בית הספר להנדסה ומדעי המחשב ע"ש רחל וסלים בנין

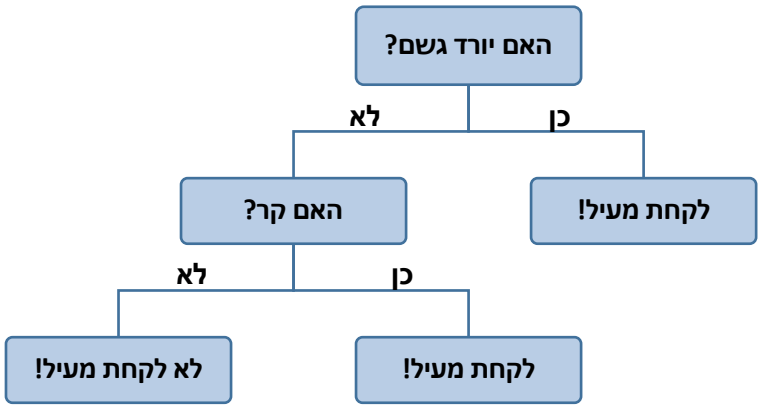
מבוא למדעי המחשב 67101 – סמסטר ב' 2020
תרגיל 11 – Decision Tree
להגשה בתאריך **24/06/2020** בשעה 22:00

הקדמה

בתרגיל זה נתרגל שימוש בעצים כמבנה נתונים.

בתרגיל נעבוד עם עצים בינאריים מושרשים, ובפרט נעבוד עם עצי החלטה. עץ בינארי הוא עץ בו לכל קודקוד יש לכל היותר שני בנים. אנו נעסוק בעצים בהם לכל קודקוד יש בדיוק 2 בנים או 0 בנים (כלומר הוא עלה). יש לציין ששורש ללא בנים הוא גם עלה (עץ בעל קודקוד אחד). עץ החלטה הוא עץ בינארי בו כל קודקוד שאיננו עלה מייצג שאלת כן ולא. לכל קודקוד יש בן אחד המתאים לתשובה "כן" ובן אחד המתאים לתשובה "לא". כשנעבור על קודקודי העץ, בכל שלב נתבונן בשאלה על הקודקוד הנוכחי, נבדוק אם התשובה היא כן או לא, ואז נתקדם לבן המתאים. כל עלה מייצג החלטה שנקבל בהתאם למסלול שעברנו מהשורש עד אליו.

דוגמא לעץ החלטה פשוט הינה:



בעץ ההחלטה הנ"ל השורש הוא קודקוד המייצג את השאלה "האם יורד גשם?". לקודקוד זה יש שני בנים. הבן הימני מתאים לתשובה "כן", ומשום שהוא עלה הוא מייצג החלטה והיא "לקחת מעיל!". הבן השמאלי מתאים לתשובה "לא", והוא מייצג את השאלה "האם קר?". לקודקוד זה שני בנים, הבן הימני מתאים לתשובה "כן", ומשום שהוא עלה הוא מייצג החלטה והיא "לקחת מעיל!". הבן השמאלי מתאים לתשובה "לא", ומשום שהוא עלה הוא מייצג החלטה והיא "לא לקחת מעיל!".

שלד הקובץ ex11.py

על מנת לפתור את התרגיל תקבלו קובץ עם שלד איתו תעבדו.

1. בקובץ זה מוגדרת המחלקה **Node**.

כל אובייקט מסוג Node הינו קודקוד בעץ, כאשר Node מכיל את השדות הבאים:

- השדה **data**: שדה זה מכיל ערך מסוג String. אם ה- Node איננו עלה, השדה מייצג את השאלה שנשאלת בקודקוד זה. אם ה- Node הינו עלה, השדה מייצג את ההחלטה שהתקבלה בעלה זה.
- השדות **positive_child** ו- **negative_child**: אם ה- Node איננו עלה, בשדות אלו יופיעו אובייקטים מסוג Node, כאשר ב- positive_child יהיה הבן התואם לתשובה "כן" על השאלה ב- data וב- negative_child יופיע הבן התואם לתשובה "לא". אם ה- Node הינו עלה, בשני השדות יהיה הערך None.

שדות המחלקה מתוארים גם בטבלה הבאה:

Field	Type	Description
data	String	Non-leaf node - The question asked at this node. Leaf node - The decision indicated by this leaf.
positive_child	Node	Non-leaf node - The node that matches a positive answer to the question. Leaf node – None.
negative_child	Node	Non-leaf node - The node that matches a negative answer to the question. Leaf node - None

כמו כן, ל- Node יהיה הבנאי (constructor) הבא:

Node(data, positive_child=None, negative_child=None)

הבנאי ייצור אובייקט מסוג Node עם הארגומנטים כשדות.

2. בקובץ זה מוגדרת המחלקה **Record** (מעתה ואילך Record ייקרא גם רשומה).
   - Record מכיל את השדות הבאים:
     i. השדה **illness**: בשדה זה יהיה String עם שם של מחלה כלשהי.
     ii. השדה **symptoms**: בשדה זה תהיה רשימה של אובייקטים מסוג String שכל אחד מהם מייצג סימפטום אפשרי. שימו לב כי רשימה זו יכולה להיות ריקה.
   - ל- **Record** יש את הבנאי (constructor) הבא:

Record (illness, symptoms)

הבנאי ייצור אובייקט מסוג Record עם הארגומנטים כשדות.

- לדוגמא, ברשומה מסוימת יכולים להיות השדות הבאים:

record.illness == “influenza”

record.symptoms == [“fever”, “fatigue”, “headache”, “nausea”]

3. בקובץ תהיה גם הפונקציה :

parse_data(filepath)

הפונקציה תקבל נתיב של קובץ ותחזיר רשימה של אובייקטים מסוג Record. כל איבר ברשימה מייצג חולה אחד שאובחן במחלה illness ויכיל את הסימפטומים symptoms שנלוו לה.

הפורמט של הקובץ הנ"ל הוא: קובץ טקסט, כאשר כל שורה בו מכילה מילים המופרדות ברווח, המילה הראשונה היא שם מחלה והמילים שאחריה יהיו שמות הסימפטומים. תיתכן שורה עם מחלה ללא סימפטומים. בנוסף, הקובץ מסתיים בשורה ריקה. תוכלו לראות קבצים לדוגמה בתיקייה Data המצורפת לתרגיל זה.

4. בקובץ זה מוגדרת המחלקה **Diagnoser**

Diagnoser מכיל את השדה rootשבו יהיה Node שמייצג שורש של עץ.

למחלקה זו יהיה את הבנאי (constructor) הבא:

Diagnoser(root)

הבנאי ייצור אובייקט מסוג Diagnoser וישמור את השורש בשדה root.

בחלק א' של התרגיל יהיה עליכם לממש את יתר המתודות במחלקה זו.

<u>הערה</u>: ניתן להוסיף מתודות למחלקות הקיימות בקובץ השלד לפי הצורך.

חלק א' – שימוש בעץ החלטה

בחלק זה נניח שכבר בנינו עץ החלטה. עץ ההחלטה בולו ייוצג על ידי שורש העץ שהינו אובייקט מסוג Node. שימו לב שבקובץ השלד שקיבלתם נבנה עבורכם עץ ידנית ונכתבה דוגמא לשימוש בו (בחלק השני של התרגיל תבנו עצי החלטה). כל הפונקציות בחלק זה הינן מתודות של המחלקה Diagnoser. המחלקה Diagnoser תקבל שורש של עץ החלטה, תשמור אותו כשדה, וכל יתר הפונקציות ישתמשו באותו העץ. חשוב לציין שעל כל המתודות של Diagnoser לא לשנות את מבנה העץ או את המידע השמור עליו כלל.

1. ממשו את המתודה:

diagnose(self, symptoms)

שמקבלת רשימה של סימפטומים "ומאבחנת" איזו מחלה מתאימה להן לפי עץ ההחלטה השמור ב- self. הפונקציה תתחיל מהשורש, תבדוק האם הסימפטום עליו שואל השורש נמצא ברשימת הסימפטומים, ותתקדם לבן המתאים. כלומר, אם הסימפטום נמצא ברשימה יש להתקדם לבן שתואם לתשובה "כן", ואם הוא לא נמצא ברשימה יש להתקדם לבן שתואם לתשובה "לא". לאחר מכן, יש לחזור על אופן הפעולה עד שמגיעים לעלה. הפונקציה תחזיר את המחלה שנמצאת על העלה שהגיעה אליו.

2. ממשו את המתודה:

calculate_success_rate(self, records)

חישוב אחוז הצלחה של עץ:

המתודה תקבל רשימה של אובייקטים מסוג Record, ותשתמש בשורש של עץ ההחלטה השמור ב- self. המתודה תחזיר את היחס בין מספר ההצלחות של העץ על הרשומות ב- records לבין מספר הרשומות בסה"כ. כדי לעשות זאת, המתודה תעבור על כל אחת מהרשומות ברשימה records, תחשב דיאגנוזה עבור הרשימה symptoms מתוך הרשומה (תוך שימוש בשורש העץ שב- self) ותבדוק האם התקבלה המחלה illness מתוך אותה רשומה. המתודה תחלק את מספר הפעמים בהן התקבלה המחלה הנכונה במספר הרשומות בסה"כ ותחזיר את התוצאה.

3. ממשו את המתודה:

all_illnesses(self)

המתודה תשתמש בשורש עץ ההחלטה השמור ב- self ותחזיר רשימה של כל המחלות השמורות על עלי העץ. כלומר, יש להגיע לכל עלי העץ ולשמור את שדה ה- data של כל עלה. על כל מחלה להופיע ברשימה פעם אחת בלבד. כמו כן, על הרשימה להיות ממוינת על פי שכיחות המחלות בעץ. מחלה שמופיעה הכי הרבה פעמים בעלי העץ תהיה הראשונה ברשימה, ומחלה שמופיעה הכי מעט פעמים בעלי העץ תהיה האחרונה ברשימה. עבור

מספר מחלות עם שכיחות זהה (מופיעות מספר זהה של פעמים בעלי העץ), הסדר ביניהן לא משנה. ניתן ובדאי להשתמש באלגוריתמים שנלמדו בכיתה למעבר על קודקודי עץ.

4. ממשו את המתודה:

paths_to_illness(self, illness)

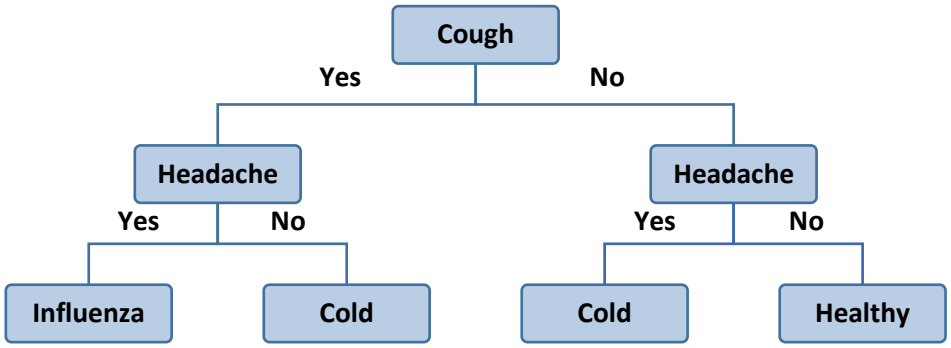
שמקבלת ארגומנט illness מסוג String.

- המתודה תעבור בכל המסלולים בעץ ותחזיר רשימה של כל המסלולים שמגיעים לעלה שעליו המחלה illness.

- כדי לייצג מסלול נשים לב שמספיק להגיד מה התשובה שנתנו בכל אחד מקודקודי העץ. כלומר, עבור כל מסלול שמסתיים במחלה illness מתאימה רשימה של ערכי True, False כך שבמקום ה- i ברשימה יהיה True אם בצעד ה- i ענינו "כן", ואחרת במקום ה- i ברשימה יהיה False. שימו לב כי אנו מתחילים לספור את הצעדים בצעד ה-0.

- חשוב לציין כי ייתכן שיהיו כמה מסלולים שיגיעו לאותה המחלה (בעלים שונים בעץ). לכן, ערך ההחזרה אמור להיות רשימה של רשימות. בכל אחת מהרשימות הפנימיות יהיו רק ערכי True, False המייצגים את המסלולים. אם אין אף מסלול המגיע למחלה, יש להחזיר רשימה ריקה. אין חשיבות לסדר הופעת הרשימות הפנימיות (המסלולים).

- לדוגמא, עבור העץ הבא:



הקריאה:

```
paths_to_illness(self, "Cold")
```

תחזיר את הרשימה:

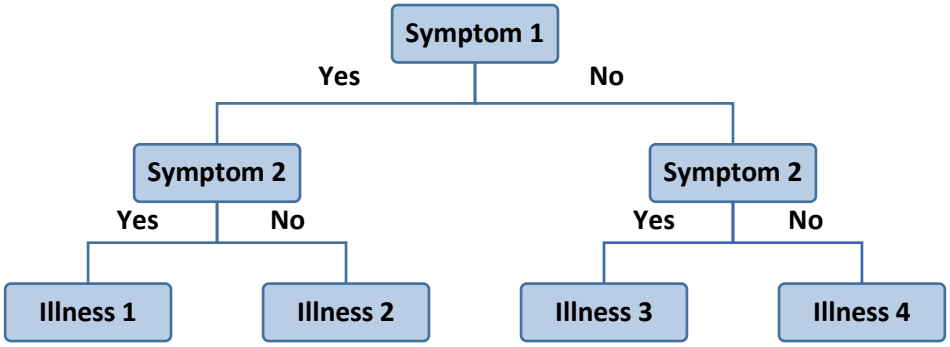
```
[[True, False], [False, True]]
```

- שימו לב שהעץ לא בהכרח מאוזן, ובנוסף יכולות להיות שאלות שונות בבן השמאלי ובבן הימני של אותו קודקוד (הסימפטום עליו שואל הבן הימני יכול להיות שונה מהסימפטום עליו שואל הבן השמאלי).

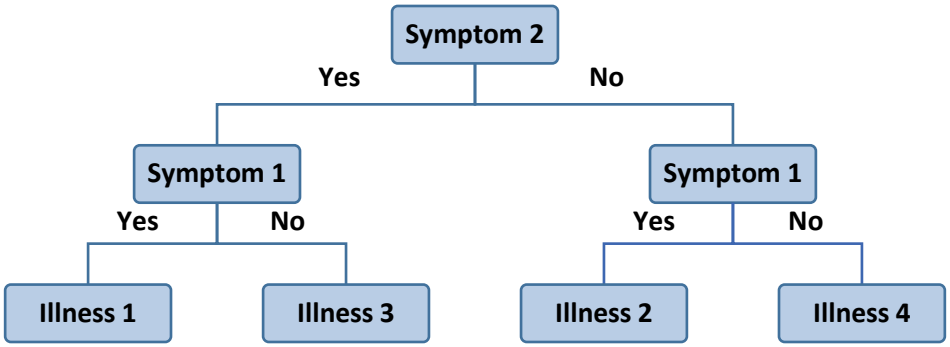
חלק ב' - בניית עץ החלטה

בחלק זה נבנה עץ החלטה עם אחוז הצלחה גבוה עבור המידע שהתקבל מ- parse_data. שימו לב כי אם נשאל על כל אחד מהסימפטומים האפשריים נוכל יחסית בקלות לבנות עץ החלטה אופטימלי (ביצד היינו עושים כזה דבר?). לכן, נרצה להגביל את עצי ההחלטה שלנו לעצים ששואלים על מספר קטן יחסית של סימפטומים.

כמו כן, שימו לב שאם עץ תמיד שואל על אותה קבוצה של סימפטומים לפני שהוא מגיע לעלה, אז סדר השאלות לא משנה. מכאן שהעץ:



והעץ:



יחזירו בדיוק את אותה דיאגנוזה עבור כל רשימת סימפטומים. שכנעו את עצמכם שקביעה זו נכונה.

שימו לב כי הפונקציות הבאות (סעיפים 5-6) אינן מתודות של Diagnoser.

5. ממשו את הפונקציה:

build_tree(records, symptoms)

records זו רשימה של אובייקטים של המחלקה Record, ו- symptoms זו רשימה שכל איבריה מסוג string הפונקציה תבנה עץ השואל בדיוק על הסימפטומים ברשימה symptoms לפי סדר הופעתם ברשימה, ותחזיר את שורש העץ שנבנה. כלומר, בשורש ישאלו על symptoms[0], בבניו ישאלו על symptoms[1], וכן הלאה. ניתן לעשות זאת בכך שבשורש העץ נשים את הערך הראשון ברשימה, symptoms[0], ואז בכל אחד מבניו נבנה תת עץ השואל על כל יתר הסימפטומים ב- symptoms. באופן זה, בכל עומק בעץ כל הצמתים המקבילים יבדקו את אותו הסימפטום. שימו לב כי זוהי הגדרה רקורסיבית.

כשנגיע לעלה בעץ נצטרך לבחור מחלה כלשהי שהיא האבחנה שמספק העץ במקרה זה. "המתמודדים" מבין כל המחלות הן המחלות שמופיעות ברשומות שתואמות את המסלול משורש העץ עד לעלה. נאמר שרשומה תואמת למסלול אם כל הסימפטומים עליהם אמרנו "כן" לאורך המסלול מופיעים ברשימת הסימפטומים ברשומה וכל הסימפטומים עליהם אמרנו "לא" לא מופיעים ברשימת הסימפטומים. כדי למזער את השגיאה של דיאגנוזה עתידית, נבחר לבנות את העץ כך שבכל עלה תופיע המחלה המופיעה במספר המרבי של רשומות

התואמות למסלול שמתחיל משורש העץ ומגיע עד לאותו עלה .שימו לב כי העץ לא בהכרח יכיל את כל הסימפטומים או המחלות המופיעים ב- records.

אם עבור עלה מסוים נתקלנו במקרה של שוויון בין מספר מחלות שונות (כלומר, יש יותר ממחלה אחת שמופיעה במספר המרבי של רשומות התואמות למסלול שמתחיל משורש העץ ומגיע עד לאותו עלה), אז ניתן לבחור כל אחת מהמחלות הנ"ל. בנוסף, במקרה בו לא נמצאה אף רשומה תואמת למסלול משורש העץ עד לעלה, נבחר לשים בעלה זה את הערך None.

לא ניתן להניח שהרשימות records, symptoms לא ריקות . נשים לב שאם הרשימה symptoms ריקה קודקוד השורש של העץ שנבנה יהיה עלה.

6. ממשו את הפונקציה

optimal_tree(records, symptoms, depth)

ניתן להניח כי הרשימות records, symptoms לא ריקות וכי $\text{len(symptoms)} \geq \text{depth} \geq 0$.

הפונקציה תחזיר את שורש העץ (כלומר אובייקט מסוג Node שהוא שורש העץ) עם אחוז ההצלחה הגבוה ביותר שתמיד שואל על מספר סימפטומים השווה ל- $depth$. כדי לעשות זאת, הפונקציה תעבור על כל תתי הקבוצות בגודל $depth$ של קבוצת הסימפטומים, symptoms, תבנה עץ השואל בדיוק על הסימפטומים בתת הקבוצה שנבחרה (בעזרת הפונקציה build_tree), ותבדוק את אחוז ההצלחה על אותו העץ (עבור חישוב אחוז הצלחה - בנינו פונקציה בחלק הראשון של התרגיל).

ניתן להשתמש בפונקציה combinations כדי לבנות את כל תתי הקבוצות בגודל מסוים.

ניתן לקרוא על הפונקציה ולראות דוגמאות לשימוש בה בקישור הבא:

https://docs.python.org/3.7/library/itertools.html#itertools.combinations

שימו לב שהפונקציה לא מחזירה רשימה אלא איטרטור (iterator). אתם יכולים להתמודד עם ערך ההחזרה שלו ע"י המרתו ל- list, או להשתמש בו בלולאת for בדרך הבאה:

```
for x in itertools.combintions():
    ...
```

בסוף התהליך הפונקציה תחזיר את השורש של העץ עם אחוז ההצלחה הגבוה ביותר.

שימו לב שעבור $depth = 0$, יש תת קבוצה אחת בגודל 0 והיא הקבוצה הריקה. כלומר, נקבל עץ שקודקוד השורש שלו הוא עלה.

דוגמא עבור הפונקציות 5,6:

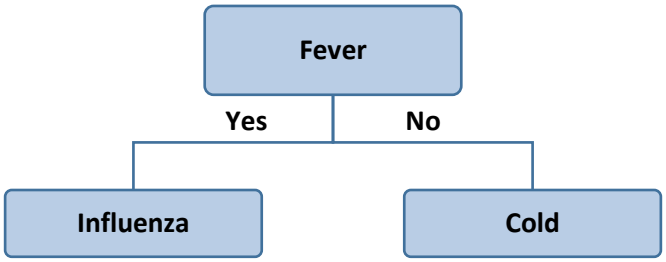
עבור הרשימה records הבאה:

```
record1 = Record("influenza", ["cough", "fever"])
record2 = Record("cold", ["cough"])
records = [record1, record2]
```

נצפה ששתי הקריאות:

```
build_tree(records, [“fever”])
optimal_tree(records, [“cough”,”fever”], 1)
```

יחזירו את שורש העץ הבא:



חלק ג' – סעיפי בונוס

7. הוסיפו למחלקה Diagnoser את המתודה:

minimize(self, remove_empty=False)

המחליפה את עץ ההחלטה בעץ שקול שבו הורדנו קודקודים מיותרים.

כאשר הפרמטר remove_empty שווה ל-False, נגדיר קודקוד כמיותר אם הוא מייצג שאלה (כלומר הוא איננו עלה) ושאלות ההמשך והדיאגנוזה לכל אוסף סימפטומים אינה תלויה בתשובה שניתנה בקודקוד זה. במקרה כזה נחליף את הקודקוד באחד מבניו.

כאשר הפרמטר remove_empty שווה ל-True, קודקוד שאלה ייחשב כמיותר גם במקרה בו כל המסלולים של אחד מילדיו מגיעים לדיאגנוזה של None. במקרה כזה, נחליף את קודקוד השאלה בילד השני (עץ שבו כל הדיאגנוזות הן None יוחלף בעץ עם קודקוד בודד כזה).

בשני המקרים יש להתחיל את הבדיקה מכיוון העלים ומשם להתקדם לשורש העץ.

מותר לשנות את קודקודי העץ המקוריים.

שאלה למחשבה א': מה המשמעות של דיאגנוזות None לפי כל אחת מההגדרות?

שאלה למחשבה ב': מה החשיבות של הגדרת הסדר לפי כל אחת מההגדרות?

8. ממשו את הפונקציה:

more_optimal_tree(records, symptoms, depth)

הדומה לפונקציה שהוגדרה בסעיף 6, אך הפעם ניתן לבחור את השאלות המאוחרות לפי התשובות לשאלות המוקדמות יותר.

שימו לב שזו שאלה קשה ואין דרישה (או ציפייה) להגיע לעץ הכי אופטימלי עבור כל קלט או לעץ מסוים.

הסבירו בהערה את האלגוריתם בו בחרתם להשתמש בפתרון הבעיה.

נהלי הגשת התרגיל:

עליכם להגיש קובץ zip הנקרא ex11.zip אשר מכיל את הקובץ ex11.py עם המימושים שלכם לפונקציות ולמתודות השונות שהוזכרו בתרגיל.

בהצלחה!