

UOT: 681

İBRAHİM S.C.

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti (AzMİU)

## AĞILLI EV SİSTEMLƏRİNDƏ XARİCİ MÜHİT FAKTORLARININ MODELLƏŞDİRİLMƏSİ VƏ SİMULYASIYASI

**Giriş.** Ağıllı ev sistemləri müasir informasiya texnologiyalarının inkişafı ilə gündəlik həyatda komfort və rahatlığın artırılması yönündə mühüm yer tutmağa başlamışdır. Bu sistemlər ev içindəki temperatur, işıqlandırma, enerji istifadəsi və təhlükəsizlik kimi dəyişənlərin əsasında avtomatik idarəetməni təmin edərək istifadəçi təcrübəsini asanlaşdırır. Lakin mövcud ağıllı ev sistemlərinin əksəriyyəti yalnız daxili mühit göstəricilərini nəzərə alır və bu göstəricilərə əsasən idarəetməni təmin edir. Xarici mühit dəyişənlərinin nəzərə alınması və xarici mühit parametrləri üçün qərarvermənin avtomatlaşdırılması həm enerji sərfiyyatı həm də təhlükəsizlik səviyyəsinin artırılması baxımından mühüm yer tutur.

Bu məqalə ağıllı evlərdə xarici mühit dəyişənlərinin modelləşdirilməsi və xarici mühitdəki dəyişənlərə əsasən qərarvermə mexanizminin qurulmasına yönəlmişdir. Məqalədə həmçinin simulyasiya nəticələrinin sistemin enerji səmərəliliyi və təhlükəsizlik səviyyəsinə təsiri təhlil edilir.

### 1. Sistem arxitekturası və modelləşdirmə:

**1.1 Ümumi Arxitektura.** Əsas sistem komponentləri:

- *Sensorlar:* Xarici mühit göstəricilərini və təhlükəsizlik sistemlərindən gələn dəyərləri ölçür (ışıq, hərəkət, üz tanıma, barmaq izi, kameralar və s.)
- *Qərarvermə bloku:* Sensorlardan gələn verilənlər əsasında qərarlar qəbul edir.

**Aktuatorlar / İdarə olunan cihazlar:** Işıqlandırma, kilidlər siqnalizasiya

### 1.2 Xarici mühit dəyişənləri.

- *Gün işığı:* Işıqlandırmanın tənzimlənməsi;
- *Zaman:* Günü müxtəlif saatlarına əsasən işıqlandırmanın iş rejiminin tənzimlənməsi.
- *Hərəkət:* Hərəkət sensorların gələn verilənlərə əsasən siqnalizasiya, işıqlandırma sistemlərinin qərarvermə davranışının tənzimlənməsi.
- *Kamera:* Kameralardan gələn məlumatlara əsasən təhlükəsizlik təmini

**1.3 Qərarvermə mexanizmi.** Hazırkı sistemdə qərarvermə mexanizmi əsasən qayda əsaslı (rule-based) və hadisəyə reaksiya verən (event-driven) yanaşma üzərində qurulmuşdur. Bu mexanizm real vaxt rejimində müxtəlif giriş parametrlərini (cari vaxt, gün işığı səviyyəsi, istifadəçinin mövqeyi, qapı statusu və s.) izləyərək əvvəlcədən müəyyən edilmiş qaydalar çərçivəsində avtonom olaraq qərarlar qəbul edir.

**1.3.1 Nümunələr:** Sistemin işləmə prinsipinin anlaşılması üçün konkret ssenarilər və ona uyğun qərarvermə prosesinin necə getdiyinə nəzər salmaq.

**Nümunə 1: Hərəkət sensorlu işığın avtomatik yandırılması**

**Ssenari:** İstifadəçi hərəkət edir və hərəkət sensorunun (3 hüceyrə radiusu) əhatə dairəsinə daxil olur.

**Sistem qərarı: Sistem qərarını formalaşdıran kod parçasının sadələşdirilmiş versiyası:**

```
// updateLightStates() funksiyasından sadələşdirilmiş hissə
if (light.n === "MOVE SENSITIVE") {
```

```
const dx = Math.abs(personX - x);
const dy = Math.abs(personY - y);
if (dx <= 3 && dy <= 3) { // şəxs radius
daxilindədirsə
    light.on = true;
addLog(`Hərəkət aşkarlandı → "${light.n}"
ışığı (${x},${y}) yandırıldı`, "light");
} else {
    light.on = false;
addLog(`Hərəkət yoxdur → "${light.n}"
ışığı (${x},${y}) söndürüldü`, "light");
```

**Nəticə:** Şəxs sensor radiusuna daxil olan kimi işıq avtomatik yanır, çıxdıqdan 3–5 saniyə sonra (real sistemlərdə adətən tənzimləmə gecikmə) sönmür.

**Nümunə 2: Vaxt əsaslı işığın işləməsi (TIMED) Ssenari:** Işıq 19:00–07:00 arası işləmək üçün təyin edilib. Cari vaxt 19:15-dir.

**Sistem qərarı: Sistem qərarını formalaşdıran kod parçasının sadələşdirilmiş versiyası:**

```
function isTimeInRange(current, start, end) {
    return start <= end
    ? current >= start && current < end
    : current >= start || current < end; // gecə
intervalı üçün (məs: 22:00–06:00)
// updateLightStates() daxilində:
if (light.n === "TIMED" && light.tr) {
    const [start, end] = light.tr;
    const shouldBeOn =
isTimeInRange(currentTime, start, end);
    if (light.on !== shouldBeOn) {
        light.on = shouldBeOn;
        addLog(`Vaxt aralığı şərti → işıq
${shouldBeOn ? "yandırıldı" : "söndürüldü"}
(${start}:00–${end}:00)`, "light");
```

**Nəticə:** Saat 19:00-da işıq avtomatik yanır, 07:00-da isə sönmür. İstifadəçinin manual müdaxiləsinə ehtiyac qalmır.

**2. Simulyasiya mühiti və reallaşdırılması.**

**2.1 İstifadə olunan texnologiyalar.** Təklif olunan xarici ağıllı ev sisteminin modelləşdirilməsi və simulyasiya üçün veb-əsaslı proqramlaşdırma texnologiyalarından

istifadə edilmişdir. Simulyasiya mühitinin hazırlanması üçün HTML5, CSS3, JavaScript və JavaScript-in üçölçülü obyektlər yaratma prosesini təmin edən ThreeJS kitabxanası əsas texnoloji vasitələr olaraq seçilmişdir.

HTML + CSS → “İstifadəçi interfeysinin formalaşdırılması”

JavaScript + Three.js → “Simulyasiya və vizuallaşdırma mexanizmi”

**2.2 Simulyasiyanın proqram arxitekturası.**

**Görünüş təbəqəsi (Presentation Layer).** Əsas vizualizasiya Three.js kitabxanası vasitəsilə həyata keçirilir. Bu təbəqə üçölçülü səhənin, kameranın, divarların, qapının, işıq lampalarının və personajın render edilməsini təmin edir.

**Məlumat modeli təbəqəsi (Data/Model Layer).** Sistem mərkəzi olaraq 22×22 ölçülü ikiölçülü massivdən (matrix) istifadə edir. Hər hüceyrə obyekt şəklində aşağıdakı məlumatları saxlayır:

- Hüceyrənin növü (wall, door, house, playground)
  - Keçilə bilən olub-olmaması (moveable)
  - Xüsusi xüsusiyyətlər (speciality: qapı, işıq, kamera və s.)
  - Şəxsin mövqeyi (personIn)
- Əlavə olaraq, işıqlar üçün ayrı Map strukturu (overlayLights) və qapı gecikmə taymerləri üçün doorLockTimers istifadə olunur. Bu model həm vizualizasiya, həm də qərarvermə prosesləri üçün vahid məlumat mənbəyi kimi xidmət edir.

**Qərarvermə təbəqəsi (Decision Layer).**

Bu təbəqə əsasən qayda əsaslı (rule-based) və hadisəyə yönəlmiş (event-driven) mexanizmlərdən ibarətdir:

- Işıq statusunun yenilənməsi (update LightStates())
- Qapıların avtomatik kilidlənməsi (scheduleDoorLock())
- Hərəkət sensorlarının reaksiyası
- Zaman və gün işığı dəyişikliklərinə reak-

siya (updateTimeAndSunlight()). Bu proseslər real vaxtda işləyir və modeldəki dəyişikliklərə uyğun dinamik hərəkət edir.

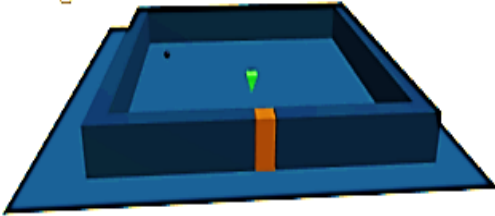
**İstifadəçi interfeysi təbəqəsi (UI Layer).** İstifadəçi ilə qarşılıqlı əlaqə vanilla JavaScript, HTML və CSS vasitəsilə təmin edilir:

- Parametrlər menyusu və popup sistemləri
- Təhlükəsizlik hadisələrinin log paneli
- Gün işığı səviyyəsi və vaxt idarəetmə slayderləri
- Kameranın canlı görünüş pəncərələri

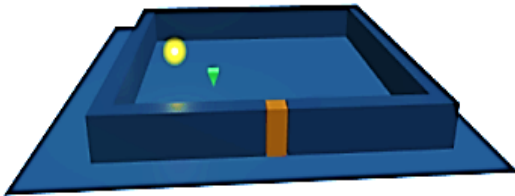
Bütün interfeys elementləri dinamik şəkildə yaradılır və mövcud vəziyyətə uyğun yenidən render edilir.

### 3. Simulyasiya ssenariləri və vizual nəticələr.

**3.1. Hərəkət sensorlu işıqlandırma ssenarisi.** Şəkil 1 və 2 hərəkət sensorlu işıqlandırma ssenarisini vizual olaraq göstərir. Şəkil 1-də şəxs sensor radiusu xaricindədir və işıq aktiv deyil. Şəkil 2-də şəxs sensor radiusu daxilindədir və işıq avtomatik aktivləşir.



Şəkil 1. Şəxs Sensor radiusu xaricindədir və işıqlandırma aktiv deyil.



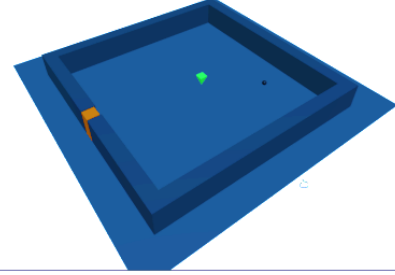
Şəkil 2. Şəxs sensor radiusu daxilindədir və işıqlandırma aktivləşib.

Bu ssenari real vaxt simulyasiyası ilə enerji səmərəliliyinin artırılmasını və təhlükəsizlik tədbirlərinin tətbiqini nümayiş etdirir.

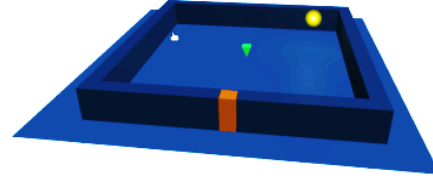
**3.2. Vaxt əsaslı işıqlandırma ssenarisi.** Şəkil 3 və 4 vaxt əsaslı işıqlandırma ssenari-

sini vizual olaraq göstərir. İşıqlandırmanın aktiv olma saati 18.00 və 06.00 olaraq qeyd edilmişdir.

Şəkil 3-də saat 12.00 olduğu üçün işıq aktiv deyil lakin Şəkil 4-də artıq saat 21.00-dır və işıq aktivdir.

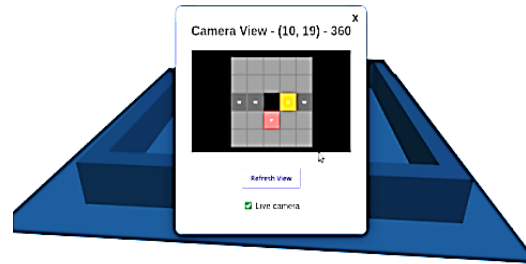


Şəkil 3. Saat 12.00-dır və işıq aktivləşməyib



Şəkil 4. Saat 21.00-dır və işıq artıq aktivdir

**3.3. Kamera əsaslı təhlükəsizlik ssenarisi.** Şəkil 5 kamera əsaslı təhlükəsizlik sistemini göstərir. Burada anlıq olaraq hərəkətlər izlənə bilər.



Şəkil 5 Kamera vasitəsilə canlı hərəkətlər müşahidə edilir

**3. Simulyasiya nəticələri və təhlil.** Bu bölmədə təklif olunan ağıllı ev sisteminin simulyasiya mühitində əldə edilən nəticələri təhlil edilmişdir. Aparılan ssenarilər xarici mühit dəyişənlərinin (zaman, gün işığı, hərəkət və kamera əsaslı nəzarət) sistemin ümumi davranışına, enerji sərfiyyatına və təhlükəsizlik səviyyəsinə təsirini qiymətləndirməyə imkan vermişdir.

**4.1. Enerji səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi.** Simulyasiya nəticələrinə əsasən, hərəkət və vaxt əsaslı işıqlandırma mexanizmlərinin tətbiqi enerji sərfiyyatının azalmasına birbaşa təsir göstərmişdir. Hərəkət sensorlu işıqlandırma ssenarisində işıqlar yalnız real ehtiyac olduqda aktivləşmiş, istifadəçi mühitdən çıxdıqdan sonra avtomatik şəkildə söndürülmüşdür. Bu yanaşma lazımsız enerji istifadəsinin qarşısını almışdır.

Vaxt əsaslı işıqlandırma ssenarisində işıqlar əvvəlcədən təyin olunmuş vaxt aralığında avtomatik olaraq idarə edilmişdir. Gün işığı səviyyəsinin yüksək olduğu saatlarda işıqlandırmanın passiv qalması enerji qənaətini daha da artırmışdır. Simulyasiya mühiti daxilində aparılan müşahidələr göstərir ki, bu yanaşmalar klassik manual idarəetmə ilə müqayisədə daha səmərəli enerji istifadəsini təmin edir.

*Cədvəl 1.*

c\№	İdarəetmə növü	Yanma müddəti (24 saat)	Nisbi enerji sərfi (%)	Qənaət nisbəti (%)	Əsaslandırıcı ssenari / qeyd
1	Manual (daimi yanacaq, heç bir sensor yox)	24 saat	100%	0%	Baza ssenari – işıq həmişə yanır
2	Yalnız hərəkət sensorlu	0.10 – 0.25 saat	0.4%–1.0%	99.0%–99.6%	Gündə 8–15 hərəkət epizodu, hər biri orta 45–90 saniyə yanacaq
3	Yalnız vaxt əsaslı (məs. 19:00–07:00)	12 saat	50%	50%	12 saatlıq sabit interval
4	Yalnız gün işığı əsaslı (<30%)	6 – 10 saat	25% – 42%	58% – 75%	Gecənin qaranlıq hissəsi (gün işığı şərti ilə)
5	Hibrid (hərəkət + vaxt)	0.15 – 0.40 saat	0.6%–1.7%	98.3% – 99.4%	Gündüz yalnız hərəkət, gecə hərəkət + vaxt şərti
6	Hibrid (hərəkət + vaxt + gün işığı)	0.10 – 0.30 saat	0.4%–1.3%	98.7% – 99.6%	Ən səmərəli variant – bütün şərtlər birlikdə

**4.2. Təhlükəsizlik səviyyəsinin təhlili.** Təhlükəsizlik baxımından aparılan simulyasiya ssenariləri xarici mühit dəyişənlərinin sistem davranışına əhəmiyyətli təsir göstərdiyini nümayiş etdirmişdir. Hərəkət sensorları və kamera əsaslı nəzarət mexanizmləri vasitəsilə mühitdə baş verən hadisələr real vaxt rejimində aşkarlanmış və sistem tərəfindən müvafiq reaksiyalar verilmişdir.

Kamera əsaslı təhlükəsizlik ssenarisində istifadəçinin hərəkətləri vizual olaraq izlənilmiş, şübhəli vəziyyətlərdə isə təhlükəsizlik hadisələri log sistemində qeydə alınmışdır. Bu yanaşma təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəldilməsinə, eyni zamanda istifadəçinin sistem üzərində daha effektiv nəzarət etməsinə

imkan yaratmışdır. Simulyasiya nəticələri göstərir ki, xarici mühit faktorlarının nəzərə alınması ağıllı ev sistemlərinin ümumi təhlükəsizlik səviyyəsini artırır.

**4. Nəticə.** Bu tədqiqatda ağıllı ev sistemlərində xarici mühit faktorlarının (gün işığı intensivliyi, sutka vaxtı, hərəkət və kamera əsaslı monitorinq) modelləşdirilməsi və veb-əsaslı interaktiv simulyasiya mühiti vasitəsilə qərarvermə mexanizmlərinin effektivliyi araşdırılmışdır. Three.js kitabxanası əsasında qurulmuş simulyasiya platforması real vaxt rejimində xarici parametrlərə əsaslanan rule-based və event-driven idarəetmə strategiyalarını test etməyə imkan vermişdir.

Əldə edilən simulyasiya nəticələri (cədvəl 1) aşağıdakı əsas nəticələri təsdiqləmişdir:

Hərəkət sensorlu və hibrid işıqlandırma mexanizmləri enerji sərfiyyatını manual idarəetməyə nisbətən 98–99% azaltmışdır (sutkalıq yanma müddəti 0.10–0.40 saat intervalına enmişdir);

Vaxt və gün işığı əsaslı mexanizmlər təkbaşına 50–75% enerji qənaəti təmin etmiş, hibrid tətbiqdə isə bu göstərici 99%-ə yaxınlaşmışdır;

Təklif olunan model xüsusilə ilkin layihələndirmə və prototipləşdirmə mərhələlərində real IoT cihazlarının (sensorlar, kameralar, işıqlandırma aktuatorları) fiziki quraşdırılmasına ehtiyac olmadan sistemin testini və optimallaşdırılmasını təmin edir. Bu, layihənin erkən mərhələlərində vaxt və maliyyə qənaətinə imkan yaradır.

Bu yanaşma mövcud ədəbiyyatda əsasən daxili mühit parametrlərinə fokuslanan sistemlərdən fərqli olaraq, xarici mühitin dinamik təsirlərini vahid qərarvermə çərçivəsinə inteqrasiya etməklə yenilik təqdim edir.

Bununla belə, hazırkı model simulyasiya əsaslı olduğundan real dünya şəraitində (məsələn, sensor səhvləri, şəbəkə gecikmələri, istifadəçi davranışının qeyri-müəyyənliyi) əlavə təsdiq tələb edir. Bu məhdudiyyətlər gələcək fiziki prototiplərlə uğurla aradan qaldırılabilir.

Gələcək tədqiqatlar çərçivəsində aşağıdakı istiqamətlər prioritet hesab olunur:

Təklif olunan simulyasiya modelinin real IoT platformaları (məsələn, ESP32, Raspberry Pi və ya MQTT əsaslı sistemlər) ilə fiziki inteqrasiyası və sahə sınaqları;

Qərarvermə mexanizmlərinin maşın öyrənməsi (məsələn, reinforcement learning və ya LSTM əsaslı proqnozlaşdırma) ilə gücləndirilməsi;

Daha mürəkkəb xarici mühit ssenarilərinin (hava şəraiti, çoxsaylı istifadəçi profilləri, potensial təhlükə simulyasiyaları) modelləşdirilməsi və multi-objektiv optimallaşdırma (enerji + komfort + təhlükəsizlik).

Bu istiqamətlər ağıllı ev texnologiyalarının enerji səmərəliliyi, təhlükəsizlik və dayanıqlılıq göstəricilərinin daha yüksək səviyyəyə çatdırılmasına töhfə verə bilər.

## ƏDƏBİYYAT

1. Sadıxov İ. (2026). Smart Home 3D Model-<https://outdoor-smart-home.netlify.app/>
2. Cabello, R. *Three.js Dokumentasiyası*:  
<https://threejs.org/docs/>
3. Adrian Paschke, Alex Kozlenkov. Rule-Based Event Processing and Reaction Rules-[https://www.researchgate.net/publication/221343051\\_RuleBased\\_Event\\_Processing\\_and\\_Reaction\\_Rules](https://www.researchgate.net/publication/221343051_RuleBased_Event_Processing_and_Reaction_Rules)
4. Metallidou, C.K., Psannis, K.E., & Egiptiadou, E.A. (2020). Energy Efficiency in Smart Buildings: IoT Approaches. *IEEE Access*, 8, 63679–63699. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9050775>
5. Mozilla Developer Network (MDN). (2025). JavaScript Reference. Accessed: February 16, 2026. [Online]. Available: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference>
6. Asif Mehmood, Kyu-Tae Lee & Do Hy-eun Kim Energy Prediction and Optimization for Smart Homes with Weather Metric-Weight Coefficients - <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/7/3640>
7. Luis M. Candanedo, Véronique Feldheim, Dominique Deramaix Data driven prediction models of energy use of appliances in a low-energy house -<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778816308970?via%3Dihub>

**Sadıxov İ.C.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*

**Ağıllı ev sistemlərində xarici mühit faktorlarının modelləşdirilməsi və simulyasiyası**

**XÜLASƏ**

Ağıllı ev sistemləri gündəlik həyatdakı rahatlıq və komfortun artırılması yolunda mühüm yer tutmağa başlamışdır. Lakin mövcud ağıllı ev sistemlərinin əksəriyyəti daxili mühit göstəricilərinə yönəlmişdir və xarici mühitdəki ağıllı sistemlərin təsiri daha məhdud şəkildə nəzərə alınır. Bu məqalədə xarici mühit sistemlərinin modelləşdirilməsi və qərarvermə mexanizmlərinin qurulması araşdırılır. Modellənmə real mühit dəyişənlərinin və bu mühit dəyişənlərinə əsasən qərarvermə prosesinin veb-əsaslı interaktiv simulyasiyası yolu ilə reallaşdırılmışdır. Simulyasiya nəticələri xarici mühit ağıllı ev sistemlərinin təhlükəsizlik səviyyəsinin artırılması və enerji qənaətinin təmini olunmasına müsbət təsir göstərdiyini nümayiş etdirir.

**Açar sözlər:** *Ağıllı ev, Xarici mühit faktorları, IoT, Modelləşmə, Simulyasiya, Enerji səmərəliliyi, Təhlükəsizlik*

**Sadikhov I.J.**

*Azerbaijan University of Architecture  
and Construction*

**Modeling and Simulation of External  
Environmental Factors in Smart Home**

*Redaksiyaya daxil olma/Received 09.02.2026*

*Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 10.03.2026*

**Systems**

**ABSTRACT**

Smart home systems have begun to play an important role in increasing comfort and convenience in daily life. However, most existing smart home systems are primarily focused on internal environmental parameters, while the impact of intelligent systems related to the external environment is considered in a more limited manner. This article examines the modeling of external environmental systems and the development of decision-making mechanisms. The modeling was implemented through a web-based interactive simulation of real environmental variables and the decision-making process based on those variables. The simulation results demonstrate that external environmental smart home systems have a positive effect on enhancing security levels and ensuring energy efficiency.

**Keywords:** *Smart Home, External Environmental Factors, IoT, Modeling, Simulation, Energy Efficiency, Security.*

*Məqaləyə AzMIU-nun "Mühəndis sistemləri və qurğularının tikintisi" kafedrasının dosenti S.M. Əkbərova rəy vermişdir.*