

# מבוא לבינה מלאכותית יוצרת (Generative AI)

## פרופ' אורית חזן

מאמר זה סוקר בקצרה מהי בינה מלאכותית יוצרת (Generative AI) כמבוא לדין בהשלכותיה על הוראת מדעי המחשב. בחלק זה נכיר את התחום ואת ההסטוריה שלו, נציג מושגים עיקריים בתחום הרלוונטים להוראת מדעי המחשב. בהמשך, כאמור, נבחן כיצד ניתן לשלב בינה מלאכותית יוצרת בהוראת מדעי המחשב.

## רקע

בינה מלאכותית היא תחום במדעי המחשב שבו מפותחים יישומים שניתן לפרש את פעולתם כיכולת חשיבה של מחשב. המושג "בינה מלאכותית" הוצג לראשונה ע"י ג'ון מק'רטי בשנת 1956, מעט לאחר תחילת התפתחות התחום לפני כ- 80 שנים. ב- 3 העשורים האחרונים התחום מתפתח בקצב מואץ ולאחרונה, לאור התפתחות יכולות חישוב ועיבוד נתונים מרשימות וכמויות נתונים אדירות שניתן לאסוף ולאחסן, הולך וגדל קצב התפתחותו.

באופן כללי, ניתן להבחין במספר תקופות של התפתחות התחום בינה מלאכותית המקבילות (פחות או יותר) ל- 5 גישות המיושמות בתחום. בטבלה 1 מוצגות גישות אלה בליווי דוגמא ליישום הבינה המלאכותית בכל גישה.

### טבלה 1: גישות לבינה מלאכותית - שם, מהות הגישה וביטוייה ביישומי זיהוי ייצוג ויזואלי של ספרות

שם הגישה	מהות הגישה	ביטוי בדוגמת זיהוי ייצוג ויזואלי של ספרות: אם היינו מפתחים יישום בינה מלאכותית המזהה ספרות המוצגות באופן גרפי ...
מבוססת כללים rule-based	כלים שפעולתם מבוססת על יישום כללים מפורשים להסקת מסקנות. את הכללים האלגוריתם אינו לומד לבד אלא מקבלם כנתון.	לאחר שנאפיין את צורתה של כל ספרה ע"י חוקים מסויימים, בהנתן ספרה חדשה, על היישום לבדוק את קיומו (או אי קיומו) של כל מאפיין ולהסיק מסקנה מהי הספרה בהתאם לתוצאות בדיקה זו.
למידה מפקחת supervised learning	אלגוריתם הלומד בעצמו על ידי דוגמאות המתוייגות ע"י אדם; המחשב מסיק מסקנות ביחס לדוגמאות חדשות.	תחילה, נראה ליישום דוגמאות רבות של ציור כל ספרה תוך ציון (תייג) מהי; בהנתן ספרה חדשה, היישום יסיק מהי על סמך מה שלמד מהדוגמאות המתוייגות.
למידה לא מפקחת unsupervised learning	למידה של האלגוריתם על בסיס בחינתם של מופעים רבים לא מתוייגים של	בשלב ראשון, נראה ליישום דוגמאות רבות של ספרות רבות מבלי לציין מהי כל ספרה. היישום ילמד את צורתן של ספרות אלה ויחלק אותן

מאפיינים שמצא בצורתן. בהנתן ציור חדש, היישום יזהה מהי הספרה על סמך מאפיינים שזהה באוסף הדוגמאות.	עצמים שונים והסקת מסקנות לגבי זהותם.	
האלגוריתם מזהה ספרות ומשפר את פעולתו על ידי משוב על נכונות הזיהוי.	האלגוריתם לומד באמצעות משוב שהוא מקבל מהסביבה החיצונית לו.	למידה מחיזוקים reinforcement learning
נוכל למשל, לבקש מיישום בינה-מלאכותית- יוצרת-גרפית לצייר ספרה מסויימת בסגנון אומנותי מסויים או באופן המשקף מסר מסויים. על סמך למידת האלגוריתם כיצד נראית כל ספרה ולמידת תכנים נוספים רבים אחרים (כמו למשל, סגנונות ציור), האלגוריתם יוצר מופע חדש של הספרה לפי האפיון שבקשתנו.	יצירת תוכן חדש ע"י אלגוריתם.	בינה מלאכותית יצרת Generative AI

בינה מלאכותית יוצרת מאפשרת ליצור תוכן חדש במגוון צורות: טקסט, צליל, תמונה, אנימציה, ומודל תלת מימד. הקלטים והפלטים של אלגוריתמי בינה מלאכותית יוצרת יכולים גם הם להיות טקסט, תמונות, צלילים, וכל סוג אחר של נתונים. המודלים על-פיהם עובדת בינה מלאכותית יוצרת מזהים תבניות ומבנים בכמויות הנתונים האדירות העומדות לרשותם בתהליך הלמידה, ועל בסיס למידתם, הם יוצרים תוכן חדש ומקורי. למשל, ניתן לבקש מהיישום [DALL-E2](#) לצייר ציור מסויים (למשל "סוס רוכב על ענן") בסגנון מסויים והיישום מייצרו. בהקשר למדעי המחשב, ניתן לבקש למשל מ-[ChatGPT](#) לכתוב תוכנית מחשב בשפת תכנות מסויימת המייצרת "מערך דו מימדי של <אובייקט מסויים>". טבלה 2 מציגה דוגמה לבקשה כזו ואת התוכנית שכתב ChatGPT. הן בקשתי והן תשובתו של ChatGPT מוצגים כלשונם ללא עריכה.

לא ניתן להעריך במדוייק את מספר היישומים המבוססים על בינה מלאכותית יוצרת הזמינים כיום ברשת שמספרם אף עולה מיום ליום. במאמר [AI and I: The Age of Artificial Creativity](#) מופיע איור בשם The Artificial Creativity Landscape המציג את מגוון היישומים של בינה מלאכותית יוצרת. איור זה משנת 2022 מכיל כ- 180 יישומים המחולקים למספר קטגוריות, ביניהן, יישומים לשוניים, ויזואלים ומוזיקליים.

בשלב זה, מומלץ לקחת פסק זמן ולהתנסות ביישום [DALL-E2](#) או ביישום הטקסט [ChatGPT](#), אותו ניתן לשאול כל שאלה בכל נושא ולקבל תשובות. ניתן גם לנסות יישומים המייצרים תוצרים אחרים, כמו אנימציות, להמשיך לנהל שיח עם היישום, וחשוב ביותר – לבקר את התשובות ולוודא את נכונותן. ניתן גם לבקש לבצע משימות כתיבת תוכנית מחשב לביצוע משימות מסויימות.



כעת נתמקד ביישומים טקסטואלים של בינה מלאכותית יוצרת המבוססים על מודלים גדולים של שפות (LLM - Large Language Models), שבאמצעותם ניתן לבצע פעולות רבות כמו מיון, חיפוש, שליפת מידע, ניסוח מחדש של מידע, יצירת מידע (Generative AI - בינה מלאכותית יוצרת), וכו'. ממגוון פעולות אלה, נתמקד ביצירה - Generative AI - ובפרט בשימוש של LLM לכתובת קוד. איור 1 משקף את מיקוד המאמר.

**טבלה 2: שיח עם ChatGPT לכתובת תוכנית מחשב בפיתוח המייצרת ומדפיסה מערך דו-מימדי של מספרים אי-רציונליים רנדומליים**

**My question (prompt):**

Can you please write a Python program that creates and prints a 2-dimensional array whose values are random irrational numbers?

**תשובת ChatGPT:**

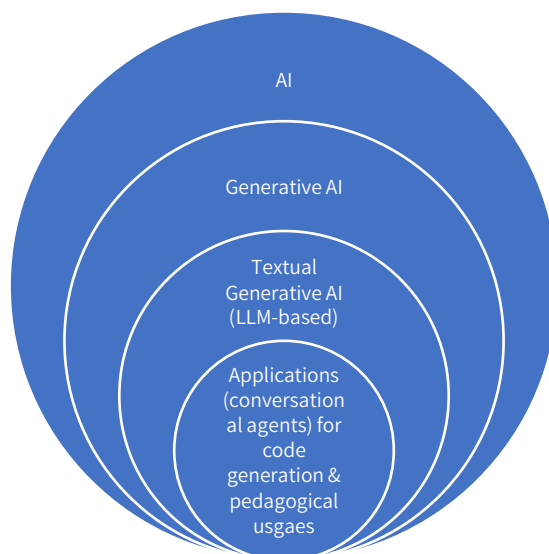
```
import random
import math

#Function to generate random irrational numbers
def generate_random_irrational():
    # You can use math.pi or math.e for irrational numbers
    irr_numbers = [math.pi, math.e] # You can add more irrational constants here
    return random.choice(irr_numbers)

#Define the dimensions of the 2D array
rows = 5
cols = 5

#Create a 2D array and fill it with random irrational numbers
array_2d = [[generate_random_irrational() for _ in range(cols)] for _ in range(rows)]

#Print the 2D array
for row in array_2d:
    print(row)
```



**איור 1: מיקוד המאמר – יישומי בינה מלאכותית יוצרת ליצירת קוד ותכנים פדגוגיים בהתבסס על מודלים גדולים של שפות**

## דיון במושג מודלים גדולים של שפות

אחד המושגים הקשורים לדיון שלנו הוא ניתוח שפה טבעית - Natural Language Processing (NLP). התואר טבעית מתייחס לשפה האנושית בה אנשים משתמשים לתקשורת (ולא למשל לשפות תכנות או לשפה המתמטית הפורמלית) והמושג "ניתוח שפה טבעית" מתמקד בהבנת שפה בה משתמשים אנשים ע"י המחשב. LLM - מודלים גדולים של שפות - היא שיטה אחת לעיבוד שפות טבעיות וקיימות שיטות נוספות לעיבודן.

ניתן לתרגם את הביטוי Large Language Models בשני אופנים: א. מודלים של שפות גדולות ו- ב. מודלים גדולים של שפות. התרגום בהקשר שלנו הוא מודלים גדולים של שפות, כלומר, התואר גדול מתייחס למודלים של שפות, כאשר בכתיב עם סוגריים, הפיסוק הוא Large (Language Models). מודלים אלה מבוססים על מספר גדול מאוד של פרמטרים (בסדרי גודל של מיליארדי פרמטרים) והם אומנו על בסיסי נתונים עצומים. גם לגודל השפה הממודלת יש משמעות היות ולא לגוריתמי הבינה המלאכותית היוצרת יש נתונים רבים יותר ודוגמאות טקסט רבות שהמודל יכול ללמוד ממנו ולמדל את השפה. [ההגדרה של Wikipedia למושג LLM](#) משקפת עובדה זו:

LLMs acquire these abilities by using massive amounts of data to learn billions of parameters during training and consuming large computational resources during their training and operation.

מודלי השפות הגדולים פותחו לניתוח שפות טבעיות ולא לכתיבת קוד. יחד עם זאת, מודלים אלה טובים גם ליצירת קוד בגלל הקוד הרב שנמצא ברשת, במקרים רבים בליווי תיעוד, שבהתבסס על למידתו ניתן ליצור מודל גדול ומדויק יותר ויותר של שפת התכנות. טבלה 3 מציגה את ההסבר של ChatGPT לעובדה זו בשיחה שנהלתי עימו.

### טבלה 3: הסבר ChatGPT לשימוש במודלים גדולים של שפות ליצירת קוד ולבצוע פעולות נוספות על קוד

- So, LLMs target natural language but are used also for code generation?
- ChatGPT
- Yes, large language models (LLMs) are primarily designed for natural language understanding and generation, but they can also be used for code generation and related programming tasks. While their main strength lies in processing and generating human language, LLMs can be valuable tools for assisting with coding and software development in several ways:

חשוב לזכור כי למרות שבאמצעות LLM ניתן לייצר קוד, היישומים המבוססים על LLM אינם סביבות פיתוח, והקוד שנכתב ונכונות האלגוריתמים אינם נבדקים. לכן, חשוב במיוחד לבדוק קוד מיוצר באמצעות יישומים אלה.

שני איורים מאירי עיניים המשקפים את גודל מודלי השפות הם: [Large Language Model \(LLM\)](#) ו- [Large Language Models: A New Moore's Law?](#). חוק מור, שנוסח בשנת 1965 ע"י גורדון מור, מייסדי אינטל, מתייחס ליכולת מחשבונית מבחינת צפיפות ומספר הטרנזיסטורים במעגלים משולבים, וכפועל יוצא, מספר

פעולות לשניה שמחשב יכול לבצע. על פי חוק מור, יכולת זו מוכפלת בערך כל שנה וחצי. הדיון בחוק מור בהקשר למודלים גדולים של שפות מעניין, היות וקצב הגידול של הכוח המחשובי המושג באמצעותם גדול בסדרי גודל משמעותיים.

## שאלות למחשבה

- ניתן ליישם בינה-מלאכותית-יוצרת של טקסט בהתבסס על מודלים אחרים (שאינם מודלים גדולים של שפות). חקרו מודלים אלה. מה דומה ומה שונה ביניהם? לאילו יישומים כל מודל מתאים?
- מהם יחסי הגומלין בין LLM – מודלים גדולים של שפות – למושגים הבאים:
  - מדעי הנתונים
  - בינה מלאכותית
  - בינה מלאכותית יוצרת
  - NLP – ניתוח שפה טבעית
- האם מודלים גדולים של שפות הם אינטלגנטים?
- מדוע הדיון בבינה מלאכותית יוצרת בכלל ובמודלים גדולים של שפות בפרט מעניין במיוחד בהקשר להוראת מדעי המחשב / מדעי הנתונים?
- בינה מלאכותית בכלל ובינה מלאכותית יוצרת בפרט הם תחומים שהתפתחו (גם) במדעי המחשב. לכן, מעניין לבחון האם לבינה מלאכותית יוצרת יש יישומים במדעי המחשב, התחום בו התפתחה, ואם כן- מהם ומה מאפיין אותם?

## המלצה: התנסות בפיתוח קוד באמצעות בינה מלאכותית יוצרת

כל מי שלא התנסה/התנסה עד היום בכתיבת קוד באמצעות אחד מכלי הבינה המלאכותית היוצרת, מוזמן. לבקש מאחד הכלים (ChatGPT, Bing, Bart ואחרים) לכתוב קוד לפחות ל- 5 תוכניות בכל שפת תכנות שתבחרו, להעתיקן לסביבת הפיתוח שלכם ולהריצן. לאחר ניסיון זה חשוב לבצע רפלקציה ולנתח: מה קבלתם? מה התרשמותכם. מהתהליך? מה למדתם. ממנו?

מומלץ לבקש מהיישום ליצור תוכניות מחשב ברמת מורכבות שונות, החל מכתיבת תוכנית לחישוב ממוצעים או ביצוע מיון ועד תוכנית שמיישמת משחק מסויים ואף מעבר לכך. במידה והתוכנית שמציע היישום אינה נכונה ומתקבלת הודעת שגיאה, ניתן להתמודד עם השגיאה לבד או להתייעץ עם היישום.

ניתן גם להשתמש בכלי בינה מלאכותית יוצרת ייעודיים לפתוח תוכנה כמו [GitHub Copilot](#). יתכן והשימוש בהם כרוך בתשלום.

## סיכום

מאמר זה היווה מבוא לבינה מלאכותית יוצרת תוך מיקוד ביישומים טקסטואלים המבוססים על מודלים גדולים של שפות. בהמשך הגיליון נתמקד ביישום התחום ושילובו בהוראת מדעי המחשב.