

**אתריום וחוזים חכמים**

# **Ethereum and Smart Contracts**

**אראל סגל-הלוי**

**מקורות:**

**Ethereum White Paper / Vitalik Buterin, 2015**  
**Smart Contracts: The Technology that will Replace Lawyers**  
**Complete guide to Understanding Ethereum, Blockchain, Smart**  
**Contracts, ICOs, and Decentralized Apps / Mark Gates**

# שרשראות בלוקים

המצאת הביטקוין הביאה לעולם שני חידושים:

- מטבע מבוזר – לא תלוי בממשלה או בבנק.

- הסכמה מבוזרת על סדר-אירועים.

בעבר התלהבו בעיקר מהחידוש הראשון;

היום מתלהבים יותר מהחידוש השני. שרשרת הבלוקים מאפשרת להסכים על אירועים ולבצע פעולות רבות שאינן קשורות דווקא למטבעות.

זה הרעיון מאחרי מערכת אתריום  
(Ethereum).

# חוזים חכמים

- כיום, כדי לאכוף חוזה, דרוש גוף מרכזי.
- מערכת אתריום היא מערכת שבה אפשר לכתוב חוזים חכמים – חוזים ניתנים לתיכנות. המערכת תאכוף אוטומטית ע"י ביצוע הקוד.
- **דוגמה: מכירת יצירת-אומנות במכרז מחיר ראשון**  
▪ (<https://www.ccn.com/crypto-auction-5-6-million-andy-warhol-art-to-be-sold-via-ethereum-blockchain/>)
  - כל משתתף שולח את הכסף לחוזה החכם.
  - החוזה מחשב מקסימום ומגלה מי הזוכה.
  - החוזה מחזיר את הכסף למפסידים.

# חוזים חכמים

## דוגמאות נוספות:

- ביטוח, למשל מפני ירידת שער מטבע. <https://etherisc.com/>
  - אם השער עולה/יורד, הלקוח מקבל כסף מיידית.
- שכירת חדר עם מפתח דיגיטלי. <https://slock.it/>
  - החוזה מקבל מפתח מהמשכיר וכסף מהשוכר;
  - החוזה שולח מפתח לשוכר וכסף למשכיר.
- משחקים על כסף – למשל פוקר. <https://funfair.io/>
  - שני השחקנים מפקידים כסף ובוחרים פעולות;
  - החוזה מחליט מי מנצח ושולח את הכסף.

# מכונת אתריום וירטואלית - EVM

- המושג הבסיסי - חשבון (account):
  - חשבון בבעלות חיצונית (בד"כ בבעלות אדם) - Externally-Owned Account.
  - חשבון של חוזה - Contract account – מייצג חוזה חכם בתוך המערכת. כולל קוד וזיכרון.
- לכל חשבון, חיצוני או חוזה, יש יתרה וכתובת.
  - היתרה היא במטבע הנקרא אֶתֶר (Ether).
  - אתר = 1000 פני (Finney)  
= 1e9 גיגה-וויי (gwei).
  - הכתובת מאפשרת לקבל אֶתֶר והודעות.

# מכונת אתריום וירטואלית – מצב

המצב של ה-EVM, בכל רגע נתון, כולל את:

- היתרה של כל החשבונות במערכת;

- הקוד והזיכרון של כל החוזים החכמים.

המצב של ה-EVM נשמר בשרשרת הבלוקים.

כל כוֹרָה המעוניין להשתתף ברשת אתריום, צריך להוריד את כל שרשרת הבלוקים, לבצע את כל הקוד, ולחשב את המצב הנוכחי של ה-EVM.

מי משלם את עלויות ההרצה של כל הקוד הזה?

# מכונת אתריום וירטואלית – דלק

- כל פעולה שמריצה קוד, צורכת "דלק" (gas).
- לכל פעולה בשפת EVM יש "צריכת דלק".
- צריכת-דלק של עסקה = 21000.
- צריכת-דלק של כל בייט נוסף בעסקה = 68.
- כששולחים פעולה לביצוע, צריך להגדיר כמות דלק מקסימלית ותשלום לכל יחידת דלק.
- מחיר-השוק של דלק כיום: 4 גִּיגֶוִי (ננו-אתר).
- כשהדלק נגמר – הביצוע נפסק.
- לולאה אינסופית לא תתקע את הרשת!

# חוזים חכמים – איך מתחילים?

(1) מתקינים תוכנת ארנק – תוכנה המנהלת מפתחות פרטיים וציבוריים, שולחת עיסקאות וכו' - למשל:

- ארנק על המחשב המקומי – *MyEtherWallet*
- תוסף לדפדפן כרום - *MetaMask*

(2) פותחים חשבון אחד או יותר דרך הארנק.  
• חשבון = זוג מפתחות. נשמר מקומית בלבד!

(3) משיגים קצת אֶתֶר – למשל דרך "ברז" של רשת-ניסוי כלשהי.



# חוזים חכמים – איך מתכנתים?

(1) כותבים קוד בשפה ייעודית כלשהי כגון:

\* **Solidity** – דמויית ג'אבה (ראו דוגמאות בתיקיה code);  
\* **Serpent** – דמויית פייתון.

(2) מקמפלים לשפת-המכונה של ה-EVM:

\* על מחשב מקומי – solc – מסובך;  
\* בדפדפן – [remix.ethereum.org](https://remix.ethereum.org) – פשוט.

(3) שולחים את החוזה המקומפל לרשת אתריום.

\* דרך MetaMask – כמו כל עיסקה אחרת.

\* מרגע שהחוזה נשלח – הוא לא ניתן לשינוי!

# חוזים חכמים – איך מפעילים?

(1) שולחים לכל המשתמשים את:

- קוד-המקור של החוזה;
- הכתובת שבה החוזה נמצא ברשת.

(2) כל משתמש יכול דרך remix:

- לקמפל את החוזה;
- להתחבר לחוזה הקיים;
- להפעיל את השיטות הציבוריות של החוזה;
- לראות את המשתנים הציבוריים של החוזה.

(3) החוזה יכול לצבור כסף ולשלם כסף.

# חוזים חכמים – דוגמאות

`:hello1.sol`(1

- המילה `contract` – חוזה (כמו מחלקה).
- המילים `function`, `public`, `pure`, `returns`
- `bytes32` הסוג

`:hello2.sol`(2

- `view` שדות, שיטות משנות, שיטות מסוג
- `string` הסוג
- `event`, `emit`

# אבן נייר ומספריים – rps.sol

משחק לשני שחקנים על שרשרת הבלוקים.

- שחקן א מגיע, משלם 100 פיוני, ובוחר  
rock/paper/scissors

- שחקן ב מגיע, משלם 100 פיוני, ובוחר  
rock/paper/scissors

- המנצח מקבל 180 פיוני; החוזה מרויח 20.

- במקרה של תיקו, כל שחקן מקבל 90.

- במקרה של קלט לא חוקי, כל שחקן מקבל 80.

# אבן נייר ומספריים – בעיות

בעיה א: שחקן 2 יכול לראות את בחירת שחקן 1!

- פתרון: להפוך את המשתנים לפרטיים (ברירת המחדל).

-- זה לא מספיק – כל המידע גלוי על השרשרת!

- פתרון מתקדם: להשתמש ב-hash.

- שחקן 1 שולח  $\text{SHA256}(\text{choice\_1})$

- שחקן 2 שולח  $\text{SHA256}(\text{choice\_2})$

- שחקן  $n$  שולח  $\text{choice\_}n$ .

- החוזה מאמת שה-hash זהה לקלט הראשון.

# אבן נייר ומספריים – תמריצים

בעיה ב: שחקן 2 רואה את הבחירה של שחקן 1,  
מבין שהפסיד, ואין לו מוטיבציה לשלוח את  
הבחירה שלו!

• פתרון: לתת "פרס ניחומים" למפסיד אם שלח  
תוך זמן סביר.

• הפרס צריך לכסות את מחיר הגז של השליחה.

# חוזים חכמים - סיכונים

באג בקוד של חוזה חכם, גלוי מייד לכל העולם, ויכול לעלות הרבה מאד כסף.

- דוגמה: TheDAO – ארגון מבוזר שהפסיד 50 מיליון דולר, בגלל באג בקוד של פונקציית משיכת כסף, שאיפשר לקרוא לה ברקורסיה.

<https://vessenes.com/more-ethereum-attacks-race-to-empty-is-the-real-deal/>

– הבאג גרם לפיצול בקהילת אתריום: הרוב תמכו בביטול עיסקאות הגניבה; מעטים תמכו בעיקרון "הקוד הוא החוק" והתפצלו ל"אתריום קלאסיק".

- פתרונות: הקפדה על כללי הנדסת תוכנה, בדיקות, קריאת קוד. שימוש בכלי הוכחה ואימות קוד.

# חוזים חכמים - אתגרים

חוזים חכמים המסתמכים על אירועים חיצוניים  
צריכים לקבל מידע על העולם החיצון. למשל:

- חוזה ביטוח דירה –  
צריך לדעת אם הדירה נשרפה.
- חוזה השכרת דירה –  
צריך לדעת אם הדייר נכנס.

פתרונות:

- חיישנים חכמים עם חשבון באתריום.
- מנעולים חכמים.



# חוזים חכמים - סיכום

הנושא בחזית המחקר.

- המון אתגרים:

- אתגרי הנדסת תוכנה;

- אתגרי תמריצים;

- אתגרי חומרה.

- המון אפשרויות!