הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

הפקולטה להנדסת חשמל ע"ש אנדרו וארנה ויטרבי

המעבדה לבקרה, לרובוטיקה וללמידה חישובית

**ספר פרויקט**

**אלגוריתם DQN**

**לבקרת רמזורים**

מבצעים:

נוואף סלמאן Nawaf Salman

נאהל עוידאת Nahel Awidat

מנחה:

דר.איל טייטלר Dr. Ayal Taitler

סמסטר רישום: חורף תשפ"ג

תאריך הגשה:

**תקציר**

ניהול יעיל של תנועה בצמתים עירוניים הוא מרכיב קריטי ביוזמות עיר חכמה מודרניות. פרויקט זה מתמקד באופטימיזציה של מדיניות הרמזורים בצומת יחידה לשיפור זרימת התנועה והפחתת עומסים.  
באמצעות סביבת הסימולציה SUMO (Simulation of Urban MObility) ושפת התכנות Python, יישמנו אלגוריתם DQN כדי ללמוד ולפתח מדיניות בקרה אופטימלית לרמזורים. באמצעות מודול TRACI (Traffic Control Interface), סוכן ה-DQN מתקשר עם סימולציית ה-SUMO, אוסף נתוני תנועה בזמן אמת ומתאים את תזמוני הרמזורים באופן דינמי.  
 המטרה המרכזית היא למזער את זמני ההמתנה הממוצעים ואת אורכי התורים של כלי הרכב בצומת.  
תוצאותינו מציגות שיפורים משמעותיים ביעילות התנועה, ומדגימות את הפוטנציאל של טכניקות למידת חיזוק בניהול מערכות תנועה. פרויקט זה סולל את הדרך לפתרונות נרחבים בבקרת תנועה חכמה, ותורם לרשתות תחבורה עירוניות יציבות יותר.

**Abstract**

Efficient traffic management at urban intersections is a critical component of modern smart city initiatives. This project focuses on optimizing traffic light policies at a single junction to enhance traffic flow and reduce congestion.   
Utilizing the SUMO (Simulation of Urban MObility) simulation environment and Python, we implemented a Deep Q-Network (DQN) algorithm to learn and develop an optimal traffic signal control policy.   
Through the TRACI (Traffic Control Interface) module, the DQN agent interacts with the SUMO simulation, gathering real-time traffic data and adjusting signal timings dynamically. The core objective is to minimize average waiting times and vehicle queue lengths at the intersection.   
Our results demonstrate significant improvements in traffic efficiency, showcasing the potential of reinforcement learning techniques in traffic management systems. This project paves the way for scalable solutions in smart traffic control, contributing to smoother and more sustainable urban transportation networks.

**מבוא**

ניהול תנועה יעיל בצמתים עירוניים מהווה אתגר מרכזי בערים המודרניות. עם העלייה המתמדת במספר כלי הרכב בכבישים, בעיות כמו עומסי תנועה, זמני המתנה ארוכים ופליטת מזהמים הולכות ומחריפות. בעיות אלו פוגעות באיכות החיים של התושבים, מגבירות את זיהום האוויר ומובילות לבזבוז זמן ואנרגיה. התמודדות עם האתגרים הללו והפחתת עומסי התנועה הפכה למשימה דחופה במסגרת יוזמות עיר חכמה ושיפור תחבורה בת קיימא.

הבעיה המרכזית בפרויקט זה היא ניהול ואופטימיזציה של רמזורים בצומת יחיד כדי לשפר את זרימת התנועה ולהפחית את זמני ההמתנה של כלי הרכב. צמתים אלו מהווים נקודות חנק בתשתיות התחבורה, ובקרה יעילה של רמזורים יכולה להביא לשיפור משמעותי בזרימת התנועה העירונית.

פתרונות קיימים לניהול רמזורים כוללים מערכות בקרת תנועה קבועות, אשר מבוססות על מחזורים ותזמונים מוגדרים מראש. מערכות אלו אינן גמישות ואינן מסוגלות להתאים את עצמן בזמן אמת לתנאי התנועה המשתנים, דבר שמוביל ליעילות נמוכה ולבעיות עומס. בנוסף, קיימות מערכות חכמות יותר המשתמשות בחיישנים ובאלגוריתמים פשוטים כדי להתאים את תזמוני הרמזורים, אך גם אלו לעיתים קרובות אינן מצליחות להתמודד בצורה מיטבית עם השינויים הדינמיים בתנועה.

**הגדרת בעיה**

לפתח מדיניות בקרה אופטימלית לרמזורים בצומת יחיד, שתוכל להתאים את תזמוני הרמזורים בזמן אמת ולשפר את זרימת התנועה. לשם כך, השתמשנו באלגוריתם DQN ובסימולציית SUMO כדי לבנות מדיניות חכמה לבקרת רמזורים.

מטרת הרשת היא לקבל מידע עדכני על מצב התנועה באופן דינמי, ולחזות את הפאזה האופטימלית של הצומת מסט פאזות מוגדר מראש.

**פתרונות אפשריים, והפתרון הנבחר**

בפרויקט בחנו כמה פתרונות לבקרת רמזורים: A2C ,אלגורתם Max Pressure, ופתרון מבוסס למידה מחיזוקים DQN.

אלגוריתם Max Pressure הוא אלגוריתם קלאסי יותר לבקרת רמזורים והוא מתבסס על הפחתת הלחץ בצמתים. הלחץ על כל קשת בכביש מחושב על פי ההפרש בין מספר המכוניות הממתינות בכיוון הנכנס לבין מספר המכוניות הממתינות בכיוון היוצא.  
הסוכן בוחר את הפאזה שתפחית את הלחץ בצומת באופן המקסימלי.  
זה אלגוריתם פשוט ליישום, דורש עיבוד קטן יחסית. אבל החסרון שלו שהוא לא גמיש לתנאי תנועה משתנים, ופחות יעיל כאשר יש שינויים מהירים בתנועה, וכדי להיות יעיל דורש תנאי תנועה יציבים ורמת עומס נמוכה.

A2C: (להוסיף הסבר על האלגוריתם : יש עוד רכיב נוסף שנקרא ACTOR ... ולמה לא השתמשנו בו: מסובך יותר ולא נותן תוצאות (יותר?) טובות (למה?))