

## פרוייקט רובוט חשאי-סיכום פרוייקט-שירה עוזרי

מנחה: פרופ' רועי פורן

## רקע ומטרות

מטרת הפרוייקט הייתה לתכנן ולממש מערכת רובוטית אוטונומית לניווט במרחבים סגורים תוך שמירה על רמת חשאיות מרבית. האתגר המרכזי היה לאפשר לרובוט לנווט ממיקום התחלתי ליעד כלשהו-מבלי להיחשף ככל האפשר לגורמים חיצוניים (לדוגמה: מצלמות, מקורות אור, נקודות תצפית). לצורך כך, הוגדרה הגדרת עבודה של Heatmap סיכוני חשיפה-מפת סיכון המתעדכנת בזמן אמת, על פי מידת הנראות של כל נקודה ברצפה לנקודות תצפית במרחב. מטרת הרובוט הייתה לבחור את המסלול ה"ירוק" ביותר - כלומר, הפחות חשוף - גם במחיר מסלול ארוך יותר או מסובך יותר.

## שלבי עבודה עיקריים:

## (1) יצירת סביבה וירטואלית:

נבנתה סצנה ב-Unity המדמה כיתה טיפוסית, עם שולחנות, כיסאות, קירות, דלתות ומקורות אור. פותח Grid דו-ממדי של משבצות על פני הרצפה, המהווה בסיס למפת הסיכון.

## (2) חישוב Heatmap סטטי:

נבחרו מאות נקודות תצפית באוויר (בגובה) מהן נשלחו קרניים (Raycasts) אל הרצפה. כל משבצת דורגה לפי אחוז הנקודות שראות אותה בקו ישר ללא הפרעה, ככל שהאחוז גבוה יותר, המשבצת אדומה (חשופה), ככל שהוא נמוך ירוקה (בטוחה). התחשבות באובייקטים כמו שולחנות וכיסאות לצורך הצללה ויצירת הסתרה.

## (3) תנועה ראשונית במסלול בטוח:

הרובוט תוכנת לנע במסלול שהוגדר מראש לפי מפת הסיכון לפי  $A^*$  על גבי ה-heatmap.

## (4) מעבר לחישוב דינמי (Real-Time):

המפה הפכה מדינמית - בכל רגע נתון, הרובוט מגריל נקודות תצפית מתוך שדה הראייה האקטואלי שלו בלבד. בכל צעד, משבצות נצבעות מחדש על בסיס הנראות הנוכחית - ללא תלות במפה כוללת. Heatmap מעודכן תוך כדי תנועה, וחישוב המסלול נעשה בכל שלב מחדש - Partial Path Planning.

## אתגרים בולטים ופיתרונות:

## (1) האתגר-עדיכון רציף של מפת החשיפה תוך כדי תנועה.

הפיתרון:

מימוש מערכת מקבילית שחושבת את הנראות עבור משבצות הקרובות לרובוט תחילה, תוך שימוש ב-Parallel.For לפי מספר הליבות במחשב.

## (2) האתגר-חישוב מסלול חלקי שמתחשב רק באזורים שנחשפו עד כה.

הפיתרון:

שילוב אלגוריתם  $A^*$  שמתחשב אך ורק במשבצות הידועות כרגע, ומחשב "מסלול זמני בטוח" להתקדמות חלקית לכיוון היעד.

## (3) האתגר-זיהוי אוטומטי של אזורים מוסתרים ומסוכנים ללא תיוג ידני.

הפיתרון:

שימוש במבנה הסצנה (שמות האובייקטים - "desk", "door", "neon") לזיהוי אוטומטי של מכשולים ואזורים רגישים.

## (4) האתגר-שיפור דיוק המפה.

הפיתרון:

ריבוי נקודות תצפית, חלוקה דינמית של המשבצות לפי גודל התאים וניתוח גאומטרי של קווי ראייה.

## תובנות מקצועיות:

מבחינתי, הפרוייקט הביא לידי ביטוי עקרונות מתקדמים של:

- תכנון מסלול מבוסס סיכון (risk-based path planning)
- שילוב בין perception ו-planning בעולם רובוטי

- תגובה סביבתית בזמן אמת (environmentally reactive behavior)
- עבודה מקבילית לשיפור ביצועים

כאשר מדובר בהרבה עולמות/נושאים שלא יצא לי לעבוד עליה יותר מדי לפני הפרוייקט. נהנתי מאוד לאורך התהליך, הסתקרנתי מאוד ולמדתי הרבה דברים מעניינים וחדשים.

#### לסיכום

במהלך הפרוייקט, ולאחר הרבה מאוד עבודה, הצלחתי לבנות מערכת שלמה שמדמה רובוט אוטונומי שפועל בסביבה לא צפויה, מתעדכן תוך כדי תנועה, ומתכנן את המסלול שלו על בסיס מה שהוא באמת רואה - ולא מתוך הנחות מוקדמות על המבנה של החדר. החיבור בין תפיסה חזותית, ניתוח מרחבי ותכנון מסלול חכם בזמן אמת יצר מערכת שמגיבה לסביבה ומתאימה את עצמה תוך כדי פעולה. זה מימוש שממחיש בצורה מאוד פרקטית איך רובוט יכול לקבל החלטות בסביבה דינמית - דבר שיכול להתאים בקלות גם לתרחישים אמיתיים כמו סריקות חשאיות, ניווט בשטח עוין או שימושים תעשייתיים מורכבים.

#### בנימה אישית

הפרוייקט הזה היה בשבילי הרבה יותר מתרגיל תכנות - הוא היה הזדמנות לבצע מחקר, ללמוד על פתרון בעיות ולהפגין הרבה יצירתיות. הרעיון שרובוט יכול להבין את הסביבה שלו ולפעול בה בצורה חכמה באמת ריתק אותי, והאתגרים שהיו בדרך דרשו ממני לצלול לעומק של עולמות שלא הכרתי קודם - כמו תכנון מסלולים דינמי, חישובי נראות בזמן אמת ושיקולים של התנהגות חשאית. בכל שלב הרגשתי שאני לומדת משהו חדש - לא רק על Unity או על אלגוריתמים, אלא גם על איך ניגשים לבעיה מורכבת בלי לפחד ממנה. אני גאה במה שיצרתי, ובעיקר בהזדמנות שהייתה לי להוכיח לעצמי שאני מסוגלת לקחת רעיון שאפתני ולהפוך אותו למערכת שעובדת באמת, תודה רבה על ההזדמנות, ההכוונה והעזרה לכל אורך הפרוייקט.