



מגמות טכנולוגיות

טכנולוגיה יוצרות את ההפרעות וההזדמנויות הגדולות ביותר עבור האנושות, היא נמצאת בבסיס כל שינוי מהותי וממלאת תפקיד עוצמתי בהנעת מגמות ה"על" המשפיעות ביותר על כל תחום בחיים. רפואה, חקלאות, מזון, פיננסים וערים משנים לחלוטין את פניהם, כאשר הם פוגשים טכנולוגיה. עובדה זו מקשה מאוד להגדיר מתי מגמה הינה טכנולוגית ומתי חברתית, כלכלית, סביבתית או פוליטית והחלוקה במסמך זה נעשתה לעיתים באופן שרירותי.

טכנולוגיה בהגדרתה המקובלת היא "פעילות אנושית המשנה את הסביבה הטבעית כדי להתאימה לצרכים האנושיים, תוך שימוש במידע וידע, ומגוון מקורות טבעיים (חומרים, אנרגיה) ותרבותיים (כסף, יחסים חברתיים וכד')".

טכנולוגיות מתעוררות או מתפתחות² (emerging technologies) המונח מתאר לרוב טכנולוגיות חדשות או התפתחויות של טכנולוגיה קיימת, אשר לא הגיעו לכלל מימוש, צפויות להיות זמינות בחמש עד עשר השנים הבאות והינן בעלות פוטנציאל ליצור השפעות חברתיות או כלכליות משמעותיות. הן באות לידי ביטוי באופן שונה בתחומים שונים, כגון מדיה, עסקים, מדע או חינוך³. טכנולוגיות דיגיטליות מתפתחות שבשלו יצרו הזדמנויות חדשות אך גם אתגרים משפטיים חדשים, הדורשים הגנות מתאימות לציבור ולבעלי עניין, בכל הקשור לזכויות יוצרים, שעתוק והפצה סימני מסחר, פטנטים, תמלוגים ורישוי.

חברת הייעוץ גרטנר, מציעה באיור 1, את ה - **Hype Cycle** ('מחזור ההפרזה' או 'עקומת ההתלהמות')⁴, תצוגה גרפית, שפותחה על ידה (ושייכת לה), המציגה את רמת הבשלות ודרגת האימוץ של טכנולוגיות שונות, באופן חזותי דרך חמישה שלבים: העוררות הטכנולוגית, פסגת הציפיות, התפכחות, טיפוס אל ההארה ואימוץ המוני. הכלי מהווה מדד לידע וכלי לניהול סיכונים הכרוכים באימוץ או בהשקעה בטכנולוגיות השונות. הביקורות טוענות שלמעשה, זהו אינו מחזור, אימוץ

¹de Vries, M. J. (1996). *Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Dordrecht: Springer.

² <https://www.winston.com/en/legal-glossary/emerging-technology.html>

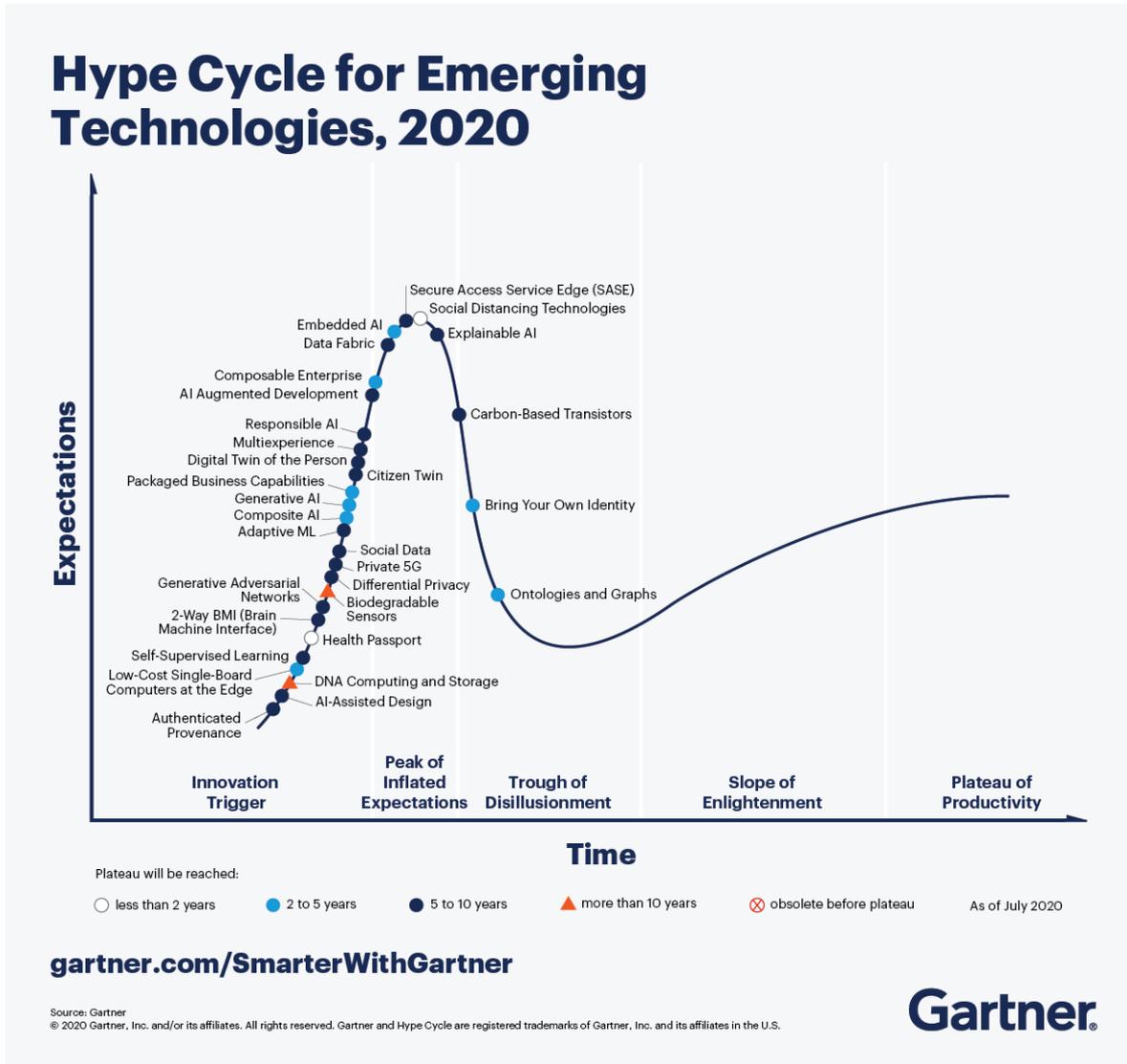
³ <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-08-18-gartner-identifies-five-emerging-trends-that-will-drive-technology-innovation-for-the-next-decade>

⁴

https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%94%D7%99%D7%99%D7%A4_%D7%A1%D7%99%D7%99%D7%A7%D7%9C



הטכנולוגיה אינו תלוי בטכנולוגיה עצמה, העקומה אינה משקפת את השינויים לאורך זמן במהירות שבה הטכנולוגיה מתפתחת וניתנת עדיפות לשיקולים כלכליים הפוגעים בתהליכי קבלת החלטות. לפי גרטנר⁵, טכנולוגיות מתפתחות הנמצאות לפתחנו, שעדיין לא בשלו הן: ביומטריה, תאומים דיגיטליים (הרחבה בהמשך) העצמה אנושית, ביוסנסינג (מדידת פעילות פיזיולוגית או גילוי אורגניזמים⁶), בושם דיגיטלי ועוד (ברישום בהמשך).



איור 6 - ה - Hype Cycle (מחזור ההפרזה' או 'עקומת ההתלהמות'), תצוגה גרפית, של גרטנר, המציגה את רמת הבשלות ודרגת האימוץ של טכנולוגיות שונות

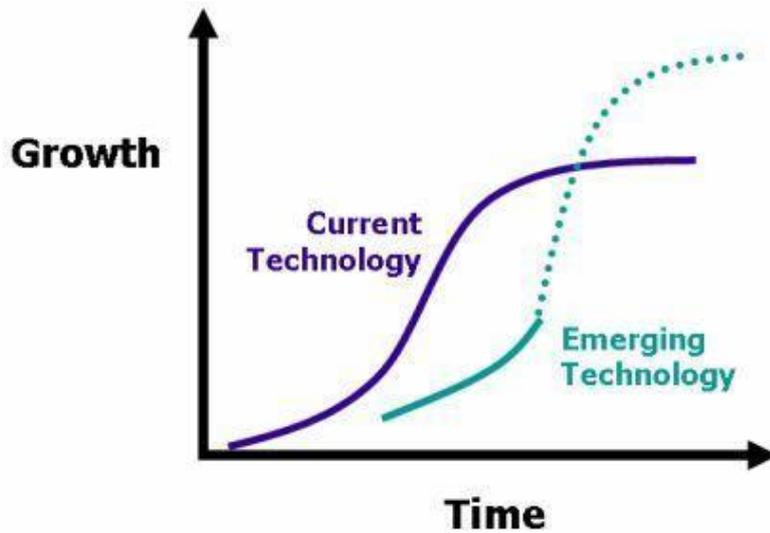
⁵ <https://www.gartner.com.au/en/articles/5-trends-drive-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2020>

⁶ <https://www.lexico.com/definition/biosensing>



טכנולוגיות מתעוררות הן מטבען משבשות ולרוב מפריעות, במיוחד כאשר היתרון התחרותי שהן מספקות עדיין לא ידוע או מוכח בשוק. לרוב לוקח חמש עד עשר שנים עד הגיען לבשלות וזימון הזדמנויות מרחיקות לכת. לדוגמא, דרכוני בריאות וטכנולוגיות הרחקה חברתית, הקשורים למגפת הקורונה מתפתחים עקב הנסיבות במהירות רבה. טכנולוגיות אלו זכו לתשומת לב יוצאת דופן בתקשורת, בעיקר בשל הדיסוננס, שנגזר מהחשש לפגיעה בפרטיות שהתעורר כתגובה למעקבים שנדרשו לשם שמירה על בריאות הציבור.

תרשים חדשנות טכנולוגית (באיור 2 בהמשך⁷), מדגים את דפוס החדשנות לאורך זמן. קיימים מסלולים חופפים של טכנולוגיות מתפתחות. מוצר אחד עשוי לשלוט בשוק ולצמוח בקצב גבוה, שעה שהמוצר הבא ("המתהווה") יתחיל נמוך,



אך בתורו יגדל וישלוט בשוק עוד יותר מקודמו, מכיוון שהטכנולוגיה והייצור משוכללים ומשופרים. טכנולוגיה משבשת מציעה חידוש המשנה באופן משמעותי את אופן פעולתם של צרכנים, תעשיות או עסקים. היא "גורסת" מערכות או הרגלים מכיוון שהיא מציעה תכונות עדיפות. קלייטון כריסטנסן טבע את המונח בספרו "דילמת הממציא"⁸ (1997), ומאז הפך זה למונח מפתח בעסקי הזנק ויזמות. זאת מאחר ואפילו חברות בעלות משאבים מוגבלים יכולות לכוון לשיבוש טכנולוגי על ידי המצאת דרך חדשה לגמרי לבצע משהו. טכנולוגיות משבשות כוללות: שירותי תעופה ב - Low Cost , AIRBNB, מסחר אלקטרוני, אתרי חדשות מקוונים, אפליקציות לשיתוף נסיעה ומערכות GPS ואף

⁷ <https://courses.lumenlearning.com/boundless-management/chapter/technology-and-innovation/>

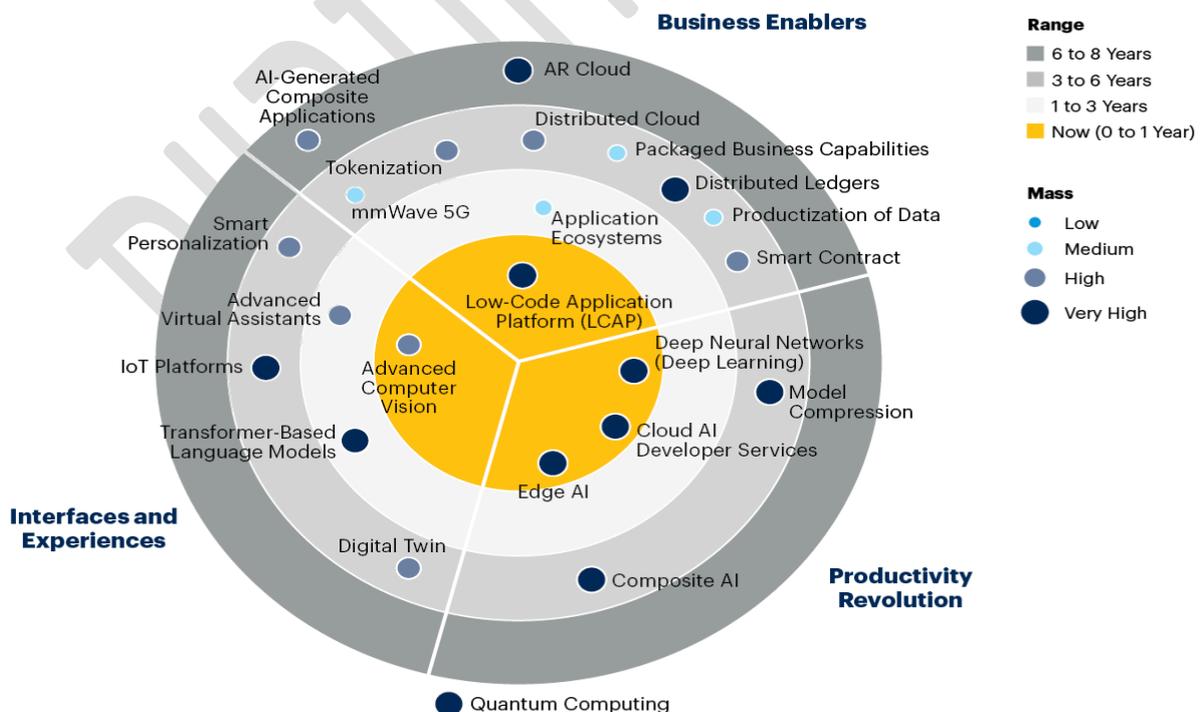
⁸ Christensen, Clayton M. (15 December 2015). "The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail". Harvard Business Review Press.



למידה מקוונת. בזמנם, שירותי הרכב, שירותי החשמל והטלוויזיה ואף האיפון היו טכנולוגיות משבשות.

תכונות המפתח של טכנולוגיות משבשות הן: "גריסה" מהירה של תהליך, מוצר או הרגל ישנים יותר; הצעת תכונות מעולות המזוהות על ידי "מאמצים מוקדמים"; ומפתחים זמישים ורעבים ולא חברות מבוססות. חברות חדשות וצעירות נוטות לחפש טכנולוגיות משבשות, ועסקים משבשים מתמקדים לרוב בפלחי שוק של לקוחות שלא ניתן להן מענה. הן מפגינות גמישות והסתגלות מהירה לאיומים חדשים מה שמאפשר ל"שיבוש" להתרחב, להתפשט, להתמקם ולכלול פלחי שוק נוספים. בה בשעה, שחברות מבוססות נוטות להתמקד במה שהן עושות הכי טוב ולחפש שיפורים מצטברים ולא שינויים מהפכניים. קשה עד בלתי אפשרי להתכונן לטכנולוגיות משבשות מכיוון שהן עשויות להופיע לפתע פתאום, יש מאין. "חדשנים" באופיים (על פי מודל מחזור אימוץ הטכנולוגיה של רוג'רס⁹), שאינם חוששים ליטול סיכונים ומכירים בפוטנציאל הטכנולוגי המשבש בפעילותם, נוטים לשלב "שיבוש" בתהליכיהם העסקיים כדי לפרוץ לשווקים חדשים. חברות שונאות סיכונים יעשו שימוש בחידוש רק לאחר שיראו כיצד הוא מתפקד עבור אחרים. וחברות שלא מצליחות להכיר בהשפעות הטכנולוגיה המשבשת, נמצאות בסיכון, מאחר והן עלולות למצוא עצמן מאבדות נתחי שוק למתחרותיהן או לקרוס.

Emerging Technologies and Trends Impact Radar



Source: Gartner
730556_C

איור 8 - טכנולוגיות מתעוררות ומגמות משפיעות מתוך ראדאר הטכנולוגיות 2021'

⁹ <https://courses.lumenlearning.com/boundless-management/chapter/technology-and-innovation/>



לפי חברת גרטנר אלו הן הטכנולוגיות המתעוררות העומדות בבסיסן של מגמות העל המשתנות אשר יניעו חדשנות טכנולוגית בעשור הבא, הן¹⁰ אני דיגיטלי, ארכיטקטורות מורכבות, בינה מלאכותית מעצבת, אמון אלגוריתמי ומעבר לסיליקון .

אני דיגיטלי – תאומים דיגיטליים, טכנולוגיות צפייה וחיבוריות האדם עם העולם הדיגיטלי יוצאים אל מעבר למסכים ולמקלדות ומשלבים אינטראקציות באמצעות קול, ראייה, מחווה, ואפילו מוח. התאום הדיגיטלי¹¹, הוא מכשיר וירטואלי המכיל את המצב והמידע של המכשיר הפיזי אליו הוא מחובר. הוא מספק נתונים רלבנטיים מותאמים ותובנות לכל בעל תפקיד במועד ובפורמט הדרוש לו ומאפשר נקיטת פעולה. יתרונותיו: איכות משופרת, גילוי תקלות מוקדם יותר ומשוב טוב יותר על השימוש במוצר. תאומים דיגיטליים הולכים יד ביד עם יישום האינטרנט של הדברים (IoT). תאום דיגיטלי אנושי, מתייחס לשכפול האדם בעולם דיגיטלי, ללא ייצוג פיזי פרטני, אלא באמצעות מה שמכונה התאום האזרח¹². הכוונה לייצוגים דיגיטליים של ישותו הפיזית של האדם בעולם האמיתי, כמו לדוגמה, דרכוני התג הירוק בזמן הקורונה, שהם בפועל קוד QR אשר אפשרו לאזרח לעשות קניות, לנסוע בתחבורה ציבורית ואפילו להיכנס לבניין שלו. טכנולוגיות צפייה כוללות טכנולוגיות לריחוק חברתי, דרכוני בריאות, תאום דיגיטלי של האדם ותאום אזרח, פרטיות דיפרנציאלית ומגוון התנסויות של ממשק מוח-מכונה (BMI) דו-כיווני. ניתן לפקח על כל מה שקשור לאדם באמצעות הייצוג הדיגיטלי שלו ויישומי הרחקה חברתית ואיתור קשרים הם חלק ממגמה זו. הבעלות על נתוני תאומים דיגיטליים היא שאלה לא פשוטה שאינה מוסדרת, בין אם המידע מגיע ממכונה או מאדם.

ארכיטקטורות מורכבות – פתרונות המורכבים מיכולות עסקיות ארוזות הבנויות על גבי מארג נתונים גמיש וכולל בינה מבוזרת, חוצת מכשירי ומשתמשי קצה. החיבוריות בין מגוון היוזמות מכוונת לתת מענה הולם ומהיר לצרכים עסקיים המשתנים במהירות. בינה מלאכותית מעצבת – מערך מתפתח של בינה מלאכותית וטכנולוגיות נלוות המשתנים באופן דינמי כדי להגיב לשונות במצב. חלק מהטכנולוגיות הללו משמשות מפתחי אפליקציות ומעצבי חווית משתמש לשם יצירת פתרונות חדשים. אחרות מאפשרות פיתוח מודלים דינמיים ומסתגלים לאורך זמן. והמתקדמים יוצרים מודלים חדשים לגמרי הממוקדים בפתרון בעיות ייעודיות. אמון אלגוריתמי – מודלים שיבטיחו פרטיות ואבטחת

¹⁰ <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-08-18-gartner-identifies-five-emerging-trends-that-will-drive-technology-innovation-for-the-next-decade>

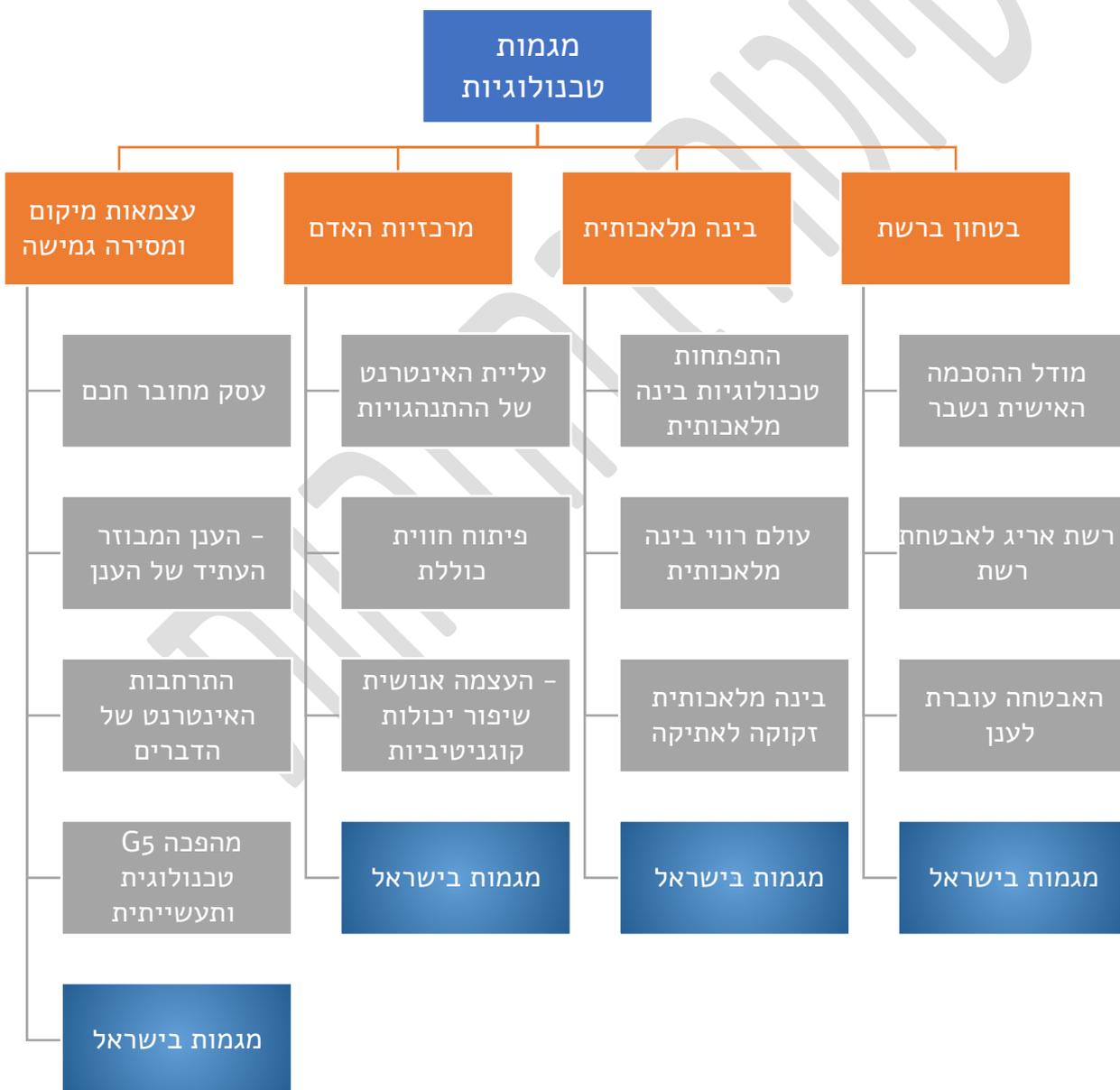
¹¹ <https://cordis.europa.eu/article/id/422248-digital-twins-making-citizens-part-of-the-action>

¹² <https://www.techrepublic.com/article/5-emerging-tech-terms-you-should-know-from-gartners-25th-hype-cycle-report/>



נתונים בכל הקשור למקור נכסים וזהותם של אנשים ודברים ויסייעו להבטיח שארגונים לא יהיו חשופים לסיכון ולעלויות של אובדן אמון הלקוחות, העובדים והשותפים שלהם. ולבסוף, מעבר לסיליקון - במשך יותר מארבעה עשורים חוק מור (מספר הטרינזיסטורים במעגל משולב צפוף מכפיל את עצמו כל שנתיים) הוביל את תעשיית טכנולוגיית המידע. ככל שהטכנולוגיה מתקרבת לגבולות היכולות הפיזיות של הסיליקון, חומרים מתקדמים חדשים יוצרים הזדמנויות פורצות דרך לפיתוח טכנולוגיות מהירות וזעירות יותר, כמו: מחשוב DNA, חיישנים מתכלים וטרנזיסטורים מבוססי פחמן.

מגמות בעולם





המגמות מתחלקות לחמש קטגוריות: עצמאות מיקום ומסירה גמישה, מרכזיות בני אנוש, בינה מלאכותית ובטחון ברשת. מגמות הטכנולוגיה האסטרטגיות הללו אינן פועלות עצמאית זו מזו, אלא בונות ומחזקות זו את זו ויחד מאפשרות פלסטיות שתסייע להתפתחות העולמית בחמש עד עשר השנים הבאות.

קטגוריה - עצמאות מיקום ומסירה גמישה

מאפייני הקטגוריה: טכנולוגית, גלובלית, בצמיחה; אימפקט - גבוה

עצמאות מיקום¹³ (Location independence): הקורונה שינתה את המקומות המסורתיים הפיסיים בהם עובדים ומתקשרים: עובדים, לקוחות, ספקים ומערכות אקולוגיות ארגוניות. עצמאות מיקום מחייבת שינויים טכנולוגיים כדי לתמוך בגרסה חדשה זו של העסק/הארגון. מסירה עמידה¹⁴ (Resilient delivery): במגיפה או במיתון, מתייחסת לתנודתיות הקיימת בעולם. ארגונים המוכנים להתגמש ולהסתגל ייהנו מההזדמנויות של השיבושים ויימנעו מהאתגרים המתלווים להם.

מגמות עולמיות

עסק מחובר חכם Intelligent composable business

הוא עסק שיכול להתאים ולארגן את עצמו כל פעם מחדש, על בסיס המצב הקיים. ארגונים נדרשים להניע טרנספורמציה דיגיטלית מהירה יותר. הם צריכים להיות זריזים ולקבל החלטות עסקיות מושכלות ומהירות על סמך הנתונים הקיימים כדי לשרוד בסביבה המשתנה במהירות. כדי לעשות זאת בהצלחה, על הארגונים לאפשר גישה טובה יותר למידע, לשבץ את המידע באופן שיאפשר תובנות טובות יותר ולהיות מסוגלים להגיב במהירות בהתאם להשלכות של התובנות, ולבסוף לאפשר אוטונומיה ודמוקרטיזציה ברחבי הארגון ולאמץ מודלים מתקדמים להפעלת הארגון. כל אלו יאפשרו לעסקים להגיב במהירות ולהימנע מתהליכים לא יעילים. לדוגמה, המודל "דיגיטלי ראשון, מרוחק ראשון" digital first, remote first הוא מודל הפעלה שהקורונה האיצה. המודל מאפשר גישה לעסקים מכל מקום ובכל מקום, ולפיו לקוחות, מעסיקים ושותפים עסקיים פועלים בסביבות מרוחקות

¹³ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021/>

¹⁴ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021/>



פיזית. המודל מייצג אסטרטגיה ארגונית ההופכת את העבודה מרחוק לאופציה העיקרית עבור רוב העובדים או כולם. משמעה שמעט אנשים (אם בכלל) נדרשים באופן קבוע לבצע את עבודתם ממשרד מרכזי, ויכולים לעבוד ממיקום אחר, כמו משרד ביתי או חלל עבודה משותף. זו אמנם לא גישה חדשה לגמרי, אך מגפת הקורונה האיצה את התופעה בקרב חברות רבות שנאלצו להתאים במהירות את הפעילות העסקית שלהן למציאות הבעייתית. למרות שברור שהדיגיטל צריך להיות ברירת המחדל בכל עת, אין הדבר אומר שלחלל הפיזי אין מקום, אך יש לשפר אותו דיגיטלית. לדוגמא, תהליך רכישה ללא מגע, ללא קשר אם הקנייה נעשתה באופן פיסי או מקוון.

הענן המבוזר – העתיד של הענן (Distributed cloud)

מחשוב ענן או עננים (Cloud computing) הוא מודל המאפשר גישה נוחה, על גבי רשת תקשורת ועל פי דרישה, למאגר שיתופי של משאבי מחשב, קרי, כוח חישוב (Compute), אחסון (Storage) וקישוריות (Networking). הקצאת המשאבים למשתמשים ושחרורם נעשים באופן פשוט ומהיר ללא מאמץ ניהולי ותוך ממשק מינימלי עם ספק השירות, לרוב באמצעות ריכוז המשאבים בחוות שרתים המקושרת לרשת תקשורת והקצאתם למשתמשים באופן וירטואלי. השירות למשתמשים יכול להינתן באמצעות ענן מקומי הנמצא ברשת הארגונית, או באופן מרוחק במרכז מחשבים חיצוני שהגישה אליו נעשית דרך רשת האינטרנט. הדבר מאפשר להימנע מרכישת ציוד ותוכנות תשתית ומהצורך לנהל אותן לצד שליטה וויסות של עוצמת המחשוב הנדרשת, כך שבעתות עומס ניתן לשכור כוח מחשוב גבוה יותר ובעתות רגיעה להקטין את ההוצאה.

כיום שירותי ענן לכשעצמם הינם עניין שבשגרה והענן המבוזר הוא העתיד של הענן. ענן מבוזר הוא המקום שבו שירותי ענן מופצים למיקומים פיזיים שונים, אך התפעול, הממשל והאבולוציה נותרים באחריות ספק הענן הציבורי. הדבר מאפשר לארגונים ליהנות משירותי ענן ציבורי בלא הצורך לנהל ענן פרטי משלהם, מה שיכול להיות יקר ומורכב. ומאידך הוא מאפשר קבלת שירותים בקרבה פיזית לארגון, מה שמסייע בתרחישים עם זמן אחזור נמוך, מפחית עלויות נתונים ועונה להיבט החוקי במצבים בהם נתונים חייבים להישאר באזור גיאוגרפי מסוים.

התרחבות האינטרנט של הדברים (Internet of Things))

קווין אשטון טבע את הביטוי 'האינטרנט של הדברים' בשנת 1999, אך לקח לפחות עשור נוסף עד שהטכנולוגיה השיגה את החזון. ההתקדמות הייתה איטית מאחר לאור מגבלות הטכנולוגיה. הוזלת



שבבי מחשב וצמיחת היקף הרשתות האלחוטיות אפשרו למיליארדי מכשירים פיזיים ברחבי העולם המחוברים כעת לאינטרנט¹⁵, לאסוף ולשתף נתונים. מציאות זו הופכת משהו קטן כמו כדור ומשהו גדול כמו מטוס, לחלק מהאינטרנט של הדברים, וחיבור כל האובייקטים והוספת חיישנים אליהם מוסיפים רמה של אינטליגנציה דיגיטלית למכשירים ומאפשרים להם להעביר נתונים בזמן אמת ללא התערבות אדם.

כמעט כל אובייקט פיזי יכול להפוך למכשיר המוגדר תחת אינטרנט של הדברים, אם ניתן לחבר אותו לאינטרנט כדי לשלוט בו או להעביר בו מידע. נורה שניתן להדליק באמצעות הטלפון החכם, חיישן תנועה, תרמוסטט חכם או פנס רחוב מחובר הם אינטרנט של הדברים. עצמים גדולים יותר עשויים להתמלא ברכיבי אינטרנט של הדברים, כמו מנוע סילון מלא כעת אלפי חיישנים האוספים ומשדרים נתונים כדי לוודא שהוא פועל ביעילות. ופרויקטים של ערים חכמות הממלאים אזורים שלמים עם חיישנים שיעזרו לנו להבין ולשלוט בסביבה. האינטרנט של הדברים הופך את מרקם העולם סביבנו לחכם יותר ומגיב יותר, וממזג את היקומים הדיגיטליים והפיזיים.

5G – מהפכה טכנולוגית ותעשייתית¹⁶

הדור החמישי האלחוטי (5 Gen) הוא האיטרציה האחרונה של טכנולוגיית הסלולר, הוא צפוי לתת מענה לשימוש הגובר ברשת (תעבורת נתונים ומידע באינטרנט) באמצעות חיבור אלחוטי. הדבר יאפשר שירותי תקשורת טובים, אמינים ואיכותיים משמעותית מאלה הקיימים כיום, לרבות מהירות גבוהה יותר, זמן המתנה (Latency) נמוך מאוד וחיבור סימולטני של מכשירים רבים לרשת. כל אלו יתרמו לזמינות מוגברת, יעצימו חוויות משתמש ויחברו בין תעשיות חדשות.

אך מעבר לנוחות ומהירות הגלישה, טכנולוגיית 5G המקשרת בין חומרה לתשתיות תקשורת, אינה רק קפיצה טכנולוגית, אלא מקדמת מהפכה תעשייתית וטכנולוגית שעתידה לשנות לחלוטין את כללי המשחק בעולם. שחקניות מובילות בפריסת תשתיות בארה"ב, סין ואירופה כבר החלו במרוץ בניסיון לראות מי מביניהן תהיה הראשונה שתשתלט על שוק הסלולר החדש. הראשונות להרוויח תהיינה חברות תשתיות תקשורת ויצרניות שבבים, מאחר והטמעת הטכנולוגיה מצריכה פריסת תשתיות חדשות וכיסוי האנטנות הקיים אינו רחב מספיק. חברות הסלולר תהפוכנה לספקיות שירותים מבוססי

¹⁵ <https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/>

¹⁶ The 5G era, New horizons for advanced electronics and industrial companies



ענן ותוכלנה להתחרות בחברות כמו Amazon ו-Microsoft. בכדי ליהנות מיתרונות הגלישה באמצעות 5G יידרשו מכשירי סלולר התומכים בטכנולוגיה, לכן משתמשים עתידיים צפויים לשדרג או להחליף מכשירים ניידיים. אך מעבר לשוק הסלולר, חברות מגדלי התקשורת (Cell Towers), בדגש על אלו בעלות פריסה רחבה וחברות יצרניות השבבים צפויות להרוויח מהטכנולוגיה הרבה מעבר לשוק הטלפונים החכמים, מאחר והתחום מתרחב גם לערים חכמות ורכבים אוטונומיים.

הטכנולוגיה גם מחברת בין חברות שקשה היה לתאר ביניהן שותפויות, לדוגמא, המחשב האישי מהדור הבא יהיה מקושר תמיד אל רשת הדור החמישי¹⁷. כך עולה מהיוזמה החדשה של אינטל, HP, MediaTek וחברת China Mobile, לפיתוח מחשבים אישיים חדשים אשר יחוברו אל רשת הדור החמישי של צ'יינה מובייל. מדובר ביוזמה של צ'יינה מובייל, אשר החליטה להרחיב את בסיס המשתמשים שלה באמצעות מחשבים אישיים המחוברים תמידית אל רשת ה-G5 שלה, כמו שהטלפונים הניידים מחוברים אליה. פרטי התוכנית עדיין לא פורסמו, אולם ידוע שחברת HP תפתח מחשב אישי המצוייד במודם החדש, ותספק אותו ביחד עם יישומים ושירותים עבור מטלות לימוד מקוון, עבודה מרחוק, וידאו זורם, משחקים באמצעות הענן וכדומה. חברת אינטל תפתח טכנולוגיות עיבוד ייעודיות עבור המחשב החדש, וחברת מדיהטק תפתח את ערכת השבבים של מודם G5 שיהיה בו. בערכת השבבים שילבה מדיהטק מאיץ בינה מלאכותית ומרכיבים נוספים המספקים חוויית צפייה בווידאו ברמה של K4.

התחומיים הצומחים על בסיס טכנולוגיית 5G, אך לא רק, הם: האינטרנט של הדברים - יציע חיבור לרשת של מספר עצום של מכשירים בלי שהיא תקרוס, יאפשר שליטה בפעילותם בזמן אמת ויתרום לחיסכון באנרגיה וייעול תהליכי עבודה. ערים חכמות - עמודי חשמל, רמזורים, בניינים, מבנים ותשתיות עירוניות יחוברו לאינטרנט, וכל אירוע בעיר ינוטר בזמן אמת. תחבורה - רכבים אוטונומיים יתקשרו אחד עם השני ועם נתוני הדרך. רפואה מתקדמת - יתאפשר ניטור נתונים ממכשירים לבישים, שימוש בטכנולוגיות בינה מלאכותית וניתוח מאגרי מידע עצומים. שילוב שיאפשר להעניק למטופלים ייעוץ, סיוע וטיפול מדויקים, בלי לצאת מהבית. הצפי הוא שעד 2025 שימוש ברפואה חכמה יוביל לחיסכון של כ-700 מיליארד דולר בעלויות שירותי הבריאות העולמיים.

¹⁷ <https://techttime.co.il/tag/5g/>



ובשעה שבישראל עדיין מנסים לקלוט את דור 5, חברות הענק והממשלות שמאחוריהן כבר מתכוננות לקרב על דור 6.¹⁸ אשר הרשתות שלו יוכלו להשתמש בתדרים גבוהים יותר מרשתות G5, לספק קיבולת גבוהה בהרבה וזמן חביון נמוך בהרבה. הולוגרמות, מסכים המשולבים בכל דבר – בגדים, רהיטים, מכשירים – כשהכל מקושר לענן, בגדים חכמים המזהים בעיות בריאותיות, מתחמי תעשייה אוטונומיים לחלוטין, למשל מפעלים ואפילו נמלים המופעלים על ידי בינה מלאכותית.

מגמות בישראל

מגפת הקורונה גרמה לעסקים בישראל כמו בכל העולם, לשנות נורמות התנהגות. לא מעט עסקים מתאימים עצמם למצב החדש, ובעלי העסקים עושים הסבה, קבועה או זמנית, של עסקיהם ומשנים את פניהם: מוסך הופך לחדר הרצאות, אולפן הקלטות שמארח קייטנה, בית התוכן שמתפקד כחלל עבודה, המסעדה שהפכה למכולת וזו שמשמשת כגלריית אמנות ומעדנייה.¹⁹

חברות המספקות שירותי ענן בישראל – שירותי ענן מבוזר הם העתיד, ותחום הענן הוא אחד התחומים החמים ביותר כיום ואפילו מגפת הקורונה לא הצליחה להאט אותו. לפי דירוג פורבס²⁰ (אוקטובר 2020) המפורסם מזה חמש שנים, 11 חברות ישראליות תופסות מקום של כבוד בין 100 חברות הענן הפרטיות המובילות בעולם. החברות המדורגות ברשימה נבחרו בזכות קצב הצמיחה, מכירות, הערכה כוללת של החברה והתרבות הארגונית. השווי המשולב של החברות המדורגות ברשימה מגיע לכ-270 מיליארד דולר, ולפחות 87 מהחברות מוערכות במיליארד דולר או יותר לעומת 65 חברות בשנה שלפני, מה ששובר את השיא של הדירוגים מהשנים הקודמות.

ענקיות טכנולוגיה פותחות מרכז שירותי ענן בישראל – מעבר לחברות ענן, גם הפעילות הציבורית בישראל עוברת לענן ומקדמת את פרויקט נימבוס – תוכנית הדגל רב שנתית וראשונה מסוגה שנועדה לספק לממשלה, מערכת הביטחון ואחרים פתרון ענן מקיף, מה שדורש השקעה רצינית בתשתיות וקידום המערכת האקולוגית בישראל מבחינת טכנולוגיית הענן. ארבעת השלבים של הפרויקט כוללים רכישה והקמה של תשתיות ענן, גיבוש מדיניות ממשלתית להעברה לענן, שילוב והגירה ובקרה

¹⁸ <https://www.ynet.co.il/digital/technology/article/B1e2swZGu>

¹⁹ <https://www.maariv.co.il/business/economic/israel/Article-777043>

²⁰ <https://www.tech-il.co.il/2020/10/04/forbes-top-100-private-cloud-companies-2020/>



ואופטימיזציה של פעילות הענן. לאחר השלמתו, הענן המקומי של גוגל צפוי לשפר את שירותי הענן לתעשיית הסטארטאפים המקומית. לאור הנאמר, באפריל 2021 הודיעה גוגל הודיעה רשמית כי תקים תשתית ענן מקומית בישראל לאחר שלצד אמזון זכתה בהצעה לפרויקט נימבוס. גוגל היא לא ענקית הטכנולוגיה היחידה שנכנסת לשוק הענן המקומי. אורקל הייתה הראשונה עם מרכז חדש בירושלים, מיקרוסופט פתחה מרכז בתחילת שנת 2021 ואמזון נמצאת בימים אלה בהקמת שלוש חוות שרתים בישראל כחלק משותפות מקומית.

פיתוח טכנולוגיית 5G ישראל זקוק לעידוד, והמדינה יצאה בפרויקט נרחב של שדרוג תשתית התקשורת על בסיס טכנולוגית 5G²¹. מתוקף פרויקט זה, רשות החדשנות בשיתוף משרד התקשורת, משיקים מסלול המקדם כניסה והטמעה של טכנולוגיות ויישומים מתקדמים על בסיס תשתיות הדור ה-5. המסלול מעניק תמיכה לחברות טכנולוגיה המבצעות תכניות הרצה (פיילוטים) בסביבות עבודה מבצעיות ובאתרי ניסוי של משרד התקשורת. מטרת המסלול:

1. להגדיל את הפריסה של יכולות תקשורת מתקדמות ולשפר את תשתית התקשורת הישראלית.
2. לפתח יישומים לשימושים שונים על בסיס תשתיות תקשורת מתקדמות.
3. להגביר פריון בענפי כלכלה שונים במשק באמצעות סיוע לחברות צומחות להגיע לאבן דרך משמעותית בפיתוחן.

מלחמת השבבים מגיעה לישראל²². שבבים הם חלק מהמרכיבים הנדרשים לאינטרנט של הדברים כמו ל - G5. מלחמות סחר בינלאומיות, כוח-אדם איכותי והובלה מסורתית בתחום מזרימים לארץ השקעות ענק מצד חברות ההייטק הבינלאומיות, והקרבת על כל טאלנט רק מתחיל להתחמם. יש המגדירים זאת כ"התפוצצות" לכל חברות ההייטק הגדולות בעולם יש פעילות בתחום פיתוח השבבים, אינטל מאז ומתמיד הייתה בישראל אבל היום גם אפל, אמזון ומיקרוסופט החלו לפתח שבבים בישראל, והן לא מפסיקות להתרחב. עתה גם גוגל מצטרפת אליהן וישראל הופכת למגרש מרכזי במשחק הזה. למעשה, כיום כמעט כל החברות שמפתחות שבבים מחזיקות בישראל פעילות, ועבור חלק מהן הפעילות הזו היא המשמעותית ביותר מחוץ לגבולותיהן.

²¹ https://innovationisrael.org.il/5G_Call_for_proposal

²² <https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001366053>



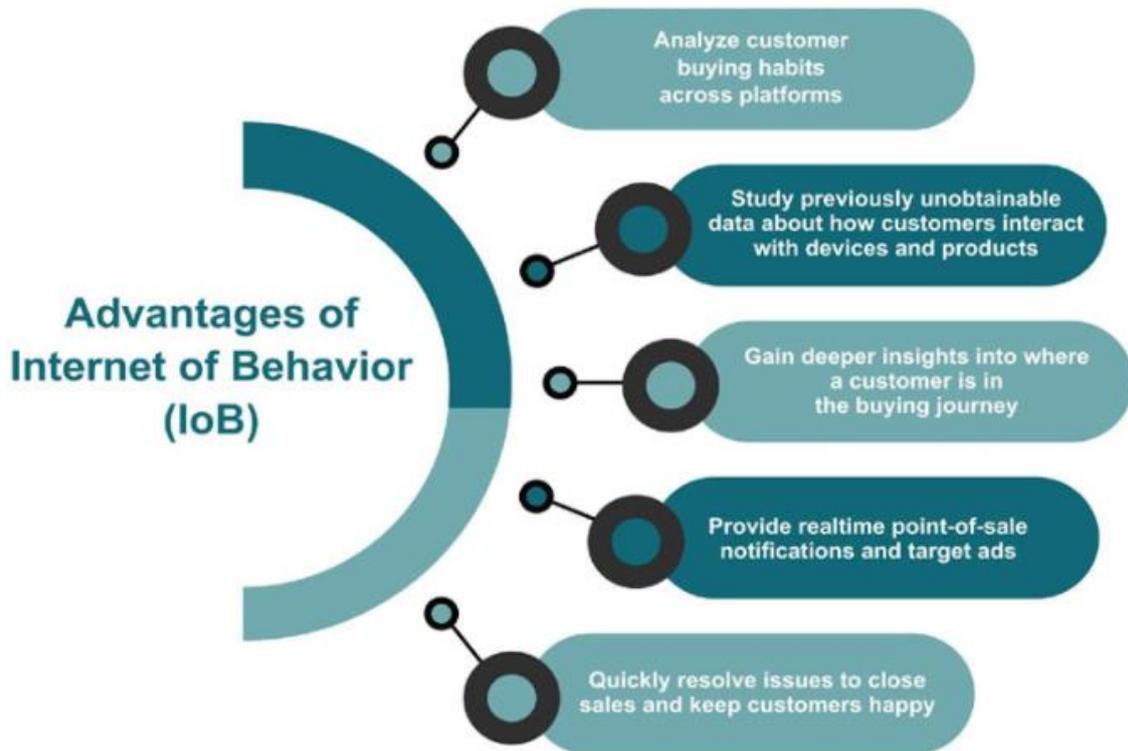
קטגוריה – מרכזיות האדם

מאפייני הקטגוריה – טכנולוגית, גלובלית, בצמיחה; אימפקט – גבוה

מרכזיות האדם²³: אנשים עדיין נמצאים במרכז כל העסקים והם זקוקים לתהליכים דיגיטליים כדי לתפקד בסביבה של ימינו.

מגמות עולמיות

עליית האינטרנט של ההתנהגויות (Internet of Behaviors – IoB)



איור 9 – What is the Internet of Behavior (IoB) and why is it the top trend of 2021?

<https://iotdesignpro.com/articles/what-is-internet-of-behavior-ioB>

²³ <https://www.techrepublic.com/article/5-emerging-tech-terms-you-should-know-from-gartners-25th-hype-cycle-report/>



האינטרנט של ההתנהגות הינו שלוחה של האינטרנט של הדברים²⁴ והוא נתפס כאחת המגמות היותר משמעותיות בשנת 2021. חיבור הדדי בין מכשירים יוצר מגוון עצום של מקורות נתונים חדשים, המפגישים נתונים מהעולם הדיגיטלי והעולמי ועושה שימוש בנתונים לשם שינוי פעולות והתנהגויות באמצעות לולאות משוב. האינטרנט של ההתנהגויות משלב 3 שדות: טכנולוגיה, ניתוח נתונים ומדעי ההתנהגות. לדוגמא, מגיפת הקורונה השפיעה על העולם בדרכים שקשה היה לצפותן²⁵. עובדים בתעשייה שחזרו לעבודתם לאחר תקופת הסגר, הבחינו שחיישנים בודקים אם הם שוטפים את ידיהם באופן קבוע. ראיית מחשב קובעת אם הם מצייתים לפרוטוקול המסכה ורמקולים מתריעים על הצורך לעמוד בהוראות הפרוטוקול. ובמקביל, כל נתוני ההתנהגות שלהם, נאספו ונותחו על ידי הארגונים במטרה להשפיע על התנהגותם ולהניע התנהגויות רצויות כמו: קידום הפלסטיות הארגונית, שינוי המצב ועיצוב העתיד הרצוי. האינטרנט של ההתנהגויות נשען על העלייה בטכנולוגיות שאוספות את "האבק הדיגיטלי" של חיי היומיום, באמצעות נתונים המשתרעים על העולם הדיגיטלי והפיזי, לצד התחכום ההולך וגובר של טכנולוגיות עיבוד הנתונים. איסוף, שילוב, עיבוד וניתוח נתונים בקביעות, ממקורות רבים כמו: נתוני לקוחות ואזרחים, מדיה חברתית, זיהוי פנים ברשות הרבים ומעקב אחר מיקום, מאפשרים לארגונים לשפר את כמות הנתונים שהם לוכדים, את האופן בו הם משלבים נתונים ממקורות שונים ואת אופן השימוש בממצאים. לדוגמא, חיישנים לבישים יכולים לשמש חברות ביטוח בריאות באמצעות מעקב אחר פעילויות פיזיות או אחר רכישות במכולת, זיהוי של פחות מידי פעילות פיסית ורכישת יותר מדי פריטים לא בריאים, עלולים להגדיל את הפרמיות של הביטוח. יש המכנים זאת האינטרנט של הפעולה²⁶, מאחר ומתקיים שילוב טכנולוגיות המקשרות נתונים אישיים (כגון זיהוי פנים ומעקב אחר מיקום) לאירועים התנהגותיים קשורים כמו שימוש במכשירים ורכישות במזומן. התועלות של האינטרנט של ההתנהגויות לתאגידים וחברות מפורטות באיור 4.

ההשפעה על ההתנהגויות נעשית באמצעות לולאות משוב. לדוגמא, טלמטיקה, המשלבת בין תורת המידע וטלקומוניקציה באמצעות מערכות ברכב, יכולה לפקח על התנהגויות נהיגה, החל מבלימה פתאומית ועד פניות אגרסיביות. חברות יכולות להשתמש בנתונים אלה לשיפור ביצועי הנהג, ניתוב ובטיחות. אך למציאות זו יש השלכות אתיות וחברתיות רבות משמעות ולכן חוקי הפרטיות, המשתנים מאזור לאזור, ישפיעו רבות על הנכונות לאמץ את האינטרנט של ההתנהגויות.

²⁴ <https://intellectualpoint.com/what-is-internet-of-behaviors-iob/>

²⁵ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021/>

²⁶ <https://eminetra.com.au/gartner-reveals-the-top-strategic-tech-trends-for-2021/45215/>



פיתוח חוויה כוללת

חוויה כוללת משלבת ניסיון רב-חוויתי: חוויית לקוח, חוויית עובדים וחווית משתמש, כדי לשנות את התוצאה העסקית. המטרה היא שיפור החוויה הכוללת בה כל החלקים הללו מצטלבים, מטכנולוגיה לעובדים ועד לקוחות ומשתמשים. קישור הדוק של כל החוויות הללו, בניגוד לשיפור כל אחד מהמרכיבים בנפרד, מבדל עסק ממתחריו, מקשה על יריביו שלכפל אותו ויוצר יתרון תחרותי בר קיימא.

מגמה זו מאפשרת לארגונים כיום לנצל את משבשי הקורונה לעבודה מרחוק, ניידות ולקוחות וירטואליים ומבוזרים. יותר מזה, היא מאפשרת את שינוי חוויית הלקוח לשם שיפור הבטיחות ושביעות הרצון שלו. למשל, חברת תקשורת בזמן הקורונה, אפשרה ללקוחות לתאם פגישה פיסית מראש באמצעות יישום ידידותי, בדרכם למפגש כאשר הגיעו לכ- 75 מטר מהחנות קיבלו שני עדכונים: האחד, הודעה שהנחתה אותם לגבי תהליך הרכישה, והשנייה, התראה המיידעת אותם כמה זמן יעבור לפני שיוכלו להיכנס בבטחה לחנות תוך שמירה על מרחק חברתי נדרש. במקום הקנייה הותאם השירות כך שכלל יותר קיוסקים דיגיטליים בהם עובדים השתמשו בטאבלטים שלהם כדי לדפדף יחד עם הלקוח מבלי לגעת פיזית בחומרה. התוצאה הייתה חוויה כוללת בטוחה יותר, חלקה ומשולבת יותר עבור לקוחות ועובדים.

העצמה אנושית - שיפור יכולות קוגניטיביות

העצמה אנושית הינה תהליך באמצעותו מתחזקת יכולתו הפיזית והקוגניטיבית של האדם ומאפשרת לו לבצע משימות שקודם לכן לא היו אפשריות עבורו²⁷. למשל, כורים משתמשים בחיישנים לבישים כדי לשפר את בטיחותם וחיילים משתמשים באוזניות מציאות רבודה המאפשרות מודעות מצב חסרת תקדים וגישה מיידית למידע קריטי. אך העצמה אנושית מיועדת לשפר גם את יכולתו של האדם לחשוב ולקבל החלטות טובות יותר. העצמה אנושית עלולה לשנות את המשמעות של להיות אנושי מאחר והיא מרחיבה את טווח היכולת האנושית. העצמה לא פולשנית אפשרית בעזרת מציאות רבודה וטכנולוגיה לבישה.

²⁷ <https://www.mobileappdaily.com/future-technology-trends>



הגבול בין העולם הווירטואלי לאמיתי ממשיך להישבר ומספק חוויות עוצרות נשימה שלפני זמן קצר ניתן היה למצוא רק בדמיונם של כותבי מדע בדיוני²⁸. סביבות 'אימרסיביות' (אופפות) מאפשרות למשתמש "להיטמע" במציאות מדומה (**VR – Virtual Reality**) בה תמונות, צלילים ומגוון תחושות מציבות אותו בעולם דמיוני מרהיב והחוויות הנוצרות דומות לחוויה אמיתית. מציאות רבודה (**AR – Augmented Reality**) מוסיפה פריטים וירטואליים לסביבת העולם האמיתי אשר נותר מרכזי, אך היא משפרת אותו בעזרת פריטים דיגיטליים ומרבדת שכבות תפיסה חדשות המשלימות את המציאות או הסביבה. המציאות המעורבת (**MR – Mixed Reality**) מפגישה בין עולם אמיתי ואלמנטים דיגיטליים. לדוגמא, מאפשרת לתפוס פריט ממשחק ולעשות בו שימוש, כמו להכות עם מוט וירטואלי דמות דמיונית במרחב. אך אם במציאות מעורבת, מתקשרים עם פריטים וסביבות פיזיות ווירטואליות באמצעות טכנולוגיות חישה והדמיה מהדור הבא, מציאות מעורבת מאפשרת להיות עם רגל אחת (או יד) בעולם האמיתי, והשנייה במקום דמיוני, תוך פירוק מושגי יסוד בין אמיתי לדמיוני, ומציעה חוויה שיכולה לשנות את הדרך בה משחקים ועובדים היום. מציאות מורחבת (**XR – Extended Reality**) היא טכנולוגיה המאפשרת לשלב עולמות וירטואליים ופיזיים יחד באמצעות מציאות רבודה ומציאות מעורבת בסביבות הפקה חיות כדי ליצור חוויות סוחפות לחלוטין. זהו מונח מטריה המתייחס לכל הסביבות האינטראקציות המשולבות אמיתית ווירטואלית שנוצרת על ידי טכנולוגיית המחשב וכוללת את כל הטכנולוגיות לעיל. אכן, דמיון ומציאות מעולם לא התערבבו כל כך זה בזה.

שימוש במגוון טכנולוגיות מציאות מדומה אינו משמש רק למטרות בילוי, אלא גם אבל לא רק:

- שירותי בריאות - אימונים, סימולציות כירורגיות ובמרכזי שיקום לאחר פציעה.
- קולנוע וטלוויזיה - סרטים ותוכניות ליצירת חוויות ייחודיות
- נסיעות וירטואליות - טיולים באזורים ובמוזיאונים
- ספורט מקצועי - פיתוח ומעקב אחרי תוכניות אימונים העוזרות לספורטאים מקצוענים וחובבים
- משחקים - משחקי אסטרטגיה, הרפתקאות ומשחקי תפקידים
- חינוך - למידה והדרכה ובמיוחד פעילויות שביצוען במציאות יסכנו את הלומד

²⁸ <https://www.intel.ca/content/www/ca/en/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html>



מגמות בישראל

תחום המציאות המדומה והרבודה²⁹ ממשיך לצמוח ולשפר תחומי חיים כמו: רפואה ובנייה, משחקים ושלומות. חברות מציאות מדומה בישראל ניצבות בחזית הטכנולוגיה, והשוק כולו צפוי לגלגל בשנה הבאה כ- 100-120 מיליארד דולר.

מציאות מדומה בישראל תורמות לקירוב לבבות. חברת ActiView³⁰ הישראלית והאוניברסיטה העברית ערכו מחקר שבדק כיצד ישראלים ופלסטינים מגבשים תפיסה חיובית יותר כלפי הצד השני. בעזרת טכנולוגיית המציאות המדומה הוכנסו המשתתפים לעמדת מחסום צה"לית, חלקם כחיילים וחלקם כבני משפחה פלסטינית. הממצאים לימדו שהיכולת להיכנס בצורה מוחשית לנעליו של הצד השני, הובילה לתפיסה חיובית יותר של הצד השני. הכשרת כוחות הביטחון לרגע האמת זהו תחום נוסף בו נעשה שימוש במציאות מדומה. בפועל קשה מאוד לדמות היתקלות עם פושעים או טרוריסטים ברגע האמת. לוואקום הזה נכנס עולם המציאות המדומה, המסייע לכוחות לתרגל תרחישים מציאותיים ולקבל משוב בזמן אמת. חברת³¹ virtualion הפיקה סימולציה ריאליסטית עבור השב"ס, כדי להכשיר סוהרים חדשים להתמודדות עם סיטואציות דוגמת שריפה בתאים. תחום המשחקים, גם הוא תחום מתבקש במציאות מדומה, לדוגמה ב- Racket: Nx של "One Hamsa"³² נמצא השחקן בתוך כיפת ברזל עתידנית, וחובט בכדורים אל עבר האריחים שסביבו ב- 360 מעלות. מעבר לרווח של אימון כושר אגרסיבי מדווחים משתמשים על חוויה אימרסיבית מהנה במיוחד. חברת Hado³³ למשחקים, מציעה פלטפורמה ייעודית למשחקים מרובי משתתפים, המאפשרת לשחקנים להתחרות זה מול זה בקרבות ווירטואליים, באמצעות מכשירים הענודים על הידיים, וערכת מציאות מדומה המבוססת על טלפון חכם ומצלמת את הסביבה. ואפשר גם לנסוע בזמן, ב- virtualion בנו מעין "מכונת זמן" עבור מרכז המבקרים של בית ויצמן, ובאמצעות סרט נרטיבי יכולים מבקרים לחוות סיטואציות מתוך חייהם של שתיים מהדמויות שעיצבו את פני היסטוריה הישראלית. ואכן, תקופות הסגר של הקורונה עודדו גם לא מעט מוסדות תרבות לאמץ יכולות של מציאות מדומה ורבודה כדי לאפשר לקהל הרחב ליהנות מהמוצגים ולו גם באופן וירטואלי.

²⁹ <https://www.virtualion.co.il/israeli-vr-companies/>

³⁰ <https://www.ynet.co.il/digital/technews/article/r1AJ48pH>

³¹ <https://www.virtualion.co.il/>

³² <https://www.onehamsa.com/>

³³ <https://hado-official.com/en/>



קטגוריה - בינה מלאכותית

מאפייני הקטגוריה - טכנולוגית, גלובלית, בצמיחה; אימפקט - גבוה

טובים במו"פ, חלשים בתשתיות
הדירוג של ישראל בתחום הבינה המלאכותית מבין 54 מדינות (לפי נושאים)

מסחרי	אסטרטגיית ממשלה	פיתוח	מחקר	סניבת פעולה	תשתיות	כשרונות	מדינה	דרוג כללי
1	10	2	1	44	1	1	ארה"ב	1
2	3	1	2	6	2	19	סין	2
4	13	16	3	23	17	4	בריטניה	3
5	4	19	5	34	15	8	קנדה	4
3	51	7	7	36	27	5	ישראל	5
12	8	18	4	21	10	13	גרמניה	6

נתונים: מדד Tortoise

איור 10 - בינה מלאכותית לפי מדד *tortoise* בשנת 2019³⁴

בינה מלאכותית עושה שימוש במידע ובמערכות מחשב, כדי להציג התנהגות שנראית אינטליגנטית או יוצרת ידע ותובנות שלא היו קיימים קודם לכן³⁵. זהו שם כולל למערכות מחשב מבוססות נתונים, המפיקות את הידע והתובנות החדשות באמצעות הבנה, הנמקה ותפיסה, יכולות שעד כה נתפסו כייחודיות לבני אדם. למרות שהמושג מתייחס בכלליות לחומרה, תוכנה או לשילוב ביניהם, המסוגלים להציג התנהגות שנראית אינטליגנטית, כמעט כל מחקר או מאמר בשנים האחרונות העוסק בבינה מלאכותית פותח בעובדה שכיום לא קיימת הגדרה אחת מוסכמת למונח. הסיבה הראשונה לכך, נגזרת מהמגוון והשוני של הגישות בחקר התחום. והסיבה השנייה, היא פועל יוצא של הקושי הבסיסי להגדיר את מהי 'בינה' או 'אינטליגנציה'. זאת מאחר והמונח טרם הוגדר ואופיין בצורה חד ערכית בהקשר האנושי, על ידי הדיסציפלינות המדעיות העוסקות בתחום, חקר מדעי המוח והפילוסופיה. מציאות זו

³⁴ מתוך דו"ח ועדת בינה מלאכותית ומדע הנתונים, 2020

³⁵ https://www.inss.org.il/he/wp-content/uploads/sites/2/2020/09/Memo205_ArtificialIntelligence_e-31-41.pdf מזכר 205, 30 בספטמבר 2020



מגבילה את היכולת לבחון מושגים אלה ביחס למכונות או להשליך אותם עליהן. את ההגדרה הפופולרית לבינה מלאכותית, טבע מרווין לי מינסקי, ד"ר למתמטיקה שהיה מעורב במחקרים, המצאות ופיתוחים רבים בתחום, והגדיר זאת כך: לגרום למכונה להתנהג בדרך שהייתה נחשבת לאינטליגנטית לו אדם התנהג כך. בינה מלאכותית הינה תחום טכנולוגי פורץ דרך, המאפשר לממש מגוון יישומים ביעילות יחסית, במחיר סביר ובקנה מידה רחב. היא מתחלקת לשלושה שלבים³⁶:

בינת "על" מלאכותית artificial super intelligence (ASI)	בינה מלאכותית כללית / חזקה artificial general intelligence (AGI)	בינה מלאכותית צרה artificial narrow intelligence (ANI)
שלב עתידי, לפיו מנגנוני בינה מלאכותית יהיו עדיפים על בינה אנושית בכל תחום	מחקה בינה אנושית ויכולותיה, ומכסה מגוון תחומים: כוח חשיבה פתרון בעיות וחשיבה מופשטת	מוגבלת לאזור פונקציונאלי אחד בו רובוטים / תחליפים מבצעים משימות יחיד

כיום אנו נמצאים בהשלמת המעבר לשלב השני בו האינטליגנציה של המכונות יכולה להשתוות לבני אדם. בינה מלאכותית היא באופייה מדעית ביותר. חיקוי המוח האנושי באמצעות מכונות הוא בעיה קשה מאוד לפתרון והיא נחקרת בשתי רמות: דמוית אנוש - בה המחשב חושב ומסיק מסקנות באופן דומה לזה של המוח האנושי ושאינה דמוית אנוש - בה המחשב יגיע ליכולות עצמאיות לחשיבה, ללא קשר לדרך בה המוח האנושי עושה זאת. מיקומה של ישראל בפיתוח בינה מלאכותית ביחס לעולם הינו החמשי בדירוג כמתואר באיור 5.

בינה מלאכותית נקשרת למדעי הנתונים ורובוטיקה חכמה. דו"ח של מכון נאמן (2018)³⁷, מתייחס לקשר בין שלושה תחומי מחקר אלו ומדגיש את העובדה שלשלושת המונחים אין הגדרה אחת מוסכמת בספרות. מכיוון שכך, הם מתייחסים הן לבינה מלאכותית והן למדעי הנתונים בצורתם הרחבה ביותר. בינה מלאכותית מוגדרת כ"כל שיטה לתכנות מחשבים המאפשרת להוציא לפועל מטלות או דרכי התנהגות שהיו מחייבות אינטליגנציה אילו היו מבוצעות על-ידי בני-אדם"³⁸. והגדרת מדעי הנתונים מתייחסת לטכנולוגיות הרלוונטיות לתחום זה שהן: טכנולוגיות לאיסוף מידע לשימושים שונים, כגון האינטרנט של הדברים על כל חיישניה, ויזואליזציה של המידע, חיזוי וכריית מידע. טכנולוגיות לעיבוד וניתוח מידע, כמו: טכנולוגיות לכריית מידע ופענוח משמעויות. ולבסוף, טכנולוגיות

³⁶ <https://www.ubs.com/microsites/artificial-intelligence/en/new-dawn.html>

³⁷ https://www.neaman.org.il/Files/Artificial-Intelligence-Data-Science-and-Smart-Robotics_20181204151647.206.pdf

³⁸ National Academy of Sciences, 2018

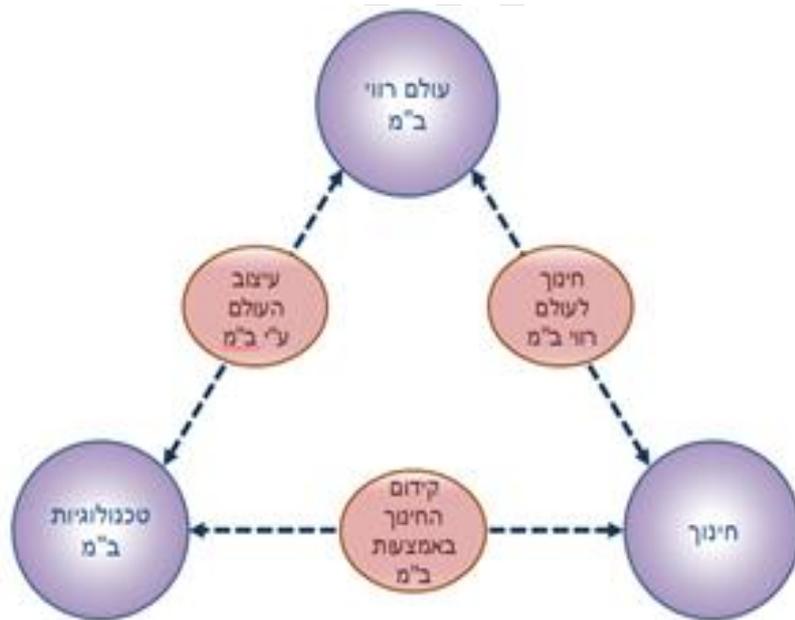


מבוססות - בלוקצ'יין ליצירת אלגוריתמים אוטונומיים וחוזים חכמים. אלא שנושאים כמו חיזוי אנליטי או פענוח משמעויות מתאימים גם להגדרה של בינה מלאכותית. ואכן, רבים מתייחסים למדעי הנתונים כתחום הכולל בתוכו גם בינה מלאכותית. והמונח האחרון 'רובוטיקה חכמה' מצביע על קשר בין רובוטים או מפעילים בעולם הפיזי לבין רובוטים אוטונומיים חכמים (Smart Autonomous Robots) המתבססים על בינה מלאכותית, למידת מכונה ויכולת התאמה לסביבה.

כאמור, בינה מלאכותית כבר משפיעה ועתידה להשפיע ביתר שאת על כל תחום בחיינו. אתגר השילוב של בינה מלאכותית וחינוך מחייב מתן מענה תפיסתי שלם המוצג במודל בהמשך (איור 5).

המודל מתייחס לשלושה תחומים רלוונטיים וליחסי הגומלין ביניהם. התחומים הם: טכנולוגיות בינה מלאכותית, עולם רווי בינה מלאכותית, ותחום החינוך.

מודל תפיסתי לשילוב בינה מלאכותית וחינוך - 11 ARABIC * איור SEQ איור



קשרי גומלין ביניהם כוללים: עיצוב העולם ע"י בינה מלאכותית, קידום החינוך לעולם רווי בינה מלאכותית וחינוך לעולם רווי בינה מלאכותית.

המרכיבים וקשרי הגומלין הם דינמיים ומשתנים באופן

מתמיד לאור המציאות המשתנה. הפרק הנוכחי מתייחס למגמות עולמיות ומגמות בישראל, המתפתחות בתחום טכנולוגיית בינה מלאכותית ובעולם רווי בינה מלאכותית. שעה שלמגמות הנוגעות למרכיב החינוך תהיה התייחסות בפרק העוסק במגמות בחינוך.



מגמות עולמיות

התפתחות טכנולוגיות בינה מלאכותית

עיצוב אסטרטגיית הנדסת בינה מלאכותית – הנדסת בינה מלאכותית מתמקדת בפיתוח כלים, מערכות ותהליכים המאפשרים יישום בינה מלאכותית בהקשרים רלבנטיים בעולם האמיתי. הנדסת בינה מלאכותית מציעה מסלול שיהפוך את הבינה המלאכותית לחלק מהמיינסטרים ולא תותיר אותה כמכלול של פרויקטים מיוחדים ומבודדים. היא מציעה לאגד דיסציפלינות שונות וליצור ערך באמצעות שילוב מספר טכניקות של בינה מלאכותית אחראית תוך שימת לב מיוחדת לבעיות אמון, שקיפות, אתיקה, הוגנות, פרשנות ותאימות. מסתבר שעד כה, פרויקטים של בינה מלאכותית לרוב נכשלים בגלל בעיות עם תחזוקה, הפצה, יישום, אתיקה ורגולציה³⁹. לכן פיתוח אסטרטגיית הנדסת בינה מלאכותית חזקה שתבטיח אמינות של דגמי בינה מלאכותית תספק את הערך המלא של ההשקעות בתחום. בלא זאת, רוב הארגונים לא ישרדו את השלב שמעבר להוכחת הרעיון ולייצור אב טיפוס לייצור.

מגמה מתפתחת בתחום, היא בינה מלאכותית מעצבת (Formative AI) – כלומר, מערך מתפתח של בינה מלאכותית וטכנולוגיות נלוות המשתנים באופן דינמי כדי להגיב לשונות במצב⁴⁰. הטכנולוגיות הללו משמשות מפתחי אפליקציות ומעצבי ממשק משתמש. בעזרתם הם מייצרים פתרונות חדשים ומודלים של בינה מלאכותית, המתפתחים באופן דינמי ומסתגלים למציאות משתנה. כלים מתקדמים יותר, ואף מודלים חדשים לגמרי הממוקדים בפתרון בעיות ספציפיות.

אחד החידושים האחרונים התומכים בבינה מלאכותית⁴¹ היא הגישה לנתונים בכל עת ובכל מקום (**Ubiquity**) – מידע מדויק ואמין מאפשר לעסקים לעבור לקבלת החלטות אוטומטיות מונעות בינה מלאכותית מה שמוביל להפחתת עלויות תפעוליות, תהליכים יעילים ושיפור יכולות המחקר. לדוגמא, בינה מלאכותית באבטחת הסייבר מאפשרת לקבל החלטות לגבי קדימות ועדיפות על סמך ידע עדכני ביותר של איומים ממוקדים תעשייתיים ועולמיים. וניתוחי בינה מלאכותית עשויים לספק תובנות

³⁹ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021/>

⁴⁰ <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-08-18-gartner-identifies-five-emerging-trends-that-will-drive-technology-innovation-for-the-next-decade#:~:text=Hype%20Cycle%20for%20Emerging%20Technologies,the%20state%20of%20your%20brain.&text=Most%20will%20take%20more%20than,reach%20the%20plateau%20of%20productivity.>

⁴¹ <https://www.compunneldigital.com/wp-content/uploads/2021/02/Top-AI-Trends-to-Watch-in-2021-1.pdf>



המאפשרות להגדיר ולהגדיל בקרות כמו גם תהליכים כדי להעצים את החוסן בסייבר הארגוני.

עליית הרובוטיקה החכמה - בינה מלאכותית ורובוטים פותרים בעיות, מלווים ומגיבים מיידית לכל צורך, הדבר הולך ומתעצם בכל ענף ומגזר, משחקים ובטחון, שירותי בריאות, רכב, כושר, חינוך, קמעונאות וייצור ומה לא⁴². בינה מלאכותית ורובוטים, מהווים שילוב רב עוצמה לקידום אוטומציה של משימות. המגמה המונעת מהאצת העסקים הדיגיטליים הדורשת יעילות, מהירות ודמוקרטיזציה על בסיס טכנולוגיות רזות, מותאמות, מחוברות, וזמישות, באה לידי במגמת ההיפר אוטומציה על בסיס Hyperautomation)) המציעה שכל מה שניתן להפוך לאוטומטי, צריך להיות אוטומטי. ארגונים ה"תקועים" בתהליכים עסקיים יקרים שאינם יעילים, הנתמכים על ידי "טלאים" טכנולוגיים יישארו מאחור. ואכן, הבינה המלאכותית נוכחת משמעותית בפתרונות רובוטיים, ותורמת ליכולות למידה ויתר גמישות ביישומים שהיו נוקשים בעבר. חברות המשתמשות ברובוטים עושות זאת למטרות מגוונות כולל מלאכות הדורשות רמות מיומנות גבוהות והולכות דוגמת: יצירת דוחות, מילוי טפסים, מתן הוראות וביצוע אנימציות. רובוטיקה מתקדמת תוביל לאוטומציה מלאה ככל שיוכשרו המכונות לביצוע המשימה הנדרשת. ואכן, בינה מלאכותית והרובוטיקה תורמים לשינויים דרסטיים בתחומים הטכנולוגיים. דברים שהיו בגדר מדע בדיוני לפני עשור או שניים, הפכו למציאות. ממערכות אוטומטיות במפעלי ייצור ועד לרובוטים המשרתים במסעדה.

עוזרים וירטואליים וצ'טבוט תומכים - עוזרים וירטואליים מניעים את העולם עם רמות אוטומציה מדהימות, עלויות נמוכות ויצרנות. הם מביאים לידי ביטוי בינה מלאכותית ולמידת מכונה באמצעות הדמיית שיחה עם בני אדם ומצייתים לכללים אוטומטיים תוך שימוש ביכולות עיבוד שפה טבעית (NLP). ביצועיהם משתפרים כל העת, והם מסוגלים לענות על שאלות בסיסיות המתייחסות לתאריך ומזג אוויר של היום כמו לבצע משימות מורכבות. הצפי הוא שעוזרים וירטואליים יחליפו עוזרים אנושיים תוך שהם משתלבים בסביבה הטבעית של המשתמש.

עולם רווי בינה מלאכותית

פיתוח עולם המשחקים (gaming) - הרובוטיקה והבינה המלאכותית קידמו פריצות דרך, בכל הקשור לאופן בו מתוכננים ומשחקים משחקי מחשב. בינה מלאכותית מסייעת למפתחי משחקים ליצור דמויות

⁴² <https://www.analyticsinsight.net/how-artificial-intelligence-and-robots-are-changing-the-world-use-cases-of-ai-and-robotics/>



ולייצר התנהגויות המחקות בני אדם. כאשר המטרה העיקרית במשחקים היא איסוף ועיבוד נתונים המתקבלים משחקנים, על מנת להעריך את יכולותיהם ואופן משחקם. הדבר מאפשר למפתחי משחקים ליצור משחקים על פי צרכים וציפיות השחקנים. יכולת ההסתגלות והלמידה של הבינה המלאכותית מאפשר ליצור סביבות משחק מציאותיות וטבעיות. ההתפתחות המואצת של עולם המשחק כיום נשענת על העובדה שבינה מלאכותית מאפשרת אוטומטיזציה של התהליך וחוסכת משאבי זמן, כסף וכוח אדם.

יותר ביטחון – אזרחי העולם דורשים מהמדינה יותר ויותר בטחון. החל מהיכולת לצעוד בלילה ברחוב בביטחון, המשך בביטחון כלכלי/תעסוקתי ותזונתי וכלה בביטחון פיסי אל מול איומי טרור ומלחמה פיזיים ואיומי סייבר. רובוטים המשתמשים כיום בבינה מלאכותית, חיישנים ארוכי טווח, מצלמות ברזולוציה גבוהה ועיבוד מהיר של מחשב, מספקים אבטחה מערכתית ברמה גבוהה לצרכים שונים. הם יכולים לשמור בקלות על אזור ייעודי, באמצעות תוכנות מיפוי ליצירת היקף מגודר גיאוגרפית, ולפקח על שטחי בניין ובתוכו. באמצעות GPS דיפרנציאלי הם יכולים להתמצא בשטח ולזהות חפצים בדיוקנות רבה. הם יכולים להקליט ולאחסן נתונים על בסיס יומי באמצעות מצלמת האבטחה שלהם ולבצע ניטור עצמי באמצעות מצלמת HD. כמו כן, ביכולתם להשתמש בזיהוי פנים כדי לאחסן את זהות המבקרים במקום וליצור קטלוג של מבקרים ומנהגיהם. עלייה בראייה ממוחשבת⁴³, המספקת יותר ויותר נתונים החזותיים תומכת בעידן חדש של ראיית מחשב המונע על ידי בינה מלאכותית. יישומי ראיית מחשב יעילים לניטור שטחים ציבוריים באמצעות חיישני נתונים ומצלמות המאפשרים מעקב יעיל בתחומי הבריאות, הבטחון ועוד. ובנוסף, מכונות מעופפות חכמות יותר, משתמשות בטכנולוגיית ראיית מחשב כדי לרחף באוויר לכיוון מבוקש תוך הימנעות ממכשולים. הבינה מלאכותית, מאפשרת ניטור נוף אווירי, מעקב ביטחוני, הקלטות וידאו, משימות חילוץ, איתור מכשולים, הימנעות מהתנגשות, ניווט עצמי ומעקב אחר עצמים ועוד. למידת מכונה עשויה לקדם עוד יותר את התחום ולאפשר לכלי הרכב המעופפים האוטונומיים לא רק ללכוד נתונים בזמן אמת, אלא גם לקבל החלטות עצמאיות על סמך הנתונים. ניתן להשתמש בכלים אלו בניהול עירוני ובערים חכמות לצורך מעקב מתקדם, זיהוי פנים מהיר או איתור חפצים לא רצויים. בנדל"ן לסריקה או מיפוי שטח של בניינים בנדל"ן, בצבא לזהות ו/או להילחם באויבים ובמאבק בפשע, למעקב אנושי וזיהוי פנים.

⁴³ <https://www.compunneldigital.com/wp-content/uploads/2021/02/Top-AI-Trends-to-Watch-in-2021-1.pdf>



קידום ספורט ופעילות - בינה מלאכותית ורובוטים מאפשרים להפוך את משחקי הספורט למרתקים והוגנים יותר. בינה מלאכותית מסייעת למועדונים ולקבוצות להשתפר באמצעות אסטרטגיות מבוססות נתונים. לשחקנים היא מסייעת לשפר את כושרם ורווחתם ולקבוצות היא עוזרת לגלות כישרונות חדשים. בחלק מענפי ספורט, כבר קיימים שופטי רובוט ומכונות חכמות המסייעות לצופים למצוא את מקומם באצטדיון, ומי שאינו מעוניין להגיע לאצטדיון עמוס, חווית האוהדים שלו נשמרת ומוגדרת מחדש באמצעות טכנולוגיית מציאות מדומה.

בינה מלאכותית זקוקה לאתיקה ורגולציה⁴⁴

מערכות למידת מכונה מנטרות את מה שאנחנו עושים, אוספות עלינו מידע מקיף ומפורט, מעבדות ומנתחות אותו לפרטי פרטים. הן נמצאות בלב מערכות מעקב כמו מצלמות זיהוי פנים ומערכות זיהוי ביומטרי והן חלק מכמעט כל שירות או אפליקציה שאנו משתמשים בהם, גם בתחומים שמרניים לכאורה כמו בנקאות וביטוח. עד כה, התנהלה התחום בצורה די פרוצה. נעשו מהלכים וניסיונות להסדיר חלקים כמו זיהוי פנים או היבטים כמו פרטיות (האסדרה הכללית להגנה על מידע ⁴⁵GDPR באיחוד האירופי, אך לא נעשה שום מהלך מקיף שיגדיר איך משתמשים בבינה מלאכותית, תחת איזה מגבלות ולאילו מטרות. במציאות זו סוגיות כמו אתיקה בפיתוח בינה מלאכותית, נשארו ללא מענה נאות של חברות ולקוחות שנאלצו להתמודד אתן בעיקר בכוחות עצמם, אם בכלל. לאחרונה הוצגה טיוטה לכללי רגולציה של מערכות בינה מלאכותית על ידי האיחוד האירופי, שסימן עצמו בשנים האחרונות כמוביל עולמי בכל הנוגע לאסדרה של חברות ומערכות טכנולוגיה. המסר מעלה כמה עקרונות מרכזיים:

- איסור על שימוש בבינה מלאכותית למעקב נטול אבחנה
- איסור על מערכות בינה מלאכותית לדרג אשראי חברתי באמצעות הערכת אמינות של אדם התנהגות חברתית או תכונות אופי
- קבלת אישור מיוחד לשימוש במערכות זיהוי ביומטרי במרחבים ציבוריים
- חובת מתן התרעה לאנשים כשהם מבצעים פעולה מול מערכת בינה מלאכותית
- פיתוח מערך פיקוח חדש על מערכות בינה מלאכותית היוצרות "סיכון-גבוה" לאדם (מכוניות אוטונומיות, מערכות גיוס עובדים, החלטות משפטיות ודירוג אשראי) כולל הערכת סיכונים מראש של מערכות אלו, טרום שימוש. והקמת מאגר מידע של מערכות סיכון-גבוה, שיהיה זמין לציבור.

⁴⁴ <https://www.calcalist.co.il/technology/article/rJ1mNtA8u>

⁴⁵ <https://gdpr-info.eu/>



● יצירת מועצה אירופאית לבינה מלאכותית (European Artificial Intelligence Board), שתכלול נציגים מכל המדינות החברות באיחוד, תסייע לנציבות האיחוד להחליט אילו מערכות בינה מלאכותית הן בסיכון-גבוה ותמליץ על שינויים ומגבלות מותאמות. קיימות לא מעט ביקורות על ההצעה. חלק טוענים שהתיאור של מערכות בינה מלאכותית שייאסרו מעורפל, ועמוס בשפה לא ברורה שתיצור מקום לפרצות רציניות. וחלק טוענים שהרגולציה מחמירה מידי ותפגע בחברות הזנק של המדינות המעורבות. דעות דומות נשמעו גם לפני כניסת כללי ה-GDPR לתוקף, בפועל ההשפעה שלהם על יכולות תעשיית ההייטק באירופה הייתה אפסית ומנגד הם שימשו השראה לחקיקת חוקי פרטיות דומים במדינות אחרות והפכו למעשה לסטנדרט בתחום. לרגולציה החדשה יכולה להיות השפעה דומה, במיוחד מכיוון שהיא מחייבת חברות שפועלות באיחוד או משפיעות על אזרחיו לתאימות, וענקיות כמו פייסבוק, גוגל, אמזון ומיקרוסופט יידרשו לעמוד בכללי הרגולציה בפעילותן מול האיחוד ועם הזמן, בכלל.

החסם של כלי הרכב האוטונומיים - מזה עשור קיימת ציפייה שהרכב האוטונומי יהיה חלק בלתי נפרד מחיינו. בפועל תעשיית הרכב האוטונומי נמצאת בצומת הדרכים שבין החזון לבין העיצוב והייצור ההמוני⁴⁶. הרגולציה הינה תנאי הכרחי, כמו גם מוקש עיקרי, בדרך לממש את החזון. שוק הרכב שונה משווקים אחרים, לא ניתן לשנות ולהתפתח תוך כדי תנועה, אלא יש צורך ברגולציה עוד טרם עליית הרכבים האלה על הכביש. הדילמה כבר מזמן אינה את מי יהרוג הרכב, את הילד המתפרץ לכביש או אם עם תינוקה שעל המדרכה, אלא מדובר בסוגיות כמו אבטחת סייבר, פרוצדורות רישוי, היבטי פרטיות (היכן היא, לאן בכוונתנו לנסוע, וחיישנים אחרים), ממשק בין חקיקה של מדינות שונות אבל הכי חשוב, הגדרת החבות לתאונות שייגרמו על ידי רכב אוטונומי. מומחי משפט לא יודעים כיצד להתמודד עם חוסר ההבנה כיצד פועלת מערכת לומדת וכיצד נעשית קבלת ההחלטות שלה. מתמטיקאים מצידם, מנסים ללמד מכונות לחשוב בצורה "סמנטית", כלומר, באמצעות כללים מבוססי מילים. הוראות כמו: "סע בעקבות הרכב שלפניך", "עקוף את הרכב משמאל", הן הוראות שגם משפטנים יבינו. אבל, כשהמתמטיקאים מנסים לעצב "נהג אוטונומי סביר" וללמד את המכונות כללי בטיחות נוצר מתח בינם לבין המשפטנים. מימוש האתגר של מציאת המרחב המשותף בין המשפטנים והמתמטיקאים בנוגע לרכב האוטונומי, על מאפייניו הייחודיים, יהיה קריאת כיוון להבנת עולם הרגולציה על שימושים נוספים ורחבים של בינה מלאכותית.

⁴⁶ <https://www.idi.org.il/articles/34237>



מגמות בישראל

אומת הסטארט-אפ (Startup Nation) נמצאת ממש במרכז הסצנה של הבינה המלאכותית ונכון להיום, בישראל עובדות אלפי חברות הזנק המשתמשות בבינה מלאכותית. אנו נחשפים חדשות לבקרים לתחומים ודרכים נוספות ומגוונות בהן בינה מלאכותית תשפיע עלינו בעתיד. אחת הרכישות הגדולות שנעשו בישראל הייתה הרכישה של Mellanox הישראלית על ידי Nvidia. יכולות העיבוד של Nvidia לצד הקישוריות המדהימה של Mellanox מאפשרות לחוקרים ומפתחים לעבד ולהעביר כמויות עצומות של מידע ויחד, שתי החברות מספקות את הכלים והמשאבים הנדרשים למפחתי בינה מלאכותית להמשיך ולהתקדם.

בפברואר 2020 מונתה בישראל ועדת בדיקה לבחינת הצורך בהתערבות ממשלתית לשם האצת התפתחות תחום הבינה המלאכותית ומדע הנתונים. מדינות רבות בעולם מרכזות מאמץ מיוחד בקידום תחומים אלה, כמו: ארה"ב, האיחוד האירופי, סין, בריטניה, גרמניה, צ'כיה, צרפת, דרום קוריאה, סינגפור ורבות נוספות, שהגדירו תוכניות לאומיות בהשקעה של מאות מיליונים עד מיליארדי דולרים, שתפרסנה על-פני תקופות זמן של עד עשור.

במחקרים השוואתיים עולמיים שנערכו לאחרונה, נמצא פער מדאיג בין הדירוג הגבוה של ישראל במחקר ופיתוח ובצד המסחרי, למול הדירוג הנמוך בתשתיות הנדרשות ובאסטרטגיה הממשלתית המעיב על התקדמותה של ישראל ועל יכולתה לבסס את מעמדה בתחום. פיגור זה סופו שיפגע משמעותית גם בהיבטים שבהם הצליחה ישראל להתבלט לטובה עד כה. לאור זאת המליצה הוועדה להקים מנגנון שיתופי ייעודי שתתווה פתרון מערכתי לקידום המחקר והפיתוח בתחום בינה מלאכותית ומדע הנתונים. למדינת ישראל את הפוטנציאל וההזדמנות להיות מדינה מובילה בתחום ותוכנית לאומית חיונית לחוסנה של מדינת ישראל, להעמקת המחקר האקדמי, להרחבת הבסיס התעשייתי, ליצירת הזדמנויות כלכליות משמעותיות ולקידום דרמטי של היכולות הביטחוניות הישראליות.

התוכנית הלאומית המוצעת מתמקדת בארבעת ההיבטים שהוגדרו בכתב המינוי: תשתיות, הון אנושי, רגולציה ונגישות לנתונים. באשר להון האנושי בבינה מלאכותית, זיהתה הוועדה פער כמותי משמעותי המתחיל כבר באקדמיה, ומשליך כפועל יוצא גם על התעשייה ומערכת הביטחון. היקף הסגל האקדמי בתחומי הליבה אינו מספיק לצורך הכשרת ההון האנושי הנדרש ומשמעות הדבר היא פער משמעותי בין הביקוש להיצע, בכלל התפקידים בעולמות הבינה המלאכותית. כמו כן, מחסור בתשתיות הכוללות



יכולות מחשוב ונגישות לנתונים, חוסמות אפשרות לרכישת המיומנויות הנדרשות בשל חוסר היכולת להכשיר ולאמן את ההון האנושי בתחומים אלה. בנוסף, בהיעדר יד מכוונת ורגולציה מאפשרת אין לעוסקים בתחום בישראל נגישות מספקת לנתונים.

מכיוון שהתחום דורש תשתית אנושית מגוונת שהכשרתה אורכת זמן רב נדרש מאמץ מרוכז למיצוי הפוטנציאל של התחום. התוכנית המומלצת של הוועדה, כוללת מספר רב של סעיפים, אך במסמך זה נתייחס להמלצות בתחום החינוך ובממשקים עימו, דוגמת:

- הכשרת הון אנושי לנושאי מחשוב על ומרכזי מידע, שיספקו שירותים לאקו-סיסטם כללי
 - קידום ומיקוד הון אנושי על-ידי קליטת אנשי סגל, בניית תוכניות לימודים אקדמיות והכשרות בתעשייה כולל מתן מלגות ותמריצים נוספים וחיבורים בין סטודנטים לתארים מתקדמים במחקר לעבודה בתעשייה.
 - עידוד מחקר ופיתוח לקידום תעשיית הבינה המלאכותית מתן מענקי מחקר ייעודיים לחוקרי אקדמיה בבינה מלאכותית והעברת ידע מהאקדמיה לתעשייה.
 - יצירת קתדרות לחוקרי בינה מלאכותית ישראלים מובילים בארץ ובעולם.
 - השקעה בפיתוח קורפוסים (אוסף מאמרים, ספרים וכדומה שנכתבו בנושא מסוים) וכלי עיבוד שפה טבעית לשפה העברית והערבית עבור התעשייה וצרכי המגזר הציבורי.
 - הרחבת ההכשרה והיישום של בינה מלאכותית בתחומי מחקר נוספים באקדמיה מלבד תחומי הליבה.
- מילות הסיכום של הוועדה מציגות בצורה הטובה ביותר את חשיבות הבינה המלאכותית ומדע הנתונים. מהיותם תחום צומח ובעל פוטנציאל גבוה להשפעה על מגוון תחומים, הנמצא בשנים האחרונות בהתפתחות מואצת. לישראל יש בו צורך אסטרטגי מהיותו בעל פוטנציאל דרמטי לשימור וחיזוק החוסן הלאומי, הביטחוני, האקדמי והעסקי. מכיוון שהתחום דורש תשתית אנושית מגוונת שהכשרתה אורכת זמן רב, נדרש מאמץ מרוכז למיצוי הפוטנציאל של התחום. ואנו מוסיפים ואומרים, כי למערכת החינוך תפקיד מפתח בתהליך המשמעותי של הפיכת הפוטנציאל למציאות.

קטגוריה - בטחון ברשת

מאפייני הקטגוריה - טכנולוגית, גלובלית, בצמיחה; אימפקט - גבוה



איור 12 - מדד הבטחון הלאומי, מגמות בדעת הקהל בישראל

https://www.inss.org.il/he/wp-content/uploads/sites/2/2020/06/memo200_e.pdf

לכל אזרח קיימת הזכות הבסיסית לביטחון, הן בעולם הפיסי והן הקיברנטי. העובדה שהגבולות בין העולמות מיטשטשים יוצרת מחד אתגרים ומאיךך הזדמנויות בכל הקשור לשמירה על בטחון כל פרט בכל היבט ומרכיב. אם בשמירה על בטחונו בבית וברחוב, אם בעת שימוש ברשת ובכלים דיגיטליים ואם בכל הנוגע לשמירה על חיסיון המידע והנתונים הנאספים עליו. מפת מגוון ההיבטים הקשורים בביטחון מפורטת באיור 7.

הצורך להבטיח ביטחון במגוון מובנים והיבטים מעלה תהיות לגבי הגדרת תחום האחריות של הפרט והמדינה. שהרי רוב האנשים פשוט לוחצים על "כן" בכל פעם שהם מתבקשים למלא או לאשר טופס דיגיטלי. אמנם לא ניתן לצפות שמשתמשים ברשת יקראו את התנאים הארוכים או יעריכו את כל הסיכונים בכל פעם שהם משתמשים בשירות, אך כל נתון שמשתפים במודע או שלא במודע, חושף הרבה מאוד מידע לא רק על הפרט המשתף אלא גם על משפחתו, מקום עבודתו חבריו ועוד. לדוגמא, פרסומים אישיים ברשתות חברתיות יכול להשפיע על דמי הביטוח של החברים של המפרסם. מציאות



זו מעלה שאלות אתיות חשובות: האם שיתוף המידע הזה אמור להיות תלוי במפרסם בלבד? מהי אחריותו של הפרט ומה מקומה של המדינה?

מגמות עולמיות

מודל "ההסכמה האישית" נשבר

חברות טכנולוגיה הוכיחו שהן אינן דואגות לאינטרסים של הפרט בכל הנוגע לנתונים האישיים שלו⁴⁷. מידע של פרטים ברחבי העולם, הודלף, נפרץ ונמכר פעמים רבות יותר ממה שניתן לשער או לספור. יותר ויותר ברור שהבעיה העיקרית טמונה במודל הפרטיות המוכר המסורתי לפיו הפרט בעיקר אחראי לניהול ההגנה על פרטיותו. אמנם ממשלות ופוליטיקאים מנסים להסדיר את איסוף הנתונים מהציבור⁴⁸. ומנסים ליישם משטרים להגנת נתונים, כגון רגולציית ה-GDPR General Data Protection Regulation של אירופה שנכנסה לתוקף במאי 2018. הרגולציה מכילה הוראות מחייבות החלות על גופים שונים האוספים ומעבדים מידע אישי (בר זיהוי) המצוי ברשת אודות אזרחי האיחוד האירופי בכל נושאי פרטיות ואבטחת המידע. מטרת הרגולציה הינה להגן על האזרחים בכל הקשור לעיבוד וחשיפת המידע האישי שלהם, תוך החזרת השליטה ואפשרות הבחירה בכל הנוגע למידע האישי שחשוף ברשת הדיגיטלית. אך בפועל, בהתחשב בדרכים הרבות בהן ניתן לאסוף או להשתמש בנתונים, קשה לדמיין שתקנות רחבות יספיקו.

נאמנויות נתונים – מציעות גישה חלופית אשר חלק מהממשלות מתחילות לבחון. זוהי ישות משפטית האוספת ומנהלת את הנתונים האישיים של אנשים מטעמם. וכשם שזו חובתם של רופאים לפעול לטובת מטופליהם, כך מוטלת חובה חוקית על נאמני נתונים לפעול לטובת לקוחותיהם. המבנה והתפקוד של ישויות אלו עדיין בתהליכי הגדרה ויש למצוא מענה לעוד שאלות רבות, אך אין ספק שנאמנויות נתונים נדרשות לשם פתרון פוטנציאלי לבעיות ארוכות טווח בפרטיות ובאבטחה. המודל של נאמנויות נתונים למרות היותו חדש יחסית, צובר פופולריות במהירות. בשנת 2017, ממשלת בריטניה הציעה אותן לראשונה כדרך להעמיד מערכי נתונים גדולים יותר להכשרת בינה מלאכותית. הנציבות האירופית בתחילת 2020 הציעה זאת כדרך להעמיד נתונים נוספים למחקר וחדשנות. וביולי

⁴⁷ <https://www.technologyreview.com/2021/02/24/1014369/10-breakthrough-technologies-2021/>

⁴⁸ <https://www.technologyreview.com/2021/02/24/1017801/data-trust-cybersecurity-big-tech-privacy/>

⁴⁹ <https://gdpr-info.eu/>



2020, ממשלת הודו הציגה את הנאמנויות כמנגנון להענקת שליטה גדולה יותר לקהילות בכל הקשור בנתונים שלהם.

פרויקט **TRUSTS – Trusted Secure Data Sharing Space** – מקדם פיתוח פלטפורמת שיתוף נתונים לשם שיתוף וחילוף נתונים מאובטחים, אמינים ותואמי ⁵⁰ **GDPR** הפרויקט במימון האיחוד האירופי שואף להחזיר את האמון לשוק הנתונים על ידי פיתוח פלטפורמה אמינה ויישום אתיקה מותאמת לשוק הנתונים. התמודדות מהירה ועמוקה עם נושאים אלו נדרשת כדי לחזק את האימון בשוק הנתונים, הנתון בקריסה לאור נפילה חדה באמון כלפי פלטפורמות הנחשבות לבטוחות ומודעות לפרטיות. חוסר האמון פוגע קשות בכלכלת הנתונים וסביר להניח שנפילה זו תימשך אם לא יאומצו תקנים מתאימים. לאור זאת, מקדם הפרויקט מאמץ שיתופי עולמי לשם יצירה והקפדה על סטנדרטים אתיים גבוהים ברחבי העולם⁵¹. שותפים בפרויקט מגוון גופים וארגונים בינלאומיים מכל קצווי תבל ויעדיו האסטרטגיים הם: (1) קוד התנהגות עולמי לממנים (2) כלי מקוון לביצוע מחקר הוגן (3) כלי מעקב אחר תאימות ואתיקה, הלוקח בחשבון משאבים מוגבלים.

אמון אלגוריתמי⁵² (Algorithmic trust) מציע מודלים המבטיחים את פרטיותם ואבטחתם של נתונים, מקורם של נכסים וזהותם של אנשים ודברים. חשיפה נרחבת של נתוני צרכנים, חדשות וסרטונים מזויפים ובינה מלאכותית מוטה, גרמו לארגונים לעבור מרשויות מרכזיות וממשלתיות לאלגוריתמים מהימנים. טכנולוגיות מתפתחות נוספות במגמת האמון האלגוריתמי כוללות פרטיות דיפרנציאלית, בינה מלאכותית מוסברת (Explainable AI) שייעודה הוגנות והיא נועדה להסביר את כוונתה, הנמקתה ותהליך קבלת ההחלטות שלה באופן שניתן לפירוש והבנה על ידי האדם הרגיל. ובינה מלאכותית אחראית (Responsible AI) העוסקת בהזדמנויות החדשות לשיפור חייהם של אנשים ברחבי העולם, החל מעסקים ועד שירותי בריאות וכלה בחינוך אותם מזמנת הבינה המלאכותית, תוך שהיא מעלה שאלות חדשות לגבי הדרך הטובה ביותר לבנות הגינות, פרשנות, פרטיות ואבטחה במערכות אלה.

מחשוב שיפור פרטיות⁵³ (Privacy-enhancing computation) הינו היבט נוסף המאפשר לארגונים לשתף פעולה במחקר באופן מאובטח בין אזורים ובין מתחרים מבלי לוותר על סודיות. הגישה תוכננה במיוחד לצורך הגובר בשיתוף נתונים תוך שמירה על פרטיות או אבטחת מידע. חישוב שיפור פרטיות

⁵⁰ <https://www.trusts-data.eu/>

⁵¹ <http://trust-project.eu/the-project/about/>

⁵² <https://www.technologyreview.com/2021/02/24/1014369/10-breakthrough-technologies-2021/>

⁵³ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-technology-trends-for-2021/>



כולל שלוש טכנולוגיות המגנות על נתונים בזמן השימוש בהם: (1) טכנולוגיה המספקת סביבה מהימנה בה ניתן לעבד או לנתח נתונים רגישים. (2) טכנולוגיה המבצעת עיבוד וניתוח באופן מבוזר. (3) טכנולוגיה המצפינה נתונים ואלגוריתמים לפני עיבוד או ניתוח.

גם את הבטחון הפיסי של הפרט חשוב לשפר באמצעות מיקום היפר-מדויק (Hyper-accurate positioning) - GPS של ימינו מדויק בטווח של 5 עד 10 מטרים, טכנולוגיות מיקום היפר-מדויקות חדשות מאפשרות דיוק ברמה של סנטימטרים או מילימטרים. הדבר מאפשר להציע אזהרות ממפולות ואסונות קרבים, רובוטים למשלוח ליעד מדויק ומכוניות בנהיגה עצמית שיכולות לנווט בבטחה ברחובות. מערכת הניווט העולמית BeiDou הסינית מספקת דיוק מיקום של 1.5-2 מטרים לכל אדם בעולם ויכולה לרדת לדיוק ברמת המילימטר.

רשת אריג לאבטחת רשת Cybersecurity mesh

שמירה על הבטחון צריכה לבוא לידי ביטוי גם ברשתות התקשורת. טכנולוגיית Mesh המכונה בעברית "רשת אריג" נחשבת לפתרון הטכנולוגי המתקדם ביותר שנמצא כיום בשימוש, עבור רשתות תקשורת⁵⁴. הטכנולוגיה פועלת באמצעות פריסה של מספר תחנות תקשורת, המחוברות אל הנתב וגם אחת אל השנייה ומאפשרות מעבר אוטומטי מתחנה לתחנה כאשר המשתמש מטייל ברחבי החלל בה בשעה שמערך אנטנות מובנה מסייע לצמצם את הפגיעה במהירות הגלישה. התוצאה היא קליטה טובה יותר ברחבי המרחב, כמעט ללא פגיעה במהירות הגלישה וחווית שימוש חיובית, תוך שימוש במכשירי קצה של חברות תקשורת שונות. הטכנולוגיה אינה חדשה ולמעשה הייתה בשימוש כבר בסוף שנות התשעים של המאה הקודמת. ההתקדמות הטכנולוגית אפשרה את פריצת הדרך כיום. החסרונות כוללים: טווח קליטה מוגבל בגלל קירות למשל. עומס על נקודת גישה אחת הנותנת מענה למספר משתמשים בו זמנית, יוצרת עומס על הנתב וכתוצאה, האיכות נפגמת.

שימוש ב- **Mesh** באבטחת סייבר מייצגת גישה אדריכלית מבוזרת לבקרת אבטחת סייבר הניתנת להרחבה, מהיותה גמישה ואמינה. נכסים רבים קיימים כיום מחוץ להיקף האבטחה המסורתית, רשת אריג מאפשרת להגדיר את היקף האבטחה סביב זהותו של אדם או פריט, מה שמציע גישת אבטחה

⁵⁴ <https://www.smartcut.co.il/mesh-technology/>



מודולארית ומגיבה בהתאם לצרכי הרגע. גישה זו מחליפה את הגישה הביטחונית המסורתית של "עיר מוקפת חומה" וסביר שתמשיך ותתפתח ככל שתופעת הביזור תמשיך ותתרחב.

האבטחה עוברת לענן⁵⁵

מחשוב ענן משנה במהירות את טכנולוגיות המידע (IT) משפר את הפרודוקטיביות, מפחית עלויות ומעצים את יכולת הניהול. את אותם יתרונות ניתן להשיג על ידי העברת האבטחה לענן. ואכן אבטחת ענן מאפשרת: אבטחה מבוזרת מאוחדת ורחבה על כלל הארגון במקום פתרונות נקודתיים; אבטחת העובדים ומכשירי הקצה בהם עושים שימוש בכל עת ובכל מקום בו הם עובדים; שיפור מתמיד של ביצועים וחויית משתמש; חיסכון, לאור דיווח בזמן אמת אינטראקטיבי ומאוחד, עלויות פריסה, תחזוקה וניהול שוטף מינימליות ושילוב ואיחוד של מוצרים נקודתיים.

אך לא ניתן לבנות את היקום החדש של ענן וניידות בארכיטקטורות הרשת של פעם⁵⁶. הפרדיגמה החדשה מציעה גישה מאובטחת לשירות קצה, **Secure Access Service Edge (SASE)** (ומבוטא כמו "חצוף" באנגלית). קצה שירות הגישה המאובטחת (SASE) אינו טכנולוגיה אחת, אלא מודל⁵⁷ שירות יחיד, גמיש ופשוט באמצעות ענן מבוזר, הכולל ביצועים מוגברים, זמינות חסרת גבולות והגנה מלאה על הפעילות, ללא קשר אם משתמש נמצא ברשת הארגונית או מחוצה לה, או במילים אחרות, מסגרת המאפשרת לחבר באופן מאובטח ישויות כגון משתמשים והתקנים ליישומים ושירותים כאשר מיקומם עשוי להיות בכל מקום. בניגוד למודלים מסורתיים בהם קישוריות ואבטחה התמקדו במרכז הנתונים, עליהם להתמקד בזהות המשתמשים והמכשירים. ובמקום שהאבטחה תתמקד בקצה מרכז הנתונים, עליה להימצא בכל שלב בתהליך. היתרונות העיקריים של SASE הם: הפחתת עלויות IT וצמצום מורכבות - בהתבסס על הרעיון של עיבוד מידע קרוב לאנשים ולמערכות הזקוקות לו. חווית משתמש מהירה וחלקה - במקום לשלוח את במקום לשלוח את המשתמש לאבטחה, הוא שולח אבטחה למשתמש באמצעות ניהול חיבורים חכמים בבורסות האינטרנט וייעול חיבורים ליישומי ענן ושירותים כדי להבטיח זמן אחזור נמוך. וצמצום סיכון - הגדרת אבטחה, כולל מניעת איומים והגנת נתונים, כמרכיב מרכזי במודל הקישוריות ולא כפונקציה נפרדת, מבטיחה כי כל החיבורים נבדקים ומאובטחים, לא משנה היכן משתמשים מתחברים, לאילו אפליקציות הם ניגשים, או כל הצפנה שניתן

⁵⁵ <https://comtact.co.uk/blog/10-reasons-why-security-is-moving-to-the-cloud/>

⁵⁶ <https://www.zscaler.com/blogs/company-news/new-report-gartner-research-future-network-security-cloud>

⁵⁷ <https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/what-is-sase>



להשתמש בה. טרנספורמציה עסקית דיגיטלית גורשת יותר זריזות ופחות מורכבות לשם גישה עקבית ומאובטחת וזמינה ברחבי העולם ליישומים ושירותים, ללא קשר למיקומם, תפקידם או באילו מכשירים הם משתמשים.

מגמות בישראל

כיצד הפכה ישראל למעצמת סייבר⁵⁸? הסייבר לא הומצא בישראל אך ישראל הייתה הראשונה בעולם שהפכה את טכנולוגיית הסייבר לעיסוק לגיטימי עבור התעשייה האזרחית, המחקר האקדמי, הלימוד והחינוך ושאר תחומי החיים האזרחיים. "איומי סייבר" כוללים כוללת מגוון תופעות, אשר פריצה למאגרי מידע ממוחשבים של ממשלות, גניבת כספים באמצעות הוראות בנקאיות מזויפות, פרסום מספרי כרטיסי אשראי, "נעילת" אתרים כסחיטה ושחרורם תמורת כופר, השחתת אתרים, שיתוק ופגיעה בתחנות כוח, במערכי תובלה (כולל תעבורה ימית ואווירית), פגיעה במתקנים רגישים (כמו הצנטריפוגות במתקן ההעשרה האיראני בנתאנד), ריגול בין מדינות וריגול מסחרי, הן רק חלק מהן.

עד לפני כעשור הכירו את המונח "סייבר" בעיקר יוצאי מערכות הביטחון והמודיעין. אך לאור ההתפתחות המהירה של טכנולוגיית המחשוב והמדיה הממוחשבת ששינו את האופן בו נדרש לאסוף מידע מאויבים ולפתח הגנה על המידע מקומי. התפתחות הטכנולוגיות המאפשרות להעביר כל מידע ללוחם בשטח ללא שהייה. המזעור המהיר של שבבי המחשב שאפשרו את כניסתם לכל פלטפורמת לחימה, כך שמחשבי ניווט והפצצה לקחו על עצמם חלק ממשימות הטייס, המלח והטנקיסט. ולבסוף, המחשבים שחדרו אפילו לנשק עצמו ופתחו את עידן החימוש החכם. כל אלו הובילו צבאות וביניהם צה"ל, לבחון להשתמש בטכנולוגיית הסייבר מעבר לצורכי איסוף מידע, גם כנשק. למשל, נטרול מטוסי אויב באמצעות פגיעה קינטטית, שיבוש פעולתם האלקטרונית או שיבוש המחשבים במטוסים על ידי וירוסים.

מהר מאוד התברר שהיכולת להשתמש בסייבר כנשק, כנגד מערכות צבאיות, אינה כה פשוטה, ודווקא קל יותר לשבש מחשבים של מערכות אזרחיות. ישראל בהיותה המדינה הממוחשבת ביותר במזרח התיכון, עלולה להיות פגיעה מאוד להתקפה כזו. ולכן, בשנת 2002 הקימה ממשלת ישראל את הרשות לאבטחת מידע בשירות הביטחון הכללי, שתפקידו פיקוח והגנה בתחום הסייבר על תשתיות לאומיות

⁵⁸ <https://forbes.co.il/israel-cyber/>



קריטיות, כמו ייצור חשמל, אספקת מים וכדומה. ישראל הייתה אז המדינה הראשונה בעולם שהתכוננה, הלכה למעשה, למלחמת סייבר עתידית.

תוכנית ייעודית הציעה שורת המלצות הנוגעות לטכנולוגיה, בניין היכולות, שילוב בין תעשיית הסייבר המפותחת בישראל, אקדמיה וגורמי ביטחון, חינוך בבתי הספר, הקמת מרכזי מצוינות באקדמיה, פתרון סוגיות הייצוא, הקמת תשתיות לאומיות קריטיות. הרעיון המרכזי היה ליצור את מעגל הקסמים הבא: האקדמיה יוצרת ידע חדש, התעשייה נשענת על הידע הזה ומפתחת יכולות מתקדמות בעלות ערך מוסף גבוה בהתאם לצרכי השוק והביקוש העולמי. מערכת הביטחון נהנית מהידע והיכולות שנוצרות, ובתורה תורמת כוח אדם מעולה, צרכים והבנה ייחודיים המזינים את האקדמיה ואת התעשייה, וחוזר חלילה. כיום, כעשר שנים בלבד לאחר התנעת התוכנית, תופסת ישראל מקום מרכזי בעולם הסייבר, היא המדינה היחידה בעולם שבה ניתן ללמוד סייבר כמקצוע לבגרות, בכל אוניברסיטת מחקר יש מרכז למחקרי סייבר, מספר חברות הסייבר, החל מרמת ההזנק וכלה בחדי קרן (חברות שערבן למעלה ממיליארד דולר), הוא חסר תקדים. אך טכנולוגיית המחשוב אינה עומדת במקומה ולכן יש לבצע בהקדם את הקפיצה הבאה לטכנולוגיית מחשוב קוונטי שתגדיל את ביצועי המחשבים בפקטור שקשה לעכלו (פי 10 בחזקת 30).

הטכנולוגיה העכשווית הופכת כל מכשיר בחיינו (מקרר, רכב, מכונת כביסה) או סביבה (בית, עיר, מדינה) למבוקרי מחשב וקושרת הכל באמצעות ה"אינטרנט של הדברים". יתרה מכך, ההתפתחות בתחום האלגוריתמים הלומדים מוסיפה לחזון גם את הבינה המלאכותית. לשם כך נדרשת רמת אבטחה שתמנע מגורמים חורשי רעה לנצל את כל ההתפתחויות הללו לטרור, פשע וגרימת נזק בלתי הפיך. לכן, אבטחת הסייבר אינה עוד מטרה בפני עצמה, קרי, דהיינו אבטחת כל מה שמבוקר מחשב, אלא למעשה טכנולוגיה "מאפשרת" (enabler) בלעדיה לא נוכל להתקדם בכיוון הרצוי.

השלכות

ההיבט הטכנולוגי הינו כאמור בעל שתי פנים חשובות, האחד הוא נמצא בתשתית כל השינויים ושנית הוא עומד בפני עצמו. ההשלכות הבולטות של המגמות הטכנולוגיות, בעיקר בהיבט החינוכי, הן:

גמישות הבאה לידי ביטוי בפלטפורמה חינוכית חכמה ומחוברת, המתאים ומארגן את עצמו כל פעם מחדש, על בסיס המצב הקיים. המודל מאפשר גישה מכל מקום ובכל מקום, ולפיו לומדים, מורים,



הורים מנהיגות חינוכית ובעלי עניין אחרים, יכולים לפעול בסביבות מרוחקות פיזית ויחד מפתחים חווית למידה כוללת המשלבת בין חוויות כל המעורבים. יכולות אלו נשענות על הענן המבוזר המאפשר גישה נוחה, על גבי רשת תקשורת ועל פי דרישה, למאגר שיתופי של משאבי מחשב, קרי, כוח חישוב (Compute), אחסון (Storage) וקישוריות (Networking). רשת אריג המבטיחה תקשורת ידידותית, אחידה וזמינה ללא תלות בספק מוגדר.

התרחבות האינטרנט של הדברים הופך את סביבת הלמידה לחכמה ומגיבה יותר, באמצעות מיזוג יקומים דיגיטליים ופיזיים. והאינטרנט של ההתנהגות לוקח זאת צעד אחד קדימה, ומשפיע על ההתנהגויות האנושיות בסביבות הלמידה באמצעות לולאות משוב. העצמה אנושית משפרת יכולות קוגניטיביות של הלומד לחשוב ולקבל החלטות טובות יותר בתהליך הלמידה ותורמת המיוחד לאוכלוסיות מוגבלות להתנסויות מרתקות באופן וירטואלי שעה שביצוען במציאות יסכנו את הלומדים.

בינה מלאכותית תורמת ליעילות מהירות ודמוקרטיזציה של הלמידה ועוזרים וירטואליים וצ'טבוטים תומכים בלומד עצמאי, בכל הקשור למקום הלמידה, התכנים הקצב ואופן הלמידה.

מאגרים של נתוני עתק עלולים לסכן את בטחון הלומדים ובני משפחותיהם, מאחר מודל הפרטיות המוכר המסורתי לפיו הפרט בעיקר אחראי לניהול ההגנה על פרטיותו פשט את הרגל. ממשלות ופוליטיקאים מנסים להסדיר וליישם משטרים להגנת הלומד ונתוניו. את הנתונים מאבטחים באמצעות נאמנויות נתונים, לדוגמא, ישות משפטית האוספת ומנהלת את הנתונים האישיים של אנשים מטעמם. ואת הבטחון הפיסי של הלומד באמצעות מיקום היפר-מדויק המאפשר מעקב אחר מיקומו ושלומו כל העת.



אתגרים חינוכיים

קטגוריות לאתגרים: פתיר, קשה, סורר

פתיר - הטמעת אוריינות דיגיטלית בקרב צוותי הוראה

אוריינות טכנולוגית דיגיטלית⁵⁹ הינה שם כולל לאוסף מיומנויות ותחומי ידע ספציפיים שכל אדם צריך לפתח על מנת להשתתף באופן פעיל בעולם עתיר טכנולוגיה. אוריינות דיגיטלית⁶⁰ (Digital literacy) נתפסת כמיומנות הישרדות מהייתה הכרחית לחיים במציאות המשתנה. זוהי סוג של אוריינות מדיה המתמקדת ביכולת להבין את סביבת המחשב והאינטרנט ומייצגת מגוון מיומנויות טכניות, קוגניטיביות וסוציולוגיות לביצוע מטלות ולפתרון בעיות בסביבות דיגיטליות ואין הכוונה לשליטה מינורית בהקרנת מצגות או הקלדת מסמך בוורד. אדם בעל אוריינות דיגיטלית מכיר עקרונות בסיסיים של מחשבים; הוא בעל מיומנויות בשימוש ברשתות מחשבים; יכול לקחת חלק בקהילות מקוונות ורשתות חברתיות תוך הקפדה על כללי התנהגות מקובלים; בעל כישורי חשיבה ביקורתית; מפגין יכולת למצוא, לאחזר, להעריך ולהבין מידע שהועלה על ידי טכנולוגיה דיגיטלית; ומסוגל לנצל באופן יעיל את יתרונות הטכנולוגיה באופן בטוח, תוך הישמרות מפני סכנות אפשריות.

בפועל רבים מאנשי הצוות החינוכי אינם שולטים במיומנות זו ברמה הנדרשת, אם בגלל העובדה שמיומנויות אלו לא נלמדו בתקופת לימודיהם ואם בגלל שאינם עומדים בקצב השינויים המואץ. לכן נדרשת תכנית שיתופית סדורה ומוסכמת לאורך זמן, עם המכללות להכשרת מורים והפסגות שיכשירו מורים לאחר תום לימודיהם. ההכשרות צריכות להיות מותאמות לצרכי השטח, כולל מעקב מתמיד אחר חידושים בתחום. הלומדים יוערכו בהתאם לקריטריונים אחידים ומוסכמים ויידרשו לעמוד ביעדים שיוגדרו, עמידה ביעדים תבטיח תגמול וכישלון יגרור חוסר יכולת לעסוק בהוראה. יוקצב זמן ייעודי מספיק להכשרות בהתאם לסגנון ההדרכה, מקומי (בית ספרי) או אזורי, מקוון או פנים אל פנים, פרטני או בצוות. בנוסף, חשוב ליצור "מרכז תמיכה" שיספק שירותי ליווי ותמיכה במרבית ימות השבוע (אפשר בהחלט באמצעות בוטים).

⁵⁹ מתוך ענן החינוכי, המסגרת המושגית:

https://sites.education.gov.il/cloud/home/tikshuv/Pages/misgeret_musagit.aspx

⁶⁰

https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%90%D7%95%D7%A8%D7%99%D7%99%D7%A0%D7%95%D7%AA_%D7%93%D7%99%D7%92%D7%99%D7%98%D7%9C%D7%99%D7%AA



תוכניות הכשרה למורים ופרחי הוראה כבר קיימות מזה זמן רב, וניתן בקלות יחסית לקדם תוכנית מעין זו שתוארה לעיל. האתגר טמון בנכונות להכיר בחשיבות האוריינות הדיגיטלית כמיומנות הישרדותית הנמצאת בראש סולם העדיפויות, שמין הראוי להשקיע בה משאבים מרובים, ובמקביל חוסר היכולת לנקוט באמצעים מול מורים שחסרים אותה.

קשה - תשתיות טכנולוגיות ומכשירי קצה זמינים

בעקבות מגפת הקורונה נסגרו בתי הספר והלמידה בהם עברה להתבצע מרחוק. עדיין לא ברור מהן מכלול ההשלכות של השינוי אבל ברור לחלוטין שהשכבות המוחלשות בחברה נפגעו יותר מאלו המבוססות, והפער הדיגיטלי מציב אתגר קשה בפני מערכת החינוך בכל הקשור לאוכלוסיות מוחלשות⁶¹.

פער דיגיטלי (Digital Divide) הוא הפער בין אלו שיש להם גישה לטכנולוגיות מידע ותקשורת ויודעים להשתמש בהן בצורה מיטבית, ובין אלו שאין להם גישה או ידע כזה. אי שוויון בא לידי ביטוי בפערים הבאים: פער בגישה לטכנולוגיות מידע ותקשורת ובעלות עליהן, בכל הקשור לתשתיות ראויות במקום המגורים (חשמל, טלפון ואינטרנט בעיקר) ובעלות על אמצעי קצה (מחשב, טאבלט או טלפון חכם). פער השימוש באוריינות או במיומנויות, המתייחס לחוסר היכולת להשתמש באופן מיטבי בטכנולוגיית מידע ותקשורת. ופער ההשתתפות, הנגזר מהפערים הקודמים, ועוסק בחוויית המשתמש שעלולה להיות מאוד מתסכלת. בתקופת הקורונה התווסף מאפיין נוסף של מחסור בתשתיות איתנות ומכשירי קצה לאור הצורך של כל בני הבית להשתמש בטכנולוגיה לצורכי לימודים או עבודה במקביל, מה שהותיר חלק מהם ללא גישה זמינה למחשב.

מחקרים מצאו כי משתני ההשכלה והמעמד הסוציו-אקונומי הם מנבאים חשובים של הבדלים בנגישות לאינטרנט. יש קשר בין המעמד הסוציו-אקונומי של המשתמש לאוריינות הטכנולוגית שלו, אנשים בעלי מעמד סוציו-אקונומי גבוה משתמשים באינטרנט בהיקף רחב יותר ובצורה יעילה ומתוחכמת שעה שבעלי מעמד סוציו-אקונומי נמוך משתמשים בו בשטחיות.

לאור זאת ברור שתשתיות תקשורת ומכשירי קצה הינם צורך אלמנטרי במערכת החינוך. כשם שבעבר לא ניתן היה להעלות על הדעת שתלמיד ילמד ללא מחברת, עיפרון וספר, כיום לא ניתן לצפות ממנו

⁶¹ <https://bitaon.macam.ac.il/articles/12682>



ללמוד ולהתפתח ללא תשתיות תקשורת ומכשירי קצה. ואם בעבר נבנו ספריות לספרי לימוד ותקצבו פריטים אלמנטריים ללומדים ממעמד סוציאקונומי נמוך, כך היום יש לספק לכל ילד את התשתיות המהירות ואת מכשירי הקצה הנחוצים. וגם אם זו נראית כרגע הוצאה גדולה, מן הראוי לזכור כי אותם ילדים מעוטי יכולת שהפערים הסוציאקונומיים עלולים למקם אותם כעוד דור של אוכלוסייה מוחלשת, בטיפול מתאים ועם הזדמנות שווה יתקדמו, יתפתחו ויתרמו למדינה במקום להיות עליה לנטל.

בטחון מידע ונתונים

הסוכנות המשטרתית של האיחוד האירופי הודיעה לאחרונה שהאקרים ופושעי סייבר מנצלים טכנולוגיות חדשות ופרצות אינטרנטיות כדי לאתר מטרות רווחיות⁶². היורופול מעדכן שמידע דיגיטלי הפך למטרה עיקרית להאקרים ופושעי סייבר המבצעים פשעי גניבה והונאה. בנוסף עולה נושא ההטרדה המינית בקרב קטינים על בסיס טכנולוגיות ה- Deep Fake המבוססות על בינה מלאכותית ומאפשרות ייצור סרטונים, צילומים, וקטעי קול מזויפים מעלות חששות בהקשר לניצול מיני של ילדים.

האתגר העיקרי נגזר מכך שהטכנולוגיות המתפתחות מקדימות בהרבה את המחקר, מדינות אינן עומדות בקצב ואינן מסוגלות לספק לאזרחיהן בטחון בעולם הקיברנטי והפגיעה באזרחים גולשת לעולם האמיתי. חלק מהבעיה נובע גם מכך, שאין מדובר בגורמים עברייניים אלא ארגונים ענק עסקיים בעלי אינטרסים המנצלים "שטחים אפורים" טרם כניסת המחקר לתמונה.

במציאות זו חייב כל פרט, הורה, מורה או איש צוות חינוכי לוודא שכל ילד כבר מגיל צעיר יהיה ער לחשיבות אבטחת המידע ולסיכוני הרשת. לשם כך יש לבנות מהר ככל האפשר תוכניות חינוכיות לאומיות, ולהבטיח את יישומן בשטח. זהו אתגר לא פשוט הדורש משאבי כסף והון אנושי כדי לבצע הכשרות של מומחים בתחום, אך כל עיכוב בתחום מעלה את הסיכון להעצמת הסיכון והרחבתו, לאור ההתפתחויות הטכנולוגיות החדשות וההזדמנויות הנוצרות לעשות בהן שימוש לרוע.

⁶² <https://i-hls.com/he/archives/95716>

הזדמנויות חינוכיות

קטגוריות להזדמנויות: **Low Hanging Fruits** (הזדמנויות קלות ליישום) ; הזדמנויות קשות ליישום; הזדמנויות לא בשלות.

Low Hanging Fruits – הוראה ולמידה היברידית כתורמות לשוויון הזדמנויות

ההוראה ההיברידית כבר אינה דבר חדש אך השנה היא האירה פריצות דרך שמן הראוי להמשיך ולפתח אותן. הוראה ולמידה היברידית עשויות לאפשר למומחים בתחום להגיע בו זמנית, לקהל לומדים רחב ומגוון, בכל מקום ובכל עת באופן מקוון, פיסי או מעורב, בהתאם לצורך.

יכולת זו מאפשרת להציע שוויון הזדמנויות ללומדי הפריפריה ו/או אוכלוסיות מוחלשות ועשויה לצמצם פערים סוציאקונומיים, ובתנאי שתיעשינה ההכנות המתאימות ותותקנה התשתיות המתאימות. על מנת שההזדמנות הזו תניב את הפירות הראויים, יש להתייחס למגוון היבטים, פדגוגיים אנושיים, ארגוניים ותשתיתיים, אך מאחר ופרק זה עוסק במגמות טכנולוגיות, נתמקד בדרישות הבסיס הטכנולוגיות לקידום הוראה ולמידה היברידית, ואלו הן:

תשתיות פיסיות ומכשירי קצה – יש לוודא שבכל מרחב למידה אם פיסי ואם מקוון תהיה תשתית מתאימה, טכנולוגית או אחרת שתאפשר ללומדים ולמורים ללמוד או ללמד, אם באופן מקוון ואם פנים אל פנים.

ליווי, הערכה וניטור הלומד והמורה

- ברמת הלמידה וההוראה – על מנת להבטיח למידה והוראה מותאמות אישית יש לאסוף נתונים של לומדים ומורים על מנת להעריך את עשייתם, תחומי העניין שלהם, נקודות החוזקה והחולשה שלהם ועוד, ובהתאם לספק להם את הדרך להשתפר ולהתפתח באופן המתאים להם ביותר, הן כלומדים והן כמורים.

- ברמת השלומות – סביבות למידה והוראה טכנולוגיות, עלולות לפגוע ברווחת הפרט אם בגלל חוסר ידע ואם בגלל חוסר זמינות למכשירים רלבנטיים. יש לזהות את המצוקות האישיות של המעורבים ולהבטיח טיפול מהיר ויעיל. זיהוי מצוקות בקרב מורים יאפשר שימור מורים ובקרב תלמידים עשוי לצמצם נשירה ולהבטיח התפתחות מהירה.

קידום תשתיות שיתופי ידע – בין מורים ולומדים, בין לומדים ולומדים ובין מורים למורים, בכל עת ובכל מקום.

גיוס בעלי עניין נוספים – שינוי סגנון ההוראה והלמידה ושימוש רב יותר בטכנולוגיות דורשים מומחויות מקצועיות רלבנטיות:

- אחראית טכנולוגיית תקשורת ומידע – לתחזוקת התשתיות ומכשירי הקצה.
- אחראית פיתוח – המתאים את התכנים הרלבנטיים ללמידה מקוונת או ההיפך.
- מנהלת פרויקטים ומתכלל – היוצר ומוודא שסדר היום המשתנה יישמר והלומדים והמורים יעבדו לפיו.
- אחראית אבטחה מקוונת – לשמירה על הלומדים והמורים בפני בריונות ברשת, פגיעה בנתונים של לומדים, מורים ומשפחותיהם וכד'.
- מנהלת מידע – לתיעוד מיטבי של כל המידע הרלבנטי ואבטחת יכולת אחזור בעת הצורך.
- מנתחת נתונים – לאיסוף הנתונים והמידע, ניתוח המידע במידת הצורך ו/או הפניית המידע הדרוש לכל המעורבים לשם קבלת החלטות מיטביות, ללומד, למורה, למנהל או לכל בעל עניין אחר. אין ספק שהזדמנות זו לא תבוא לכלל יישום מלא באופן מיידי, אך כבר כיום קיימים מרכיבים מרובים שזמינים בבתי הספר ומאפשרים לקדם כבר בשנה הקרובה את השינוי הנדרש.

הזדמנויות קשות ליישום – מציאות מורחבת בשירות החינוך – מתי?

מציאות מדומה ורבודה הן טכנולוגיות בעלות יכולת לחולל מהפכה אמיתית בחינוך. אופיים הסוחף מעלה את חווית הלמידה של התלמידים, ומאפשר להם לקלוט חומר בדרכים שלא בוצעו קודם לכן. לומדים חזותיים, שהיכולת "לראות" תהליך, מאפיינת אותם, ייהנו מאוד מעולמות בהם יוכלו לדמיין מושגים וללמוד מיומנויות ומידע חדשים בצורה אינטראקטיבית⁶³.

יתרונות המציאות המורחבת נדונו בהרחבה במגמות, אך בפועל נראה שהטמעת המציאות המורחבת בחינוך, מתנהלת בעצלתיים, אם בכלל. יש התולים זאת בכובדה שלא ניתן להתעלם מהעובדה שיש

⁶³ <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2021/04/19/extended-reality-in-education-the-5-ways-vr-and-ar-will-change-the-way-we-learn-at-school-at-work-and-in-our-personal-lives/?sh=34af68681301>



סיכונים אישיים וחברתיים רבים שמגיעים עם המציאות המורחבת ובמיוחד בקצה הסוחר יותר של המציאות מדומה⁶⁴. החששות באים לידי ביטוי בהיבטים הבאים:

ההיבט המשפטי, מאחר והטכנולוגיה מתקדמת מהר יותר ממערכת המשפט, אין חוקים ברורים לגבי מה שמקובל ובלתי מקובל בסביבות וירטואליות, או אפילו באילו תחומי שיפוט הסביבות הללו נתונות. לדוגמא, האם תקיפת האחר במרחב וירטואלי נחשבת פשע? אמנם במשחקי וידאו שחקנים מכים ויורים בחבריהם הגיימרים, אך טכנולוגיות מציאות מורחבת יוצרות חוויה הרבה יותר סוחפת ובמצב וירטואלי היפותטי תקיפה עשויה להיראות אמיתית וטראומטית מאוד עבור הקורבן.

ההיבט המוסרי – השאלה מה מותר ומה אסור בסביבה וירטואלית אינה רק שאלה משפטית, אלא גם מוסרית. טכנולוגיות סוחפות מאפשרות לאנשים לעשות כל שברצונם, לכאורה ללא השלכות בעולם האמיתי. אבל עדיין לא נבדק, האם חציית גבולות מוסריים בעולם הווירטואלי משפיעה על הגבולות בעולם האמיתי? האם מותר לבצע פעולות לא מוסריות שאסורות בעולם האמיתי בעולם הווירטואלי?

הגדלת הפער הסוציאקונומי ושוויון הזדמנויות בחינוך – למציאות מורחבת יש את הפוטנציאל לחולל מהפכה בלמידה ולספק חוויות חינוכיות מעשירות לילדים. אך אם ההזדמנויות הללו אינן זמינות לכל, עולה הסיכון ליצירת מערכות חינוך אליטיסטיות עוד יותר והגדלת הפערים בין האוכלוסיות.

פרטיות וביטחון – מציאות מורחבת נוגעת בנתונים אישיים ורגישים ביותר, כולל פוטנציאל ההתנהגויות והמחשבות האינטימיות ביותר של הפרט. לדוגמא, מעקב אחרי תנועות עיניים מאפשר גם לחברות לאסוף נתונים אישיים מאוד על התגובות הלא מודעות של הפרט לרמזים חזותיים, בין אם הם וירטואליים, כמו במציאות מדומה או בעולם האמיתי, במציאות רבודה. דפוסים בתנועות העיניים מראים במה האדם מתמקד בכל זמן נתון, מה שמספק תובנות לגבי העדפותיו ומחשבותיו. במידע הזה יכולים מפרסמים להשתמש בפרסום מותאם, אבל גם לזהות את הנטייה המינית של הפרט ובמיוחד אל מי הוא נמשך.

ההיבט הבריאותי – משתמשים המבלים זמן רב במציאות מדומה מדווחים לעיתים על בחילות, סחרחורות וחוסר התמצאות. זו תוצאה של קבלת אותות חושיים מעורבים במוח, לדוגמא, העיניים רושמות תנועה במרחב הדיגיטלי בעוד האוזן הפנימית יודעת שהאדם עומד במקום בעולם האמיתי.

⁶⁴ <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2021/06/18/5-problems-and-solutions-of-adopting-extended-reality-technologies-like-vr-and-ar/?sh=48b0aab83f23>



יש מי שאינו חווה סימפטומים אלה כלל, בעוד שבקרוב אחרים אפילו חוויה קצרה מעוררת תופעות לוואי ארוכות טווח.

מקובל לחשוב שיתרונות המציאות המורחבת עולים בהרבה על החסרונות הפוטנציאליים. אך כדי לממש את היתרונות הללו ולהתגבר על החסרונות, יש להטמיע מושגים כמו אתיקה, אחריות, בטיחות ואמון בטכנולוגיות הללו. לשם כך נדרש קוד התנהגות עולמי בדומה לקודי ההתנהגות המופיעים כיום בתחום הבינה המלאכותית. בנוסף להיבט המוסרי והערכי, קיים ההיבט הכספי. אמנם משקפי מציאות מדומה כבר אינן יקרות כיום וניתן לקנות בעשרות בודדות של שקלים משקפיים באיכות סבירה, אבל ככל שהאיכות עולה כך גם המחיר והוא באלפי שקלים. כמו כן להנאה מחוויה משמעותית אינטראקטיבית, יש צורך במצלמות, טלפונים חכמים, ג'ויסטיק מתאמים, רמקולים ועוד מגוון מוצרים, כל זאת עוד לפני החישוב של פיתוח היישום במחיר שנע בין 50 אלף ל – 100 אלף דולר.