שבבים מתקדמים או חלק מתפוקת הייצור יוקצו מראש לשימוש במקרי חירום עבור ארצות הברית ושותפותיה. פרט לגישה יציבה יותר לשלבים מתקדמים בעת משבר, הסדר כזה יעניק לישראל גם תפקיד חדש במערך החוסן הטכנולוגי של המערב.

גישה זו מתיישבת היטב עם ההיגיון הרחב של Pax Silica: בניית מערכת מבוזרת, אמינה וגמישה, שבמסגרתה כל אחת מהמדינות השותפות אינה רק נהנית מפירות החדשנות, אלא גם מחזיקה בנכס אסטרטגי שהמערכת כולה נשענת עליו. עבור ישראל, המשמעות היא מעבר ממדינה המשתלבת בשרשרת הערך של הבינה המלאכותית למדינה המסייעת לעצב אותה.

חלופות אסטרטגיות להשתלבות ישראל בשרשרת הערך של הבינה המלאכותית

הדיון על אודות מקומה של ישראל בשרשרת הערך של הבינה המלאכותית אינו צריך להצטמצם לשאלה האם ניתן או רצוי להקים בישראל מפעל מתקדם לייצור שבבים. תעשיית המוליכים למחצה מורכבת ממספר רב של חוליות – תכנון, ציוד ייצור, חומרים, ייצור, אריזה, בדיקות, אינטגרציה ושילוב השבבים במערכות מחשוב – ואין כמעט מדינה המחזיקה בעצמאות מלאה בכל אחת מהן. משום כך, על ישראל לבחון סל חלופות שיאפשר לה לחזק את ביטחון האספקה שלה, למצות את יתרונותיה היחסיים ולהעמיק את השתלבותה באקוסיסטם הטכנולוגי של ארצות הברית ובעלות בריתה.

הבחירה בין החלופות אינה בהכרח בינארית. ייתכן שהאסטרטגיה המתאימה לישראל תהיה שילוב בין יכולות עצמאיות במספר תחומים קריטיים, השקעה בחוליות שבהן קיים לישראל יתרון יחסי, והסתמכות על שותפויות בינלאומיות ביחס לרכיבים שבהם הקמת יכולת מקומית מלאה אינה כדאית או מעשית. לפיכך, יש לבחון כל חלופה על פי תרומתה לביטחון האספקה, ליתרון הטכנולוגי, לחוסן הלאומי וליכולת לפעול בעתות משבר.

הקמת מפעל ייצור מתקדם בישראל

החלופה השאפתנית ביותר היא הקמת מפעל ייצור בקצה הטכנולוגיה בישראל, בידי TSMC או יצרן גלובלי אחר. מפעל מסוג זה עשוי להשלים את הפער המרכזי באקוסיסטם הישראלי, הנשען כיום בעיקר על תכנון ופיתוח, וליצור חיבור ישיר בין מרכזי התכנון של חברות מובילות לבין קווי הייצור.

יתרונה של חלופה זו הוא בהפיכת ישראל לחוליה משמעותית בשרשרת האספקה של שבבי AI מתקדמים. היא עשויה לקצר את תהליכי הפיתוח, לחזק את שיתוף הפעולה בין מהנדסי התכנון והייצור, למשוך פעילות נוספת של חברות בינלאומיות ולשפר את מעמדה האסטרטגי של ישראל מול ארצות הברית ובעלות בריתה.

עם זאת, מדובר בחלופה יקרה ומורכבת במיוחד. היא מחייבת השקעות של עשרות מיליארדי דולרים, תשתיות חשמל ומים בהיקפים גדולים, כוח אדם ייעודי, מעטפת רגולטורית ארוכת טווח והגנה משמעותית על מתקן שיהפוך לנכס אסטרטגי וליעד אפשרי לתקיפה. יתר על כן, עצם מיקומו של מפעל בישראל אינו מבטיח כי תפוקתו תעמוד לרשות המדינה בעת חירום. לשם כך יידרשו הסדרים חוזיים ובין-ממשלתיים מפורשים, לרבות הקצאת קיבולת, זכויות קדימה והסדרת סדרי עדיפויות.

ייצור בטכנולוגיות בוגרות או ייעודיות

חלופה שנייה היא להרחיב בישראל יכולות ייצור של שבבים שאינם בהכרח בקצה הטכנולוגיה, אך הם חיוניים למערכות ביטחוניות, תעשייתיות ואזרחיות. קטגוריה זו כוללת שבבים אנלוגיים, רכיבי תקשורת, חיישנים, שבבים לתעשיית הרכב, רכיבי הספק, שבבים פוטוניים ורכיבים עמידים לתנאי קרינה, חום וסביבה קיצונית.

היתרון בחלופה זו הוא שהיא עשויה להתאים יותר לצרכים הלאומיים הישירים של ישראל. מערכות ביטחוניות אינן זקוקות תמיד לשבבים הזעירים והמתקדמים ביותר, אלא לרכיבים אמינים, מאובטחים, בעלי מחזור חיים ארוך ושניתן להמשיך לייצרם לאורך שנים. יכולת מקומית בתחומים אלה עשויה להפחית תלות בספקים זרים, לצמצם סיכונים הנובעים מהפסקת קווי ייצור ולשפר את הרציפות התפקודית של התעשיות הביטחוניות.

נוסף על כך, עלויות ההקמה וההפעלה של מפעלים בטכנולוגיות בוגרות נמוכות יחסית למפעל בקצה הטכנולוגיה והתחרות עליהם עשויה להיות מתונה יותר. חלופה זו יכולה גם להתבסס על יכולות שכבר קיימות בישראל ולהרחיבן באופן הדרגתי, במקום להקים תעשייה חדשה כמעט מאפס.

התמחות באריזה מתקדמת וב-Chiplets

חלופה שלישית היא להפוך את ישראל למוקד מוביל בתחום האריזה המתקדמת, האינטגרציה וה-Chiplets. ככל שהיכולת להמשיך ולהקטין טרנזיסטורים נעשית יקרה ומורכבת יותר, תעשיית השבבים עוברת בהדרגה לארכיטקטורות המבוססות על שילוב של מספר רכיבים ייעודיים במארז אחד. תחומים וביניהם Advanced Packaging, חיבור בין שבבי חישוב וזיכרון, אינטגרציה תלת-ממדית, בדיקות, וולידציה וניהול תרמי הופכים לחוליות קריטיות בביצועי מערכות AI.

לישראל יתרונות אפשריים בתחום זה בזכות שילוב בין יכולות תכנון שבבים, הנדסת מערכות, תקשורת מהירה, פוטוניקה, קירור, בדיקות וסייבר. חסמי הכניסה נמוכים יחסית להקמת Fab מתקדם, בעוד שהערך הטכנולוגי והאסטרטגי של התחום הולך וגדל.

התמחות באריזה מתקדמת עשויה לאפשר לישראל להחזיק בחוליה קריטית בשרשרת הערך מבלי לשאת בעלויות המלאות של ייצור בקצה הטכנולוגיה. היא גם עשויה ליצור זיקה ישירה בין תעשיית התכנון המקומית לבין יצרנים גלובליים, ולמקם את ישראל בתחום שבו ההבחנה בין תכנון, ייצור ואינטגרציה הולכת ומיטשטשת.

הרחבת היתרון הקיים בתכנון שבבים

חלופה רביעית היא להעמיק את היתרון הקיים של ישראל בתכנון שבבים, במקום לנסות לשכפל יכולות ייצור הקיימות במדינות אחרות. ישראל היא כיום אחד המרכזים החשובים בעולם בתחומי ארכיטקטורות מעבדים, קישוריות, תקשורת מהירה, אבטחת חומרה, מאיצי AI, זיכרון ופוטוניקה.

מדיניות לאומית ממוקדת יכולה לחזק תחומים כגון כלי EDA, ארכיטקטורות מבוססות Chiplets, מאיצים ייעודיים, שבבים חסכוניים באנרגיה, מערכות זיכרון מתקדמות, פוטוניקה משולבת ורכיבים לתקשורת בין מאיצים. ניתן לעשות זאת באמצעות השקעות במחקר, הקמת תשתיות תכנון משותפות, הרחבת הגישה לכלי תוכנה יקרים, תמיכה ב-Tape-out לחברות צעירות וחיזוק הקשר בין האקדמיה, התעשייה והמערכת הביטחונית.

יתרונה של חלופה זו הוא בהתבססותה על נכס שכבר קיים בישראל. במקום להתחרות במדינות בעלות יתרון של עשרות שנים בייצור המוני, ישראל יכולה להעמיק את תפקידה במקום שבו תרומתה היחסית גבוהה במיוחד. עם זאת, הרחבת יכולות התכנון לבדה אינה פותרת את בעיית הגישה לייצור. לכן, חלופה זו חייבת להיות משולבת בהסכמי אספקה, גישה לקווי ייצור ומנגנוני עדיפות בעת משבר.

הבטחת גישה באמצעות שותפויות והסכמי אספקה

חלופה חמישית מתמקדת לא בהקמת יכולת ייצור מלאה בישראל, אלא בהבטחת גישה אמינה ליכולת ייצור הקיימת במדינות שותפות. במסגרת זו יכולה ישראל לקדם הסכמים עם ארצות הברית, טאיוואן, יפן, קוריאה הדרומית ומדינות אירופה, שיכללו הקצאת קיבולת, התחייבויות אספקה, קדימות בשעת חירום והשתתפות בתוכניות ייצור משותפות.

הסכמים כאלה יכולים לכלול מנגנוני Capacity Reservation, תשלום מראש עבור קיבולת עתידית, חוזי Offtake ארוכי טווח, זכות קדימה לרכישת שבבים קריטיים והקצאת מכסות לתעשיות ביטחוניות ולאומיות. ניתן גם לבחון הקמת מלאים אסטרטגיים של רכיבים קריטיים, מצעים, זיכרונות ורכיבי תקשורת, לצד הסדרים להמשך ייצור של שבבים ייעודיים לאורך זמן.

יתרונה של חלופה זו הוא בכך שהיא עשויה לספק ביטחון אספקה בעלות נמוכה משמעותית מהקמת מפעל מתקדם בישראל. היא גם משקפת את אופייה הגלובלי של תעשיית השבבים, שבה עצמאות מלאה אינה יעד ריאלי. עם זאת, הסכמים מסוג זה תלויים באמינות השותפות, ביציבות המדינית ובנכונות של חברות פרטיות ושל ממשלות זרות לכבד התחייבויות בעת משבר. משום כך, יש להעדיף הסכמים בין-ממשלתיים בעלי מנגנוני יישום ברורים, ולא להסתפק בהבנות מסחריות כלליות.

מודל אזורי של חלוקת עבודה

חלופה שישית היא פיתוח מודל אזורי המבוסס על חלוקת עבודה בין ישראל למדינות נוספות ובפרט מדינות המפרץ. במסגרת מודל זה, ישראל תתמקד בתחומי יתרונה היחסי – תכנון שבבים, מחקר ופיתוח, סייבר, בדיקות, וולידציה, אריזה מתקדמת ואינטגרציה – ואילו מדינות אחרות יתרמו אנרגיה זמינה, קרקע, הון, תשתיות מחשוב ויכולת להקים מתקנים בקנה מידה גדול.

מודל כזה עשוי להישען על 'הסכמי אברהם' ועל אינטרסים משותפים בבניית אקוסיסטם אזורי של בינה מלאכותית. הוא יכול לכלול מרכזי תכנון בישראל, מתקני אריזה ובדיקות אזוריים, מרכזי נתונים במדינות בעלות יתרון אנרגטי והסכמי רכש וייצור עם שותפות אסייתיות ואמריקאיות.

יתרונו של המודל הוא בהיותו מאפשר לכל מדינה להתמחות בתחום יתרונה היחסי הגבוה, תוך יצירת מערכת אזורית משלימה. הוא עשוי גם לחזק את הקשרים המדיניים וליצור אינטרס משותף בהגנה על תשתיות טכנולוגיות. מנגד, הוא מחייב רמת אמון גבוהה, הסדרה של העברת ידע וטכנולוגיה, גיבוש מנגנוני הגנה על קניין רוחני והתמודדות עם מגבלות אמריקאיות על יצוא טכנולוגיות מתקדמות.

בין יכולת עצמאית ליתרון יחסי

מכלול החלופות מלמד כי השאלה האסטרטגית אינה האם ישראל צריכה להשיג עצמאות מלאה בייצור שבבים, אלא באילו חוליות עליה להחזיק יכולת עצמאית, באילו תחומים עליה למצות יתרון יחסי, ובאילו רכיבים ניתן להסתמך על שותפויות בינלאומיות.

ביחס לרכיבים ביטחוניים קריטיים, שבבים בעלי מחזור חיים ארוך ויכולות החיוניות לרציפות תפקודית, עשויה להידרש יכולת מקומית או שליטה ישירה בקיבולת הייצור. בתחומים שעלות ההקמה גבוהה במיוחד והיתרון הישראלי מוגבל, ניתן להסתמך על גיוון ספקים, הסכמי אספקה ומנגנוני קדימות. בתחומים שבהם לישראל יש כבר יתרון מובהק – תכנון, קישוריות, פוטוניקה, סייבר, אריזה ואינטגרציה – נכון להעמיק את ההשקעה ולהפוך יתרונות קיימים לנכסים אסטרטגיים.

לפיכך, המדיניות הרצויה אינה בחירה בפתרון יחיד, אלא בניית תמהיל מדורג: חיזוק יכולות התכנון והאריזה, הרחבת ייצור ייעודי לצרכים קריטיים, יצירת הסכמי גישה וקיבולת עם שותפות, ובמקביל בחינה כלכלית וביטחונית מעמיקה של האפשרות להקים בעתיד מפעל ייצור מתקדם בישראל. תמהיל כזה יאפשר לישראל להגדיל את ביטחון האספקה שלה בלי לנסות לשכפל את כלל שרשרת הערך בתחומה, ולבסס מעמד משמעותי במערכת גלובלית הנשענת על התמחות, אמון ותלות הדדית מבוקרת.

כיצד ניתן להבטיח בפועל גישה לשבבים מתקדמים?

אחת הסוגיות המרכזיות בכל אסטרטגיה לאומית בתחום המוליכים למחצה היא ההבחנה בין **נוכחות של יכולת ייצור בשטח המדינה לבין שליטה אפקטיבית בגישה לתפוקה**. הקמת מפעל של חברה זרה בישראל עשויה לתרום לתעסוקה, לחדשנות, להעברת ידע ולמעמדה האסטרטגי של המדינה, אך היא אינה מבטיחה כשלעצמה כי בשעת חירום יעמדו השבבים המיוצרים בו לרשות ממשלת ישראל, מערכת הביטחון או התעשיות החיוניות.

חברת שבבים פרטית פועלת במסגרת מארג מורכב של התחייבויות. היא כפופה לחוזים ארוכי טווח עם לקוחות גלובליים, למגבלות רגולטוריות ולבקורות יצוא, להסכמים עם מדינת האם ולשיקולים עסקיים הנוגעים לרווחיות, מוניטין ורציפות אספקה. לכן, גם אם מפעל מתקדם יוקם בישראל, ייתכן שחלק ניכר מתפוקתו יהיה משועבד מראש ללקוחות מסחריים זרים, ולא ניתן יהיה להסיטו לצרכים ישראלים ללא בסיס משפטי, חוזי ומדיני ברור.

במילים אחרות, **מפעל בבעלות זרה הממוקם בישראל אינו שקול לריבונות על תפוקתו**. ללא מנגנונים חוזיים, רגולטוריים ובין-ממשלתיים, הוא עלול להמשיך לשרת בראש ובראשונה לקוחות גלובליים בהתאם להסכמים קיימים. משום

כך, כל מהלך להקמת יכולת ייצור בישראל צריך להיות מלווה מראש במעטפת שתבטיח לא רק את קיום המפעל, אלא גם את נגישותה של ישראל לתפוקה במצבי מחסור, משבר או עימות.

מנגנונים אפשריים להבטחת גישה:

1. **זכות קדימה חוזית בעת חירום** - ניתן לעגן בחוזים עם היצרן זכות קדימה למדינת ישראל, למערכת הביטחון או לתעשיות קריטיות במקרה שיבוש גלובלי, מחסור חריף או מצב חירום לאומי. זכות זו צריכה להיות מוגדרת מראש, לרבות התנאים להפעלתה, היקף התפוקה שיוקצה, מנגנון קביעת המחיר והיחס בינה לבין התחייבויות קיימות ללקוחות אחרים.

2. **הקצאה מוגדרת של כושר ייצור לצרכים לאומיים** - המדינה יכולה לדרוש כתנאי למענקים, הטבות מס, השקעה בתשתיות או ערבויות, כי אחוז מסוים מכושר הייצור יישמר לצרכים ישראליים. הקצאה כזו יכולה להיות קבועה או להיכנס לתוקף רק בעת חירום. היתרון הוא יצירת ודאות מראש; החיסרון הוא העלות הכלכלית של שמירת קיבולת שאינה מנוצלת באופן מלא בשגרה.

3. **Capacity Reservation** - במסגרת מנגנון זה, המדינה או תאגידים ישראליים משלמים מראש עבור שמירת קיבולת ייצור עתידית. התשלום אינו בהכרח עבור שבבים שכבר הוזמנו, אלא עבור הזכות להשתמש בכושר ייצור מוגדר בתקופה מסוימת. כך ניתן להבטיח זמינות גם כשהביקוש עולה על ההיצע. מנגנון זה מתאים במיוחד לשבבים קריטיים, שלגביהם זמן ההמתנה לייצור עלול להיות ארוך.

4. **הסכמי Offtake ארוכי טווח** - ישראל יכולה לקדם הסכמי רכש ארוכי טווח בין יצרניות שבבים לבין התעשיות הביטחוניות, חברות תשתית וגופים ממשלתיים. הסכמים אלה מעניקים ליצרן ודאות ביקוש וללקוח ודאות אספקה. ניתן לשלב בהם התחייבויות לכמויות מינימום, טווחי מחיר, התאמת מוצרים לצרכים ישראליים והמשך ייצור של רכיבים בעלי מחזור חיים ארוך.

5. **מלאי אסטרטגי של רכיבים קריטיים** - לא כל בעיית אספקה מחייבת יכולת ייצור מקומית. עבור רכיבים מסוימים ניתן להקים מלאי לאומי של שבבים, מצעים, זיכרונות, רכיבי תקשורת וחומרים משלימים. מלאי כזה צריך להתמקד ברכיבים שאין להם תחליף מהיר, שזמן האספקה שלהם ארוך והם חיוניים למערכות ביטחוניות, בריאות, אנרגיה, תחבורה ותקשורת. ניהול מחייב מנגנון מתמשך של ריענון, משום שחלק מהרכיבים מתיישנים במהירות.

6. **זכויות מדינה בתמורה לתמיכה ציבורית** - כאשר המדינה מעניקה סבסוד משמעותי, קרקע, תשתיות, הטבות מס או ערבויות, ניתן לשקול קבלת זכויות מיוחדות בתמורה. זכויות אלה עשויות לכלול מושב משקיף, זכות וטו מוגבלת בהחלטות הנוגעות לסגירת קווי ייצור, העברת פעילות, מכירת נכסים אסטרטגיים או שינוי ייעודו של המפעל. במקרים מסוימים ניתן לבחון מנגנון דמוי Golden Share, בכפוף לדין המקומי, למחויבויות בינלאומיות ולנכונות החברה והמדינה השותפה. **עם זאת, מנגנונים כאלה צריכים להיות מצומצמים ומדויקים. התערבות רחבה מדי בניהול החברה עלולה להרתיע משקיעים, לפגוע בתחרותיות המפעל ולייצר התנגשויות עם בעלי מניות ורגולטורים זרים.**

7. **הסכם בין-ממשלתי עם ארצות הברית** - בשל מרכזיותה של ארצות הברית בשרשרת הערך של השבבים, הסדר מסחרי בלבד עלול לא להספיק. ישראל יכולה לפעול להסכם בין-ממשלתי שיעניק לה מעמד של שותפה מועדפת

בשרשרת האספקה המערבית. הסכם כזה יכול לכלול קדימות בתוכניות ייצור משותפות, השתתפות במנגנוני הקצאה בעת משבר, גישה לקווי ייצור הנתמכים על ידי ממשלת ארצות הברית ושילוב ישראל בתכנון חירום של שרשראות אספקה. הסכם כזה עשוי להיות משמעותי במיוחד כאשר היצרן או המפעל כפופים לתנאים הנובעים מסבסוד אמריקאי, מבקרות יצוא או ממדיניות ביטחון לאומי. הוא עשוי גם לצמצם את הסיכון שהתחייבויות מסחריות פרטיות יגברו על הצרכים האסטרטגיים של ישראל.

8. הסדרת אספקה ביטחונית וסדרי עדיפויות מראש - יש להגדיר מראש אילו מערכות ורכיבים ייחשבו קריטיים בעת חירום, מי מוסמך להפעיל את מנגנון הקדימות ומהו סדר העדיפות בין מערכת הביטחון, תשתיות לאומיות, מערכת הבריאות והתעשייה האזרחית. ללא הסדרה כזו, גם כאשר קיימת תפוקה זמינה עלולים להיווצר עיכובים, מחלוקות וסרבול בירוקרטי, בדיוק כשנדרשת תגובה מהירה. במקביל, יש לבחון אילו רכיבים ניתן לייצר בקווי ייצור אזרחיים רגילים ואילו דורשים קווי ייצור מאובטחים, הפרדה פיזית, בקרת כוח אדם והגנה מוגברת על קניין רוחני.

9. ריבוי ספקים וגיוון גיאוגרפי - אחד העקרונות החשובים ביותר הוא הימנעות מהחלפת תלות אחת בתלות אחרת. גם מפעל מתקדם בישראל לא צריך להפוך למקור היחיד של המדינה. מדיניות גישה לשבבים צריכה להישען על מספר יצרנים, מספר מדינות, טכנולוגיות שונות וקווי ייצור חלופיים. ככל האפשר, יש לתכנן מראש אפשרות להעביר ייצור בין מפעלים ולהימנע מתכנון רכיבים התלויים בתהליך ייצור יחיד שאין לו חלופה. גיוון כזה עשוי לכלול ייצור בישראל לצד הסכמים עם מפעלים בארצות הברית, אירופה, יפן, טאיוואן וקוריאה הדרומית. הוא יכול לכלול גם תכנון של שבבים כך שניתן יהיה לייצרם ביותר מ-Fab אחד, גם במחיר פשרה מסוימת בביצועים.

מעבר מנוכחות תעשייתית לביטחון אספקה

השאלה האסטרטגית אינה רק האם יוקם בישראל מפעל, אלא **מהי זכותה של ישראל להשתמש בתפוקתו, באילו נסיבות, ובאיזה סדר עדיפויות.** לכן, המדינה צריכה לקשור כל תמיכה ציבורית בהסדרים מדידים וברורים: היקף הקיבולת הזמינה, משך ההתחייבות, מנגנון הפעלה בעת חירום, חובת דיווח, אופן יישוב מחלוקות והסנקציות במקרה של הפרה.

נוסף על כך, יש להבחין בין סוגים שונים של שבבים. ביחס לשבבים ביטחוניים, רכיבי תקשורת, חיישנים ורכיבים לתשתיות קריטיות, ייתכן שנדרשת שליטה ישירה יותר בקיבולת, במלאי או בתהליך הייצור. ביחס למאיצי AI בקצה הטכנולוגיה, ייתכן שהמענה היעיל יותר יהיה שילוב של הסכמי קיבולת, שותפות עם ארצות הברית וגיוון ספקים, ולא ניסיון להחזיק עצמאות מלאה.

לפיכך, ביטחון אספקה אינו נובע מעצם קיומו של מפעל בשטח ישראל, אלא משילוב בין **יכולת ייצור, זכויות חוזיות, שותפויות בין-ממשלתיות, מלאים אסטרטגיים וגיוון מקורות.** רק שילוב כזה יכול להבטיח כי השקעה תעשייתית רחבת היקף תהפוך גם נכס של חוסן לאומי ולא תישאר בעיקר פעילות מסחרית גלובלית הממוקמת בישראל.

האם מפעל ייצור מתקדם של TSMC בישראל הוא מהלך אסטרטגי בר-

מימוש?

על אף ההיגיון האסטרטגי הגובר בביזור שרשרת הערך של השבבים, יש להכיר בכך שהקמת מפעל ייצור מתקדם של TSMC בישראל אינה מהלך מובן מאליה. לאורך עשרות שנים נמנעה ממשלת טאיוואן באופן עקבי מהעברת יכולות הייצור המתקדמות ביותר מחוץ לאי, מתוך תפיסה שלפיה ריכוז תעשיית השבבים מהווה רכיב מרכזי בביטחונה הלאומי ובמעמדה האסטרטגי של טאיוואן בזירה הבינלאומית. גישה זו, שכונתה פעמים רבות "Silicon Shield", נשענה על הנחה כי תלותן של הכלכלות המובילות בעולם בשבבים המיוצרים בטאיוואן מגבירה את נכונותן להגן על האי במקרה עימות עם סין.

אלא שבשנים האחרונות חל שינוי משמעותי במדיניות זו. תחת לחץ אמריקאי ובמטרה לצמצם את הסיכון לריכוז ייצור השבבים במדינה אחת, החלה TSMC להקים מפעלי ייצור באריזונה, בקומאמוטו שביפן ובדרזדן שבגרמניה. אף שמפעלים אלו אינם מהווים תחליף מלא ליכולות הייצור בטאיוואן, עצם הקמתם מעידה כי גם טאיוואן עצמה מכירה בכך שהמציאות הגיאוגרפית מחייבת ביזור מסוים של יכולות הייצור, במיוחד כאשר מדובר במדינות בעלות ברית של ארצות הברית.

השאלה הרלוונטית, אם כן, אינה האם TSMC תעזוב את טאיוואן – תרחיש שאינו עומד כיום על הפרק – אלא האם תהליך הביזור יימשך גם בשנים הקרובות והאם ישראל עשויה להפוך לאחד היעדים האפשריים להרחבתו. בהקשר זה, ישראל מציעה שילוב ייחודי של יתרונות שקשה למצוא במדינות אחרות.

ראשית, ישראל היא אחת המדינות הבודדות שקיים בהן ריכוז כה גבוה של פעילות תכנון שבבים מתקדמים. עבור TSMC, הקרבה ללקוחותיה הגדולים ביותר אינה רק שיקול מסחרי אלא גם שיקול הנדסי. בעולם שבו מחזורי הפיתוח של שבבי AI מתקצרים, שיתוף פעולה רציף בין צוותי התכנון לבין קווי הייצור הופך לרכיב משמעותי בשיפור התפוקה, בקיצור זמני הפיתוח ובהפחתת עלויות. בהקשר זה, ריכוזם בישראל של מרכזי הפיתוח של NVIDIA לצד פעילות נרחבת של חברות נוספות, עשוי להפוך את הקרבה הגיאוגרפית עצמה לנכס כלכלי.

שנית, ישראל נהנית מאקוסיסטם החדשנות מהצפופים בעולם. בשונה ממדינות שבהן פעילות הפיתוח, המחקר, הייצור והמחשוב מפוזרת בין אזורים שונים, בישראל ניתן לקיים אינטראקציה יומיומית בין כלל השחקנים בשרשרת הערך – מהאקדמיה, דרך חברות התכנון, ועד למפעילי תשתיות AI. יתרון זה צפוי להתחזק ככל שמרכזי מחשוב עתיר ביצועים (Compute Clusters) יהפכו חלק בלתי נפרד מתהליך הפיתוח של שבבים מתקדמים ויחייבו אינטגרציה הדוקה בין הייצור לבין סביבת הפיתוח והבדיקות.

שלישית, הקמת מפעל כזה עשויה להשתלב במגמה רחבה יותר של חיזוק שיתוף הפעולה האזורי במסגרת 'הסכמי אברהם'. בשעה שמדינות המפרץ משקיעות משאבים חסרי תקדים בהקמת חוות שרתים, תשתיות אנרגיה ומרכזי AI, ישראל עשויה להציע את רכיב הייצור והפיתוח של שרשרת הערך. מודל כזה אינו מחייב שכל מרכיבי המערכת יהיו מרוכזים במדינה אחת, אלא הוא מבוסס על חלוקת עבודה בין שותפות אסטרטגיות, כאשר כל אחת מהן מתמחה בתחום שבו יתרונה היחסי הוא הגבוה ביותר.

עם זאת, אין להתעלם מן האתגרים. הקמת מפעל ייצור מתקדם בהיקף של שני ננומטר ואף פחות מכך מחייבת השקעות של עשרות מיליארדי דולרים, אספקת חשמל יציבה בהיקפים חריגים, תשתיות מים, כוח אדם ייעודי ומעטפת רגולטורית

תומכת לאורך שנים. נוסף על כך, הסביבה הביטחונית של ישראל תעמוד כמעט בוודאות במרכז כל דיון כזה. טילים, מתקפות סייבר ואיומים אזוריים יוצגו כטיעונים נגדיים משמעותיים מצד גורמים בינלאומיים.

אולם גם בהקשר זה נדרש מבט רחב יותר. ראשית, אף אחת מהחלופות הקיימות אינה חפה מסיכונים. טאיוואן ניצבת מול איום צבאי גובר מצד סין; יפן חשופה לרעידות אדמה ולמתיחות אזורית; באירופה קיים חשש מפני אי-יציבות גיאופוליטית מכיוון רוסיה (כשהתשתיות בה חסרות אסטרטגיית הגנה אפקטיבית) ואריזונה מתמודדת עם מגבלות מים ואנרגיה. שנית, ישראל מחזיקה באחת ממערכות ההגנה הרב-שכבתיות המתקדמות בעולם ובניסיון מצטבר רב בהגנה על תשתיות קריטיות. במציאות שאיומים על מתקני ייצור הופכים חלק בלתי נפרד מהסביבה האסטרטגית הגלובלית, השאלה איננה האם קיים איום, אלא באיזו מדינה קיימת היכולת הגבוהה ביותר להתמודד עמו ולהבטיח רציפות תפקודית גם בזמן משבר.

לפיכך, השאלה אינה האם ישראל יכולה להחליף את טאיוואן. היא אינה יכולה, וגם אינה צריכה. השאלה היא האם ישראל יכולה להפוך לאחד מעמודי התווך של רשת ייצור מבוצרת, אמינה ובטוחה, שתאפשר לארצות הברית ולשותפותיה לצמצם סיכונים, לחזק את שרשראות האספקה ולהבטיח כי עידן הבינה המלאכותית לא יהיה תלוי עוד באתר ייצור יחיד אחד.

מפעל שבבים לשותפות אסטרטגית: הזדמנות למדיניות ישראלית חדשה

אם אכן מתגבשת בעולם תפיסה חדשה שלפיה יתרון של מדינות ייקבע על-פי יכולתן להשתלב בשרשרת הערך של הבינה המלאכותית, הרי שהשאלה המרכזית עבור ישראל אינה האם ניתן לשכנע את TSMC להקים מפעל נוסף, אלא כיצד למצב את ישראל כשותפה אסטרטגית הכרחית בבניית שרשרת הערך של המערב. במילים אחרות, יש לראות במפעל ייצור שבבים מתקדם לא יעד בפני עצמו, אלא ביטוי למהלך רחב בהרבה של מיצוב ישראל כאחד מעמודי התווך של תשתית הבינה המלאכותית של ארצות הברית ובעלות בריתה.

בהקשר זה, Pax Silica עשויה להוות מסגרת מדינית מתאימה במיוחד. ככל שהיוזמה מתפתחת ממסגרת של שיתוף פעולה טכנולוגי למנגנון גיאו-כלכלי רחב יותר, מתחדדת ההבנה כי הצלחתה תלויה לא רק בהקמת מרכזי נתונים או בפריסת מאיצי AI אלא גם ביכולת להבטיח אספקה רציפה של הרכיב הבסיסי ביותר של המערכת – השבבים המתקדמים. במובן זה, שרשרת הערך של הבינה המלאכותית אינה מתחילה במרכז הנתונים, אלא במפעל הייצור.

המשמעות היא שמדינות Pax Silica אינן צריכות להיבחן בנפרד, אלא כמערכת משלימה. ארצות הברית מביאה את היתרון במחקר, בארכיטקטורות, בתכנון מערכות ובשוק ההון; ישראל מביאה את אחת מקהילות תכנון השבבים המתקדמות בעולם, את ההון האנושי ואת אקוסיסטם החדשנות; מדינות המפרץ מספקות יתרון יחסי באנרגיה, בקרקע ובפריסת תשתיות מחשוב בקנה מידה עצום; ומדינות נוספות תורמות מינרלים קריטיים, ייצור משלים או מיקום גיאוגרפי אסטרטגי. זוהי למעשה חלוקת עבודה חדשה, שבה כל אחת מן המדינות מחזקת את יתרונה היחסי, אך גם מייצרת חוסן קולקטיבי למערכת כולה.

וכך, ניתן לבחון מודל חדש של **AI Stack Alliance**, שבמסגרתו כל אחת מהשותפות תישא באחריות לרכיב אחר של שרשרת הערך. מודל כזה יאפשר לארצות הברית לצמצם את תלותה בריכוזי ייצור בודדים במזרח אסיה, לחזק את שרשראות האספקה של המערב ולהבטיח רציפות תפקודית גם בתרחשי קיצון. מבחינת ישראל, המשמעות היא מעבר מתפקיד של ספקית חדשנות לתפקיד של שותפה תעשייתית ואסטרטגית במערכת הבינה המלאכותית הגלובלית.

אחת ההשלכות המעשיות של תפיסה זו היא האפשרות לבחון מנגנונים חדשים של **Strategic Compute Reserve**. אם בעידן התעשייתי החזיקו מדינות במאגרים אסטרטגיים של נפט, הרי שבעידן הבינה המלאכותית עשויות מדינות להידרש גם ליכולת להבטיח גישה רציפה לשבבים מתקדמים ולכוח מחשוב. במסגרת הסדר כזה ניתן לשקול הקצאת חלק מתפוקת מפעלים אסטרטגיים או יצירת זכות קדימה לרכישת שבבים עבור ממשלות שותפות בעת חירום. מהלך כזה אינו מבטא הסתגרות או לאומנות טכנולוגית, אלא מנגנון של ביטחון אספקה, בדומה להסדרים הקיימים בתחומי האנרגיה, התרופות והביטחון.

מנקודת ראותה של ישראל, תפיסה זו עשויה להעניק גם ממד חדש ליחסים האסטרטגיים עם ארצות הברית. לאורך השנים נשענה הברית בין המדינות על שלושה נדבכים מרכזיים: ביטחון, חדשנות וערכים משותפים. בעשור הקרוב עשוי להתווסף נדבך רביעי – **תשתיות הבינה המלאכותית**. ככל שארצות הברית תראה ביכולת הייצור, המחשוב והפיתוח של ישראל חלק מן החוסן הטכנולוגי המערבי, כך יעמיק גם מקומה של ישראל במערכת האסטרטגית האמריקאית.

מבחינה זו, מפעל ייצור שבבים מתקדם אינו רק השקעה תעשייתית. הוא עשוי להפוך לנכס אסטרטגי, בעל השפעה על ביטחון לאומי, מדיניות חוץ, יחסי ארצות הברית-ישראל ומעמדה של ישראל בכלכלת הבינה המלאכותית העולמית. דווקא משום כך, יש לראות בו חלק מדיון רחב בהרבה על תפקידה של ישראל בעיצוב הארכיטקטורה הטכנולוגית של המערב בעשורים הקרובים.

משמעויות אסטרטגיות של הקמת מפעל ייצור מתקדם בישראל

לצד הפוטנציאל האסטרטגי הגלום בהקמת מפעל ייצור שבבים מתקדם בישראל, מהלך כזה כרוך גם בעלויות, באילוצים ובסיכונים המחייבים בחינה מערכתית. מבחינה כלכלית, מדובר בהשקעה ציבורית משמעותית, שיש לבחון אל מול חלופות כגון השקעה בהון אנושי, בתשתיות מחשוב, באריזה מתקדמת או בתחומים אחרים שבהם לישראל יתרון יחסי. נוסף על כך, יש להביא בחשבון את מספר המשרות הישירות שיווצרו, את קצב ההתיישנות המהיר של טכנולוגיות הייצור ואת התלות בביקוש הגלובלי ובלקוחות עוגן.

גם במישור התשתיתי קיימים אתגרים משמעותיים, ובהם צריכת חשמל רציפה בהיקפים גדולים, אספקת מים באיכות גבוהה, הקמת תשתיות הולכה, טיפול בחומרים מסוכנים ותלות בצידוד ובחומרי גלם שמקורם מחוץ לישראל.

במישור האסטרטגי, מפעל מתקדם עשוי לחזק את מעמדה של ישראל כשותפה מרכזית של ארצות הברית בשרשרת הערך של הבינה המלאכותית, אך גם להפוך אותה לנכס אסטרטגי בעל חשיבות גוברת – ובהתאם, ליעד מועדף ללחצים מדיניים ולפגיעה בעתות משבר. כן יש להביא בחשבון את השלכות המהלך על יחסי ישראל עם ארצות הברית, טאיוואן ושותפות נוספות בשרשרת האספקה.

לבסוף, להקמת מפעל מסוג זה יש גם השלכות ביטחוניות משמעותיות. מעבר לצורך בהגנה פיזית, אווירית וקיברנטית על תשתית קריטית, יש לתת מענה לסיכונים הנובעים מריכוז יכולת אסטרטגית באתר אחד, להבטיח רציפות תפקודית בזמן חירום ולחזק את אבטחת שרשרת האספקה מפני חדירה, ריגול וחבלה. ניסיונה רב השנים של ישראל בהגנה על תשתיות לאומיות מלמד כי ניתן לצמצם חלק ניכר מהסיכונים באמצעות תכנון מתאים. בין היתר, ניתן לאמץ מודל של פיזור יכולות

בין מספר אתרים, להקים מערכות גיבוי לחשמל ולמים, להקשיח רכיבים קריטיים, להבטיח צוותי ליבה בעלי זמינות גבוהה, לקיים מלאי אסטרטגי של חלפים וחומרים, ולשלב אתר התאוששות במדינה שותפה כחלק ממערך הייצור. לצד זאת, ראוי לעגן מנגנוני ביטוח, ערבויות מדינה ותרגילי רציפות תפקודית משותפים עם היצרן, במטרה להבטיח עמידות תפעולית גם בתרחישי חירום. לפיכך, האילוץ הביטחוני אינו מהווה בהכרח חסם מוחלט להקמת מפעל ייצור מתקדם בישראל, אך הוא מחייב תכנון מוקדם, השקעה במנגנוני חוסן וניהול סיכונים כחלק בלתי נפרד מההיתכנות הכלכלית והאסטרטגית של המהלך.

בחינת מכלול ההיבטים הללו חיונית לצורך קבלת החלטה מושכלת באשר למקומה של ישראל בשרשרת הערך העולמית של המוליכים למחצה.

ישראל – המלצות מדיניות

ההתפתחויות האחרונות בשוק השבבים ובמערכת הבינלאומית מחייבות את ישראל להרחיב את תפיסתה אשר למקומה בכלכלת הבינה המלאכותית. במשך שנים נתפסה ישראל כמעצמת חדשנות, מחקר ופיתוח, אולם בעידן שתשתיות הבינה המלאכותית הופכות נכס אסטרטגי, יתרון זה לבדו אינו מספיק עוד. מדינות שיצליחו לשלב בין מחקר, תכנון, ייצור, מחשוב ותשתיות אנרגיה יהיו אלו שיהנו מהשפעה אסטרטגית רחבה יותר, ומעמדה של ישראל ייקבע במידה רבה על פי יכולתה להשתלב בשרשרת הערך המלאה של הבינה המלאכותית.

על רקע זה מוצעות ההמלצות הבאות:

1. להגדיר את ייצור השבבים המתקדמים כיעד אסטרטגי לאומי

עד כה התמקדה מדיניות החדשנות של ישראל בעיקר בעידוד מחקר, פיתוח והון אנושי. בעשור הקרוב יש להרחיב תפיסה זו כך שתכלול גם את רכיב הייצור המתקדם כחלק מתשתיות הביטחון הכלכלי והטכנולוגי של המדינה. בדומה לתשתיות אנרגיה, מים ותקשורת, גם יכולות ייצור שבבים מתקדמים צריכות להיתפס כנכס אסטרטגי בעל השלכות על החוסן הלאומי.

2. לקדם שותפות אסטרטגית ישראל-ארצות הברית בתחום ייצור השבבים

ישראל צריכה להציע לממשל האמריקאי מסגרת ייעודית לשיתוף פעולה בתחום ייצור השבבים המתקדמים, כחלק מהרחבת שיתוף הפעולה האסטרטגי בין המדינות בעידן הבינה המלאכותית. שותפות זו יכולה להשתלב במזכר ההבנות הביטחוני הבא בין ישראל לארצות הברית ולהרחיב את שיתוף הפעולה מעבר לממד הביטחוני המסורתי גם לתשתיות AI, מחשוב ושבבים.

3. לשלב את תחום השבבים במסגרת Pax Silica

אם Pax Silica מבקשת לבנות מערכת אקולוגית של תשתיות AI אמינות, עליה להרחיב את הדיון מעבר למרכזי נתונים ולכוח מחשוב. ישראל יכולה להציע להוסיף ליוזמה נדבך של **ייצור שבבים מתקדם** כך שהשותפות תעסוק בכלל שרשרת הערך של הבינה המלאכותית – החל ממינרלים קריטיים, דרך ייצור שבבים ותשתיות מחשוב, ועד להפעלת מודלים בקנה מידה עולמי.

4. לבחון הקמת Strategic Compute Reserve משותף

ישראל וארצות הברית צריכות לבחון מודל חדש של עתודה אסטרטגית לשבבים מתקדמים וליכולות מחשוב, אשר יבטיח זמינות של רכיבים קריטיים בעתות משבר. בדומה למאגרי הנפט האסטרטגיים, ניתן לבחון הסדרים שיבטיחו הקצאת חלק מיכולת הייצור או זכות קדימה לרכישת שבבים עבור שותפות אסטרטגיות במקרה של שיבושים גלובליים.

5. ליצור חבילת תמריצים ייעודית לייצור שבבים מתקדם

הקמת מפעל ייצור מתקדם מחייבת השקעות חסרות תקדים ותחרות מול מדינות המציעות תמריצים משמעותיים. על ישראל לגבש חבילת מדיניות הכוללת הטבות מס, האצת הליכי תכנון ורישוי, השקעות בתשתיות אנרגיה ומים, הכשרת כוח אדם והסרת חסמים רגולטוריים, במטרה להפוך את ישראל ליעד תחרותי עבור השקעות מסוג זה.

6. לחזק את ההון האנושי בתחום המוליכים למחצה

יתרונה של ישראל בתחום השבבים נשען בראש ובראשונה על ההון האנושי שלה. לצד הרחבת תוכניות ההכשרה בתחום הבינה המלאכותית, יש לגבש תוכנית לאומית להגדלת מספר המהנדסים, החוקרים והטכנאים בתחום המוליכים למחצה, תוך שיתוף פעולה עם האקדמיה, התעשייה ורשות החדשנות.

7. לקדם שיתוף פעולה אזורי במסגרת 'הסכמי אברהם'

במקום לראות את מדינות האזור כמתחרות, יש לבחון מודל של חלוקת עבודה אזורית: ישראל תוביל את תחומי תכנון השבבים והייצור המתקדם, בעוד שמדינות המפרץ יתרמו את יתרון בתחום האנרגיה, הקרקע ותשתיות המחשוב. מודל כזה עשוי להפוך את המזרח התיכון לאחד ממוקדי ה-AI החשובים בעולם, תוך חיזוק הקשרים האסטרטגיים בין המדינות.

סיכום

העשור הקרוב צפוי לעצב מחדש את מפת הכוח הטכנולוגית של העולם. אם בעבר נמדדה עוצמתן של מדינות על פי שליטתן במשאבי טבע, בתעשייה או באנרגיה, הרי שבעידן הבינה המלאכותית היא תימדד גם על פי מקומן בשרשרת הערך של ה-AI. שבבים מתקדמים, כוח מחשוב ותשתיות ענן אינם עוד מוצרים מסחריים בלבד; הם הופכים בהדרגה לנכסים גיאואסטרטגיים, המשפיעים על ביטחון לאומי, על צמיחה כלכלית ועל חופש הפעולה המדיני של מדינות.

במציאות זו, ישראל ניצבת בפני הזדמנות נדירה. השילוב בין הון אנושי יוצא דופן, אקוסיסטם מוביל לתכנון שבבים, מרכזי הפיתוח של חברות הטכנולוגיה המובילות בעולם, תשתיות AI מתקדמות והשותפות האסטרטגית ההדוקה עם ארצות הברית מציב אותה בעמדה ייחודית להשתלב בשלב הבא של מהפכת הבינה המלאכותית – לא רק כמעצמת חדשנות, אלא גם כמעצמת תשתיות.

הקמת מפעל ייצור מתקדם של בישראל אינה צריכה להיתפס כמטרה בפני עצמה ואף לא כפרויקט תעשייתי נקודתי. יש לראות בה מרכיב אפשרי במהלך רחב יותר, שבמסגרתו ישראל תהפוך לאחד הצמתים המרכזיים של שרשרת הערך

הגלובלית של הבינה המלאכותית. אם ארצות הברית אכן מבקשת לבנות באמצעות Pax Silica מערכת מבוזרת, עמידה ואמינה של שותפות טכנולוגיות, הרי שישראל עשויה להיות אחד הרכיבים החשובים ביותר באותה מערכת. האתגר העומד בפני מקבלי ההחלטות בישראל הוא אפוא רחב בהרבה מן השאלה האם ניתן למשוך מפעל כזה או אחר. השאלה האמיתית היא האם ישראל מבקשת להסתפק בתפקידה המסורתי כ"אומת הסטארט-אפ", או לנצל את חלון ההזדמנויות שנפתח