

# הסקה אוטומטית ושימושיה - 2023

## תרגיל בית 1

### נתונים טכניים

1. תאריך פרסום התרגיל: 16 באפריל 2023.
2. תאריך הגשת התרגיל: 10 במאי 2023.
3. מומלץ להגיש בזוגות, אך אין חובה לעשות זאת.
4. יש לשלוח לצביקה ברגר (כתובת: zvb10@gmail.com) מייל שכותרתו "תרגיל 1 הסקה אוטומטית" ובו קובץ *zip* שיכלול את הדברים הבאים:
  - (א) קובץ פייתון בשם *install\_bool.py* שמכיל את הפתרון לשאלה 1.
  - (ב) קובץ *cnf* שמכיל את הפתרון לשאלה 2.
  - (ג) קובץ *pdf* שיכלול שמות, תעודות זהות, ותשובות לשאלות.
5. אשמח אם תשאלו שאלות בפורום הקורס במודל (וגם אם תענו, אך מבלי לגלות את התשובות לשאלות שבתרגיל).
6. תוכלו להשתמש בפורום גם למציאת בן/בת זוג להגשה.

### הכנה לתרגיל

1. מומלץ מאוד לעבוד בסביבת לינוקס. למשתמשים בווינדוז, אפשר להתקין *WSL*. למשתמשים במק -- כנראה שתסתדרו משום שהיא מבוססת על מערכת דומה ללינוקס. אפשרות נוספת היא להשתמש ב-*docker* או *virtual-box*.
2. יש להתקין *sat-solver* כלשהו, למשל *minisat*. הוראות להתקנת *minisat* מצויות כאן: <http://minisat.se/MiniSat.html>.
3. יש להתקין ספריית פייתון בשם *pysmt*: *pip install pysmt*.
4. כדי לוודא שהספרייה מותקנת, יש לכתוב קובץ פייתון עם שורה אחת, להריץ אותו, ולוודא שאין שגיאות. השורה היא:

```
import pysmt
```

5. בהינתן ש-*pysmt* מותקן, יש להריץ את הפקודה הבאה:

```
pysmt-install --z3
```

לאחר מכן יש להריץ

```
pysmt-install --env
```

תקבלו הדפסה של פקודה אותה יש להעתיק, להדביק ולהריץ. הפקודה משנה את משתנה המערכת `PYTHONPATH` כדי ש-`z3` יהיה זמין. יש לעשות זאת מחדש בכל פעם שפותחים חלון טרמינל.

6. כדי לוודא שהספרייה מותקנת ועובדת יחד עם `z3`, יש לכתוב קובץ פייתון ולהריץ אותו, ולוודא שאין שגיאות. תוכן הקובץ הוא:

```
from pysmt import Solver
a = Solver("z3")
```

7. לקריאה נוספת:

(א) להריץ

`pysmt-install --help`

(ב) מידע על התקנת ספריות פייתון:

<https://packaging.python.org/en/latest/tutorials/installing-packages/>

(ג) הקוד של `pysmt`: <https://github.com/pysmt/pysmt>

(ד) הדוקומנטציה של `pysmt`: <https://pysmt.readthedocs.io/en/latest/>

## תרגיל

1. כתבו תכנית פייתון שמקבלת כקלט בעיית התקנה (מהסוג שראינו בכיתה) וקובעת האם יש תכנית התקנה שמתאימה לה. במידה ויש, על התכנית להציג אחת כזו. פרטים מלאים ודוגמאות זמינים כאן:

<https://github.com/yonit206/ar-class-2023-hw1>

2. בשיעור הראשון יצרנו את הנוסחאות הבאות:

$$\varphi_{foo} = ((\neg a \wedge \neg b \wedge h) \vee (\neg(\neg a \wedge \neg b) \wedge ((\neg a \wedge g) \vee (a \wedge f))))$$

$$\varphi_{goo} = ((a \wedge f) \vee (\neg a \wedge ((b \wedge g) \vee (\neg b \wedge h))))$$

$$\varphi = \varphi_{foo} \leftrightarrow \varphi_{goo}$$

(א) רשמו את  $\neg\varphi$  (שימו לב לשלילה!) בצורת `cnf` לפי האלגוריתם של צייטין.

(ב) צרו קובץ `cnf` שמייצג את הנוסחה שרשמתם.

(ג) הריצו את `minisat` על הקובץ הזה. התוצאה אמורה להיות `unsat`. מה זה אומר על הפונקציות `foo` ו-`goo` מהשיעור הראשון?

(ד) נביט באלגוריתם של צייטין (מובא להלן). הוכיחו כי  $A$  ספיקה אם ורק אם  $B$  ספיקה. עשינו זאת באופן חלקי בכיתה, אך השארנו הרבה מקרים ללא הוכחה, בטענה שהם דומים. כתבו הוכחה שכוללת את כל המקרים.

לנוחותכם, להלן ההגדרה המלאה של שיטת צייטין. תהי נוסחה  $A$ . ניצור נוסחה  $B$  כדלהלן:  
 עבור כל תת נוסחה  $C$  של  $A$  שאינה משתנה נגדיר משתנה חדש  $p_C$ . נגדיר את  $B$  להיות הנוסחה  $E(C) \wedge p_A \wedge \bigwedge_{\{C \in \text{sub}(A)\}} E(C)$  כאשר  $E(C)$  מוגדרת כך:

$$E(C) = \begin{cases} \text{CNF}(p_C \leftrightarrow C) & C \text{ is variable} \\ \text{CNF}(p_C \leftrightarrow \text{true}) & C \text{ is true} \\ \text{CNF}(p_C \leftrightarrow \text{false}) & C \text{ is false} \\ \text{CNF}(p_C \leftrightarrow \neg p_D) & C = \neg D \\ \text{CNF}(p_C \leftrightarrow (p_{C_1} \wedge p_{C_2})) & C = C_1 \wedge C_2 \\ \text{CNF}(p_C \leftrightarrow (p_{C_1} \vee p_{C_2})) & C = C_1 \vee C_2 \\ \text{CNF}(p_C \leftrightarrow (p_{C_1} \rightarrow p_{C_2})) & C = C_1 \rightarrow C_2 \\ \text{CNF}(p_C \leftrightarrow (p_{C_1} \leftrightarrow p_{C_2})) & C = C_1 \leftrightarrow C_2 \end{cases}$$

$$\text{CNF}(p \leftrightarrow C) = \begin{cases} (\neg p_C \vee C) \wedge (\neg C \vee p_C) & C \text{ is variable} \\ (\neg p_C \vee \text{true}) \wedge (\text{false} \vee p_C) & C \text{ is true} \\ (\neg p_C \vee \text{false}) \wedge (\text{true} \vee p_C) & C \text{ is false} \\ (\neg p_C \vee \neg p_D) \wedge (p_D \vee p_C) & C \text{ is } \neg D \\ (\neg p_C \vee p_{C_1}) \wedge (\neg p_C \vee p_{C_2}) \wedge (\neg p_{C_1} \vee \neg p_{C_2} \vee p_C) & C \text{ is } C_1 \wedge C_2 \\ (\neg p_C \vee p_{C_1} \vee p_{C_2}) \wedge (\neg p_{C_1} \vee p_C) \wedge (\neg p_{C_2} \vee p_C) & C \text{ is } C_1 \vee C_2 \\ (\neg p_{\{C\}} \vee \neg p_{C_1} \vee p_{C_2}) \wedge (p_{C_1} \vee p_C) \wedge (\neg p_{C_2} \vee p_C) & C \text{ is } C_1 \rightarrow C_2 \\ (\neg p_C \vee \neg p_{C_1} \vee p_{C_2}) \wedge (\neg p_C \vee p_{C_1} \vee \neg p_{C_2}) \wedge (p_C \vee \neg p_{C_1} \vee \neg p_{C_2}) \wedge (p_C \vee p_{C_1} \vee p_{C_2}) & C \text{ is } C_1 \leftrightarrow C_2 \end{cases}$$

3. הוכיחו/הפריכו:

- (א) קיימת נוסחת  $\text{CNF}$  שבה בכל פסוקית יש לפחות שני ליטרלים, אך היא אינה ספיקה.
- (ב) קיימת נוסחת  $\text{CNF}$  בצורת  $\text{Horn}$  שבה בכל פסוקית יש לפחות שני ליטרלים, אך היא אינה ספיקה.
- (ג) לכל נוסחה  $F$  מתקיים:  $F$  תקפה אם ורק אם  $\neg F$  אינה ספיקה.