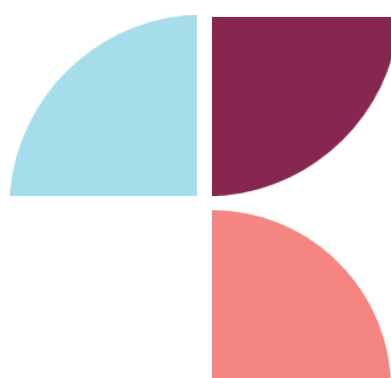




חינוך ולמידה בעולמות המטאווורס

זרקור תשפ"ג



חינוך ולמידה בעולמות המטאוורס

זרקור, ינואר 2023

כתיבה

ד"ר איריס פינטו, ד"ר אהרון האופטמן, ד"ר עמיר גפן

ליווי והכוונה

ד"ר עידית קמחי

נכתב עבור

הגב' מירב זרביב, מנהלת אגף מו"פ

עריכה ועיצוב

רחלי רגב, לילך דניאל ואילה צדוק

תוכן עניינים

4	1. מבוא
5	2. סריקת אופקים
5	2.1 רקע ומונחים
18	2.2 מגמות והשלכותיהן
30	2.3 אתגרים והזדמנויות
34	2.4 בישראל
35	2.5 תרחישים
41	3. מודלים ודוגמאות בישראל
43	4. אתיקה, הוגנות ושלמות
47	5. דיון והמלצות
53	6. סיכום
55	7. מקורות

1. מבוא

הטכנולוגיה מתקדמת ומציעה עולמות חדשים, סוחפים ומלאי דמיון. לכן, גם הדרך שבה מחנכים ילדים ומכינים מורים, חייבת להתאים לקצב השינוי. כשהחינוך אינו עומד בקצב של הקפיצה הדיגיטלית, הטכנולוגיה ולא המחנכים, היא זאת שמגדירה מהי הזדמנות חינוכית. לאור זאת, יוצרי מוצרים חינוכיים חייבים לשתף פעולה עם מחנכים, עם בעלי עניין במרחב החינוכי ועם מדענים, כדי להבטיח שילדים יחוו אינטראקציה חברתית אנושית אמיתית תוך כדי ניווט במרחבים וירטואליים - בייחוד מאחר שפעלנות ילדים מתפתחת בזמן שהם חוקרים את המרחבים הללו, שואלים שאלות, מהרהרים, וכמובן לומדים!

בשנים האחרונות, המונח "מטאוורס" עולה יותר ויותר כאחת מהטכנולוגיות המפציעות. לפי האקדמיה ללשון עברית, לא נקבעה חלופה עברית למונח זה, ומקובל להשתמש במונח הלוועזי. חלופה לא רשמית שלו כוללת את המונחים הבאים: "מרחב־על" וירטואלי/מקוון" או "מרחב־העל".

כחלק מתהליך המוכנות למציאות העתידית בסביבה החינוכית, מטרת הדו"ח הנוכחי היא לחקור כיצד פעילות במטאוורס יכולה לסייע למערכת החינוך להיות אפקטיבית ורלוונטית יותר - אם בהיבט של חוויית הלמידה והישגי התלמידים, אם בכל הקשור לצמצום כוח ההוראה ולחיסכון בעלויות, ואם בחינוך לפעלנות ולשלומות מורים ולומדים - כל זאת תוך התייחסות לאתגרים הנלווים. החקר נעשה באמצעות סריקה, חיפוש וזיהוי של דרכי שימוש מיטביות ושל מודלים חדשים מבוססי מטאוורס, שהנם בעלי פוטנציאל השפעה משמעותי על עולם החינוך, תוך התייחסות מעמיקה להזדמנויות ולסיכונים הנלווים.

פעילות זו היא חלק מהמאמץ של אגף מו"פ לזהות טכנולוגיות מפציעות וקיימות חדשניות ויעילות המבצבצות בקרב ארגוני חינוך בארץ ובעולם, תוך הבנה שגם אם המודלים הללו עדיין לא הוכחו כבעלי השפעה על ארגוני החינוך, הרי שהם מפגינים פוטנציאל משמעותי עתידי. את ההשפעה הרצויה ניתן יהיה להשיג באמצעות מתן חומרי רקע, ידע, תובנות והמלצות לכלל אנשי האגף, ובייחוד למעבדת מטאוורס וקטור טכנולוגיה, לשם הגדרת תפיסה.

מבנה הדו"ח הוא כדלקמן: פרק ראשון הוא המבוא. פרק שני הוא הבסיס לכול, והוא עוסק בסריקת אופקים - החל ברקע ומונחים, המשך במגמות והשלכות, אתגרים והזדמנויות והתייחסות לקורה בישראל, וכלה בהצעת תרחישי עתיד שעוצבו במיוחד עבור המסמך

הנוכחי. פרק שלישי מציג מודלים ודוגמאות בישראל. פרק רביעי עוסק באתיקה, הוגנות ושלמות, בייחוד תוך התייחסות למטאורס המתפתח. פרק חמישי מציע המלצות של מדיניות למערכת החינוך על מנת להתכונן להגעת המטאורס. פרק שישי מסכם את המסמך תוך שימת דגש על התובנות, ופרק שביעי מציין את המקורות.

2. סריקת אופקים

2.1 רקע ומונחים

תארו לעצמכם עולם וירטואלי שבו מיליארדי אנשים חיים, עובדים, קונים, לומדים ויוצרים אינטראקציה זה עם זה, אם תוך כדי פעילות נמרצת או תוך כדי ישיבה נינוחה על הכורסה בעולם הפיזי¹. למציאות העתידית הזאת יש כבר שם: "מטאורס", אבל בפועל, זה עוד לא ממש קורה.

המטאורס מוגדר כפלטפורמת מחשוב מרחבית המספקת חוויות דיגיטליות של עולמות דימויניים או העתק של העולם האמיתי, באמצעות היבטים כמו אינטראקציות חברתיות, מטבע, מסחר, כלכלה ובעלות על נכסים, שמושגות בדרך כלל על טכנולוגיית בלוקצ'יין². המטאורס מתואר כהתפתחות הבלתי נמנעת של האינטרנט, והוא החזון של תעשיית המחשבים לגבי מרחב וירטואלי יחיד, משותף, סוחף, מתמשך ואימרסיבי, שבו בני האדם חווים את החיים בדרכים שלא ניתן לחוות אותם בעולם הפיזי. המטאורס יאפשר לאנשים לקיים אינטראקציות וחוויות בזמן אמת על פני מרחקים גדולים, ויתרום לפיתוח מערכת אקולוגית עצומה של יישומים מקוונים.

ניתן להשוות את המטאורס כיום לאינטרנט בשנות ה-70 וה-80, כאשר היו ספקולציות לגבי האופן שבו יעשה בו שימוש, אך מעטים בלבד הבינו מה זה אומר או איך זה יפעל. הגיע הזמן להגדיר את המונח המעורפל והמסובך הזה, מכיוון שמטאורס צפוי לגדול לשוק של 800 מיליארד דולר עד 2024, וטיטאנים טכנולוגיים כמו מטא, מייקרוסופט, אפל וגוגל משקיעים רבות בהפיכתו למציאות.

¹What is the metaverse? An explanation and in-depth guide
<https://www.techtarget.com/whatis/feature/The-metaverse-explained-Everything-you-need-to-know>

² What Is the Metaverse? Meaning, Features, and Importance
<https://www.spiceworks.com/tech/artificial-intelligence/articles/what-is-metaverse/>

המונח "מטאורס" נטבע בשנת 1992 על ידי הסופר ניל סטיבנסון³ ברומן המדע הבדיוני שלו Snow Crash⁴, והוא בנוי מצמד המילים "מטא" ו"וניברס". המטאורס נתפס כיום כבעל פוטנציאל ויעדים אינסופיים, ומשקיעים רבים נמשכים אליו מעצם היותו בחזית הפיתוחים הטכנולוגיים. אך הקונספט אינו חדש, והתייחסויות לטכנולוגיות של מציאות מדומה, מבוססות אינטרנט, קיימות כבר מזה עשרות שנים. חברות וארגונים רבים עובדים על יצירת חוויות מציאות מדומה ורבודה שעשויות להיות חלק מהמטאורס, אך הם עדיין מצויים בשלבי הפיתוח המוקדמים. מומחים רבים מאמינים שהמטאורס יהפוך בסופו של דבר לחלק מרכזי מהאופן שבו אנו מתקשרים עם העולם, אך לא ברור מתי זה יקרה או איזו צורה הוא יקבל.

רעיון המטאורס זכה לתהודה ועניין, בייחוד כאשר חברת פייסבוק החליפה את שמה ל"מטא" ב-2021, והכריזה כי בכוונתה להשקיע בו לפחות 10 מיליארד דולר באותה שנה. אבל כאמור, הרעיון עצמו אינו ממש חדש, ואת שורשיו ניתן למצוא כבר לפני עשרות שנים, כמתואר בתרשים הבא (איור 1):

³ מטאורס - כל מה שמעניין

<https://metavers.co.il/%D7%9E%D7%94-%D7%96%D7%94-%D7%9E%D7%98%D7%90%D7%95%D7%95%D7%A8%D7%A1/>

⁴ Stephenson, N., *Snow Crash* (1992)

<https://www.google.com/search?q=Snow+Crash&og=SNOW+CRASH&ags=chrome.0.69i59j46i67i0i512l4j69i60j69i61.5990j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

History of the metaverse

The metaverse is still emerging, but the concept of a 3D immersive internet where people can socialize, play, shop and work dates back decades.

<p>1938 French poet and playwright Antonin Artaud uses the term <i>virtual reality</i> in his collection of essays, <i>The Theater and its Double</i>.</p> <p>1984 American computer scientist, musician and VR pioneer Jaron Lanier founds VPL Research, Inc., which developed one of the first virtual reality headsets and data gloves.</p> <p>1992 American sci-fi writer Neal Stephenson coins the term <i>metaverse</i> in his book <i>Snow Crash</i>, which depicts a dystopian future world where rich people escape into an alternative 3D connected reality.</p> <p>2003 Linden Lab unveils Second Life, a shared 3D virtual space that allows users to explore, interact with others, build things and exchange virtual goods.</p> <p>2007 Google augments Maps with Street View, which allows people to explore a virtual representation of the real world at scale.</p> <p>2010 The gacha video game model is introduced.</p> <p>2012 Israeli entrepreneur Yoni Assia introduces Colored Coins in a 2012 blog post titled "bitcoin 2X (aka Colored Bitcoin)- initial specs."</p> <p>2014 Facebook buys Oculus and helps scale the 3D infrastructure to support it.</p> <p>2015 Canadian programmer Vitalik Buterin and English computer scientist Gavin Wood launch Ethereum, which includes features for building decentralized apps on a blockchain.</p> <p>2016 Pokémon GO introduces the world to augmented reality games overlaid on the real world.</p> <p>2019 Epic Games's Fortnite becomes the most popular shared virtual world ever, with over 250 million active users.</p> <p>2021 Microsoft introduces Mesh as a new platform that synchronizes virtual collaboration.</p>		<p>1962 American filmmaker Morton Heilig builds the Sensorama, a machine that simulated the experience of riding a motorcycle through New York City via a 3D movie, vibrating chair, fan and smells.</p> <p>1989 English computer scientist Tim Berners-Lee lays the groundwork for the World Wide Web while at CERN.</p> <p>1993 Israeli computer scientist Moni Naor and American computer scientist Cynthia Dwork invent proof-of-work techniques to deter spam and denial-of-service attacks using concepts that become the basis of Bitcoin.</p> <p>2006 Roblox allows users to create and play massively multiplayer games developed by other users.</p> <p>2009 Satoshi Nakamoto (a pseudonym) mints the first Bitcoin and launches the first public blockchain, using a proof-of-work algorithm.</p> <p>2011 Ernest Cline publishes futuristic novel Ready Player One.</p> <p>2012 American entrepreneur Palmer Luckey launches the Oculus on Kickstarter as the first low-cost 3D hardware for the masses.</p> <p>2014 Americans Kevin McCoy, an artist, and Anil Dash, a tech entrepreneur, create the first non-fungible token, a unique cryptographically secured virtual asset.</p> <p>2016 The DAO, an early decentralized autonomous organization for raising VC funds, launches on top of the Ethereum blockchain.</p> <p>2018 Video play-to-earn game Axie Infinity, developed by Vietnamese studio Sky Mavis, popularizes the use of NFTs integrated into the Ethereum blockchain.</p> <p>2021 Facebook's parent company rebrands itself as Meta and promulgates an upbeat and expansive vision for the metaverse.</p> <p>2022 Siemens and Nvidia partner on the industrial metaverse.</p>
---	--	---

SOURCE: GEORGE LAWTON
ART CREDITS: SENNA AGENCIE DE PRESSE MURROUSE, PUBLIC DOMAIN, VIA WIKIMEDIA COMMONS; LINDA MORTON HEILIG, PUBLIC DOMAIN, VIA WIKIMEDIA COMMONS; 1999 WEBSITE DAVID SCREED OWEN,
2006 FORTNITE, CC BY-SA 4.0, VIA WIKIMEDIA COMMONS; 2010 DUBUCO MAISON VETTY BRANDS, 2010 SPARKMANS, PUBLIC DOMAIN, VIA WIKIMEDIA COMMONS; 2014 TRISTAN FFF/GETTY IMAGES/
2016 LAM YK TEU/STRONG/GETTY IMAGES; 2021: PROPSA/GETTY IMAGES

איור 1 - ציוני דרך בהתפתחות מושג המטאוורס⁵

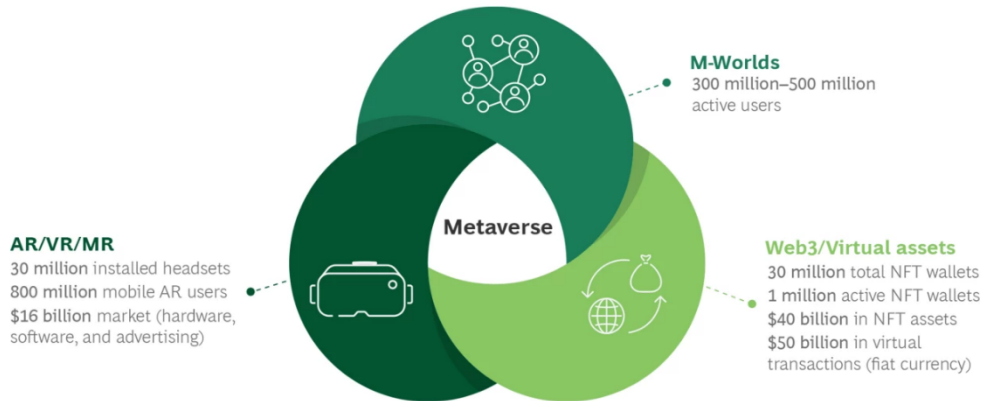
⁵ [What is the metaverse? An explanation and in-depth guide](#)

טכנולוגיות מובילות בפיתוח מטאוורס⁶

המטאוורס הוא מרחב מתהווה ומתפתח שהגדרתו יכולה להשתנות מאוד בהתאם למי שנשאל בנושא. כיום, האתגר הוא להרכיב רשימה מקיפה ומהימנה של טכנולוגיות שיעזרו למטאוורס לפרוח בעשור הבא. המטאוורס אינו מהווה קבוצה ספציפית של טכנולוגיות כשלעצמה, אלא הוא מורכב ממספר טכנולוגיות. לכן יש התופסים אותו כ"נושאים טכנולוגיים" כמו: מחשב מרחבי, בני אדם דיגיטליים, מרחבים וירטואליים, חוויות משותפות, משחקים ונכסים סמליים.

כיום, המונח מתאר סוגים רבים ושונים של סביבות מקוונות משופרות, הנעות ממשחקי וידאו מקוונים כמו Fortnite, למקומות עבודה וירטואליים בתחילת דרכם, כמו Mesh של מייקרוסופט או Horizon Workrooms של מטא, ועד לחדרי הלבשה וחדרי ניתוח וירטואליים. בפועל, נראה שהגרסה הנוכחית של המטאוורס מתעצבת לא כמרחב משותף יחיד וירטואלי, אלא כ"רב-יקום" - קרי: שפע של "מטאוורסים" עם יכולת פעולה הדדית.

Exhibit 1 - The Metaverse Lies at the Intersection of Three Technologies and User Bases



Sources: Matthew Ball; Bloomberg; ARtillery Intelligence; Binance Research; BCG analysis.

Note: 2021 figures.

איור 2 - לפי המדריך הארגוני לטרמפיסט למטאוורס⁷ המרכיבים בו הם: עולמות המטאוורס, מציאות מורחבת ונכסים וירטואליים מבוססי WEB3.

⁶7 top technologies for metaverse development

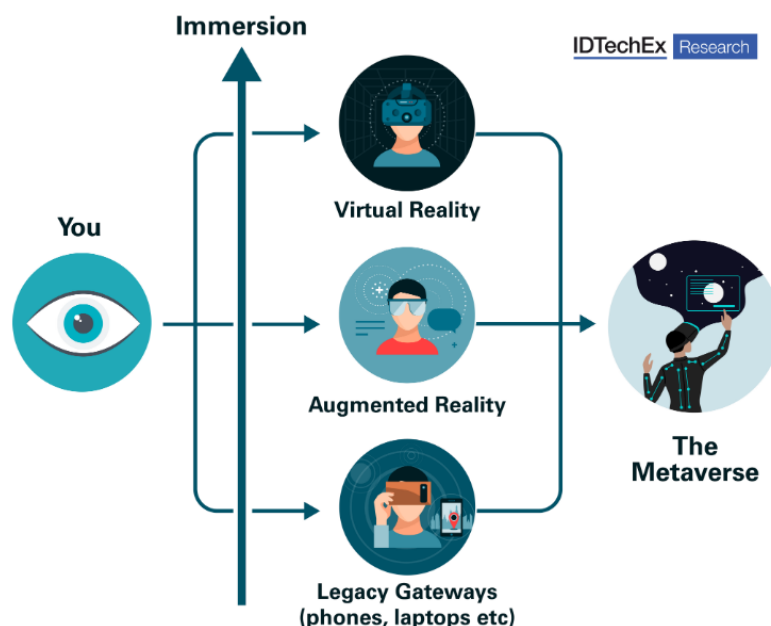
https://www.techtarget.com/searchcio/tip/7-top-technologies-for-metaverse-development?utm_source=PDF&utm_medium=Pillar&utm_campaign=metaverse

⁷The Corporate Hitchhiker's Guide to the Metaverse

<https://www.bcg.com/publications/2022/a-corporate-guide-to-enter-the-metaverse-explained>

המטאוורס מהווה התכנסות של מספר מרכיבים, שכולם כרוכים בשיפורים של היכולת הטכנולוגית. לפי המדריך הארגוני לטרמפיסט למטאוורס⁸, המרכיבים הם עולמות המטאוורס, מציאות מורחבת ונכסים וירטואליים מבוססי Web3. (איור 2)

עולמות המטאוורס (m-worlds) מרכזים מאות מיליוני משתמשים פעילים, הודות ליכולת המחשוב החזקה ולזמינות בשוק ההמוני, של טלפונים ניידים, טאבלטים ומחשבים אישיים, כמו גם הודות לשיפורים בשירותי ענן ובקישוריות (כגון סיבים ו-5G). אלו הם יישומים סוחפים המפתים קהלים חדשים, בעיקר מקרב דור ה-Z. הם מסוגלים לפעול בטלפונים ניידים, טאבלטים, דפדפנים למחשבים ואוזניות מציאות מדומה או רבודה (איור 3).



איור 3 - מערכות מציאות מדומה ורבודה, בשילוב עם אמצעי ממשק "מסורתיים" - בדרך למטאוורס⁹.

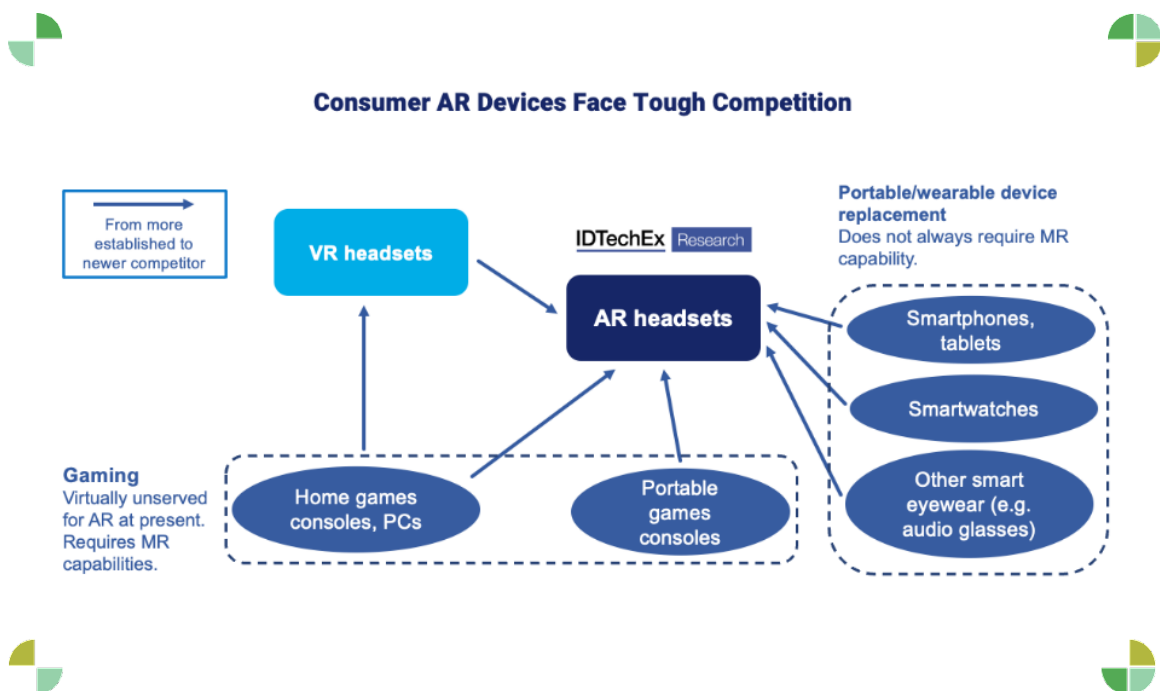
עולמות המטאוורס מבקשים לבנות את כלכלות הנכסים הווירטואליים שלהם על בסיס מודלים של מונטיזציה - כלומר, הפקת הכנסה תמורת תוכן או שירותים במדיה הדיגיטלית מנכסים דיגיטליים (אתר אינטרנט, אפליקציה, משחק) - אם בגישות מסורתיות, כגון מנויים, פרסום ומודלים של רכישה באפליקציה, ואם במתודות חדשות וייחודיות, כמו הצעות של נכסים באמצעות סוכנויות מטאוורס ופרסום באמצעות מחוללי נתונים שנוצרו במטאוורס. כולם בנויים כך שיוכלו לארח קהילות ותכנים וירטואליים עצמאיים, ולכל אחד

⁸The Corporate Hitchhiker's Guide to the Metaverse
<https://www.bcg.com/publications/2022/a-corporate-guide-to-enter-the-metaverse-explained>

⁹ Three Predictions for 2023 in Augmented and Virtual Reality
<https://www.idtechex.com/en/research-article/three-predictions-for-2023-in-augmented-and-virtual-reality/28142>

מודל עסקי, כללים וחשבונות משתמש משלו. רבים התחילו כאפליקציות משחק, אך מאז הם הוסיפו תכונות ואטרקציות.

מציאות מורחבת - נוף עולמות המטאוורס מתפתח במהירות לאור התפתחותן של פלטפורמות המציעות חוויות מציאות מורחבת (eXtended Reality- XR) הכוללת: מציאות מדומה (VR), רבודה (AR) ומעורבת (MR - Mixed Reality). מציאות מורחבת מקלה על המעבר מדו-ממד לתלת-ממד, ויוצרת חוויות מציאותיות יותר ותצוגות דיגיטליות המסונכרנות בצורה טובה יותר עם תנועות הראש (באיור למעלה). השוק צומח במהירות, ועימו פיתוח מכשירי קצה במחיר סביר הקלים להגדרה ושימוש (איור 4).



איור 4 - מערכות ראש למציאות רבודה (AR) צריכות להתחרות במוצרים מבוססים יותר, כולל מערכות VR, טלפונים חכמים ועוד¹⁰

החסמים הגדולים ביותר המקשים על אימוץ רחב יותר של מציאות מורחבת, הם חוויית המשתמש ותוכן מוגבל, תחומים אלו משתפרים כיום במהירות. במקביל, עלויות הציוד יורדות, והכניסה הצפויה של אפל בתחילת 2023 עם **מציאות רבודה ניידת** (MobileAR), המעצימה את העולם האמיתי עם תוכן עשיר ודינמי באמצעות מכשיר נייד והמציעה חוויה תלת-ממדית סוחפת מכל מיקום גיאוגרפי ובכל עת, עוזרת לגשר על המעבר.

¹⁰ Three Predictions for 2023 in Augmented and Virtual Reality
<https://www.idtechex.com/en/research-article/three-predictions-for-2023-in-augmented-and-virtual-reality/28142>

סקר (מ-2020) זיהה את **חמשת המגזרים שיתאימו במידה הרבה ביותר למציאויות סוחפות, ואלו הם: בריאות, חינוך, פיתוח כוח אדם, ייצור ומכונניות. התחומים הסבירים ביותר עבור יישומים עסקיים היו הדרכת עובדים וניהול זרימת עבודה.**

טכנולוגיות Web3 חדשניות עולות בפופולריות כאובייקטים לרכישה והחלפה. המונח Web 3.0, או Web3, הוגדר רק לאחרונה. **Web3 שואף להיות מבוזר לחלוטין**, כך שכל אלמנט של כל בניין בעולם הפיזי יעבור דיגיטציה מלאה, יהיו יצגנים (אווטורים) וירטואליים לכל אדם, וכל פרט יוכל לשוטט בכל מקום עבודה או מפגש וירטואליים. כך ניתן יהיה לקדם דמוקרטיזציה של האינטרנט - כלומר, להחזיר את השליטה לידי המשתמשים ולאפשר ליוצרים, ולא לבעלי פלטפורמות, ליצור את התוכן. למרות שלכאורה אף אחד לא מחזיק באינטרנט, ברור שמספר חברות גדולות הנן בעלות השפעה ניכרת, ויש הטוענים שיש להן כוח רב מדי. **Web3 מורכב מחמישה מרכיבים:**



איור 5 - חמשת הרכיבים מהם מורכב Web3

המטאאורס והרשת המרחבית של Web3 יוצרים שניהם חוויה סוחפת וירטואלית המתמקדת בגרפיקה תלת-ממדית ובתמונה מהעולם האמיתי! בשניהם, במקום ללחוץ על קישורים של אתר, המשתמשים עוברים בו וירטואלית. בשונה מ-Web 3.0, המטאאורס הוא מרחב וירטואלי קולקטיבי שאינו תלוי במכשיר ובספק ושנוצר על ידי התכנסות של מציאות פיזית ודיגיטלית משופרת. למטאאורס יש כלכלה וירטואלית עצמאית, המתאפשרת על ידי מטבעות דיגיטליים ואסימונים שלא ניתנים לשינוי (NFT). והמשתמשים בו אינם צריכים ליצור תשתית משלהם, מאחר שהמטאאורס מספק מסגרת ומאפשר אירועים משולבים וסוחפים.

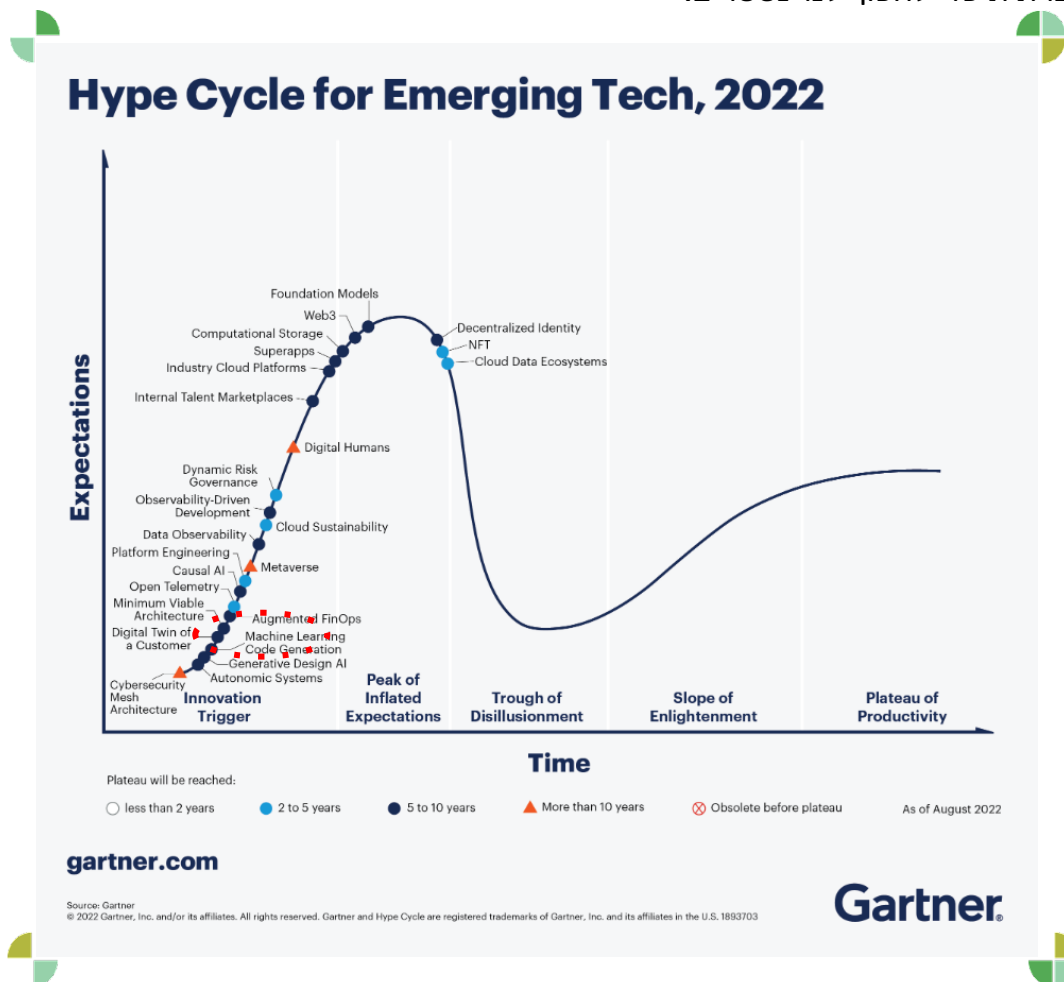
טכנולוגיות קריטיות בחוויות סוחפות:

- **תאום דיגיטלי של הלקוח** (Digital Twin of the Client - DToC) - מהווה ייצוג וירטואלי דינמי של לקוח, המדמה ולומד לחקות ולצפות את התנהגותו. הדבר יכול לשמש כדי לשנות ולשפר את חוויית הלקוח (customer experience - CX) ולתמוך במאמצי דיגיטליזציה חדשים, מוצרים, שירותים והזדמנויות למידה. ההערכה היא שאימוץ "תאום דיגיטלי של הלקוח" יהפוך להיות חלק מהמיינסטרים הארגוני עוד כחמש עד עשר שנים.
- **זהות מבוזרת** (Decentralized identity - DCI) - מאפשרת ליישום (בדרך כלל משתמש אנושי) לשלוט בזהות הדיגיטלית שלה בעזרת מינוף טכנולוגיות כגון בלוקצ'יין או טכנולוגיות מבוזרות אחרות.
- **בני אנוש דיגיטליים** (Digital humans) - ייצוגים אינטראקטיביים, מונעי בינה מלאכותית, שיש להם כמה מהמאפיינים של האדם, מהאישיות, מהידע ומהלך הרוח שלו.
- **"רצף המטאוורס"** (Metaverse continuum) - כדי להדגיש את הרעיון של קיום בצוותא, בסביבה מאוחדת, של המציאות הפיזית יחד עם המציאויות הדיגיטליות של המטאוורס, אימצה חברת Accenture את המושג הזה, שלפיו המטאוורס נתפס כרצף מתפתח ומתפשט, בהיבטים העיקריים הבאים¹¹: האחד - הכללת טכנולוגיות רלוונטיות מרובות, ובייחוד מציאות מורחבת, בינה מלאכותית, בלוקצ'יין, תאומים דיגיטליים, מחשוב קצה (Edge Computing - EC) המזרים את התעבורה של מכשירי IoT ומספק יכולת ניתוח בזמן אמת של נתונים מקומיים, קרוב לחוות השרתים ו/או לענן - יחד עם "אובייקטים חכמים" - לדוגמה, כלי רכב ומפעלים "חכמים" עתידיים, ובהיבט החינוכי - בתי ספר "חכמים". והשני - הקפת כל המכלול של "וירטואלי-ממשי" ("virt-real") - כל מגוון ההתנסויות, החל מהוורטואלי הטהור ועד למיזוג של הוורטואלי והפיזי.

¹¹ Accenture (2022). *Technology Vision 2022, Meet me in the metaverse*. Accenture. https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-5/Accenture-Meet-Me-in-the-Metaverse-Full-Report.pdf

מתי יתגשם חזון המטאוורס?

עקומת ההתלהמות (מחזור ההייפ Hype Cycle) לטכנולוגיות מפציעות של גרטנר לשנת 2022¹² (Gartner for Emerging Technologies) (באיור 6) מתמקדת בשלושה נושאים שהגם רלוונטיים להתפתחות המטאוורס: הראשון - טכנולוגיות מפציעות שהן משבשות מטבען, אך ללא יתרון תחרותי ידוע או מוכח. השני - התפתחות והרחבה של חוויות סוחפות, והשלישי - אוטומציה מואצת של בינה מלאכותית איכותית. שלוש הטכנולוגיות הללו נמצאות בשלב מוקדם, וחלקן אף עוברי, וקיימת אי ודאות גדולה לגבי האופן שבו יתפתחו, ולכן הן מציבות סיכונים גדולים יותר, לצד פוטנציאל להטבות גדולות יותר. לכן, למרות ה-HYPE, לפי גרטנר, המטאוורס האמיתי יגיע רק בעוד עשור פלוס, מאחר שהוא דורש עוד התקדמות טכנולוגית משמעותית, לצד הנכונות לאמץ אותו חברתית כדי להפוך למיינסטרים.



איור 6 - מחזור ההייפ (עקומת ההתלהמות) של גרטנר לטכנולוגיות מפציעות. ניתן לראות שהמטאוורס רק באמצע דרכו לפסגה, והוא מופיע תחת ההגדרה "יותר מעשור".

¹²What's New in the 2022 Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies
<https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-the-2022-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies>

יש הסבורים שבעתיד הרחוק מעט יותר, אמצעי האינטראקציה במטאוורס יכללו שתלים עם ממשקים עצביים/מוחיים – בהנחה שנגיע למצב שבו ניתן יהיה להתגבר על חסמים אתיים ואחרים הכרוכים ביישומים מסוג כזה¹³. נכון להיום, זהו נושא שנוי במחלוקת, ואף כזה המעורר התנגדות ורתיעה.

חברת IDTechEx¹⁴ צופה ששוק המטאוורס יגיע לשווי של 20 מיליארד דולר בשנת 2033. דו"ח נוסף בנושא האופטיקה לתעשיית ה-XR¹⁵ צופה אימוץ של 20 טכנולוגיות חדשות, תוך ניתוח הדרישה לחומרים לשם כך. בנובמבר 2022, לקראת 2023, חברת IDTechEx פרסמה את הדברים הבאים:

"הצלחות במציאות רבודה אחרי עשור של כישלונות והרחבת השימוש הארגוני במערכות מציאות מורחבת. אחרי כישלונות כמו "משקפי גוגל" (מ-2013) ואחרים, נראה שבשנת 2023 המגמה תשתנה, בגלל התאמה טובה יותר לשוק הצרכני, התגברות על בעיות טכנולוגיות שאפיינו מוצרים קודמים ותחכום טכנולוגי גובר. גוגל, שהצליחה עם משקפי AR בשוק המקצועי/ארגוני לאחר נסיגה מהשוק הצרכני, מתחילה לחזור אליו בניסויים מוגבלים, והדגימה יישום משכנע – תרגום של דיבור בזמן אמת על המשקף, המבוסס על בינה מלאכותית, כדוגמה ליכולת של משקפי מציאות רבודה לשפר אינטראקציה חברתית ולא לנתק את המשתמש מהעולם. כמו כן, משקפי מציאות רבודה קלים עשויים להחליף את הטלפונים החכמים, ויאומצו טכנולוגיות חדשות: צגים, אופטיקה, עקיבת עין ואמצעי haptics (טכנולוגיה ליצירת תחושה של מישוש) כתוספת למשקף XR."

ההופעה המסחרית של צגי microLED במשקפי מציאות רבודה, הכוללים שיפורים כגון הגדלה משמעותית של בהירות וניגודיות, קיצור זמן תגובה ויעילות אנרגטית גבוהה, צפויה אף היא להתחיל ב-2023. צמצום האנרגיה הנדרשת להפעלת המשקף, יביא להקטנת הסוללות, מה שיאפשר משקף נוח הרבה יותר למשתמשים.

חברת מטא השיקה ב-10/2022 את משקף המציאות המדומה שלה [Quest Pro VR](#), המיועד לשוק הארגוני (מחירו: \$1500), המציע שילוב מידע וירטואלי בתוך תמונת וידאו של המרחב, המצולמת ע"י המצלמות הקדמיות שעל המשקף. גישה זו המכונה מציאות מעורבת (Mixed Reality - MR), תהפוך את המחשב הנייד למערכת רב-מסכית עם

¹³ Horgan, J. (2021). *Should Big Tech's Plan for a Metaverse Scare Us?* Scientific American.

<https://www.scientificamerican.com/article/should-big-techs-plan-for-a-metaverse-scare-us/>

¹⁴ Three Predictions for 2023 in Augmented and Virtual Reality

<https://www.idtechex.com/en/research-article/three-predictions-for-2023-in-augmented-and-virtual-reality/28142>

¹⁵

<https://www.idtechex.com/en/research-report/optics-for-virtual-augmented-and-mixed-reality-2022-2032-technologies-players-and-markets/870>

ביצועים מרשימים. מערכות מוצלחות בתחום זה כבר קיימות, אך הן עדיין גורמות לעייפות עיניים ולתחושה של מחלת ים אחרי שימוש ממושך.

במסגרת מגמה של שיתוף פעולה בין החברות המקדמות את המטאוורס, כדי ליצור עולם מטאוורס הניתן לשימוש וגישה ע"י חברות שונות, החל לפעול בשנת 2022 פורום תקינת מטאוורס. הפורום כולל נציגים מובילים של תעשיית מציאות מורחבת, של חברות אינטרנט ותקשורת ושל חברות שירותים. מטרת הפורום היא לייעץ בפיתוח תקנים של מטאוורס פתוח. ב-2023 יתחיל ככל הנראה יישום של מסקנות הפורום בעיצוב המרחב החדש הזה. בהקשר זה, בולטת אי הנוכחות של חברת אפל ושל חברות חשובות נוספות בפורום זה.

ישנן תחזיות אופטימיות לשנת 2023, ורבים מאמינים שהמטאוורס מייצג את ההזדמנות הגדולה הבאה בממשק מחשב-אדם. אך המציאות העכשווית כוללת החלמה אחרי תקופת הקורונה, חזרה לעבודה במשרדים, זינוק באינפלציה ופלישה רוסית לאוקראינה ששיבשה את שוקי האנרגיה. התקופה הכלכלית המתגרת הזאת גורמת לחברות הטכנולוגיה הגדולות לצמצם הוצאות, בניסיון לרצות את בעלי המניות, והדבר משליך ישירות על פיתוח עולמות המטאוורס. ענקיות טכנולוגיה כמו מייקרוסופט, אמזון, אפל, מטא וגוגל, הודיעו לאחרונה על צמצומים הכוללים פיטורי עובדים. במייקרוסופט פוטרו כל הצוותים של פרויקט המציאות המדומה AltSpaceVR, ונוסף על כך, עובדי פרויקט המציאות המעורבת, ונראה שהפרויקט ייסגר לצמיתות במרץ 2023 - מה שיסתום את הגולל על מאמצי מטאוורס של מייקרוסופט. גם בפייסבוק, שמיתגה את עצמה תחת השם 'מטא' עקב האמונה בטכנולוגיה הזאת, מצמצמים את ההשקעות בתחום¹⁶.

ייתכן שהדבר מצביע על כך שהחברות אינן רואות ביקוש או עתיד כלכלי משמעותי במטאוורס ובמציאות הוירטואלית. וייתכן שהציבור הרחב אדיש למוצרים אלו ולמה שהם מנסים להציע לנו. נראה שלא נשבר עד כה מחסום הרלוונטיות, ולא נוצרו מוצרים מהפכניים לציבור הרחב שאינם קשורים לעולמות הגיימינג, למרות שהיו להם כל התנאים הדרושים כדי להצליח: הון רב, נחיל של יזמים מחויבים ותקשורת משתפת פעולה. נראה שהציבור הרחב מעדיף להתנהל סביב מסכים ולא עם משקפיים¹⁷.

לכן, סביר להניח שהמטאוורס ימשיך להתפתח ולהשתנות עם הזמן, ככל שהטכנולוגיה תתקדם ויותר אנשים יתעניינו בחוויות של מציאות מדומה ורבודה. עתידנים טוענים שאנו

¹⁶<https://www.calcalist.co.il/calcalistech/article/sky5fxnoi>

¹⁷https://www.calcalist.co.il/calcalistech/article/rynp9b2so?utm_source=taboola&utm_medium=referral&utm_content=internal

רק בתחילתו של המטאורס, שאמנם עדיין לוקה בחסמים טכניים בסיסיים, אך בגרסתו המתקדמת והמשופרת הוא עתיד להגיע במפץ גדול. אך השילוב של התלהבות חסרת ביקורת מהמטאורס ושל חוסר ודאות עמוק לגבי האופן שבו הוא יתפתח, מעורר תהיות כמו: **האם המטאורס בסופו של דבר יהיה שונה בהרבה מהחוויות הדיגיטליות שיש לנו היום, ואם כן, האם ההמונים יהיו מוכנים לבלות שעות ביום עם אוזניות, קסדות או משקפיים בניווט במרחב דיגיטלי?**

המטאוורס (בתצורתו הנוכחית) בא לידי ביטוי בעיקר בעולם המשחק והמסחר.

דוגמאות לפלטפורמות המכונות "מטאוורס" המביאות את החזון הזה לחיינו:

<p>סביבה חברתית וירטואלית מבוססת בלוקצ'יין. משמשת כדי לבנות, לסחור, להרוויח כסף ולחקור עולמות וירטואליים. זהו בעצם ספר חשבונות דיגיטלי המתעד לצמיתות עסקאות ביטקוין על פני רשת של מחשבים, והמשמש כבסיס ליקום של Decentraland. הוא מספק הזדמנויות יוצאות דופן הן ללמידה והן להגאה מחוויות וירטואליות. ניתן להשתמש בו לניהול פגישות ולמסחר בשווקים וירטואליים, וכמו בחיים האמיתיים, האינטראקציה עם חברים אחרים היא פשוטה.</p>	Decentraland¹⁸
<p>משחקי מחשב מסוג "ארגז חול" הם משחקים שבהם השחקן יכול ליצור, לשנות, וכן להרוס את סביבת המשחק. המשחק הנוכחי הוא עולם וירטואלי תלת-ממדי המתארח ב-Ethereum blockchain, וישבו אנשים יכולים לקיים אינטראקציה, ליהנות מחוויות וירטואליות חדשות ולהרוויח כסף, אבל זה לא זול לשימוש. SandBox גם פיתחה את אסימוני ה-SAND שלה, מבוססי Ethereum, שבאמצעותם ניתן לשלם.</p>	ארגז החול (Sandbox)¹⁹
<p>משתמש במציאות מדומה, כדי לספק למשתמשים חוויה סוחפת באמצעות מבנה וירטואלי בן 21 קומות המייצג את 21 מיליון הביטקוינים הנמצאים כיום בשימוש. לצד חוויות וירטואליות חדשות, מספק Bloktopia פוטנציאל ליצירת הכנסות. אנשים יכולים לעצב את האוואטרים שלהם, ללמוד על מטבעות קריפטוגרפיים ולרכוש "נדל"ן וירטואלי במגדל. באמצעות כלי הבונה פלטפורמה, ניתן להשתמש בנדל"ן הוירטואלי, כדי ליצור יצירות אמנות, משחקים, רצפים ודברים אחרים.</p>	Bloktopia²⁰
<p>אחד מיישומי המציאות המדומה של מטא, שבו משתמשים יכולים להתרועע, לקיים פגישות עסקיות, לחקור את הסביבה הוירטואלית על כל פעילויותיה ולשחק. ביקום Horizon, טכנולוגיית הבלוקצ'יין אינה מנוצלת, אך הוא כולל אבני בניין מציאותיות פונקציונליות, כגון אבני קוד, מוזיקה ואפקטים של אנימציה, המסייעים למפתחי תוכן, נוסף על הגדרות מציאות מדומה הניתנות לבנייה.</p>	Meta Horizon²¹ Worlds
<p>פרויקט המתמקד בהבאת חפצים פיזיים לעולם הדיגיטלי באמצעות טכנולוגיה מעשית המאפשרת סריקת אובייקטים באמצעות טכנולוגיית סריקה פוטוגרמטרית (צילום תמונות רבות של אובייקט ממגוון זוויות ותפירתן יחד ליצירת מודל תלת-ממדי) והעברתם למטאוורס. בעזרת אוואטרים תלת-ממדיים, המשתמשים יכולים להשתמש ב-Metahero כפורטל, כדי לחקור NFT, מדיה חברתית, אופנה והיבטים אחרים של מטאוורס.</p>	Metahero²²

¹⁸ - אתר <https://decentraland.org/>

¹⁹ <https://www.sandbox.game/en/about/land/>

²⁰ <https://www.bloktopia.com/>

²¹ <https://www.oculus.com/horizon-worlds/>

²² <http://metahero.io/>

2.2 מגמות והשלכותיהן

ההיבט החברתי

בדומה לאינטרנט, המטאוורס עשוי להשפיע על האופן שבו מתבצעות התקשורת והאינטראקציה בין בני אדם, ולהציע אופנים חדשים של תקשורת ואינטראקציה. יחד עם זאת, מעלה המטאוורס סיכון רב-עוצמה לפגיעה בפרטיות ושימוש זדוני בנתונים אישיים של משתמשים. חשש זה עלול להעמיד בסימן שאלה את הקבילות החברתית שלו.

השאלה עד כמה המטאוורס אכן יהפוך בעתיד למרכיב משמעותי בחיי היומיום של האנושות, נחקרה במסגרת סקר של מכון PEW.

624 מומחים (חוקרים, מפתחי טכנולוגיות, מובילים בעסקים ובמדיניות ועוד) נשאלו האם הם צופים שעד שנת 2040, המטאוורס יהיה היבט אימרסיבי מלא ומתפקד היטב בחיי היומיום של לפחות חצי מיליארד בני אדם ברחבי העולם²³. נמצא שהמומחים היו חלוקים בדעותיהם בשאלה הזאת: 54% השיבו בחיוב, ו-46% השיבו בשלילה²⁴ (תשובות מפורטות ניתן למצוא בדוח הסקר).

סוגיית הקבילות החברתית של המטאוורס מושפעת ממגוון גורמים, בהם איומים על פרטיות, שונות ומגוון של משתמשים (user diversity), הוגנות, סכנת התמכרות, בריונות, סייבר (cyberbullying), קבילות של עותקים דיגיטליים של המשתמשים (יצגנים - אוואטארים), וכן תכנון "ירוק" (חישוביות בת קיימא)²⁵. כל הסוגיות האלה אינן חדשות, והן מוכרות בעולם הרשתות החברתיות והשימוש באינטרנט בכלל. אבל במטאוורס הכול יוגבר ויועצם, והטיפול בסוגיות הללו יהווה אתגר גדול יותר מכפי שהיה מוכר עד כה. כל אחת מהסוגיות הללו ראויה לעיון ולדיון מעמיק.

למשל, בנוגע לסוגיית הפרטיות, נמצאים על הפרק פתרונות כמו מתן אפשרות של מסחר בפרטיות בהסכמת המשתמשים - כלומר, מצב שבו משתמשים יכולים למכור את הנתונים האישיים שלהם בתמורה ליתרונות כספיים או אחרים. בנושא זה של כלכלת פרטיות, קיימים כבר מחקרים עם תובנות והצעות ליישום.

²³ much-more-refined and truly fully-immersive, well-functioning aspect of daily life

²⁴ The Metaverse in 2040,

<https://www.pewresearch.org/internet/2022/06/30/the-metaverse-in-2040/>

²⁵ L-H Lee et al, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda, Nov 2021, <https://arxiv.org/abs/2110.05352>

בקשר להוגנות (fairness), אם המטאוורס נתפס כ"חברה וירטואלית", מתכננו אמורים לכלול את ההוגנות האלגוריתמית (algorithmic fairness) כערך ליבה בתכנון, ולוודא את קיומה של רמה גבוהה של שקיפות. נושא זה משיק לסוגיית ההוגנות האלגוריתמית בשימושי בינה מלאכותית, גם ללא קשר למטאוורס.

השלכות חברתיות חיוביות: בדומה לאינטרנט ה"קלאסי", למטאוורס יש פוטנציאל לשדרג ולהעשיר את התקשורת והסוציאליזציה בין בני אדם המרוחקים מרחק פיזי אלה מאלה, ללא תלות במיקומם הפיזי. וככל שהאינטראקציה מתבצעת במרחב וירטואלי תלת-ממדי ועשיר יותר, תוך שימוש במירב החושים כמו במטאוורס, גם הפוטנציאל הזה הולך ומתעצם.

כמו כן, חוקרים מצביעים על כך שלמטאוורס יש פוטנציאל לסייע בפתרון בעיות של אפליה (על בסיס מגדר, גון עור, מראה וכו') ואי שוויון חברתי. בעולם הממשי, משאבים מוגבלים מגבירים את התחרות וגורמים לתופעות לוואי חברתיות. לעומת זאת, במטאוורס, קיימת אפשרות של ייצור פריטים בלתי מוגבל (למשל, כרטיסים לקונצרט) ושל משאבים שהם למעשה בלתי מוגבלים. לכן, בפועל, המטאוורס עשוי לצמצם את התחרות ולקדם אינטרסים משותפים של בני אדם. עם זאת, יש להדגיש שהתחום מצוי כעת בהתהוות, ויש צורך במחקר מנקודת מבט חדשה כדי לבנות את "חברת המטאוורס".

השלכות חברתיות שליליות: מחקרים זיהו גם נושאים מעוררי דאגה הקשורים לאבטחת מידע, אתיקה, רגולציה ובטיחות, כמו גם פוטנציאל של השפעה פסיכולוגית שלילית על חברי קבוצות פגיעות בחברה. וכבר התפרסמו דיווחים על התנהגות פוגענית, כמו הטרדות של משתמשים, סקסואליזציה של אינטראקציות על אוואטרים (עד כדי הטרדות מיניות), הימורים ועוד²⁶.

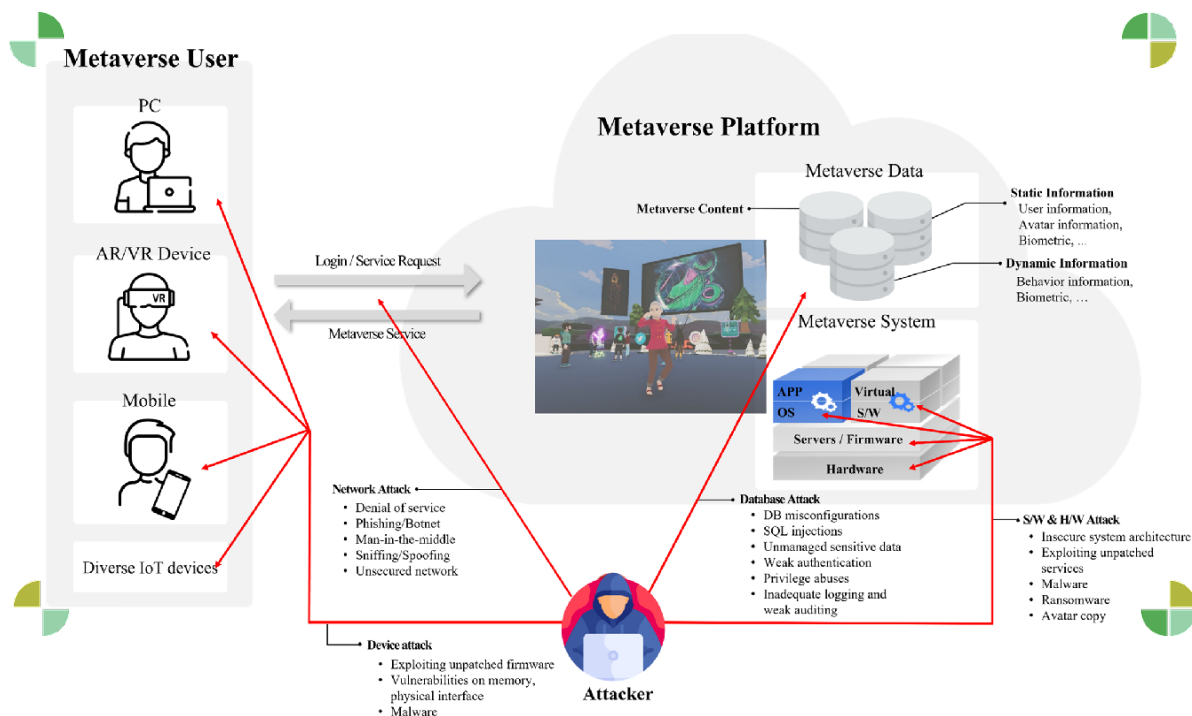
סוגיית ההתמכרות לסביבה דיגיטלית (המוכרת כ"התמכרות למסכים") אינה חדשה, אך היא עלולה להתעצם פי כמה וכמה בעולמות המטאוורס, ולהפוך לבעיה מרכזית, אם וכאשר המטאוורס יהפוך לסביבה שבה אנשים מבלים חלק משמעותי מזמנם ומנהלים בה את רוב פעילותיהם. תרחיש גרוע בעניין הוא התמכרות עד כדי אסקפיזם – כלומר, משתמשים ירצו לנצל את המטאוורס כדי "לברוח" מהעולם האמיתי. חוקרים העלו לפיכך את השאלה: האם המטאוורס יביא את המשתמשים אל הרמה הבאה של התמכרות, שטרם ראינו כמותה?

²⁶ Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>

בריונות רשת עלולה אף היא להתעצם לממדים חסרי תקדים במרחב הווירטואלי עצום הממדים שהוא המטאוורס. בנושא זה, מצביעים על האפשרות שבמטאוורס ייעשה שימוש בשיטות של גילוי בריונות רשת המבוססות על אלגוריתמים - מה שמשיק לסוגיה של הוגנות אלגוריתמים שהוזכרה קודם לכן, והפעם מהכיוון של בריונות רשת.

חוקרים של המרכז למניעת שנאה דיגיטלית (CCDH- Centre for Countering Digital Hate) התחזו לקטינים, בילו שעות בפלטפורמת מטאוורס של חברת מטא בצ'אטים במציאות מדומה, ודיווחו על כך שהמשתתפים היו חשופים להתנהגות פוגענית שכיחה, לרבות בריונות, הטרדה מינית, גזענות, איומי אלימות וכו'. הממצאים הניעו את ראש מרכז CCDH לקבוע²⁷: "לפי המחקר שלנו, המטאוורס לא מקשר רק בין המשתתפים, אלא מקשר אותם למערך של טורפים, וחושף אותם לתכנים מזיקים כל שבע דקות במוצע. אם המטאוורס הנו בטוח לטורפים, הוא בלתי בטוח למשתמשים, ובמיוחד לילדים".

גם דוח של Statista מ-2021 הדגיש את הסכנות העיקריות הנשקפות מהמטאוורס, כמו: פגיעה בפרטיות, סוגיות של בריאות נפשית, והתמכרות לסימולציה של מציאות (איור 7).



איור 7 - איומי בטיחות ופרטיות במטאוורס²⁸

²⁷ Facebook's Metaverse is unsafe | CCDH, <https://www.iicsa.org.uk/key-documents/28534/view/INQ006707.pdf>

²⁸ Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>

מחקר שנערך לאחרונה בגרמניה בקרב אנשים שעובדים רוב הזמן בסביבה אופפת של מציאות מדומה, מצא שהם סובלים מירידה בפרודוקטיביות ובשלומות, מעלייה בחרדה, מכאבי ראש, מפגיעה ביציבות וכו'.²⁹ אפשר לצפות ששיפורים טכנולוגיים ייתנו מענה לבעיות אלה בעתיד, אבל הדבר מחייב התייחסות זהירה לשימוש אינטנסיבי במטאאורס. לכן, חוקרים העוסקים במטאאורס מדגישים שביטחון ופרטיות במטאאורס הנם מרכיבים יסודיים והכרחיים שלא ניתן לוותר עליהם, וחיוני לנהל אותם בכל שלבי הפעילות בסביבת המטאאורס, החל מרגע ההתנעה של שירות כלשהו ועד לסיום פעולתו. לשם כך, יש לפעול לפי עקרונות הגישות של "תכנון לפרטיות" (privacy by design) ושל "תכנון לביטחון" (security by design).

קיים גם סיכון, שהמטאאורס יגרום לאנשים לפתח תלות בסביבה הווירטואלית, עד כדי כך שהם יתרחקו או אף יתנתקו מהעולם הפיזי ומהקשרים האמיתיים שלהם עם בני אדם אחרים. להתנתקות כזאת עלולה להיות השפעה שלילית על בריאות הנפש ועל השלומות האישית.

מחקרים מתריעים על העדר המוכנות של ארגונים ומדינות לטפל בסיכונים הנשקפים מהמטאאורס, ובייחוד באיומים על פרטיות וביטחון מידע. אחד האתגרים הגדולים הוא שאין מספיק אנשי מקצוע בעלי ידע ומיומנות לטפל במורכבות של הארכיטקטורה של המטאאורס ולפתח פתרונות בטוחים בהתאם. מכיוון שמדובר בפלטפורמות חדשות ומורכבות, ניטור המטאאורס וגילוי התקפות על הפלטפורמות החדשות הנם מאתגרים יותר מאשר בכל הקשור לפלטפורמות קודמות.³⁰

סיכונים לילדים: הפאנל של "נציבות לעתידים דיגיטליים" (digitalfuturescommission.org) בבריטניה מזהיר כי סיכוני המטאאורס עבור ילדים, מזדקרים לעין, אבל עדיין לא זכו לתשומת לב מספקת של רגולטורים. זאת מאחר שהתחום הינו בהתהוות, והחברות העסקיות המתכננות לא הקדישו תשומת לב מספקת להערכת הסיכונים בכל הקשור לפרטיות, בטיחות ואבטחה, ולפוטנציאל של ניצול לרעה בכל הקשור להטרדות מיניות - סיכון מוכר בפעילויות מקוונות' המקבל "שדרוג" במטאאורס.³¹ אנשי "הנציבות לעתידים דיגיטליים" טוענים שיש צורך חיוני בשילוב פתרונות של "תכנון למניעת סיכונים" ("solutions by design") כבר בתהליך התכנון של

²⁹ Working in virtual reality for a week made people less productive, New Scientist, 16 June 2022 <https://www.newscientist.com/article/2323682-working-in-virtual-reality-for-a-week-made-people-less-productive/>

³⁰ Why the fate of the metaverse could hang on its security <https://venturebeat.com/2022/01/26/why-the-fate-of-the-metaverse-could-hang-on-itssecurity/>

³¹ Understanding kids in the metaverse <https://digitalfuturescommission.org.uk/blog/understanding-kids-in-the-metaverse/>

המטאאורס - זאת בהתאמה לתפיסה של "חדשנות אחראית", עליה מדברים כבר שנים רבות, אבל שעדיין לא הפכה להיות חלק אינטגרלי מההליך של תכנון מוצרים ושירותים.

למה המטאאורס יהפוך בעתיד? זה תלוי במאבק המתנהל כיום על עיצובו. האם יהיה זה מאבק בין אינטרסים של טובת הילדים לבין אינטרסים מסחריים? או אולי אפשר יהיה לשרת את שניהם? בנציבות לעתידים דיגיטליים, מאמינים שכעת זה הרגע הקריטי לקבוע איך מבטיחים את טובת הילדים בעולם הדיגיטלי בכלל, ובמטאאורס בפרט. לכן הם פיתחו את ה-Playful by Design, כאמצעי פרואקטיבי למניעת התחלואים הנגזרים מפעילות הילדים בעולם המקוון³², זאת לטובת חברות המתכוונות להשקיע בהזדמנויות חדשות של הילדים לשחק, ללמוד ולתקשר במטאאורס.

ההיבט הטכנולוגי

פיתוח ויישום של המטאאורס מותנים בטכנולוגיות מאפשרות שונות. פיתוחו של המטאאורס וקידום השימוש הנרחב בו יחייבו פיתוח נוסף ושכלול של טכנולוגיות אלה, גם אם לא מדובר בהכרח על פיתוח טכנולוגיות חדשות לגמרי. לאור זאת, צפויה התקדמות נוספת ומואצת בבינה מלאכותית ולמידת מכונה, הדרושה כדי לאפשר סינתזה של סביבות וירטואליות ריאליסטיות ותגובתיות (רספונסיביות), לרבות יצגנים משוכללים. ייווצר כוח מניע להתקדמות נוספת בפיתוח הטכנולוגיות של מציאות מדומה ורבודה ושל יתר המציאויות הממוחשבות, בדגש על שכלול האינטראקטיביות והאימרסיביות.

כמו כן, תידרש גם התקדמות בטכנולוגיות של רשתות תקשורת: מימוש חזון המטאאורס יחייב תמסורת נתונים בקצבים גבוהים מאוד עם השהיות מינימליות, כדי לאפשר למשתמשים אינטראקציות בזמן אמת ללא הפרעות, ונגישות למטאאורס מכל מקום ובכל זמן.

המטאאורס עשוי גם להשפיע על קידום טכנולוגיית הבלוקצ'יין, אם אכן זאת תהיה הטכנולוגיה שעליה יתבססו הטרנזקציות במטאאורס. כמו כן, הוא יחייב גרפיקה ממוחשבת, כולל הנפשה איכותית, לצורך יצירת סביבה וירטואלית אופפת ריאליסטית ואמינה, ולכן הוא יניע התקדמות בתחום זה.

יש להניח שהמטאאורס יהווה כוח מניע גם בהשקעה משמעותית בתשתיות מחשוב ענן, לאור הצורך הגובר באחסון כמויות אדירות של מידע בענן ויכולת לעבד אותן. הדבר נכון

³² It's time to make the digital world playful by design!
<https://digitalfuturescommission.org.uk/blog/its-time-to-make-the-digital-world-playful-by-design/>

גם לגבי רשתות תקשורת של הדור החמישי 5G, שיידרשו כדי לתמוך באינטראקציות בזמן אמת שיהיה להן תפקיד מרכזי במטאוורס.

ההיבט הכלכלי

ייצור תעשייתי והאקוסיסטם התעשייתי-כלכלי - בתחום ההנדסי-תעשייתי, מושג המטאוורס משיק (אם כי לא זהה) למושג "תאומים דיגיטליים" (digital twins). "תאום דיגיטלי" הוא "העתק" שהופק ע"י מחשב של סביבה פיזית או של חלק ממנה. למשל, מרחב הייצור במפעל תעשייתי, המאפשר לבצע בתוכו פעולות שיכולות להיות "מתורגמות" לפעולות בעולם הממשי. הכוונה היא שכל פעילויות התכנון, הייצור והשירות יאוחדו באקוסיסטם דיגיטלי משותף, וזאת בעתיד הקרוב³³. בואינג לדוגמה, רואה בשימוש ב"תאומים דיגיטליים", ובמטאוורס בכלל, פוטנציאל של שינוי כלי משחק, לרבות קיצור וייעול של תהליך הפיתוח, עם יתרונות כלכליים משמעותיים³⁴.

דוגמה אחרת של יישום תעשייתי חלוצי של המטאוורס היא חברת הרכב BMW, שבנתה "תאומים דיגיטליים" של לא פחות מ-31 מפעליה, ויצרה סביבה דיגיטלית תלת-ממדית, שיכולה לשמש ל"אימון" רובוטים, לתפעול מרחוק של מכונות, והרבה יותר מכך.^{35, 36}

 Physical World	A. Technologies	Artificial Intelligence	Automatic Digital Twin, Computer Agent, Autonomy of Avatar.
	Blockchain	Data storage, Data Interoperability, Data sharing.	
	Computer Vision	Localization & mapping, Body & gaze tracking, Scene understanding, Image processing.	
	Network	5G/6G, QoS/Congestion control, QoE, Network slicing, Network-aware applications.	
	Edge Computing	Edge Cloud, Distributed/ Federated learning, Fairness- and Privacy- preserved user presence.	
	User Interactivity	Mobile input techniques, Mobile headsets, User feedback cues, Haptic devices, Telepresence.	
	 Digital Twin	Extended Reality	Projection and Hologram, Augmented reality, Mixed reality, Virtual reality.
IoT & Robotics		IoT, Connected vehicles, human-robot interaction.	
 Metaverse	B. Ecosystems	Avatar	Appearance and Design, User perceptions, Human-avatar interaction, Avatars in-the-wild.
	Content Creation	Authoring, Multi-user collaboration, Creator culture, Censorship.	
	Virtual Economy	Metaverse commerce, Virtual Objects Trading, Oligopoly, Economic governance, Ownership.	
	Social Acceptability	Privacy threats, User diversity, Fairness, User addiction, Cyberbullying, Devices, Cultural diversity.	
	Security & Privacy	Deep-fakes, Alternate representations, Ethical design, Protection of digital twins, Biometric data	
	Trust & Accountability	Fairness and bias, Power and control, Opacity and transparency, Auditing, Governance.	

איור 8 - הקשר בין העולם הפיזי, תאומים דיגיטליים, ועולם המטאוורס³⁷

³³ Johnson, E. M., & Hopher, T. (2021). *Boeing wants to build its next airplane in the 'metaverse'*. REUTERS.

<https://www.reuters.com/technology/boeing-wants-build-its-next-airplane-metaverse-2021-12-17/>

³⁴ Boeings GAMECHANGING Plan To Take Over The Metaverse <https://youtu.be/obX616Z6Ecs>

³⁵ Accenture (2022). *Technology Vision 2022, Meet me in the metaverse*. Accenture.

https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-5/Accenture-Meet-Me-in-the-Metaverse-Full-Report.pdf

³⁶ NVIDIA, BMW Blend Reality, Virtual Worlds to Demonstrate Factory of the Future,

<https://blogs.nvidia.com/blog/2021/04/13/nvidia-bmw-factory-future/>

³⁷ L-H Lee et al, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda, Nov 2021, <https://arxiv.org/abs/2110.05352>

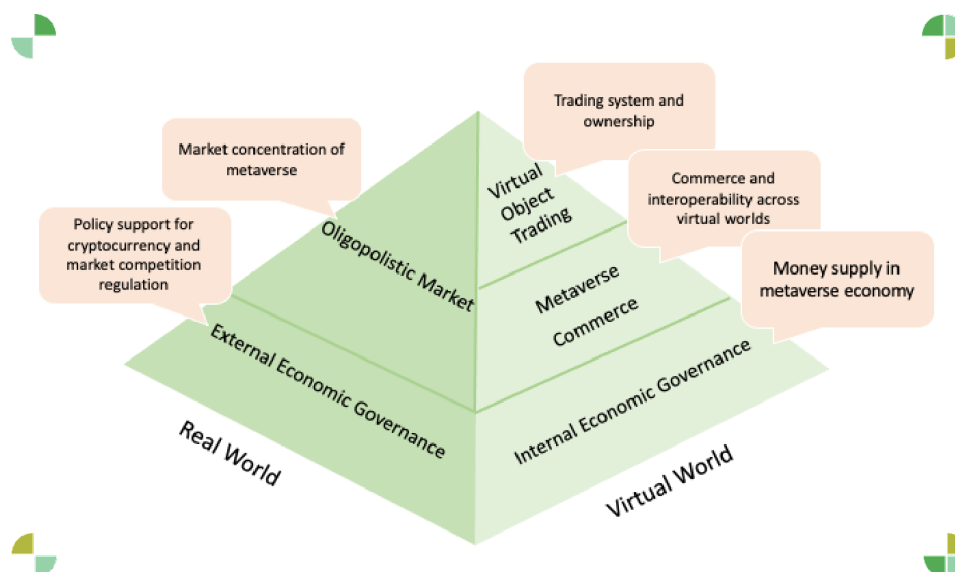
לסביבות וירטואליות במטאוורס, עם "תאומים דיגיטליים", ולשיתוף פעולה עם רובוטים במציאות הממשית, יש פוטנציאל לשנות את חוקי המשחק (game changer) בכל הקשור להתנהלות בני אדם, לסביבה הפיזית-וירטואלית, ובכל הקשור לעולם העבודה והפעילות האנושית (איור 8). לדוגמה: התאומים הווירטואליים והמטאוורס יכולים לשמש כשדה ניסויים וירטואלי לתכנון רובוטים חדשים או כל מערכת חדשה. והייצוג הדיגיטלי של סביבות פיזיות שבהן אנשים פועלים, יאפשר למתכננים לבחון מראש את נכונות המשתמשים (user acceptability) לשלב רובוטים חדשים או מערכות מתקדמות אחרות בסביבה הפיזית שבה הם אמורים לפעול.³⁸

סביר להניח שהתפתחות המטאוורס והתפשטות השימוש הנרחב בו, ישפיעו על הביקוש לאנשי מקצוע מיומנים בפיתוח היישומים ובתפעול, ובתחזוקת התשתיות הרלוונטיות למחשוב ותקשורת. ככל שהשימוש במטאוורס יתרחב, לביקוש זה עשויה להיות השפעה כלכלית גוברת. כך גם לגבי הזדמנויות עסקיות חדשות בתחומי המטאוורס, כמו "נדל"ן וירטואלי", סחורות ושירותים וירטואליים, פרסום דיגיטלי מותאם למטאוורס וכו'.

נוסף על כך, מכיוון שמדובר על פלטפורמה נטולת גבולות שאינה תלויה במיקום פיזי, עשויה להיות לה השפעה על גלובליזציה וביזור: המטאוורס עשוי לאפשר מסחר ואינטראקציות גלובליות, ויש הרואים בכך פוטנציאל לדמוקרטיזציה של הזדמנויות כלכליות ושל מבנים כלכליים חדשים. עשויה להיות לכך גם השפעה על תחומי תעשייה ושירותים פיזיים קיימים, כמו: בידור ומשחקים פיזיים, שהמטאוורס עשוי לגרום להשתנות שלהם.

³⁸ L-H Lee et al, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda, Nov 2021, <https://arxiv.org/abs/2110.05352>

התפתחות המטאורס משיקה להתפתחותה של הכלכלה הווירטואלית, לרבות התנהלות של מסחר במטאורס, שאינו זהה למסחר האלקטרוני (e-commerce), אלא הוא הרבה מעבר לכך, כפי שמוצג באופן סכמטי בתרשים הבא (איור 9).



איור 9 - המטאורס וכלכלה ווירטואלית³⁹

מסחר במטאורס יכול ככל הנראה מסחר באובייקטים וירטואליים, שה-NFT מן הסתם את מפתחי ומיישמי המטאורס. אחת מהסוגיות עוסקת בסוג הכסף שבו יעשה שימוש במטאורס, ולכך מתלווה אי הוודאות לגבי רמת האמון של המשתתפים בשימוש במטבעות קריפטו ולגבי התאמת השימוש בהם למטאורס. כמו כן, מתעוררת שאלה לגבי האופן שבו הכלכלה "האמיתית" והכלכלה הווירטואלית יהיו שזורות זו בזו⁴⁰. השוק המתנהל במטאורס צפוי לצמוח בהדרגה, והוא יסייע ככל הנראה לבניית עולם מטאורס בר קיימא. אבל מכיוון שהמטאורס מבוסס על "סחורות" וירטואליות, צפויה תנועתיות גבוהה של הנכסים, ובשלב זה אין עדיין שיטות מקובלות להגדרת מעמד סוציו-אקונומי במטאורס.

ההיבט הסיביתי

לשימוש נרחב במטאורס יש פוטנציאל להשלכות סיביות שליליות, לצד השלכות חיוביות.

³⁹ L-H Lee et al, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda, Nov 2021, <https://arxiv.org/abs/2110.05352>

⁴⁰ L-H Lee et al, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda, Nov 2021, <https://arxiv.org/abs/2110.05352>

השלכות חיוביות: אם אכן חלק משמעותי מהפעילות האנושית יעבור מהמרחב הפיזי אל הסביבה הווירטואלית של המטאוורס, עשויה להיות לכך השפעה חיובית על הסביבה, הודות **לצמצום בנסיעות וטיסות ולהחלפת חלק מהמוצרים הפיזיים במוצרים וירטואליים.** נוסף על כך, היכולת הסימולטיבית שמגלם המטאוורס - כלומר, היכולת לבנות "תאומים דיגיטליים" של סביבות פיזיות כמו בניינים ומפעלים, ולבצע סימולציות מדויקות של ההתנהגות הסביבתית שלהם, תוכל להועיל מאוד למחקר הסביבתי, לניתוח ההשפעות הסביבתיות ולפיתוח פתרונות טכנולוגיים שיצמצמו את הנזק לסביבה⁴¹.

השלכות שליליות: התפשטות השימוש ההמוני במטאוורס תוביל לעלייה בצריכת האנרגיה, ולעלייה נלווית בפליטות מזהמים, כל עוד לא יהיה מעבר מסיבי לאנרגיות שאינן מזהמות. הכוונה היא בעיקר לאנרגיה הנדרשת ע"י מרכזי נתונים ומערכות מחשב ותקשורת, לרבות כל המכשור וההתקנים הדרושים להתחברות למטאוורס ולהתנהלות בו. ככל שיוקמו יותר מרכזי נתונים ויותר חוות שירותים חדשות, כך תעלה הדרישה לצריכה מוגברת של אנרגיה ומשאבים אחרים.

הבינה המלאכותית היא טכנולוגיה מאפשרת חשובה של המטאוורס, והיא כשלעצמה כרוכה בהשלכות סביבתיות שליליות. מחקרים מלמדים על כך שאימון של מודל אחד של **בינה מלאכותית עלול לגרום לפליטה של יותר מ-270 טונות של פחמן דו-חמצני.** כך גם משחקים וירטואליים וכל פעילות דיגיטלית אחרת של כמות משתמשים גדולה, כרוכים בהגדלה משמעותית של צריכת אנרגיה ופליטת גזי חממה. לכך צריך להוסיף רכישה מוגברת של מכשור, כמו: משקפי מציאות מדומה, כפפות מגע וכו' וכו', התורמים לעלייה משמעותית ב"פסולת אלקטרונית", כולל זיהום קרקע ומים בעת ייצורם - תופעות שכבר כיום יש להן השפעות שליליות משמעותיות על הסביבה⁴².

כך גם בנוגע לשימוש בטכנולוגיות בלוקצ'יין במסחר, כולל המסחר בפריטים הדיגיטליים (NFT - Non-Fungible Token), וכמוהם גם פעילות דיגיטלית - כרוכים כולם עדיין בצריכת אנרגיה מוגברת ובפליטת גזי חממה, למרות שכיום כבר קיימות טכנולוגיות משופרות וחסכוניות יותר.

⁴¹ How "GREEN" is the METAVERSE? The two sides of the environmental impact of the Metaverse, <https://medium.com/geekculture/how-green-is-the-metaverse-the-two-sides-of-the-environmental-impact-of-the-metaverse-6a35913fd329>

⁴²Even though it's virtual, the metaverse does actually impact the environment, <https://www.weforum.org/agenda/2022/02/how-metaverse-actually-impacts-the-environment/>

ההיבט הפוליטי

בעולם הממשי הישן והמוכר, הפוליטיקה מבוססת בראש ובראשונה על מדינות. המטאאוורס המתפתח אינו מוגבל, או אינו אמור להיות מוגבל, ע"י גבולות גיאוגרפיים, מדינות, מוסדות, או כללים הקשורים בכל אלה. אבל בהנחה שיש צורך בכללים, חוקים, או אסדרות כדי להתנהל במטאאוורס, נשאלת כמובן השאלה: מי יקבע את הכללים? האם מספקי השירות הם אלה שיקבעו את הכללים? או המשתמשים? כמו כן, נראה שבמטאאוורס תידרש גם התייחסות חדשה לפוליטיקה, ועשויה להתפתח פוליטיקה מסוג חדש. במבט אל העתיד, הועלו אפילו רעיונות בדבר הקמת מדינות עצמאיות במטאאוורס ובדבר אזרחות "מטאאוורסית" לאזרחי המדינות הללו⁴³.

היתרונות הפוליטיים הפוטנציאליים כוללים: עידוד ההשתתפות של רבים בדיון הציבורי ובתהליך הפוליטי, ע"י מתן מרחב נוח להשתתפות, מכל מקום ובכל זמן. זה כולל גם הזדמנות לפתח יותר את הדמוקרטיה הדיגיטלית – E-democracy. כך גם לגבי שיתוף פעולה בינלאומי: המטאאוורס עשוי לספק פלטפורמה לאינטראקציה משודרגת, דיון ושיתוף פעולה בינלאומי, לרבות יישוב סכסוכים.

מצד שני, **הסיכונים הפוליטיים** כוללים:

- **הפעלת צנזורה במטאאוורס** – ממשלות או קבוצות מסוימות עלולות לנסות לשלוט על התכנים במטאאוורס, ולהגביל את חופש הביטוי מסיבות פוליטיות.
- **ההיבט המשפטי – קושי לקבוע אילו חוקים ורגולציות קובעים במטאאוורס**, שהרי זהו מרחב וירטואלי שאינו תחום בגבולות פיזיים. הדבר עלול להוביל לעימותים בנוגע לשיפוט ולקשיים באכיפת חוקים ורגולציות.
- **דיסאינפורמציה, תעמולה והפצת כזבים** – כל אלה קיימים ומוכרים ברשת, אבל עלולים להתעצם עוד יותר במטאאוורס, שעלול להתגלות כזירה נוחה עוד יותר לכל אלה. עלולות להיות לכך השפעות שליליות על דיונים פוליטיים, על קבלת החלטות, ועל הדמוקרטיה בכלל.

מהתקפות סייבר ועד עימותים צבאיים – כל הסיכונים והאיומים המוכרים בעולם הסייבר עלולים לבוא לידי ביטוי ביתר עוצמה בעולם המטאאוורס. ועולה החשש שמדינות העוינות זו את זו עלולות לפנות לסוג חדש של לוחמת סייבר, שבה המטאאוורס ינוצל לביצוע מתקפות

⁴³ Citizenship – Sovereign States in the Metaverse?
<https://www.hubbis.com/article/the-future-of-residence-and-citizenship-sovereign-states-in-the-metaverse>

סייבר על מטרות כמו נתונים ביומטריים, מידע פיננסי, ונכסים דיגיטליים אחרים⁴⁴, ולמעשה באופן כללי על הפעילות הכלכלית-חברתית במטאוורס, שתהיה חלק מהמציאות הפיזית-דיגיטלית העתידית.

האמצעים הטכנולוגיים שעליהם מתבסס המטאוורס, עלולים לספק הזדמנויות לניצול יצירתי ע"י גורמים עוינים ופצחנים (האקרים). ולא קשה לדמיין התקפות סייבר שמטרתן להשתלט על קסדות/משקפי מציאות מדומה ורבודה. אמנם הנושא רלוונטי כבר כיום, אך נראה שלא מושקעים בו מספיק מאמצים, כי המערכות האלה עדיין אינן נפוצות מאוד, בוודאי בהשוואה לתפוצת האינטרנט "הרגיל". כמו כן, גם היצגים (האווטורים) עלולים להוות יעד פוטנציאלי לפעילות זדונית, וכבר יש מי שהעלו רעיונות בדבר גנבת אווטורים ע"י פצחנים⁴⁵. כאמור, חשוב לזכור שהמטאוורס הוא דבר בהתהוות, ונדרש מחקר נוסף כדי להעריך טוב יותר את הפנים החדשות של לוחמת סייבר שעשויות לבוא לידי ביטוי במטאוורס, או כדי לענות על השאלה: **האם ייתכן שהמטאוורס יהפוך לזירת לחימה חדשה?**

ההיבט החינוכי

לטכנולוגיות של המציאויות החדשות, לבינה המלאכותית ולמכלול שלהן כפי שהוא בא לידי ביטוי במטאוורס, יש השלכות פוטנציאליות רבות ומהותיות על החינוך. התחלות של שימוש בפלטפורמות ברוח המטאוורס בחינוך כבר קיימות. מדובר בין השאר על כיתות וירטואליות, שניתן לראות בהן את הדור הבא של הוראה מרחוק, תוך שדרוג משמעותי של אמצעי תקשורת קיימים כמו "זום", שיכולותיו מוגבלות למדי. בסביבה תלת-ממדית ואינטראקטיבית, התלמידים, או היצגים שלהם, אפופים בסביבה הלימודית המתאימה⁴⁶. סביבה זו עשויה להיות רומא העתיקה הווירטואלית, מעמקי האוקיינוס, גוף האדם, החלל, או פני המאדים. כלומר, הטכנולוגיה של המטאוורס מציעה אפשרויות חדשות של ביקור חווייתי ומעשיר במקומות שהסיכוי לבקר בהם פיזית הוא אפסי או כלל אינו קיים, וכל זאת למטרות למידה.

תוך שנים אחדות, ניתן לצפות שההתחברות לעולמות הווירטואליים והאינטראקציות בתוכם יתקיימו באמצעים נוחים בהרבה מאלה של היום: לא עוד תצוגות ראש מסורבלות,

⁴⁴ Metaverse will see cyberwarfare attacks unlike anything before <https://www.express.co.uk/news/science/1570844/metaverse-news-cyber-warfare-attacks-virtual-worlds-russia-china-spt>

⁴⁵ Meta safety. Meta security. Metaverse. https://www.engineeringnews.co.za/article/meta-safety-meta-security-metaverse-2022-02-07/rep_id:4136

⁴⁶ <https://haipo.co.il/item/115107> חדר למידה אימרסיבי באקדמית גורדון, מהראשונים שנבנו בארץ

אלא משקפיים קלים, או עדשות מגע "חכמות" המקרינות תמונה תלת-ממדית על רשתית העין (דגמים ראשונים כבר קיימים), ובעתיד - קיים הפוטנציאל של שתלי ממשקים עצביים.

בעיתוי הנוכחי, כאשר חברות טכנולוגיה משקיעות במטאווורס, והמודעות לפוטנציאל הגלום בהתפתחויות גוברת, יש הזדמנות לאנשי חינוך וטכנולוגיה לשתף פעולה, כדי ליצור סביבות למידה אטרקטיביות, "אופפות" (אימרסיביות) ומהנות, שיענו על אתגרי החינוך של המאה ה-21. אך חשוב להשתמש בניסיון שנרכש בלמידה מקוונת עד היום, **המדגיש את החשיבות של האינטראקציה הרגשית-חברתית שצריכה להיות חלק מהמטאווורס החינוכי**⁴⁷, וגיבוש אופני השימוש במטאווורס בסביבה החינוכית חייב לספק תשובה מראש לאתגר משמעותי זה. די אם נזכור את הפוטנציאל להתמכרות לעולמות וירטואליים תלת-ממדיים, שהתמכרות המסכים הנוכחית מתגמדת בהשוואה אליה.

נוסף על כך, חוקרים מצביעים על הצורך החיוני בממדים הפיזיים של אינטראקציות חברתיות ורגשיות - כולל מגע פיזי, ריח, שפת גוף. בשלב הנוכחי של התפתחות המטאווורס, אלה עדיין אינם נוכחים במידה הרצויה בפעילות היצגים הקיימת, ולא ברור עדיין איך ובאיזו מידה הם יבואו לידי ביטוי בעתיד.

הנושא כולו מחייב מחקר וחשיבה בכל הנוגע למשמעויות החינוכיות. יש הטוענים שהאינטראקציה בסביבה הווירטואלית דווקא תעודד אינטראקציה במציאות הפיזית הממשית ולא תחליף אותה. המטאווורס יוכל להציע מגוון עשיר חדש של התנסויות, עם פוטנציאל לימודי גדול מאוד, שמימושו הנכון, בהתחשב גם בסיכונים הפוטנציאליים, תלוי במידה רבה במורים מיומנים, שיהיה להם תפקיד חשוב ביותר כמובילים וכמנחים בסביבת הלמידה האימרסיבית המתפתחת⁴⁸.

נוסף על כך, יש לציין שעדיין אין מספיק ניסיון עם פעילות אנושית ממושכת, כמו עבודה, לימודים, מסחר ובידור, בעולמות הווירטואליים של המטאווורס, ואין מספיק ידע על היתרונות, החסרונות וההשלכות השליליות הפוטנציאליות של פעילות זו. ייתכן שממצאים של מחקרים בנושא עלולים לצנן קצת את ההתלהבות. כך או כך, בשלב זה, הטכנולוגיה כנראה אינה בשלה דייה לשימוש המוני, מאחר שיש לה תופעות לוואי פיזיות ונפשיות הדורשות מענה טרם שימוש. לכן יש להתייחס לכך בזהירות הראויה לפני שנקדם שימוש אינטנסיבי במטאווורס.

⁴⁷ K. Hirsh-Pasek et al, "A whole new world: Education meets the Metaverse", Brookings Institution, Policy Brief, Feb. 2022

<https://www.brookings.edu/research/a-whole-new-world-education-meets-the-metaverse/>

⁴⁸ ibid

2.3 אתגרים והזדמנויות

חלק מההזדמנויות והאתגרים בהמשך אינם ייחודיים לחינוך בלבד, אבל הם נבחרו לאור עוצמתם ופוטנציאל השינוי שהם עשויים לחולל בעולם החינוך.

אתגרים חינוכיים

סיכונים פוטנציאליים בולטים במיוחד המאתגרים את השימוש במטאאורס בחינוך:

- גלגל הקסמים המונע **מחוסר נגישות לטכנולוגיות בקרב שכבות מוחלשות**, מזין את הפער הדיגיטלי ומרחיב את חוסר השוויון בהזדמנויות - מה שבתורו מצמצם עוד יותר את הנגישות של השכבות המוחלשות לטכנולוגיות חדשות וחוזר חלילה... בעיה זו עלולה להתעצם בהקשר למטאאורס.
- **ביטחון ופרטיות במטאאורס הנם מרכיבים בסיסיים והכרחיים** לפעילויות במטאאורס בכלל, אבל בתחום החינוך הם בעלי רגישות מיוחדת. ביישומי חינוך, לא ניתן לוותר עליהם, וחיוני לנהל אותם בכל שלבי הפעילות בסביבת המטאאורס, החל מרגע ההתנעה של פעילות כלשהי ועד לסיומה. לשם כך, יש לפעול לפי עקרונות הגישה של "תכנון לפרטיות" ו"תכנון לביטחון" בכל הקשור ביישומי מטאאורס בחינוך.
- שימוש מסיבי בסביבה וירטואלית אופפת, ש"מפגיזה" את כל החושים, עלול להיות בעל **השפעה שלילית על הקשב ועל יכולת הריכוז**. סוגיה זו מהווה אתגר למפתחי גרסאות מטאאורס המתאימות לחינוך.
- **התמכרות למציאויות החדשות** - זוהי סוגיה שאמנם אינה ייחודית לתחום החינוך, אך בתחום זה היא מחייבת תשומת לב מיוחדת. המציאויות ה"מטאאורסיות" עשויות לספק חוויה עוצמתית יותר מהמציאות הפיזית. מצב זה עלול להוביל להתמכרות, לשהייה מרובה במציאויות הווירטואליות ולבריחה אליהן מפני מציאות פיזית מספקת פחות.
- **פיתוח תלות של הלומד בסביבה הווירטואלית** והתרחקות מהעולם הפיזי ומהקשרים החברתיים האמיתיים. להתנתקות כזאת עלולה להיות השפעה שלילית על הבריאות הנפשית ועל השלומות האישית של התלמיד. ככל שהדבר נכון לגבי מבוגרים, הוא נכון שבעתיים לגבי ילדים, ולכן סוגיה זו מחייבת תשומת לב מיוחדת כאשר מתכננים שימוש בעולמות המטאאורס בחינוך.
- **הגברת הקיטוב באמצעות "סוחרי תשומת לב"** - כלכלה חדשה, שהתרחבה

והתעצמה בעשורים האחרונים, היא "כלכלת תשומת הלב"⁴⁹. תאגידי הענק מעניקים למשתמשים את המוצרים שלהם בחינם, לא ממניעים פילנתרופיים, אלא מתוך כך שתשומת הלב של הפרט היא "מוצר" הניתן לתאגידי הענק בחינם והם סוחרים בו. "תשומת לב" היא משאב בעל ערך כלכלי גבוה, ותאגידי הענק מנצלים חולשה אנושית המכונה "הטיית האישור" - כלומר, עמדות הדומות לעמדה שהאדם מחזיק בה, נתפסות בעיניו כמעניינות ואינטליגנטיות יותר מעמדות השונות משלו. הטיה זו מנוצלת כדי ללכוד את תשומת הלב של הפרט, ומכווצת את העולם האינטלקטואלי שלו לממדים הצרים של דעותיו הקיימות. בכך היא מונעת פתיחות, מעודדת קיטוב ויצירת קבוצות הומוגניות, מפרידה בין החלקים השונים של החברה ומרחיקה אותם אלו מאלו.

● **שדה חדש לאלימות, בריונות ופשיעה** - תופעות האלימות, הבריונות והפשיעה במציאויות החדשות עלולות להיות עוצמתיות בהרבה מאלו הנחווות במציאות הפיזית ובאינטרנט. הן עלולות גם להעצים את חוסר היכולת להבדיל בין המציאות פיזית לווירטואלית, לביצוע פשעים כמו אונס וירטואלי, גנבות של כסף וירטואלי וכד', למרות שיש הטוענים שבמטאוורס ניתן יהיה לזהות במהירות רבה יותר תופעות כגון אלו ולמנוע אותן מראש או עם הופעתן.

הזדמנויות חינוכיות

שימוש במטאוורס בתחום החינוך, עתיד לשבש את תהליכי ההוראה והלמידה המסורתיים. מחקרים על למידה בעולם הווירטואלי מצביעים על כך שלמטאוורס יש פוטנציאל להרחיב את צורות הלמידה ע"י מתן הזדמנויות וחוויות למידה שאינן אפשריות בעולם הפיזי. אך כאמור, יש צורך בעוד מחקרים וניסויים כדי להגיע לתובנות באשר למירוב החוויה הלימודית ותוצאות הלמידה ולמציאת הדרך הנאותה לעדכן את הגישות הפדגוגיות בהתאם, הן בסביבות המטאוורס והן בסביבות המשלבות למידה בעולם הווירטואלי והפיזי⁵⁰.

הזדמנויות חינוכיות שהמטאוורס עשוי להציע:

● **יצירת חוויות למידה חדשות** - המציאויות החדשות מאפשרות לייצר חוויות למידה

⁴⁹ לצאת מהתיבה: כיצד הפך הקיטוב למגפה עולמית

<https://www.pnimaIsrael.com/post/%D7%9C%D7%A6%D7%90%D7%AA-%D7%9E%D7%94%D7%AA%D7%99%D7%91%D7%94-%D7%9B%D7%99%D7%A6%D7%93-%D7%94%D7%A4%D7%A-%D7%94%D7%A7%D7%99%D7%98%D7%95%D7%91-%D7%9C%D7%9E%D7%92%D7%A4%D7%94-%D7%A2%D7%95%D7%9C%D7%9E%D7%99%D7%AA>

⁵⁰ Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>

חדשות ואפקטיביות, שלא ניתן לייצרן במציאות הפיזית. כך למשל יכולים הלומדים לטייל בפועל בגוף האדם, לצלול אל האוקיינוס, לבקר ברומא העתיקה או לנחות על כוכבי לכת אחרים ולחקור אותם (זה יחסית קל ליישום, בהנחה שהטכנולוגיה זמינה ובגישה).

- **למידה סימולטיבית** - המציאות החדשות מאפשרות לייצר סימולציות שאינן קיימות, או שלא התקיימו במציאות הפיזית, ומאפשרות ללומדים גם להתנסות בהן וללמוד מהן. כך למשל יכול הלומד לפתח כשיריות על ידי התמודדות עם עולמות בהם חוקי הפיזיקה שונים, לחוות היסטוריה אלטרנטיבית, לפעול ולחוות זהויות אחרות משלו, או לבצע פעילויות שבמציאות הפיזית מסוכן מדי לבצען ועוד. למידה מסוג זה יכולה לעזור במיוחד ללומדים עם מוגבלויות פיזיות או נפשיות, שבהתנסות אמיתית עלולים לסכן את עצמם ואת סביבתם.

- **ביטול ההבדלים בין למידה פנים-אל-פנים לבין למידה מרוחקת** - הלמידה במציאות החדשות מעלימה את ההבדלים בין למידה פנים-אל-פנים לבין למידה מרוחקת, שכן במציאות החדשות, החוויה מבחינת הלומדים והמורים יכולה להיות זהה לחלוטין. מצב זה מאפשר לייצר אקוסיסטם חינוכי אופטימלי בהתבסס על שילוב המציאות החדשות.

כאמור, התחום הנו בהתהוות, אבל צפוי שהמרכיבים הבאים יהפכו לנפוצים ושגרתיים במסגרת למידה אימרסיבית, ככל שהמטאוורס יתפתח⁵¹:

- **מציאות מדומה ומציאות רבודה**: הלומדים יעברו מהשימוש המסורתי בווידאו, אודיו, מצגות ממוחשבות וכו', ללמידה בסביבה אימרסיבית המבוססת על טכנולוגיות של מציאות המהוות את הבסיס למטאוורס.

- **משחוק** - המשולב בסביבה האימרסיבית, יהפוך למיינסטרים.

- **סימולציות איכותיות** - יהוו חלק מסביבת הלמידה.

- **למידה אינטראקטיבית** - תשולב באסטרטגיות של למידה במטאוורס, כולל למידה מבוססת תרחישים, סרטי וידאו אינטראקטיביים ומשחוק.

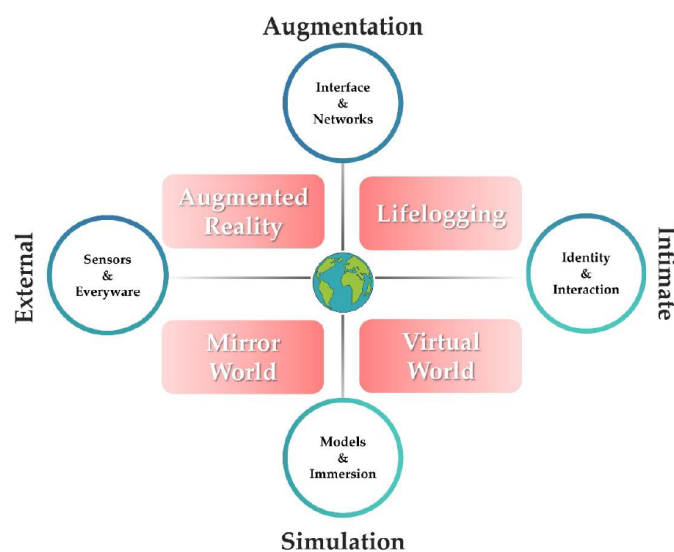
שימוש במטאוורס בחינוך יאפשר אינטראקציה בין הלומדים והמחנכים, וללומדים תתאפשר אינטראקציה "חלקה" ביניהם, עם המורים ועם הסביבה. אך לא פחות חשוב מכך הוא שבעולם וירטואלי זה יתקיים חיקוי של ההיבטים החברתיים והרגשיים של העולם הפיזי. פוטנציאל החיקוי מוביל לדיון בסוגיה איך לתכנן כראוי עולמות וירטואליים כך

⁵¹ Metaverse: The Future of Technology?

<https://elearningindustry.com/metaverse-the-future-of-technology>

שיוכלו להציע סימולציה מדויקת ככל האפשר של חוויית האינטראקציה פנים-אל-פנים, זאת תוך שימוש מיטבי במידע חושי מולטי-מודאלי - כלומר, אופני מידע שונים שנקלטים באמצעות מגוון חושים: חזותיים, שמיעתיים ותנועתיים, המופעלים במהלך הלמידה. שילובים אלו יאפשרו לומדים להתנסות בלמידה מגוונת, ליהנות מחוויית למידה מהנה ולהבין ולזכור את הנלמד באופן טוב יותר⁵². גם המרכיבים של למידה פנים-אל-פנים צריכים להיחקר, ויש לדעת איך לחקות אותם בעולם הווירטואלי כך שתתאפשר הסימולציה המיטבית של סביבת הלמידה. האתגרים בנושא זה כוללים, למשל, את היכולת לבטא שפת גוף של לומדים ומורים בסימולציה של אינטראקציה חברתית של יצגנים במטאוורס.

המטאוורס יכול להוות כוח מניע חשוב בהתפתחות ובשדרוג של חינוך מבוסס אינטרנט. יש יתרונות מסוימים בשימוש בטכנולוגיית מטאוורס במסגרת של חינוך במרחב הפיזי, כולל אפילו חינוך גופני⁵³ (יוצג בהמשך). עוד לפני המטאוורס, עולם החינוך חווה שימוש גובר ודרישה לשימוש במרכיבים חשובים שלו, כמו טכנולוגיות מציאות מורחבת. שימוש במטאוורס יחזק את המגמה הזאת, ויעשיר את האפשרויות שיתנו מענה לביקוש הגובר. הוא יוכל לספק לטכנולוגיות האינטראקטיביות תחושה חזקה של מציאותיות בעולם הווירטואלי, ולחזק את תחושת הנוכחות ביישומי מציאות מדומה ורבודה. בסביבות אלו, חיקוי או סימולציה של פעילויות פיזיות ישודרגו בצורה משמעותית.



איור 10 - ארבעה סוגי מטאוורס⁵⁴

⁵² Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>

⁵³ Exploration of Educational Possibilities by Four Metaverse Types in Physical Education <https://www.mdpi.com/2227-7080/10/5/104>

⁵⁴ Exploration of Educational Possibilities by Four Metaverse Types in Physical Education <https://www.mdpi.com/2227-7080/10/5/104>

Ji-Eun Yu⁵⁵ מקוריאה הדרומית מציעה ארבעה סוגי מטאאורס (באיור 10). במערכת החינוך של קוריאה הדרומית, כבר נעשה שימוש במציאות מדומה בשיעורי ספורט, ובמציאות רבודה כאמצעי הדרכה בפעילויות פיזיות, כגון טניס וגולף, יוגה ומחול. בעקבות התנסויות אלה, התחילו לשלב גם שימוש בבינה מלאכותית בשיעורי חינוך גופני הנתמכים ע"י מציאות מדומה ורבודה - כלומר, אלה כבר שיעורים במטאאורס⁵⁶. כפי שמדגישים החוקרים הקוריאנים, סביבת המטאאורס מצויה עדיין בשלב פיתוח ראשוני, והשימושים בחינוך גופני הם רק ברמה של משחקים. אך יש להניח שבעתיד, השימושים בתחום זה יתרחבו וישתכללו לתחומי ספורט ופעילות גופנית רבים ומגוונים. כרגע, הפונקציות, הכלים הדרושים והדוגמאות בסקירה הם בהתאם לארבעת סוגי המטאאורס⁵⁷:

- **מציאות רבודה (Augmented Reality)** - טכנולוגיה המשפרת את יעילות העבודה על ידי ריבוד המידע הוירטואלי במרחב אמיתי בזמן אמת, ומאפשרת למשתמשים ליצור אינטראקציה עם המידע המרובד.
- **רישום חיים (Lifeloggging)** - טכנולוגיה הלוכדת, מאחסנת ומתארת חוויות יומיומיות ומידע על חפצים ואנשים.
- **עולם מדומה (Virtual Reality)** - מתייחס לסביבה, למצב ספציפי או לטכנולוגיה עצמה שהיא כמו המציאות, אך היא אינה אמיתית, מאחר שנוצרה על ידי טכנולוגיה מלאכותית.
- **עולמות מראה (Mirror World)** - ייצוג העולם האמיתי בצורה דיגיטלית, תוך מיפוי מבנים בעולם האמיתי בצורה מדויקת גיאוגרפית והצעת מודל תוכנה תועלתני של סביבות אמיתיות ופועלן.

2.4 בישראל

חברות ישראליות הן פעילות מאוד בתחומים הרלוונטיים למטאאורס, כגון מציאות מדומה ורבודה, מערכות של משוב-מגע, משחק, שימושי מציאות מדומה/רבודה ברפואה, בלוקצ'יין, בינה מלאכותית, ועוד. חברת Remagine Ventures זיהתה בתחילת שנת 2022 כ-50 חברות ישראליות העוסקות בטכנולוגיות הקשורות למטאאורס⁵⁸.

⁵⁵ Exploration of Educational Possibilities by Four Metaverse Types in Physical Education <https://www.mdpi.com/2227-7080/10/5/104>

⁵⁶ Exploration of Educational Possibilities by Four Metaverse Types in Physical Education <https://www.mdpi.com/2227-7080/10/5/104>

⁵⁷ Exploration of Educational Possibilities by Four Metaverse Types in Physical Education <https://www.mdpi.com/2227-7080/10/5/104>

⁵⁸ Mapping the Israeli Metaverse startup landscape, <https://www.calcalistech.com/ctech/articles/0.7340.L-3927797.00.html>

גורמים רבים בישראל מגלים עניין רב במגמת ההתפתחות של המטאוורס, ומזהים בה פוטנציאל רב, בייחוד לאור הנוכחות המסיבית של חברות ישראליות בתחומים הרלוונטיים. אחד הביטויים לכך היה כנס תחת הכותרת Into the Metaverse, שהתקיים במאי 2022 באוניברסיטת רייכמן, ושארגן בשיתוף עם חברת Meta ועם מרכז פרס לשלום ולחדשנות. בכנס השתתפו גם נציגי חברות ישראליות שכבר נכנסות לפעילות בתחום.

עדי סופר-תאני, מנכ"לית Meta ישראל, אמרה בכנס: "המהפכה של המטאוורס כבר יצאה לדרך, ולישראל יש את ההזדמנות להוביל את הטכנולוגיות שיעצבו את הדור הבא של האינטרנט - במאמץ משותף של יזמים ויזמיות, חוקרים, יוצרים, מפתחים ומקבלי החלטות".

לדברי חמי פרס, יו"ר מרכז פרס לשלום וחדשנות, המטאוורס מציע לישראל להיות שחקן משמעותי, הודות לאקוסיסטם מצוין שכבר קיים, וזו הזדמנות שאפשר למנף. הוא ציין שבזמנו פספסנו את ההבנה של הרשתות החברתיות, וכעת יש הזדמנות חוזרת שאסור להחמיץ, להשלים פערים.⁵⁹

2.5 תרחישים

תרחישים הם סיפורים על האופן שבו הסביבה העתידית עשויה להתפתח, בכל הקשור לארגונים, לתחומי העיסוק, למדינה ולעולם כולו.⁶⁰ הם אינם תחזיות, אלא סיפורים המתארים את מה שיכול לקרות, והם בנויים סביב עלילות שנבנו בקפידה, בהתבסס על מנהגים, אירועים ומגמות. הם מסייעים בבחירת אסטרטגיות עתידיות, חושפים אי ודאות, תורמים לפיתוח חשיבה רוחבית, ומקדמים יוזמות ותהליכי למידה, ובכך הם הופכים לחלק מתהליך התכנון. חשוב לראות בהם חלק מהמכלול. קיימות גישות שונות ליצירת תרחישים - גישות המתאימות למטרות שונות.

תרחישים צריכים "למתוח" את החשיבה, כדי לעזור **לדמיין מחדש (reimagine) את העתיד הרצוי.** בניית תרחישים מעודדת את הפרט והארגון לדמיין מה ניתן לעשות בתרחיש הקיצוני ביותר, ובכך היא דוחפת לחשיבה יצירתית, ומאפשרת לזהות פעולות שניתן לנקוט כדי להבטיח עתיד מיטבי. **היכולת האנושית לעצב עתיד, מוגבלת רק על**

⁵⁹ <https://www.runi.ac.il/whats-up-lobby/news/make-israel-to-lead-metaverse/>

⁶⁰ Thinking our way into the future – scenarios and visioning
<https://learningforsustainability.net/scenarios/>

ידי הדמיון האנושי ועל ידי היכולת לעבוד יחד⁶¹. מגפת הקורונה שדרשה מהאנושות ללמוד דרכים חדשות לבצע דברים בצורה אחרת, יצרה הזדמנות לאתחל את המערכת ולפעול באופן שונה, על בסיס היכולת **לדמיין מחדש את העתיד** (reimagine the future). ואכן, משבר הוא זמן מושלם לדמיין בו מחדש את העתיד, לחלום על אפשרויות חדשות, להציב יעדים חדשים ולבנות מצפן עדכני כדי לנווט בימים לא נודעים.

התרחישים שלפנינו נבנו על הצירים שבין התפתחות הטכנולוגיה (ציר אנכי) לבין זמן אימוץ הטכנולוגיה (ציר אופקי). **לפנינו שני תרחישים**: הראשון מתייחס למועד שבו המטאווורס מתפתח והופך לחלק בלתי נפרד מחיינו בכלל, ומתהליך הלמידה בפרט. ובתרחיש השני מוצעת הקיצוניות השנייה, לפיה האדם פונה כנגד הטכנולוגיה בכלל, ובחינוך בפרט.



איור 11 - חינוך במטאווורס: אינטראקציית Peer2Peer מקוונת

⁶¹ REIMAGINING THE FUTURE
<https://navigatinguncertainty.oasishumanrelations.org.uk/reimagining-the-future>

תרחיש ראשון: יום למידה והוראה במטאוורס

ציר זמן אימוץ – טווח רחוק; ציר טכנולוגיות - מתקדמות

השנה 2030. ניר בן ה-15 מתעורר בביתו. אחרי שהוא מתארגן ואוכל ארוחת בוקר קלה, הוא הולך לחדרו, מתרווח על הכורסה ומתחבר למרחב הלמידה במטאוורס של משרד החינוך.

'בוקר טוב ירון', אומר ניר, ועל גבי עדשות המגע הדיגיטליות שלו מופיעה הולוגרמה של ירון, מנטור הלמידה האישי שלו. 'מה שלומך הבוקר?' שואל ירון, וניר עונה שהוא מתרגש לקראת הפגישות בהמשך היום עם דוד בן גוריון ואלברט איינשטיין. ירון מוודא איתו שהוא מרגיש מוכן ויודע מה הוא רוצה לשאול, וניר עונה שכן. ירון מאחל לו יום למידה פורה, והם קובעים להיפגש בסוף היום.

ניר אומר בקול רם לעוזר הדיגיטלי האישי שלו שמוטמע בעדשות המגע: 'קח אותי לפגישה עם בן גוריון בשדה בוקר' וחיש קל הוא מוצא את עצמו בהקרנה של צריף בן גוריון בשדה בוקר בשנת 1954.

הוא מתבונן על הנוף המדהים של מכתש רמון, וחושב לעצמו: "מעניין כיצד נוצר המכתש?". הוא רושם לעצמו ביומן הדיגיטלי לאתר גיאולוג שחקר את מכתש רמון ולקבוע איתו פגישה.

בשעה 10, בדיוק כפי שנקבע, מופיע דוד בן גוריון ומתיישב על הכורסה מול ניר. בן גוריון דורש בשלומו של ניר, וניר מודה לו ואומר שהוא מאוד מעריך את נכונותו להיפגש איתו. משום מה, נראה שהתשובה משעשעת את בן גוריון, שמחייך ושואל את ניר על מה הוא רוצה לשוחח בפגישה. ניר מרצין ועונה לו שהוא חוקר כעת מנהיגות וקבלת החלטות, והוא מבקש לשמוע ממנו איך הגיע להחלטה להקים את מדינת ישראל - זאת למרות האזהרה המפורשת של הנציב העליון הבריטי בארץ, שטען כי הכרזת העצמאות תוביל בוודאות לפתיחת מלחמה שעלולה להביא להשמדת היישוב היהודי בארץ ישראל בערב ההכרזה בשנת 1948.

חיוכו של בן גוריון מתרחב, הוא מחמיא לניר על השאלה הנבונה, ועונה לו בפירוט, והתשובה נרשמת כטקסט במחברת הדיגיטלית של ניר. ניר יושב מרותק, ואינו חש בזמן החולף, עד שמופיעה ההולוגרמה של ירון המנטור, מה שמציין את תום הפגישה. ירון שואל:

'איך הרגשת בפגישה?' 'מה הרשים אותך במיוחד?' 'ומה למדת', וניר משתף את ירון בחוויה המרתקת.

עדיין כולו נרגש, עובר ניר למרחב אחר - לעתיד - ליישוב האנושי הראשון על המאדים בשנת 2100, שם הוא מצטרף לעוד חמישה תלמידים מקבוצת הלמידה בפיזיקה אותה מנחה אלברט איינשטיין, שמעביר להם שיעור על מהירות האור. הם מתעכבים במיוחד על חקר המצב, לפיו אנו רואים כיום כוכבים שכבר לא קיימים בפועל אלא נעלמו מזמן. איינשטיין מסביר את הדברים בפירוט, ומקפיד לוודא שהם מבינים את דבריו. תוך כדי השיעור, הוא גם שם לב שאחד התלמידים בקבוצה נראה מעט עצוב ואינו משתתף. פונה אליו בשמו ושואל לשלמו - מה שמשפר את מצב רוחו של התלמיד, שחוזר להשתתף בשיעור. בסוף הפגישה עם איינשטיין, שוב מופיע ירון, מנטור הלמידה. 'איך היה?' הוא שואל, וניר מרחיב בשמחה לגבי מה שלמד. ולפני שהם נפרדים, הם מתכננים את סדר היום לניר למחר.

ממשל וגאופוליטיקה - שחקנים, יחסי כוחות, השתתפות	סביבת עבודת ההוראה - מעמד מקצועי, משימות, הסמכה	מבנה וארגון - מרחבים, תוכן, זמן, מערכות יחסים	מטרות ויעדים - הסמכה, טיפול, סוציאליזציה
<p>מרחב המטאאורס פועל בכל שפה. זוהי מערכת אקולוגית רב-ממדית המאפשרת גיוון ורב-תרבותיות גלובליים חוצי מדינות וגבולות של זמן ומקום.</p>	<p>המנטור (לשעבר 'מורה') הוא "מורה הדרך" במסע הלמידה האישי של הלומד. הוא גם לומד במטאאורס - כך שלעיתים הוא המנטור, ולעיתים הוא התלמיד. הוא אינו עוסק בהקניית הידע, אלא בעיקר מעודד סקרנות, מעניק כלים ללמידה, ומקדם את הלמידה החברתית-רגשית - SEL. הוא יודע לזהות את מגוון הצרכים של התלמיד, לתת מענה מותאם, ולהפיק ממנו את המיטב.</p>	<ul style="list-style-type: none"> המטאאורס הוא תשתית למידה המבוססת על מגוון טכנולוגיות של מציאות מדומה ורבודה על מנועים של מחוללי (Generative) בינה מלאכותית ונתוני עתק. המטאאורס מאפשר מרחב למידה חדשני וגמיש שאינו 'בית ספר' ואינו תלוי בזמן ומקום. הלמידה כוללת ליווי אישי (מנטורינג) ואינטראקציה חברתית באמצעות תאומים דיגיטליים <p>הכול אפשרי - הכול גמיש!</p>	<p>המטרה: לאפשר למידה עצמאית, מותאמת אישית, אם לבד ואם בקבוצה. הלמידה כוללת ליווי (מנטורינג) אישי, ומתקדמת בהתאם לתוכנית הלמידה האישית שנקבעה עם המנטור - מה שדורש פעלנות אישית ופעלנות משותפת מפותחות. הלמידה מתקיימת בהתאם לפרדיגמת למידה לאורך החיים.</p>

תרחיש שני: היום בו המטאורס עצר!

ציר זמן אימוץ – טווח קרוב; ציר טכנולוגיות – בסיסי

השעה היא חמש לפנות בוקר בשנת 2030. דניאל, תלמיד כיתה ח' במדינת לודיטאן, שוכב ער ומתוח כבר משעה שלוש, בגלל ההפצצות המרעידות את הדירה הקטנה וריחות העשן הסמיך החודר מבעד לחרכי התריסים. מדינת לודיטאן נמצאת במיתון כלכלי עמוק. כוחות רדיקליים, לאומניים ודתיים קיצוניים התחזקו מאוד, והמדינה שהייתה בעבר דמוקרטית, ליברלית ומתקדמת מאוד בהיבט הטכנולוגי, הפכה למדינה עם שלטון דיקטטורי טוטליטרי.

בבית הספר של דניאל, נחסמה הגישה לרשת האינטרנט, ובוטלו כל סביבות הלמידה המקוונות שהיו בשימוש במטאורס. מנהל בית הספר, שהוא גם פעיל במפלגה הלוודטית, הסביר באספה לתלמידים ולהורים, כי רשת האינטרנט היא מקור לחשיפה לתכנים שאינם נאותים ולהשחתה מוסרית וערכית, בעיקר של הילדים. הורים רבים בכיתה של דניאל ראו את המהלך באופן חיובי, ואמרו שרשת האינטרנט והרשתות החברתיות רק הגבירו את תחושות הבדידות, האלימות והמצוקה הנפשית בקרב הילדים.

נראה שהכול מסכימים שהשימוש בטכנולוגיות מתקדמות ובכלי בינה מלאכותית ג'נרטיבית כדוגמת ChatGPT, פוגע בתהליך הלימודים וביצירתיות. לכן דניאל, כמו כל התלמידים בלודיטאן, מורשה כיום ללמוד רק באמצעות ספרים, חוברות ודפי עבודה שמפיק השלטון המרכזי.

בחדר השני מתעוררת אחותו הגדולה בת ה-18 של דניאל. בעבר הלא רחוק, היא עבדה בפיתוח בחברת מדיה, אך הממשלה סגרה את החברה, והיא נאלצה לעבור הסבה מקצועית. כיום היא עובדת במפעל ייצור המבוסס על עבודה ידנית קשה עם שעות עבודה ארוכות. היא שוקלת להיכנס להיריון, כדי שתוכל להפחית את מספר שעות העבודה ולקבל קצבה נדיבה מהמדינה. המדינה מעודדת ילודה כדי לענות על הצורך בידיים עובדות – אם כעובדי ייצור במפעלים, ואם עבור ארגוני החוק והביטחון הזקוקים לשוטרים וחיילים כדי לשמור על יציבות השלטון.

בבית הספר של דניאל, שנחשב בעבר לחדשני ומתקדם, חזרו ללמד בשיטות של תחילת המאה ה-20. המורה של דניאל עוסק בעיקר בהקניית ידע, ומדניאל כתלמיד נדרשות משמעת חזקה וצייתנות גבוהה. דניאל לחוץ מאוד. בהמשך השבוע תתקיים בחינה גדולה בהיסטוריה, וכדי להצליח בה, הוא נדרש לשנן בעל פה כמות עצומה של עובדות

ותאריכים, ואסור לו להשתמש במחשב, בטאבלט או בטלפון נייד.

לפני מספר שבועות, דניאל שמע במקרה שיחת טלפון של הגיס שלו שעובד בתפקיד סודי במשטרה החשאית. הוא דיבר על המשך הפיתוח של מערכת טכנולוגית המאפשרת לממשלה לבדוק בעולמות המטאווורס את כל החידושים שלהם, לפני שהם משתמשים בהם לטובת המדינה. מהשיחה דניאל גם הבין שקיים פרויקט המאפשר לזהות את התלמידים בעלי היכולות הגבוהות, ואלו נלקחים ממשפחותיהם לפנימיות סגורות של הממשלה, כדי לפתח תוכנות נוספות שיאפשרו יתרון יחסי משמעותי ללודיטאן, לצד יכולות שיאפשרו לה להשתלט על שכנותיה.

דניאל כבר לא ידע ממה הוא פוחד יותר: האם להצליח ולמצוא את עצמו מורחק מהבית לפרויקט סודי, או להיכשל בכוונה ולשאת בתוצאות שגם הן מפחידות, אם מצד בית הספר ואם מצד ההורים. אבל אז התחדשו האזעקות וההפצצות, ודניאל רץ למקלט.

ממשל וגאופוליטיקה - שחקנים, יחסי כוחות, השתתפות	סביבת עבודת ההוראה - מעמד מקצועי, משימות, הסמכה	מבנה וארגון - מרחבים, תוכן, זמן, מערכות יחסים	מטרות ויעדים - הסמכה, טיפול, סוציאליזציה
<p>בתי הספר פועלים בהכוונה ישירה ומלאה של השלטון המרכזי. הכניסה של גורמים חיצוניים לבית הספר כמעט ואינה קיימת, למעט מספר ארגונים סמי-פוליטיים מטעם השלטון המרכזי.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • המורה הוא דמות סמכותית וסמכותנית בכיתה. • המורה הוא מקור הידע העיקרי לתהליך הלמידה. • השלטון המרכזי הגדיר דמות בוגר רצויה, המדגישה נאמנות וציות למשטר, ולאורה מתבצע החינוך. • מתקיימת מדיניות של יד קשה ואפס סובלנות כנגד כל ביטוי של התנגדות לכללים ולמוסכמות. 	<ul style="list-style-type: none"> • בתי הספר חוזרים למודל למידה מסורתית כפי שהיה נהוג בראשית המאה ה-20. • בתי הספר מנותקים מרשת האינטרנט, סגורים להשפעות חיצוניות, ואין בהם גמישות פדגוגית וניהולית. מהתלמידים והמורים נדרשות נאמנות וציותנות מלאות לשלטון המרכזי. 	<p>המטרה: למידה על בסיס תוכנית לימודים אחידה ומאושרת של השלטון המרכזי.</p> <p>צמצום החשיפה להשפעות חיצוניות באמצעות ניתוק בתי הספר מרשת האינטרנט. אין התייחסות לאדם כפרט, ליכולותיו ולרגשותיו.</p>

3. מודלים ודוגמאות בישראל

כפי שכבר נאמר, אנחנו עוד לא ממש במטאוורס, אלא ב"קדימון", שאף הוא חשוב מאוד בתהליך ונותן "הצצה" למה שיהיה בעתיד. אם מה שיהיה זה אכן מה שצפינו... לא ממש ברור, אבל התהליך מרתק. ואכן, במערכת החינוך, בקרב בעלי עניין וסוכנויות ממשלתיות, קיימת כבר עשייה הנוגעת להתפתחות המטאוורס. לדוגמה:

כנס תקשוב ב-360° - נערך ב-31 ביולי, ועסק בסביבות מטאוורס, בהובלת חטיבת תקשוב וטכנולוגיות בחינוך - [לצפייה](#)

כנס שילוב למידה אימרסיבית בבתי הספר - המרכז למחקר ופיתוח ברשת אורט ישראל, בניהולה של מיכל בירן, הפיק לאחרונה כנס ייחודי, שהתמקד בתפקידן של טכנולוגיות המציאות המדומה והרבודה בחינוך, והשתתפו בו צוותי חינוך והנהגות חינוכיות מובילות מבתי הספר באורט, וכן נציגים מבתי הספר המשתתפים השנה בתכנית ORT Future Ready. מטרת הכנס הייתה להפגיש אנשי חינוך ברשת אורט עם מומחים מובילים בתחום, שיחלקו תובנות וחוויות מנסיונם האישי בנוגע לאופן שבו ניתן להשתמש במציאות מדומה ובמציאות רבודה ומועשרת. [לצפייה](#)

מיזם לתיעוד השואה: NEVRAGAIN! - מיזם המשלב עדויות אותנטיות של שורדי שואה עם טכנולוגיה מתקדמת של המציאות המדומה (VR), כדי להעשיר את חוויית הלמידה, לשמר לנצח את סיפורי השורדים ולהנגיש באופן רחב ורלוונטי את מורשתם.



איור 12: מיזם לתיעוד השואה המשלב טכנולוגיות מציאות מדומה (VR)

בשלוש השנים האחרונות, המיזם מתעד באופן אותנטי את סיפורם של שורדי השואה, ומנגיש אותם לתוך עולם המציאות המדומה והרבודה. זהו פרויקט ללא כוונת רווח שמבקש להנגיש בצורה רחבה וחינמית מורשת זו בארץ ובעולם. מייסדי הפרויקט, רועי פרידמן ובני דה-לוי, הם קצינים במילואים ויזמים שהשתתפו במשלחות לפולין והחליטו לחלום על המסעות העתידיים.

● הדגמה על הבמה במרכז פרס לשלום https://youtu.be/fwTkbgi_W60

- כתבה בערוץ 12 <https://youtu.be/XB-cxbYhzFE>

קרן אתנה - להעצמת מורי ישראל

- האתר - [/https://www.athenafund.org](https://www.athenafund.org)
 - כתבה - [/https://www.pc.co.il/news/377826](https://www.pc.co.il/news/377826)
 - מאמר והסכת - <https://www.maariv.co.il/news/Education/Article-941862>
- מטיסה לחלל, שיט במחזור הדם, ואפילו מסע לפולין: הכירו את כיתת העתיד של תלמידי ישראל <https://youtu.be/4F7gQv5XAlw>
- מערכי שיעור שהוכנו על ידי מורה מבית ספר עמל אופקים, אביתר אלוך, באמצעות בינה מלאכותית, עם מידע משימות, ואינטראקטיביות לימוד כללו: חוויה על וואן גור, [חדר זיכרון ליצחק רבין](#) ושיעור על כ"ט בנובמבר.

סוכנות החלל הישראלית⁶² - במסגרת הפעילויות והאירועים של "מחנכי חלל" ו"סקרני חלל", אותם מציעה סוכנות החלל הישראלית, נעשה שימוש רב בחוויות מציאות מדומה, כדוגמת: **טרמינל לחלל בפלנתניה**

<https://www.space.gov.il/activities-and-events/132786>

<https://inverse.city> **INVERSE** - מטרת היישום היא להנגיש את בניית סביבות הלמידה למורה/מרצה, ולאפשר בניית חללים ועיצובם בהתאם לצרכיו. המערכת מייצרת כלי עבודה ולא תכנים. היא מאפשרת לאדמינים לקבוע מי ייכנס לסביבה ולשלוט בסרטונים ובאינטראקציות. המערכת מנסה לייצר פיצ'רים שמדמים יותר מפגש פיזי אמיתי, כמו למשל "ככל שמתרחקים, הסאונד נחלש", ולכן יש להתנהג בצורה דומה יותר לעולם האמיתי.

<https://www.odyssey.stream> **Odyssey** - פלטפורמה נגישה מאוד שמאפשרת, בלי הרשמה ובלי משקף, להיכנס לעולם הווירטואלי דרך הרשת. הרעיון הבסיסי הוא להוריד איכות ויזואלית לטובת נגישות - מגמה מקובלת בעולם כיום - כדי לצמצם את התלות בצידוד קצה של המשתמש, מה שמבטיח רמת שימוש גבוהה בנקודת הזמן הנוכחית.

<https://engagevr.io> **Engage** - פלטפורמה המדגישה את המגמה של הגבולות המיטשטשים בין התחומים השונים. יותר ויותר כלים ויישומים מפותחים לטובת ייעוד אחד, ומהר מאוד מזוהה היכולת להשתמש בהם במגוון תחומי עשייה. לדוגמה, חברה

⁶² <https://www.space.gov.il/> אתר - סוכנות החלל הישראלית

זו החלה את דרכה ביצירת תוכני לימוד על מאדים וחלל. וכאשר זיהו את הפוטנציאל שלה, שינו את הייעוד שלה לפלטפורמה עסקית, ואפשרו למשתמשים להזין את התוכן בעצמם. המשתמשים יכולים לייצר תוכן בזמן החוויה ולהעלות תמונות ווידאו בשיתוף בסגנון זום. הסביבה קבועה, וניתן לדלג לסביבות קיימות, אך לא ניתן לבנות חדשות.

4. אתיקה, הוגנות ושלמות

כטכנולוגיה מתפתחת שנולדה ממדע בדיוני, המטאורס יכול להיות בעל ערך, אבל הוא אינו אוטופיה, והוא דומה כרגע יותר למערב הפרוע. בשלב זה, אין הרבה רגולציה במטאורס - מה שמוביל לציפיות ולחוויות משתמש לא עקביות, במיוחד בתחום האבטחה והפרטיות⁶³. חלק מהדברים שיובאו בהמשך, כבר הופיעו אם במסמך הנוכחי ואם בהקשר של טכנולוגיה בכלל, אך אנחנו חוזרים על הדברים, מתוך כוונה להרחיב ולהדגיש היבטים מסוימים.

הפצת מידע כוזב וקידום דברי שטנה הם מהסוגיות הקשות העומדות בפני המטאורס. טיפול בסכנות אלו ידרוש התמודדות עם בעיות טכניות חסרות תקדים, תקנות, חינוך והשקעה.

פרטיות היא סכנה נוספת מתעצמת, מאחר שה-Web3 והמטאורס המסתמכים במידה רבה על האינטרנט ועל טכנולוגיות מתפתחות אחרות, מגדילים את כמות וטווח הנתונים האישיים הזמינים לניצול. ככל שמישהו מכניס יותר נתונים באינטרנט, כך טביעת הרגל הדיגיטלית שלו גדולה יותר - מה שאומר שהוא נמצא בסיכון גבוה יותר לאיומי סייבר ולהפרות אבטחה. הסכנה היא שמעבר לנתונים אישיים מסורתיים כמו כתובות ושמות, במטאורס ניתן לאסוף גם מידע מזהה, כמו ביומטריה והקלטות קול. נתוני המשתמש במטאורס כוללים כיום חיישן, מיקום, נתונים פיזיולוגיים וחברתיים. לדוגמה, אוזניות מציאות מורחבת יכולות לתעד את תכונות הפנים של המשתמש, מצמוצים ותנועות שלו ואת הפעילויות שלו במטאורס.

סיכוני האבטחה של המטאורס דומים לסיכוני אבטחת סייבר בכל הקשור **לתוכנות זדוניות**, אבל ישנן גם נקודות תורפה חדשות לניצול של האקרים, כמו: פריצה לחשבון ולהודעות אישיות, מידע בנקאי, תמונות, אוואטרים, NFTs ונכסים דיגיטליים אחרים. **אנונימיות** מעצימה את דאגות האבטחה. היא יכולה לאפשר הונאות מקוונות והתנהגות פוגענית, באמצעות זהויות משתמש מזויפות, שניתן לפרוץ באמצעותן ולגנוב מידע רגיש.

⁶³ <https://sproutsocial.com/insights/metaverse-dangers/>

בהתחשב בכל זאת, סביר להניח שסריקת טביעות אצבע וזיהוי פנים יהפכו לשלב ברירת מחדל לכניסה למטאוורס.

חוסר שיוויון - נְגִישוּת - לא ברור כיצד יחוו אנשים עם מוגבלויות ומשתמשים עם הפרעות נוירודגנרטיביות (מחלות הפוגעות בעיקר בנוירונים שבמוח, כגון פרקינסון, אלצהיימר והנטיגנטון) את המטאוורס. ללא טיפול בהיבט הזה, הגבול הדיגיטלי החדש עלול ליצור יותר אי שוויון ואפליה. גם **עלויות** של מכשירי מטאוורס, כמו אוזניות וקסדות של מציאויות אחרות ובגדי גוף הפטיים, יכולות להיות יקרות. מי שאינו יכול לרכוש אותם לא יכול לקחת חלק בעולם המטאוורס מה ששוב מעצים את חוסר השיוויון.

פשעי מטאוורס - **ונדליזם, הטרדה ותקיפה** הם הסכנות המטאוורסיות החדשות. חוויות סוחפות הנתמכות על ידי טכנולוגיה הפטית, מעבירות מגע מהעולם הווירטואלי אל המשתמש בחיים האמיתיים. הדבר מעורר חששות לגבי כיבוד הגבולות האישיים, וכבר קיימים לא מעט פרסומים בעניין.

במקביל, בהיבט העולמי, מקודם בעולם בשנים האחרונות הרעיון של "**חדשנות אחראית**", או של "מחקר וחדשנות אחראיים": RRI - Responsible Research and Innovation. הכוונה היא בעיקר לגרום למְרוּב (מקסימיזציה) של ההשלכות החיוביות של חדשנות ופיתוח טכנולוגיות, ולמניעה או למזעור של ההשלכות השליליות. מדובר למעשה על הקדשת תשומת לב מיוחדת לאחריות חברתית במסגרת מחקר מדעי, פיתוח טכנולוגיות וחדשנות. קיימת הכרה גוברת בכך שתשומת לב זו צריכה לבוא לידי ביטוי במדיניות של ממשלות וארגונים. ומעבר לכך, **היא צריכה להיות מוטמעת במערכת החינוך עצמה, הן לאור העובדה שהיא עושה/תעשה שימוש בטכנולוגיות הללו כדי להתאים את עולם החינוך למציאות המשתנה, והן לאור העובדה שממנה ייצאו המפתחים והחדשנים של העתיד.**

קיימת זיקה בין הגישה של חדשנות אחראית לבין חקר עתידים. חדשנות אחראית חייבת להיעזר בחשיבת עתיד, כדי להבטיח זיהוי מוקדם של ההשלכות הפוטנציאליות של פיתוחים וחיידושים שונים, הן החיוביות והן השליליות.

על פי גישת האיחוד האירופי, המשמעות של RRI היא שהגורמים המעורבים (חוקרים, קובעי מדיניות, עסקים, ארגונים לא ממשלתיים, וגם כלל האזרחים) יפעלו יחד בכל תהליך המו"פ והחדשנות, כדי לוודא שהתהליך ותוצאותיו יעלו בקנה אחד עם הערכים, הצרכים והציפיות של החברה. מבחינה מעשית, הדגש הוא על הבטחת נגישות קלה לתוצאות של מחקר מדעי, שימת דגש על שיקולים אתיים ועל שוויון מגדרי, וכן תשומת לב לחינוך מדעי פורמלי ובלתי פורמלי. על פי גישת האיחוד האירופי, המושג RRI מכיל שישה "ממדי



איור 13: ששת ממדי המפתח במחקר וחדשנות אחראיים (RRI) לפי גישת האיחוד האירופי

- **אתיקה** - תשומת לב והתחשבות בסוגיות אתיות המעורבות בתהליך המו"פ והחדשנות, תוך שאיפה למזער את הנזק (הפוטנציאלי) של הטכנולוגיות, בצד מירוב (מיקסום) התועלת.
- **שוויון מגדרי** - הבטחת השוויון המגדרי בכל תהליכי המו"פ והחדשנות.
- **משילות** - קואורדינציה מתאימה בתוך הארגון, המתוכננת כך שתקדם את האחריות במחקר ובחדשנות ותהפוך את הגישה לחלק בלתי נפרד מהארגון, לרבות אינטראקציה עם בעלי עניין רלוונטיים.
- **נגישות פתוחה** (open access) - הבטחת נגישות לכל תוצאות המחקר.
- **מעורבות הציבור** (public engagement) - עידוד מעורבות של החברה בכללותה בפעילויות המחקר והחדשנות.
- **חינוך מדעי** - קידום חינוך פורמלי ובלתי פורמלי בתחומי המדעים.

המשמעות של מרכיב האתיקה במסגרת מחקר אחראי וחדשנות אחראית, היא כיבוד קפדני של זכויות אדם יסודיות ושל סטנדרטים אתיים גבוהים ביותר, כדי להבטיח רלוונטיות חברתית מרבית וקבלה רחבה (ע"י החברה) של תוצאות המחקר והחדשנות⁶⁵. בהקשר לשימוש בטכנולוגיות חדשות בחינוך, חשוב להדגיש שהנושא מחייב מודעות, הבנה ושיקול דעת. מחקר שנעשה לאחרונה על שימוש בבינה מלאכותית, נתוני עתק ואנליטיקות למידה בתחום החינוך, הצביע על הצורך להבין ולבצע בחירות פדגוגיות אתיות, תוך הבנה שתמיד קיים הסיכון של יצירת תוצאות שלא התכוונו אליהן.

דוח של "הנציבות לעתידים דיגיטליים" בבריטניה הצביע על בעיות הכרוכות בשימוש

⁶⁴ <https://rri-tools.eu/>

⁶⁵ <https://tetris.eu/what-is-responsible-research-and-innovation-rri/>

בטכנולוגיות בבתי ספר בבריטניה ובניסיון לבצע רגולציה בתחום זה⁶⁶ ⁶⁷. אלו הן סוגיות המפתח המתייחסות בעיקר לטכנולוגיות חינוכיות ((Ed Tech , עליהן הצביע הדוח הבריטי:

- כמעט בלתי אפשרי לגלות אילו נתונים נאספים ע"י חברות הטכנולוגיות החינוכיות.
- תעשיית הטכנולוגיות החינוכיות גורפת רווחים מהנתונים הנאספים על ילדים תוך כדי לימודיהם. התעשייה מטשטשת את הגבול בין שירותי ליבה לבין שירותים נוספים, ומעודדת ילדים לעבור מסביבה פרטית לסביבה מסחרית יותר, בדרך כלל בלי להצביע על ההשלכות בהיבטי בטיחות, פרטיות וזכויות הפרט.
- המדיניות והמונחים המשפטיים הננקטים ע"י חברות הטכנולוגיות החינוכיות, אינם תואמים את הרגולציה של הגנה על נתונים.
- הרגולציה מטילה על בתי הספר אחריות, אך אינה מעניקה להם את הכוח לשלוט בעיבוד הנתונים שנעשה ע"י הטכנולוגיות החינוכיות. במקרים רבים, החוזה בין חברות הטכנולוגיות החינוכיות לבין בית הספר מגדיר את בית הספר כבקר הנתונים (data controller), למרות שבית הספר חסר הן את הכוח והן את הידע הטכני על המוצר, הדרושים כדי לנהל את עיבוד המידע.

הדוח קורא לממשלה ולגופים הציבוריים הרלוונטיים לחפש פתרונות לבעיות אלה ולצמצם את הסיכון לילדים שנגרם ע"י שירותי טכנולוגיות חינוכיות. מומחים ציינו שיש צורך לבחון באופן ביקורתי את המעורבות של בתי ספר בעסקים העוסקים בחינוך, "לפני שבתי הספר והמורים יאבדו שליטה על ההוראה", ומורים יואשמו בתוצאות של שימוש בטכנולוגיות בכיתות, כולל שימוש מסחרי בנתוני הילדים. כמו כן, מורים זקוקים לכלים טובים יותר, להדרכה ולמשאבים נאותים, כדי להבטיח את התועלת של הטכנולוגיות החינוכיות וכדי למנוע נזקים, שזה, כאמור, הרעיון העיקרי של תפיסת החדשנות האחראית.

במבט לעתיד, הדו"ח מצביע על נעלמים או על "דברים בלתי ידועים שלא ידוע עליהם" (unknown unknowns), המחייבים התייחסות זהירה בהקשר לשימוש בטכנולוגיות חדשות בבתי הספר. ובראש ובראשונה, המחסור בהערכת סיכונים ובדיקה מעמיקה בכל הקשור לשימוש בטכנולוגיות כמו מטאורס ומציאויות חדשות - מה שמחייב הקפדה על זהירות מונעת (precautionary principle). שנית, הסיכון של אפליה ופגיעה בזכויות, בעקבות שימוש באלגוריתמים לניתוח נתונים לצורך "פרופיילינג" התנהגותי. החשש הוא שלטכנולוגיות חדשות ולאוסף נתונים יש פוטנציאל לשנות את האופי והכיוון של חינוך

⁶⁶ [What's the problem with regulating EdTech?](#)

⁶⁷ [Problems with Data Governance in UK Schools: the cases of Google Classroom and ClassDojo](#)

והוראה, ולהעבירם מידי המורים ובתי הספר לידי גורמים מסחריים. לכן, נדרש לגבש רגולציה ברורה שתבטיח את זכויות הילדים. מחברי הדוח סבורים שהדבר לא יבלום חדשנות, אלא דווקא יוביל לגישה התומכת בחדשנות, שתאפשר לחברות למקסם את היתרונות הטמונים בעיבוד נתונים של תלמידים בקונטקסט חינוכי באופן שיתרום לכולם, תוך מזעור הסיכונים. כיום, "הנציבות לעתידים דיגיטליים" בבריטניה ([Digital Futures Commission](#)) עובדת על גיבוש תוכנית להבטחת שימוש מועיל בנתונים חינוכיים של ילדים, וחשוב שנעקוב אחריהם.

5. דיון והמלצות

המטאאורס הנו עולם בהתהוות. וכזכור, ההערכה היא שייקח עוד לפחות עשור עד שיגיע לכלל בשלות. לכן, מן הראוי לציין כי ההמלצות בהמשך לוקחות בחשבון את המגבלות הבאות: לאור ההתפתחויות הטכנולוגיות המואצות, לא ברור אם המטאאורס הבשל יהיה מה שמוכר עכשיו או שהטכנולוגיה הסופית תציע עולמות חדשים ואפשרויות שכלל לא חזינו. נוסף על כך, למיטב ידיעתנו, לא קיים כמעט מחקר אמפירי מבוסס נתונים על השימוש במטאאורס בכלל, ובחינוך בפרט, ומעט מאוד מחקר קיים על מרכיביו, כמו מציאות רבודה ומדומה, סימולציות, משחק וכו'. המחקרים הקיימים הנם בעיקר סקירות ספרות רחבות, הטוענות שקיימת תרומה משמעותית למטאאורס (או למרכיביו) בעולם הלמידה. אך הנתונים עדיין חלקיים בלבד, ונדרש מחקר רב נוסף.

במסגרת כמות המידע המוגבלת, יש מחקרים אמפיריים העוסקים במשחק, שהוא מרכיב משמעותי במטאאורס, ושניתן בסבירות גבוהה ללמוד ממנו לגבי ממצאים עתידיים בעולמות אופיים. בחרנו במחקר המראה את התוצאות של התערבות בלמידה באמצעות משחק המיינקראפט - משחק וידאו בסגנון ארגז חול (Sandbox)⁶⁸. כלומר, משחק ילדים בסביבה שבה המשתמשים יכולים לעשות ככל העולה על רוחם, ללא חשש מנזק למערכת ההפעלה. הדוח הופק על ידי חוקרים ממרכז המחקר של מדיה דיגיטלית של אוניברסיטת קווינסלנד לטכנולוגיה עבור צוות M:EE במייקרוסופט⁶⁹.

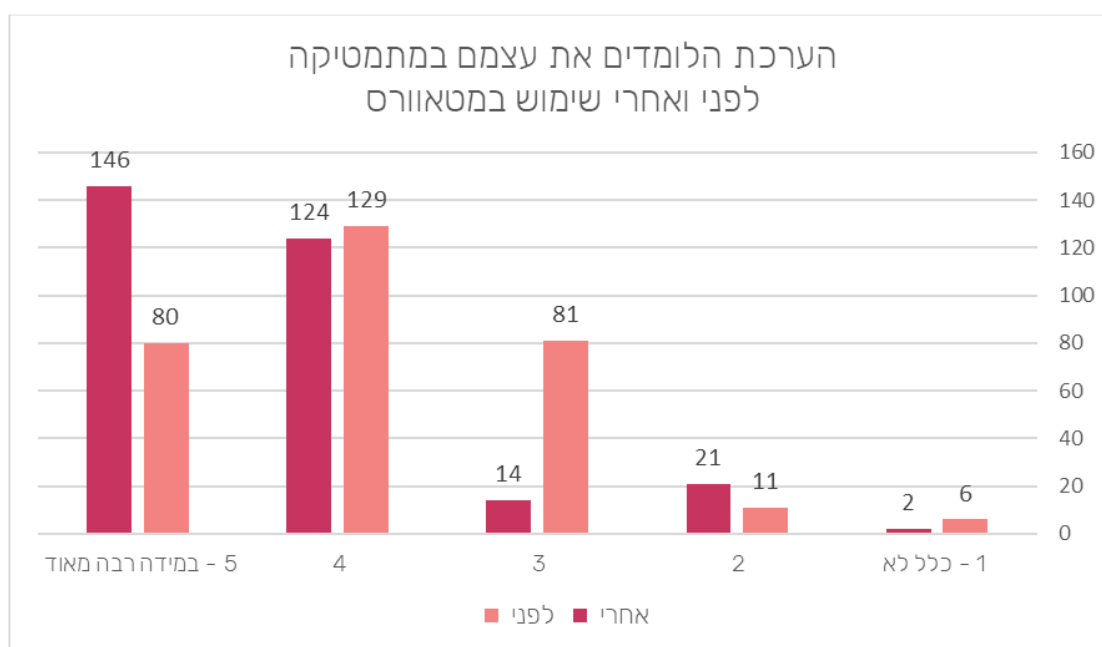
המחקר נערך מאוקטובר עד דצמבר 2019 בשישה בתי ספר בקווינסלנד, והתמקד **בהשפעת השימוש במיינקראפט על למידה המתמטיקה בכיתות ג' ו-ד**. נאספו נתונים

⁶⁸[https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%90%D7%A8%D7%92%D7%96_%D7%97%D7%95%D7%9C_\(%D7%9E%D7%97%D7%A9%D7%91%D7%99%D7%9D\)](https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%90%D7%A8%D7%92%D7%96_%D7%97%D7%95%D7%9C_(%D7%9E%D7%97%D7%A9%D7%91%D7%99%D7%9D))

⁶⁹ Minecraft: Education Edition for Educational Impact, Dezuanni, Michael and Macri, Jo (2020) <https://research.qut.edu.au/dmrc/wp-content/uploads/sites/5/2019/10/MEE-Research.pdf>

מ-307 תלמידים ומ-14 מורים מבתי ספר שונים, כדי להבטיח מגוון בהיבטים הסוציאקונומיים, התרבותיים והגיאוגרפיים. המורים לרוב לא השתמשו בעבר במיינקראפט, לעומת התלמידים שכמעט כולם שיחקו בעבר במיינקראפט בצורה כלשהי.

במחקר נמצא **שתלמידים** זיהו את עצמם באופן גורף כתלמידי מתמטיקה טובים יותר כאשר למדו בתוך מיינקראפט. כשנשאלו לפני השימוש במשחק כיצד ידרגו את עצמם כתלמידים למתמטיקה, 80 מתוך 307 (26%) התלמידים דירגו את עצמם כ"טובים מאוד". בעקבות שיעור מיינקראפט, דירגו 127 תלמידים מתוך 302 (42%) את עצמם כ"טובים מאוד" (עלייה של 16%). ניתן לראות את השינוי בפועל של ההערכה האישית בגרף שלהלן (איור 14).



איור 14: גרף הערכת הלומדים את עצמם במתמטיקה לפני ואחרי שימוש במטאורס

הלומדים ציינו באופן גורף שהם נהנים ללמוד מתמטיקה במיינקראפט (287 תלמידים), ושהם רוצים ללמוד מתמטיקה עם מיינקראפט בעתיד (290 תלמידים). מספר התלמידים שהעריכו את עצמם ברמות 4 ו-5 בתחילה, היה 209 (מתוך 307 = 67%), לעומת 234 שהעריכו עצמם כ-4 ו-5 לאחר השימוש במיינקראפט (מתוך 302 = 77%). נוסף על כך, 287 תלמידים מתוך 301 (95%) ציינו שהם נהנו מאוד להשתמש במיינקראפט, ו-290 מתוך 302 (96%) ציינו שירצו להמשיך ללמוד מתמטיקה באמצעות מיינקראפט. כמו כן, נראה שגם המורים האמינו שהלמידה של התלמידים מוגברת כאשר לומדים במיינקראפט.

נושא נוסף חשוב ביותר הוא **הבטיחות והביטחון** של הלומדים, בני משפחתם, ההורים והקהילה ברשת. אך נושא זה אינו ייחודי למטאוורס, אלא קשור לכלל הטכנולוגיות, והוא זוכה לאינספור אזכורים. לכן המלצות רלוונטיות בתחום זה יוזכרו בקצרה בלבד.

המלצות

ההמלצות בהמשך מחולקות לשתי קבוצות: **המלצות מדיניות למערכת החינוך** לטווח המייד, תוך מבט על הטווח הבינוני והארוך, ו**המלצות למוסדות חינוך**, המציעות "צעדים קטנים והתנסויות התחלתיות", בהתאם לקיים, ליכולת ולמשאבים הקיימים.

הערה: בכל מקום בהמלצות בו כתוב "מטאוורס", יש לפרש זאת כאותם רכיבים של מטאוורס שזמינים ונגישים כבר עתה. כאמור, כרגע רכיבים אלה הם בעיקר בתחום המשחק וההוראה על ידי בוטים.

ברמת מערכת החינוך – התחלה מיידית במבט לטווח ארוך

למערכת החינוך יש תפקיד קריטי בקידום הטמעת המטאוורס בחינוך. אך בראש ובראשונה, צריכה להתקבל החלטה עקרונית בדבר **הנכונות** לפעול בהתאם להמלצות המדיניות בהמשך:

1. **פיתוח מקצועי** למורים בתחום המשחק ובתחום של הוראה באמצעות בוטים.
2. **קידום יישום טכנולוגיות משחק ובוטים** בכל מוסדות החינוך החל מכיתה ד', בדגש על הפריפריה.
3. ליווי תהליכי **יישום במדידה והערכה**.
4. מיפוי בעלי עניין חיצוניים ו**יצירת שיתופי פעולה**.
5. **קידום קהילות מנהלים ומורים** מיישמי טכנולוגיות מטאוורס.

פיתוח מקצועי

1. **בניית תוכנית פעולה לעידוד ותמיכה בחדשנות וקידום שימוש בטכנולוגיה** במוסדות חינוך בכלל, ובמרחבי למידה בפרט. התוכנית תתייחס להכשרות, לתכנים, לכלים ותשתיות, למיקומי למידה היברידית, לתהליך גלווה של הערכה שוטפת ועוד.
2. **שילוב טכנולוגיות משחק בכל שנת לימודים החל מכיתה ה', בליווי תהליכי מדידה והערכה מובנים לבחינת ההשפעה** של המטאוורס על תוצאות הלמידה של התלמידים ולשיפור ביצועים מתמיד, באמצעות **קריטריונים כדוגמת: הישגים**

לימודיים, למידת מיומנויות, מוטיבציה ודימוי עצמי.

3. **הקצאת משאבים** עבור הכשרה לפיתוח מקצועי של המנהיגות החינוכית ותשתיות טכנולוגיות מותאמות ואיכותיות.

4. **קידום שיתופי פעולה, פנימיים וחיצוניים** – פנימיים – בין מחנכים, בתי ספר ומוסדות אחרים המשתמשים במטאוורס בחינוך, וחיצוניים – ארגונים עסקיים, צבא, עמותות ובעלי עניין בפיתוח התחום, הן כמפתחים והן כמשתמשים.

5. **הקמת צוות מחקר ייעודי למעקב אחר התפתחות מגמות טכנולוגיות עולמיות והסתגלות לצרכים המשתנים**, תוך הפגנת פתיחות, גמישות ונכונות לבחון ולעדכן באופן קבוע את המדיניות וההנחיות כדי להבטיח שהן יישארו רלוונטיות, יעילות ובנות קיימא.

המלצות בפועל:

1. הגדרת "צוות-על אסטרטגי" לקידום טכנולוגיות בחינוך בכלל, בדגש על **המטאוורס**, בהובלת משרד החינוך, שיכלול מנהיגות חינוכית, הורים, נציגי ממשל, אקדמיה, ראמ"ה (הרשות הארצית למדידה והערכה בחינוך) מגזר עסקי ובעלי עניין משפיעים. הצוות יעסוק ב:

- קביעת המטרות והיעדים, בהתאמה ליעדים החינוכיים.
- הגדרת אסטרטגיות העל לפיתוח, הטמעה ושימוש במטאוורס בחינוך.
- מדידה והערכה לשם מעקב אחר יישום התהליך האסטרטגי.
- הגדרת "גוף מבצע", שיעקוב אחר כלל התהליך במחלקות משרד החינוך.

2. **פיתוח אסטרטגיית מטאוורס** ארוכת טווח לפיתוח, הטמעה ושימוש במטאוורס בחינוך, כולל:

- זיהוי סל פלטפורמות מומלצות' מהן יוכלו המשתמשים לבחור בהתאם לצרכים וליעדים.
- זיהוי חומרים קיימים זמינים ועיצוב תהליך פיתוח משותף וחסכוני של תוצרי למידה ותכנים הנדרשים ללומדים.
- עיצוב מודל הערכה מתמשך לבחינת השפעת המטאוורס על הלמידה.
- יצירת מפת דרכים ליישום התהליכים.

3. **הגדרת צוות אבטחת מידע למטאוורס** - כדי לעצב וליישם מדיניות בטיחות ופרטיות למטאוורס, מומלץ שפיתוחים ויישומים קשורים יביאו בחשבון את העקרונות של

חדשנות אחראית, כולל הבטחת שוויון הזדמנויות והוגנות, שנכסים טכנולוגיים עלולים לעיתים להרחיב במקום לצמצם. פעילות הצוות תכלול:

- שמירה על נתוני משתמשים.
- בקרה על תכנים שקריים (מכחישי שואה למשל).
- פיתוח תנאים ונוהלי עבודה למטאוורס.
- רגולציה ואסדרה – לגבי בטיחות ופרטיות, כולל טיפול אסדרתי בתקנות קיימות המגבילות התנהגויות רצויות חדשניות שאינן מוכרות.
- שוויון הזדמנויות.

4. **יצירת קהילת מטאוורס** – הקמה של קהילת מחנכים המשתמשים במטאוורס, כדי לשתף רעיונות, שיטות עבודה מומלצות ומשאבים.

5. **שיתופי פעולה חיצוניים בכל הרמות** – כדי לאפשר למידה הדדית של כלל המעורבים:

- שיתוף פעולה בין בתי ספר ומוסדות חינוך המשתמשים במטאוורס.
- שיתופי פעולה עם מחלקות הדרכה בארגונים (צבא, עסקי, עמותות וכו') המשתמשים במטאוורס.
- שיתופי פעולה עם EduTech המפתחים מטאוורס.
- שיתופי פעולה עם הקהילה כדי לתרום לרווחתה של כלל האוכלוסייה.

6. **מבחני פיילוט** – לפני יישום מטאוורס בקנה מידה גדול, מומלץ לבדוק בפיילוט את הפלטפורמה עם קבוצה קטנה של תלמידים ומורים – מה שיאפשר לזהות בעיות או אתגרים ולבצע את כל ההתאמות הנחוצות לפני ההטמעה הנרחבת.

7. **מחקרים להערכת ההשפעה** – קיום תהליכי מחקר מתמשכים כולל איסוף נתונים על מעורבות תלמידים, תוצאות למידה ושביעות רצון המורים. הערכת ההשפעה של המטאוורס על תוצאות הלמידה של התלמידים, מאפשרת לקבל החלטות מבוססות ראיות לגבי השימוש בו בחינוך, לשם שיפור ביצועים מתמיד.

המלצות ברמת מוסדות החינוך – צעדים קטנים והתנסויות התחלתיות:

1. **גיוס "משוגעים לדבר" כצוות פנימי "מוביל מטאוורס"**, שיהיה אחראי על התהליך במוסד החינוכי – החל מזיהוי הפלטפורמה, המשך ביצירת "סל הצעות" ליישום קל

ופשוט, וכלה בליווי המעוניינים, אם באמצעות כוחות פנימיים ואם באמצעות כוחות חיצוניים.

2. **שילוב המטאורס עם תוכנית הלימודים הקיימת** - לאחר זיהוי אזורים בתוכניות הלימודים בהם ניתן להשתמש במטאורס ברמות שונות כדי להשלים או לשפר את הלמידה.

3. **המטאורס ככלי ללמידה וחקירה אינטראקטיבית** בנושאים כמו מדעים, לימודי חברה והיסטוריה.

4. **המטאורס כפלטפורמה של מעבדות וסימולציות וירטואליות**, המאפשרת ללומדים לחוות תרחישים מהעולם האמיתי בסביבה בטוחה ומבוקרת. לדוגמה, סטודנטים לרפואה יכולים לתרגל ניתוח, וטייסים יכולים לתרגל הטסת מטוסים. כל אלו משפרים את המעורבות וההבנה של הלומדים.

5. **המטאורס כפלטפורמה של סיורי שטח**, המאפשרת לתלמידים לחוות תרחישים מהעולם האמיתי בכל מקום בעולם, ללא עלות נסיעה ושהייה. הדבר עשוי לשפר את האזרחות הגלובלית של הלומדים, כולל חשיפה לתרבויות ושפות שונות וקבלת האחר.

6. **המטאורס כפלטפורמה ליצירת כיתות וירטואליות ולקידום למידה היברידית**, כאשר תלמידים יכולים להשתתף בשיעורים מרחוק. כיתות וירטואליות אלו יכולות להיות מעוצבות כך שיידמו לכיתה פיזית, או שהן יכולות להיות יצירתיות וסוחפות יותר, ולאפשר חוויות למידה אינטראקטיביות.

7. **קידום פעלנות לומדים** באמצעות עבודה עצמאית במטאורס, כולל לקיחת אחריות על הלמידה שלהם, באמצעות הצבת יעדים, תכנון דרכי הגעה ויישום בפועל.

8. **עידוד יצירתיות באמצעות מחקר והתנסות** עם המטאורס, כדי לפתח את כישורי הלומדים בתחום.

9. **טיפוח שיתופי פעולה** - בין תלמידים, בזוגות או בקבוצות, לעבודה על פרויקטים או על משימות במטאורס. הדבר מאפשר לחסוך זמן ומאמץ באמצעות שימוש בתבניות קיימות שאנשי חינוך ואחרים יצרו במטאורס, וגם עשוי להיות שימושי במיוחד עבור שיתופי פעולה בינלאומיים או עבור סטודנטים שאינם מסוגלים להיפגש פיזית בגלל אילוצים גיאוגרפיים.

10. **פלטפורמת מטאוורס למשחוק** - כדי להגביר את חוויות הלמידה, ולהפוך אותן למרתקות ואינטראקטיביות יותר עבור התלמידים. זאת באמצעות אתגרים, משימות וחוויות אחרות דמויות משחק המעודדות למידה.

6. סיכום

"מפעלים ייבנו קודם בעולם הווירטואלי ורק אחר כך בעולם הפיזי. נהגים אוטומטיים יגמעו אלפי קילומטרים מבלי לזוז מהמקום, ובינה מלאכותית תפתח תרופות ומזון"⁷⁰.

לדברי מיכאל כגן, CTO עולמי של אנבידיה, אם שנת 2022 הייתה השנה שבה נחשף העולם למושג מטאוורס, הרי ששנת 2023 תהיה שנת מהפכה ופריצות דרך טכנולוגיות, שתהיינה בעלות השפעה על כל תחומי החיים של כלל האנושות. לדבריו, המטאוורס הוא עולם וירטואלי עשיר, תלת-ממדי נגיש, המחובר לעולם הפיזי בזמן אמת, והמאפשר לייצר אינטרקציות חדשות ושימושים פורצי דרך, שיפחיתו עלויות, משאבים, פליטות ונזקים, ויתרמו לבטיחות, לבריאות ולהבנה של העולם שסביבנו.

לטענתו, **"המהפכה מתחילה בעולמות הסימולציה התעשייתית"**. בשנה הקרובה נראה כיצד כל מה שניתן לבנות בעולם הפיזי, "ייבנה" קודם לכן בסימולציה וירטואלית. התאומים הדיגיטליים הללו יהיו העתקים מדויקים שמצייתים לחוקי הפיזיקה ושמקבלים מידע בזמן אמת מחיישנים פיזיים, וישמשו כמגרש ניסויים לשינויים ולעדכונים של המוצר. המטאוורס התעשייתי כבר מניע כיום שורה של יוזמות: ענקית התעשייה, סימנס, למשל, משדרגת את האוטומציה התעשייתית שלה, וענקית הרכב ב.מ.וו יוצרת "תאומים" של מפעליה, כדי לתכנן טוב יותר את תהליכי הייצור. בהמשך נראה תאומים דיגיטליים של תהליכים פיזיקליים מורכבים בקנה מידה שטרם נראה כמותו, כמו למשל פרויקט EARTH2 ליצירת תאום דיגיטלי של כדור הארץ כולו, לצורך מחקר עמוק של תופעות ותהליכים המאיצים את שינוי האקלים. סימולציות כאלה יאפשרו להכשיר בעלי מקצועות שונים, מטייסים ומהנדסים ועד מנתחים בבתי חולים. האחרונים, למשל, יוכלו להתאמן על ניתוח בסביבה שמדמה את חדר הניתוח ואת החולה בדיוק אנטומי מושלם. תהליכי ההכשרה של רופאים יתייעלו משמעותית, שכן הם יוכלו ללמוד לבצע ניתוחים מורכבים במטאוורס. גם מערכות נהיגה אוטונומיות יוכשרו שם, לא באמצעות נסיעה ממש, אלא באופן וירטואלי, על בסיס מידע סינתטי: מאות אלפי קילומטרים, בכל תנאי הראות, הדרך ומזג האוויר, שנוצרו על ידי מחשב, בהתבסס על שכפול ואקסרפולציה של נתוני אמת. באופן דומה, גם רובוטים תעשייתיים יוכשרו להתמודד עם אינספור תרחישים בסביבה וירטואלית תלת-ממדית

⁷⁰ מיכאל כגן, CTO עולמי של אנבידיה, שיהיה אחד הדוברים המרכזיים בוועידת Mind the Tech של כלכליסט בלונדון - <https://www.calcalist.co.il/calcalistech/article/hyhj0000wps>

ונאמנה למציאות, לפני שהם משוגרים לעולם האמיתי. האימון המקדים הזה יאפשר להם לשתף פעולה זה עם זה, וגם להאיץ את שילובם בסביבות עבודה לצד אנשים - למשל, בקווי ייצור גדולים, בבתי חולים, בבתי מלון או ברשתות שיווק, והם ילמדו להימנע ממפגשים מסוכנים.

כל אלו משליכים ישירות גם על עולם החינוך. ייחודו של המטאוורס הוא בכך שהוא הסיבה והוא המסובב, ושבאמצעותו ניתן לקדם ולפתח את המטאוורס בחינוך. בהתנהלות נכונה, הוא יכול להוות כלי רב עוצמה בפיתוח סביבות למידה אופפות ולקדם תהליכי יצירה, פיתוח והטמעה של חוויות למידה חדשניות ויעילות במערכת החינוך - אם באמצעות מתן פלטפורמה למחנכים, למפתחים ולבעלי עניין אחרים המעוניינים לשתף פעולה וליצור חוויות למידה וחדשניות בסביבות וירטואליות המותאמות לחינוך, אם באמצעות משוב למשתמשים על חוויות למידה, באמצעות ניתוח נתונים וכלים אחרים כדי לקדם קבלת החלטות מושכלות לגבי האופן שבו ניתן ליעל את חוויות הלמידה וליצור המלצות על דרכי פעולה בתחום החינוך, ואם כדי לספק הזדמנויות להתפתחות מקצועית למחנכים ולהבטיח אופן שימוש מיטבי בכיתה.

אז נכון... יש הטוענים "בעד" ויש הטוענים "נגד", ואנו רק בתחילת הדרך... ולא ברור לאיזה כיוון הדברים ילכו. אבל גם נכון הוא שכל המתואר בפרק זה כבר קורה, וכל הנאמר על הכשרת עובדים וסימולציות ועולמות וירטואליים, **נוגע ישירות לאופן ההכשרה והלמידה של כלל האנושות.** לכן, לא כל כך משנה איך תיקרא אותה טכנולוגיה שתיושם בפועל בעוד כעשור, אבל כן משנה שהיא תקרה, מאחר שכמו שאמר מתיו בול: **"המטאוורס הוא לא רק חלום עתידי, זה בלתי נמנע."**

What is the metaverse? An explanation and in-depth guide

<https://www.techtarget.com/whatis/feature/The-metaverse-explained-Everything-you-need-to-know>

What Is the Metaverse? Meaning, Features, and Importance

<https://www.spiceworks.com/tech/artificial-intelligence/articles/what-is-metaverse/>

מטאוורס - כל מה שמעניין

<https://metavers.co.il/%D7%9E%D7%94-%D7%96%D7%94-%D7%9E%D7%98%D7%90%D7%95%D7%95%D7%A8%D7%A1/>

Stephenson, N., *Snow Crash* (1992)

<https://www.google.com/search?q=Snow+Crash&aq=SNOW+CRASH&aqs=chrome.69i59j46i67j0i512i4j69i60j69i61.5990j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

[What is the metaverse? An explanation and in-depth guide](#)

7 top technologies for metaverse development

https://www.techtarget.com/searchcio/tip/7-top-technologies-for-metaverse-development?utm_source=PDF&utm_medium=Pillar&utm_campaign=metaverse

The Corporate Hitchhiker's Guide to the Metaverse

<https://www.bcg.com/publications/2022/a-corporate-guide-to-enter-the-metaverse-explained>

Three Predictions for 2023 in Augmented and Virtual Reality

<https://www.idtechex.com/en/research-article/three-predictions-for-2023-in-augmented-and-virtual-reality/28142>

Accenture (2022). *Technology Vision 2022, Meet me in the metaverse.*

https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-5/Accenture-Meet-Me-in-the-Metaverse-Full-Report.pdf

What's New in the 2022 Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies

<https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-the-2022-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies>

Horgan, J. (2021). *Should Big Tech's Plan for a Metaverse Scare Us?* Scientific American.

<https://www.scientificamerican.com/article/should-big-techs-plan-for-a-metaverse-scare-us/>

Three Predictions for 2023 in Augmented and Virtual Reality

<https://www.idtechex.com/en/research-article/three-predictions-for-2023-in-augmented-and-virtual-reality/28142>

<https://www.idtechex.com/en/research-report/optics-for-virtual-augmented-and-mixed-reality-2022-2032-technologies-players-and-markets/870>

<https://www.calcalist.co.il/calcalistech/article/sky5fxnoj>

https://www.calcalist.co.il/calcalistech/article/rynp9b2so?utm_source=taboola&utm_m

[edium=referral&utm_content=internal](#)

<https://decentraland.org/> אתר -

<https://www.sandbox.game/en/about/land/>

<https://www.bloktopia.com/>

<https://www.oculus.com/horizon-worlds/>

<http://metahero.io/>

מקור במחקר: much-more-refined and truly fully-immersive, well-functioning aspect of daily life

The Metaverse in 2040,

<https://www.pewresearch.org/internet/2022/06/30/the-metaverse-in-2040/>

L-H Lee et al, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda, Nov 2021,

<https://arxiv.org/abs/2110.05352>

Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy

<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>

Facebook's Metaverse is unsafe | CCDH,

<https://www.iicsa.org.uk/key-documents/28534/view/INQ006707.pdf>

Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy

<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>

Working in virtual reality for a week made people less productive, New Scientist, 16 June 2022

<https://www.newscientist.com/article/2323682-working-in-virtual-reality-for-a-week-made-people-less-productive/>

Why the fate of the metaverse could hang on its security

<https://venturebeat.com/2022/01/26/why-the-fate-of-the-metaverse-could-hang-on-its-security/>

Understanding kids in the metaverse

<https://digitalfuturescommission.org.uk/blog/understanding-kids-in-the-metaverse/>

It's time to make the digital world playful by design!

<https://digitalfuturescommission.org.uk/blog/its-time-to-make-the-digital-world-playful-by-design/>

Johnson, E. M., & Hopher, T. (2021). *Boeing wants to build its next airplane in the 'metaverse'*. REUTERS.

<https://www.reuters.com/technology/boeing-wants-build-its-next-airplane-metaverse-2021-12-17/>

Boeings GAMECHANGING Plan To Take Over The Metaverse

<https://youtu.be/obX616Z6Ecs>

Accenture (2022). *Technology Vision 2022, Meet me in the metaverse*. Accenture.

https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-5/Accenture-Meet-Me-in-the-Metaverse-Full-Report.pdf

NVIDIA, BMW Blend Reality, Virtual Worlds to Demonstrate Factory of the Future,
<https://blogs.nvidia.com/blog/2021/04/13/nvidia-bmw-factory-future/>

L-H Lee et al, All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda, Nov 2021,
<https://arxiv.org/abs/2110.05352>

How "GREEN" is the METAVERSE? The two sides of the environmental impact of the Metaverse,
<https://medium.com/geekculture/how-green-is-the-metaverse-the-two-sides-of-the-environmental-impact-of-the-metaverse-6a35913fd329>

Even though it's virtual, the metaverse does actually impact the environment,
<https://www.weforum.org/agenda/2022/02/how-metaverse-actually-impacts-the-environment/>

Citizenship – Sovereign States in the Metaverse?
<https://www.hubbis.com/article/the-future-of-residence-and-citizenship-sovereign-states-in-the-metaverse>

Metaverse will see cyberwarfare attacks unlike anything before
<https://www.express.co.uk/news/science/1570844/metaverse-news-cyber-warfare-attacks-virtual-worlds-russia-china-spt>

Meta safety. Meta security. Metaverse.
https://www.engineeringnews.co.za/article/meta-safety-meta-security-metaverse-2022-02-07/rep_id:4136

חידר למידה אימרסיבי באקדמית גורדון, מהראשונים שנבנו בארץ <https://haipo.co.il/item/115107>

K. Hirsh-Pasek et al, "A whole new world: Education meets the Metaverse", Brookings Institution, Policy Brief, Feb. 2022
<https://www.brookings.edu/research/a-whole-new-world-education-meets-the-metaverse/>

<https://www.pnimaIsrael.com/post/%D7%9C%D7%A6%D7%90%D7%AA-%D7%9E%D7%94%D7%AA%D7%99%D7%91%D7%94-%D7%9B%D7%99%D7%A6%D7%93-%D7%94%D7%A4%D7%9A-%D7%94%D7%A7%D7%99%D7%98%D7%95%D7%91-%D7%9C%D7%9E%D7%92%D7%A4%D7%94-%D7%A2%D7%95%D7%9C%D7%9E%D7%99%D7%AA>

Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>

Metaverse: The Future of Technology?
<https://elearningindustry.com/metaverse-the-future-of-technology>

Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>

Exploration of Educational Possibilities by Four Metaverse Types in Physical Education
<https://www.mdpi.com/2227-7080/10/5/104>

Mapping the Israeli Metaverse startup landscape,

<https://www.calcalistech.com/ctech/articles/0,7340,L-3927797,00.html>

<https://www.runi.ac.il/whats-up-lobby/news/make-israel-to-lead-metaverse/>

Thinking our way into the future – scenarios and visioning

<https://learningforsustainability.net/scenarios/>

REIMAGINING THE FUTURE

<https://navigatinguncertainty.oasishumanrelations.org.uk/reimagining-the-future>

אתר – סוכנות החלל הישראלית <https://www.space.gov.il/>

<https://sproutsocial.com/insights/metaverse-dangers/>

<https://rri-tools.eu/>

<https://tetris.eu/what-is-responsible-research-and-innovation-rri/>

[What's the problem with regulating EdTech?](#)

[Problems with Data Governance in UK Schools: the cases of Google Classroom and ClassDojo](#)

של Mind the Tech עולמי של אנבידיה, שיהיה אחד הדוברים המרכזיים בוועידת CTO, מיכאל כגן כלכליסט בלונדון <https://www.calcalist.co.il/calcalistech/article/hyhj0000wps>

[https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A8%D7%92%D7%96_%D7%97%D7%95%D7%9C_\(%D7%9E%D7%97%D7%A9%D7%91%D7%99%D7%9D\)](https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A8%D7%92%D7%96_%D7%97%D7%95%D7%9C_(%D7%9E%D7%97%D7%A9%D7%91%D7%99%D7%9D))

Minecraft: Education Edition for Educational Impact, Dezuanni, Michael and Macri, Jo (2020)

<https://research.qut.edu.au/dmrc/wp-content/uploads/sites/5/2019/10/MEE-Research.pdf>