

Bilgisayar Oyunlarında Yapay Zekâ Proje Ara Rapor ve Demo

Metehan SÖZENLİ 25435004037

Proje Başlığı: 2D Hayatta Kalma Oyununda Öğrenen ve Uyum Sağlayan Düşman Yapay Zekâsı

1. Projenin Genel Çerçeveesi

Unity üzerinde geliştirilen 2D top-down hayatı kalma oyununda, oyuncu davranışlarını algılayarak duruma uyum sağlayabilen bir düşman yapay zekâsı oluşturmayı amaçlamaktadır. Sistem; A* tabanlı mekânsal hareket planlama, perceptron aracılığıyla çevresel girdilerin algısal olarak yorumlanması ve Q-Learning yöntemiyle yüksek seviyeli davranışların öğrenilmesi olmak üzere üç temel yapay zekâ bileşeninin bütünlük biçimde kullanılmasına dayanmaktadır. Bu yaklaşım, yalnızca oyuncuyu takip eden basit bir düşman yerine, oyun süreci ilerledikçe karar verme biçimini geliştiren ve çevresel koşullara uyum sağlayan bir yapay ajan tasaranmasını mümkün kılmaktadır.

2. Şu Ana Kadar Tamamlanan Yapay Zekâ Bileşenleri

2.1 Pathfinding (A*)

Grid tabanlı pathfinding sistemi tam olarak çalışmaktadır. Düşman; duvar, kapı ve engelleri dikkate alarak çeşitli davranışlara göre uygun rotayı üretmektedir.

2.2 Algısal Yorumlama (Perceptron)

Perceptron, oyundaki farklı sensörlerden gelen verileri tek bir “tehdit skoruna” dönüştüren ara katman olarak görev yapmaktadır. Kullanılan sensör girdileri:

- Görüş hattı (LoS)
- Oyuncu mesafesi
- İşık seviyesi
- İşı haritası yoğunluğu
- Gürültü bilgisi

Bu veriler normalize edilerek perceptron tarafından işlenmekte ve RL tarafında kullanılmak üzere tehdit bucket'larına dönüştürülmektedir. Tehdit çıktısı şu anda anlık olarak üretilmektedir.

2.3 Pekiştirmeli Öğrenme (Q-Learning)

Projede kullanılan pekiştirmeli öğrenme yapısı, düşmanın yüksek seviyeli davranış kararlarını belirleyen temel bileşendir. Q-Learning tabanlı bu sistem, oyun ortamından elde edilen durum bilgilerini işleyerek her bir durumda hangi aksiyonun daha uygun olduğunu öğrenmeye çalışmaktadır. RL durum uzayı aşağıdaki özniteliklerden oluşmaktadır:

- Düşmanın bulunduğu sektör
- Oyuncunun en son görüldüğü veya duyulduğu bölge
- Son temasın üzerinden geçen süre
- Perceptron tarafından hesaplanan tehdit seviyesi
- Isı haritası yoğunluğu
- Oyuncu davranış profili

Bu yapısal temsil, düşmanın yalnızca mevcut durumu değil, oyuncunun davranış eğilimlerini de dikkate almasını sağlamaktadır. Sistem tarafından değerlendirilen aksiyon seti ise aşağıdaki yüksek seviyeli davranışları içermektedir:

- Devriye atma
- Arama yapma
- Hedefe yönelme
- Son görülen konuma hareket etme
- Pusu kurma

Bu aksiyonlar, düşmanın farklı tehdit seviyelerine veya algısal ipuçlarına göre nasıl tepki vereceğini belirleyen temel karar seçenekleridir.

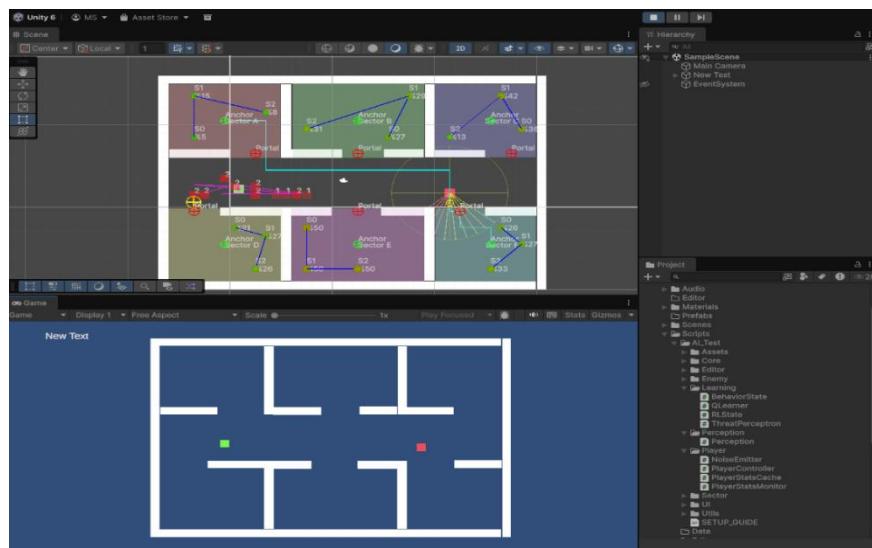
Mevcut uygulamada Q-tablosu güncellenmekte, epsilon-greedy keşif stratejisi işletilmekte ve ödül-ceza mekanizması işlevsel biçimde çalışmaktadır. Ancak bu aşamada öğrenme davranışının henüz hedeflenen düzeyde belirgin değildir. Öğrenmenin daha tutarlı bir eğri göstermesi için aşağıdaki iyileştirme alanları öne çıkmaktadır:

- Tehdit skorunun aksiyon seçimlerine etkisinin güçlendirilmesi
- Ödül ve ceza değerlerinin yeniden dengelenmesi
- Isı haritası gibi çevresel sinyallerin RL kararlarını aşırı yönlendirmesinin önlenmesi

Bu düzenlemelerin tamamlanmasıyla birlikte, düşman yapay zekâsının karar verme sürecinin daha kararlı, bağlama duyarlı ve oyun ilerleyişine uyum sağlayan bir yapıya kavuşması beklenmektedir.

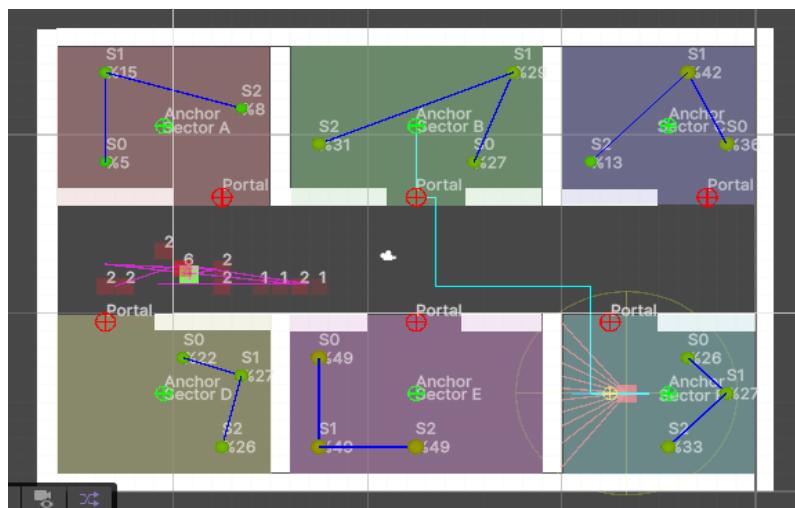
3. Demo Ortamı

Bahsedilen yapay zekâ bileşenlerinin her biri, Unity içerisinde oluşturulan özel bir test sahnesi üzerinde doğrulanmıştır. Bu sahnede grid tabanlı A* pathfinding rotaları, perceptronun ürettiği tehdit skorları, görüş konisi görselleştirmesi, ısı haritasındaki yoğunluk değişimleri ve RL tabanlı davranış geçişleri anlık olarak gözlemlenmiştir. Düşmanın oyuncuyu takip ederken rotayı doğru güncellediği, sensör verilerinin gerçek zamanlı işlendiği ve RL tarafının aldığı aksiyonların sahne içinde net biçimde görülebildiği bir test ortamı sağlanmıştır. Şekil 1' de bu test ortamının çalıştırıldığı Unity ekranı gösterilmiştir.



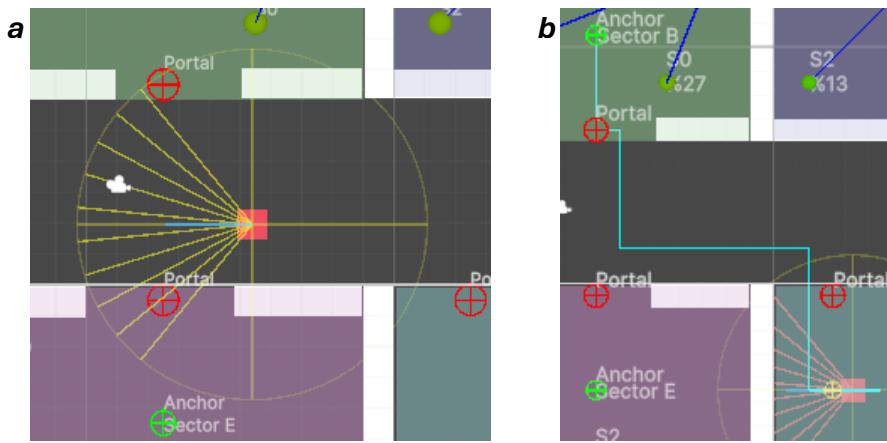
Şekil 1: Unity demo ortamı.

Şekil 2'de, düşman stratejilerini etkileyen sektörlerin (oda, koridor vb.) alansal görselleştirilmesi ile bu alanlara ait arama noktaları gösterilmektedir. Ayrıca düşmanın A* algoritmasıyla hesapladığı rota (turkuaz çizgi), oyuncunun geçtiği noktalarda oluşan ısı değerleri ve oyuncu hareketinin yol izleri de görselleştirilerek oyunun temel mekanikleri bütüncül bir şekilde sunulmaktadır.



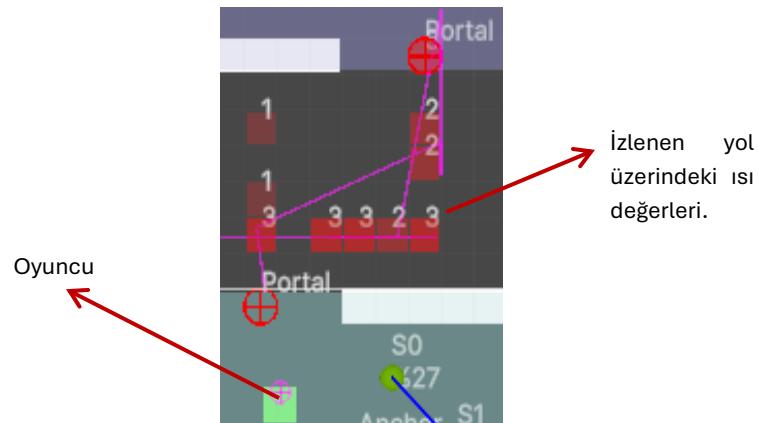
Şekil 2: Yapay zeka tekniklerini uygulamak için oluşturulmuş demo sahnesi.

Düşmanın çevresindeki nesneleri algılamak için kullanılan görüş konisi Şekil 3(a)'da gösterilmiştir. Buna ek olarak, düşmanın çevrede ilerlerken A* algoritması tarafından belirlenen rota çizgisi Şekil 3(b)'de sunulmaktadır.



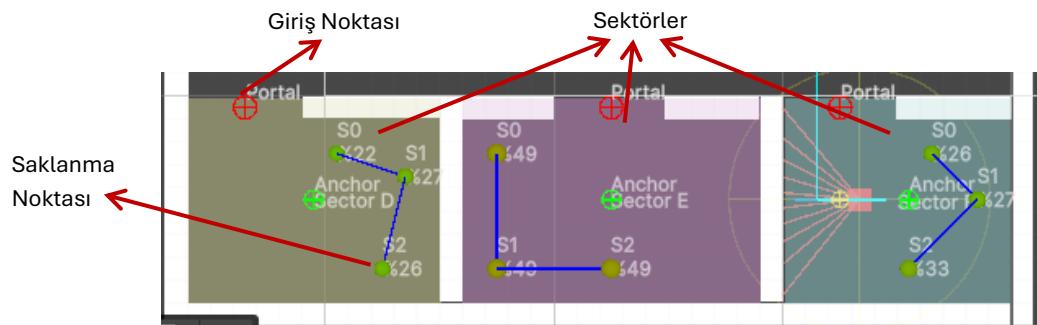
Şekil 3: (a) Düşman görüş konisi, (b) A* ile oluşturulmuş rota çizgisi.

Oyuncu tarafından oluşan ısı değerleri ve izlediği yol Şekil 4' teki gibi görselleştirilmiştir.



Şekil 4: Harita üzerinde oluşan oyuncu ısı değerleri.

Şekil 5'te sektör bazında alanları belirlenmiş odalar ve odalarda bulunan saklanma noktaları gösterilmiştir.



Şekil 5: Oda ve koridor gibi bölgeların sektör bazlı belirlenmesi ve saklanma (arama) noktalarının görselleştirilmesi.

Son olarak, Şekil 6(a,b,c)'de düşmanın çeşitli davranışlarının log görüntüleri verilmiştir.

The screenshot shows three entries from the Unity Engine Debug Log:

- a [19:16:46] [EnemyBrain] **Behavior: Chase** (timeSinceContact=0,0s, ε=0,28)
UnityEngine.Debug:Log (object)
- b [19:16:39] [EnemyBrain] **Behavior: Patrol** (timeSinceContact=1003,9s, ε=0,29)
UnityEngine.Debug:Log (object)
- c [19:19:08] [EnemyBrain] **Behavior: Chase** (timeSinceContact=1,9s, ε=0,28)
UnityEngine.Debug:Log (object)
[19:19:08] [ActionPlanner] **Executing action: GoToLastHeard (sector=D)**
UnityEngine.Debug:Log (object)
[19:19:08] [EnemyBrain] **CHASE: Going to last heard at D**
UnityEngine.Debug:Log (object)

Şekil 6: (a,b) Farklı düşman davranışlarının logları. (c) Düşmanın en son ses duyulan noktaya gitmesi.

4. Genel Değerlendirme ve Gelecek Çalışmalar

Bu aşamada projenin temel yapay zekâ bileşenleri; A* tabanlı pathfinding, sensörlerden gelen çevresel verilerin perceptron ile algısal olarak işlenmesi ve bu bilginin RL durum uzayına aktarılması genel hatlarıyla işlevsel durumdadır. Düşman, oyuncunun konumuna ve çevresel ipuçlarına tepki verebilmekte, algısal girdiler tehdit skoruna dönüştürülerek davranış karar mekanizmasına iletilebilmektedir.

Bununla birlikte Q-Learning tabanlı pekiştirmeli öğrenme bileşeni henüz istenen davranış kalitesine tam olarak ulaşmamıştır. Ajanın kararları çalışır durumda olsa da düşman davranışlarında belirgin bir “akıllanma” hissinin olduğu aşamaya henüz gelinmemiştir. Bunun temel nedenleri arasında tehdit skorunun aksiyon seçimlerine beklenen düzeyde yansımaması, ödül-ceza dengesinin bazı durumlarda davranışsal gürültü yaratması ve ısı haritası gibi çevresel sinyallerin RL karar uzayını zaman zaman aşırı yönlendirmesi bulunmaktadır.

Bu bağlamda öncelikli hedef, perceptron–RL etkileşiminin güçlendirilmesi olacaktır. Tehdit seviyelerinin davranış seçimlerini daha belirgin biçimde etkilemesi; düşük tehditte devriye ve arama davranışlarının baskınlaşması, yüksek tehditte ise daha agresif aksiyonların seçilmesi sağlanacaktır. Aynı zamanda ısı haritası sinyalinin RL tarafından aşırı ağırlıklandırılmaması için normalize edilmiş katkı yapısı güncellenecektir.

Öte yandan yaklaşma, doğru sektöre ilerleme, oyuncu sinyallerinin doğru yorumlanması gibi davranışlara verilen ödüllerin daha tutarlı hâle getirilmesi; oyuncuyu kaybetme, yanlış sektöre ilerleme veya aşırı aksiyon değişikliği gibi durumların cezalandırılmasının daha dengeli şekilde yapılması hedeflenmektedir. Bu iyileştirmeler ile RL katmanın daha stabil bir öğrenme süreci göstermesi, düşman davranışlarının oyun boyunca daha belirgin biçimde gelişmesi beklenmektedir.

Genel olarak mevcut ilerleme, projenin temel gereksinimlerini karşılar niteliktedir; ancak yapay zekâ davranışlarında “adaptif ve giderek daha akıllı düşman” hissini güçlendirmek için önmüzdeki aşamada RL odaklı iyileştirmelere yoğunlaşılacaktır. Bu çalışmalar sonrasında oyun mekaniğinin tamamlanması, görev yapılarının entegre edilmesi, oyununun harita ve asset tasarımlarının tamamlanması ve öğrenme sürecinin Unity arayüzünde görsel olarak sunulması planlanmaktadır.

Proje GitHub linki : <https://github.com/BLM5026-AI-in-Computer-Games/project2-metehansozenli>