

פרויקט בינה מלאכותית

מגישות- שילת שמעון ואביגיל יזדי- חליבה

בעיית שואב האבק

נתונים:

- חדר בגודל 3×3 מ"ר.
- כל משבצת בחדר מסומנת ב-0 (נקייה) או 1 (מלוכלכת).
- שואב אבק בעל סוללה מוגבלת.
- מעבר בין משבצות גורם לירידה של 1% בסוללה.
- ניקוי משבצת מלוכלכת גורם לירידה של 2% בסוללה.

מטרה:

למצוא את מסלול הניקוי היעיל ביותר עבור שואב האבק, כך שינקה את כל המשבצות המלוכלכות תוך התחשבות במגבלות הסוללה.

הגדרות:

- מצב: תיאור של החדר, כולל מיקום שואב האבק ומצב כל משבצת (נקייה או מלוכלכת).
- פעולה: מעבר שואב האבק למשבצת סמוכה (למעלה, למטה, ימינה או שמאלה) או ניקוי משבצת מלוכלכת.
- עלות: 1% סוללה עבור מעבר בין משבצות, 2% סוללה עבור ניקוי משבצת.

אילוצים:

- שואב האבק יכול לנוע רק בין משבצות סמוכות.
- שואב האבק חייב לנקות את כל המשבצות המלוכלכות.
- שואב האבק לא יכול לחזור על אותה משבצת.
- הסוללה של שואב האבק מוגבלת.

מצב התחלתי:

- חדר- מערך דו-מימדי בגודל 3×3 , כאשר כל תא מייצג משבצת בחדר.
- מספר אקראי של משבצות בחדר יהיו מלוכלכות (1) וכל השאר יהיו נקיות (0).
- שואב אבק- ממוקם בתחילה במשבצת (0,0).
- סוללה- טעונה באחוזים (20, 15 או 10).

פונקציית מצבי המשיך:

מטרה:

יצירת מצבי המשיך אפשריים עבור שואב האבק, תוך התחשבות במיקומו הנוכחי, מצב הסוללה והלכלוך בחדר.

קלט:

מצב נוכחי- תיאור של החדר, מיקום שואב האבק, מצב הסוללה, מערך המיקומים בהם עבר השואב ומערך הפעולות.

פלט:

מערך מצבי המשך- מערך המכיל את כל מצבי ההמשך האפשריים, ממוין לפי קרבה ללכלוך.

פעולות:

זיהוי משבצות סמוכות חוקיות-

- מציאת כל המשבצות הסמוכות לשואב האבק.
- וידוא שהמשבצות אינן חורגות מטווחי הלוח.
- סינון משבצות בהן עבר השואב בעבר.

יצירת מצבי המשך עבור תזוזה-

- לכל משבצת סמוכה חוקית, יצירת מצב המשך חדש.
- עדכון מיקום שואב האבק במצב החדש.
- הפחתת 1% מהסוללה במצב החדש.
- הוספת המיקום החדש למערך המיקומים בהם עבר השואב.
- הוספת הפעולה למערך הפעולות (L/R/U/D).

יצירת מצבי המשך עבור ניקוי (במידה ושואב האבק נמצא במשבצת מלוכלכת)-

- יצירת מצב המשך חדש.
- עדכון מיקום שואב האבק במצב החדש.
- הפחתת 2% מהסוללה במצב החדש.
- סימון המשבצת כנקייה במצב החדש.
- הוספת המיקום החדש למערך המיקומים בהם עבר השואב.
- הוספת הפעולה (C) למערך הפעולות.

מצב מטרה:

החדר כולו נקי. כלומר, הלוח מלא באפסים לפני שהסוללה נגמרה.

תוצאות ההרצות:

הרצנו את המשחק עבור שלושה ערכים שונים לסוללה.
בכל הרצה בדקנו ארבעה אלגוריתמים:

1. Uniform Cost Search - UCS
2. Greedy
3. $A^*(S)$ עם פונקציה יריסטית שמחזירה את מספר המרצפות בהן יש לכלוך.
4. $A^*(M)$ עם פונקציה יריסטית שמחזירה את סכום מרחקי מנהטן מהמיקום הנוכחי למרצפות בהן יש לכלוך.

עבור כל אלגוריתם בדקנו ארבעה דברים:

1. Success Rate (%) - אחוז המשחקים שהצליחו. כלומר, אחוז המשחקים בהם השואב הצליח לנקות את כל החדר לפני שנגמרה הסוללה.
2. Avg Success Length - מספר הפעולות הממוצע של המשחקים שהצליחו.
3. Avg Success Checks - מספר הבדיקות הממוצע שנדרש עבור המשחקים שהצליחו.
4. Avg Failure Checks - מספר הבדיקות הממוצע שנדרש עבור המשחקים שנכשלו.

• עבור battery=20%

Algorithm	Success Rate (%)	Avg Success Length	Avg Success Checks	Avg Failure Checks
UCS	100	6.49	289.71	0
Greedy	100	6.73	69.12	0
$A^* S$	100	6.49	136.73	0
$A^* M$	100	6.49	53.93	0

כאשר אחוז הסוללה בתחילת המשחק עומד על 20% יש הצלחה ב-100% מהמקרים בכל ארבעת האלגוריתמים. לכן, מספר הבדיקות הממוצע עבור משחקים שנכשלו הוא 0 (אין משחקים שנכשלו).
ניתן לראות ש-UCS ו- A^* מספר הפעולות הוא הקטן ביותר מכיוון שהם מבטיחים מציאת מסלול קצר ביותר לעומת Greedy שפועל בצורה חמדנית ואינו מפתח יותר מיד.
ניתן לראות שאלגוריתם UCS דורש מספר רב יותר של בדיקות ביחס לשאר כיוון שאין לו שום יריסטיקה והוא מפתח את כל האפשרויות הקיימות.
כמו כן, ניתן לראות שב- $A^*(M)$ מספר הבדיקות נמוך יותר מ- $A^*(S)$.
ככל שהיריסטיקה קרובה למציאות מספר הבדיקות יורד.

- עבור battery=15%

Algorithm	Success Rate (%)	Avg Success Length	Avg Success Checks	Avg Failure Checks
UCS	89	6.45	268.43	1114
Greedy	84	6.57	41.71	49.56
A* S	96	6.78	160.84	621.25
A* M	96	6.78	62.81	145.75

כאשר אחוז הסוללה בתחילת המשחק עומד על 15% יש הצלחה ברוב המקרים ואחוזי ההצלחה משתנים בין האלגוריתמים. ניתן לראות ש-A* ב-2 היוריסטיקות מצליח באותו מספר של אחוזים ובהתאמה גם מספר הפעולות הממוצע שווה. A* הוא בעל אחוזי הצלחה גבוהים ביותר לעומת Greedy שהוא בעל אחוזי הצלחה נמוכים ביותר כיוון שהוא פועל בצורה חמדנית. ניתן לראות שאלגוריתם UCS דורש מספר רב יותר של בדיקות ביחס לשאר כיוון שאין לו שום יוריסטיקה והוא מפתח את כל האפשרויות הקיימות. כמו כן, ניתן לראות שב-A* (M) מספר הבדיקות נמוך יותר מ-A* (S). ככל שהיוריסטיקה קרובה למציאות מספר הבדיקות יורד.

- עבור battery=10%

Algorithm	Success Rate (%)	Avg Success Length	Avg Success Checks	Avg Failure Checks
UCS	53	5.25	132.3	320.51
Greedy	44	5.09	17.52	25.88
A* S	60	5.57	73.1	139.5
A* M	59	5.53	38.17	65.63

כאשר אחוז הסוללה בתחילת המשחק עומד על 10% יש הצלחה בערך בחצי מהמקרים ואחוזי ההצלחה משתנים בין האלגוריתמים. ניתן לראות ש-A* ב-2 היוריסטיקות מצליח בערך באותו מספר של אחוזים ובהתאמה גם מספר הפעולות הממוצע שווה. A* הוא בעל אחוזי הצלחה גבוהים ביותר לעומת Greedy שהוא בעל אחוזי הצלחה נמוכים ביותר כיוון שהוא פועל בצורה חמדנית. ניתן לראות שאלגוריתם UCS דורש מספר רב יותר של בדיקות ביחס לשאר כיוון שאין לו שום יוריסטיקה והוא מפתח את כל האפשרויות הקיימות. כמו כן, ניתן לראות שב-A* (M) מספר הבדיקות נמוך יותר מ-A* (S). ככל שהיוריסטיקה קרובה למציאות מספר הבדיקות יורד.

לסיכום:

- נראה כי לאלגוריתם A^* יש את אחוזי ההצלחה הגבוהים ביותר.
- ביוריסטיקת M נדרש פחות בדיקות בצורה משמעותית מיוריסטיקת S .
- אלגוריתם UCS דורש מספר רב יותר של בדיקות ביחס לשאר כיוון שאין לו שום יוריסטיקה והוא מפתח את כל האפשרויות הקיימות.
- האלגוריתם של Greedy בעל אחוזי הצלחה נמוכים ביותר כיוון שהוא פועל בצורה חמדנית.

רפלקציה:

משימת הפרויקט הייתה מעניינת, הפרויקט היה חוויה מאתגרת ומלמדת. היה קושי בהתחלה במציאת רעיון חדש לבעיית חיפוש שלא למדנו עליה בכיתה. קושי נוסף היה בשיפור המשחק שיהיה יותר מעניין (הוספת אלמנט הסוללה).

מקורות:

<https://www.includehelp.com/ml-ai/vacuum-cleaner-problem-in-artificial-intelligence.aspx>

קצת שינינו ופיתחנו את הבעיה על מנת שתהיה יותר מאתגרת ומעניינת.

דוגמת הרצה חלקית:

001

100

000

Current state:

001

100

000

next states:

[['R'], ['D']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['R', 'C'], ['R', 'D'], ['R', 'R']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['D', 'D'], ['D', 'R']]

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'U'], ['D', 'R', 'D'], ['D', 'R', 'R']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D'], ['R', 'C', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'D', 'C'], ['D', 'D', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'D'], ['R', 'D', 'L'], ['R', 'D', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'D', 'R', 'U'], ['D', 'D', 'R', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'R', 'U'], ['R', 'D', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'R', 'U'], ['D', 'R', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'R', 'D', 'L'], ['R', 'R', 'D', 'D']

Current state:

בס"ד

000

100

000

next states:

['D', 'D', 'C', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'D', 'L'], ['R', 'D', 'D', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'U', 'C'], ['D', 'R', 'U', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'L', 'D']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'D', 'L'], ['D', 'R', 'D', 'R']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'D'], ['R', 'C', 'D', 'L'], ['R', 'C', 'D', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'D', 'R', 'U']

Current state:

001

000

000

next states:
 [['R', 'C', 'D', 'R', 'D'], ['R', 'C', 'D', 'R', 'U']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'D', 'D', 'R', 'U']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['D', 'R', 'R', 'D', 'L']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['D', 'D', 'R', 'R', 'U']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['D', 'R', 'U', 'C', 'R']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['D', 'R', 'D', 'L', 'C']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'D', 'R', 'D', 'L']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['R', 'C', 'D', 'D', 'L'], ['R', 'C', 'D', 'D', 'R']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['R', 'C', 'D', 'L', 'D']]
 Current state:

ג"ס

000

100

000

next states:

[['D', 'D', 'C', 'R', 'U'], ['D', 'D', 'C', 'R', 'R']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['R', 'R', 'D', 'D', 'L']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['D', 'D', 'R', 'U', 'U'], ['D', 'D', 'R', 'U', 'R']]

Current state:

001

000

000

next states:

[['R', 'C', 'R', 'D', 'D'], ['R', 'C', 'R', 'D', 'L']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['D', 'R', 'U', 'R', 'D']]

Current state:

001

100

000

next states:

[]

Current state:

001

100

000

next states:

[['D', 'R', 'R', 'U', 'L']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['R', 'D', 'L', 'D', 'C'], ['R', 'D', 'L', 'D', 'R']]

Current state:

001

100

000

next states:
 [['R', 'R', 'D', 'L', 'D'], ['R', 'R', 'D', 'L', 'L']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'D', 'D', 'L', 'C'], ['R', 'D', 'D', 'L', 'U']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'R', 'D', 'L', 'L', 'D']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 []
 Current state:
 000
 100
 000

next states:
 [['D', 'D', 'C', 'R', 'R', 'U']]
 Current state:
 000
 100
 000

next states:
 [['R', 'D', 'D', 'L', 'C', 'U']]
 Current state:
 000
 100
 000

next states:
 []
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'D', 'D', 'R', 'U', 'U']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'R', 'D', 'L', 'D', 'L'], ['R', 'R', 'D', 'L', 'D', 'R']]
 Current state:

בס"ד

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'D', 'R', 'U', 'U']

Current state:

001

000

000

next states:

[]

Current state:

001

000

000

next states:

['D', 'R', 'U', 'C', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'R', 'D', 'L', 'L']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'D', 'R', 'R', 'U', 'U'], ['D', 'D', 'R', 'R', 'U', 'L']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'L', 'D', 'C'], ['R', 'C', 'D', 'L', 'D', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'R', 'D', 'L', 'L']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'R', 'D', 'L']

Current state:

001

000

000

next states:
 [['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'C'], ['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'U']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['R', 'C', 'D', 'D', 'R', 'U']]
 Current state:
 000
 100
 000

next states:
 [['D', 'D', 'C', 'R', 'U', 'U'], ['D', 'D', 'C', 'R', 'U', 'R']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['D', 'D', 'R', 'U', 'U', 'C'], ['D', 'D', 'R', 'U', 'U', 'R']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'D', 'L', 'D', 'R', 'R']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['R', 'C', 'R', 'D', 'L', 'D'], ['R', 'C', 'R', 'D', 'L', 'L']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'R', 'D', 'D', 'L', 'L'], ['R', 'R', 'D', 'D', 'L', 'U']]
 Current state:
 000
 100
 000

next states:
 [['R', 'D', 'L', 'D', 'C', 'R']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['D', 'D', 'R', 'U', 'R', 'U'], ['D', 'D', 'R', 'U', 'R', 'D']]
 Current state:

בס"ד

001

100

000

next states:

[['D', 'R', 'R', 'U', 'L', 'C']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['D', 'R', 'U', 'R', 'D', 'D']]

Current state:

001

000

000

next states:

[['R', 'C', 'R', 'D', 'D', 'L']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['D', 'R', 'U', 'R', 'D', 'D', 'L']]

Current state:

001

000

000

next states:

[['R', 'C', 'R', 'D', 'D', 'L', 'L'], ['R', 'C', 'R', 'D', 'D', 'L', 'U']]

Current state:

001

000

000

next states:

[['R', 'C', 'D', 'D', 'R', 'U', 'U']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['R', 'R', 'D', 'L', 'D', 'L', 'C'], ['R', 'R', 'D', 'L', 'D', 'L', 'U']]

Current state:

000

100

000

next states:

[]

Current state:

001

100

000

next states:

[['R', 'R', 'D', 'L', 'L', 'D', 'C'], ['R', 'R', 'D', 'L', 'L', 'D', 'R']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['D', 'D', 'R', 'U', 'R', 'U', 'L']]

Current state:

000

100

000

next states:

[['D', 'D', 'C', 'R', 'R', 'U', 'U'], ['D', 'D', 'C', 'R', 'R', 'U', 'L']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['D', 'R', 'D', 'R', 'U', 'U', 'L']]

Current state:

001

100

000

next states:

[]

Current state:

001

100

000

next states:

[]

Current state:

001

000

000

next states:

[]

Current state:

001

100

000

next states:

[['D', 'D', 'R', 'R', 'U', 'L', 'U']]

Current state:

001

000

000

next states:

[['D', 'R', 'U', 'C', 'R', 'D', 'D']]

Current state:

ג"ס

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'R', 'D', 'L', 'L', 'C']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'R', 'D', 'L', 'L']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'L', 'D', 'R', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'R', 'D', 'L', 'L', 'C'], ['R', 'D', 'R', 'D', 'L', 'L', 'U']

Current state:

001

000

000

next states:

[]

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'R', 'D', 'L', 'L', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'D', 'R', 'U', 'U', 'R', 'D']

Current state:

000

100

000

next states:

['D', 'D', 'C', 'R', 'U', 'R', 'U'], ['D', 'D', 'C', 'R', 'U', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:
 [['D', 'D', 'R', 'R', 'U', 'U', 'L']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'D', 'L', 'D', 'R', 'R', 'U']]
 Current state:
 000
 000
 000

['R', 'C', 'D', 'L', 'D', 'C']
 Reached the goal!
 001
 100
 000

Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R'], ['D']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'C'], ['R', 'D'], ['R', 'R']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['D', 'D'], ['D', 'R']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['R', 'C', 'D'], ['R', 'C', 'R']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['R', 'C', 'D', 'D'], ['R', 'C', 'D', 'L'], ['R', 'C', 'D', 'R']]
 Current state:
 001
 000

ט"ו

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'D', 'L'], ['R', 'C', 'D', 'D', 'R']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'C'], ['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'U']

Current state:

000

000

000

['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'C']

Reached the goal!

001

100

000

Current state:

001

100

000

next states:

['R'], ['D']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'C'], ['R', 'D'], ['R', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'D'], ['D', 'R']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D'], ['R', 'C', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'U'], ['D', 'R', 'D'], ['D', 'R', 'R']

Current state:

001

ג"ד

000

000

next states:

['R', 'C', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'D', 'C'], ['D', 'D', 'R']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'D'], ['R', 'C', 'D', 'L'], ['R', 'C', 'D', 'R']

Current state:

000

100

000

next states:

['D', 'D', 'C', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'D'], ['R', 'D', 'L'], ['R', 'D', 'R']

Current state:

000

100

000

next states:

['D', 'D', 'C', 'R', 'U'], ['D', 'D', 'C', 'R', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'R', 'U'], ['R', 'D', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'D', 'R', 'U'], ['D', 'D', 'R', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'R', 'D', 'L'], ['R', 'R', 'D', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'R', 'U'], ['D', 'R', 'R', 'D']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'D', 'L'], ['R', 'C', 'D', 'D', 'R']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'R', 'D', 'D'], ['R', 'C', 'R', 'D', 'L']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'L', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'D', 'L'], ['R', 'D', 'D', 'R']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'R', 'D'], ['R', 'C', 'D', 'R', 'U']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'U', 'C'], ['D', 'R', 'U', 'R']

Current state:

001

ב"ד

100

000

next states:

['R', 'D', 'L', 'D']

Current state:

001

000

000

next states:

['D', 'R', 'U', 'C', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'D', 'L'], ['D', 'R', 'D', 'R']

Current state:

001

000

000

next states:

['D', 'R', 'U', 'C', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'D', 'R', 'U']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'U', 'R', 'D']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'D', 'R', 'R', 'U']

Current state:

000

100

000

next states:

['D', 'D', 'C', 'R', 'R', 'U']

Current state:

001

100

000

next states:

[['R', 'R', 'D', 'L', 'D'], ['R', 'R', 'D', 'L', 'L']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['D', 'R', 'R', 'U', 'L']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['R', 'D', 'R', 'D', 'L']]

Current state:

001

000

000

next states:

[['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'C'], ['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'U']]

Current state:

001

000

000

next states:

[['R', 'C', 'R', 'D', 'D', 'L']]

Current state:

001

000

000

next states:

[['R', 'C', 'R', 'D', 'L', 'D'], ['R', 'C', 'R', 'D', 'L', 'L']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['R', 'R', 'D', 'D', 'L']]

Current state:

001

100

000

next states:

[['R', 'D', 'D', 'L', 'C'], ['R', 'D', 'D', 'L', 'U']]

Current state:

001

000

000

next states:

[['R', 'C', 'D', 'R', 'D', 'L']]

Current state:

001

ג"ד

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'D', 'R', 'U']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'R', 'D', 'L']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'D', 'L', 'C']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'L', 'D', 'C'], ['R', 'D', 'L', 'D', 'R']

Current state:

000

100

000

next states:

[]

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'D', 'R', 'U']

Current state:

000

100

000

next states:

['R', 'D', 'L', 'D', 'C', 'R']

Current state:

001

000

000

next states:

['R', 'C', 'D', 'L', 'D', 'C'], ['R', 'C', 'D', 'L', 'D', 'R']

Current state:

000

000

000

['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'C']

Reached the goal!

001
100
000

Current state:

001
100
000

next states:

['R'], ['D']

Current state:

001
100
000

next states:

['R', 'C'], ['R', 'D'], ['R', 'R']

Current state:

001
100
000

next states:

['D', 'D'], ['D', 'R']

Current state:

001
000
000

next states:

['R', 'C', 'D'], ['R', 'C', 'R']

Current state:

001
100
000

next states:

['D', 'R', 'U'], ['D', 'R', 'D'], ['D', 'R', 'R']

Current state:

001
100
000

next states:

['D', 'D', 'C'], ['D', 'D', 'R']

Current state:

001
000
000

next states:

['R', 'C', 'D', 'D'], ['R', 'C', 'D', 'L'], ['R', 'C', 'D', 'R']

Current state:

001
100
000

next states:
 [['R', 'D', 'D'], ['R', 'D', 'L'], ['R', 'D', 'R']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['R', 'C', 'D', 'D', 'L'], ['R', 'C', 'D', 'D', 'R']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['R', 'C', 'D', 'L', 'D']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'C'], ['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'U']]
 Current state:
 001
 000
 000

next states:
 [['R', 'C', 'D', 'L', 'D', 'C'], ['R', 'C', 'D', 'L', 'D', 'R']]
 Current state:
 000
 100
 000

next states:
 [['D', 'D', 'C', 'R']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['D', 'D', 'R', 'U'], ['D', 'D', 'R', 'R']]
 Current state:
 001
 100
 000

next states:
 [['R', 'D', 'D', 'L'], ['R', 'D', 'D', 'R']]
 Current state:
 000
 100
 000

next states:
 [['D', 'D', 'C', 'R', 'U'], ['D', 'D', 'C', 'R', 'R']]
 Current state:

ג"ס

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'D', 'L'], ['D', 'R', 'D', 'R']

Current state:

000

100

000

next states:

['D', 'D', 'C', 'R', 'U', 'U'], ['D', 'D', 'C', 'R', 'U', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['R', 'D', 'L', 'D']

Current state:

000

100

000

next states:

['D', 'D', 'C', 'R', 'U', 'U', 'C'], ['D', 'D', 'C', 'R', 'U', 'U', 'R']

Current state:

001

100

000

next states:

['D', 'R', 'U', 'C'], ['D', 'R', 'U', 'R']

Current state:

000

000

000

['R', 'C', 'D', 'D', 'L', 'C']

Reached the goal!