

## תקציר

חיפוש הוא אחד מן התחומים החשובים בבנינה מלאכותית. בחיפוש לפתרון בעיות סוכן בודד פועל בסביבה ניטרלית כדי להגיע למטרה. בעיות רבות, כמו ניווט ומציאת מסלול, סיפוק אילוצים, אופטימיזציה של פונקציות, ניתן לייצג כבעיות חיפוש. ידועים אלגוריתמי חיפוש כלליים שמיועדים לשימוש עם מגוון רחב של בעיות שונות. מחד גיסא, ניתן לשפר משמעותית את הביצועים של אלגוריתם נתון בידי התאמתו לסוג בעיות מסויים. מאידך גיסא, הגרסה המותאמת של האלגוריתם עלולה להיות יעילה רק על אותו הסוג של בעיות שעבורו פותחה, והמאמץ הרב שהושקע בתכנון האלגוריתם לא יבוא לידי שימוש בתחומים אחרים.

גרסאות מיוחדות של אלגוריתמים כלליים נוצרות לעתים קרובות באמצעות שילוב והפעלה סלקטיבית של היוריסטיקות. בדרך כלל, המומחה שמפתח את האלגוריתם מחליט באילו היוריסטיקות להשתמש עם סוג בעיות מסויים וכיצד להפעיל היוריסטיקות על כל בעיה ובעיה. עקרונות הסק-על רציונלי (rational metareasoning) מסייעים בהתאמה אוטומטית של היוריסטיקות לבעיות שונות.

ידועות דוגמאות של אלגוריתמים רציונליים שעולים בביצועיהם על אלגוריתמים שהותאמו בידי מומחה, אבל גם מכשולים תאורטיים וגם חוסר ניסיון יישומי מעכבים שימוש נרחב יותר של שיטות הסק-על רציונלי בבעיות חיפוש. כיוצא מזה, הסק-על רציונלי לא ראה עד לא מזמן שימוש משמעותי בבעיות חיפוש חיוניות. מחקר זה נועד לקדם את התאוריה של הסק-על רציונלי, כמו כן לנתח סוגיות אחדות ביישום אלגוריתמי חיפוש הרציונליים.

בפרט, נבחנת סוגית אומדן יעיל של ערך מידע (VOI) של פעולות חישוביות. חישוב של VOI תופס מקום מרכזי בהסק-על, וחישובי VOI רבים מתבצעים לעתים קרובות בכל צעד של אלגוריתם. אי לכך, חשוב ביותר שחישוב VOI יהיה יעיל. מחקר זה מציע שיפור לאלגוריתם חמדן ידוע. לעומת החישוב הגורף של VOI באלגוריתם הבסיסי, באלגוריתם המשופר VOI מחושב רק במקרים מסוימים, וההחלטה האם לחשב VOI בכל מקרה מתקבלת לפי העקרונות של הסק-על רציונלי, תוך איזון בין דיוק האומדן של ה-VOI לבין עלות המשאבים החישוביים הנדרשים. האלגוריתם המשופר נבדק על בעיית בחירת מדידות ונמצא יעיל, כשיתרונו בולט ביותר במקרים בהם עלות חישובים של VOI גבוהה, וחישוב רציונלי מעלה משמעותית את הרווח הכולל.

חלק עיקרי מחקר זה מציע גרסאות רציונליות של אלגוריתמי חיפוש בתחומים של סיפוק אילוצים, דגימת מונטה-קרלו בעצים, ותכנון אופטימלי.

בסיפוק אילוצים מציע המחקר מודל להפעלה גמישה של היוריסטיקות לסידור ערכים. הגישה המוצגת כאן לא מציעה היוריסטיקות חדשות; היוריסטיקות קיימות מופעלות באופן סלקטיבי, בהתאם לערך המידע שלהן. ניסויים בוצעו על היוריסטיקה מבוססת על אומדן מספר פתרונות, ושיפור מובהק אובחן בהשוואה לאלגוריתם שמחשב את ההיוריסטיקה תמיד.

דגימת מונטה־קרלו בעצים מהווה בסיס לאלגוריתמים מתקדמים לתהליכי מרקוב ומשחקים, לכן שיפור במדיניות דגימה יוביל לשיפור בביצועי האלגוריתמים בתחומי יישום שונים. מדיניות דגימה טובה יותר יכולה להתקבל אם ננצל את העקרונות של הסק־על רציונלי. במחקר זה, מוצעת מדיניות עם קבלת החלטות על סמך חסמים עליונים על VOI של דגימות. בניסויים, אלגוריתם מבוסס על המדיניות החדשה ניצח אלגוריתמים קיימים גם בבעיות אקראיות, גם במשחק גו.

בבעיות תכנון בתחומים שונים משתמשים לעתים קרובות בגרסאות של אלגוריתם  $A^*$ . במקרה של יותר מהיורסטיקה אחת קיימים אלגוריתמים, כמו  $Lazy A^*$  ו- $Selective MAX$ , שמנסים לשלב את ההיורסטיקות על מנת ליעל את החיפוש. מחקר זה מציע שיפור לאלגוריתם  $Lazy A^*$ , כשבאלגוריתם המשופר ההחלטה האם לחשב את ההיורסטיקה היקרה יותר מתקבלת על סמך ערך המידע של החישוב. האלגוריתם המשופר,  $Rational Lazy A^*$ , מפגין יעילות גבוהה יותר על מגוון רחב של בעיות תכנון. בנוסף,  $Rational Lazy A^*$  יותר קל למימוש מאשר המתחרה הישיר שלו,  $Selective MAX$ .

המחקר בכללותו קידם שימוש של הסק־על רציונלי באלגוריתמי חיפוש לפתרון בעיות. יישומי העקרונות של הסק־על רציונלי בסוגיות שונות מהווים דוגמאות שעשויות לעזור לחוקרים להפעיל את המתודולוגיה גם בתחומים נוספים. הישגים בחישוב רציונלי של ערך מידע מועילים לשיפור של אלגוריתמים קיימים ופוטרים מפתחים של אלגוריתמים חדשים מצורך בכוונון ידני חוזר.