

## Toprakta Tuzluluk Parametrelerinin Sulanan Alanlarda Toprak Verimliliğine Etkilerinin Bulanık Mantık ile Analizi

Yeşim AHI<sup>1\*</sup> Korkmaz BELLİTÜRK<sup>2</sup> Hüseyin T. GÜLTAŞ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Su Yönetimi Enstitüsü, 06135, Ankara

<sup>2</sup>Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 59030, Tekirdağ

<sup>3</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 11230, Bilecik

\*Sorumlu yazar: ysmahi@ankara.edu.tr

Geliş tarihi:08/08/2018 Yayına kabul tarihi:04/12/2018

**Özet:** Araştırmada, Kırklareli ili Lüleburgaz ilçesinde bulunan Ziya Organik Tarım İşletmesi A.Ş.'nde yer alan sulu tarım alanlarına ait toprak örneklerinden elde edilen tuzluluk parametrelerinin, toprak verimliliğine olan etkilerinin bulanık mantık modeli ile belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, Fuzzy Logic (Bulanık Mantık) modeli kullanılmıştır. Modelin çalıştırılmasında öncelikle, farklı sulu tarım parsellerinde toprak parametrelerinin tespiti ve analizi gerçekleştirilmiştir. Toprak özelliklerindeki değişimler verimlilik bakımından Fuzzy Logic ile analiz edilerek modellenmiş ve yorumlanmıştır. Araştırmada incelenen toprak örneklerinin, fiziksel ve kimyasal analizleri standart metotlara göre yapılmıştır. Toprak örneklerinin fiziksel özellik bakımından çoğunlukla killi ve killi tın bünyede olduğu bulunmuştur. Toprak örneklerinin kimyasal analizlerinde tuzluluk ile ilgili bazı parametreler de (pH, EC, Na, Ca, Mg ve kireç) belirlenmiştir. Seçilen parsellerde; pH değerleri 6,63 – 7,92; toprak tuzluluğu değerleri (EC) 0,60-1,10 dS/m; kireç % 1,98-10,30; sodyum (Na) 14-232 mg kg<sup>-1</sup>; kalsiyum (Ca) 2409-9990 mg kg<sup>-1</sup> ve magnezyum (Mg) 215-1102 mg kg<sup>-1</sup> aralıklarında değişmiştir. Toprak verimliliğini doğrudan etkileyen bu parametreler modeldeki giriş değişkenlerini, verimlilik ise çıkış değişkenini oluşturmuştur. Bu parametrelere ait bulanık değerler elde edilerek, her bir alana ait toprak verimlilik profilleri ve yüzde (%) verimlilik değerleri ortaya konulmuştur. Fuzzy verimlilik değerleri % 38,50 – 84,40 aralığında değişmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Fuzzy Logic modeli, toprak kalitesi, tuzluluk, verimlilik tahmini

### Fuzzy Logic Analysis of the Effects of Soil Salinity on Soil Fertility in Irrigated Areas

**Abstract:** It was aimed to determine the effects of salinity parameters obtained from soil samples belonging to irrigated agriculture fields in Ziya Organic Farming Corporation Inc., located in the province of Lüleburgaz, Kırklareli in Turkey, on soil fertility with a fuzzy logic model. Firstly, soil parameters were determined in different irrigated agricultural areas and analyzed by running model. Changes in soil properties and productivity were analyzed by Fuzzy Logic and interpreted. Physical and chemical analyzes of soil samples investigated in the study were made according to standard methods. Soil samples have clay or clay loam texture in respect of physical properties. Some parameters related to salinity were also determined in the chemical analyzes of soil samples such as pH, EC, Na, Ca, Mg and CaCO<sub>3</sub>. The changes in the parameters of the selected areas are as follows; pH 6,63 – 7,92; soil salinity (EC) 0,60-1,10 dS/m; lime (CaCO<sub>3</sub>) 1,98-10,30%; sodium (Na) 14-232 mg kg<sup>-1</sup>; calcium (Ca) 2409-9990 mg kg<sup>-1</sup> and magnesium (Mg) 215-1102 mg kg<sup>-1</sup>. In the model, these parameters, which directly effects soil productivity, are considered as input variables, and productivity is considered as output variable. By obtaining fuzzy values relating to these parameters, the soil productivity profiles and percentages (%) of each are presented. Fuzzy productivity values differ from 38,50% to 84,40%.

**Keywords:** Fuzzy Logic, soil quality, salinity, productivity prediction

## Giriş

Tarımsal alanlarda son yıllarda bilinçsiz sulamalar, aşırı ilaç ve gübre kullanımı ile topraklarda tuzluluk-sodyumluluk, asitleşme vb. sorunlar ortaya çıkmakta, toprak yapısı bozulmakta ve toprak verimliliği azalmaktadır. Toprakta verimliliğinin göstergesi olarak makro ve mikro besin elementleri ile birlikte tuzluluk, pH, organik madde, kireç vb. parametreler tespit edilmekte, kıta içi ve kıtalar arası sınıflandırmaya tabi tutularak düzeyleri ve etkileri ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Çok sayıda literatürde bu parametrelerin birlikte etkilerinin farklı sonuçlar doğurduğu açıklanmakta; fakat toprak verimliliğine etkileri rakamsal olarak ifade edilememektedir. Bu gibi durumlara çözüm önerilerinin oluşturulmasında birçok bilim dalında olduğu gibi tarımsal alanlarda da kullanılmaya başlayan bulanık mantık teoremleri (Gintz ve ark., 1997; Kremenova, 2004; Chau ve ark., 2005; Chen ve Chau, 2006; Muttil ve Chau, 2006; Wu ve ark., 2009; Duru ve ark., 2010; Lin ve ark., 2010; Taormina ve ark., 2012; Dökmen ve Aslan, 2013) fayda sağlamaya başlamıştır.

Günümüzde çok sayıda parametreyi kapsayan değerlerin birlikte değerlendirildiği Bulanık mantık teorisi, problemi kesin sınırlarla ayırmak yerine kümeleme veya sınıflandırma şeklinde değerlendirmektedir. Bulanık teori yaklaşımı kullanılarak, problem ile ilgili bilgi doğal olarak ifade edilebildiğinden dolayı birçok mühendislik problemlerinde ve karar verme süreçlerinde önemli kolaylıklar sağlamaktadır (Gemici ve ark., 2013).

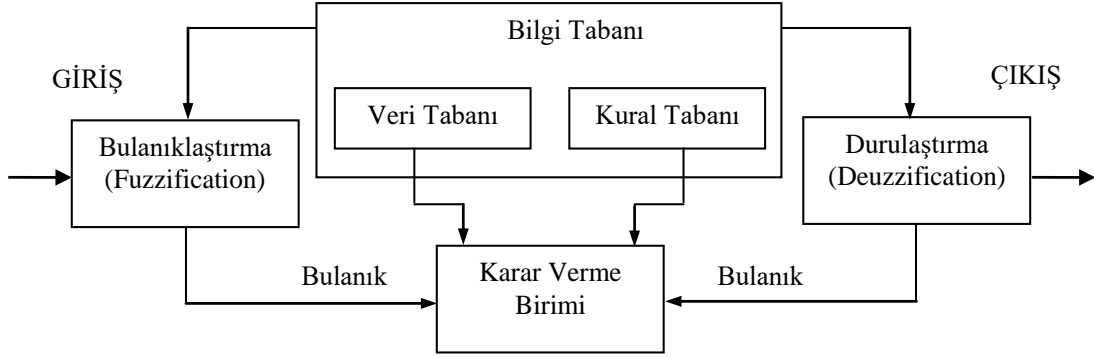
Bulanık mantık kavramı ilk olarak Lotfi A. Zadeh (1965) tarafından, belirsizlik içeren ifadelerin matematiksel ifade edilmesi yoluyla ortaya atılmıştır. Temelini, doğru ve yanlış değerlerin belirlendiği Bulanık Küme

Kuramı (Fuzzy Set Theory) oluşturur. Burada yine geleneksel mantıkta olduğu gibi (1) ve (0) değerleri vardır. Ancak, bulanık mantık yalnızca bu değerlerle yetinmeyip bunların ara değerlerini de kullanarak; örneğin bir uzaklığın yalnızca yakın ya da uzak olduğunu belirtmekle kalmayıp ne kadar yakın ya da ne kadar uzak olduğunu da söylemektedir (Odabaş ve ark., 2009).

Bulanık muhakeme, bulanık kuralı temel alan ve üç kavramsal bileşenden oluşan kural tabanlı sistem, bir diğer deyişle, Bulanık Çıkarım Sistemi olarak tanımlanmaktadır. Bu kavramsal bileşenler; bulanık IF-THEN kurallarının toplamından oluşan “kural tabanı”, üyelik derecelerinin tanımlanmasında kullanılan “veri tabanı” ve sistem giriş-çıkışlarından kuralların toplanması ve uygun sonuçların üretilmesi işlevini gören “çıkarım mekanizması”dır (Şekil 1) (Odabaş ve ark., 2009).

McBratney ve Odeh (1997), bulanık mantığı temel alan uygulamaların, ölçümlerin ve karar verme mekanizmalarının, toprak biliminde geniş uygulama alanlarına sahip olabileceğini belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra, toprak özelliklerinin ya da haritalamanın, arazi değerlendirmelerinin, bu konular üzerinde yapılacak olan modellemelerin, toprak fiziği simülasyonlarının ve toprak kalite indislerinin sayısallaştırılarak kullanılması suretiyle; toprak bilimi alanında çok değerli çalışmalar yapılabilmesinin mümkün olduğunu açıklamışlardır.

Bu çalışma ile Ziya Organik Tarım İşletmesi içerisinde sulu tarım yapılan parsellerde, bulanık mantık temelli Fuzzy Logic modeli kullanılarak, çok sayıda parametreye ait karmaşık sonuçların bir arada değerlendirilmesi ve toprak verimliliğinin tahmin edilmesi hedeflenmiştir.



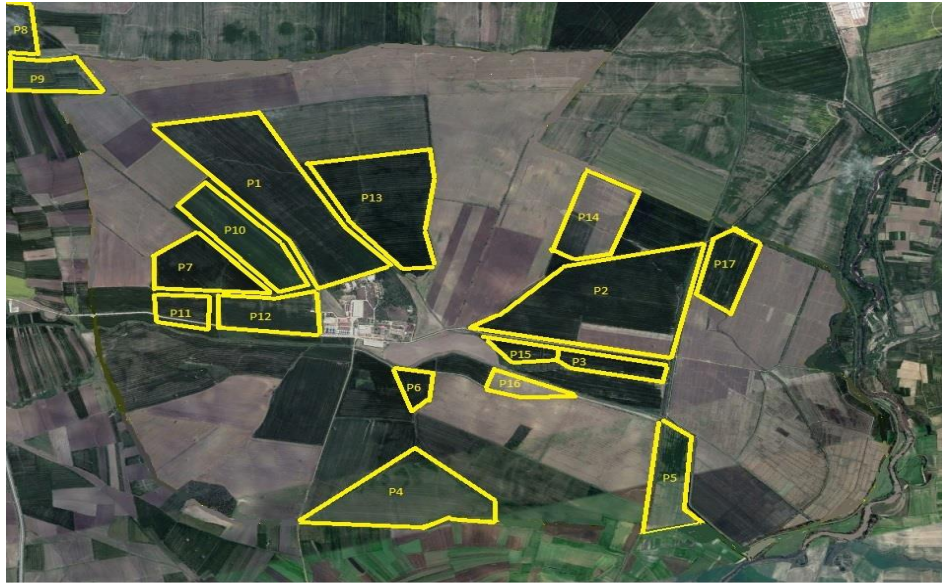
Şekil 1. Bulanık Mantık Çıkarım Sisteminin Genel Yapısı (Odabaş ve ark. 2009)  
Figure 1. General Structure of Fuzzy Logic Inference System

### Materyal ve Yöntem

Araştırma; Kırklareli ili Ziya Organik Tarım İşletmesi A.Ş. arazilerinde seçilen sulu tarım parsellerinden, 2016-2017 yetiştiricilik dönemi boyunca alınan toprak örneklerine ait kimyasal analiz sonuçlarına dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Ziya Organik Tarım İşletmesi 41°23'28" K enlemi ve 27°18'18" D boylamına sahip olup, konumu ve parseller Şekil 2' de verilmiştir.

Araştırma alanı toprakları, genellikle killi (C) ve killi-tın (CL) bünyeye sahiptir, organik madde içeriği düşük, taban suyu, tuzluluk ve sodyumluluk gibi sorunlar bulunmamaktadır.

Seçilen parsellerde tarımı yapılan bitki desenini ayçiçeği, buğday, şekerpancarı, I. ve II. ürün mısır oluşturmaktadır.



Şekil 2. Araştırma alanının görüntüsü  
Figure 2. A view of experimental area

Araştırmada bulanık mantık uygulamalarının gerçekleştirilmesi amacıyla Fuzzy Logic ve Matlab R2016a modülleri kullanılmıştır. Bulanık Sonuç Çıkarım Sistemini (Fuzzy Inference System) içeren modelde “Mamdani” bulanık sonuç çıkarma

yöntemi ve durulaştırma için “Ağırlık Merkezi (centroid)” yöntemi seçilmiştir.

Her bir parselde ait toprak örnekleme ve ölçüm işlemleri ortalama 20 da alanı temsil edecek şekilde zigzag yöntemine uygun olarak ve 0-30 cm derinliklerden bozulmuş

toprak örnekleri alınarak gerçekleştirilmiştir. Alınan toprak örnekleri, laboratuvar koşullarında önce gölgede kurularak, 2 mm' lik elekten geçirilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Analizler Uzunköprü Ticaret Borsası Toprak Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Alınan toprak örneklerine ait toprak reaksiyonu (pH) ve tuzluluk değeri (EC) Kacar (2009) ve Sağlam (2012)' de açıklandığı üzere, suyla doymuş toprakta sırasıyla (1:2,5 toprak: su) pH-metre ve EC-metre ile ölçülmüştür. Toprak bünyesi, Bouyoucos Hidrometre Yöntemi ile (Tüzüner, 1990) belirlenmiştir. Toprak örneklerindeki değişebilir sodyum içerikleri amonyum asetat yöntemi ile flame fotometresi kullanılarak analiz edilmiş olup kalsiyum ve magnezyum içerikleri, ICP-OES yöntemi ile (Kacar, 2009) ve topraktaki kireç miktarları ise Scheibler kalsimetresi ile (Sağlam, 2012) belirlenmiştir.

Araştırma alanı topraklarında gerçekleştirilen toprak analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve model kısıtlarının yazılmasında, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 31.05.2005, sayı 25831), Toprak bülteni (FAO 1982), Bellitürk (2013) ve Güneş ve ark. (2010) tarafından bildirilen ve önceki akademik çalışmalarda (Lindsay ve Norvell, 1969; TOVEP, 1991) açıklanan standartlardan yararlanılmıştır. Yönetmelikte ve standartlarda faydalanılan sınır değerler Çizelge 1' de özetlenmiştir.

Tüm analiz sonuçları ortalama değerler dikkate alınarak Bulanık Mantık Sistemi'nde değerlendirilmiştir. Giriş ve çıkış değişkenleri tespit edilen sistemin üyelik fonksiyonları ve kuralları oluşturulduktan

sonra, her bir parsel topraklarından ölçülmüş pH, EC (dS/m), kireç (%), ayrıca % Na, Ca, Mg kasyonlarından hesaplanan değişebilir sodyum yüzdesi, ESP (%), değerleri sisteme giriş değerleri olarak verilmiş, bunlara karşılık bulanık değerler (Fuzzy verimlilik değerleri) elde edilmiştir. ESP değerlerinin hesaplanmasında Richards (1954)' ün açıkladığı üzere aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (1)$$

$$ESP = \frac{100 \cdot K_G \cdot SAR}{1 + K_G \cdot SAR} = \frac{100(-0,0126 + 0,01475 \cdot SAR)}{1 + (-0,0126 + 0,01475 \cdot SAR)} \quad (2)$$

Eşitliklerde;  $K_G$ : katsayı,  
SAR: sodyum adsorbsiyon oranıdır.

Bulanık mantık sistemi, MATLAB R2016a kullanılarak oluşturulmuştur. Bu aşamadaki adımlar aşağıdaki gibi uygulanmıştır:

1. Sistemin giriş ve çıkış değişkenlerinin neler olacağı tespit edilmiştir. pH, tuzluluk, kireç ve ESP değerleri, toprağın verimliliğini doğrudan etkileyen faktörler olduğundan giriş değişkenleri olarak kabul edilmiş, verimlilik ise bunlara karşılık çıkış değişkeni olarak alınmıştır. 2. Giriş ve çıkış değişkenlerine ilişkin üyelik fonksiyonları ve sınır değerleri belirlenmiştir. 3. Bu adımda, giriş değişkenlerinin birbirleriyle olan etkileşimleri doğrultusunda, çıkışın ne olabileceğine dair kurallar belirlenmeye çalışılmıştır. Program çalıştırılarak bulanık değerler elde edilmiştir.

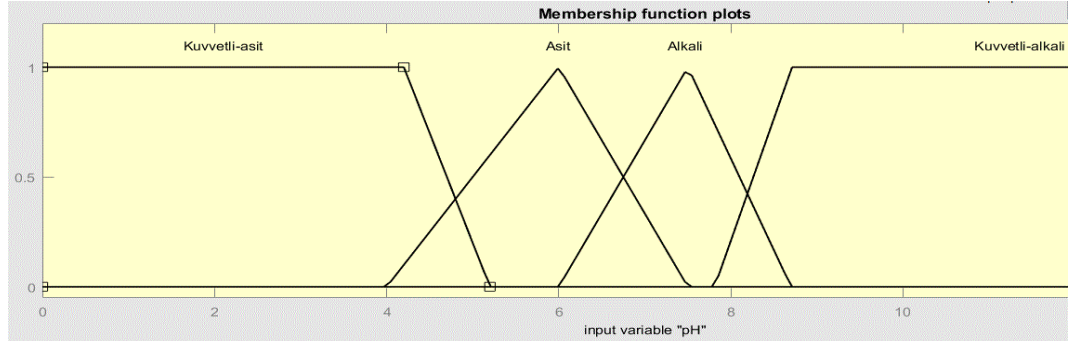
Çizelge 1. Bazı parametrelere ait toprak kalitesi standart değerleri

Table 1. Soil quality standards for some parameters

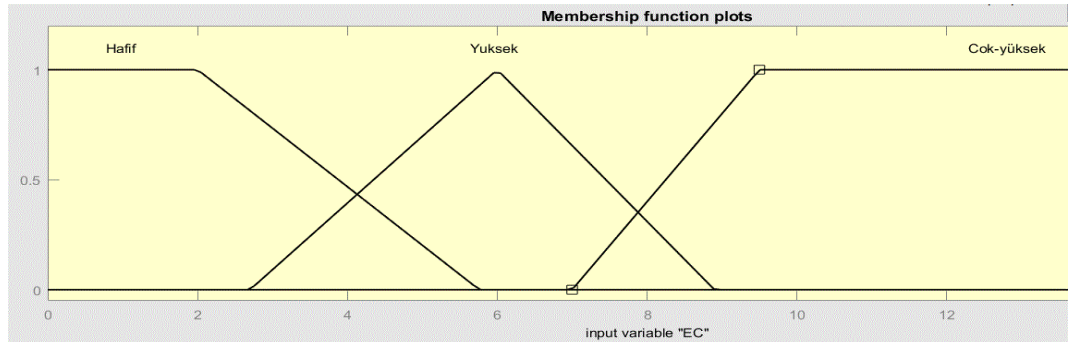
| Kalite Parametreleri | Kalite Sınıfları      |                 |                    |                         |
|----------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|-------------------------|
|                      | Az                    | Orta            | Fazla              | Çok Fazla               |
| Kireç (%)            | 0 - 2                 | 2-10            | 10-25              | >25                     |
| pH                   | Kuvvetli Asit<br><4,5 | Asit<br>4,5-6,5 | Alkali<br>6,5-8,5  | Kuvvetli Alkali<br>>8,5 |
| EC (dS/m))           | Hafif<br>0-4          | Yüksek<br>4-8   | Çok Yüksek<br>8-16 |                         |
| ESP (%)              |                       | Düşük<br><15    | Yüksek<br>>15      |                         |

Çizelge 2. Parsellerden elde edilen parametre ortalamaları  
Table2. Averages of parameters obtained from parcels

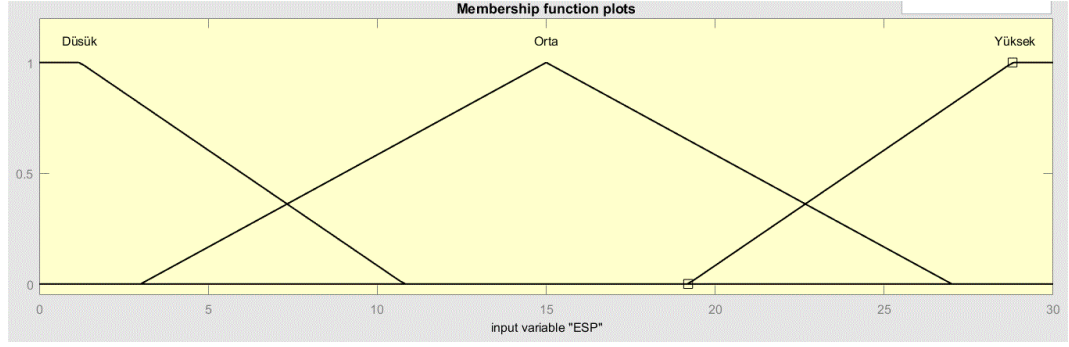
| Parsel No | Tuzluluk Parametreleri |              |                              |                              |                              |            |              |                 |
|-----------|------------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|--------------|-----------------|
|           | pH<br>(1:2,5)          | EC<br>(ds/m) | Na<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Ca<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Mg<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | ESP<br>(%) | Kireç<br>(%) | Fuzzy<br>değeri |
| P1        | 7,58                   | 1,14         | 111,43                       | 8.709,47                     | 547,07                       | 1,14       | 3,17         | 83,1            |
| P2        | 7,12                   | 0,73         | 14,26                        | 5.670,61                     | 326,11                       | 0,00       | 1,98         | 83,7            |
| P3        | 6,63                   | 0,59         | 105,09                       | 3.290,14                     | 411,68                       | 2,29       | 0,00         | 83,0            |
| P4        | 7,92                   | 0,81         | 52,31                        | 9.990,31                     | 906,91                       | 0,00       | 6,34         | 83,0            |
| P5        | 7,52                   | 1,00         | 232,00                       | 5.641,79                     | 573,47                       | 4,65       | 4,36         | 81,3            |
| P6        | 7,82                   | 0,60         | 44,35                        | 7.104,77                     | 214,55                       | 0,00       | 5,55         | 81,4            |
| P7        | 7,11                   | 0,81         | 56,93                        | 6.036,13                     | 415,91                       | 0,22       | 2,77         | 83,7            |
| P8        | 7,72                   | 1,01         | 51,17                        | 9.248,69                     | 1.101,97                     | 0,00       | 9,91         | 40,0            |
| P9        | 7,63                   | 1,01         | 54,43                        | 8.778,78                     | 928,04                       | 0,00       | 9,12         | 40,0            |
| P10       | 7,35                   | 0,93         | 23,71                        | 8.429,60                     | 494,35                       | 0,00       | 6,34         | 84,0            |
| P11       | 7,10                   | 0,88         | 60,45                        | 5.359,95                     | 618,45                       | 0,37       | 2,77         | 83,6            |
| P12       | 7,52                   | 0,93         | 49,47                        | 7.541,84                     | 379,98                       | 0,00       | 5,15         | 83,0            |
| P13       | 7,53                   | 1,00         | 43,75                        | 7.663,61                     | 513,43                       | 0,00       | 3,17         | 83,1            |
| P14       | 7,33                   | 0,89         | 32,25                        | 6.893,10                     | 461,27                       | 0,00       | 2,38         | 84,2            |
| P15       | 5,82                   | 0,40         | 40,32                        | 2.409,71                     | 453,04                       | 0,31       | 0,00         | 84,4            |
| P16       | 7,34                   | 0,57         | 82,36                        | 6.110,08                     | 311,25                       | 0,88       | 2,77         | 83,7            |
| P17       | 7,83                   | 0,69         | 193,76                       | 6.078,36                     | 253,35                       | 3,68       | 8,32         | 38,5            |
| Minimum   | 5,82                   | 0,40         | 14,26                        | 2.409,71                     | 214,55                       | 0,00       | 0,00         | 38,5            |
| Maksimum  | 7,92                   | 1,14         | 232,00                       | 9.990,31                     | 1.101,97                     | 4,65       | 9,91         | 84,4            |
| Ortalama  | 7,35                   | 0,82         | 73,41                        | 6.762,17                     | 546,98                       | 0,80       | 4,36         | 75,01           |



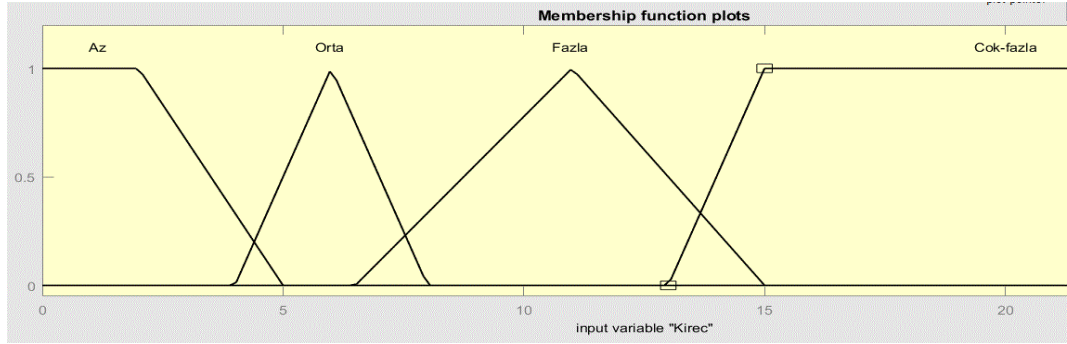
Şekil 3. pH değişkenine ait üyelik fonksiyonları  
Figure 3. Membership functions of pH



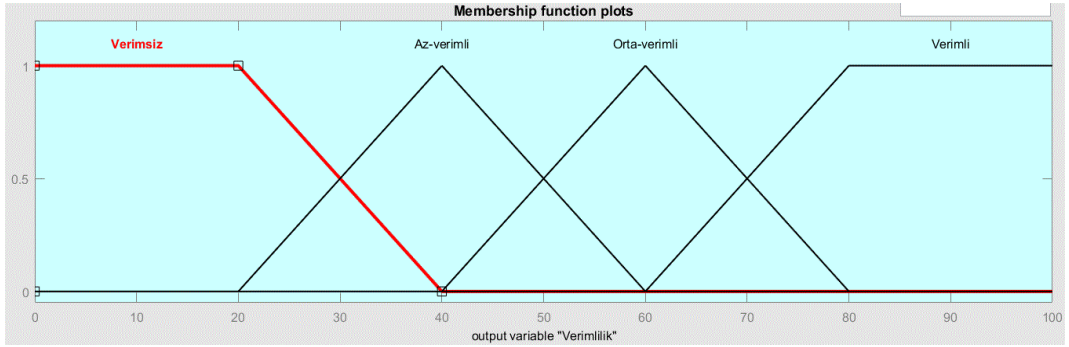
Şekil 4. EC değişkenine ait üyelik fonksiyonları  
Figure 4. Membership functions of EC



Şekil 5. ESP değişkenine ait üyelik fonksiyonları  
Figure 5. Membership functions of ESP



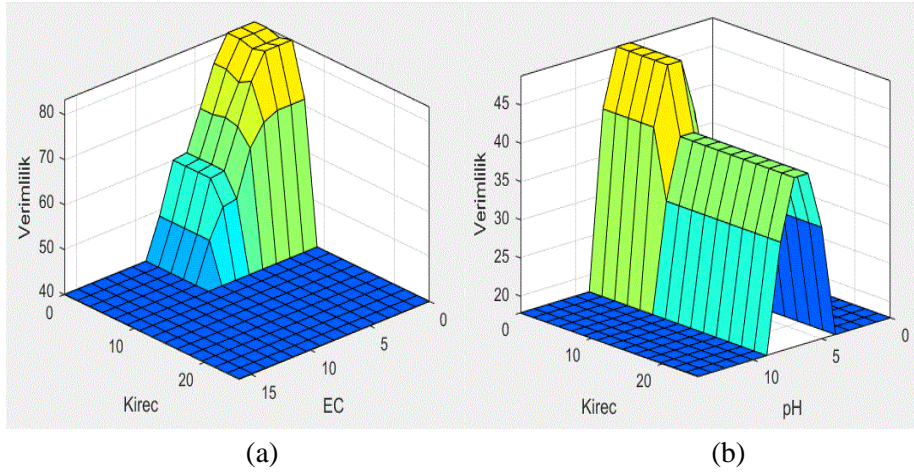
Şekil 6. Kireç değişkenine ait üyelik fonksiyonları  
Figure 6. Membership functions of CaCO<sub>3</sub>



Şekil 7. Verimliliğe ait üyelik fonksiyonları  
Figure 7. Membership functions of productivity

|   |
|---|
| 1. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Hafif) and (Kirec is Az) and (ESP is Düşük) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)                |
| 2. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Hafif) and (Kirec is Orta) and (ESP is Düşük) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)              |
| 3. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Hafif) and (Kirec is Fazla) and (ESP is Düşük) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)             |
| 4. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Hafif) and (Kirec is Çok-fazla) and (ESP is Düşük) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)         |
| 5. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Hafif) and (Kirec is Az) and (ESP is Yüksek) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)               |
| 6. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Hafif) and (Kirec is Orta) and (ESP is Yüksek) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)             |
| 7. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Hafif) and (Kirec is Fazla) and (ESP is Yüksek) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)            |
| 8. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Hafif) and (Kirec is Çok-fazla) and (ESP is Yüksek) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)        |
| 9. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Az) and (ESP is Düşük) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)               |
| 10. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Orta) and (ESP is Düşük) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)            |
| 11. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Fazla) and (ESP is Düşük) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)           |
| 12. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Çok-fazla) and (ESP is Düşük) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)       |
| 13. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Az) and (ESP is Yüksek) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)             |
| 14. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Orta) and (ESP is Yüksek) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)           |
| 15. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Fazla) and (ESP is Yüksek) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)          |
| 16. If (pH is Kuvvetli-asit) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Çok-fazla) and (ESP is Yüksek) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)      |
| 129. If (pH is Alkali) and (EC is Çok-yüksek) and (Kirec is Az) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Az-verimli) (1)               |
| 130. If (pH is Alkali) and (EC is Çok-yüksek) and (Kirec is Orta) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Az-verimli) (1)             |
| 131. If (pH is Alkali) and (EC is Çok-yüksek) and (Kirec is Fazla) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Az-verimli) (1)            |
| 132. If (pH is Alkali) and (EC is Çok-yüksek) and (Kirec is Çok-fazla) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Az-verimli) (1)        |
| 133. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Hafif) and (Kirec is Az) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)             |
| 134. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Hafif) and (Kirec is Orta) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)           |
| 135. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Hafif) and (Kirec is Fazla) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)          |
| 136. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Hafif) and (Kirec is Çok-fazla) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)      |
| 137. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Az) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)            |
| 138. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Orta) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)          |
| 139. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Fazla) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)         |
| 140. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Yüksek) and (Kirec is Çok-fazla) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)     |
| 141. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Çok-yüksek) and (Kirec is Az) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)        |
| 142. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Çok-yüksek) and (Kirec is Orta) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)      |
| 143. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Çok-yüksek) and (Kirec is Fazla) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1)     |
| 144. If (pH is Kuvvetli-alkali) and (EC is Çok-yüksek) and (Kirec is Çok-fazla) and (ESP is Orta) then (Verimlilik is Verimsiz) (1) |

Şekil 8. Tuzluluk parametre grubuna ait bazı kurallar  
Figure 8. Some rules of salinity parameter group



Şekil 9. Kuralları oluşturan bazı değişkenler arasındaki ilişkinin modele göre üç boyutlu gösterimi

Figure 9. Three-dimensional presentation of the relationship between some of the variables that make up the rules

### Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanı parsellerinden elde edilen analizlere ve hesaplanan değerlere ilişkin sonuçlar Çizelge 2’ de verilmiştir. Parsellerden elde edilen toprak tuzluluğu değerleri (EC) 0,6-1,1 dS/m; kireç %1,98-10,30; sodyum (Na) 14-232 mg kg<sup>-1</sup>; kalsiyum (Ca) 2409-9990 mg kg<sup>-1</sup>; magnezyum (Mg) 215-1101 mg kg<sup>-1</sup>, hesaplanan sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri 0,26-4,16, değişebilir sodyum %’si (ESP) 0-3,68 aralığında değişmiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde, toprak örneklerinin genellikle tuzluluk açısından “tuzsuz (0-1,5 dS/m)”, pH değerlerinin ise “hafif asit (5,5-6,5)”, “nötr (6,5-7,5)” ve “hafif alkalın (7,5-8,5) arasında olduğu söylenebilir. Toprak örneklerinin kireç içerikleri “az kireçli (% 0-1)”, “kireçli (% 1-5)” ve “orta kireçli (% 5-15)” arasında dağılım göstermektedir. ESP değerleri ise %15’ in altında olup sodyum zararı görülmemektedir (Lindsay ve Norvell, 1969; FAO, 1990; Tovep, 1991).

Araştırma alanında gerçekleştirilen fiziksel analizler neticesinde genel olarak toprak bünyesi “kil”, etkili toprak derinliği 1,5 m’nin üzerindedir. Değişen katmanlara göre hacim ağırlığı 1,40-1,65 g cm<sup>-3</sup>, tarla kapasitesi (TK) %40-52, solma noktası (SN) %25-37 aralığında bulunmuş, kullanılabilir

su tutma kapasitesi (KSTK) değerleri ise %10-15 arasında değişmiştir.

MATLAB R2016a kullanılarak oluşturulan tuzluluk parametrelerine ait giriş ve çıkış değişkenleri üyelik fonksiyonları ve sınır değerleri Şekil 3, 4, 5, 6 ve 7’ de verilmiştir. Üyelik fonksiyonlarının ikisi yamuk, diğerleri üçgen seçilmiştir. Giriş değişkenlerinin birbirleriyle olan etkileşimleri doğrultusunda, çıkışın ne olabileceğine dair kurallar yazılarak, bir kısmı Şekil 8’de verilmiştir. Bu parametre grubuna ait toplamda 144 adet kural yazılmıştır. Kuralları oluşturan seçilmiş parametreler için üç boyutlu gösterimler modelden elde edilmiş, örnek teşkil etmesi bakımından 2 adet gösterim Şekil 9’ da verilmiştir.

Giriş ve çıkış değişkenleri tespit edilen sistemin üyelik fonksiyonları ve kuralları oluşturulduktan sonra, her bir parsel için pH, EC, ESP ve kireç değerleri sisteme giriş değerleri olarak verilmiş, verimlilik (fuzzy değeri) ise bunlara karşılık çıkış değişkeni olarak alınmıştır (Çizelge 2). Çizelge 2’den izlenebileceği gibi, parsel verimlilikleri %40 - 84 arasında değişiklik göstermiştir. Modelde elde edilen verimlilik değerleri (Fuzzy değerleri) incelendiğinde; P1-P7, P10-P16 aralığındaki parsellerde %80’ in üzerinde değer elde edilmiştir ve bu değer Şekil 7’ ye göre verimli grubunu %100 temsil ederken, P8 ve P9 parselleri %40 fuzzy değeri ile %100 az verimli grubunu

temsil etmektedir. Ancak; P17 parseline ait fuzzy değeri (38,5) %20 verimsiz, %80 ise az verimli grubuna girmektedir.

Parsellerin EC, pH ve ESP ortalamaları, toprakta tuzluluk, sodyumluluk, asitlik ve alkalilik durumunun söz konusu olmadığını, ancak bazı parsellerde kireç birikimi oluşmuş olduğunu göstermektedir. Sınıflandırmada %10 civarı ve üzerindeki kireç miktarı fazla kireçli grubuna girdiğinden fuzzy verimlilik değerlerinde de paralel bir düşüş gözlenmiştir. Bu durum aynı zamanda, çok sayıda ve değişken parametre gruplarına ilişkin sonuçların modelde kullanılması halinde, farklı fuzzy değerlerinin karşımıza çıkabileceğini göstermektedir.

### Sonuç

Fuzzy Logic bulanık mantık modeli; çok sayıda parametreyi bir arada değerlendirebilecek kapasiteye sahip olup, karmaşık sonuçları birlikte ele alarak, tarımda kullanıma, özellikle toprak ve su kaynaklarının verimliliğinin tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır. Modelde toprak ve su verimliliğinin tahmini; sınıflandırma kriterlerine uygunluk veya üzerinde yetiştirilecek bitki deseninin isteklerini esas alacak biçimde kuralların oluşturulması ile mümkündür. Seçilecek kuralların doğruluğu elde edilecek sonuçları direkt olarak etkilemektedir.

Bu çalışmada, toprakta EC, pH, Na, Ca, Mg, kireç, ESP değerlerinin sınıflandırmaya esas aralıkları dikkate alınarak, incelenen parsellerde verimlilik %38,50-84,40 aralığında tahmin edilmiştir.

Tarımda çok sayıda parametrenin birlikte etkilerinin değerlendirilebileceği bulanık mantık sistemlerinin kullanılabilir netice verdiği bu çalışmanın, çok sayıda araştırmanın üretilmesine dayanak oluşturacağı düşünülmektedir.

### Kaynaklar

Bellitürk, K., 2013. Toprak Verimliliğinin Belirlenmesinde Toprak ve Bitki Analizlerinin Önemi. NKÜ Ziraat Fakültesi Ziraat Haber, 2(7): 10-11.

- Chau, K.W., Wu C.L. and Li, Y. S., 2005. Comparison of several flood forecasting models in Yangtze River, J Hydrol. Eng. ASCE. 10(6): 485-491.
- Chen, K.W. and Chau, K.W., 2006. Intelligent manipulation and calibration of parameters for hydrological models. Int J Environ Pollut. 28(3-4):432-447.
- Dökmen, F. and Aslan, Z., 2013. Evaluation of the parameters of water quality with wavelet techniques. Water Resour Manage. 27(14):4977-4988.
- Duru, N., Dökmen, F., Canbay, M.M. and Kurtuluş, C., 2010. Soil productivity analysis based on a Fuzzy Logic System, J. Sci. of Food and Agric., 90(13): 2220-2227.
- FAO, 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Soils Bulletin 48, Rome.
- FAO, 1990. Micronutrient, Assesment at The Country Level: An International Study. FAO Soils Bulletin 63. Rome.
- Gemici, E., Ardıçlıoğlu, M.ve Kocabaş, F., 2013. Akarsularda debinin yapay zeka yöntemleri ile modellenmesi. Erciyes Üniv. Fen Bil. Enst. Dergisi 29(2): 135-143.
- Gintz, M.A., Lüdeke, M.K.B., Petschel-Held, G., Reusswig, F., Plöchl, M., LammelG. and Schellnhuber, H.J.,1997. Fuzzy logic based global assessment of the marginality of agricultural land use. Climate Research, 8(2): 135-150.
- Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A., 2010. Bitki Besleme ve Gübreleme (V. Baskı). Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayın No: 1581, Ders Kitabı No: 533, Ankara.
- Kacar, B., 2009. Toprak Analizleri, 2. Baskı, Nobel Yayınları, 467 sayfa, Ankara.
- Kremenova, O., 2004. Fuzzy Modelling of Maps. Helsinki University of Technology Department of Surveying Master Thesis. pp. 84.
- Lin, C.H., Huang, T.H. and Shaw, D., 2010. Applying water quality modeling to regulating land development in a



- watershed. *Water Res. Manage.* 24(4): 629-640.
- Lindsay, W.L. and Norwell, W.A., 1969. Development of a DTPA Micronutrient Soil Test. *Sci. Am. Proc.* 35: 600-602.
- MATLAB, 2016. Fuzzy Logic Toolbox Version, R2016a.
- McBratney, A.B. and Odeh, I.O.A., 1997. Application of fuzzy sets in soil science: fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions. *Geoderma*. 77: 85-113.
- Muttil, N. and Chau, K.W., 2006. Neural network and genetic programming for modelling coastal algal blooms. *Int J Environ Pollut.* 28(83-4):223-238.
- Odabaş, C., Pehlivan, İ. ve Cinal, D.M., 2009. Bulanık mantık ile güneş enerjisi uygulaması. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu. (IATS'09). Karabük, Türkiye.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agricultural Handbook No. 60, US Department of Agriculture, Washington DC. pp. 160.
- Sağlam, M.T., 2012. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 2, Ders Kitabı No: 2, 154 sayfa, Tekirdağ.
- Taormina, R., Chau, K.W. and Sethib, R., 2012. Artificial Neural Network simulation of hourly groundwater levels in a coastal aquifer system of the Venice lagoon. *Eng Appl Artif Intel.* 25(8): 1670-1676.
- TOVEP, 1991. Türkiye Toprakları Verimlilik Envanteri. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Tüzüner, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, s: 61-73, Ankara.
- Wu, C.L., Chau, K.W. and Li, Y.S., 2009. Predicting monthly stream flow using data-driven models coupled with data-preprocessing techniques. *Water Resources Research* 45, W08432: 1-23.
- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy Sets. *Information and Control.* 8: 338-353.