

## פרוייקט רובוט חשאי-פגישה #7-שירה עוזרי

מנחה: פרופ' רועי פורן

בשלב זה של הפרוייקט, התמקדתי במימוש מערכת שיתרה את ההנחות של מיפוי סטטי ותכנון מסלול מראש, והחלפתי אותן בגישה אדפטיבית המשלבת תכנון תנועה ריאקטיבי, עדכון רציף של סביבת העולם ו-אלגוריתמיקת ניווט חכמה שמבוססת על מידע חזותי חלקי בלבד.

## הבעיה שעלתה מהעבודה על הפרוייקט עד כה:

בשלב הקודם, אחת המגבלות המרכזיות הייתה שהרובוט תכנן את מסלולו על בסיס Heatmap קבוע מראש, שנבנה ממידע חלקי או גלובלי מדי. בתנאי שטח אמיתיים, לרובוט אין גישה לתמונה מלאה של הסביבה – ולכן נדרש פתרון שבו המסלול מתבסס רק על מה שהרובוט רואה בפועל בכל רגע. היעד היה לאפשר עדכון רציף של מפת החשיפה בזמן ריצה, כך שהרובוט יגלה אזורים חדשים תוך כדי תנועה ויבחר את הנתיב הבטוח ביותר על סמך מידע מקומי בלבד.

## חילקתי משימה זו ל-4 חלקים:

## (1) חישוב Heatmap בזמן אמת מתוך שדה הראייה:

במקום לחשב את רמות החשיפה מראש או על בסיס מפה מלאה, יישמתי מנגנון של Perceptual Sampling: בכל פריים, הרובוט מגריל דגימות צפייה (Viewpoints) אך ורק מתוך התחום התלת-ממדי שגלוי בפועל למצלמה שלו - כלומר, מתוך מה שמהווה את שדה הראייה הזמין (Line-of-Sight-Driven Sampling). עבור כל משבצת על הרצפה, מתבצע חישוב דינמי של אחוז הנראות (Visibility Ratio) מהנקודות המוגרלות, תוך שימוש ב-Raycasting ובשיקולי חסימה פיזיקלית (Obstacle-aware Visibility). משבצות בעלות אחוז חשיפה גבוה נצבעות בגוון אדום, בעוד אלו שמוסתרות נצבעות בגוון ירוק. החישוב מתבצע ב-Multi-threaded parallel processing בהתאם למיקום הרובוט, כאשר משבצות שיותר קרובות אליו נצבעות קודם.

## (2) ניהול זיכרון חשיפה - שכחת מידע וצביעה הדרגתית:

כדי לאפשר הסתגלות סביבתית אמיתית, כל מידע על חשיפה מיושן שנמצא מחוץ לשדה הראייה הנוכחי נמחק ("Visual Forgetting"). כך הרובוט זוכר אך ורק את הסביבה שהוא רואה בזמן אמת, פתרון שמונע הצטברות של מידע לא רלוונטי, מחקה מנגנוני קשב ביולוגיים, ותורם להתנהגות חכמה יותר. החשיפה במפה אם כן מתעדכנת ברציפות ובאופן מקומי בלבד, מה שמפחית משמעותית את המורכבות החישובית ומאפשר קבלת החלטות מהירה.

## (3) תכנון מסלול דינמי מבוסס מידע חלקי (Incremental Partial Path Planning):

המסלול של הרובוט אינו מחושב מראש, אלא מתעדכן באופן אינקרמנטלי בהתאם לחשיפת הסביבה ברגע נתון. השתמשתי באלגוריתם \*A אך עם התאמה ל-Local Navigation over Partial Maps, בכל איטרציה מתבצעת הרצה של \*A על תת-מפה מוגבלת המורכבת אך ורק ממשבצות שנצפו עד כה, תוך שקלול משוקלל של מרחק + רמת חשיפה. פונקציית העלות (Cost Function) שונתה כך שתעניק עדיפות למסלולים עם סיכון נמוך לחשיפה, גם אם הם מעט ארוכים יותר.

## (4) ריאקטיביות לסביבה מתפתחת:

כשהרובוט מגלה אזור חדש בעל רמת חשיפה נמוכה יותר מהמסלול הנוכחי, מתבצע Replanning אוטומטי - כלומר, המסלול כולו מתעדכן כדי לנצל את האזור החדש. המערכת אינה מבוססת על טריגר חיצוני, אלא על הבקרה הפנימית של סביבת החשיפה, ולכן מיישמת הלכה למעשה Reactive Autonomous Navigation. זה מאפשר לרובוט להסתגל לשינויים, לעקוף אזורים מסוכנים שזה עתה נחשפו, ולנוע במרחב באוריינטציה אסטרטגית שדומה להתנהגות אדם.

## תוצאה:

המימוש הנוכחי מייצג קפיצה איכותית מהותית: ShadowBot מסוגל לבצע תכנון נתיב דינמי לחלוטין על בסיס חשיפה מקומית, חלקית, ומתעדכנת, ולהגיב לסביבה כמו Agent אמיתי בעולם פתוח. זוהי אבן דרך משמעותית בדרך להפוך את הרובוט מסוכן פסיבי למערכת אינטראקטיבית, מודעת-עצמית, ואסטרטגית.