



Bitkisel Üretimde Bulanık Mantık Uygulamaları

Ufuk KARADAVUT^{1*} Aslı AKKAPTAN¹

¹Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Kırşehir, Türkiye

*Sorumlu yazar

e-posta: ukaradavut@ahievran.edu.tr

Geliş Tarihi : 11 Şubat 2012

Kabul Tarihi : 29 Mayıs 2012

Özet

Bilgi teknolojileri farklı alanlarda hızlı bir şekilde gelişimlerini sürdürmektedirler. Değişen yaşam koşulları neticesinde karşılaşılan sorunlar, gittikçe daha karmaşık hale gelmekte ve insanları farklı çözüm arayışlarına yöneltmektedir. Bu bağlamda insanların gündelik hayatlarında karar vermelerine yardımcı olacak bilgisayar destekli zeki sistemler tasarlanmakta ve birçok farklı alanda başarılı uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Yapay zekâ yöntemlerinden birisi olan bulanık mantık yöntemi, karmaşık problemlerde nesnellik ve belirsizliğe işaret eden durumları uygun bir şekilde açıklamaktadır. Özellikle olasılıklı olmayan belirsizliklerin modellenmesinde, doğal dil ile sayısal ifadeler arasında bir köprü görevi görmektedir. Bulanık küme teorisinin 1965 yılında A. Lotfi Zadeh tarafından ortaya konulmasından bu yana başta mühendislik alanı olmak üzere tıp, biyoloji, eğitim ve ekonomi gibi birçok alanda gün geçtikçe artan yayın sayısı ile birlikte geniş kitlelere ulaşmaktadır. Bununla birlikte tarımsal alanda oluşturulan karar destek sistemleri, sınıflandırma, optimizasyon ve tahminleme gibi işlevler hayvansal ve bitkisel üretimde farklı amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada; bulanık mantık teorisi hakkında temel bilgilerden hareketle tarımda ürün yönetimi, tarımsal sulama, toprak analizleri, hassas tarım uygulamaları ve çeşitli kimyasal analizler ile ilgili gerçekleştirilen tarımsal uygulamalara yer verilecektir. Ayrıca ileriye yönelik yapılacak çalışmalar hakkında bilgi verilerek önerilerde bulunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Bulanık Küme, Bitkisel Üretim

Fuzzy Logic Applications in Crop Production

Abstract

The Information Technologies, swiftly, keeps on developing in various study fields. Due the changes on life conditions, encountered problems are getting more complicated and thus, people are trying to find out more variable solutions on this manner. Hence, for helping people on their solution searches; computer based intelligent systems like decision support systems have been developed in order to make ease on decision making process. As one of the methods of Artificial Intelligence, Fuzzy Logic; is capable of explaining the complex problems that derived by nonego and uncertainty situations. Particularly in modelling of non-prospect uncertainties, it has a unique role as boulder between natural language and numeric statements. Since Fuzzy Set theory stated by A. Lotfi Zadeh in 1965, it has been used in various study fields as; medicine, biology, education and economy etc. Nonetheless, features like decision support systems, classification, optimization and prediction that developed in agricultural study field has used in various aims; as both in animal breeding and planting.

In this paper, under the light shed from Fuzzy Logic theory, agricultural product management, agricultural irrigation, soil analyse, precision agricultural applications and applications concerned with variable chemistry analyse will be reviewed.

Key Words: Fuzzy logic, fuzzy set, crop production

GİRİŞ

İnsanların genel anlamda öğrenme, algılama ve sonuç çıkarma yeteneklerini makinelere kazandırmaya çalışan yapay zeka bilimi, gelişimini birçok farklı alanda hızlı bir şekilde sürdürmektedir. Yaşam koşullarının ve karşılaşılan problemlerin gittikçe daha karmaşık hale gelmesi ile araştırmacılar alternatif çözüm arayışlarına yönelmişlerdir. Yapay zeka yöntemleri, araştırmacılara karmaşık problemlerin modellenmesi ve analiz edilmesinde oldukça büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Özellikle belirsizlik içeren durumlarda sahip olduğu esnek yapı ile bulanık mantık

teorisi gerçek hayata çok daha uygun bir şekilde karar almayı sağlayabilmektedir. Sağlık, tıp, eğitim bilimleri ve mühendislikte elektrik-elektronik, endüstri vb. alanlarda yapılan çalışmalarda sıkça karşılaşılan bulanık mantık uygulamaları son yıllarda tarım bilimlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Tarımsal alanda karar destek sistemleri, sınıflandırma, optimizasyon ve tahminleme işlevleri ile birçok araştırmaya konu olmuş ve başarılı uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Batı toplumlarının klasik mantığa olan bağlılığından dolayı, önceleri bulanık mantık düşüncesi batı ülkelerinde kabul görmemiş, Japonya gibi doğu ülkelerinde daha fazla gelişme imkanı bulmuştur.

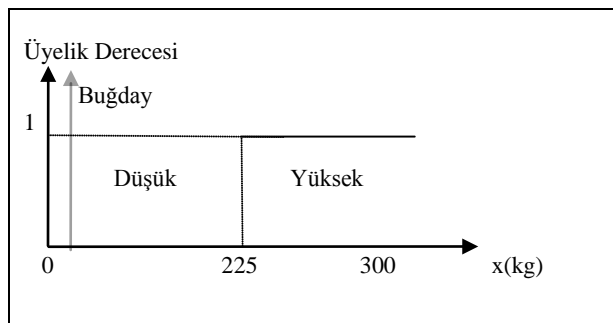
Bulanık mantık uygulamaları 1970'li yıllardan bu yana çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. İlk başarılı uygulaması Mamdani tarafından 1974 yılında gerçekleştirilmiştir. Mamdani bu uygulamada bir buhar makinesinin işleyiş mekanizmasını modelleyerek bulanık mantığın kullanılabilirliği başarılı bir şekilde kanıtlanmıştır [1,2]. Bu çalışmanın gerçekleşmesini takip eden süreçte bulanık mantık teknolojisi kullanılarak pek çok yeni üretim tekniği ve endüstri uygulamaları geliştirilmiştir. Mamdani'nin bu uygulamasını çimento fırınlarında kontrolü sağlayan bir uygulama izlemiştir [3]. 1987 yılında bulanık mantık kullanılarak oluşturulan ilk ürün piyasada yerini almış ve bulanık mantık yönteminin kullanımını önemli ölçüde artış göstermiştir. Üretim endüstrisinde çeşitli sistemlerde birçok başarılı uygulamalar gerçekleştirilmiştir [4,5]. Bunların yanı sıra tüketici elektroniği [6,7], otomatik trenlerin çalışmasında [8], trafik sistemlerinde [9], ve diğer pek çok alanda [10] çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmalardan sonra tarımsal alanda kullanılması konusunda çalışmalar başlamıştır. İlk zamanlarda beklenen düzeyde sonuçların alınmaması çalışmanın tarımsal alanda ilerlemesini engellemiştir. Bunda en önemli etkenin alışkanlıkları bırakmayan araştırmacıların yeniliklere karşı durmaları etkili olduğu düşünülmektedir. Konu olarak oldukça geniş bir alanı kapsayan tarım bulanık sistemler ve yapay zeka uygulamaları açısından oldukça elverişlidir.

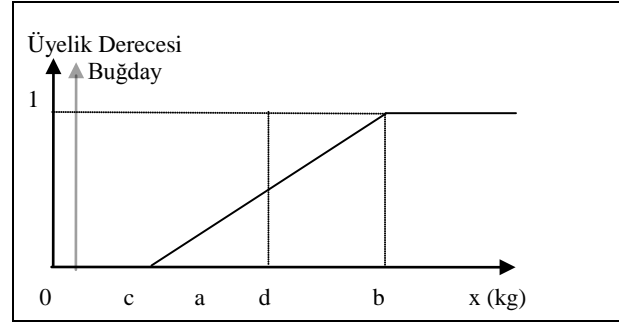
Bu çalışmada bulanık mantık teorisi hakkında genel bilgiler verilmiş ve bitkisel üretim alanında; ürün yönetimi, tarımsal sulama, toprak bilimi, kimyasal analizler ve hassas tarım uygulamaları konularında daha önce gerçekleştirilen çalışmalardan oluşan bir derleme sunulmuştur.

BULANIK MANTIK

Bulanık mantık teorisi, klasik mantığa alternatif olarak türetilmiştir. Yaklaşık düşünce yapısına dayanan bulanık teorisinde bilgiler sözlü ifadeler şeklindedir. Bulanık mantık teorisinin temelinde yatan düşünce, önermeler ile kesin doğru ve kesin yanlış arasında sonsuz sayıda doğruluk değerini içeren bir kümedeki değerlerin ya da sayısal olarak düşünülecek olursa her şeyin $[0,1]$ gerçek sayı aralığında belirli bir derece ile gösteriliyor oluşudur [11,12,13]. Şekil 1'de klasik ve bulanık küme gösterimi yer almaktadır.



(a)

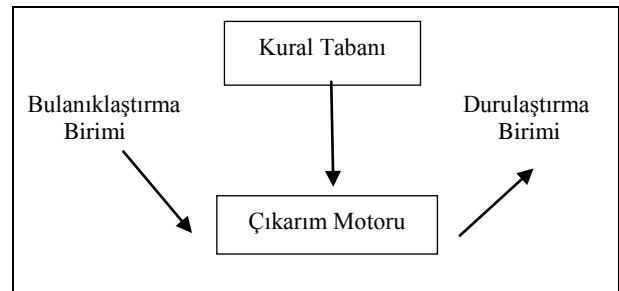


(b)

Şekil 1. Klasik küme (a) ve bulanık küme (b) gösterimi

Şekil 1'de de görüleceği üzere "Buğday" olarak adlandırılan bir klasik kümede sadece düşük ve yüksek olarak alt kümeler tanımlanmıştır. 225 kg buğday verimi ortalama bir verim olarak alındığında, 224 kg buğday ile 226 kg buğday arasında sadece bir birim fark olmasına rağmen bir tanesi düşük (0) diğeri ise yüksek (1) kümede yer almaktadır. Bu durumda, klasik kümelere göre daha esnek bir yapıya sahip olan bulanık kümeler ile yapılacak tanımlamalar doğanın yapısına daha uygundur. Bulanık kümelerde tanımlı elemanlar "biraz düşük, orta, biraz yüksek" gibi esnek niteleyiciler ile sadece "0" veya sadece "1" yerine $[0, 1]$ arasında aldıkları üyelik dereceleri sayesinde aynı anda iki kümenin elemanı olabilmekte ve çok daha gerçekçi bir yaklaşım sergilemektedirler. Bu düşünce yapısı sözel verilerden sayısal verilere geçişte bir köprü görevi görmektedir [11].

Bulanık mantık araştırmacılar tarafından özellikle belirsizliğin hâkim olduğu durumlarda sıkça tercih edilmektedir. Bu amaçla bulanık sistemler tasarlanmakta ve insanların düşünce yapısına uygun modeller geliştirilmektedir. Bulanık mantık yardımıyla oluşturulan bir sistemin genel görünümü Şekil 2'de yer almaktadır.



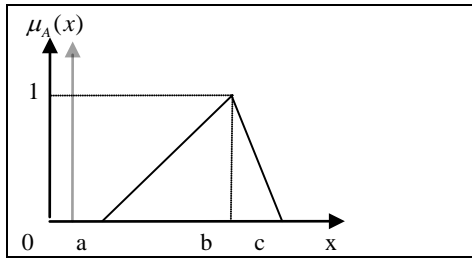
Şekil 2. Bulanık sistem genel görünümü

Şekil 2 incelendiğinde verilerin önce bulanıklaştırıldığı görülmektedir. Bulanıklaştırmadan sonra ise gerekli çıkarımlar yapılmakta ve belli kurallar temelinde durulaştırma yapılmaktadır. Ancak durulaştırmadan sonra gerekli ve faydalı bilgiler elde edilmektedir. Bulanık sistem tasarımının ilk adımı problemi en doğru şekilde açıklayacak girdi değişkenlerinin seçilmesidir. Doğru girdiler araştırmacıları doğru çıktılara yönlendirir, bu açıdan girdi değişkeni seçimi büyük bir öneme sahiptir. Daha sonra ele alınan verinin

yapısındaki değişkenlikleri ile doğrusallıkları incelenir ve her bir girdi değişkenine ait bulanık alt kümeler oluşturulur. Bu noktada bulanık sistem tasarımının bulanıklaştırma aşamasına geçilmiş olur. Bulanıklaştırma aşamasında kesin girdiler çıkarım aşamasında işlenmek üzere bulanık girdilere dönüştürülür ve bu işlem üyelik fonksiyonları tarafından gerçekleştirilir. Üyelik fonksiyonları otomatik algoritmalar tarafından veya konusunda uzman kişilerce belirlenebilmektedir. Literatürde karşılaşılan üyelik fonksiyonu tipleri üçgen, yamuk, gauss, çan, pi (π), S ve Sigmoidal üyelik fonksiyonları olup en fazla kullanılan üyelik fonksiyonları üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlarıdır [12,14]. Üçgen üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi eşitlik 1'deki gibidir.

$$\mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} a \leq x \leq b & \text{ise } (x-a)/(b-a) \\ b \leq x \leq c & \text{ise } (c-x)/(c-b) \\ x > c \text{ veya } x < a & \text{ise } 0 \end{cases} \quad (1)$$

Grafiksel gösterimi Şekil 3'de yer almaktadır.

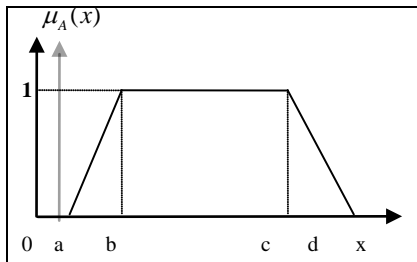


Şekil 3. Üçgen üyelik fonksiyonu şekilsel gösterimi

Sıkça karşılaşılan bir başka üyelik fonksiyonu olan yamuk üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi eşitlik 2'deki gibidir.

$$\mu_A(x; a, b, c, d) = \begin{cases} a \leq x \leq b & \text{ise } (x-a)/(b-a) \\ b \leq x \leq c & \text{ise } 1 \\ c \leq x \leq d & \text{ise } (d-x)/(d-c) \\ x > d \text{ veya } x < a & \text{ise } 0 \end{cases} \quad (2)$$

Grafiksel gösterimi Şekil 4'de yer almaktadır.



Şekil 4. Yamuk üyelik fonksiyonu şekilsel gösterimi

Bulanık sistem tasarımında sonraki aşama çıkarım aşamasıdır. Burada verilerin "Eğer-O halde (IF-Then)" kuralları ile işlenmesi ve yapısal bir öğrenmenin gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Çıkarım aşamasında bilginin modellenmesini sağlayan çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlar; Mamdani yöntemi, Larsen yöntemi, Takagi-Sugeno-Kang (TSK) yöntemi ve Tsukamoto

yöntemidir. Genel olarak eğer-o halde kural yapısı aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

Eğer $x_1=A_1$ ve $x_2=B_1$ ise o halde $z_1=C_1$

Eğer $x_1=A_2$ veya $x_2=B_2$ ise o halde $z_2=C_2$

Çıkarım yöntemlerinden TSK yöntemi kullanıldığı takdirde kural yapısı

Eğer $x_1=A_1$ ve $x_2=B_1$ ise o halde $z_1=f(x_1, x_2)$

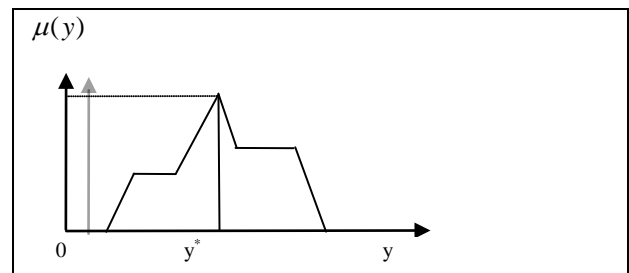
Eğer $x_1=A_2$ ve $x_2=B_2$ ise o halde $z_2=f(x_1, x_2)$

şeklinde ifade edilir. Burada diğer kural yapısından farklı olarak çıktı değişkeni bulanık bir küme değil, kesin bir değer veya doğrusal bir fonksiyon şeklinde olabilmektedir. İfadelerde yer alan x_1 ve x_2 girdi değişkenlerini z ise çıktı değişkenini temsil etmektedir. A_1 , B_1 , A_2 ve B_2 girdi değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarını, C ise her kuralın sonucunda çıkan bulanık sonuç kümesi olarak adlandırılmaktadır. Mantık operatörlerinden kesişim işlemini gerçekleştiren "ve (and)" ve birleşim işlemini gerçekleştiren "veya (or)" bağlaçları sonuç bulanık kümelerini elde etmek amacıyla girdi değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları arasında bağlantı kurulmasını sağlamaktadır [14,15]. Eğer- O halde kurallarının oluşturulması, konusunda uzman kişilerce veya öğrenme tabanlı yöntemler ile çeşitli algoritmalarca gerçekleştirilebilmektedir.

Bulanık sistem tasarımının son aşaması durulaştırma aşamasıdır. Bu aşamada çıkarım aşamasında elde edilen bulanık kümeler kesin girdi değerlerine dönüştürülmektedirler. Bu amaçla en fazla kullanılan durulaştırma yöntemleri en büyük üyelik ilkesi, ağırlık merkezi yöntemi, ortalama en büyük üyelik, ağırlıklı ortalama yöntemi, en büyüklerin en küçüğü ve en büyüklerin en büyüğü yöntemleridir [11,12]. Araştırmacıların bu yöntemler arasında yoğunlukta tercih ettiği yöntem ağırlık merkezi yöntemidir. Sentroid yöntemi olarak da bilinen bu yöntemde durulaştırma değeri eşitlik 3'de yer alan formül yardımıyla hesaplanmaktadır. Yöntemin grafiksel gösterimi Şekil 5'te yer almaktadır.

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \mu_C(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_C(y_i)} \quad (3)$$

Burada C Mamdani ve Larsen çıkarım metodlarının uygulanışı sırasında birleştirme aşamasında elde edilen bulanık birleşim kümesidir. y_i ; bulanık birleşim kümesinin i ' inci ögesi. y^* ise durulaştırılmış değeridir. Bir başka ifade ile çıkarım işleminin son aşaması olan birleştirme aşamasında elde edilen bulanık kümenin ağırlık merkezidir [15,16].



Şekil 5. Ağırlık merkezi yöntemi şekilsel gösterimi

Bulanık mantık sahip olduğu işleyiş mekanizması ile insanların belirsizlik ortamında karar alma ve çıkarım yapabilme yeteneklerini mükemmel bir biçimde formüleştirebilmektedir. Hemen her alanda olduğu gibi tarımsal alanda da çok zaman karar alma süreçleri bazı belirsizlikler dolayısıyla net olmamaktadır. Bu belirsizlikler eğer çok kritik bir karar alma noktasını oluşturuyorsa ciddi verim kayıpları ya da gereksiz masraf oluşmasına neden olmaktadır.

BULANIK MANTIK VE BİTKİSEL ÜRETİM

1965 yılında Lotfi A. Zadeh'in bulanık küme teorisini ortaya koymasından bu yana sağladığı teorik gelişim ile endüstrinin çeşitli alanlarında başarılı uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda tarımsal alanda da kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Bulanık mantık yöntemi diğer bütün alanlarda olduğu gibi tarımsal alanda da, insanların yaklaşık düşünme yeteneği ile gerçek hayatın belirsizlik durumlarının bütünleştirilerek bir işleyiş ortaya koyar. Tarımsal alanda toprak ve su, ürün yönetimi ve hasat sonrası, hassas tarım, gıda işleme, gıda kalitesi ve güvenliği, tarımsal alet ve ekipmanlar ile ilgili problemlerin çözümü bulanık mantık tabanlı sınıflandırma, modelleme, optimizasyon ve kontrol mekanizmaları sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Genel olarak bahsi geçen alanlar ile ilgili çok sayıda bulanık mantık uygulamaları mevcuttur. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

Ürün Yönetimi

Bulanık mantık tekniği ürün yönetiminde çeşitli amaçlarla kullanılmış ve bu alanda birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. [17] hastalıklı ve normal narenciye yapraklarını tanımlamak için doku analizi gerçekleştirilmiş ve bu analizde sınıflandırma algoritmaları ile bulanık mantık yönteminden yararlanılmıştır. Çalışmalarında inceledikleri sınıflandırma stratejilerinden radyal tabanlı yapay sinir ağlarının bulanık çıktıları gücün ölçüsü olarak belirtilmiştir. [18] çalışmada bulanık mantık yöntemi kullanılarak, tarımsal bir alanda yabancı otların görüntü işleme yoluyla belirlenmesi sağlanmış ve uygulanması gereken herbisit miktarına karar veren bir sistem geliştirilmiştir. Yang ve ark. [19] yabancı otları erken dönemde tanımak ve mücadeleye başlama dönemlerini tahminlemek için bulanık mantık yöntemini kullanmışlardır. Sonuçta herbisit kullanımını %4-24 arasında azaltmayı başarmışlardır.

Tarımsal Sulama

Tarımsal sulama alanında bulanık mantık kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalardan biri [20] tarafından meteorolojik parametreler kullanılarak bitkilerde terleme ve buharlaşmayı tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada iki adet bulanık model geliştirilmiş ve bahsi geçen tahminlemede kullanılan daha önceki modele kıyasla daha az parametre kullanılmış ve bulanık modeller başarı ile

uygulanmıştır. [21] çalışmalarında, bitkilerde su stres indeksine ilişkin bir kural tabanlı bulanık mantık yardımıyla oluşturmuş ve uzun boylu çayır bitkileri üzerinde uygulama gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada bitkilerde su stresini hesaplamak amacıyla kullanılan girdi değişkenleri şu şekildedir: Gölge- hava sıcaklık farkı, buhar basıncı açığı ve kısa dalga radyasyon şeklindedir ve çıktısı da bitkilerde su stres indeksi olarak tanımlanmıştır. Bulanık mantık yardımı ile oluşturulan model, deneysel ve teorik ana hat sınırlarının ayarlanması veya hesaplanması ihtiyacını elemine etmektedir.

Toprak Analizleri

Toprak analizi ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalar şu şekildedir: [22], hasat döneminde hassas tarım uygulamasına ilişkin karar destek sistemini bulanık kümeleme analizi kullanılarak, toprağın işlevsel sınıflara ayrılması amacı ile kullanmıştır. Su stresi ve suyun kimyasal bileşenlerine dair bilgiler kullanılarak toprak karakterizasyonu için fonksiyonel bir yaklaşım ortaya konulmuştur. [23] bulanık yöntemler ile topraktaki yapısal değişimleri ve Organik madde ve pH başta olmak üzere çok sayıda özelliğin tahminleyebildiğini belirtmiştir. [24] yaptıkları çalışmada mısır bitkisinde azot alımını tahminleyebilmek için bulanık kümeleme analizi kullanmışlardır. Sonuçta bu yöntem ile mısır bitkilerinde azot alımı bakımından kümeleme yapılabileceği belirtilmiştir.

Hassas Tarım

Hassas tarım uygulamaları konulu incelenen çalışmalardan bazıları şu şekildedir: [25] çalışmasında; bayır ve yamaç toprak üzerinde bulanık kümeleme metodunu kullanarak kök boğum solucanının risk bölgelerinin karşılaştırılmasının şemasını ortaya koymayı amaçlamıştır; bu bağlamda boğum solucanı yoğunluğu ve pamuk linter verimi üzerinde iki farklı nemasit uygulamasının karşılıklı olarak test etmiştir. Çalışma sonucunda açıkça görülmüştür ki; kök boğum solucanı kontrolü ve nihai verim çeşitliliği kullanılan nemasitin tipine ve uygulanan toprağın sahip olduğu risk oranına göre değişiklik göstermektedir. [26] çalışmalarında; yapay sinir ağı çerçevesinde bulanık çıkarım kullanarak otomatik olarak çok bantlı kamera parametrelerini düzenleyebilecek bir yapay zeka kontrolü geliştirmeyi hedeflemişlerdir. (Örneğin; edinim ve kullanım süresi parametreleri gibi). Çalışma sonunda yapay zeka kontrol algoritması matematiksel bir sistem modeline ihtiyaç duymadığı gibi, geleneksel kontrol metotları ile karşılaştırıldığında daha iyi bir performans sergilediği görülmüştür. [27], hassas ürün yönetimini çoklu amaç karar alma süreci olarak tanımlamakla birlikte bu yapının; ayrı veri, fikir, tercih ve amaç bağlamında değerlendirilmesi gerektiğini ileri sürmektedirler. Bu çalışma; hassas ürün yönetiminde belirsizliğin bulanık temsilini kullanan uzak tabanlı çoklu amaç optimizasyon problemi ve bulanık bileşim programlama geliştirmektedir. Bu yaklaşım kullanıcılara:

Bireysel ve kurumsal değer ve tercihleri ifade etmelerine imkân tanımaktadır; kullanılan bilgi kaynakları ve diğer alternatifler ile ilgili olarak hatalı ölçüm derecesinin tespiti; karar alma sürecini oluşturan etkenler; karmaşık birkaç bilgi seviyesini tek bir çizelgeye indirmektedir; alternatif ve ilgiler arasındaki alışverişin incelenmesine imkan sağlamaktadır ve ilgiler arasındaki ilişkinin irdelenmesini zorunlu kılmaktadır.

Kimyasal Analizler

Gil ve ark. [28] çalışmalarında iki farklı kalite özelliğine sahip spreylere kullanılarak gerçekleştirilen pestisit uygulamasında mikrometeorolojik durumların etkisi incelenmek istenmiştir. Spreylerdeki kayıp miktarlarını tahmin etmek amacıyla bulanık çıkarım modelleri ve çoklu doğrusal regresyon yöntemi kullanılmıştır. Cho ve Ki, [29] çalışmalarında bir meyve bahçesinde hız püskürtücüsünün kendi kendine işlemlerini gerçekleştirmek amacıyla bulanık mantık denetleyicisi geliştirmişlerdir.

SONUÇ

Bulanık mantık, insanların günlük işlerinde kullandığı dili kullanan, uzman kişilerin tecrübelerinin problemlerin çözümüne dahil edildiği esnek hesaplama yöntemlerinden birisidir. Yöntemin avantajı bir elemanın bir kümeyle ait olması klasik kümelerdeki gibi 0 yada 1 şeklinde olmayıp, 0 ile 1 arasında değişen üyelik değerleri ile ifade edilmeleridir. Bulanık küme teorisinin 1965 yılında A. Lotfi Zadeh tarafından ortaya konulmasından bu yana başta mühendislik alanı olmak üzere tıp, biyoloji, eğitim ve ekonomi gibi birçok alanda gün geçtikçe artan yayın sayısı ile birlikte bulanık mantık teorisi geniş kitlelere ulaşmaktadır. Bununla birlikte zirai alanda oluşturulan karar destek sistemleri, sınıflandırma, optimizasyon ve tahminleme gibi işlevler hayvansal ve bitkisel üretimde farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Bu çalışmada bulanık mantık teorisi ile ilgili genel bilgiler sunulmuş bitkisel üretim alanında gerçekleştirilen çalışmalardan örneklerle yer verilmiştir. Ayrıca yeni teknolojilerin bilime ve dolayısı ile diğer tüm alanlarda olduğu gibi zirai alandaki çalışmalara katkısı vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Mamdani, E.H., Assilian, S., 1975. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies* 7, 1–13

[2] Zilouchian, A., Juliano, M., Healy, T. And Davis, J., 2000, Design of a fuzzy logic controller for a jet engine fuel system, *Control Engineering Practice*, 8:873-883.

[3] Holmblad and Ostergaard 1982 Holmblad, L.P., Ostergaard, J.J., 1982. Control of a cement kiln by fuzzy logic. In: Gupta, M.M., Sanchez, E. (Eds.), *Fuzzy Information and Decision Processes*. North-Holland, pp. 389–399.

[4] Santhanam, S., Langari, R., 1994. Supervisory fuzzy adaptive control of a binary distillation column. In: *Proceedings of the Third IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, vol. 2, Orlando, FL, pp. 1063–1068.

[5] Tani, T., Utashiro, M., Umamo, M., Tanaka, K., 1994. Application of practical fuzzy- PID hybrid control system to petrochemical plant. In: *Proceedings of Third IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, vol. 2, Orlando, FL, pp. 1211–1216.

[6] Hirota, K., 1993. *Industrial Applications of Fuzzy Technology*. Springer, Tokyo, Japan.

[7] Bonissone, P.P., 1994. Fuzzy logic controllers: an industrial reality. In: Zurada, J.M., Marks II, R.J., Robinson, C.J. (Eds.), *Computational Intelligence: Imitating Life*. IEEE Press, Piscataway, NJ, pp. 316–327.

[8] Yasunobu and Miyamoto, 1985 Yasunobu, S., Miyamoto, S., 1985. Automatic train operation system by predictive fuzzy control. In: Sugeno, M. (Ed.), *Industrial Applications of Fuzzy Control*. North-Holland, pp. 1–18.

[9] Hellendoorn, H., 1993. Design and development of fuzzy systems at siemens R&D. In: *Proceedings of Second IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, San Fransisco, CA, USA, pp. 1365–1370.

[10] Terano, T., Asai, K., Sugeno, M., 1994. *Applied Fuzzy Systems*. Academic Press, Inc., Boston, MA.

[11] Baykal, N. ve Beyan, T., 2004, *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*, Bıçaklar Kitabevi, Ankara, 406s.

[12] Ross, T. J., 2004, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 628p.

[13] Zadeh, L.A., 1965, *Fuzzy Sets, Information and Control*, 8(3):338-353.

[14] Klir, J.G. and Yuan, B., 1995, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Application*, Prentice Hall, New Jersey, 574p.

[15] Şen, Z., 2001, *Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme İlkeleri*, Bilge Kültür Sanat Yayınları, İstanbul, 176s.

[16] Görgülü, Ö., 2007, *Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Teorisi ve Tarımda Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma*, Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, 98 s.

[17] Pydipati, Y., Burks, T. F., Lee, W.S., 2005. Statistical and neural network classifiers for citrus disease detection using machine vision. *Transactions of the ASAE* 48 (5), 2007–2014.

[18] Yang, C. C., Prasher, S.O., Landry, J.A., Perret, J., Ramaswamy, H.S., 2000. Recognition of weeds with image processing and their use with fuzzy logic for precision farming. *Canadian Agricultural Engineering* 42 (4), 195–200.

[19] Yang, C.C., Prasher, S.O., Landry, J., Ramaswamy, H.S., 2003. Development of an image processing system and a fuzzy algorithm for site-specific herbicide applications. *Precision Agriculture* 4 (1), 5–18.

[20] Odhiambo, L.O., Yoder, R.E., Yoder, D.C., 2001. Estimation of reference crop evapotranspiration using fuzzy state models. *Transactions of the ASAE* 44 (3), 543–550.

[21] Al-Faraj, A., Meyer, G.E., Horst, G.L., 2001. A crop water stress index for tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) irrigation decision-making—a fuzzy logic method. *Computers and Electronics in Agriculture* 32, 69–84.

[22] Van Alphen, B.J., Stoorvogel, J.J., 2000. A functional approach to soil characterization in support of precision agriculture. *Soil Science Society of America Journal* 64, 1706–1713.

[23] Lark, R.M., 2000. Designing sampling grids from imprecise information on soil variability, an approach based on the fuzzy kriging variance. *Geoderma* 98 (1–2), 35–59.

[24] Ferguson, R.B., Lark, R.M., Slater, G.P., 2003. Approaches to management zone definition for use of nitrification inhibitors. *Soil Science Society of America Journal* 67, 937–947.

[25] Ortiz, B.V., Perry, C., Sullivan, D.G., Kemerait, B., Ziehl, A., Davis, R., Vellidis, G., Rucker, K., 2008. Cotton yield response to variable rate nematicides according to risk zones. *American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI, ASABE paper number: 081026.*

[26] Xiang, H., Tian, L.F., 2007. Artificial intelligence controller for automatic multispectral camera parameter adjustment. *Transactions of the ASABE* 50 (5), 1873–1881.

[27] Jones, D., Barnes, E.M., 2000. Fuzzy composite programming to combine remote sensing and crop models for decision support in precision crop management. *Agricultural Systems* 65, 137–158.

[28] Gil, Y., Sinfort, C., Guillaume, S., Brunet, Y., Palagos, B., 2008. Influence of micrometeorological factors on pesticide loss to the air during vine spraying: data analysis with statistical and fuzzy inference models. *Biosystems Engineering* 100, 184–197.

[29] Cho, S.I., Ki, N.H., 1999. Autonomous speed sprayer guidance using machine vision and fuzzy logic. *Transactions of the ASAE* 42 (4), 1137–1143.