



Makale / Research Paper

Akıllı Hayvan Barınak Sistemi Tasarımı ve Etmen Tabanlı Simülasyonu

Sevcan EMEK^{1a*}, Emir TARTAR^{1b}

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü. Manisa/TÜRKİYE
sevcan.emek@cbu.edu.tr

Received/Geliş: 24.06.2022

Accepted/Kabul: 30.09.2022

Öz: Bu çalışmanın amacı, sokak hayvanları için kontrollü su ve gıda ihtiyaçlarını karşılamaya yarayacak akıllı bir hayvan barınak sistemi tasarlamaktır. Bu çalışmada sistemin fiziksel modeli oluşturulmakta ve bu sistemi optimize etmeye yarayacak bir simülasyon uygulaması önerilmektedir. Sistemin fiziksel model tasarımında Raspberry Pi kiti kullanılmaktadır. Bu kit, nesnelerin interneti (Internet of Things - IoT) ile ilişkili olarak elektronik elemanların Python programlama ile birlikte yürütülmesini bu çalışmada sağlamaktadır. Sistem prototipi su ve gıda deposu (tank) üzerine kuruludur. Sistemde su ve gıda doluluk oranları negatif geri beslemeli kontrol mekanizması ile çalışmaktadır. Sistem su ve gıda kaplarındaki kontrolünün yanında, prototipteki su ve gıda depolarındaki oranlar Raspberry Pi tarafından sensörlerden gelen verilere göre ölçülmektedir. Veriler TCP/IP soket programlama ile verilerin toplandığı sunucuya gönderilmektedir. TCP/IP programı ile sunucuya gelen veriler veri tabanında saklanmaktadır. Ölçülen bu veriler web ortamında da takip edilmektedir. Önerilen bu sistemin geliştirilmesine yönelik etmen tabanlı modelleme yaklaşımı kullanılarak bir simülasyon çalışması önerilmektedir. Sistemin etmen tabanlı simülasyon uygulamasında iki ayrı etmen sınıfı tanımlanmaktadır. Etmenler arasındaki etkileşimler deneysel çalışmalarda parametre ayarlamaları ile gözlemlenebilmektedir. Bu çalışmanın, sokak hayvanlarına fayda sağlayabilme ve belediyeler gibi ilgili kurumlar tarafından kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Etmen, etmen tabanlı simülasyon, nesnelerin interneti (IoT), kontrol sistemi, optimizasyon.

Modeling and Agent Based Simulation of the Smart Animal Kennel System

Abstract: The aim of this study is to model a smart animal kennel system that will provide controlled water and food needs for stray animals. In this study, the physical model of the system is created and a simulation application is proposed to optimize this system. Raspberry Pi kit is used in the physical model design of the system. This kit provides the execution of electronic elements in conjunction with Python programming in relation to the Internet of Things (IoT) in this study. The system prototype is based on a water and food tank. The water and food occupancy rates in the system work with a negative feedback control mechanism. In addition to the control of the system in water and food containers, the rates in the water and food tanks in the prototype are measured with the Raspberry Pi according to the data obtained from the sensors. The data is sent to the server with TCP/IP socket programming. The data to the server with the TCP/IP program takes place in the database. These measured data can be observed on the web platform. A simulation study is presented using agent-based modeling approach for the development of this proposed system. Two different agent classes are defined in the agent-based simulation application of the system. Interactions between agents can be observed in experimental studies with parameter tuning. It is thought that this study has the potential to benefit stray animals and to be used by relevant institutions such as municipalities.

Keywords: Agent, agent-based simulation, internet of things (IoT), control system, optimization.

1. Giriş

Bu makaleye atıf yapmak için

Emek, S., Tartar, E., "Akıllı Hayvan Barınak Sistemi Tasarımı ve Etmen Tabanlı Simülasyonu" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2022, 9(4); 1375-1387.

How to cite this article

Emek, S., Tartar, E., "Modeling and Agent Based Simulation of the Smart Animal Kennel System" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2022, 9(4); 1375-1387.

ORCID : *0000-0003-2207-8418; ^b0000-0003-4252-8463

Gelişmekte olan akıllı sistem teknolojilerinin endüstri ve ekonomiye önemli katkılar sağladığı bilinmektedir. Sağlık, eğitim, savunma sanayi, tarım, hayvancılık gibi pek çok alanda geliştirilen akıllı sistemler toplumsal, kültürel ve ihtiyaçlar konusunda da hayatı kolaylaştırmaktadır [1]. Bu sistemler her ne kadar canlı (yaşayan) varlık olarak insan fizyolojisi veya toplum faydası için ön plana çıksa da doğada ekosistemi yürüten canlı organizmalar için de katkı sağlayacak düzeye ulaşmaktadır. Doğadaki canlı sistemler incelendiğinde hem yaşamsal döngüleri hem de çevreleri ve birbirleriyle olan etkileşimleri ile karmaşık (kompleks) bir sistem olma özelliği taşımaktadır. Karmaşık sistemleri modellemek zordur; bu sistemlerin karakteristik özelliklerinden ve dinamik yapılarından dolayı davranışlarının iyi gözlemlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir [2]. Literatürdeki çalışmalarda bu sistemlerin teorik ve uygulama alanları bakımından yapay zeka, sistem teorisi ve bilgisayar bilimleri perspektifinden incelendiğinde; nesnelerin interneti (Internet of Things - IoT), makine öğrenimi, dağıtık sistemler, kontrol sistemleri, otonom hesaplama, mobil ve otonom robotlar, yönetim sistemleri, kullanıcı arabirimleri, etmen tabanlı sistemler, ekonomik ve finansal sistemler gibi etki alanlarını görmek mümkündür [3-5]. Bu çalışmada, doğada varlığını sürdüren sokak hayvanlarına yönelik bir akıllı hayvan barınak sistemi tasarımı ve modeli sunulmaktadır. Bu çalışma iki aşamadan oluşmaktadır; gerçek ortamda tasarımı yapılan bir barınakta (kulübede) su ve gıda doluluk oranlarını gözlemleyecek bir sistem ve bu sistemi simülasyon ortamında optimize edebilecek bir model önerilmektedir. Çalışmanın ilk aşaması olan akıllı barınak sistem tasarımında su ve gıda kaplarının doluluk oranlarının dinamik olarak takibi ve kontrolü yapılmaktadır. Bu sistem Rasperry Pi kiti kullanılarak nesnelerin interneti ile ilişkili elektronik elemanların Python programlama ile birlikte yürütülmesi şeklinde sağlanmaktadır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise, ilk aşamada tasarlanan sistemin etmen tabanlı modelini oluşturarak, bu sistemin geliştirilmesine katkı sağlayacak bir simülasyon çalışması sunulmaktadır.

Etmen tabanlı modelleme ve simülasyon, gerçek sistem davranışlarının simülasyon ortamında etmenlerle ve etmenlerin birbirleriyle olan etkileşimlerinin benzetimini sağlamaktadır. Simülasyon ortamı ve temsili ortam, bir etmen tabanlı simülasyonu oluşturan temel bileşenlerdir. Temsili ortamda etmenler, sistem bileşenleri ve sistem durum değişkenleri tanımlanmaktadır. Simülasyon modelinde gözlemlenecek olan davranışlara ait kurallar ve eylemler temsili ortamda sunulmaktadır. Simülasyon ortamında ise sistem davranışı ve sonuçları gözlemlenmektedir. Bu çalışmada önerilen sistem modeli, varlıkların etmen olarak tanımlanması ve sistem parametrelerinin de temsili ortamda işlenmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca varlıkların etkileşimi etmen sınıflarıyla, eylemler ve kurallar ise bu sınıflarda tanımlı metotlar yoluyla yürütülebilmektedir.

Bu çalışmanın organizasyonu şöyledir; ikinci bölüm önerilen sistemin tasarımını ve özelliklerini içermektedir, üçüncü bölüm önerilen sistemin etmen tabanlı modelini oluşturan parametrelerden ve simülasyon uygulamasından oluşmaktadır, dördüncü bölüm ise bu çalışmanın sonuçlarını değerlendirmektedir.

2. Sistem Tasarımı

2.1. Sistemin Genel Mimarisi

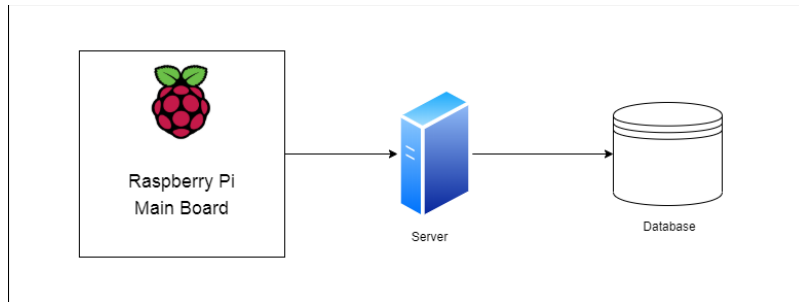
Bu çalışmanın ilk aşaması, sunulan akıllı hayvan barınak sisteminin maksimum fayda sağlayacak şekilde tasarlanması yönündedir. Bu çalışmada akıllı hayvan barınak sistemi için referans alınan örnek hayvan modeli köpek olarak seçilmiştir ve ilgili parametreler de bu yönde ayarlanmaktadır. Barınakta temel amaç hayvanın su ve gıda ihtiyacını kontrollü olarak sağlamaktır. Barınaktaki su ve gıda takibi ve kontrolünün yanında barınaktaki sıcaklık ve nem verileri de dinamik olarak gözlemlenmektedir. Şekil 1'deki prototipte görülen iki adet uzun borulardan biri su için diğeri ise gıda deposu (tank) için tasarlanmaktadır; uzun borulardan kaplara su ve gıda dolumu yapılmaktadır.

Sistem, bu kaplardaki doluluk oranlarına göre depodan su veya gıda ihtiyacını takip etmektedir. Örneğin gıda kabı içinde gıda az ise, sisteme gelen verilere göre günün belirli saatlerinde gıda kabına dolum yapılmaktadır. Gıda kabındaki dolumun belirli saatlerde yapılması hayvanların bu sisteme adaptasyonunu sağlaması yönünde uygun olacağı düşünülmektedir. Su kabındaki suyun azalma durumunda sistem tarafından su kabına dolum yapılmaktadır.



Şekil 1. Akıllı hayvan barınak sistemi prototipi

Sistem su ve gıda kaplarındaki kontrolünün yanında, prototipteki su ve gıda depolarındaki oranlar Raspberry Pi tarafından sensörlerden gelen verilere göre ölçülmektedir. Veriler TCP/IP socket programlama ile verilerin toplandığı sunucuya gönderilmektedir. TCP/IP programı ile sunucuya gelen veriler veri tabanında saklanmaktadır. Ölçülen bu veriler web ortamında görüntülenebilmektedir. Şekil 2’de sistemin genel mimarisi görülmektedir.



Şekil 2. Sistemin genel mimarisi

2.2. Sistem Bileşenleri

Akıllı hayvan barınak sisteminin ana bileşeni olarak Raspberry Pi kiti kullanılmaktadır [6]. Bu kit, işletim sistemi kurulumu ve Python programlama desteği ile bu çalışmada önerilen sistemin hesaplamalı modelini ortaya koymaktadır. Prototipteki su kabındaki su seviyesini ölçmek için su seviyesi sensörü kullanılmaktadır. Su deposundaki su seviyesini ölçmek için ise su geçirmez bir ultrasonik mesafe sensörü kullanılmaktadır. Mesafe sensörü, su deposunun belirlenen alt ve üst sınırlarına göre bir ölçüm ayarı yapmaktadır. Gıda deposundaki ve kabındaki gıda seviyesini ölçmek için iki sensör denenmektedir. İlk olarak, gıda kabı için ağırlık sensörü kullanılsa da sensör optimizasyonu tam olarak yapılamadığı için ultrasonik mesafe sensörü ile ölçümler sağlanmaktadır. Gıdaların depodan kaba dökülmesi bir servo motor aracılığı ile olmaktadır. Su deposundaki suyu su kabına dökmek için DC su pompası motoru kullanılmaktadır. Su motorunun artı ve eksi iki çıkış noktası vardır. Doğrudan voltaj uygulandığında motor çalışmaktadır. Motor sürücü devresi, motoru çalıştırmak için programlanmaktadır. Su ve gıda ölçüm verilerini almayı sağlayan sensörler dışında, barınağın nem ve sıcaklık değişimlerini anında ölçen sıcaklık ve nem sensörleri de sistem

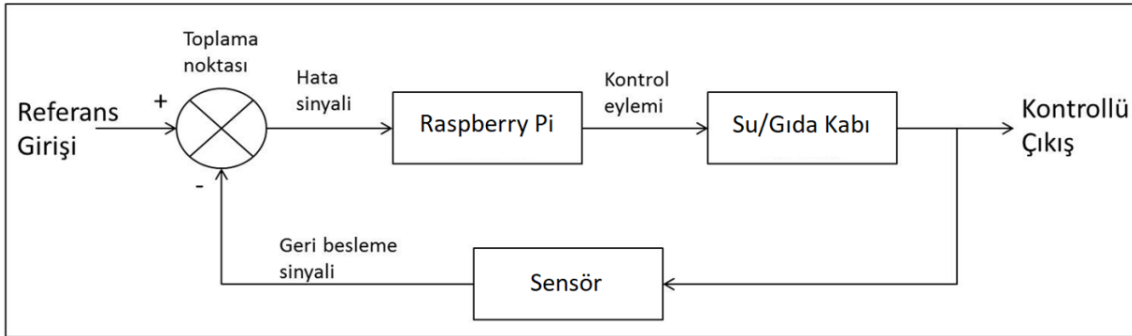
bileşenlerinin içinde yer almaktadır. Şekil 3’de sistem bileşenlerinin oluşturduğu kontrol devresi görülmektedir.



Şekil 3. Akıllı hayvan barınak sisteminin kontrol devresi

2.3. Kontrol Mekanizması

Sistemdeki su ve gıda kaplarının kontrolü için sensörler tarafından ölçülen veriler önem taşımaktadır. Sensörlerden elde edilen veriler bir sunucu (server) bilgisayarın veri tabanında saklanmaktadır. Su ve gıda kaplarındaki su ve gıda seviyeleri belirli eşik değerinin altına düştüğünde negatif geri beslemeli (feedback) kontrol mekanizması çalışmaktadır (Şekil 4).

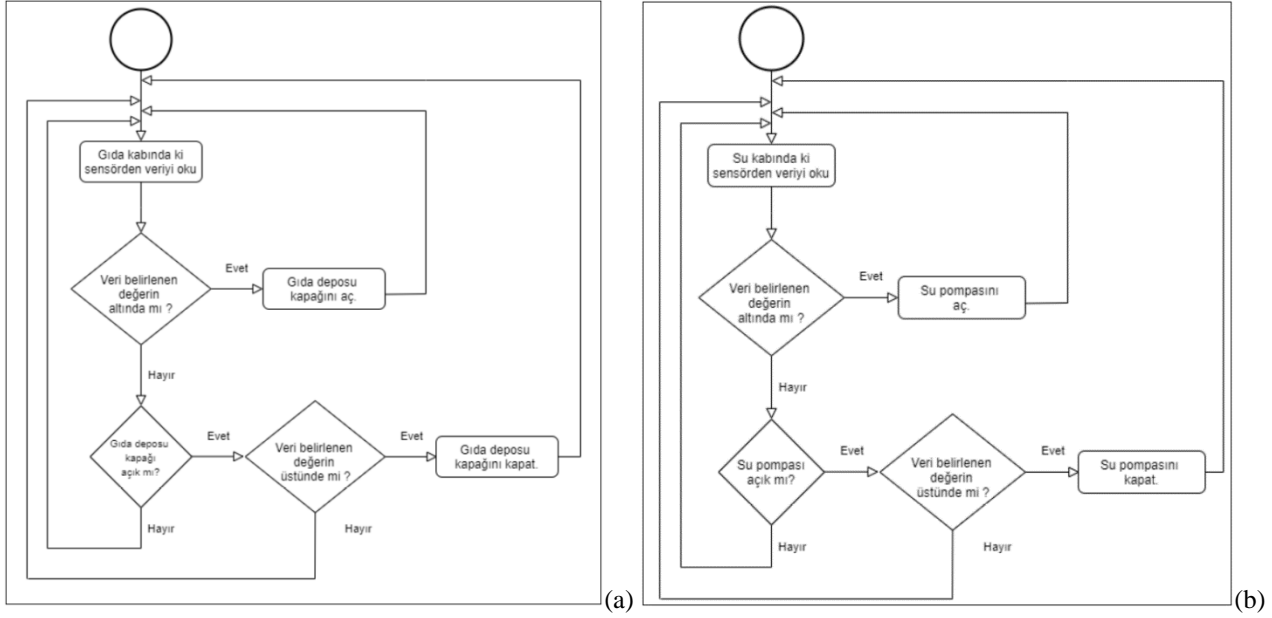


Şekil 4. Sistemin su ve gıda ihtiyacına yönelik önerilen negatif geri beslemeli kontrol sistemi

Şekil 4’de gösterilen negatif kontrol mekanizmasında, referans girişi sistemde istenen bir ayar noktasıdır [3]. Ayar noktası, kontrol eyleminin oluşması için toplama noktasına uygulanan harici bir sinyaldir. Bu sistemin referans girişi, su veya gıda kaplarındaki su ve gıda seviyesinin istenilen değeridir. Bu sistemin kontrol ünitesi, denetlenen sisteme kontrol eylemini gerçekleştirecek olan Raspberry Pi kontrolörüdür. Denetlenen sistem/ünite, prototipteki su ve gıda kaplarıdır. Geri besleme sinyali, ilgili sensörler tarafından kaplardaki ölçülen değerleri göstermektedir. Geri besleme sinyali ile referans değeri arasında oluşan fark, kontrol ünitesini harekete geçiren hata sinyalini oluşturmaktadır. Kontrol ünitesine gelen bu hata sinyali, kontrolör tarafından kontrol eyleminin oluşmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada kontrol eyleminin basit “eğer-ise (if-then)” kurallarına bağlı algoritması oluşturulmaktadır. Gıda kabı için kontrol eylemi gıda deposunun

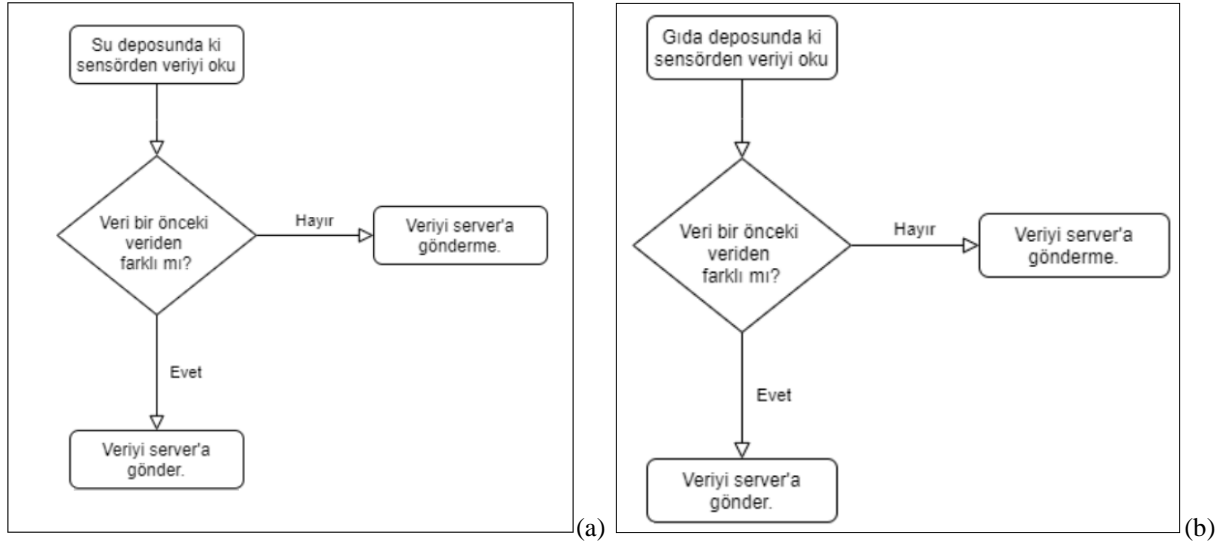
kapağının açılması veya kapanması şeklinde gerçekleşmektedir (Şekil 5a). Su kabı için kontrol eylemi su pompasının açılması veya kapanması olarak Şekil 5b'deki akış diyagramında gösterilmektedir. Negatif geri beslemeli kontrol mekanizmasında, su ve gıda kaplarındaki seviyeler referans değerinin altına düştüğünde kontrolör, ortaya çıkan hata sinyalinin minimize edilecek şekilde kapların dolmasını sağlamaktadır.

Şekil 5a'da gıda kabının ve Şekil 5b'de su kabının dolumuna ait akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 5. (a) Gıda kabı kontrolü akış diyagramı (b) Su kabı kontrolü akış diyagramı

Su ve gıda deposuna ait algoritmaların akış diyagramları Şekil 6a ve Şekil 6b'de gösterilmektedir.

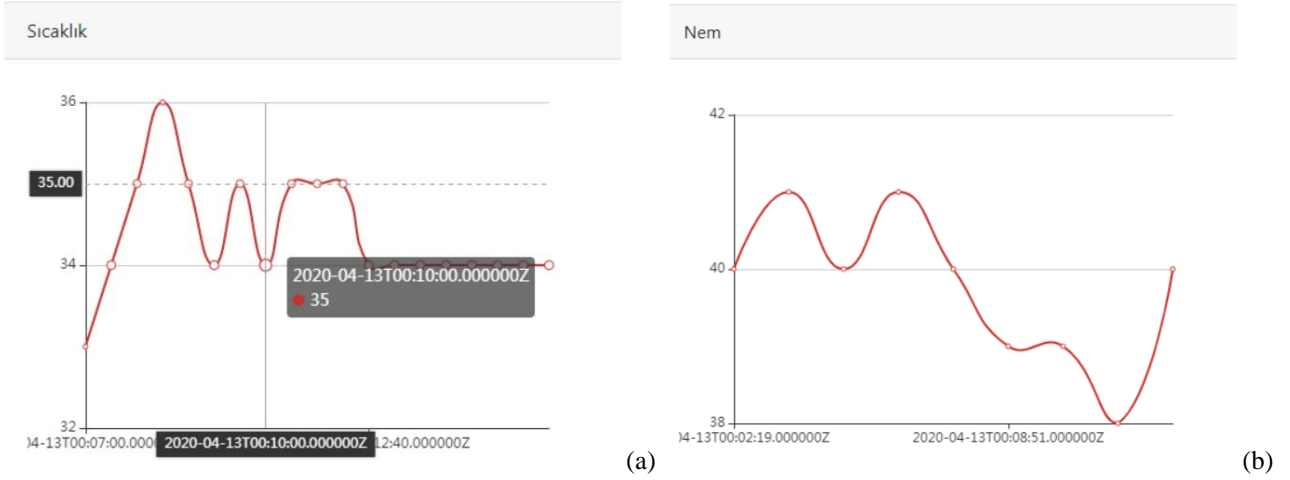


Şekil 6. (a) Su deposu veri kontrolü akış diyagramı (b) Gıda deposu veri kontrolü akış diyagramı

2.4. Sonuçların Değerlendirilmesi

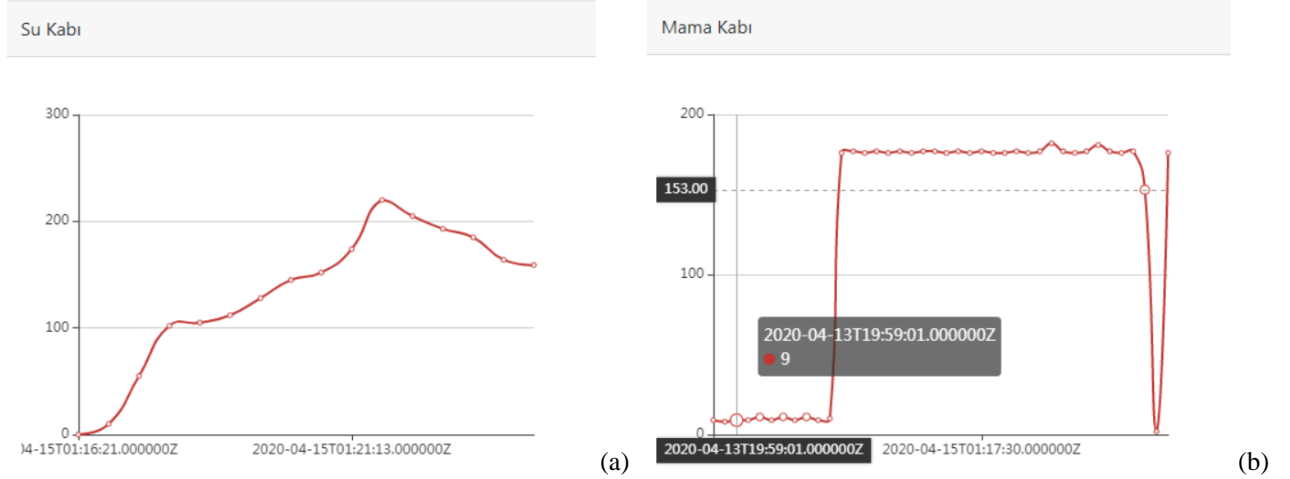
Barınaktaki sıcaklık ve nem bilgileri anlık olarak sensörlerden gelen verilere göre gözlemlenebilmektedir. Bu verilerin gözlemlenmesi, barınak için uygun şartların güncellenmesi

açısından önem taşımaktadır. Barınaktaki sıcaklık ve nem değerlerine ait grafik Şekil 7a ve Şekil 7b'de görülmektedir. Sıcaklık $^{\circ}\text{C}$ olarak, nem değeri ise yüzdelik oran olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 7. (a) Sıcaklık grafiği (b) Nem grafiği

Gıda ve su kaplarındaki bilgiler, sensörlerden ölçülen analog verilerdir. Su kabındaki su seviyesi değer 0'a yaklaştıkça azalmaktadır. Su kabındaki üst limit kaptaki taşmaları engellemek için yaklaşık olarak 230 birim olarak programda ayarlanmıştır. Gıda kabında gözlemlenen değer 0'a yaklaştığında gıda deposundan dolum gerçekleşmektedir. Ölçümlerde gözlemlenen yaklaşık ± 2 fark, devrede kullanılan entegrelerin hata payından kaynaklı olarak değerlendirilmektedir. Su ve gıda (mama) kabında gözlemlenen grafikler Şekil 8a ve Şekil 8b'de belirtilmektedir.



Şekil 8. (a) Su kabı ölçüm grafiği (b) Gıda kabı ölçüm grafiği

3. Etmen Tabanlı Simülasyon

Bu çalışmanın ikinci aşaması, önerilen akıllı hayvan barınak sisteminin geliştirilmesine yönelik etmen tabanlı bir simülasyon uygulamasını içermektedir. Etmen tabanlı modelleme yaklaşımı ile sistemdeki bireyler/varlıklar etmen (agent) olarak isimlendirilmektedir. Bu modelleme yönteminde etmenlerin birbirleri ve çevresi ile olan etkileşimleri sonucu sistemin davranışı ortaya çıkmaktadır. Etmenler, kendi eylem kurallarına ve etmen tabanlı simülasyon ortamındaki etkileşimlere bağlı olarak belirli görevleri yerine getirmektedir [7-12]. Sistemin simülasyon uygulaması için nesne yönelimli programlamaya dayalı, etmen tabanlı bir modelleme ve simülasyon platformu olan Repast Symphony aracı kullanılmaktadır. Ücretsiz ve açık kaynaklıdır, böylece kullanıcılara etmen tabanlı

model ve simülasyon geliştirmek için bir ortam sağlamaktadır. Repast Symphony, simülasyon yazılımı için Eclipse entegre geliştirme ortamını (Integrated Development Environment - IDE) kullanmaktadır [13-15].

3.1. Etmenler ve Parametreleri

Bu çalışmada köpek ve barınak etmenlerini tanımlayacak iki farklı etmen sınıfı oluşturulmaktadır. Etmenlerin özniteliklerini tanımlayan parametreler etmenlerin eylemlerini gerçekleştirmesinde önem kazanmaktadır. Repast Symphony kullanıcı ara yüzünde köpek ve barınak etmenleri için tanımlanan parametreler Şekil 9’da gösterilmektedir.

Şekil 9. Sistemi tanımlayan parametreler

Şekil 9’da verilen başlangıç parametreleri incelendiğinde, köpek etmenin yavru, genç, yetişkin ve yaşlı (baby, young, adult, old) olmak üzere yaşamsal döngülerini oluşturan yaş evreleri tanımlanmaktadır. Bu parametreler köpek etmenlerinin barınaklarda gıda tüketimleri açısından önemlidir. Tanımlanan yaş evrelerine göre köpek etmenlerinin gıda tüketim oranları değişmekte ve tükettikleri gıda oranlarına göre de boyutları (size) farklılık göstermektedir. Tanımlanan bu etmenler için dişi (female) ve erkek (male) olmak üzere cinsiyet parametresi de eklenmektedir. Cinsiyet parametresi, dişi etmenlerin doğum yapabilme eylemini gerçekleştirmesine ve buna bağılı etmen sayısının artmasına sebep olmaktadır. Dişi köpek etmenlerinden de sadece belirli yaş evresini tamamlamış ve belirli boyuta erişmiş olanlar üreme eylemini gerçekleştirmektedir. Belirli yaş evrelerine göre de üreme sayıları değişmektedir. Örneğin yaşlı evrede olan bir köpek etmeni en fazla bir üreme gerçekleştirebilmektedir. Etmenlerin sistem içinde hayatta kalabilme (survival probability) oranı tanımlanmaktadır. Bu oran barınakta gıda bulamama veya enerjilerine göre değişmektedir. Bu oranın altında kalan etmenler ortamı terk etmektedir. Sıcaklık verilerine göre de sıcaklığa bağılı ortamda kalma oranı (temperature survival probability) tanımlanmaktadır.

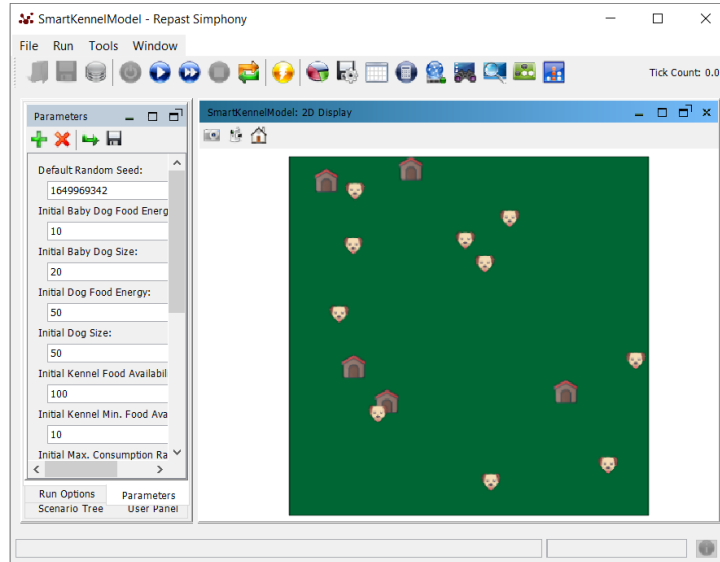
Etmenlerin maksimum gıda tüketim oranı da (max. consumption rate) parametreler arasında yer almaktadır. Tüketebilecekleri oran yaş evrelerine bağlı olarak değişmektedir. Etmenlerin yaş evreleri ve tükettikleri gıda oranına bağlı olarak tanımlı enerji oranları vardır. Belirli enerji oranının altında kalan etmenler ortamdan ayrılmaktadır.

Sistemde tanımlanan barınak etmenine ait parametreleri, barınak etmen sayısı (number of kennel), barınaktaki yiyecek oranı (kennel food availability) ve kalan minimum yiyecek oranı (kennel min. food availability) şeklinde tanımlamak mümkündür.

3.2. Sistemin Çalışması

Repast Symphony’de simülasyon “tick” olarak adlandırılan çalışma adımlarına göre yürütülmektedir. Bu çalışma adımları bir zaman ifadesini veya bir büyüklük ölçütünü temsil edebilmektedir. Etmenler sistemde tanımlanan başlangıç parametreleri ile eylemlerinin ilk adımını yürütmektedir. Etmenler “eğer-ise (if-else)” koşul ifadelerine bağlı algoritmalar ile eylemlerini gerçekleştirmektedir. Etmenlerin eylemleri, etmen sınıfında oluşturulan metotlar ile tanımlanabilmektedir. Köpek etmen sınıfında, ortamda hareket etme, yaş evrelerine göre büyüme, beslenme, üreme ve ortamdan ayrılma eylemlerini gerçekleştirebildikleri metotlar tanımlıdır. Barınak etmen sınıfında ise barınaktaki kapların tüketim ve dolun eylemini gerçekleştirecek metotlar yer almaktadır. Gıda miktarı başlangıç parametrelerinde belirtilen minimum gıda miktarının altına düşerse, sistem barınaktaki gıda miktarını en üst düzeye çıkarmaktadır. Köpek etmenlerinin beslenme eylemine göre barınak etmeni gıda tüketim eylemini yürütmektedir.

Sistemin davranışı etmenlerin birbirleri ve çevreleri ile olan etkileşimi ile ortaya çıkmaktadır. Bu simülasyon uygulamasında sistemi oluşturan bireylerin öznelik ve görevleri etmen tabanlı modelleme yaklaşımı ile tanımlanmaktadır. Şekil 10’da, 2 boyutlu 100x100 grid alanından oluşan bir simülasyon ortamına rastgele (random) olarak dağılan köpek ve barınak etmenleri görülmektedir.



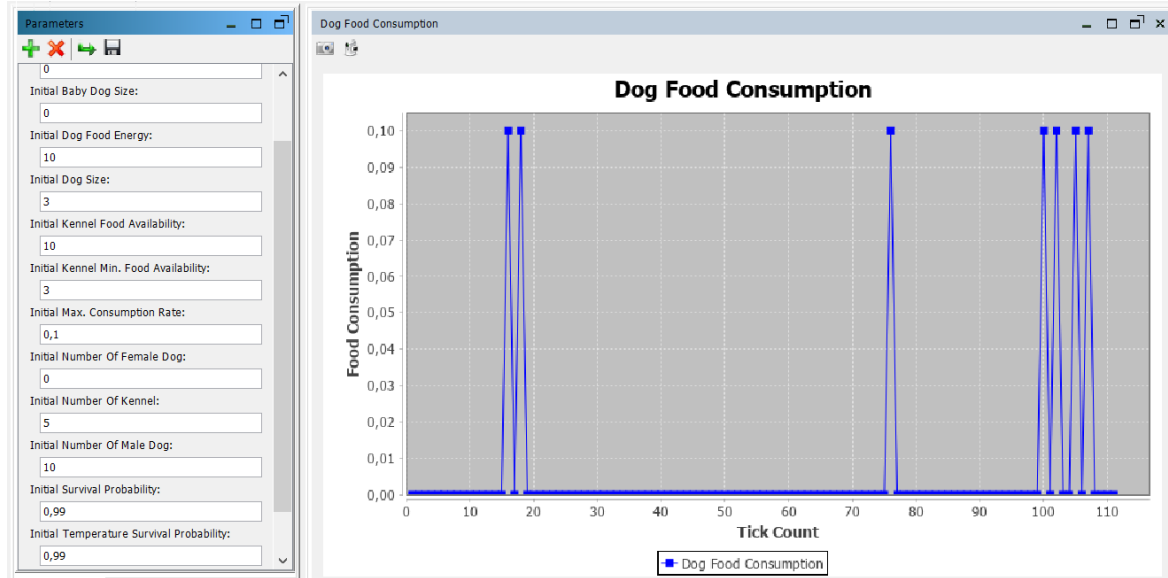
Şekil 10. Akıllı hayvan barınak sisteminin etmen tabanlı model yaklaşımı

Simülasyonda rastgele dağılım gösteren köpek etmenleri için bir görüş oran (vision range) sabiti tanımlanmaktadır. Köpeğin görüş alanında bir barınak varsa, köpek o barınaktan faydalanmaktadır. Görüş alanında bir barınak yoksa ve enerjisi de Şekil 9’da belirtilen tanımlı değerin altına düşmüşse köpek etmeni ortamı terk etmektedir. Tüm köpek etmenleri ortamı terk ettiğinde simülasyon

sonlanmaktadır. Simülasyonda Şekil 9’da belirtilen parametrelerin ayarlanması ile birçok deneysel gözlem yapılabilmektedir. Bu çalışmada amaç köpek ve beslenmesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır. Bu sebeple sistemde şu varsayımlara gidilmektedir:

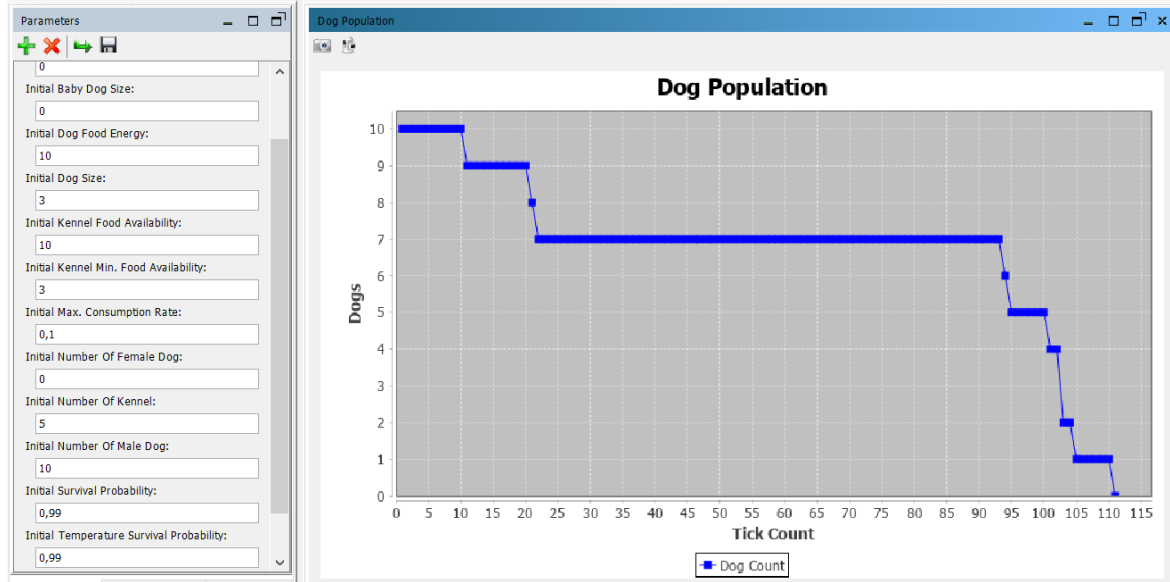
- Köpek etmenler için programda dişi ve erkek olarak cinsiyet parametreleri tanımlanmaktadır. Dişi köpek etmen sayısı 0 (sıfır) olarak varsayılmaktadır. Eğer dişi etmen sayısı verilirse üreme eylemi sebebiyle sistemin zaman kavramında güncelleme yapılması gerekmektedir ve bu durum sistemi daha karmaşık hale getirebilmektedir.
- Köpek etmenlerinin hayatta kalma oranı %99 olarak yüksek tutulmaktadır.
- Sıcaklık değişimlerine göre hayatta kalma oranı %99 olarak sabit tutulmaktadır, nem bilgisi tanımlanmamaktadır.
- Deneylerde köpek etmenlerinin yaşam döngülerinde tanımlanan yavru, genç, yetişkin ve yaşlı (baby, young, adult, old) yaş evrelerinde yetişkin köpek etmeni varsayılmaktadır. Parametre olarak yetişkin boyutu (size) girilmektedir.
- Simülasyon başlamadan önce köpek etmenlerine bir başlangıç enerjisi (Initial Dog Food Energy) tanımlanmaktadır (Şekil 9).
- Başlangıçta barınakta gıda (Initial Kennel Food Availability) parametre değeri verilebilir. Minimum olacağı değer de (Initial Min. Kennel Food Availability) belirlenebilmektedir (Şekil 9).

Yukarıda açıklanan varsayımlara göre sistem başlangıçta 10 köpek etmeni ve 5 barınak etmeni olacak şekilde çalıştırıldığında Şekil 11’de köpeklerin barınaktaki gıda tüketimleri gösterilmektedir. 111 adım (tick) çalışma süresi sonunda 16., 18., 76., 100., 102., 105. ve 107. adımlarda beslenme gerçekleşmektedir.



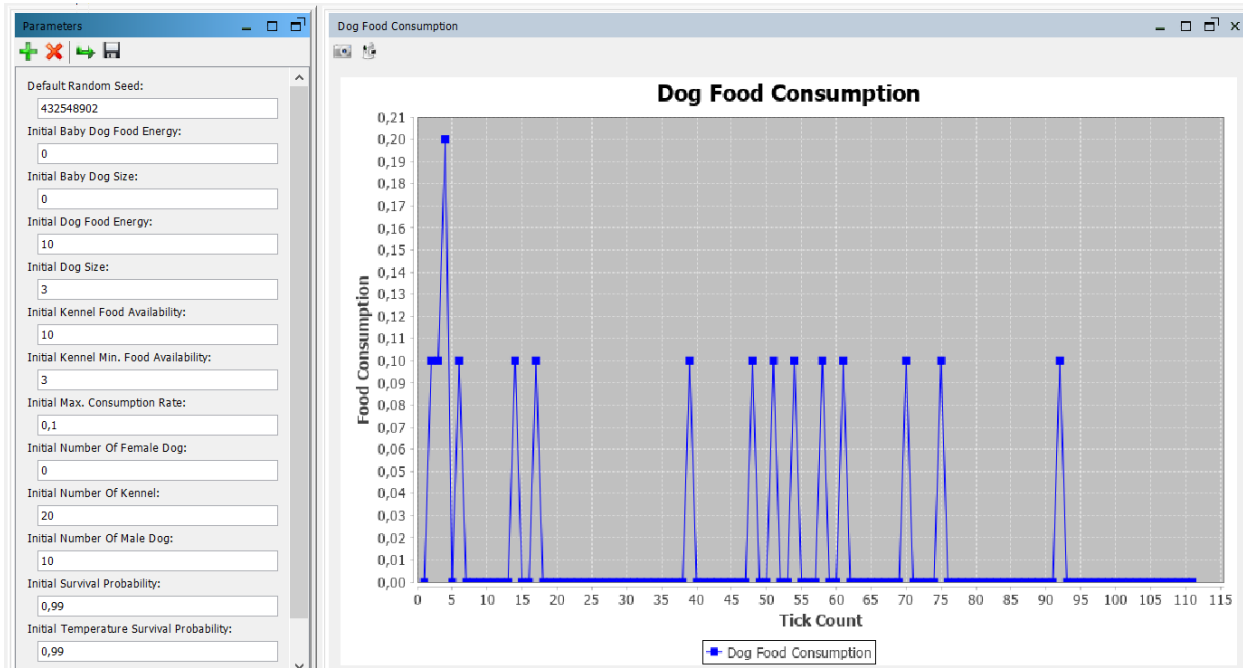
Şekil 11. Gıda tüketim grafiği

Şekil 12’de görüldüğü üzere köpek etmenleri ortamı terk ettiğinde simülasyon sonlanmaktadır. Simülasyon boyunca köpek etmenleri ortamda rastgele hareket etmeye devam etmektedir. Şekil 11’de gıda tüketiminin olduğu adımlara bakıldığında, 16. ve 18. adımlarda 9 köpek, 76. adımda 7 köpek, 102. adımda 4 köpek, 105 ve 107. adımlarda 1 köpek kaldığı görülmektedir.



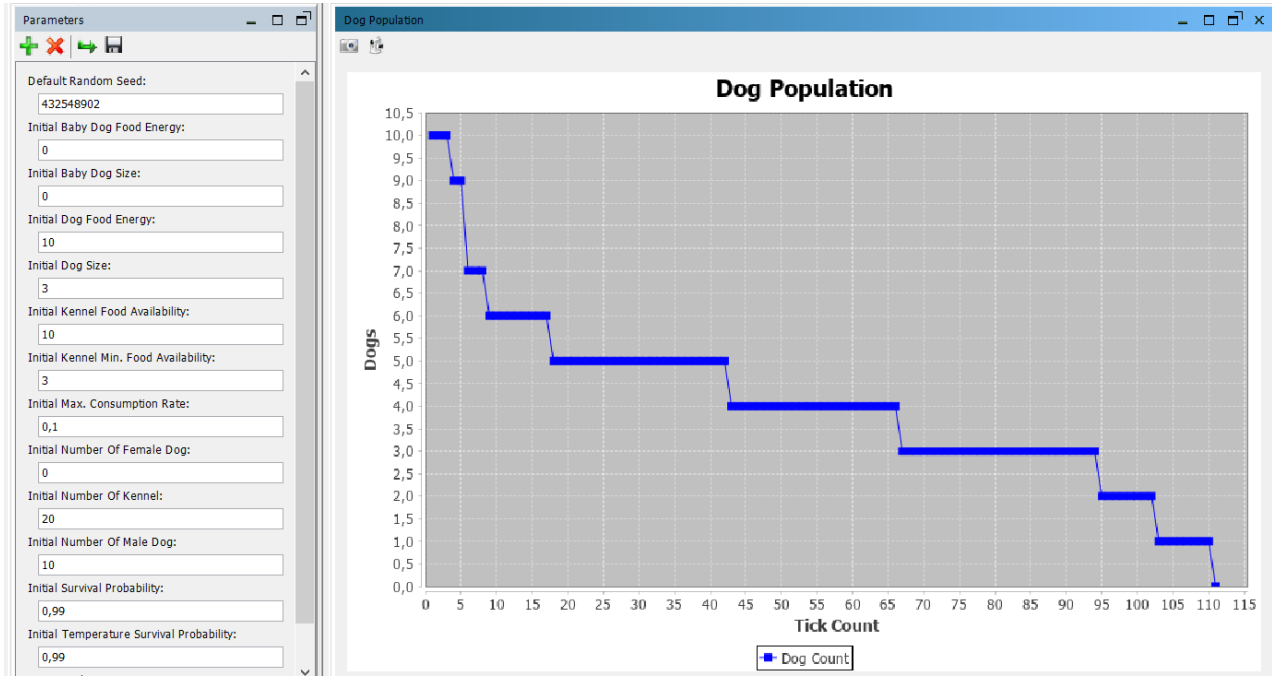
Şekil 12. Simülasyon ortamındaki köpek etmen popülasyonu

Simülasyonda köpek etmen sayısı 10, barınak etmen sayısı ise 20 olarak ayarlandığında gıda tüketim oranı Şekil 13'de görülmektedir. Barınak etmen sayısının fazla olması barınakların köpek etmenlerinin görüş alanına daha çok girebilmesini sağlamaktadır. Şekil 13'de gıda tüketim oranının arttığı görülmektedir.



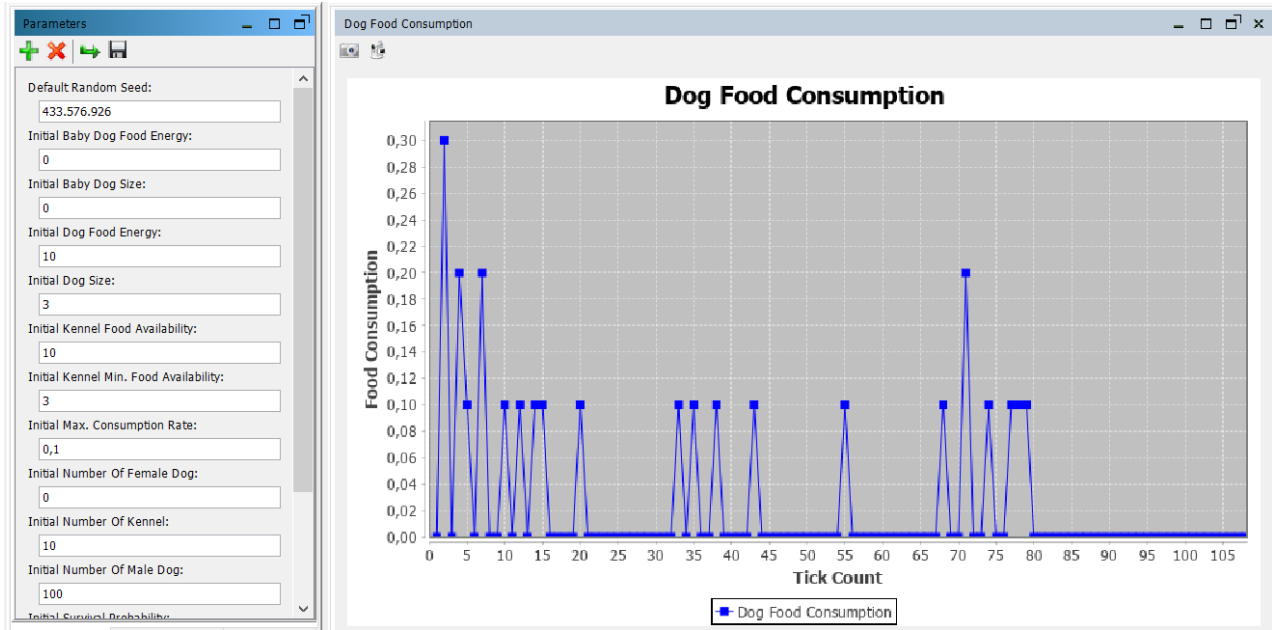
Şekil 13. Gıda tüketimi grafiği (10 köpek etmeni, 20 barınak etmeni)

Şekil 14'de köpek etmenlerinin popülasyon değişim grafiği görülmektedir. Köpek etmenleri simülasyon boyunca ortamda rastgele hareket ettiklerinden dolayı görüş alanındaki barınak etmenleri ile etkileşimde bulunarak beslenme eylemlerini gerçekleştirmektedir. Beslenme eylemini gerçekleştiremeyen ve hayatta kalma oranları ile enerji değerlerini koruyamayan köpek etmenlerinin ortamı terk etmesi ile simülasyon sona ermektedir.



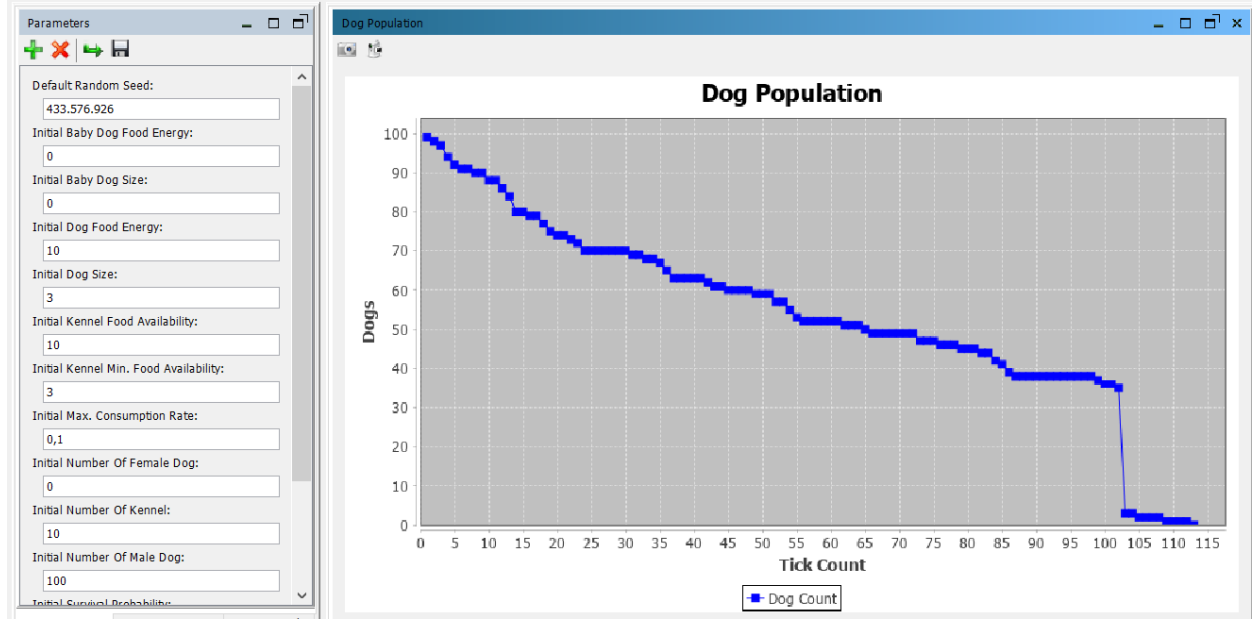
Şekil 14. Simülasyon ortamındaki köpek etmen popülasyonu (10 köpek etmeni)

Simülasyonda barınak etmen sayısı köpek etmen sayısının %10'u olduğu varsayıldığında, gıda tüketim oranının arttığı Şekil 15'de görülmektedir.



Şekil 15. Gıda tüketim grafiği (100 köpek etmeni, 10 barınak etmeni)

Köpek etmen sayısının fazla olması barınak etmenleri ile daha fazla etkileşimi sağlamakta ve gıda tüketim oranını arttırmaktadır. 100 köpek etmeni ile gözlemlenen popülasyon grafiği Şekil 16'da gösterilmektedir.



Şekil 16. Simülasyon ortamındaki köpek etmen popülasyonu (100 köpek etmeni)

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, gerçek ortamda sokak hayvanlarının günlük su ve gıda ihtiyacını karşılamaya yönelik akıllı bir hayvan barınak sistemi tasarımı sunulmaktadır. Sistemin tasarımında asıl hedef su ve gıda ihtiyacının kontrollü bir şekilde sağlanabilir olmasıdır. Bu çalışmada sunulan/önerilen sistem prototipi, kontrol eylemini sağlayan ekipman ve devre elemanları, gelişmekte olan teknolojilere göre güncellenebilir veya çevre şartlarına göre iyileştirilebilir durumdadır. Çalışmanın ikinci aşaması sistem modelinin simülasyon ortamında uygulanması şeklinde sunulmaktadır. Simülasyon modelinde etmenler, etmenlerin öznelikleri, başlangıç parametreleri ve etmen sınıflarında etmenlerin eylemlerini yürüten metotlar tanımlanmaktadır. Bu çalışmada sunulan sistemin dinamik bir yapıda olması, iç veya dış çevreden gelen bozucu etkilere karşı açık olması, bu sistemin sanal ortamda benzetimini zorlaştırmaktadır. Simülasyon ortamında her ne kadar çok parametre tanımlanmış olsa da, karmaşık sistem yapısı basit kurallarla soyutlanabilir hale getirilebilmektedir. Simülasyon ortamında verilerin gözlem ve analiz süreçleri uygun parametre ayarlamaları ile sağlanabilmektedir. Sistemin deneysel doğrulanması, sistemin girdileri/parametreleri ve çıktıları ile ilişkilidir. Sistemin girdileri, etmenlerin davranışları veya etkileşimlerinin yapısal varsayımlarından oluşmaktadır. Tanımlanan kurallar ile sistemin davranışı gözleme dayalı doğrulanabilmektedir.

Yazar(lar)ın Katkıları

ET, sistemin prototipini oluşturup ilgili kontrolleri sağlamıştır. SE, sistem modelinin etmen tabanlı simülasyonunu yürütmüştür. ET ve SE simülasyonun deneysel gözlem sürecini birlikte gerçekleştirmiştir.

Her iki yazar da makalenin son halini okudu ve onayladı.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- [1]. Information Resources Management Association, *Smart Technologies: Breakthroughs in Research and Practice* (1st. ed.), 2017, IGI Global, USA.
- [2]. Sayama, H., "Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems", Open SUNY Textbooks, Milne Library State University of New York at Geneseo, 2015.
- [3]. Russell, S. J., Norvig, P., *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (Third ed.), 2010, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- [4]. Emek, S., *Kendini Uyarlayabilen Sistemlerin Global Davranışlarının Etmen Tabanlı Sistemlerle Modellenmesi ve Simülasyonu*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2018.
- [5]. Macias-Esciva, F. D., Haber, R., del Toro, R., Hernandez, V., *Self-adaptive systems: A survey of current approaches, research challenges and applications*, *Expert Systems with Applications*, 2013, 40:7267–7279.
- [6]. Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/>, Erişim Tarihi: 20 Mayıs 2022.
- [7]. Klügl, F., Bazzan, A.L.C., *Agent-Based Modeling and Simulation*. Association for the Advancement of Artificial Intelligence, 2012, 29-40.
- [8]. Bandini, S., Manzoni, S.T., Vizzari, G., *Agent Based Modeling and Simulation: An Informatics Perspective*, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2009, 12(4).
- [9]. Macal, C. M., North, M. J., *Tutorial on agent-based modeling and simulation*, *Journal of simulation*, 2010, 4(3):151-162.
- [10]. Bonabeau, E., *Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 2002, 99(3), 7280-7287.
- [11]. Negahban, A., Yılmaz, L., *Agent-based simulation applications in marketing research: an integrated review*, *Journal of Simulation*, 2014, 8: 129-142.
- [12]. Odell, J., Parunak, H., Fleisher, M., Brueckner, S., *Modeling Agents and Their Environment*. In: Giunchiglia F., Odell J., Weiß G. (eds) *Agent-Oriented Software Engineering III. AOSE 2002*. *Lecture Notes in Computer Science*, 2003, 2585, Springer, Berlin, Heidelberg.
- [13]. North, M. J., Collier, N. T., Ozik, J., Tatara, E., Altaweel, M., Macal, C. M., Bragen, M., Sydelko, P., *Complex Adaptive Systems Modeling with Repast Symphony*. *Complex Adaptive Systems Modeling*, Springer, Heidelberg, FRG, 2013.
- [14]. The Repast Suite. <https://repast.github.io/>, Erişim Tarihi: 20 Mayıs 2022.
- [15]. Bora, Ş., Emek, S., *Agent-based Modeling and Simulation of Biological Systems*. *Computer Simulation*, Book Chapter, IntechOpen, 2018. ISBN 978-953-51-6345-9.