תרגילים בתכנון

שאלה 1

נתונה בעיית התכנון הבאה:

נתון שולחן T, מנוף C, ו-n קוביות.

כל קוביה יכולה להיות על פני השולחן, בכף המנוף, או על גבי קוביה אחרת.

כף המנוף יכולה:

- להרים (pick) קוביה מהשולחן (אם אינה אוחזת בקוביה כלשהי)
- להניח (drop) קוביה על השולחן (אם היא ת בקוביה זו)
- לערום (stack) קוביה x מעל קוביה y (אם היא אוחזת בקוביה x ואין קוביה מעל y)
- להסיר בעזרת כף המנוף (unstack) קוביה x מקוביה y (אם אינה אוחזת בקוביה x ואין קוביה מעל y).

בתחילה הקוביות 1..n מסודרות במגדל זו על גבי זו ונרצה להחליף את 2 הקוביות התחתונות (n ו-n-1).

ייצגו את הבעיה בשפת PDDL בדומה לדוגמאות שבסעיף 10.1 בספר הלימוד ובמדריך הלמידה.

פתרון שאלה 1

אוביקטים : Table והקוביות המסומנות כ-n..1.

פרדיקטים :

On(x, y) - is x on y?

Block(x) – Is x a block?

Holding(x) – Is the robot holding X?

Handempty – true is the robot is holding nothing.

Clear(x) – No block on top of the block x.

מצב התחלתי :

Init(On(n, Table) AND On(n-1, n) AND On(n-2, n-1) AND On(n-3, n-2) AND … AND On(2, 3) AND On(1, 2))

מצב המטרה\סופי :

Goal(On(n-1, Table) AND On(n, n-1) AND On(n-2, n) AND On(n-3, n-2) AND … AND On(2, 3) AND On(1, 2))

פעולות :

Stack(x, y): // Drop block x on top of block y

Preconditions: Holding(x) AND Clear(x) AND Clear(y) AND Block(x) AND Block(y) AND x<>y

Effect: On(x, y) AND Handempty AND NOT(Holding(x)) AND NOT(Clear(y))

UnStack(x, y): // take block x, which is on block y.

Preconditions: On(x, y) AND Clear(x) AND Handempty AND Block(x) AND Block(y) AND x<>y

Effect: Holding(x) AND Clear(y) AND NOT(Hanhempty) AND NOT(On(x, y))

Pick(x): // Take block x, which is on the table.

Preconditions: On(x, Table) AND Clear(x) AND Handempty AND Block(x)

Effect: Holding(x) AND NOT(On(x, Table)) AND NOT(Handempty)

Drop(x):// Drop block x on the table.

Preconditions: Holding(x) AND Clear(x) AND Block(x) AND NOT(Handempty)

Effect: On(x, Table) AND Handempty AND NOT(Holding(x))

שאלה 2

נתייחס לבעיית מגדלי האנוי עם 3 עמודים : p1,p2,p3 ו-3 דיסקיות בגדלים שונים.

דיסקית נמצאת על עמוד : At(disk,p)

ויכולה להיות מעל דיסקית אחרת : On(diskA,diskB)

הפרדיקט Larger(diskA,diskB) מקבל ערך אמת אם הדיסקית diskA גדולה מ-diskB.

הפעולות (אופרטורים) האפשריות הן :

אם אין דיסקית מעל diskA

אזי

ניתן להעביר את diskA כך שתהיה מעל diskB בתנאי ש- Larger(diskB,diskA)

או

ניתן להעבירה לעמוד ריק.

א. כתבו ב-PDDL את סכמת הפעולות האפשריות כמתואר לעיל.

ב. נתייחס כעת ל-3 דיסקיות : D1,D2,D3 ושלושה עמודים p1,p2,p3 ולמצב ההתחלתי הבא :

Init(Larger (D3,D2) $\wedge$ Larger (D3,D1) $\wedge$ Larger (D2,D1) $\wedge$ At(D1, p1) $\wedge$ At(D2,p1) $\wedge$ On(D1,D2) $\wedge$ At(D3,p2))

ולמצב המטרה :

Goal(At(D1,p3) $\wedge$ At(D2,p3) $\wedge$ At(D3,p3))

השתמשו בפעולה שהגדרתם בסעיף א' כדי לכתוב את התכנית להשגת המטרה הנתונה מתוך המצב ההתחלתי.

<u>פתרון שאלה 2</u>

בשאלה מוגדרים הפרדיקטים הבאים

At(x,p) – מציין שדיסקית x נמצאת על עמוד p.

On(x,y) – מציין שדיסקית x נמצאת מעל דיסקית y.

Larger(x,y) – מציין שדיסקית x גדולה יותר מדיסקית y.

למען הקריאות, נדמיין כי קיימות ההתניות $disk(x), pole(x)$ בכל המקומות הצפויים. נשתמש

בפרדיקטים הקיימים כדי להגדיר פרדיקטים חדשים

EmptyPole(p) **=**
$at(x_1,p_1) \wedge at(x_2,p_2) \wedge at(x_3,p_3) \wedge (x_1 \neq x_2) \wedge (x_2 \neq x_3) \wedge (x_1 \neq x_3) \wedge (p_1 \neq p) \wedge (p_2 \neq p) \wedge (p_3 \neq p)$

Clear(x) = $\neg on(y,x) \wedge \neg on(z,x) \wedge (x \neq y) \wedge (x \neq z) \wedge (y \neq z)$

על ארבע אפשרויותיה - moveנשתמש בכל קבוצת הפרדיקטים כדי להגדיר את פעולת ה

Move(x) – case 1 – on another disk, move to empty pole

precond – $clear(x) \wedge on(x,y) \wedge at(x,p_1) \wedge emptyPole(p_2) \wedge (p_1 \neq p_2)$

Effect : $\neg On(x,y) \wedge \neg At(x,p_1) \wedge At(x,p_2)$

Move(x) – case 2 – not on another disk, move to empty pole

precond –
$clear(x) \wedge \neg on(x,y) \wedge \neg on(x,z) \wedge at(x,p_1) \wedge emptyPole(p_1) \wedge (x \neq y) \wedge (x \neq z) \wedge (y \neq z) \wedge (p_1 \neq p_2)$

Effect : $\neg At(x,p_1) \wedge At(x,p_2)$

Move(x) – case 3 – on another disk, move on a larger disk

precond –
$clear(x) \wedge clear(z) \wedge on(x,y) \wedge at(x,p_1) \wedge at(z,p_2) \wedge larger(z,x) \wedge (p_1 \neq p_2) \wedge (x \neq y) \wedge (x \neq z) \wedge (y \neq z)$

Effect : $\neg On(x,y) \wedge On(x,z) \wedge \neg At(x,p_1) \wedge At(x,p_2)$

Move(x) – case 4 – not on another disk, move on a larger disk

precond –
$clear(x) \wedge clear(z) \wedge \neg on(x,y) \wedge \neg on(x,z) \wedge at(x,p_1) \wedge at(z,p_2) \wedge larger(z,x) \wedge (x \neq y) \wedge (x \neq z) \wedge (y \neq z) \wedge (p_1 \neq p_2)$

Effect : $\neg At(x,p_1) \wedge At(x,p_2) \wedge On(x,z)$

סעיף ב' –נשתמש בפעולות ה*move* השונות שהגדרנו על מנת לכתוב את התכנית להשגת המטרה -

init:

$$Larger(d_3, d_2) \wedge Larger(d_3, d_1) \wedge Larger(d_2, d_1) \wedge \mathrm{at}(d_1, p_1) \wedge \mathrm{at}(d_2, p_1) \wedge \mathrm{at}(d_3, p_2) \wedge \mathrm{on}(d_1, d_2)$$

→ Move 2 (d3)

$$Larger(\ldots) \wedge \mathrm{at}(d_1, p_1) \wedge \mathrm{at}(d_2, p_1) \wedge \mathrm{at}(d_3, p_3) \wedge \mathrm{on}(d_1, d_2)$$

→ Move 1 (d1)

$$Larger(\ldots) \wedge \mathrm{at}(d_1, p_2) \wedge \mathrm{at}(d_2, p_1) \wedge \mathrm{at}(d_3, p_3)$$

→ Move 4 (d2)

$$Larger(\ldots) \wedge \mathrm{at}(d_1, p_2) \wedge \mathrm{at}(d_2, p_3) \wedge \mathrm{at}(d_3, p_3) \wedge \mathrm{on}(d_2, d_3)$$

→ Move 4 (d1)

$$Larger(\ldots) \wedge \mathrm{at}(d_1, p_3) \wedge \mathrm{at}(d_2, p_3) \wedge \mathrm{at}(d_3, p_3) \wedge \mathrm{on}(d_2, d_3) \wedge \mathrm{on}(d_2, d_3)$$

<u>עוד פיתרון שאלה 2</u>

א. עוד 3 פרדיקטים שנשתמש בהם, הדומים לאלו שבשאלה 1:

Clear(x) – Is there nothing on top of block\peg x?

Block(x) – Is x a block?

Peg(x) – Is x a peg?

כמו-כן, נגדיר עוד שני פרדיקטים, בשביל לחסוך את הסרבול שנגרם כתוצאה מההפרדה בין הדיסקים לעמודים (אגב, גם בשאלה הקודמת נוצר הסרבול הזה, בשל ההבדלה בין השולחן לקוביות – אבל שם הגדירו לנו את הפעולות שצריך לממש מראש והפכו את ההפרדה הזו להכרחית):

OnTop(x, y) = (Disk(x) AND Peg(y) AND At(x, y)) OR (Disk(x) AND Disk(y) AND On(x, y))

TrulyLarger(x, y) = (Disk(y) AND Peg(x)) OR (Disk(x) AND Disk(y) AND Larger(x, y))

כעת, נגדיר את הפעולה הנדרשת (שהופכת לפשוטה, בזכות הפרדיקטים הנוספים שהגדרנו):

Move(disk, from, to):

Preconditions: TrulyLarger(to, disc) AND OnTop(disk, from) AND Clear(disc) AND Clear(to) AND disc<>from AND disc<>to AND from<>to

Effect: Clear(from) AND OnTop(disc, to) AND NOT(OnTop(disc, from)) AND NOT(Clear(to))

ב. תכנית שתפתור את הבעיה הנה:

Move(D3, p2, p3)

Move(D1, D2, p2)
Move(D2, p1, D3)
Move(D1, p2, D2)

שאלה 3

נתייחס לבעיית התכנון הבאה :

נתון רכב בירושלים (J) ורוצים להגיע בנסיעה בו לים המלח (DS).

כדי שניתן יהיה לנהוג ברכב, צריך להיות מפתח במפסק ההתנעה/הצתה (switch).

נתונים 4 אופרטורים :

- Drive(J) – נהג (סע) לירושלים
- Drive(DS) – נהג (סע) לים המלח
- Insert(Key) – הכנס את המפתח למפסק ההתנעה/הצתה.
- Remove(Key) – הוצא את המפתח ממפסק ההתנעה/הצתה.

בנוסף לכך נתונים מספר prepositions לתיאור תכונות/מאפייני הבעיה :

- InPocket(Key)
- InPocket(Key)
- At(Car, J)
- At(Car, Ds)

במצב ההתחלתי , המפתח בידנו ונרצה שיהיה לנו את המפתח גם בסיום התכנית.

א. תארו את 4 האופרטורים ב-PDDL.

ב. בנו את גרף התכנון ואת התכנית המוחלשת (Relaxed Plan).
מהן ההערכות היוריסטיות של המצב ההתחלתי?

פיתרון שאלה 3

נשים לב כי נוכל להסיק כי $at(Car, DS) = \dashv at(Car, DS)$ וכי $InSwitch(Key) = \dashv inPocket(key)$ ולכן נוכל לצמצם את מספר הפרדיקטים שלנו בחצי.

נגדיר את ארבעת האופרטורים -

Drive (J) -

Precond: $\dashv at(Car, J) \wedge InSwitch(Key)$

Effect: $at(Car, J)$

Drive (DS) -

Precond: $at(Car, J) \wedge InSwitch(Key)$

Effect: $\dashv at(Car, J)$

Insert (Key) -

Precond: $inPocket(key)$

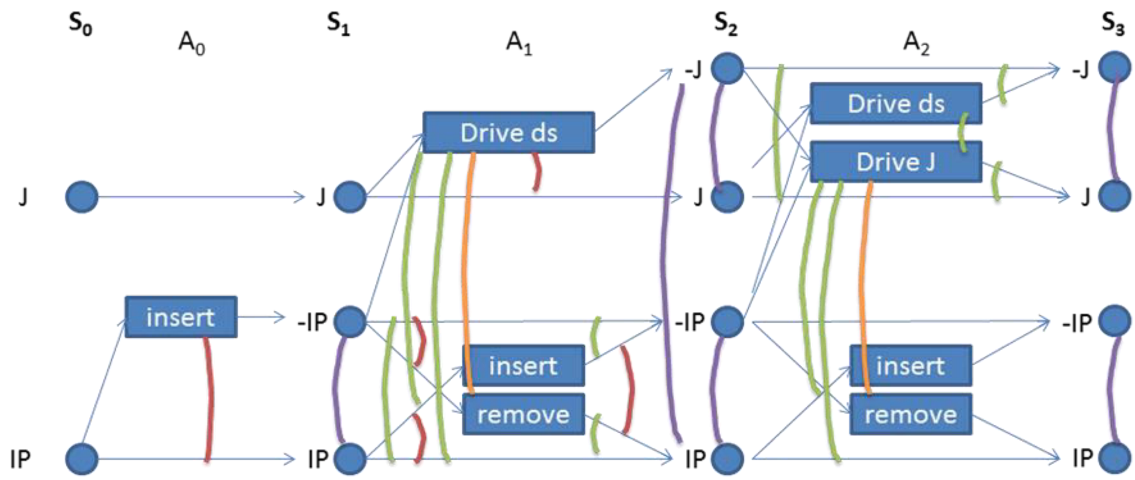
Effec: $\dashv inPocket(key)$

Remove (Key) -

Precond: $\dashv inPocket(key)$

Effect: $inPocket(key)$

מצורף גרף התכנון. בין מצב A_1, A_2 לא חזרתי על כל הקשתות הקיימות וכולן נותרו כפי שהיו בA_1. הוספה שלהם פשוט הופכת את השרטוט להיות בלתי קריא... צוינו רק הקשתות החדשות.
כמו כן חשוב לציין שבחירת צבע הקשתות לציון סיבת ה*mutex* היא לעיתים אקראית מכיוון וקיימת יותר מסיבה אחת למה שתי פעולות לא יכולות להתקיים בפעימה אחת.



*מקרא הצבעים לקשתות ה*mutex

Inconsistent effect
interference
Competing needs
Inconsistent support

מהגרף עולה בצורה חד משמעית שהפתרון האידיאלי הוא *remove* → *drive DS* → *insert*.
הקלה אפשרית לתוכנית תהא חיפוש מסלול מירושלים לאילת שאינו מתייחס למיקומו של המפתח.
הקלה נוספת היא למעשה מה שבצעתי בתרגיל זה בו הנחתי שקיימים רק שני מקומות בעולם – ירושליים וים המלח, ואם אתה לא באחד הריי שאתה בשני. בדוגמא הקלתי וקבעתי כי למפתח יש בדיוק שני מקומות אפשריים – הכיס, והסוויץ'.
היוריסטיקה בה השתמשתי לפתרון הבעיה היא *Set Level*. הפסקתי ברגע בו כל תנאי המטרה יכלו להתקיים בו זמנית.

עוד פיתרון שאלה 3

א. לפי תיאור הבעיה, הנחתי שאחד ה-prepositions המופיע פעמיים, InPocket(Key), הוא בעצם InSwitch(Key).
"מימוש" 4 האופרטורים:

Drive(J): // Drive to Jerusalem
Preconditions: At(Car, DS) AND NOT(At(Car, J)) AND InSwitch(Key) AND NOT(InPocket(Key))
Effect: NOT(At(Car, DS)) AND At(Car, J)

Drive(DS): // Drive to the dead-sea
Preconditions: NOT(At(Car, DS)) AND At(Car, J) AND InSwitch(Key) AND NOT(InPocket(Key))
Effect: At(Car, DS) AND NOT(At(Car, J))

Insert(Key): // Insert Key to switch
Preconditions: NOT(InSwitch(Key)) AND InPocket(Key)
Effect: InSwitch(Key) AND NOT(InPocket(Key))

Remove(Key): // Remove Key from switch
Preconditions: InSwitch(Key) AND NOT(InPocket(Key))
Effect: NOT(InSwitch(Key)) AND InPocket(Key)

ב. בכדי להקל על העומס של השרטוט, נניח מספר הנחות מפשטות:
המפתח יכול להיות רק במפסק או בכיס – ולכן InSwitch(Key) <-> NOT(InPocket(Key)).
הרכב יכול להיות רק בירושלים או בים המלח ולכן At(Car, J) <-> NOT(At(Car, DS)).
לכן, האופרטורים יראו כעת כך:

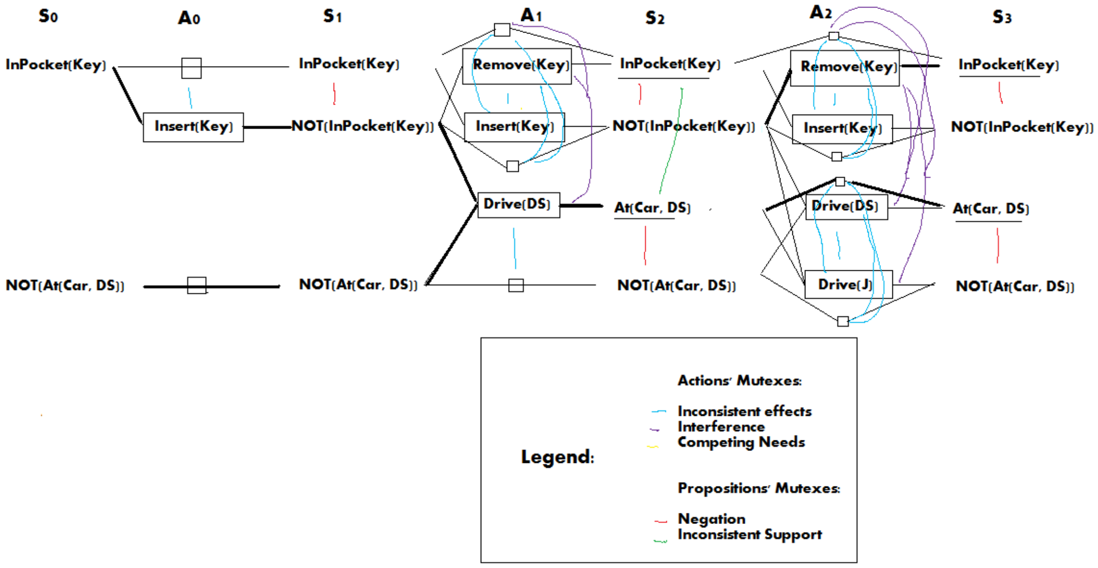
Drive(J): // Drive to Jerusalem
Preconditions: At(Car, DS) AND NOT(InPocket(Key))
Effect: NOT(At(Car, DS))

Drive(DS): // Drive to the dead-sea
Preconditions: NOT(At(Car, DS)) AND NOT(InPocket(Key))
Effect: At(Car, DS)

Insert(Key): // Insert Key to switch
Preconditions: InPocket(Key)
Effect: NOT(InPocket(Key))

Remove(Key): // Remove Key from switch
Preconditions: NOT(InPocket(Key))
Effect: InPocket(Key)

כעת נשרטט את גרף התכנון (הפתרון – מופיע בשחור מודגש):



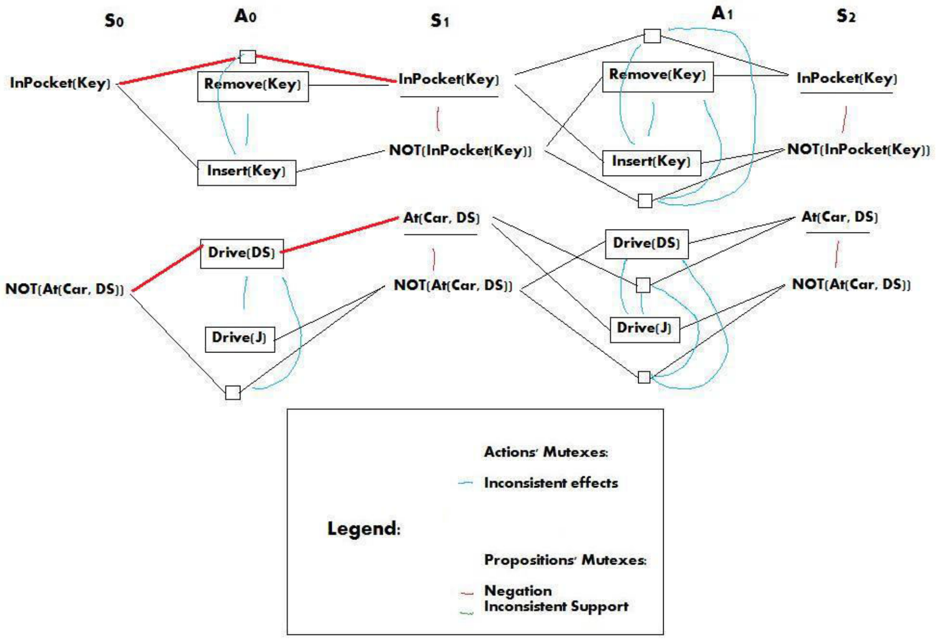
הערה: בגרף שלהלן, mutex Inconsistent effects ו-mutex Competing needs תמיד הולכים ביחד (בגלל מבנה הבעיה הספציפי שכאן) – ולכן לא סימנתי במקרים כאלו את השני – ע"מ להקל על העומס של הגרף.

כנ"ל ל-mutex Negation ול-mutex Inconsistent support – כשיש את הראשון – יש את השני – אם כי לא תמיד להיפך, ולכן – השמטתי את השני.

בכל מקרה – mutex אחד בין פעולות\ליטרלים מספיק – לאלגוריתם לא משנה סוג ה-mutex, או אם קיים יותר מאחד – אלא רק האם קיים או לא.

עבור התכנית המוחלשת – נשתמש ביוריסטיקה שמתעלמת מה-pre-conditions, כאמור בעמ' 376 בספר.

גרף התכנון של הבעיה המוחלשת יראה כך:



הערה: בגרף שלהלן, אין משמעות ל-mutex Interference ול-mutex Competing needs (כי אנו מתעלמים מה-pre-conditions) – ולכן – התעלמתי מהם.

לגבי mutex Negation ו-mutex Inconsistent support – כשיש את הראשון – יש את השני, ולכן – השמטתי את השני, ע"מ להקל על העומס של הגרף.

בכל מקרה – mutex אחד בין פעולות\ליטרלים מספיק – לאלגוריתם לא משנה סוג ה-mutex, או אם קיים יותר מאחד – אלא רק האם קיים או לא.
ההערכה היוריסטית (לפי היוריסטיקה הזו) של מצב ההתחלה היא 1: כשמתעלמים מה--pre-conditions, מה שנותר לעשות הוא לנסוע לים המלח מיידית – מה שניתן לעשות במקביל להכנסת המפתח ולהוצאתו מהסוויצ' (כי אנו מתעלמים מה-pre-conditions), כמופיע במסלול האדום. זה כמובן אינו האורך האמיתי של המסלול, שהנו 3 (להכניס מפתח, לנסוע לים המלח ולהוציא מפתח) – כפי שראינו בגרף המקורי (מודגש בשחור).
אגב, אם לא מתעלמים מה-pre-conditions – ומחשבים לפי מס' התנאים הלא מסופקים – ומחשיבים פעולות שסותרות זו את זו (כאמור בעמ' 376 בספר) – מגיעים לערך יוריסטי של 3 – בדיוק כמו ערך המסלול האמיתי.

שאלה 4

(1) תכנון

במשחק מגדלי הנוי עם n דסקיות בגדלים שונים. יש לסדרן על אחד העמודים בסדר יורד (כאשר הדסקית בתחתית היא הגדולה ביותר). אפשר להעביר דסקית רק אם אין מעליה דסקית אחרת. אפשר להעביר דסקית לעמוד אחר אם הוא ריק או בראשו דסקית אחרת הגדולה מהדסקית אותה רוצים להעביר. בעיה מורכבת ממצב התחלתי ומקונפיגורציה סופית של דסקיות והעמודים.

a. השלם את סט האופרטורים למטה המתאים לבעיית מגדלי הנוי פשוטה עם שתי דסקיות (SMALL ו BIG) ושלושה עמודים (משתנים מיוצגים בתוך הסוגריים המשולשים).

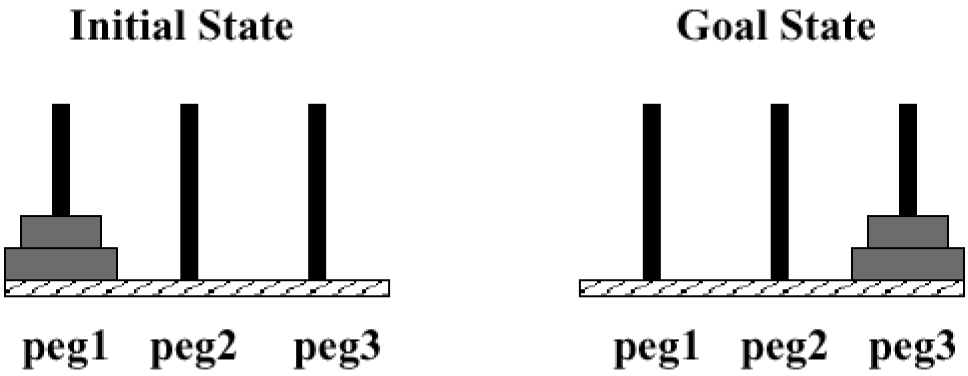
On(a,b) – פונק' המחזירה ערך אמת כאשר דסקית a נמצאת על עמוד b

Free(a) – פונק' המחזירה ערך אמת כאשר אין שום דסקית מעל דסקית a

Operator MOVE-SMALL <peg-x> <peg-y>
Preconditions: on (SMALL, <peg-y>), Free(Small), ~on(Big,<peg-x>)
add: on (SMALL <peg-x>)
del: on (SMALL peg-y)

Operator MOVE-BIG <peg-x> <peg-y>
Preconditions: (BIG, <peg-y>), Free(BIG), ~on(SMALL,<peg-x>)
Add list: (BIG, <peg-x>)
Delete list: (BIG, <peg-y>)

b. רשום את התוכנית האופטימאלית לפתרון הבעיה המוצגת להלן. השתמש/י בסט אופרטורים מסעיף א'

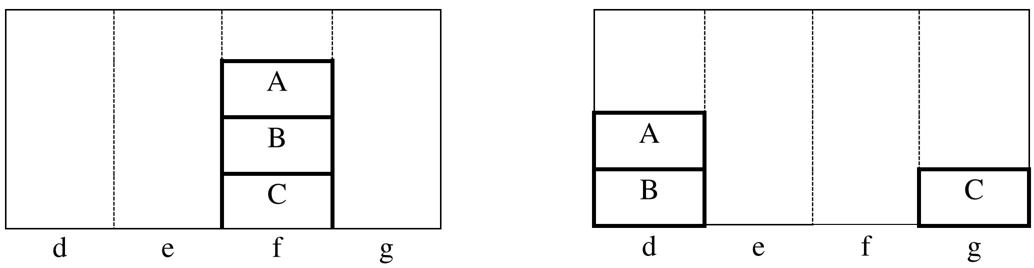


MOVE-SMALL(peg2,peg1)
MOVE-BIG(peg3,peg1)
MOVE-SMALL(peg3,peg2)

שאלה 5 (25 נק')

בדוגמת ה- Blocks World שבספר השתמשנו בפרדיקט On(x,y) לסמן שקוביה x נמצאת מעל עצם y ובפרדיקט Clear(x) לסמן שאין קוביה שיושבת מעל עצם x. העצמים שהוגדרו בעולם היו קוביות ושולחן. הפעולה Move(x,y,z) היא הזזת קוביה x , שנמצאת כרגע מעל קוביה y, להיות מעל קוביה z.

א. ננתח עכשיו גרסה קצת שונה של ה- Blocks World.
בגרסה זו הרצפה מחולקת ל-4 חלקים בעלי שמות שונים כאשר על כל חלק יכולה להיות מונחת קוביה אחת בלבד (כמובן שמעליה יכולות להיות קוביות נוספות).
שימו לב שעכשיו העצם "שולחן" לא קיים ובמקומו יש 4 עצמים אחרים: d,e,f,g שהם חלקי השולחן.
נתאר את המצב ההתחלתי והמצב הסופי בציור שלהלן:



תארו את המצב ההתחלתי בשפת PDDL.

On(C,f) and On(B,C) and on(A,B) and Clear(d) and Clear(e) and Clear(g)and Clear(A)

ב. נגדיר עכשיו את האופרטור (הפעולה) Move(x,y,z) כפעולת הזזת קוביה x, שנמצאת כרגע מעל **עצם** y, להיות מעל **עצם** z.

כתבו את סכימת הפעולה ב-PDDL.

Pre: Clear(X) and Clear(Z) and On(x,y)

Effect: Clear(Y) and Clear(X) and On(X,Z) and not (On(X,Y)) and not Clear(Z)

ג. השתמשו באלגוריתם המבצע חיפוש תוך שימוש ביוריסטיקות טובות, למציאת תכנית כדי להגיע מהמצב ההתחלתי למצב הסופי המתוארים בסעיף א'.
כתבו את התכנית הקצרה ביותר שהאלגוריתם ימצא תוך שימוש באופרטור Move(x,y,z) בלבד.

<u>שאלה 4</u>: <u>תכנון</u>

בכיתה ראינו את ה- Blocks World כדוגמא טיפוסית לשימוש ב- STRIPS. השתמשנו בפרדיקט On(x,y) לסמן שקובייה x נמצאת מעל עצם y ובפרדיקט Clear(x) לסמן שאין קובייה שיושבת מעל עצם x. העצמים שהוגדרו בעולם היו קוביות ושולחן. נגדיר את האופרטור Move(x,y,z) באופן הבא:

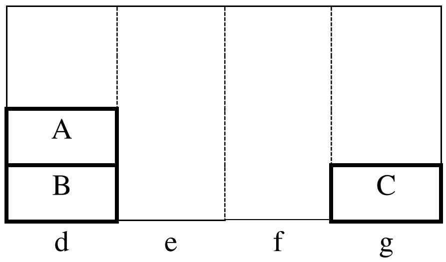
Precond [On(x,y),Clear(x),Clear(z)],

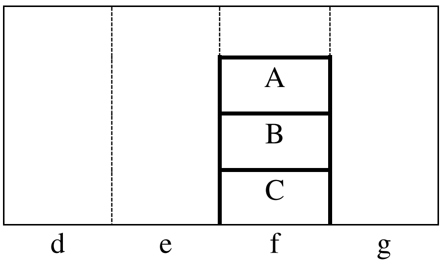
Add [On(x,z),Clear(y)],

Delete [On(x,y),Clear(z)]

הפעולה היא הזזת קובייה x, שנמצאת כרגע מעל קובייה y, להיות מעל קובייה z.

א) השלם את חלק ה- Constraints הנדרש להגדרת האופרטור.
ב) ננתח עכשיו גרסה קצת שונה של ה- Blocks World. בגרסה זו הרצפה מחולקת ל-4 חלקים בעלי שמות שונים כאשר על כל חלק יכולה להיות מונחת קובייה אחת בלבד (כמובן שמעליה יכולות להיות קוביות נוספות). שימו לב שעכשיו העצם "שולחן" לא קיים ובמקומו יש 4 עצמים אחרים: d,e,f,g שהם חלקי השולחן. נתאר את המצב ההתחלתי והמצב הסופי בציור:





תאר את המצב ההתחלתי בשפת STRIPS.

ג) נגדיר עכשיו את אופרטור Move(x,y,z) כפעולת הזזת קובייה x, שנמצאת כרגע מעל **עצם** y, להיות מעל **עצם** z. כתוב את ה- Preconditions, Add-list, Delete-list ו- Constraints הנחוצים להגדרת האופרטור, במידה והם השתנו מההגדרה הקודמת.
ד) נבקש מ- STRIPS למצוא תוכנית כדי להגיע מהמצב ההתחלתי למצב הסופי המתוארים בסעיף ב. כתוב את התוכנית הקצרה ביותר שהאלגוריתם ימצא תוך שימוש באופרטור Move(x,y,z) בלבד (הנח שהאלגוריתם מבצע חיפוש חכם תוך שימוש בהיוריסטיקות טובות).

תשובה:

א) $x \neq y,z$
$y \neq z$

$x,y,z \neq Table$

ב) On(A,B),On(B,C),On(C,f),Clear(A),Clear(d),Clear(e),Clear(g)
ג) ה- Preconditions, Add-list ו- Delete-list נשארו אותו דבר. רק ה- Constraints השתנו:
$x \neq y,z$

$y \neq z$

$x \neq d,e,f,g$

ד) Move(A,B,e)
Move(B,C,d)

Move(A,e,B)

ניתן להחליף בסדר ביניהם

Move(C,f,g)

<u>שאלה 4</u> : <u>Planning</u>

נתון רובוט שפעולותיו מתוארות בטבלה הבאה :

	Go(x,y)	Pick(o)	Drop(o)
Preconditions	At(Robot,x)	At(Robot,x) ^ At(o,x)	At(Robot,x) ^ Holding(o)
Add-list	At(Robot,y)	Holding(o)	At(o,x)
Delete-list	At(Robot,x)	At(o,x)	Holding(o)

א) האופרטורים מאפשרים כרגע לרובוט להחזיק יותר מאובייקט אחד בו-זמנית. הראה כיצד נשנה אותם עבור רובוט שיכול להחזיק רק אובייקט אחד. היעזר בפרדיקט EmptyHand.

ב) האם ניתן היה לבצע את ההרחבה בסעיף הקודם ללא הפרדיקט EmptyHand? אם כן, הראה כיצד. אם לא, הסבר למה.

ג) נניח שהמצב ההתחלתי הוא

At(Apple,Room1) ^ At(Orange,Room1) ^ At(Robot,Room1)

ומצב המטרה הוא

At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)

הראה כיצד תיראה המחסנית ומה תהיה התוכנית (החלקית) של STRIPS הרגיל ללא היוריסטיקות לאחר עשרה צעדים. השתמש בהגדרות עבור רובוט שיכול להחזיק רק אובייקט אחד שהגדרת בסעיף א׳. מטרה המורכבת מ-2 מטרות או יותר תפורק תמיד כך שתת-המטרה הראשונה תהיה העליונה ביותר במחסנית, השנייה תהיה אחריה וכן הלאה. השמת אובייקט למשתנה תיעשה בזמן המאוחר ביותר (רק כשחייבים).

<u>שאלה 4</u> : <u>Planning</u>

נתון רובוט שפעולותיו מתוארות בטבלה הבאה :

	Go(x,y)	Pick(o)	Drop(o)
Preconditions	At(Robot,x)	At(Robot,x) ^ At(o,x)	At(Robot,x) ^ Holding(o)
Add-list	At(Robot,y)	Holding(o)	At(o,x)
Delete-list	At(Robot,x)	At(o,x)	Holding(o)

ד) האופרטורים מאפשרים כרגע לרובוט להחזיק יותר מאובייקט אחד בו-זמנית. הראה כיצד נשנה אותם עבור רובוט שיכול להחזיק רק אובייקט אחד. היעזר בפרדיקט EmptyHand.

ת: את Go אין צורך לשנות. נשנה את Pick ואת Drop

	Pick(o)	Drop(o)
Preconditions	At(Robot,x) ^ At(o,x)^ EmptyHand	At(Robot,x) ^ Holding(o)
Add-list	Holding(o)	At(o,x) ^ EmptyHand
Delete-list	At(o,x) ^ EmptyHand	Holding(o)

ה) האם ניתן היה לבצע את ההרחבה בסעיף הקודם ללא הפרדיקט EmptyHand? אם כן, הראה כיצד. אם לא, הסבר למה.

ת: לא, מכיוון שאנו רוצים למעשה להוסיף Precondition לפעולה Pick של ¬Holding(o)

אבל מכיוון שב- STRIPS אין שלילה של פרדיקטים אנו חייבים להשתמש בפרדיקט נוסף.

ו) נניח שהמצב ההתחלתי הוא

At(Apple,Room1) ^ At(Orange,Room1) ^ At(Robot,Room1)

ומצב המטרה הוא

At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)

הראה כיצד תיראה המחסנית ומה תהיה התוכנית (החלקית) של STRIPS הרגיל ללא היוריסטיקות לאחר עשרה צעדים. השתמש בהגדרות עבור רובוט שיכול להחזיק רק אובייקט אחד שהגדרת בסעיף א'. מטרה המורכבת מ-2 מטרות או יותר תפורק תמיד כך שתת-המטרה הראשונה תהיה העליונה ביותר במחסנית, השנייה תהיה אחריה וכן הלאה. השמת אובייקט למשתנה תיעשה בזמן המאוחר ביותר (רק כשחייבים).

ת:

#	Stack state	Actions
0	At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	
1	At(Apple,Room2) At(Orange,Room2) At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	
2	At(Robot,Room2) ^ Holding(Apple) Drop(Apple) At(Orange,Room2) At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	
3	At(Robot,Room2) Holding(Apple) At(Robot,Room2) ^ Holding(Apple) Drop(Apple) At(Orange,Room2) At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	

4	At(Robot,x) Go(x,Room2) Holding(Apple) At(Robot,Room2) ^ Holding(Apple) Drop(Apple) At(Orange,Room2) At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	
5	Go(Room1,Room2) Holding(Apple) At(Robot,Room2) ^ Holding(Apple) Drop(Apple) At(Orange,Room2) At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	
6	Holding(Apple) At(Robot,Room2) ^ Holding(Apple) Drop(Apple) At(Orange,Room2) At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	Go(Room1,Room2)
7	At(Robot,x) ^ At(Apple,x) ^ EmptyHand Pick(Apple) At(Robot,Room2) ^ Holding(Apple) Drop(Apple) At(Orange,Room2) At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	
8	At(Robot,x) At(Apple,x) EmptyHand At(Robot,x) ^ At(Apple,x) ^ EmptyHand Pick(Apple) At(Robot,Room2) ^ Holding(Apple) Drop(Apple) At(Orange,Room2) At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	
9	At(Apple,Room2) EmptyHand	

	At(Robot,Room2) ^ At(Apple,Room2) ^ EmptyHand Pick(Apple) At(Robot,Room2) ^ Holding(Apple) Drop(Apple) At(Orange,Room2) At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	
10	At(Robot,Room2) ^ Holding(Apple) Drop(Apple) EmptyHand At(Robot,Room2) ^ At(Apple,Room2) ^ EmptyHand Pick(Apple) At(Robot,Room2) ^ Holding(Apple) Drop(Apple) At(Orange,Room2) At(Apple,Room2) ^ At(Orange,Room2)	