

**T.C.**

**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ**

**Mühendislik Fakültesi**

**Bilgisayar Mühendisliği Bölümü**

**Lisans Bitirme Projesi I**

**MS. PACMAN OYUNU İÇİN AKILLI ALGORİTMALAR KULLANILARAK YAZILIM KONTROLÖRÜ GELİŞTİRİLMESİ**

Hasan GÜLBABA

1621221012

Enes Behlül YENİDÜNYA

1521221048

Bitirme Projesi Danışmanı: Prof. Dr. Ayşe Şima UYAR

İstanbul, Haziran 2020



**T.C.**

**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ**

**Mühendislik Fakültesi**

**Bilgisayar Mühendisliği Bölümü**

**Lisans Bitirme Projesi I**

**MS. PACMAN OYUNU İÇİN AKILLI ALGORİTMALAR KULLANILARAK YAZILIM KONTROLÖRÜ GELİŞTİRİLMESİ**

Hasan GÜLBABA

1621221012

Enes Behlül YENİDÜNYA

1521221048

Bitirme Projesi Danışmanı: Prof. Dr. Ayşe Şima UYAR

Jüri Üyeleri: İmza:

Prof. Dr. Ayşe Şima Uyar ...........................

Dr. Öğr. Üyesi Berna Kiraz ...........................

Öğr. Gör. Musa Aydın ...........................

İstanbul, Haziran 2020

# İÇİNDEKİLER

[İÇİNDEKİLER iii](#_Toc42043531)

[Şekil Listesi v](#_Toc42043532)

[Tablo Listesi vi](#_Toc42043533)

[1. GİRİŞ 2](#_Toc42043534)

[1.1 Konunun Tanımı 2](#_Toc42043535)

[1.2 Ms. Pac-man Oyunu 2](#_Toc42043536)

[1.2.1 Ms. Pac-Man Yarışması 4](#_Toc42043537)

[1.2.2 Kısmi Algılanabilirlik (Partial Observability) 4](#_Toc42043538)

[1.2.3 Ms. Pacman’in Harita Görüş Çeşitleri 4](#_Toc42043539)

[2. PROJE PLANI 6](#_Toc42043540)

[2.1 Projenin Amacı 6](#_Toc42043541)

[2.2 İş Paketleri 6](#_Toc42043542)

[2.3 Gantt Diagramı 7](#_Toc42043543)

[3. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI 8](#_Toc42043544)

[3.1 Monte Carlo Tree Search (MCTS) 8](#_Toc42043545)

[3.2 Ms. PacMan Gelişim Süreci ve Kullanılmış Algoritmalar 9](#_Toc42043546)

[3.3 Hayaletlerin Gelişim Süreci ve Kullanılmış Algoritmalar 11](#_Toc42043547)

[4. ÇÖZÜMLEME VE TASARIM 12](#_Toc42043548)

[4.1 Ms. Pac-Man Yarışması İçin Sağlanan Sınıflar 12](#_Toc42043549)

[4.1.1 Executor Sınıfı 12](#_Toc42043550)

[4.1.2 Game Sınıfı 12](#_Toc42043551)

[4.1.3 MyPacman Sınıfı 12](#_Toc42043552)

[4.1.4 Hayalet Sınıfları 12](#_Toc42043553)

[4.2 Hayaletler İçin Oyun İçi Mesajlaşma 13](#_Toc42043554)

[4.3 ÖNERİLEN YÖNTEM 14](#_Toc42043555)

[4.3.1 Ms. Pac-man İçin Kural Tabanlı Yaklaşım 14](#_Toc42043556)

[4.3.2 Hayaletler İçin Kural Tabanlı Yaklaşım 14](#_Toc42043557)

[4.4 Ms. Pac-Man İçin Tasarlanan Kontrolörde Kullanılmış Stratejilerin Akış Çizelgeleri 14](#_Toc42043558)

[4.4.1 Ms. Pac-Man Kontrolörünü İçin Tasarlanmış Genel Akış Çizelgesi 14](#_Toc42043559)

[4.4.2 Hayaletlerden Kaçmak İçin Tasarlanan Akış Çizelgesi 15](#_Toc42043560)

[4.4.3 Yenilebilir Hayaletler İle Tehlikeli Hayaletlerin Aynı Anda Görünür Olması Durumu İçin Tasarlanan Akış Çizelgesi 17](#_Toc42043561)

[4.4.4 Yenilebilir Hayaletlerin Olduğu Durumda Uygulanması İçin Tasarlanan Akış Çizelgesi 18](#_Toc42043562)

[4.5 Ms. Pac-Man İçin Oluşturulan Stratejilerde Karşılaşılan Zorluklar 19](#_Toc42043563)

[4.6 Hayaletler İçin Tasarlanan Kontrolörde Kullanılmış Stratejilerin Akış Çizelgeleri 19](#_Toc42043564)

[4.6.1 Hayalet Kontrolörü İçin Tasarlanan Genel Akış Çizelgesi 19](#_Toc42043565)

[4.6.2 Hayaletlerin Powerpillleri Koruma ve Second Guardian Stratejisi 20](#_Toc42043566)

[4.6.3 Hayaletlerin Powerpillleri Bittikten Sonraki Normalpillleri Koruma Stratejisi 21](#_Toc42043567)

[4.6.4 Hayaletlerin Ms.Pacman’i Görebildiği Durumlarda Kovalama ve Birbirleri İle Mesajlaşma Stratejisi 21](#_Toc42043568)

[4.6.5 Hayaletlerin Yenilebilir Olduğu Durumdayken Ms.Pacman’den Kaçma Stratejisi 22](#_Toc42043569)

[4.7 Ms. Pac-Man İçin Oluşturulan Stratejilerde Karşılaşılan Zorluklar 23](#_Toc42043570)

[5. GERÇEKLEME VE TEST 24](#_Toc42043571)

[5.1 Ms. Pac-man İçin Tasarlanan Kontrolör İçin Oluşturulan Stratejiler 24](#_Toc42043572)

[5.1.1 Hayaletlerden Kaçış Stratejisi 24](#_Toc42043573)

[5.1.2 Ms-Pac-Man’in Yenilebilir Durumdaki Hayaletleri Kovalaması 25](#_Toc42043574)

[5.1.3 Görünürde Pil Yoksa Daha Önce Gidilmemiş Bir Konuma Gitme Stratejisi 26](#_Toc42043575)

[5.2 Hayaletler İçin Tasarlanan Kontrolör İçin Oluşturulan Stratejiler 26](#_Toc42043576)

[5.2.1 Powerpilleri Koruma Stratejisi 26](#_Toc42043577)

[5.2.2 Hayaletlerin Ms.Pacman’i Kovalama Stratejisi 27](#_Toc42043578)

[5.2.3 Powerpillerin Korunmasında Second Guardian Stratejisi 28](#_Toc42043579)

[5.2.4 Ms.Pac-Man’den Kaçma Stratejisi 29](#_Toc42043580)

[5.2.5 Tüm Powerpilller Bittikten Sonra Normal Pillerin Koruma Stratejisi 30](#_Toc42043581)

[6. KAYNAKÇA 31](#_Toc42043582)

# Şekil Listesi

[Şekil 1 Ms. Pac-Man Oyunu 3](#_Toc42043505)

[Şekil 2 PO görüş limiti türleri 4](#_Toc42043506)

[Şekil 3 Gantt Diagramı 7](#_Toc42043507)

[Şekil 4 Monte Carlo Ağaç Araması Ağaç Yapısı 8](#_Toc42043508)

[Şekil 5 Monte Carlo Arama Ağacı Algoritması 9](#_Toc42043509)

[Şekil 6 Gelişmiş Sinir Ağları 10](#_Toc42043510)

[Şekil 7 Arama Ağacı Algoritması 10](#_Toc42043511)

[Şekil 8 Karınca kolonisi 10](#_Toc42043512)

[Şekil 9 Ms. Pac-Man Kontrolörünü İçin Tasarlanmış Genel Akış Çizelgesi 15](#_Toc42043513)

[Şekil 10 Hayaletlerden kaçış için tasarlanmış akış diyagramı 16](#_Toc42043514)

[Şekil 11 Yenilebilir ile tehlikeli hayaletlerin aynı anda görüş açısında olması durumu için tasarlanan akış çizelgesi 17](#_Toc42043515)

[Şekil 12 Yenilebilir hayaletler için tasarlanmış akış çizelgesi 18](#_Toc42043516)

[Şekil 13 Hayaletler için tasarlanan genel akış çizelgesi 20](#_Toc42043517)

[Şekil 14 Hayaletlerin powerpillleri koruma ve second guardian stratejisi 21](#_Toc42043518)

[Şekil 15 Hayaletlerin powerpillleri bittikten sonraki normalpillleri koruma stratejisi 21](#_Toc42043519)

[Şekil 16 Hayaletlerin ms.pacman’i görebildiği durumlarda kovalama ve birbirleri ile mesajlaşma stratejisi 22](#_Toc42043520)

[Şekil 17 Hayaletlerin yenilebilir olduğu durumdayken ms.pacman’den kaçma stratejisi 23](#_Toc42043521)

[Şekil 18 Etrafı sarılı Ms. Pac-Man'in davranışları 24](#_Toc42043522)

[Şekil 19 Tehlikeli hayaletten kaçarken güç piline yönelme davranışı 25](#_Toc42043523)

[Şekil 20 Güç pillerinin tükenmesi durumunda hayaletten kaçılırken pillere yönelinmesi 25](#_Toc42043524)

[Şekil 21 Ms. Pac-Man'in en yakındaki yenilebilir hayalete yönelme davranışları 26](#_Toc42043525)

[Şekil 22 Powerpillleri koruma stratejisi 27](#_Toc42043526)

[Şekil 23 Hayaletlerin Ms. Pac-Man'i kovalama stratejisi 28](#_Toc42043527)

[Şekil 24 Powerpillerin korunmasında second guardian stratejisi 29](#_Toc42043528)

[Şekil 25 Ms. Pac-Man'den kaçma stratejisi 29](#_Toc42043529)

[Şekil 26 Normal pilleri koruma stratejisi 30](#_Toc42043530)

# Tablo Listesi

Tablo 1 İş Paketleri ……………………...…………….…...........................................6

**MS. PACMAN OYUNU İÇİN AKILLI ALGORİTMALAR KULLANILARAK YAZILIM KONTROLÖRÜ GELİŞTİRİLMESİ**

# GİRİŞ

## Konunun Tanımı

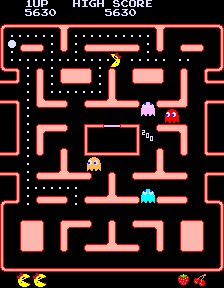
Tarihin başlangıcından beri canlılar o anki amaçlarını gerçekleştirebilmek için çeşitli algoritmalar kullanmışlardır. Teknolojinin gelişmesiyle de birçok araç gereç kullanarak bu amaçlarını daha kolay gerçekleştirebilir hale gelmişlerdir. Artan karmaşık problemlerimizi çözdürdüğümüz bilgisayarlar hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. Biyolojik ve doğal zekanın modellenmesiyle büyük başarılar elde edilmiştir ve gelişmeler akıllı sistemler olarak adlandırılmıştır.

Akıllı algoritmaların farklı kullanım alanları vardır, bu alanlardan birisi de bilgisayar oyunlarıdır. Son yıllarda üretilen oyunların grafik, animasyon ve ses özelliklerindeki ilerlemelere rağmen birçok bilgisayar oyununun temel işleyiş mantığı birbirine benzemektedir. Ancak akıllı algoritmalar sayesinde bu tekdüzelikten kurtulabilir ve oyun içinde kullanıcıya ya da bilgisayara karşı kendi kendine kararlar alabilecek yazılım kontrolörü tasarlanabilir.

Akıllı algoritma tekniklerinin uygulandığı en ünlü oyunlardan bir tanesi de Ms. Pac-man’dir. Ms. Pac-man bu kontrolörler sayesinde kullanıcı müdahalesi olmadan pilleri yiyerek ve hayaletlerden kaçarak hayatta kalabilir ve yüksek puanlara ulaşabilir.

## Ms. Pac-man Oyunu

Ms. Pac-man, General Computer Corporation tarafından geliştirilmiş olup 1982 yılında Midway tarafından yayınlanmış bir oyundur. 1980 yılında Namco tarafından ilk defa geliştirilen Pacman’in değiştirilmiş halidir.



Şekil 1 Ms. Pac-Man Oyunu

Oyuncu Ms. Pac-Man’i sonu olmayan bir labirent içinde yönlendirir. Labirent pillerle doludur ve 4 adet farklı renklerde hayalet içerir: Blinky, Pinky, Incy ve Sue. Toplamda 4 farklı labirent vardır. Her 4 seviye geçişinde ilk labirente dönülür. Ekranın sol tarafından sağ tarafına doğru iki adet geçit vardır. Her haritada toplam 4 adet güç pili bulunmaktadır. Oyunun amacı pilleri ve rengi maviye dönmüş hayaletleri yiyerek toplanılabildiği kadar puan toplamaktır.

Oyuncu (Ms. Pac-Man) pilleri yiyerek ve hayaletlerden kaçınarak puan kazanır ve herhangi bir hayaletle teması halinde can kaybeder. Bir güç pili yemesi halinde, önceden tanımlanmış süre bitene kadar hayaletler yenilebilir duruma geçer, renkleri maviye dönüşür ve yenilmeleri halinde fazladan puan kazanır. Tüm piller ve güç pilleri yendiği takdirde yeni bir seviyeye geçilmiş olur, seviyeler arttıkça hayaletleri yiyebilme süresi azalır ve hayaletleri yedikten sonra hayaletlerin labirent içine giriş yapmadan önce içinde bekledikleri kafeste geçirecekleri süre azalır. Her 10 bin puanda bir yeni bir can kazanır, oyun başlangıcındaysa 3 adet cana sahiptir. Bir hap yemek Ms. Pac-Man’e 10 puan kazanır ve hayalet yemek 200 puan kazanır, ancak hayalet yemeye devam edilmesi durumunda bu puan sürekli ikiye katlanarak kazanılır. 4 hayaletin de aynı anda yenilmesi durumunda toplamda 3000 puan kazanılmış olur.

### Ms. Pac-Man Yarışması

Bu projemizde http://www.pacmanvghosts.co.uk/ sitesinden sağlanan platformu kullanarak, Ms. Pac-Man ve hayaletler için kontrolörler geliştireceğiz.

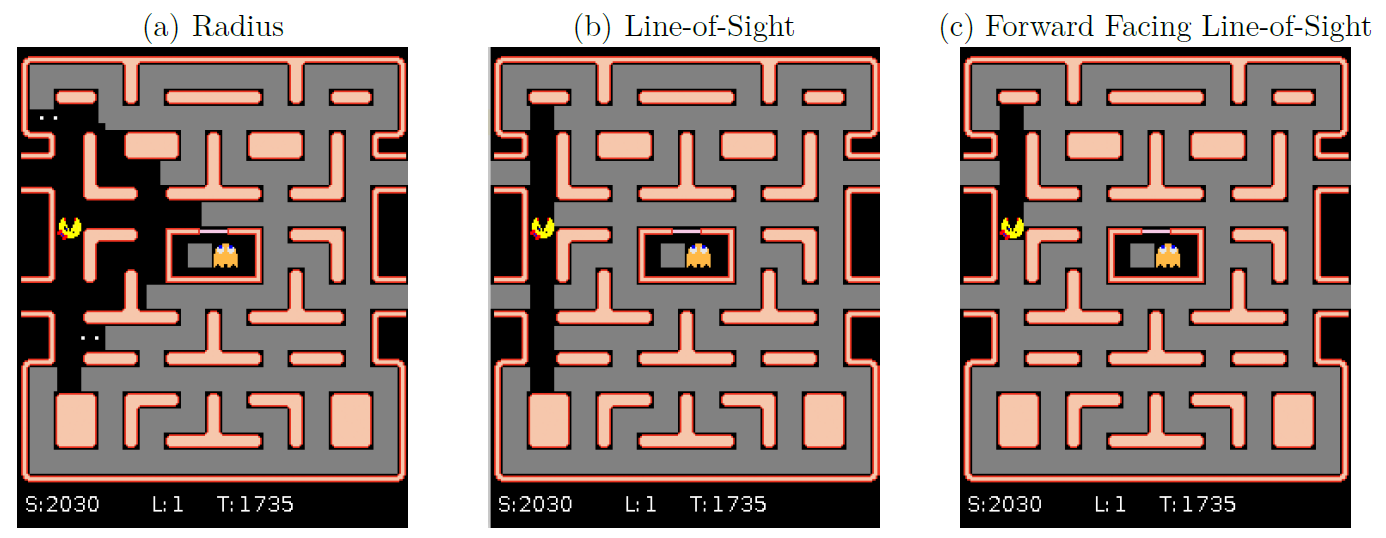
Yarışmada yalnızca Java dili kullanılmalı, performans artırım amacıyla izlek(thread) kullanılmamalıdır. Ayrıca Ms. Pac-Man’in ve 4 adet hayaletin bir sonraki hamlesi için 40ms süreleri vardır. Bu sürenin tamamını Ms. Pac-Man tek başına kullanabilecekken, hayaletler kendi aralarında paylaşırlar.

### Kısmi Algılanabilirlik (Partial Observability)

Kullandığımız platformun bir özelliği de partially observable(PO) olmasıdır. PO, kontrolörün oyunu yalnızca Ms. Pac-Man’in görüş alanı ile kısıtlı olarak yönetmesi durumudur. Bu durumda kontrolöre giden bilgiler yalnızca o anda oyuncunun görebildiklerinden ibarettir. Örneğin hayaletlerden herhangi birinin konum bilgisi, oyuncu eğer o hayaleti görmekteyse kontrolöre iletilir, ya da oyuncunun görüş alanı dışındaki bir pilin yenilip yenilmediği bilgisine erişilemez.

### Ms. Pacman’in Harita Görüş Çeşitleri

Ms. Pac-Man motoru, her biri görüş limiti uygulanan üç PO türünü desteklemektedir. Bunlar şekil 5’te görüldüğü üzere Radius, Line-of-Sight(LOS) ve Forward Facing Line-of-Sight(FF-LOS)’dır.[5]



Şekil 2 PO görüş limiti türleri

**a) Yarıçap temelli PO:** Görüş, Manhattan mesafesi veya Öklid mesafesi kullanılarak Ms. Pac-Man çevresindeki bir yarıçapla sınırlandırılabilir.[6]

**b) Görüş Çizgisi(LOS):** Alternatif olarak, vizyon görüş çizgisiyle sınırlandırılabilir, yani Ms. Pac-Man koridorlardaki düz çizgilerde sınırlı bir mesafe görebilir ve duvarlar görüşünü engeller. Köşelerden hiçbir şey görülemez.[6]

**c) FF-LOS:** Bu, MS. Pac-Man'in sadece seyahat ettiği yönde gözlemleyebileceği LOS üzerinde ek bir kısıtlamadır.

# PROJE PLANI

## Projenin Amacı

Yapılan yarışmalarda amaç, Ms. Pac-man için en yüksek puanı toplaması, hayaletler içinse Ms. Pac-Man’in en az puanla oyunu bitirmesidir.

## İş Paketleri

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Görev** | **Başlangıç Tarihi** | **Süre (Gün)** |
| Proje konusunun kesinleştirilmesi | 20.09.19 | 7 |
| Ms. Pac-Man oyununun araştırılması | 27.09.19 | 21 |
| Yarışma tarafından sağlanan paketlerin incelenmesi | 18.10.19 | 35 |
| Önceki yarışmaların incelenmesi | 22.11.19 | 21 |
| Akıllı algoritmaların araştırılması | 13.12.19 | 21 |
| İhtiyaç analizi | 03.01.20 | 21 |
| "Use Case" diagramlarının oluşturulması | 24.01.20 | 21 |
| Ms. Pac-Man için kullanılacak stratejilerin belirlenmesi | 14.02.20 | 14 |
| Hayaletler için kullanılacak stratejilerin belirlenmesi | 28.02.20 | 28 |
| Yazılımın geliştirilmesi | 27.03.20 | 42 |
| Test aşaması ve sonuçların değerlendirilmesi | 08.05.20 | 14 |
| Dökümanların hazırlanması | 22.05.20 | 14 |

Tablo 1 İş Paketleri

## Gantt Diagramı

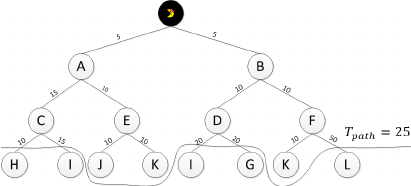
Şekil 3 Gantt Diagramı

# KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI

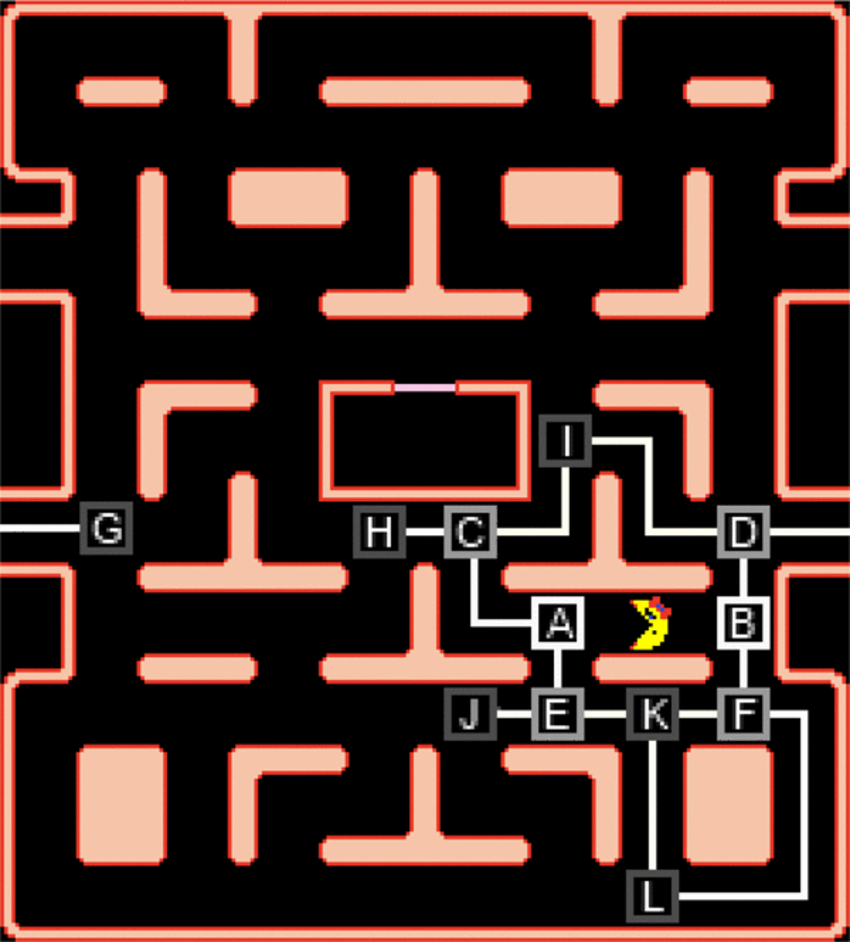
## Monte Carlo Tree Search (MCTS)

Son yıllarda üretilen oyunların grafik, animasyon ve ses özelliklerindeki ilerlemelere rağmen birçok bilgisayar oyununun temel işleyiş mantığının birbirine benzemesi araştırmacıları MCTS gibi farklı oyunlara uygulanabilen algoritmalara yönlendirmektedir.

Monte Carlo Ağaç Araması, bir oyunun anlık durumuna bakarak, bir sonraki duruma götürecek en iyi hamleyi bulmak için belirli sayıda rastgele tahminlerde bulunur. [2] MCST'nin çalışma şekli, ilk önce bir botun halihazırda sahip olabileceği tüm olası hareketleri görselleştirmektir. Ardından, bu olası hamlelerin her biri için, bir oyuncunun yanıt verebileceği tüm hamleleri analiz eder, daha sonra da tepki olarak yapabileceği tüm olası tepki hamlelerini vb. dikkate alır. [3]



Şekil 4 Monte Carlo Ağaç Araması Ağaç Yapısı

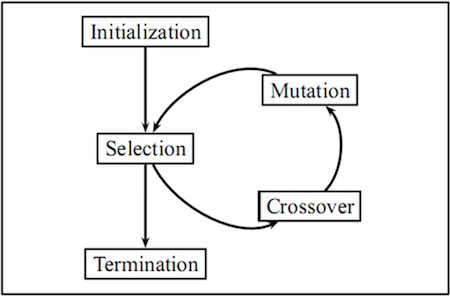


Şekil 5 Monte Carlo Arama Ağacı Algoritması

MCST kullanan bir bilgisayarın, bir insan bileşenine karşı harekete geçmeden önce geçtiği süreci vurgulamaktadır. Öncelikle sahip olduğu tüm seçeneklere bakıyor, yukarıdaki örnekte bu seçenekler ya savunmak, teknoloji geliştirmek ya da saldırı yapmak. Daha sonra, bundan sonraki her potansiyel hareket için başarı olasılığını öngören bir ağaç oluşturur. Yukarıda, başarı olasılığının en yüksek olduğu seçeneğin “saldırı” olduğunu görüyoruz (çünkü koyu kırmızı, daha yüksek bir ödül olasılığına eşittir), bu nedenle bilgisayar saldırmayı seçer. Oyuncu bir sonraki hamlesini yaptığında, bilgisayar tekrar ağaç yapım işlemini tekrarlar.

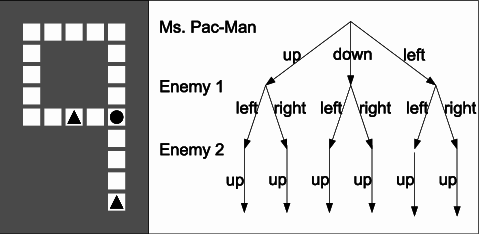
## Ms. PacMan Gelişim Süreci ve Kullanılmış Algoritmalar

* Genetik Programlama (Alhejali ve Lucas 2010, 2011, Brandstetter ve Ahmadi 2012),
* Parametrelerin optimizasyonu için Genetik Algoritmalar (Thawonmas 2010),
* Gelişmiş Sinir Ağları (Burrow ve Lucas 2009, Keunhyun ve Sung-Bae 2010),



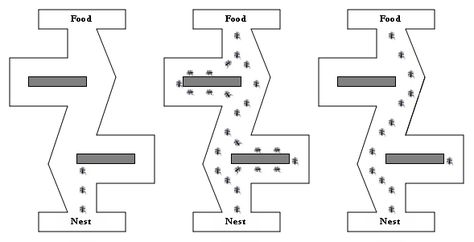
Şekil 6 Gelişmiş Sinir Ağları

* Robles ve Lucas, basit bir **Tree-Search algoritması** kullanarak oyun üzerinde çalışmışlardır.



Şekil 7 Arama Ağacı Algoritması

* **Ant Colonies (Martin ve ark.2010),**



Şekil 8 Karınca kolonisi

* Monte Carlo Ağacı Arama (Samothrakis ve ark.2011, Ikehata ve Ito 2011, Alhejali ve Lucas 2013),

## Hayaletlerin Gelişim Süreci ve Kullanılmış Algoritmalar

* Monte Carlo Ağacı Arama (Nguyen and Thawonmas 2011, 2013),
* Etki Haritaları (Svensson ve Johansson 2012),
* Sinir Ağları (Jia-Yue ve ark.2011),
* Genetik Algoritma + Kuralları (Gagne ve Congdon 2012),
* Bayan Pac-Man ve Ghosts denetleyicilerinin Rekabetçi Birlikte Evrimi (Cardona ve ark. 2013).

# ÇÖZÜMLEME VE TASARIM

Kontrolör oluşturmadan önce yarışma tarafından sağlanan paketi analiz etmek, oyun için gerekli algoritmayı geliştirebilmek adına önem arz etmektedir.

## Ms. Pac-Man Yarışması İçin Sağlanan Sınıflar

Ms. Pac-Man oyunu, Game, Executor, MyPacman (Ms. Pac-Man) ve MASController (Hayaletler) ana sınıflarının ortaklaşa çağrılmasıyla çalışır. Main sınıfı içinde Executor nesnesi oluşturulur, ve oluşturulan bu nesneye Ms. Pac-Man ve hayaletlerden oluşan bir kontrolör dizisi parametre olarak verilir.

### Executor Sınıfı

Executor sınıfı aracılığıyla bir adet Game nesnesi, hayaletler ve pacman için kontrolörler oluşturulur. 40 ms aralıklarla sürekli olarak, oyun, pacman ve hayaletler güncellenir.

### Game Sınıfı

Game sınıfı içinde, oyunun oynandığı Maze(labirent) nesnesi, hayaletler, piller, pillerin yenildiği bilgisi, skor, oyunun bitip bitmediği gibi bilgiler tutulur. Kontrolör yazabilmek gerekli olan tüm bilgiler bu sınıftadır. Sınıfa ait methodlar çağrılarak bu bilgilere erişilir.

### MyPacman Sınıfı

MyPacman sınıfı, kontrolörü oluşturduğumuz sınıftır, Ms. Pac-Man’in hareket stratejisi belirlenir. Başlangıçta bu sınıf pacman’i rastgele hareket ettirecek basit kodlardan oluşur ve yarışmacıların bu sınıfta yaptığı değişikliklerle daha yüksek puan alması beklenir.

Yarışmacı, bu sınıf içindeki getMove metodunu düzenleyerek bir sonraki oyun adımı için Ms. Pac-Man’in hareket etmesi gereken yönü belirler. Bu yönler, yukarı, aşağı, sağ ve sol olacak şekilde 4 adettir. Oyun çalıştığı sürece bir döngü halinde sürekli olarak koşan getMove metodu, her bir oyun adımı için gereken yönü bu şekilde sağlar.

### Hayalet Sınıfları

4 adet hayaletin her biri için kendi adları ile oluşturulan sınıflardır. Bu sınıflar hayaletler için kontrolör oluşturmada kullanılır. MyPacman sınıfında olduğu burada da hayaletlerin hareket stratejileri belirlenir.

#### POGhost Sınıfı

POGhost sınıfı temel olarak hayaletlerin hangi durumlarda nasıl davranacağının belirlendiği sınıftır. Hayaletlerin durumlara karşı verdiği tepkiler ve pac-man’in durumuna karşı aldığı pozisyonlar için fonksiyonlar yer alır, ”getApproximateNextMoveAwayFromTarget()” metodu ile pacman’den kaçma işlemini gerçekleştirir. Bu işlemi gerçekleştirirken pac-manın bulunduğu konuma bakar, pac-man powerPill’e yakınsa veya powerPill’i yediyse bu hayaletimiz için tehlike demektir ve kaçmaya başlaması komutu verilir.

Hayaletin en önemli işlevi pac-man’i kovalama ve onu yemektir. Bu işlemler yine bu sınıftaki metodlar ile gerçekleşir. “getApproximateNextMoveTowardsTarget() “ metodu ile pac-man yenilebilir olduğu sürece (herhangi bir powerPill almamış ise) hayaletler pac-man’i kovalama görevini gerçekleştirir, eğer pac-man bir powerPill’e belli bir birimden daha fazla yakınsa hayaletler pac-man’i kovalamayı bırakır ve random bir yol seçerler.

#### POCommGhost Sınıfı

POCommGhost sınıfının temel amacı ise hayaletlerin pac-man’i kovalarken birbirlerine haber verip pac-man’in konumu hakkında diğerlerini de haberdar etmektir. Hayaletlerin birbiri ile gerçekleştirdiği haberleşme işlemi yapay zekanın temellerinden olan sürü teorisi algoritmalarına (swarm-based algorithm) ve karınca teorisi algoritmalarına (ant colony algorithm) benzer olarak örnek gösterilebilir.

## Hayaletler İçin Oyun İçi Mesajlaşma

Oyunun PO olmasından dolayı hayaletler birbirleri arasında iletişime ihtiyaç duymaktadır. Ms. Pac-Man’in görüldüğü son konum, güç piline olan mesafesi gibi önemli bilgiler hayaletler arası iletilir.

|  |  |
| --- | --- |
| Mesaj tipi | Tanım |
| Pacman seen | Pacman in görüldüğünü diğer hayaletlere iletme mesajı |
| I am | Mesajı gönderenin nerede olduğunu bildiren mesaj |
| I am heading | Mesajı gönderenin nereye gittiğini bildiren mesaj |

## ÖNERİLEN YÖNTEM

Daha önce Ms Pacman için yapılan çözümlere bakıldığında, Kural Tabanlı Sistemler, Monte Carlo Search Tree, Evrimsel Algoritmalar, Yapay Sinir Ağları ve Takviyeli Öğrenme gibi yöntemlerin kullanıldığını görüyoruz. [1]

### Ms. Pac-man İçin Kural Tabanlı Yaklaşım

Kural tabanlı yaklaşım dışında kullanılabilecek akıllı algoritmalar göz önünde bulundurulduğunda, yoğun performans gereksinimleri, karmaşık veri yapılarının kullanılması ve algoritmayı gerçekleştirmesinin kural tabanlı yaklaşıma göre daha zor olması kural tabanlı yöntemi seçmemizde önemli etkenlerdendir.

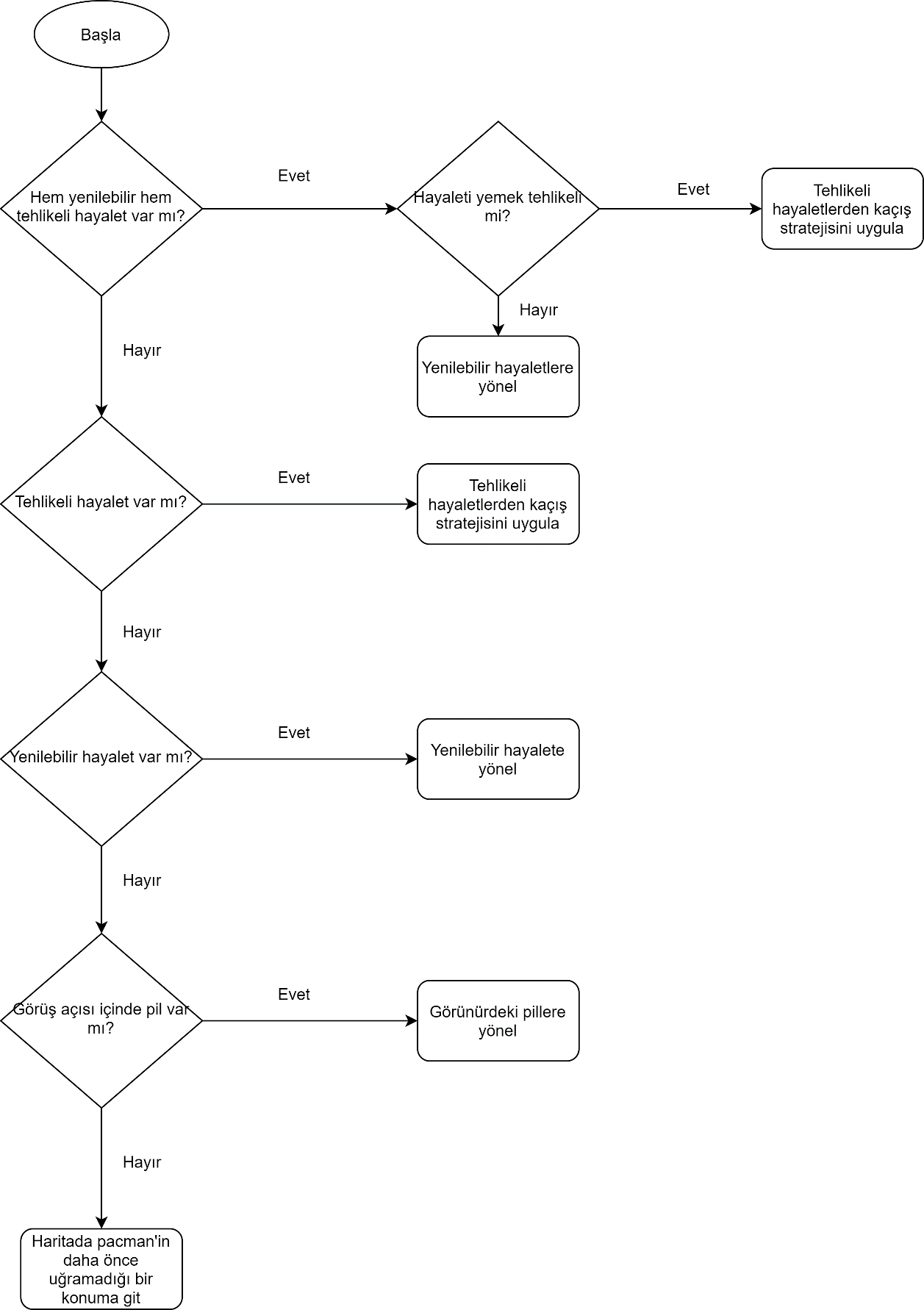
### Hayaletler İçin Kural Tabanlı Yaklaşım

Ms. Pac-Man için geçerli olan durum hayaletler için de geçerlidir.

## Ms. Pac-Man İçin Tasarlanan Kontrolörde Kullanılmış Stratejilerin Akış Çizelgeleri

### Ms. Pac-Man Kontrolörünü İçin Tasarlanmış Genel Akış Çizelgesi

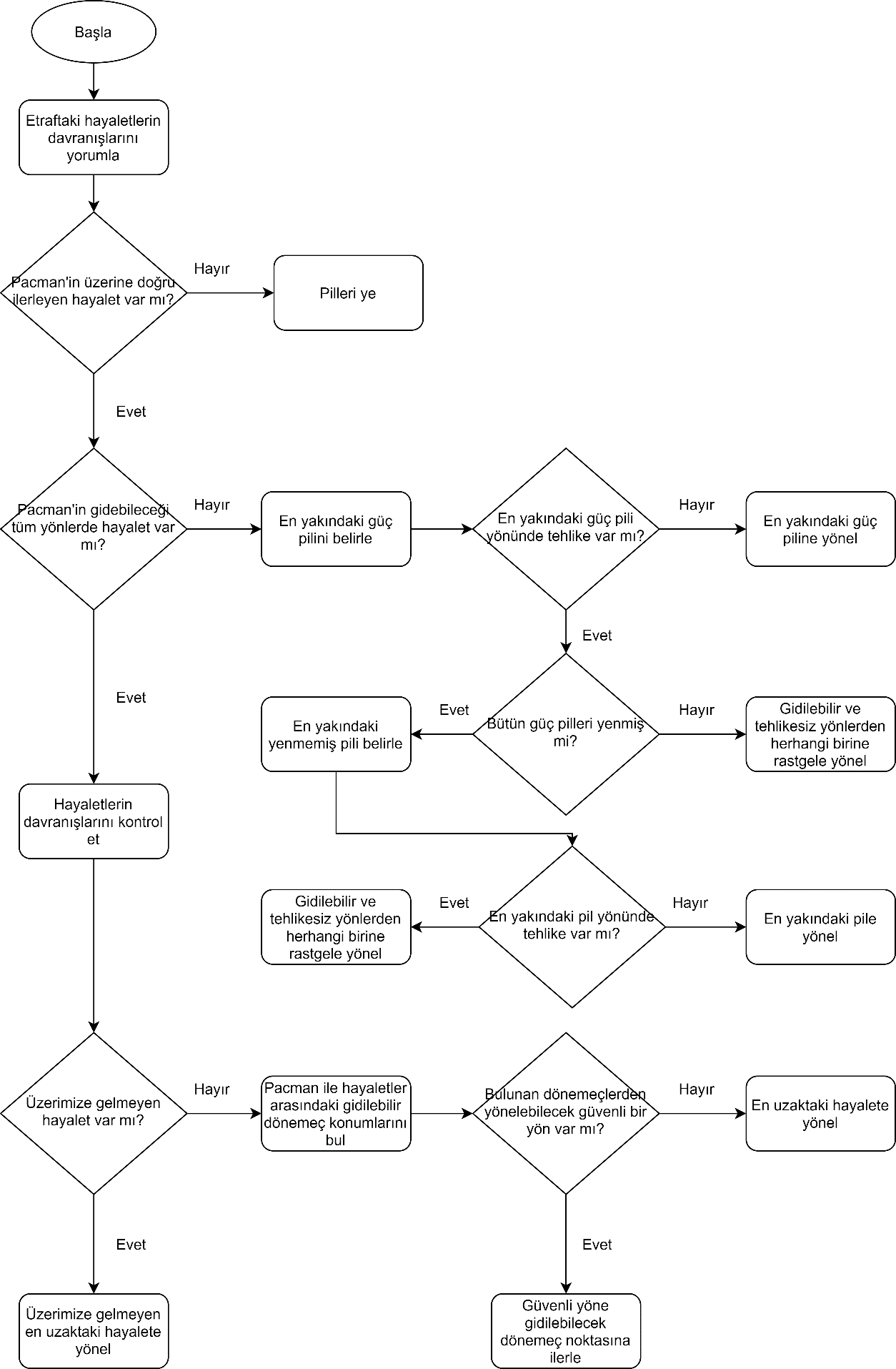
Ms. Pacman için tasarlanan kontrolörün genel akış çizelgesi Şekil 9’da göründüğü gibidir. Ms. Pac-Man, görüş açısı içindeki hayaletleri ve pilleri göze alarak döneceği yöne karar verecektir.



Şekil 9 Ms. Pac-Man Kontrolörünü İçin Tasarlanmış Genel Akış Çizelgesi

### Hayaletlerden Kaçmak İçin Tasarlanan Akış Çizelgesi

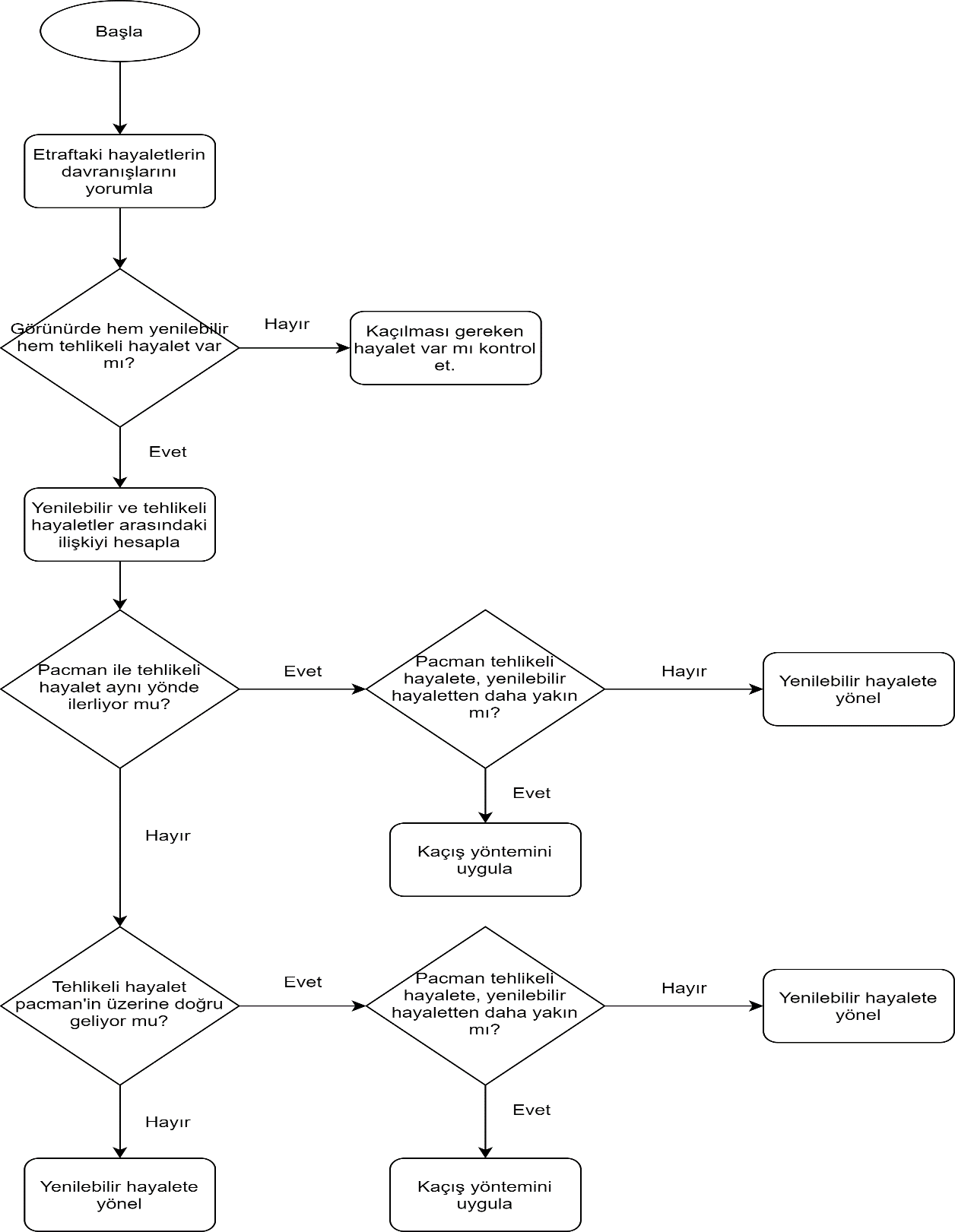
Ms. Pac-Man’in yüksek puan alabilmesi için hayaletlerden kaçarak can kaybetmemesi gerekmektedir. Kaçış esnasında oluşturulması ve kontrol edilmesi gereken birçok mekanizma vardır. Şekil 10’da hayaletlerden kaçmak için tasarlanan akış çizelgesi yer almaktadır.



Şekil 10 Hayaletlerden kaçış için tasarlanmış akış diyagramı

### Yenilebilir Hayaletler İle Tehlikeli Hayaletlerin Aynı Anda Görünür Olması Durumu İçin Tasarlanan Akış Çizelgesi

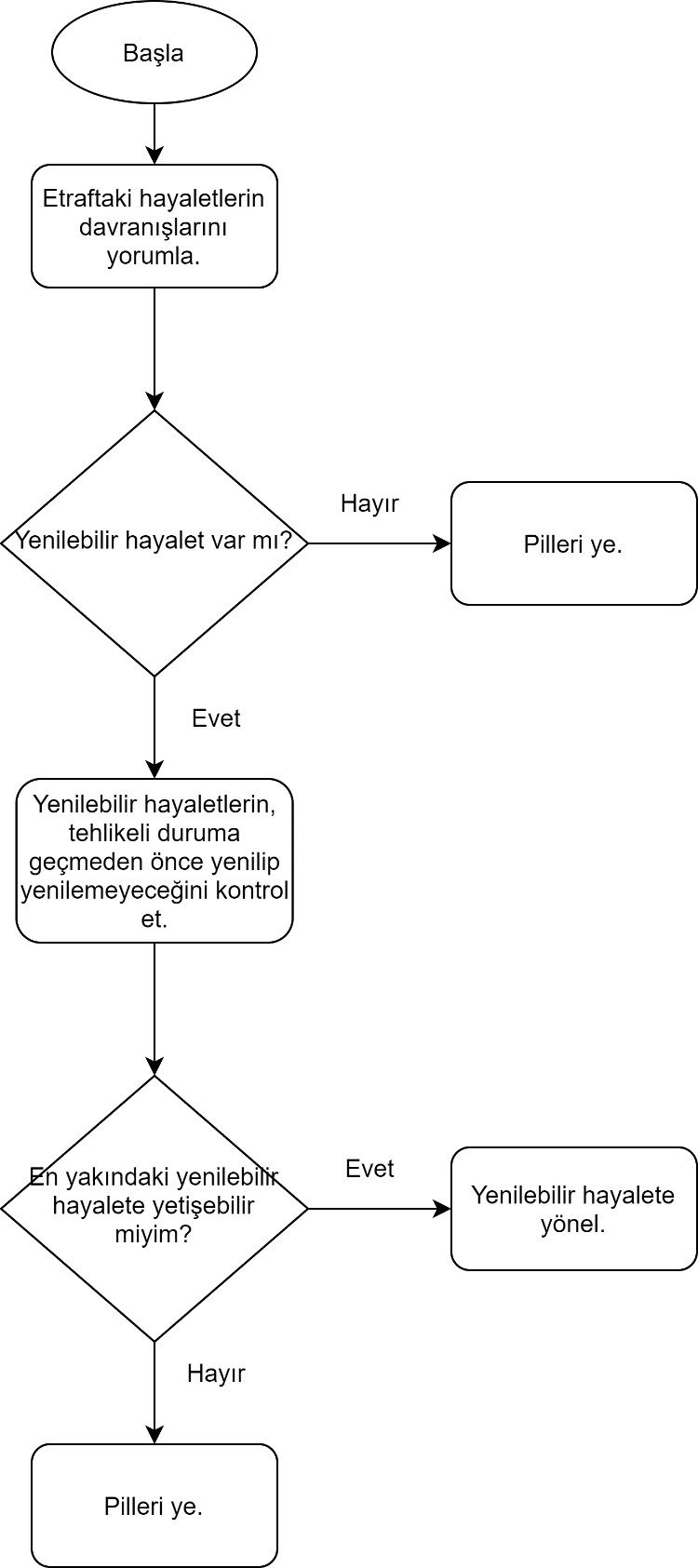
Yenilebilir hayaletler ile tehlikeli hayaletler aynı anda Ms. Pac-Man’in görüş açısı içinde bulunabilirler. Bu olay gerçekleştiğinde kimi zaman kaçış stratejisi uygulamak, kimi zaman da puan kazanmak için hayaleti yeme stratejisi uygulamak gerekir. Bu durumun akış çizelgesi Şekil 11’de yer almaktadır.



Şekil 11 Yenilebilir ile tehlikeli hayaletlerin aynı anda görüş açısında olması durumu için tasarlanan akış çizelgesi

### Yenilebilir Hayaletlerin Olduğu Durumda Uygulanması İçin Tasarlanan Akış Çizelgesi

Ms. Pac-Man’in yüksek puan alabilmesi için, yenilebilir durumdaki hayaletleri yiyerek puan toplaması gerekmetedir. Bu durum için tasarlanan akış çizelgesi Şekil 12’de gösterilmektedir.



Şekil 12 Yenilebilir hayaletler için tasarlanmış akış çizelgesi

## Ms. Pac-Man İçin Oluşturulan Stratejilerde Karşılaşılan Zorluklar

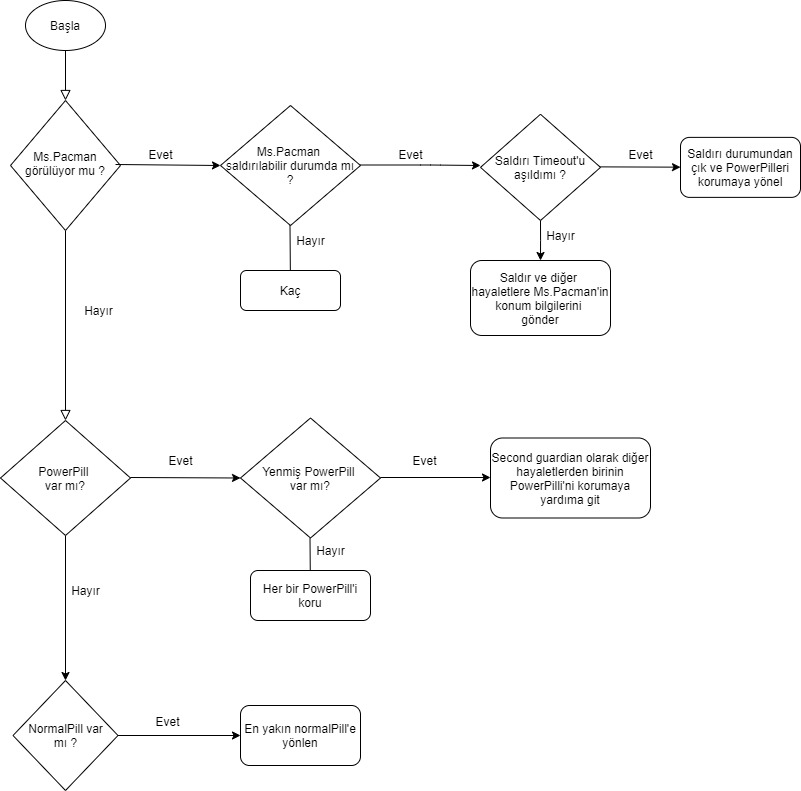
Projemizi yaparken karşılaştığımız en büyük zorluk oyun içinde bize sunulan ortamın Partial Observability (kısmi gözlemlenebilir) olması. Bu ortamda zorlanmamızın sebebi ise oyun içindeki tüm noktaları (piller, güç pillerinin konumları gibi) kısmi gözlemlenebilirlik özelliği nedeniyle göremediğimizden dolayı Ms.pac-man için haritadaki tüm pillerin konumlarını öğrenmesi için ayrı bir yöntem geliştirmemiz gerekmektedir.

Bu yöntem için literatüre baktığımızda Pac-Man Arcade oyunu için kullanılmış ve iyi sonuç veren PO algoritmalarından radius kullanılması önerilmektedir.

## Hayaletler İçin Tasarlanan Kontrolörde Kullanılmış Stratejilerin Akış Çizelgeleri

### Hayalet Kontrolörü İçin Tasarlanan Genel Akış Çizelgesi

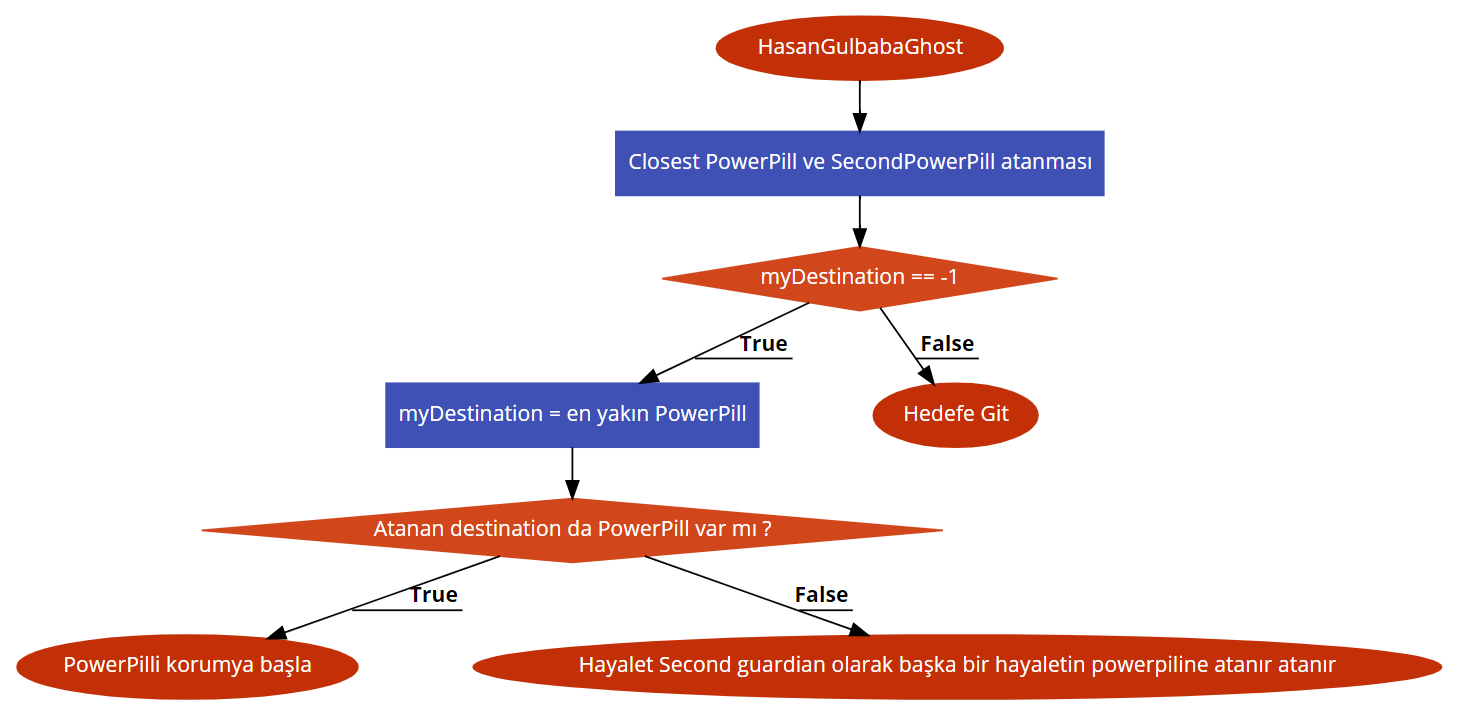
Hayaletler için tasarlanan kontrolörün genel akış çizelgesi Şekil 13’teki gibidir. Hayaletler, görüş açısı içindeki Ms.Pacman, PowerPilller ve Normalpilller’i göze alarak döneceği uygulayacağı stratejiye karar verir.



Şekil 13 Hayaletler için tasarlanan genel akış çizelgesi

### Hayaletlerin Powerpillleri Koruma ve Second Guardian Stratejisi

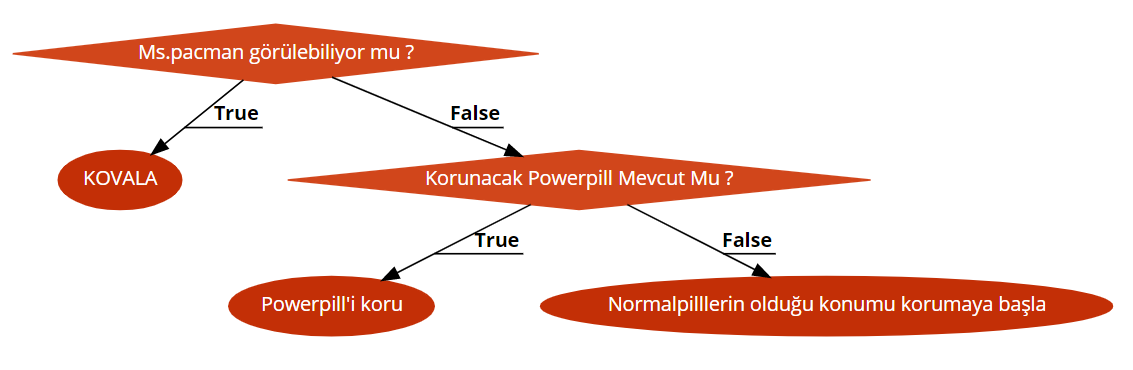
Hayaletlerin temel amacı Ms.Pacman’a mümkün olduğu kadar az puan aldırmak olduğu için öncelik olarak Powerpillleri koruyarak yüksek puan alması önlenmeye çalışılmıştır. Eğer koruduğu Powerpill yenen bir hayalet var ise o hayalet gidebildiği ilk Powerpill’e gider ve diğer hayaletler ile başka bir Powerpill’i korumaya devam eder. Şekil 14 bu durumun akış çizelgesidir.



Şekil 14 Hayaletlerin powerpillleri koruma ve second guardian stratejisi

### Hayaletlerin Powerpillleri Bittikten Sonraki Normalpillleri Koruma Stratejisi

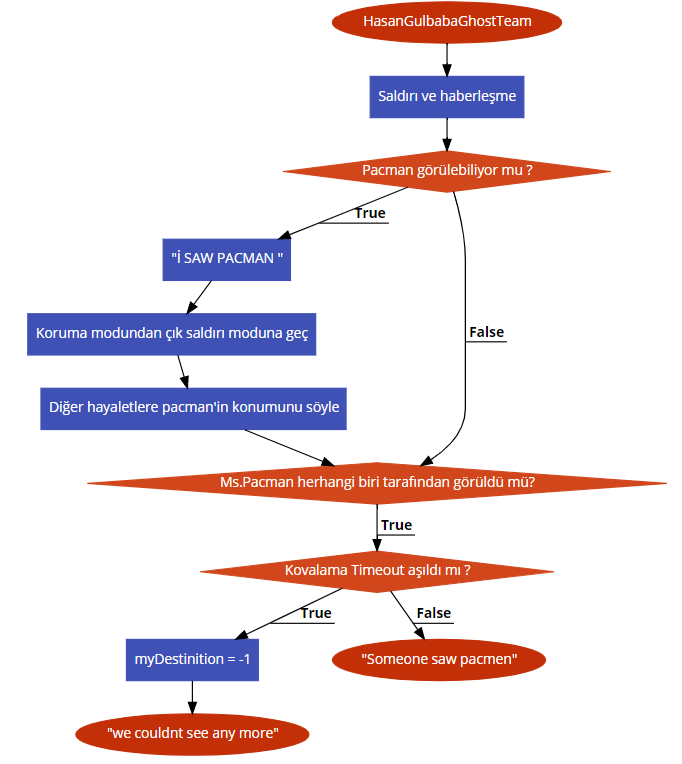
Eğer Ms.Pacman tüm powerpillleri yer ise hayaletlerimizin yeni stratejisi korunması gereken en yakındaki normalpillere gider.



Şekil 15 Hayaletlerin powerpillleri bittikten sonraki normalpillleri koruma stratejisi

### Hayaletlerin Ms.Pacman’i Görebildiği Durumlarda Kovalama ve Birbirleri İle Mesajlaşma Stratejisi

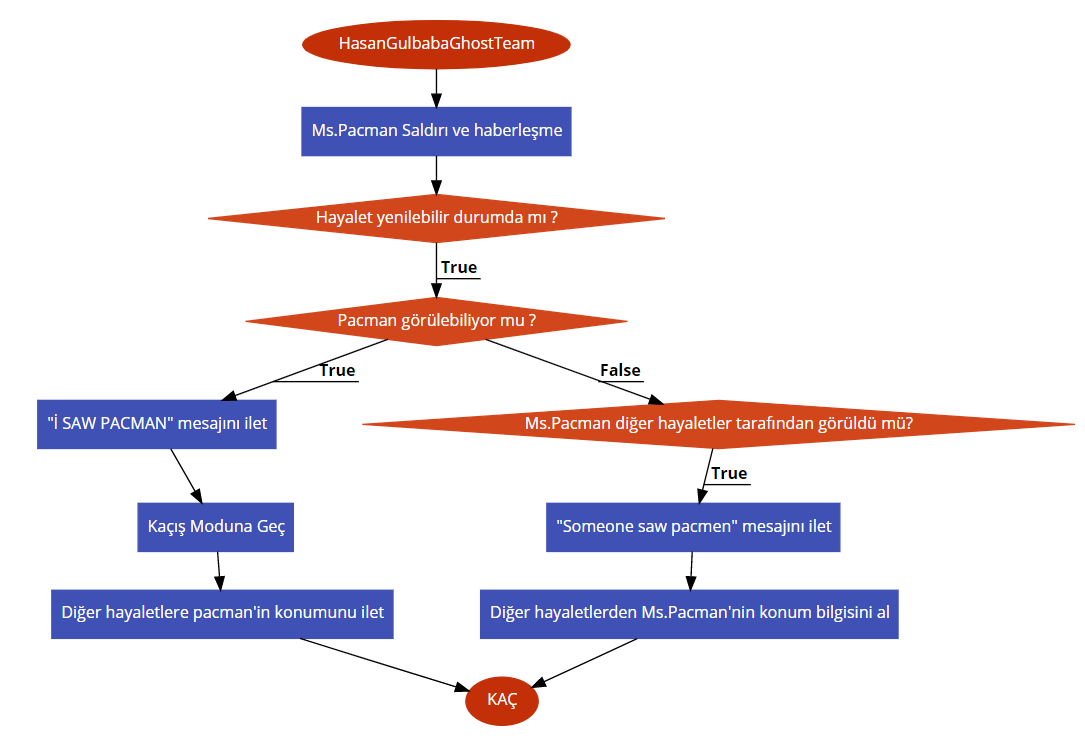
Eğer hayaletler herhangi bir strateji içerisinde Ms.Pacman’i görürse ve Ms.Pacman yenilebilir durumda ise hayaletler Ms.Pacman’i görebildiği an kovalamaya başlar. Bu işlemi gerçekleştirirlerken birbirleri ile iletişime geçerek Ms.Pacman’i doğru konumunda yakalama stratejisidir.



Şekil 16 Hayaletlerin ms.pacman’i görebildiği durumlarda kovalama ve birbirleri ile mesajlaşma stratejisi

### Hayaletlerin Yenilebilir Olduğu Durumdayken Ms.Pacman’den Kaçma Stratejisi

Ms.Pacman powerpillerden herhangi birini yemesi durumunda hayaletlerimiz yenilebilir duruma geçer.Bu strateji hayaletlerin Ms.pacman’nin bir powerpill yediği zaman kaçma stratejisidir.



Şekil 17 Hayaletlerin yenilebilir olduğu durumdayken ms.pacman’den kaçma stratejisi

## Ms. Pac-Man İçin Oluşturulan Stratejilerde Karşılaşılan Zorluklar

Projemizi yaparken karşılaştığımız en büyük zorluk oyun içinde bize sunulan ortamın Partial Observability (kısmi gözlemlenebilir) olması. Bu ortamda zorlanmamızın sebebi ise oyun içindeki tüm noktaları (piller, güç pillerinin konumları gibi) kısmi gözlemlenebilirlik özelliği nedeniyle göremememizdir.

Hayaletler için karşılaşılan diğer önemli bir zorluk ise her bir hayaletin oyun içinde ayrı kişilikleri vardır ve hayaletler bu kişiliklerine göre hareketler sergilemektedir. Her bir hayaletin oyun içinde nasıl davrandığını anlamak ve ona göre çözümleme yapmak gereklidir.

Hayaletler asla seyahat yönlerini tersine çevirmeyi seçemezler.Hayaletler bir kavşak noktasına (junction) gelmeden oyun içerisindeki bir koridordan gittiği yönün tersine bir işlem gerçekleştiremez. Bu kısıtlamanın anlamı, bir hayalet sadece iki çıkışlı bir döşemeye girdiğinde, her zaman aynı yönde devam edeceğidir. Bununla birlikte, bu kuralın bir istisnası vardır, bu da hayaletler Chase veya Scatter'dan başka bir moda geçtiği zaman yön değiştirme işlemini gerçekleştirebilirler.

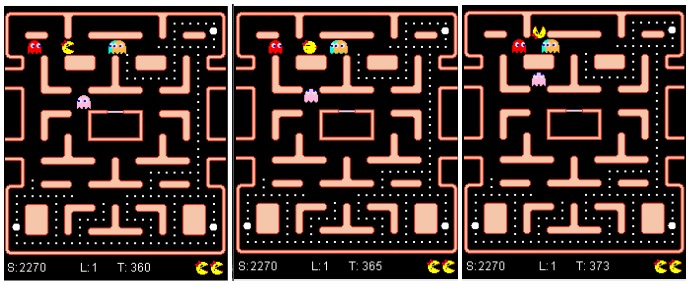
# GERÇEKLEME VE TEST

## Ms. Pac-man İçin Tasarlanan Kontrolör İçin Oluşturulan Stratejiler

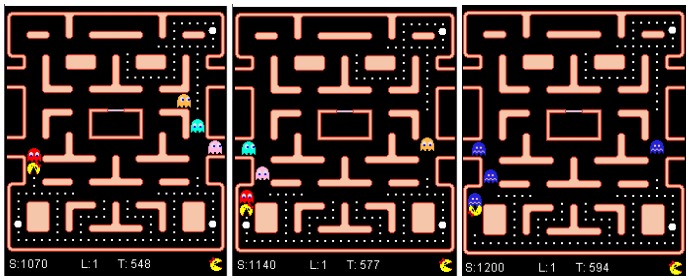
### Hayaletlerden Kaçış Stratejisi

İlk olarak görünürdeki tehlikeli hayaletin, Ms. Pac-Man’e göre hangi yönde oldukları bulunuyor. Bu işlem sonucunda o anda pacman için gidilmesi tehlikeli olan yönler belirlenmiş oluyor. Bunun yanı sıra, görünürdeki tehlikeli hayaletlerin pacman’in üzerinde doğru ilerleyip ilerlemediği de kontrol ediliyor. Kaçış durumuna geçmek için en az 1 hayaletin pacman’in üzerinde doğru ilerlemesi gerekiyor.

Eğer pacman’in gidebileceği yönlerin tümü tehlikeliyse, yani etrafı sarılıysa, tehlikeli hayaletler ile pacman arasındaki tüm dönemeç noktaları kontrol edilir. Pacman bir dönemeç noktasına tehlikeli hayaletlerden daha yakınsa ve o noktadan gidilebilecek yönler güvenli ise, pacman dönemece doğru ilerliyor. Şekil 13’te bu durum görselleştirilmiştir.



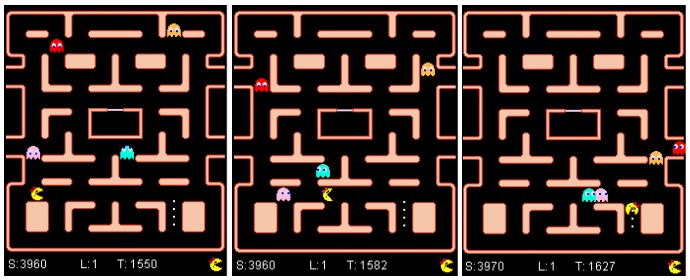
Şekil 18 Etrafı sarılı Ms. Pac-Man'in davranışları

Ms. Pac-Man’in etrafı tehlikeli hayaletlerle sarılı değilse, yani gidilebilecek güvenli yönler varsa ve en yakındaki güç piline gitmek için dönülmesi gereken yön bu yönler arasındaysa, en yakındaki güç piline yönelinir. Şekil 14’te bu davranış yer almaktadır. 

Şekil 19 Tehlikeli hayaletten kaçarken güç piline yönelme davranışı

En yakındaki güç pili yönünde tehlike varsa gidilebilecek güvenli yönlerden rastgele bir tanesine yönelinir.

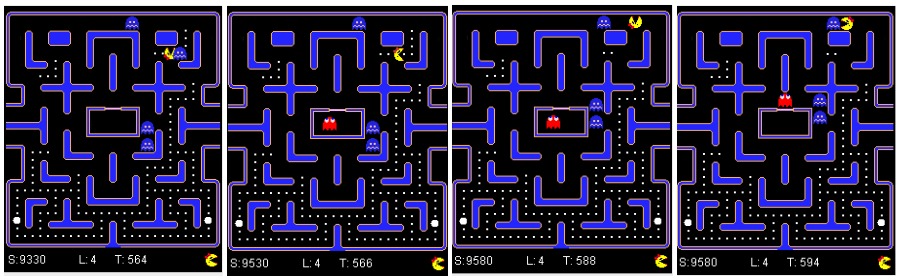
Tüm güç pillerinin tükenmesi durumunda tehlikeli hayaletler tarafından kovalanırken, bir sonraki seviyeye geçebilmek adına, yenmemiş pillere yönelinir. Bu davranış Şekil 15’te gösterilmiştir.



Şekil 20 Güç pillerinin tükenmesi durumunda hayaletten kaçılırken pillere yönelinmesi

### Ms-Pac-Man’in Yenilebilir Durumdaki Hayaletleri Kovalaması

Ms. Pac-Man’in kaçmasını gerektiren bir durum yoksa ve görünürde yenilebilir hayaletler varsa, en yakındaki yenilebilir hayalete doğru yönelinir. Bu işlemden önce, yenilebilir durumdaki hayaletin yenilebilir durumdan tehlikeli duruma geçme süresi, Ms. Pac-Man’e olan uzaklığıyla mukayese edilir. Eğer Ms. Pac-Man’in hayalete giderken geçireceği süre yeterliyse, yenilebilir hayalete doğru yönelme gerçekleşir. Şekil 16’da birinci görselde sağında hayalet bulunan Ms.Pac-Man, ikinci görselde hayaleti yiyerek kafese gönderir, o andan itibaren görüş açısında hiç hayalet yoktur fakat üçüncü görselde solunda bulunan hayalet görüş açısına girer ve kovalamaca başlar.



Şekil 21 Ms. Pac-Man'in en yakındaki yenilebilir hayalete yönelme davranışları

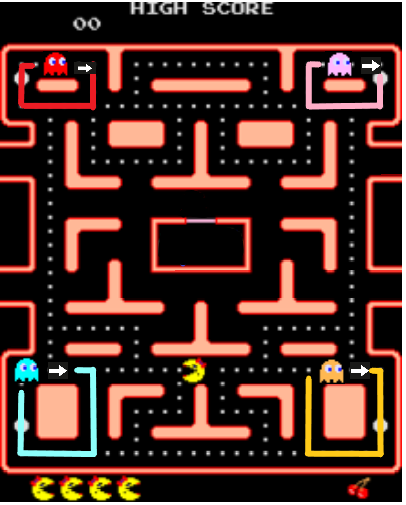
### Görünürde Pil Yoksa Daha Önce Gidilmemiş Bir Konuma Gitme Stratejisi

Görüş açısı içinde pil yoksa daha önce ziyaret edilmiş tüm konumların saklandığı bir hashmap veri yapısı kullanılarak ziyaret edilmemiş konumlar bulunur ve Ms-Pac-Man bunlar arasından en yakın olana yönlendirilir. Bu sayede görünürde hayalet ve pil olmadığı durumlarda Ms-Pac-Man kararsız kalmaz ve yenmemiş pillere yönelmiş olur.

## Hayaletler İçin Tasarlanan Kontrolör İçin Oluşturulan Stratejiler

### Powerpilleri Koruma Stratejisi

Her bir powerpill hayaletler daha mazelerinden çıkmadan bir dizide tutulur. Hayaletler maze’den sırayla çıkarlar ve her bir hayalet maze’den çıkar çıkmaz bir powerpill ataması gerçekleştirilir ve hayaletin hedefi verilen powerpill’in konumu olur tüm hayaletler sırayla çıktıklarında 4 powerpill ayrı ayrı 4 hayalete atanmış olur ve koruma işlemi başlar.

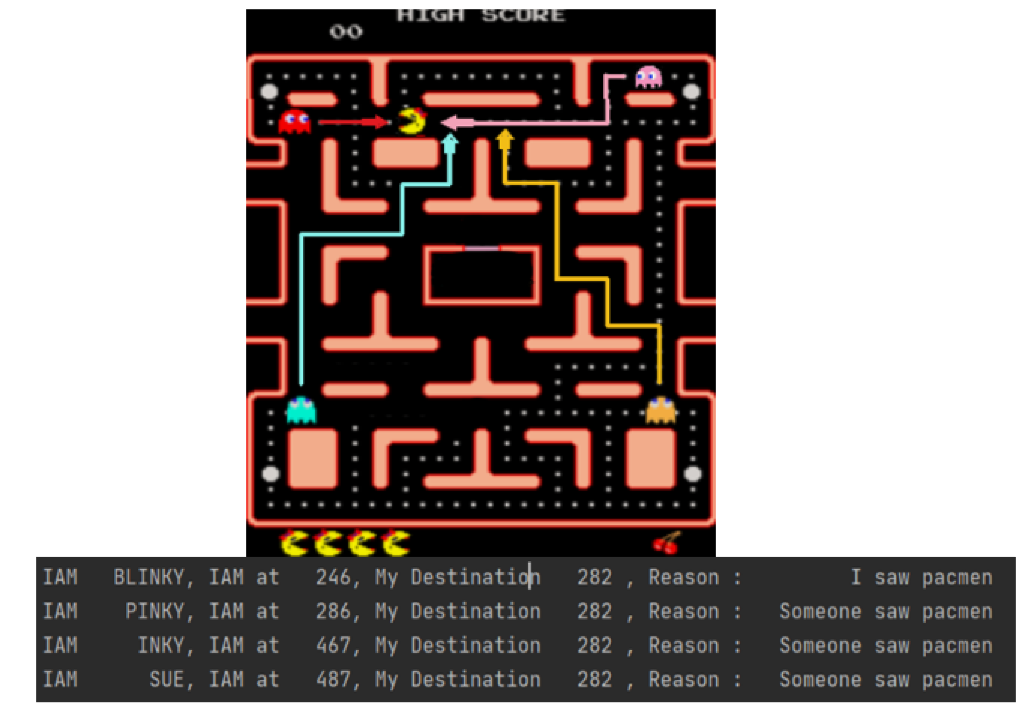


Şekil 22 Powerpillleri koruma stratejisi

Oyunda ms.pacman her yendiği zaman hayaletler maze’den tekrar başlar bu yüzden tekrar powerpill atamsı yapılır ama her hayalet önceki durumdaki powerpill’e gitmesi kesin değildir hayaletlere sırayla atanma işlemi sıra hangi powerpill’de ise o powerpill’in sırayla hayaletlere atanmasını gerçekleştirir.

### Hayaletlerin Ms.Pacman’i Kovalama Stratejisi

Hayaletler her zaman üç olası moddan birindedir: kovalama, tarama veya kaçma. Hayaletler herhangi bir modda iken eğer ms.pacman’i görebilecek duruma gelirler ise o an bulunduğu mod’u bırakır ve tek stratejisi ms.pacman’i yakalamak olur. Kovalama işlemi gerçekleşirken eğer hayaletler verdiğimiz belli bir süre içerisinde ms.pacman’i yakalayamaz ise hayaletler yani “kovalamaTimeOut” aşıldı ise hayaletler ms.pacman’İ kovalamayı bırakır ve tekrar eski stratejisi olan powerpilleri kovalamaya başlarlar. Buradaki amaç ms.pacman yakalanamıyor ise Ms.Pacman’i yakalamak için hayaletler arasında bir iletişim kullanılarak ms.pacman’nin doğru konumda ve kısa sürede yakalanması amaçlanmıştır. Bu işlem Şekil 23’te gösterilmiştir.

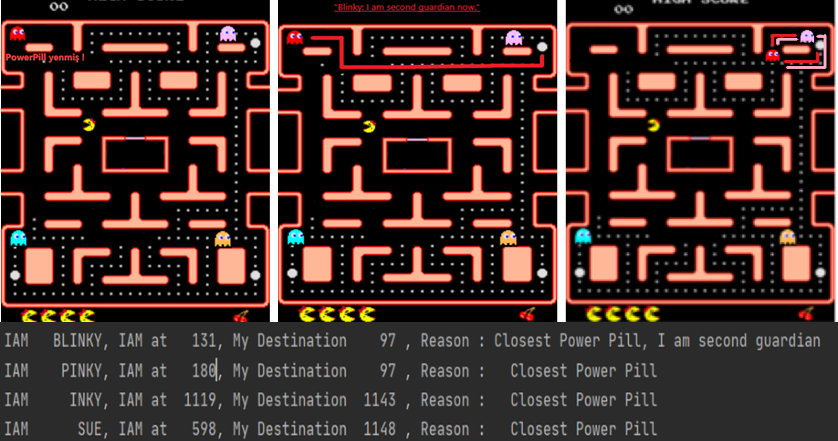


Şekil 23 Hayaletlerin Ms. Pac-Man'i kovalama stratejisi

Eğer hayaletlerden herhangi biri ms.pacman’i görür ise diğer hayaletlere “İ SAW PACMAN” mesajı ve ms.pacman’i gördüğü konumu göndererek diğer hayaletlerinde ms.pacman’nin bulunduğu konuma gelmelerini sağlar.Diğer hayaletler ise oyun içindeki hayaletlerden herhangi birinin ms.pacman’i görmesi durumunda “SOMEONE SAW PACMAN” mesajını alır ve ms.pacman’nn konum bilgisini alarak o hedefe doğru en kısa yol algoritması ile gidilir.

### Powerpillerin Korunmasında Second Guardian Stratejisi

Bu strateji hayaletler kendi korumakla görevli olduğu powerpill’ini koruyamadığı zaman gerçekleşir. Ms.pacman oyun içerisindeki 4 adet powerpilllerden herhangi birini yediği zaman yediği powerpill’i koruyan hayaletimiz için bu strateji devreye girer ve hayalet mevcut olan yenmemiş en yakın diğer bir powerpill’e giderek o konumdaki powerpill’i koruyan hayalet ile birlikte artık o powerpill’i korumaya başlar ve second guardian olarak o powerpill’e atanır. Böylece ms.pacman’in kalan powerpillleri yemesini second guardianlar ile engelleme stratejisidir.



Şekil 24 Powerpillerin korunmasında second guardian stratejisi

Bu strateji oyun içerisindeki her bir hayaletin koruduğu powerpill yendiği zaman her hayalet için tek tek gerçekleşir son powerpill kaldığında bütün hayaletler o powerpill’i korumaya başlar.

### Ms.Pac-Man’den Kaçma Stratejisi

Ms.pacman oyun içerisindeki 4 adet powerpilllerden harhangi bir tanesini yediği durumda hayaletlerimiz ms.pacman karşısında yenilebilir duruma geçer.Hayaletlerimizin yenme durumunda ms.pacman ekstra puan alır ve hayalet yendiği zaman maze’ye geri dönüp tekrar başlar bu durum hayalet stratejisi için istenmeyen bir durumdur bu yüzden kaçış stratejisi oluşturulmuştur.



Şekil 25 Ms. Pac-Man'den kaçma stratejisi

Ms.pacman powerpill yediği zaman şekildeki gibi hayaletlerimiz mavi şeklini alır ve yenilebilir duruma gelir. Hayaletler ms.pacman’dan kaçmak için kovalama stratejisinde kullandığımız stratejinin tam tersini kullanarak ms.pacman’dan kaçmaya çalışır.

Hayaletler ms.pacman’i gördüğü zaman “İ SAW PACMAN” mesajını ve ms.pacman’in konum bilgisini diğer hayaletlere gönderir hayaletler bu mesajı alarak “SOMEONE SAW PACMAN” mesajı ile karşılık verir ve ms.pacman’in var olduğu konumdan uzaklaşmaya başlarlar. Bu süreç powerpill’in etkisi geçene kadar devam eder.

### Tüm Powerpilller Bittikten Sonra Normal Pillerin Koruma Stratejisi

Hayaletlerin oyundaki temel amacı bizim projemiz için pilleri koruyup ms.pacman’a olabildiğince az puan aldırmaktır.Bu yüzden hayaletlerimiz powerpillleri koruma stratejisinde ms.pacman’nin powerpilleri yemesine engel olamazlar ise en son strateji olarak normalpilllerin korunma stratejisi devreye giriyor.

Eğer oyunda tüm powerpiller yanmiş ise hayaletlerimiz şekildeki gibi var olan en yakın normalpilllere giderek ms.pacman’in level geçmesini engellemeyi amaçlamaktadır.



Şekil 26 Normal pilleri koruma stratejisi

# KAYNAKÇA

[1] Rohlfshagen Philipp, Liu Jialin, Perez-Liebana Diego, Lucas Simon M., “Pac-Man Conquers Academia: Two Decades of Research Using a Classic Arcade Game” (2017) s6.

[2]https://devhunteryz.wordpress.com/2018/03/30/monte-carlo-agac-aramasimonte-carlo-tree-search/

[3]<https://towardsdatascience.com/artificial-intelligence-in-video-games-3e2566d59c22>

[4] S. M. Lucas, “Evolving a Neural Network Location Evaluator to Play

Ms. Pac-Man,” in Computational Intelligence and Games. IEEE,

2005.

[5] Price, W., & Schrum, J. (2019). Neuroevolution of Multimodal Ms. Pac-Man Controllers under Partially Observable Conditions. *2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2019 - Proceedings*, 466–473. https://doi.org/10.1109/CEC.2019.8790278

[6] Price, W., & Schrum, J. (2019). Neuroevolution of Multimodal Ms. Pac-Man Controllers under Partially Observable Conditions. *2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2019 - Proceedings*, 466–473. https://doi.org/10.1109/CEC.2019.8790278