EE422/CS421Introduction to Robotics

Spring 2025

**Multi-Robot Collaboration Using Deep Learning**

Group Members

Fadime Yaren Durmuş 200201003

Berke Alp Ertuğrul 210201106

Multi robot sistemler kullanılarak kompleks görevler tek bir robotun yapabileceğinden çok daha kolay ve koordineli şekilde yapılabilir. Tek bir robotun yapamayacağı işler birden fazla robotun iş birliğiyle hem daha geniş alanlarda yapılabilir hem de robotlar kendi yetkinliklerine göre farklı iş bölümleri yaparak verimli sonuçlar elde edebilirler.

Robotlar derin öğrenme sistemleri ile entegre edilerek deneyimden öğrenme, dinamik olarak çevreye adapte olabilme, çeşitli haberleşme yöntemleri ile kolektif bir bilinç ya da ortak strateji ile hareket edebilme yeteneklerini geliştirebilirler.

Robotların birlikte hareket edebilme özellikleri aslında insan ve hayvanların davranışlarından esinleniliyor. Özellikle swarm intelligence konusu robotların adaptivity, evolutionary algorithms, flexibility, scalabilitiy, self-organisation gibi başlıca bazı özelliklerini geliştirmek açısından önemli bir araştırma konusu. Kuşların, balıkların, karıncaların sürü hareketleri örnek alınabilen örneklerden bazılarıdır. Ayırca insanların grup davranışları, bireysel ve sosyal etkileşimleri de konuyu geliştirme açısından göz önünde bulundurulabilir.

Single Robot Systems de Multi Robot Systems de aslında öğrenme yöntemlerini kullanıyor olabilir. Hatta haberleşme yöntemleri multi robot sistemlerde olduğu gibi single robot sistemlerin kendi parçaları içerisinde de kullanılır. Buradaki fark, Multi robot sistemleri daha geniş alanda ve farklı alanlarda özgün yetenekleri olan robotların işbirliğinde etkiliyken ayrıca birbirleriyle olan iletişimin şekli ve miktarı da önemli bir konu.

Robotlar bilgi alışverişini tümüyle de gerçekleştirebilir örneğin işbirliği yapan her robot her bir robotun edindiği bilgiye erişiyor olabilir ancak bu bir anlamda verimsiz olabilir. Robotlar aynı zamanda kısmi bilgi paylaşımı da yapıyor olabilirler. Her şeyi her robot bilmese bile iletilecek gerekli bilgilerin her robotun kendi içinde belirlemesi ve iletişimde olarak işbirliği yapması söz konusu olur. Diğer ilginç bir konu ise robotların birbiri ile iletişimlerinin kesildiği herhangi bir aksaklık ya da ekstrem durumda işlerine nasıl devam edecekleri de çözülmesi gereken bir problem olabilir. Bu noktada robotların ortak fayda için çalışmasına yönlendirecek ön yönlendirmeler önemli olabilir ya da ortak stratejilerine iletişimleri kesilse bile devam edebilmeleri sağlanabilir. Aslında birden fazla robotun birlikte çalışması konusu single robot systemlerden farklı olarak çeşitli yeni konularda araştırmalar yapmamızı ve yöntemler bulmamızı gerekli kılıyor.

Robotların görev paylaşımı, planlama ve organize olma konularında neler yapabileceği, hangi algoritmaları kullanabileceği konusu da temellerden biri. Rota planlaması, görevi tamamlamak için en iyi yolu belirleme konuları ele alınmalı, hungarian algorithm, branch-and-price gibi çeşitli algoritmaların nasıl işlediği de incelenmelidir.

Konumuzun temel parçalarından biri de multi robot sistemlerde karşılaşılan problemler ve bunlara çözüm arayışlarıdır. Optimizasyon problemleri de başlıca konulardan biridir ve bu nedenle dağıtık optimizasyon tekniklerini incelemek de çözümlerin nasıl olabildiğini anlamamız açısından işimize yarayabilir. Alt başlıkları olan constraint-coupled ve aggregative optimization gibi kavramlar üzerinden çoklu robot sistemlerinde dağıtık karar alma süreçleri inceleniyor. Robotlar ortak ortamlarda çalıştığı için bazı kısıtlamaları göz önünde bulundururak çalışmalarını gerçekleştirmeliler örneğin aynı ortamda çalışırken birbirleriyle çarpışmadan çalışabilmeliler. primal/dual decomposition, ADMM (Alternating Direction Method of Multipliers) gibi yöntemler bu konuda öne çıkan yöntemlerden. Aggregative optimization konusu ise robotların bireysel karar almalarının yanı sıra robotların eylemlerinin toplam sonucunun en verimli olacak şekilde ayarlanmasını sağlamaya çalışır. Oyun teorisi, büyük veri optimizasyonu gibi alanlar bu konu ile bağlantılıdır. Kısacası nihai amaç her robotun kendi başına ama koordineli şekilde hareket etmesidir.

Robotların birbiri arasında görev paylaşımı ve iletişiminin yanında robotların insanlarla işbirliği yapabilmesi, şeffaflık ve güven konuları da incelenmeli. Zaten robot fikrinin ortaya çıktığı dönemlerden beri en temelde insanların güvenliği hakkında endişe duyulmuş ve üç robot yasasından bahsedilmiş. 1.Bir Robot, bir insana zarar veremez, ya da zarar görmesine seyirci kalamaz. 2.Bir robot, birinci yasayla çelişmediği sürece bir insanın emirlerine uymak zorundadır. 3.Bir robot, birinci ve ikinci yasayla çelişmediği sürece kendi varlığını korumakla yükümlüdür. Ancak gerçekten bu kurallar insanların güvenliğini sağlamak için yeterli mi? Robotların açıkları varsa bir insanı korumak için diğer insana saldırması söz konusu olursa bu yasaları çiğnemiş olmazlar mı?

Weekly Schedule

|  |  |
| --- | --- |
| W7 Topic | Introduction to Multi Robot Collaboration and Learning |
| Sub Topic 1 | Intro to MRS learning and difference between MRS and SRS |
| Sub Topic 2 | Problems and Applications |

W8 Midterm Week

|  |  |
| --- | --- |
| W9 Topic | Learning-Based Coordination in Multi-Robot Systems |
| Sub Topic 1 | Multi-Agent Reinforcement Learning (MARL) |
| Sub Topic 2 | Imitation and Self-Supervised Learning in MRS |

|  |  |
| --- | --- |
| W10 Topic | Swarm Intelligence and Formation Control |
| Sub Topic 1 | Swarm Optimization Techniques |
| Sub Topic 2 | Formation Control Strategies |

|  |  |
| --- | --- |
| W11 Topic | Distributed Optimization for Multi-Robot Systems |
| Sub Topic 1 | Constraint-Coupled Optimization |
| Sub Topic 2 | Aggregative and Online Optimization |

|  |  |
| --- | --- |
| W12 Topic | Learning-Based Task Allocation and Planning |
| Sub Topic 1 | Distributed Task Allocation Methods |
| Sub Topic 2 | Learning-Driven Trajectory and Path Planning |

W13 Holiday (Thursday)

|  |  |
| --- | --- |
| W14 Topic | Cooperative Coverage and Persistent Monitoring |
| Sub Topic 1 | Area Coverage Optimization |
| Sub Topic 2 | Persistent Surveillance and Patrolling |

|  |  |
| --- | --- |
| W15 Topic | Trustworthy and Explainable AI in MRS |
| Sub Topic 1 | Safety and Robustness in AI-Driven Collaboration |
| Sub Topic 2 | Explainability in Robot Decision Making |

W16 Final Week