טופס הצעת פרויקט – י"ג הנדסת תוכנה

סמל מוסד: 659284

שם המכללה: מכללת Wan Tech בארי

שם הסטודנט: ליאור שיינבוים

ת.ז. הסטודנט: 330578139

שם הפרויקט: Escape from Zombie city - משחק בריחה עירוני שיתופי

נושא: סימולציה של תנועה מתואמת של סוכנים מרובים בתוך מרחב משותף מרובה מכשולים.

שם המנחה: יהודה אור

תאריך הגשה: 24.12.25

תוכן עניינים

שער.....1
רקע תיאורטי בתחום הפרויקט.....3-5
תיאור הפרויקט.....6
הגדרת הבעיה האלגוריתמית.....7
תרשים זרימה של האלגוריתם.....8
תהליכים עיקריים בפרויקט.....9
שפות תכנות וסביבת עבודה.....10
לוחות זמנים.....10
ביבליוגרפיה.....11
חתימות.....12

רקע תיאורטי בתחום הפרויקט

תחום הפרויקט הינו סימולציה של תנועת סוכנים מרובים מתואמת ושיתופית בתוך מרחב משותף מרובה מכשולים. קיימת התעניינות רבה במערכות מרובות סוכנים (Multi-Agent Systems), שבהן מספר ישויות פועלות במקביל בתוך סביבה משותפת כאשר כל דמות מתחילה במקום רנדומלי אחר בעיר. מערכות מסוג זה נפוצות במשחקי מחשב ובמודלים של קבלת החלטות מבוזרת. המאפיין המרכזי של מערכות אלו הוא שכל סוכן מתחשב בכל רגע נתון בסך הפעולות של כלל המכשולים.

כמו כן, במקרים רבים, סביבות עירוניות במשחקי המחשב מיוצגות בדרך כלל כמרחב דיסקרטי שבו כל צומת מייצגת מיקום אפשרי במרחב והמעברים, מייצגים את התנועה החוקית בין מיקומים סמוכים(ניתן לנוע ימינה,שמאלה,ישר,אחורה). ייצוג זה נפוץ במשחקים המדמים תנועה בסביבה עירונית דו ממדית, וניתן למצוא את הייצוג הזה גם בבעיות מהעולם האמיתי כמו בעיית המחסן החכם. במחסן החכם פועלים מספר רובוטים במקביל במרחב משותף, כאשר עליהם לנוע בין אזורים שונים, לאסוף פריטים, להימנע מחסימות ומהתנגשויות ולהגיב לשינויים לפי הזמן הנוכחי. בעיה זו הינה מדגישה את המורכבות של תכנון מסלולים ותיאום בין הסוכנים עצמם בסביבה הדינמית, וכפי שניתן לראות שהפתרון לכך הוא אינו פשוט ויכולים להיות מספר פתרונות.

בנוסף, ישנה בעיה תאורטית נוספת והיא בעיית הסוכן הנוסע מרובה – Multiple Traveling Salesmen Problem. בבעיה זו פועלים מספר סוכנים בתוך סביבה עירונית דינמית כאשר כל אחד מהם צריך להגיע ליעד שונה(בין אם זה אוצרות, נשקים, יציאה מהעיר ועוד). כמו כן, צריך להחליט כיצד לחלק את היעדים השונים בין הסוכנים ובאיזה סדר כל סוכן יבקר ביעד שלו. בעיה זו נחשבת למורכבת מבחינה חישובית מאחר וההחלטות של סוכן אחד משפיעות על שאר הסוכנים, המשחק והתוצאה הכוללת. בעיה זו דומה לבעיית המחסן החכם אך היא שונה גם. בבעיית הסוכן הנוסע, נדרש איזון בין ההחלטות של הסוכן לבין היעילות של המשחק.

הבעיה הנוספת היא התקשורת המבוזרת בין הסוכנים. כל סוכן מחזיק מידע חלקי בלבד על סביבתו הקרובה אליו ונדרש לשתף מידע רלוונטי עם הסוכנים האחרים בקבוצה. כמו כן, שיתוף מידע זה מתבצע באמצעות מנגנונים שונים ומאפשר עדכון על אירועים חשובים -> שינויים בסביבה, זומבי מתקרב, מציאת יציאה, מצב קריטי של סוכנים אחרים(האם הם בסכנה מזומבים או לא). תקשורת מבוזרת תורמת לגמישות המערכת ולשיתוף פעולה בין הסוכנים, אך יחד עם זאת מוסיפה מורכבות לתהליך קבלת ההחלטות.

אילוצים של הפרויקט:

אילוץ תגובה מיידית של המשחק – המערכת פועלת כסימולציה דינמית שבה הסוכנים נדרשים לקבל החלטות ולהגיב לשינויים בסביבה במהלך הריצה, ולכן חישובי מסלול וקבלת החלטות חייבים להתבצע בפרקי זמן קצרים וביעילות חישובית גבוהה.

שיתוף מידע חלקי בין הסוכנים – כל סוכן מחזיק ידע מקומי בלבד על סביבתו הקרובה ועל המידע המתקבל מסוכנים אחרים., ואינו מחזיק תמונה מלאה של מצב המערכת בכל רגע נתון. אילוץ זה משפיע על איכות ההחלטות ועל הצורך במנגנוני שיתוף מידע ותקשורת מבוזרת.

אילוצי משאבים חישוביים – ישנם כמה אילוצי משאבים חישוביים כגון זמן ריצה וזיכרון. מאחר והמשחק כולל מספר סוכנים הפועלים במקביל, יש להגביל את מורכבות החישובים כך שהמערכת תישאר יציבה ויעילה גם כאשר מספר הסוכנים או גודל הסביבה גדלים.

אילוץ התנועה והמרחב – תנועת הסוכנים מוגבלת על ידי מבנה המרחב העירוני והמכשולים הקיימים בו. המפה כוללת אזורים חסומים לחלוטין כגון בניינים, קירות, שלולית ועוד. ישנם גם אזורים מסוכנים המגבילים תנועה כגון אזורי זומבים. התנועה האפשרית במפה היא מעבר בין תאים סמוכים(קדימה, אחורה, ימינה, שמאלה) אך, לא ניתן ללכת בכיוון של אלכסון. בנוסף, תנועת סוכנים

אחרים עלולה לחסום זמנית מסלולים וליצור קונפליקטים בתנועה, דבר המחייב התחשבות במיקום ובפעולות של סוכנים אחרים בעת תכנון המסלול.

דרישות המערכת(משחק):

- **סביבת המשחק** – המשחק מתרחש בסביבה עירונית דו-ממדית המיוצגת כמרחב דיסקרטי. כל תא במפה מייצג אזור בעל משמעות משחקית(צומת מסוימת, אזור חסום, איום של זומבי, משאב כלשהו ועוד). כמו כן, על המפה להיות ברורה, עקבית ולהתעדכן בזמן אמת בהתאם לפעולות הסוכנים.
- **שחקני המשחק** – המשחק כולל מספר שחקנים הנשלטים על ידי בינה מלאכותית בלבד. כל שחקן פועל כסוכן עצמאי, מקבל החלטות ללא שליטה ישירה של המשתמש. כמו כן, יש תפקיד ומצב פנימי המשפיעים על אופן קבלת ההחלטות שלו.
- **דינמיות ואינטראקציה בסביבה** – סביבת המשחק, כלומר העיר בה המשחק מתקיים, היא אינה סטטית, כלומר דינמית מכיוון שיש בה זומבים שנעים במרחב, משאבים נאספים ונעלמים(בין אם זה אוצרות או נשקים) וכמובן שיש את החלטות השחקנים בתורם שמשפיעות על צורת המשחק. שינויים אלו מחייבים עדכון של מצב המשחק וקבלת החלטות של השחקנים בזמן הכי יעיל שאפשר.
- **מעקב וניתוח התנהגות השחקנים בזמן המשחק** – המשחק יאפשר לעקוב אחר החלטות השחקנים בקבוצה במהלך המשחק, כך שיהיה ניתן לנתח את אופן ההחלטה שלהם ולהעריך את ביצועי המערכת.
- **מטרות ותנאי סיום** – למשחק מוגדרים תנאי ניצחון -> כל הקבוצה צריכה לצאת מהעיר מבלי להיתפס על ידי הזומבים. כמו כן, ישנו גם תנאי סיום -> מספיק ששחקן אחד נהרג, המשחק נפסל.

SWOT:

גישה 1: חיפוש לרוחב במרחב גרפי(BFS)

תיאור הגישה:
בגישה זו הסביבה מיוצגת כמרחב גרפי דו ממדי, והסוכן מחפש מסלול חוקי בין נקודת ההתחלה ליעד באמצעות סריקה שיטתית של הצמתים. הגישה מבטיחה מציאת מסלול קצר יותר בסביבה שאינה משוקללת, ומתאימה לבעיות תנועה בסיסיות.

חוזקות(Strengths) - הגישה מבטיחה מציאת מסלול קצר ביותר בסביבה לא משוקללת. היא יעילה מבחינת זמן ריצה ומתאימה במיוחד לייצוג מרחב דו-ממדי דיסקרטי.

חולשות(Weaknesses) - הגישה אינה מתחשבת בעלויות שונות או ברמת סיכון של תאים, ואינה מטפלת ישירות בתיאום בין מספר סוכנים. בסביבה דינמית נדרש חישוב מחדש של המסלול.

הזדמנויות(Opprtunities) - ניתן לשלב את הגיש עם מנגנוני תיאום בין סוכנים או חישוב מקומי מחדש באזורים משתנים. שילוב כזה יכול לשפר את התאמתה לסביבה דינמית.

איומים(Threats) - כאשר גודל המפה/ מספר הסוכנים גדל, עלול להיווצר עומס חישובי. בנוסף, מסלולים חופפים בין סוכנים עלולים לגרום להתנגשויות.

גישה 2: חיפוש המטרה/היעד במרחב גרפי

תיאור הגישה:
גישה זו מבוססת על חיפוש מסלול בגרף תוך שימוש בפונקציית הערכה המשלבת את המרחק שכבר נצבר עם הערכה למרחק שנותר ליעד. השימוש במידע על מיקום היעד מאפשר צמצום מרחב החיפוש וייעול תהליך התכנון.

חוזקות(Strengths) - גישה זו משתמשת במידע על מיקום היעד כדי לצמצם את מרחב החיפוש, ולכן לרוב מהירה ויעילה יותר מחיפוש עיוור. היא מתאימה לבעיות תכנון מסלול עם יעד ברור.

חולשות(Weaknesses) - הגישה מתמקדת בסוכן בודד ואינה פותרת לבדה בעיות של תיאום בין סוכנים. בנוסף, איכות הפתרון תלויה בבחירת פונקציית ההערכה.

הזדמנויות(Opprtunities) - ניתן לשלב את הגישה עם תיאום מבוזר או חישוב מחדש חלקי בעת שינוי בסביבה. שילוב זה עשוי לשפר את הביצועים הקבוצתיים.

איומים(Threats) - בסביבה דינמית, חישוב חוזר עלול לפגוע ביעילות. כמו כן, ריבוי סוכנים עלול לגרום לחפיפות מסלולים.

<u>גישה 3: תכנון מסלולים מבוסס עדיפויות בין סוכנים</u>

תיאור הגישה:
בגישה זו מוקצה לכל סוכן סדר עדיפות, ותכנון המסלולים מתבצע באופן מדורג כך שסוכנים בעלי עדיפות גבוהה מתוכננים ראשונים. גישה זו נועדה להפחית התנגשויות ולשפר את התיאום בין סוכנים במרחב משותף.

חוזקות(Strengths) - הגישה מאפשרת הפחתת התנגשויות באמצעות קביעת סדר עדיפויות בין הסוכנים. הגישה פשוטה יחסית ליישום ומשפרת את התיאום הקבוצתי.

חולשות(Weaknesses) - הצלחת הגישה תלויה בבחירת סדר העדיפויות, אשר אינו בהכרח אופטימלי. סוכנים בעלי עדיפות נמוכה עלולים לקבל פתרונות פחות טובים.

הזדמנויות(Opprtunities) - ניתן להתאים את סדר העדיפויות בצורה דינמית בהתאם למצב הסביבה או למצב הסוכנים. התאמה זו יכולה לשפר את איכות הפתרון.

איומים(Threats) - בחירה לא מאוזנת של עדיפויות עלולה לפגוע בביצועי המערכת. בסביבה משתנה ייתכן צורך בעדכון התכנון.

<u>גישה 4: חלוקת יעדים בסגנון הסוכן הנוסע המרובה</u>

תיאור הגישה:
בגישה זו הבעיה מנוסחת כבעיה של חלוקת יעדי ביניים בין מספר סוכנים, כאשר כל הסוכנים שואפים ליעד סופי משותף – היציאה מהעיר. המערכת בוחנת כיצד לחלק בין הסוכנים משימות כגון איסוף משאבים, סיוע לשחקנים אחרים או הגעה לנקודות בטוחות, ובאיזה סדר לבצע אותן, כך שתשופר היעילות וההישרדות הקבוצתית. מאחר שמדובר בבעיה חישובית מורכבת, נעשה שימוש בגישות היריסטיות או פתרונות מקורבים המספקים פתרון סביר בזמן ריצה מתאים לסימולציה בזמן אמת.

חוזקות(Strengths) - גישה זו מאפשרת חלוקת יעדים בין מספר סוכנים בצורה מאורגנת, ומשפרת את היעילות הקבוצתית. היא מתאימה לבעיות

חולשות(Weaknesses) – הגישה חישובית, מורכבת ואינה מבטיחה פתרון אופטימלי מלא. כמו כן, היא רגישה לשינויים בסביבה וביעדים.

הזדמנויות(Opprtunities) – ניתן לשלב גישות חמדניות או שיפורים מקומיים כדי להפחית את העומס החישובי. שילוב כזה מאפשר התאמה טובה יותר לזמן אמת.

איומים(Threats) – ריבוי יעדים וסוכנים עלול להוביל לזמן חישוב גבוה. שינוי פתאומי ביעדים עלול לפגוע בתכנון הקבוצתי.

תיאור הפרויקט

הפרויקט Escape From Zombie City מדמה סביבה עירונית מורכבת ודינמית, שבה מספר סוכנים אשר פועלים כקבוצה מנסים להימלט מעיר הנמצאת תחת איום מתמשך של זומבים. הסביבה העירונית מיוצגת כמרחב דו ממדי דיסקרטי, שבו כל אזור מייצג מיקום פיזי אפשרי בעיר, כגון רחובות, אזורים חסומים שאינם ניתנים למעבר כמו מחסומים, משאבים כמו אוצרות ונשקים, נקודת יציאה מהעיר או אזורים המאוכלסים בזומבים. ייצוג זה מדמה מציאות עירונית צפופה, שבה התנועה מוגבלת, המשאבים אינם מפוזרים באופן אחיד והסכנות משתנות באופן תדיר.

בפרויקט פועלים מספר סוכנים באופן אוטומטי, כאשר לכל אחד מהם יש שיקולים ומידע חלקי, אך פועל כחלק ממערכת קבוצתית. השחקנים מנסים לקבלים החלטות משותפות, במטרה להגדיל את סיכויי ההישרדות של הקבוצה כולה. תהליך קבלת ההחלטות של כל סוכן מבוסס על זיהוי מצבו הנוכחי בסביבה, בחינת אפשרויות פעולה שונות והכרעה ביניהן, כגון התקדמות לעבר היציאה, איסוף משאבים, סיוע לחברי קבוצה אם הם בסכנה או הימנעות מאיומים.

הבעיה המודגמת בפרויקט דומה במהותה לבעיית המחסן החכם, שבה מספר סוכנים פועלים במקביל במרחב משותף, נדרשים לנוע בין אזורים שונים, להתמודד עם סביבה דינמית ולתאם את פעולתם על מנת להשיג מטרה משותפת. בדומה למחסן חכם, גם כאן כל סוכן פועל על בסיס מידע חלקי, והחלטות מקומיות של סוכן אחד עשויות להשפיע על תפקוד המערכת כולה.

העיר עצמה היא סביבה דינמית ולא סטטית. הזומבים נעים במרחב, משנים אזורי סכנה, חוסמים מסלולים ומאלצים את השחקנים לבצע התאמות מתמשכות בתכנון התנועה וקבלת ההחלטות. בנוסף, משאבים כמו נשקים ואוצרות נאספים ונעלמים במהלך המשחק, דבר המשפיע על סדרי העדיפויות והאסטרטגיה של הקבוצה. כתוצאה מכך, אף סוכן אינו מחזיק תמונה מלאה של מצב העיר בכל רגע נתון.

כדי להתמודד עם מגבלה זו, נעשה שימוש במנגנון של שיתוף מידע מבוזר בין הסוכנים. כל שחקן מדווח לחברי הקבוצה על אירועים משמעותיים שהוא מזהה, כגון מיקום זומבים, גילוי יציאה, סכנה מתקרבת או מצב של חבר קבוצה. מידע זה מועבר באמצעות מנגנון תקשורת מבוזר, ויוצר תמונת מצב קבוצתית משופרת, שעל בסיסה מתקבלות החלטות אישיות וקבוצתיות.

במהלך המשחק מתקיים מתח מתמיד בין אינטרסים אישיים לבין טובת הקבוצה. שחקן עשוי להעדיף לפעול לשיפור הישרדותו האישית, בעוד שסוכן אחר יבחר לסייע לחבר פצוע או להתקדם לעבר היעד הקבוצתי, אך, בסדר העדיפויות, שחקן שזקוק לעזרה נמצא בטופ. תוצאת המשחק אינה נקבעת מראש, אלא נוצרת כתוצאה מהכרעות מצטברות, מרמת התיאום בין הסוכנים ומהיכולת שלהם להסתגל לשינויים בזמן אמת.

הפרויקט מדגיש את המורכבות של מערכות מרובות סוכנים הפועלות בסביבה לא ודאית, וממחיש כיצד עקרונות מתחום בעיית המחסן החכם, תכנון מסלולים, קבלת החלטות ותיאום מבוזר יכולים להשתלב ליצירת סימולציה דינמית, ריאליסטית וניתנת לניתוח.

הגדרת הבעיה האלגוריתמית

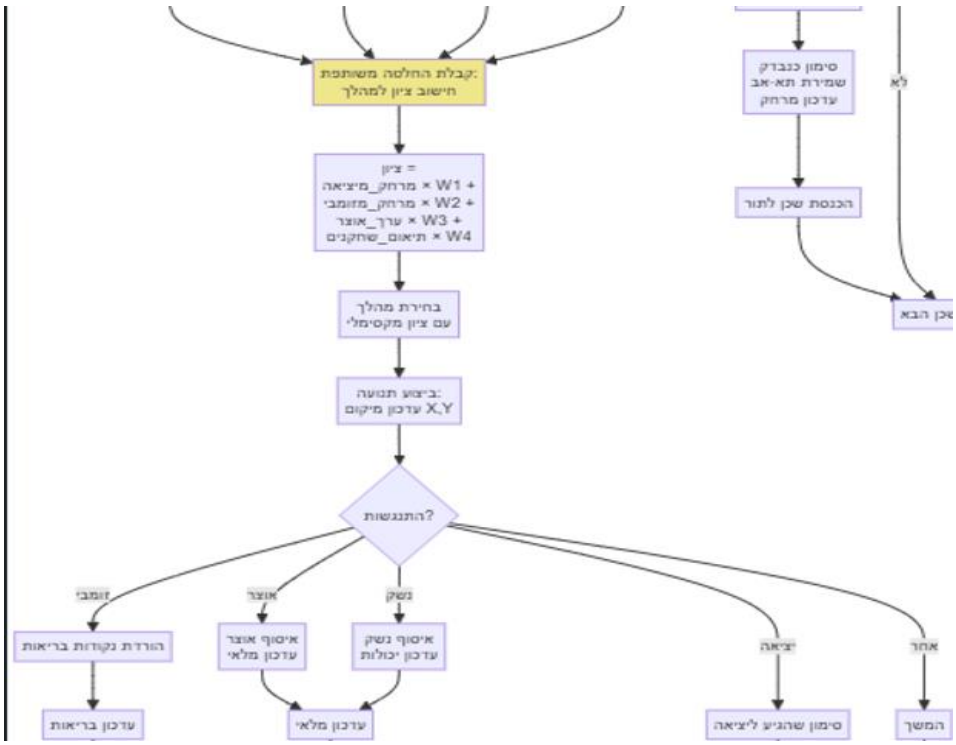
הבעיה המרכזית בפרויקט זה, היא תכנון מסלולים והכרעת מצבים בתוך סביבה עירונית דו ממדית שבה פועלים מספר סוכנים כקבוצה כדי לנסות להימלט ולשרוד מהעיר. לכל השחקנים יש יעד סוף משותף -> יציאה בטוחה מהעיר המסוכנת ולא להיתפס על ידי הזומבים, אך, במהלך המשחק, כל שחקן נדרש להתמודד עם מצבים משתנים ושיקולים שונים, הן אישיים והן קבוצתיים. בכל מחזור פעולה, על כל שחקן לזהות את מצבו הנוכחי בסביבה ולבצע מבין האפשרויות שלו את האופציה שהכי עוזרת למשחק לפי המצב הנוכחי(תנועה לעבר היציאה של העיר, איסוף אוצרות/משאבים, סיוע לשחקן שנמצא בצרה מהקבוצה או לברוח מאיום מתקרב של זומבי.

הכרעת המצבים במשחק, היא נמצאת בתנאי של אי וודאות מאחר והסביבה של המשחק/העיר עלול להשתנות בכל מחזור פעולה במהלך המשחק -> מיקומי הזומבים נעים במרחב, משאבים נאספים ונעלמים, ומצבם של שחקנים אחרים עשוי להשתנות בכל מחזור משחק שלהם. במצבים רבים, ישנה התנגשות כלשהי בין מטרות שונות של הסוכנים בקבוצה, למשל בין אם לברוח ולנסות לשרוד בעצמך ושהזומבי לא יתקוף אותך, לבין, קידום טובת הקבוצה. האלגוריתם נדרש לקבל החלטה מיידית לפי המצב הנוכחי של המשחק ולכן, אין פתרון חד משמעותי וברור לבעיה זו.

מורכבות הבעיה נובעת מכך שכל שחקן פועל על בסיס מידע חלקי בלבד, המתקבל הן מתפיסת הסביבה המקומית שלו והן ממידע המועבר מסוכנים אחרים בקבוצה שלו. ההחלטה הסופית של שחקן אחד עשויה להשפיע על יתר חברי הקבוצה, למשל על ידי חסימת מסלול, משיכת איומים לאזור מסוים או ניצול משאב חיוני. לכן, הכרעת המצבים אינה יכולה להתבסס על אופטימיזציה אינדיבידואלית בלבד, אלא מחייבת שילוב בין שיקולים מקומיים לראייה קבוצתית רחבה.

הבעיה האלגוריתמית משלבת מספר אתגרים מרכזיים: זיהוי מצב הסוכן מתוך סביבה משתנה, הכרעה בין מצבי פעולה מתחרים, מציאת מסלולים חוקיים במרחב עירוני דו ממדי תוך התחשבות במכשולים, ותיאום בין מספר הסוכנים בקבוצה הפועלים במקביל. כל התהליכים הללו נדרשים להתבצע בזמן ריצה יעיל ככל האפשר, תחת אילוצי זמן וזיכרון ובאופן שמאפשר שמירה על זרימת המשחק והתקדמות הקבוצה לעבר היעד המשותף.

תרשים זרימה של האלגוריתם



התרשים מציג דוגמה אפשרית למבנה הזרימה הכללי של המשחק ולתהליך קבלת ההחלטות של הסוכנים במהלך הסימולציה. מטרתו היא להמחיש כיצד סוכן עובר בין שלבים של זיהוי מצב, קבלת החלטה וביצוע פעולה בתוך לולאת המשחק. השלבים המופיעים בתרשים מייצגים דרך אפשרית לארגון התהליך, אך אינם קובעים באיזה אלגוריתם או מימוש ייעשה שימוש בפועל.

תהליכים עיקריים בפרויקט

הפרויקט בנוי כסימולציה דינמית הפועלת במחזורים חוזרים, כאשר בכל מחזור מתבצעים מספר תהליכים מרכזיים המאפשרים את התנהלות המשחק ואת קבלת ההחלטות של הסוכנים. תהליכים אלו פועלים ברצף לוגי קבוע ומבטיחים תגובה בזמן אמת לשינויים בסביבה העירונית ולמצב הקבוצה.

התהליך הראשון בפרויקט הוא **אתחול הסביבה והשחקנים**. בשלב זה נטענת מפת העיר כמרחב עירוני דו ממדי דיסקרטי שכוללת רחובות, אזורים חסומים כגון בניינים וחומות, המיקום של היציאה מהעיר והמשאבים של המשחק -> אוצרות ונשקים כדי להילחם בזומבים. במקביל, מאותחלים כל השחקנים והזומבים עם מיקומים התחלתיים רנדומליים בעיר שלכל דחק משתייך גם באופן רנדומלי תפקיד מסוים והמצב הבריאותי שלו(במקרה הראשוני כולם חיים).

לאחר האתחול, המערכת נכנסת ללולאת פעולה מרכזית, שבה מתרחש **תהליך התפיסה**. בכל מחזור, כל שחקן סורק את סביבתו הקרובה ומעדכן מידע מקומי כגון תאים, איומים סמוכים, פריטים זמינים ומצבו האישי. מידע זה מהווה את בסיס קבלת ההחלטות של הסוכן ואינו כולל את כלל מצב המפה.

בשלב הבא מתבצע **שיתוף מידע ותקשורת קבוצתית**. כל שחקן משדר לשאר חברי הקבוצה הודעות רלוונטיות המייצגות את המצב הנוכחי בסביבה הקרובה אליו כרגע. ההודעות כוללות אירועים חשובים כמו גילוי יציאה מהעיר, הופעת זומבים קרובים, מציאת נשק או שחקן פצוע. תהליך זה מאפשר לכל סוכן להחזיק תמונת מצב קבוצתית חלקית ועדכנית.

לאחר שכל שחקן שיתף מידע לקבוצה, מתרחש תהליך **קבלת ההחלטות**, כאשר הוא מבוסס על עקרון בעיית המחסן החכם. בדומה לרובוטים הפועלים במחסן חכם, כל סוכן משלב בין המידע שקיבל מהסוכנים האחרים וממה שהוא הפיץ, ומכריע כיצד לפעול במרחב משותף ודינמי. ההחלטות כוללות בחירה בין פעולות האפשרויות האלו: התקדמות לעבר יעד, איסוף משאבים, סיוע לחבר קבוצה או הימנעות מאזורים מסוכנים תוך ניסיון צמצום בין התנגשויות עם סוכנים אחרים ולשפר את התיאום הקבוצתי ועוד.

לאחר קביעת המצב והמטרה, מתבצע **תהליך תכנון מסלול**. השחקן מפעיל אלגוריתם חיפוש (BFS) על המטריצה העירונית לצורך מציאת מסלול חוקי ויעיל ליעד הנבחר, תוך הימנעות מאזורים מסוכנים והתחשבות במכשולים דינמיים. תהליך זה מתבצע בצורה יעילה על מנת לא לפגוע בביצועי המערכת.

בהמשך מתבצע **שלב הביצוע ועדכון הסביבה**, שבו כל השחקנים והזומבים מבצעים את הפעולות שנבחרו: תנועה, איסוף פריטים, תקיפה או סיוע. לאחר הביצוע מתעדכנת המפה, משתנים מיקומים(זומבים למשל), שומרים פריטים שנאספו ובודקים מצבי פגיעה או הפסד.

לבסוף מתבצע **תהליך בדיקת תנאי סיום**. המערכת בודקת האם התקיימו תנאי ניצחון (הגעה בטוחה ליציאה של כל חברי הקבוצה) או תנאי הפסד (פגיעה באחד השחקנים). במידה ולא, מתחיל מחזור פעולה חדש.

שילוב תהליכים אלו יוצר מערכת רציפה, מבוזרת ודינמית, שבה כל רכיב פועל באופן עצמאי אך מתואם עם שאר הרכיבים, ומאפשר מימוש יעיל של אלגוריתמים, מבני נתונים והכרעת מצבים בסביבה משתנה בזמן אמת.

שפות תכנות וסביבת עבודה

פיתוח הפרויקט מתבצע בשפת התכנות C#. בחרתי לעבוד בשפה זו מאחר והיא שפה אשר מאפשרת מימוש ברור של מחלקות, אובייקטים, הורשה ופולימורפיזם(תכונות שאעבוד איתן בפרויקט) שבהן קיימות ישויות רבות כגון שחקני AI, זומבים, מפה דינמית ומערכות לוגיות עצמאיות. כמו כן, סביבת הפיתוח שבה אעבוד היא Visual Studio. בחרתי לעבוד בסביבת העבודה הזו מכיוון שהיא מספקת כלים מתקדמים ותעזור לפיתוח הפרויקט, מנהלת פרויקטים ובודקת ביצועים. מבחינת נוחות, הסביבה מאפשרת לעבוד עם קבצים ומחלקות נפרדות לכל רכיב במערכת, קריאות קוד והרחבה עתידית של הפרויקט. בנוסף, Visual Studio כוללת כלי הנקרא Debug אשר מאפשר לי לראות את התקדמותי בכתיבת הקוד בפרויקט.

לוחות זמנים

שלב	תאריך
הגשת הצעת פרויקט	24.12.2025
שלב המחקר	10.01.2026
תכנון ארכיטקטורה	25.01.2026
תכנון מבני נתונים ואלגוריתמים	5.02.2026
מימוש בסיסי של הסביבה(המטריצה)	15.02.2026
מימוש סוכנים אוטונומיים(FSM)	30.02.2026
מימוש תקשורת מבוזרת(מידע בין שחקנים)	10.03.2026
מימוש אלגוריתם תכנון מסלול(BFS ותכנון תנועה דינמית)	25.03.2026
בדיקות ותיקון תקלות	05.04.2026
שיפורים והרחבות	15.04.2026
התחלת כתיבת ספר פרויקט	30.04.2026
הגשת ספר פרויקט	05.05.2026
הגשה סופית	25.05.2026

ביבליוגרפיה

1. אלגוריתמיקה ומבני נתונים:

- Algorithms (Sedgewick & Wayne) – אתר המלווה את הספר עם הסברים מעמיקים על חיפוש לרוחב(BFS). לינק: https://www.geeksforgeeks.org/dsa/breadth-first-search-or-bfs-for-a-graph/
נכתב על ידי רוברט סדג'וויק וקווין ויין כאשר ספר יצא בשנת 2011.
- GeeksforGeeks - Breadth First Search – מדריך מעשי למימוש BFS בגרפים ומטריצות.
לינק: https://www.geeksforgeeks.org/dsa/breadth-first-search-or-bfs-for-a-graph/
נכתב על ידי Sandeep Jain בשנת 2023.

2. בינה מלאכותית וניהול מצבים(FSM):

- Game Programing Patterns – State – הסבר מעמיק על דפוס התכנון של מכונת מצבים (FSM) במשחקים. לינק: https://gameprogrammingpatterns.com/state.html
נכתב על ידי רוברט ניסטרום אשר יצא בשנת 2014.

3. שפות תכנות וסביבת עבודה(Visual Studio& #c):

- Microsoft Learn – C# Documentation – התיעוד הרשמי והמעודכן ביותר לשפת #c.
לינק : https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp /
נכתב על ידי צוות הפיתוח של Microsoft כאשר נשתמש בגרסה של 2023.
- Visual Studio Documentation – מדריך לשימוש בכלים המתקדמים של סביבת הפיתוח ו ה – Debugger.
לינק:https://learn.microsoft.com/en-us/visualstudio/ide/?view=visualstudio
נכתב על ידי Microsoft ונשתמש בגרסה של שנת 2022.

חתימות:

חתימת הסטודנט: _____.

חתימת מנחה: _____

חתימת רכזת המגמה(יונה סעדיה):

אישור משרד החינוך_____.