**<u>אופני בחירת השמות - יוריסטיקה</u>**

<u>המטרה:</u> לחשב ערך יוריסטי לכל בחירה אפשרית של קביעת ערך אמת למשתנה. ככל שהערך היוריסטי גבוה יותר, נעדיף לנסות לקבוע ערך למשתנה הזה קודם, כאשר אנחנו מנסים לספק את הפסוק.

<u>גישה ראשונה</u>

$Cxp$ - מונה חיובי, לכל משתנה $x$ שומרים את מספר הפסוקיות בהן הוא נמצא באופן חיובי, ואת מספר הפסוקיות שבהן הוא נמצא באופן שלילי, ונבחר את המשתנה שהמונה שלו הגדול ביותר.

$Cxn$ - מונה שלילי.

<u>מבחינת סיבוכיות:</u> יש לעבור על כל הפסוקיות של המשתנה שבחרנו (יש לבצע זאת כל פעם, כי כל החלטה מורידה כמה פסוקיות שהסתפקו). לכן התקורה גבוהה.

<u>גישה שניה:</u>

- נטפל בפסוקיות קצרות קודם, כי הן מגבילות יותר את מרחב החיפוש של ההשמות.

הפסוקית הקצרה ביותר מכילה ליטרל אחד, ולכן המרחב נחצה לשניים - עבור פסוקית $\alpha=(x)$ מתאים רק $x=T$ ועבור פסוקית $\beta=(\neg x)$ מתאים רק $x=F$. משם ממשיכים.

$(x\vee y)$ למשל מקטינה ברבע את מרחב החיפוש, כי לא יתכן $x=F\wedge y=F$.

ככל שהפסוקית ארוכה יותר, מרחב החיפוש מצטמצם בחלק קטן יותר (כלומר מרחב החיפוש גדול יותר).

<u>הביצוע:</u> $\delta(l)=\sum_{l\in w, w\in\varphi} 2^{-|w|}$. $l$ ליטרל, $w$ פסוקית, $\varphi$ נוסחת CNF.

נעדיף לבחור קודם את הליטרל שה- $\delta$ שלו גדול יותר.

אם ליטרל מופע בעשר פסוקיות קצרות, הוא עדיף על ליטרל שמופע ב 10 פסוקיות ארוכות.

ככל שהפסוקית $w$ ארוכה יותר - $2^{-|w|}$ קטן יותר.

<u>גישה שלישית:</u>

נניח שקיימות פסוקיות בינאריות לא מסופקות:

$$(x_1\vee\neg x_2),(x_1\vee x_3),(x_2\vee\neg x_3)$$

נגדיר $f^*(x)$ - מספר הפסוקיות שלא סופקו בהן $x$ מופיע.

בדוגמה שלנו:

$$f^*(\neg x_2)=1\ ,\ f^*(\neg x_1)=0\ ,\ f^*(x_2)=1\ ,\ f^*(x_1)=2$$

נסתכל על הסכום הכולל של המופעים של $x$: $f^*(x)+f(\neg x)$:

אם עבור שני משתנים הסכום הוא זהה:

$f^*(\neg x)=f^*(x)=10$ - כאן ההחלטה קשה - לא נדע את מי לספק - את $x$ או את $\neg x$, כי שניהם מופיעים אותו מספר פעמים.

$f*(y)=15, f^*(\neg y)=5$ - כאן ההחלטה קלה יותר - נעדיף לספק את $y$ (ולא את $\neg y$) כי הוא מופיע יותר פעמים.

לכן עדיף להתחיל מ $x$ כי ההחלטה בו קשה יותר. נעדיף לטפל קודם בבעיות הקשות ורק אחר כך בקלות. זאת מכיוון שזה יחסוך לנו חזרה ב $back-tracking$.

לאחר מכן נבחר לפי $f^*(x)\cdot f^*(\neg x)$.

אפשר לבחור גם באופן הבא: $\left(\left(f^*(x)+f^*(\neg x)\right)\right)2^k + f^*(x)\cdot f^*(\neg x)$

המשקל $2^k$ יקבע כמה משקל לכל החלטה. (האם נלך לפי הכפל או לפי הסכום. אם ניקח $k>0$ אז זה יגרום לדרישה שההחלטה תתקבל לפי הסכום - זאת אומרת קודם בחירה לפי החיבור, ורק אם הוא שווה, אז לפי הכפל).

<u>גישה רביעית:</u>

1. לכל משתנה נקבע מונה מאותחל לאפס (שני מונים שונים: אחד ל $x$ ואחד ל $\neg x$).

קריאת הנוסחה:

2. לכל פסוקית בה המשתנה נמצא נגדיל את המונה.
3. נבחר את המשתנה עם המונה הגבוה ביותר.
4. מדי פעם נחלק את כל ערכי המונים ב 2.

(במהלך הריצה אנחנו מוסיפים פסוקיות "קונפליקט" - לפי המסקנות שה- $SAT-RESOLVER$ הסיק. אז המונים גדלים. פסוקית ישנה - הערך שלה חולק ב 2 הרבה פעמים, לכן הערך של המונה שלה קטן. ככל שהפסוקית חדשה יותר, הערך של הפסוקית יחולק פחות פעמים ב 2, לכן המונה שלו גדול יותר.
לכן עבור משתנה שמופיע בהרבה פסוקיות קונפליקט, ערך המונה שלו גדול יותר.)

דוגמה:

פסוקית מקורית: $(x \vee y)$

פסוקית קונפליקט 1: $(z_1 \vee z_2)$

פסוקית קונפליקט 2: $(z_3 \vee z_4)$

המונה של פסוקיות הקונפליקט יהיה גדול יותר, וכך ניתן עדיפות למשתנים שמופיעים בקונפליקט (הרעיון: לפני שממשיכים הלאה, מטפלים בקונפליקט).

לא נעדכן את המונים כל פעם רק לפי הפסוקיות שלא סופקו, כי זה ייקר את התקורה - יש לעבור שוב על כל הפסוקיות. לכן העדיפו להתעלם מזה.

האלגוריתם סטטי - הוא לא מתבסס על הפסוקיות שסופקו כרגע.
האלגוריתם דינאמי - ערכי המשתנים גדלים בהתאם לפסוקיות שמתווספות.

<u>פסוקיות קונפליקט:</u>
נרצה להוסיף אינפורמציה לנוסחה כשניתקל בקונפליקט בגרף ההחלטות.

בדוגמה מההרצאה הקודמת: כל המקורות ביחד הם בחירות שמביאות לקונפליקט.

למשל, עבור: $x_1=1, x_{10}=0, x_9=0, x_{11}=0$ יש קונפליקט.
לכן נוסיף פסוקית קונפליקט: $(\neg x_1 \vee x_{10} \vee x_{11} \vee x_9)$ ואז אחד מהמשתנים כאן יקבל ערך הפוך ממה שקיבל בקונפליקט, ולכן הקונפליקט ימנע.

בעקבות היווצרות הקונפליקט יהיה $back-tracking$. נחזור למשתנה $x_1$ (שבו לא ניסינו את כל האפשרויות) וכיוון שהוספנו פסוקית קונפליקט בה מופיע $\neg x_1$, $x_1$ יקבל ערך $F$ ואז נקבל גרף חדש.
בדוגמה שלנו, נגיע גם מכאן לקונפליקט.

נבצע שוב $back-tracking$ (עכשיו נעלה "מעל" $x_1$, כי כל האפשרויות עבורו כבר נוסו).

כמה צעדים אחורה נלך ב $back-tracking$?

<u>גישה ראשונה:</u> צעד אחד אחורה.
<u>גישה שניה:</u> יש לבדוק באיזה רמה התקבלו ההחלטות שגרמו לקונפליקט. נקפוץ לרמה הגבוה ביותר (מספרית - כלומר, ההחלטה האחרונה) שתרמה לקונפליקט.
בדוגמה מההרצאה הקודמת - זוהי רמה 3, בה קבענו את הערך $x_{11} = 0$.
לא נקפוץ ישר לרמה 2, כי יש כמובן לבדוק את אפשרות ההשמה השניה עבור המשתנה ברמה 3 שבגללו נוצר הקונפליקט.

<u>GSAT</u> - גישה נוספת ל $SAT - SOLVING$
max_tries - מספר הניסיונות "לאתחול" מחדש (בחירת השמה מלאה לכל המשתנים)