Bulanık Mantık ve Bulanık Sistemler

Yapay Zekâ ve Veri Dersleri Rehberi · Kısım II: Yapay Zekânın Dalları

Bulanık kümeler | Üyelik fonksiyonu | Dilsel kurallar | Bulanık çıkarım | Bulanık denetim | Komşu dersler

Sercan KÜLCÜ · Giresun Üniversitesi · Bilgisayar Mühendisliği

© Sercan Külcü. Tüm hakları saklıdır. · Sunumun etkileşimli HTML sürümü: https://sercankulcu.github.io/files/ai_courses/sunumlar/Bolum_09_Bulanik_Mantik.html

GİRİŞ

Ders Hangi Soruyu Sorar?

> **"Sıcak", "hızlı" gibi keskin sınırı olmayan kavramlarla nasıl akıl yürütülür?**

Bulanık mantık, bir ögenin bir kümeye ya ait olduğu ya da olmadığı keskin ayrımı bırakır; ögeye 0 ile 1 arasında bir **üyelik derecesi** verir. Böylece "sıcak", "biraz hızlı" gibi dilsel kavramlarla kurallar yazılır ve bu kurallardan sayısal bir karar ya da denetim sinyali üretilir.

Bir bakışta

YAKLAŞIM kısmi üyelik ve dilsel kurallar	**GİRDİ** keskin ölçümler ve uzman kuralları	**ÇIKTI** denetim sinyali ya da karar
BAŞARI ÖLÇÜTÜ denetim başarımı, uzmanla uyum	**MATEMATİK YÜKÜ** düşük-orta: küme kuramı	**VERİ İHTİYACI** az; uzman bilgisi

Kısa Tarihçe

1965
Zadeh "Fuzzy Sets" makalesini yayımlar: kısmi üyelikli küme kavramı doğar.

1973
Zadeh dilsel değişkenleri ve bulanık EĞER-İSE kurallarıyla yaklaşık akıl yürütmeyi tanıtır.

1975
Mamdani ve Assilian bir buhar makinesini ilk bulanık denetleyiciyle denetler.

1985
Takagi ve Sugeno, kural sonuçları fonksiyon olan bulanık modeli (TS modeli) önerir.

1987
Japonya'da Sendai metrosu bulanık denetimle hızlanıp durarak hizmete girer.

1993
Jang, bulanık kuralları sinir ağı gibi eğiten ANFIS'i yayımlar.

DERS

Temel Kavramlar

Bulanık küme
Her ögenin 0 ile 1 arasında bir üyelik derecesi var.

Üyelik fonksiyonu
Üçgen, yamuk, Gauss: değeri dereceye çevirir.

Dilsel değişken
Değerleri sözcük olan değişken: düşük, orta, yüksek.

Bulanık işlemler
VE için en küçük, VEYA için en büyük, DEĞİL için 1-μ.

Kural tabanı
EĞER sıcaklık yüksek İSE fan hızlı biçiminde kurallar.

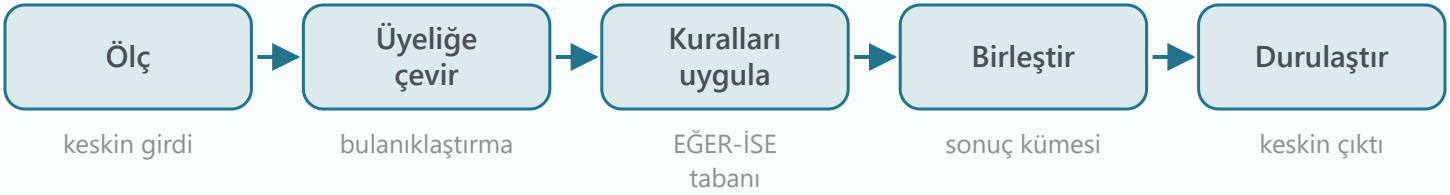
Mamdani çıkarımı
Kural sonuçları bulanık küme; sonra durulaştırılır.

Sugeno çıkarımı
Kural sonuçları girdilerin fonksiyonu; hesabı hızlı.

Durulaştırma
Bulanık sonucu tek sayıya indirmek: ağırlık merkezi.

DERS

Tipik İş Akışı



Örnek: Bir klima odayı 27 °C ölçer; bu değer "sıcak" kümesine 0,7, "ılık" kümesine 0,3 derecesiyle üyedir. "Sıcaksa soğutma güçlü" ve "ılıksa soğutma orta" kuralları bu derecelerle çalışır, sonuçlar birleşir ve ağırlık merkezi kompresöre yüzde 72 gibi tek bir güç değeri verir.

DERS

Derste Neler İşlenir?

1. Keskin ve bulanık kümeler; üyelik derecesi
2. Üyelik fonksiyonları: üçgen, yamuk, Gauss
3. Bulanık küme işlemleri; t-norm ve t-konorm
4. Bulanık bağıntılar ve max-min bileşke
5. Genişleme ilkesi ve bulanık sayılar
6. Dilsel değişkenler ve niteleyiciler
7. Bulanık EĞER-İSE kuralları, yaklaşık akıl yürütme
8. Mamdani çıkarımı ve durulaştırma yöntemleri
9. Takagi-Sugeno çıkarımı
10. Bulanık denetleyici tasarımı; PID ile karşılaştırma
11. Bulanık kümeleme: bulanık c-ortalama
12. Sinir-bulanık sistemler: ANFIS

Kazandırdığı beceriler

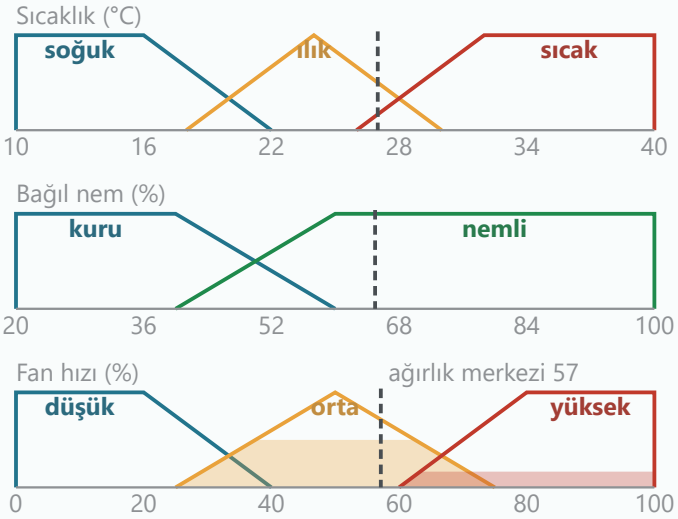
scikit-fuzzy ile bulanık sistem kurmak · MATLAB Fuzzy Logic Toolbox · üyelik fonksiyonu seçip ayarlamak · kural tabanı yazıp sınamak · kapalı döngü denetimi benzetmek · ANFIS ile kuralları veriyle ayarlamak

Tipik bir dönemin akışıdır; sıra ve kapsam üniversiteden üniversiteye değişir.

DENE

Klimayı Bulanık Kurallar Yönetir

Klima, "hava sıcak ve nemliyse fanı hızlı çalıştır" gibi sözel kurallarla yönetiliyor. Sıcaklığı ve nemi değiştirin; hangi kuralların ne kadar tetiklendiğini ve çıkan fan hızını izleyin.



Sıcaklık = **27,0** °C

Bağıl nem = **%65**

- 0 soğuk → düşük
- 0 ılık ∧ kuru → düşük
- **0,50** ılık ∧ nemli → orta
- 0 sıcak ∧ kuru → orta
- **0,17** sıcak ∧ nemli → yüksek

Fan hızı: **%57**

1 °C daha sıcakta %65. Keskin bir eşik kuralı hızı sıçratırdı; bulanık kurallar yumuşak geçiş verir.

Uzman bilgisi sözel kurallar olarak yazıldı; bulanık mantık her kuralı **kısmen** tetikler, sonuçları birleştirip ağırlık merkeziyle tek bir sayıya çevirir. Matematik model gerekmez.

KONUM

Ön Koşullar

Bu dersten önce bilinmesi yararlı olan dersler ve neden gerektikleri.

Ders	Neden gerekir
Yapay Zekâ	yaklaşık akıl yürütme
Ayrık Matematik	kümeler, bağıntılar ve önermeler mantığı
Programlama	fonksiyon yazma ve basit benzetim kurma
Denetim Sistemleri	geri besleme ve PID denetleyici kavramı

KONUM

Bu Ders Sana Göre mi?

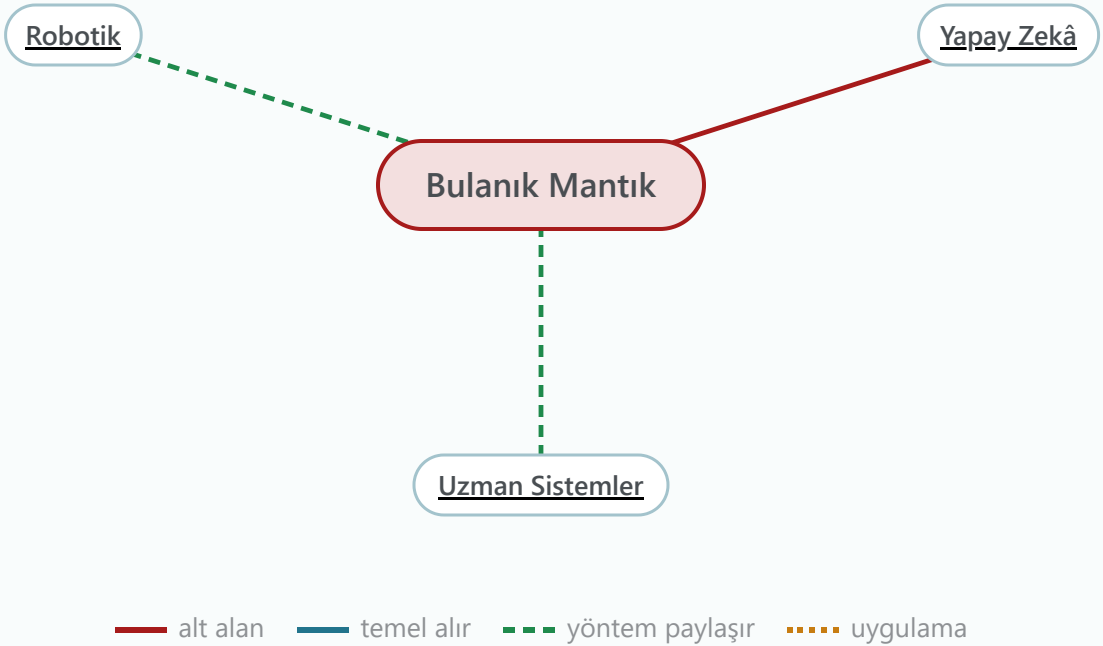
Kendine sor; "hayır" dediklerin için sağdaki sütun nereden başlayacağını gösterir.

Kendine sor	Hayırsa önce
Kümelerde birleşim, kesişim ve tümleyeni açıklayabiliyor musun?	Ayrık matematikteki kümeler ve önermeler mantığı
Parçalı tanımlı bir fonksiyonun altındaki alanı hesaplayabiliyor musun?	Analiz dersindeki integral ve ağırlık merkezi
Geri besleme döngüsünü ve PID denetleyicinin işini açıklayabiliyor musun?	Denetim sistemlerine giriş: geri besleme ve PID
Python'da fonksiyon yazıp basit bir benzetimi adım adım çalıştırabiliyor musun?	Programlamaya giriş, ardından NumPy'a kısa bir giriş

Çoğuna "evet" diyebiliyorsan derse hazırsın; bir ya da iki "hayır" dönem içinde kapanabilir.

KONUM

Dersin Komşuları



ÖRTÜŞME

Örtüştüğü Dersler

İlişki	Ders	Ortak konu
alt alan	Bu ders, Yapay Zekâ dersinin alt alanıdır	yaklaşık akıl yürütme
yöntem paylaşır	Uzman Sistemler ve Bilgi Temsili ile yöntem paylaşır	EĞER-İSE kural tabanı, çıkarım motoru
yöntem paylaşır	Robotik ve Robot Görüsü ile yöntem paylaşır	bulanık denetleyiciler

Ayrıştığı Noktalar (1/2)

Ölçüt	Bulanık Mantık	Olasılık ve İstatistik	Uzman Sistemler
Temel soru	"Sıcak", "hızlı" gibi keskin sınırı olmayan kavramlarla nasıl akıl yürütülür?	Belirsizlik nasıl ölçülür ve sınırlı veriden nasıl güvenilir sonuç çıkarılır?	Bir uzmanın bilgisi nasıl yazıya dökülür ve çıkarım için kullanılır?
Yaklaşım	kısmi üyelik ve dilsel kurallar	olasılık modeli ve çıkarım	sembolik mantık ve kurallar
Girdi	keskin ölçümler ve uzman kuralları	örneklem verisi	olgular ve uzman kuralları
Çıktı	denetim sinyali ya da karar	kestirim, güven aralığı, test sonucu	sonuç ve gerekçesi
Başarı ölçütü	denetim başarımı, uzmanla uyum	yansızlık, güç, anlamlılık	uzmanla uyum, açıklanabilirlik
Matematik yükü	düşük-orta: küme kuramı	kuramın kendisi	düşük: önerme ve yüklem mantığı
Veri ihtiyacı	az; uzman bilgisi	örneklem	az; bilgi tabanı

- **Olasılık ve İstatistik:** Olasılık bir olayın olup olmayacağındaki belirsizliği ölçer; bu ders bir kavramın ne ölçüde geçerli olduğunu, yani belirsiz sınırı ölçer.
- **Uzman Sistemler:** Uzman sistemler kuralları çoğunlukla keskin mantıkla işletir; bu ders kuralların kısmen doğru olabildiği yaklaşık akıl yürütmeyi kurar.

Ayrıştığı Noktalar (2/2)

Ölçüt	Bulanık Mantık	Robotik	Yapay Sinir Ağları
Temel soru	"Sıcak", "hızlı" gibi keskin sınırı olmayan kavramlarla nasıl akıl yürütülür?	Bir makine fiziksel dünyayı nasıl algılar, konumunu nasıl bilir ve nasıl hareket eder?	Basit birimlerden kurulan ağlar ağırlıklarını ayarlayarak nasıl öğrenir?
Yaklaşım	kısmi üyelik ve dilsel kurallar	algıla, planla, eyle döngüsü	ağırlıklı basit birimlerden ağ
Girdi	keskin ölçümler ve uzman kuralları	algılayıcı ölçümleri	sayısal öznitelik vektörü
Çıktı	denetim sinyali ya da karar	motor komutları, yol	sınıf ya da sayı tahmini
Başarı ölçütü	denetim başarımı, uzmanla uyum	görev başarısı, güvenlik	kayıp ve doğruluk
Matematik yükü	düşük-orta: küme kuramı	yüksek: dönüşümler, denetim	orta-yüksek: türev, matris
Veri ihtiyacı	az; uzman bilgisi	fiziksel deney ve benzetim	orta

- **Robotik:** Robotik denetimin tamamını ele alır; bu ders bulanık denetleyiciyi model gerektirmeyen bir seçenek olarak öğretir.
- **Yapay Sinir Ağları:** YSA kuralları veriden ağırlık olarak öğrenir ve okunmaz; bulanık sistemin kuralları uzmandan gelir ve okunabilir.

UYGULAMA

Uygulama Alanları

Ev aletleri
Çamaşır makinesi, klima, pirinç pişirici.

Ulaşım
Metro hızlanıp durma, otomatik vites.

Endüstriyel denetim
Fırın sıcaklığı, çimento ve kimya süreçleri.

Fotoğraf makinesi
Otomatik odaklama ve görüntü sabitleme.

Karar destek
Risk değerlendirme, tedarikçi seçimi.

Tıp
Belirtilerden yaklaşık tanı ve doz önerisi.

UYGULAMA

Riskler ve Etik

Keyfî üyelik fonksiyonları

Üçgenin köşelerinin kimce, neye göre seçildiği çoğu zaman belgelenmez; başka biçimlerle aynı kurallar farklı karar verir.

Kural patlaması

Girdi ve terim sayısı arttıkça kural sayısı üstel büyür; atlanan kombinasyonlarda denetleyici öngörülmeyen çıktı verir.

Kanıtsız kararlılık

Deneme yanılmayla ayarlanan denetleyicinin kapalı döngüde kararlı kalacağı çoğu zaman kanıtlanmaz; fren gibi sistemlerde risklidir.

Sayısal kılıflı öznellik

Tıpta ya da kredide bulanık puan kesin bir ölçüm gibi sunulursa uzmanın önyargısı bilimsel görünen bir sayıya dönüşür.

Ayrıntılı tartışma: Açıklanabilir Yapay Zekâ ve Yapay Zekâ Etiği.

UYGULAMA

Araçlar ve Örnek Veriler

Araçlar ve kütüphaneler

MATLAB Fuzzy Logic Toolbox | scikit-fuzzy | jFuzzyLogic | fuzzylite | Simpful

Klasik örnek problemler

Bahşiş problemi | Ters sarkaç | Kamyonu geri park etme | Çamaşır makinesi denetimi | Su deposu düzeyi | Mackey-Glass zaman serisi

Bulanık sistemler çoğunlukla veriyle değil **uzman bilgisiyle** kurulur; veri, ANFIS gibi yöntemlerde kuralları ince ayarlamak için kullanılır.

UYGULAMA

Sık Karıştırılanlar

Yaygın düşünce	Doğrusu
Bulanık mantık kesin olmayan, özensiz mantıktır.	Kurallar bulanık kavramlarla yazılır ama hesap kesindir; aynı girdi her zaman aynı çıktıyı verir.
Üyelik derecesi bir olasılıktır.	0,7 "sıcak" olmanın derecesidir, sıcak olma şansı değildir; dereceler toplamı 1 olmak zorunda da değildir.
Bulanık mantık eski ve terk edilmiş bir alandır.	Ev aletlerinde ve endüstriyel denetimde yaygın kullanılır; sinir ağlarıyla birleşimi de sürer.
Bulanık sistem veriden öğrenir.	Temel bulanık sistem kurallarını uzmandan alır; öğrenme ANFIS gibi melez yöntemlerle eklenir.

SONRASI

Bu Dersten Sonra

Bu dersi temel alan ya da genişleten dersler

Bu ders çoğunlukla uç noktadır; öteki dersleri temel alır.

İlgili meslekler

Denetim sistemleri mühendisi | Gömülü yazılım mühendisi | Otomasyon mühendisi | Karar destek analisti

Bulanık mantık, uzman sistemlerle kural tabanını, robotikle denetimi paylaşır. Bu dersten sonra kuralları veriden öğrenmek için sinir-bulanık sistemlere, belirsizliği olasılıkla ele almak için olasılıksal grafik modellere geçilebilir.

SONRASI

Kaynaklar

- Zadeh, "Fuzzy Sets", *Information and Control* 8(3), 1965.
- Klir ve Yuan, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*, Prentice Hall, 1995.
- Ross, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, 4. baskı, Wiley, 2017.
- Jang, Sun ve Mizutani, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice Hall, 1997.

Son

Bölüm 9: Bulanık Mantık ve Bulanık Sistemler

← Önceki bölüm · Alanın haritası · Sonraki bölüm →