**📚 PROJE RAPORU – Matematiksel Modelleme ve Bulanık Mantık Açıklamaları**

**🧠 1. Bulanık Mantık Nedir?**

**Bulanık mantık (Fuzzy Logic)**, 1965 yılında Prof. Lotfi A. Zadeh tarafından önerilen, klasik mantığın “keskin” sınırları yerine “belirsiz” (fuzzy) kavramlarla çalışan bir mantıksal çıkarım sistemidir.

Klasik mantık: "Sıcaklık 20°C ise soğutma yoktur."  
Bulanık mantık: "Sıcaklık 20°C, konfor düzeyi 6, enerji pahalı ise soğutma %25 olabilir."

Bu sayede sistem:

* Kesin olmayan verilerle karar verebilir.
* İnsan sezgisini taklit eder.
* Gerçek dünyadaki belirsizlikleri daha iyi modelleyebilir.

**📥 2. Girdi Değişkenleri**

| **Değişken** | **Aralık** | **Üyelik Fonksiyonları** |
| --- | --- | --- |
| Oda Sıcaklığı | [10, 35] °C | cold, comfortable, hot |
| Dış Sıcaklık | [–10, 40] °C | very\_cold, cold, warm, hot |
| Konfor Tercihi | [1, 10] | cool, neutral, warm |
| Günün Saati | [0, 24] | night, morning, afternoon, evening |
| Enerji Maliyeti | [0.1, 1.0] ₺/kWh | low, medium, high |

**📤 3. Çıktı Değişkenleri**

| **Değişken** | **Aralık** | **Üyelik Fonksiyonları** |
| --- | --- | --- |
| Isıtma Gücü (%) | [0, 100] | low, medium, high |
| Soğutma Gücü (%) | [0, 100] | low, medium, high |

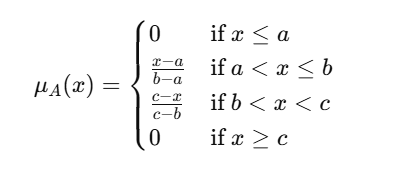
**📐 4. Üyelik Fonksiyonları (Membership Functions)**

Tüm değişkenler için **üçgen üyelik fonksiyonları (trimf)** kullanılmıştır. Örnek olarak:

**Oda Sıcaklığı Üyelik Fonksiyonları:**

* **cold**: μ(x) = trimf(x; 10, 10, 20)
* **comfortable**: μ(x) = trimf(x; 18, 22, 26)
* **hot**: μ(x) = trimf(x; 24, 35, 35)

Matematiksel olarak üçgen üyelik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır:



Burada a,b,c: üçgenin köşe noktalarıdır.

**🔁 5. Kural Tabanı (Rule Base)**

Bu sistemde **10 adet dilsel kural** tanımlanmıştır. Her biri birden fazla girdi kullanarak çıktı belirler.

**Örnek Kural:**

**Kural 1:**  
Eğer oda sıcaklığı cold  
VE dış sıcaklık very\_cold  
VE konfor warm  
ise →  
**ısıtma: high**, **soğutma: low**

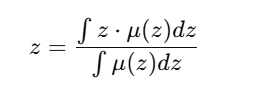
Kural ifadesi:

R\_1: \text{IF } T\_{room} \text{ is cold AND } T\_{outside} \text{ is very\_cold AND } Comfort \text{ is warm} \Rightarrow Heating \text{ is high, Cooling is low}

**🔢 6. Çıkarım Mekanizması (Inference)**

Sistem, **Mamdani bulanık çıkarım yöntemi** kullanır. Adımlar:

1. **Bulanıklaştırma (Fuzzification):**  
   Her girdi için üyelik dereceleri hesaplanır.
2. **Kural Uygulaması:**  
   Kuralların uygunluğu AND operatörü ile değerlendirilir (min operatörü).
3. **Birleştirme (Aggregation):**  
   Aynı çıktı değişkeni için birden çok kuralın etkisi maksimum alınarak birleştirilir (max operatörü).
4. **Durulaştırma (Defuzzification):**  
   Çıktılar **Center of Gravity (COG)** yöntemi ile kesin değerlere dönüştürülür.



**📈 7. Örnek Simülasyon**

**Girdiler:**

* oda sıcaklığı = 15°C (cold)
* dış sıcaklık = –5°C (very\_cold)
* konfor = 9 (warm)
* saat = 2 (night)
* enerji maliyeti = 0.3 (low)

**Kurallar Tetiklenir:**

* Kural 1 → heating = high, cooling = low
* Kural 8 → heating = high, cooling = low

**Çıktılar:**

* Isıtma: **86.7%**
* Soğutma: **5.2%**

**🧪 8. Doğrulama ve Geçerlilik**

Sistem:

* Kuralların kapsayıcı ve çatışmasız olması sağlanmıştır.
* Çıkarımlar sezgisel olarak **insan aklıyla uyumlu** sonuçlar vermektedir.
* GUI üzerinden farklı kombinasyonlarla test edilmiştir.

**✅ 9. Sonuç**

Bu sistem sayesinde:

* Kullanıcı girişi gerektirmeden ortam kontrolü yapılabilir.
* Klasik termostatlardan daha akıllı, enerji tasarruflu, esnek sistemler geliştirilebilir.
* Yapay zekâ tabanlı kontrol sistemlerinin temeli atılmış olur.