

Lastiklerin Çeki Performansı İçin Bulanık Uzman Sistem Tasarımı

Kazım ÇARMAN, Ali Yavuz ŞEFLEK

S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Konya
kcarman@selcuk.edu.tr

Özet: Muharrik lastiklerin performans değerleri bulanık uzman sistem (BUS) yardımıyla hesaplanmıştır. BUS için Matlab 6.5 programı ve çıkarım mekanizması olarak "Mamdani" kullanılmıştır. Ölçülen ve hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Hesaplanan değerlerin deneysel verilere oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Lastiğin dinamik çeki oranının ölçülen ve hesaplanan değerleri arasındaki nispi hata %5.5 ve korelasyon katsayısı 0.978 olarak bulunmuştur. Lastiğin çeki veriminin ölçülen ve hesaplanan değerleri arasındaki nispi hata %9.1 ve korelasyon katsayısı 0.987 olarak saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Lastik, performans, bulanık uzman sistem

Fuzzy Expert System Design for Tyre Traction Performance

Abstract: The performance values of driven tyre were calculated with fuzzy expert system. Matlab 6.5 programme for fuzzy expert system and "Mamdani" as a inference engine were used. The results were compared with the experimental data and it was seen that the results obtained from fuzzy expert system were closer to experimental data. The mean relative error and correlation coefficient between measured to calculated values of tyre dynamic traction ratio were found 5.5% and 0.978 respectively. The mean relative error and correlation coefficient between measured to calculated values of tyre traction efficiency were found 9.1% and 0.987 respectively.

Key words: Tyre, performance, fuzzy expert system

GİRİŞ

Günümüzde fosil kökenli enerji kaynaklarının azalmasına bağlı olarak enerji maliyetlerindeki artış, enerjinin verimli kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Tarımsal üretimde toplam enerji tüketiminin %20'si traktör tarafından harcanmakta ve bu enerjinin ise %20-55'i çeki elemanlarında kaybolmaktadır. Bu nedenle tarımsal mekanizasyon planlamasında, traktör-tarım makinesi enerji ilişkilerinin saptanması veya optimum makine güç seçimi için çeki kuvveti, çalışma hızı ve çeki gücü gibi temel işletmecilik verileri önemli olmaktadır.

Tarım araçlarında gereksinim duyulan çeki kuvvetinin değiştirilmesi sırasında stabilite ve buna bağlı olarak dinamik toprak reaksiyonları önemli olmaktadır. İlerleme organının toprakta meydana getirdiği tutunma kuvveti ve yuvarlanma direnç kuvveti toprak şartlarına bağlı olarak değişmektedir.

Bu iki kuvvete bağlı olarak tarım aracının geliştirebileceği maksimum çeki performansı ortaya konabilir (Çarman ve Aydın, 2002).

Muharrik lastiklerin yapısal ve işletme özelliklerinin, ve ayrıca çalıştığı zeminin özelliklerine bağlı olarak performansları değişiklik göstermektedir. Performansı etkileyen bu değişkenlerin çalışma boyunca kontrol edilebilmesi, ölçme hassasiyeti, zaman ve ekonomik maliyet gibi faktörler sorun olabilmektedir. Günümüzde bu sorunların giderilmesi amacıyla yapay zeka uygulamaları kullanılmaktadır. Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık ve Genetik Algoritma yapay zeka uygulamalarının birkaç tanesidir (Allahverdi, 2002).

Bulanık mantık, her gün kullandığımız ve davranışlarımızı yorumladığımız yapıya ulaşmamızı sağlayan matematiksel bir disiplindir. Temelini "doğru" ve "yanlış" değerlerin belirlediği bulanık küme kuramı

oluşturur. Burada geleneksel mantıkta olduğu gibi (1) ve (0) değerleri vardır. Ancak, Bulanık mantık yalnızca bu değerlerle yetinmeyip bunların ara değerlerini de (0 ile 1 arasında değerler) kullanarak; bir uzaklığın yalnızca yakın yada uzak olduğunu belirtmekle kalmayıp ne kadar yakın yada ne kadar uzak olduğunu da söyler. Bulanık mantık, yapay zeka metotları içerisinde en çok endüstriyel uygulama alanı bulan araçtır. İnsanlar günlük hayatta; tam olarak tanımlanmamış ve nümerik olmayan dilsel niteleyiciler (soğuk, hafif soğuk, ılık, sıcak, çok sıcak vb. gibi) kullanarak kararlar verir ve problemi çözerler (Gantep, 2002).

Bulanık kontrol yöntemi; motor hız kontrolünden, uçaklardaki otomatik pilotlara veya evlerde kullanılan beyaz eşyalara kadar bir çok farklı alanda kullanılmaktadır. Günümüzde özellikle otomotiv sektöründe ABS fren sistemlerinde, virajlarda güvenli dönüşü sağlamak için tasarlanmış sistemlerde ve yakıt tasarrufu gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Saritaş ve ark., 2003).

Bulanık kontrol uygulamalarında en önemli avantaj dilsel değişkenlerin kullanılabilmesidir. Bulanık kontrol sistemi, kontrol edilen sistemden gelen etkilere ve bulanık kurallar adı verilen kurallara göre karar verip, gerekli kontrol büyüklüğünü oluşturan bir uzman sistemdir. Bu sayede konularında uzmanlaşmış kişilerin tecrübe ve fikirleri kolayca kurallar ile kontrolöre aktarılabilir ve uzman kontrol sistemleri gerçekleştirilebilir (Saritaş, 2003).

Bulanık kontrolör üç temel bölümden oluşmaktadır:

1. Bulanıklaştırıcı; BUS için giriş ve çıkış parametrelerinin sayısal verilerini, üyelik fonksiyonları yardımı ile bulanık büyüklüklere çevirir.
2. Çıkarım mekanizması; bulanık "Eğer...O halde" kuralları yardımıyla giriş değişkenlerinden bulanık çıkış değişkenlerini belirler ve bu sonuçları bir araya getirir. Ancak bu değer halen bulanık bir büyüklüktür.
3. Durulaştırıcı; bulanıklaştırıcının aksine bulanık bir büyüklükten tek bir (duru) değer elde ederek kontrol işaretini oluşturur (Allahverdi, 2002; Babaev,1998).

Bu çalışmada, değişen patinaj değerlerine bağlı olarak, muharrrik lastiklerin dinamik çeki oranları ve

çeki verimleri Bulanık Uzman Sistem kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada 7.00-18 ölçülerindeki radyal muharrrik traktör lastiği kullanılmıştır. Denemeler sabit lastik iç basıncında (150kPa), 0.51m/s'lik sabit ilerleme hızında ve üç farklı aks yükünde (4; 5 ve 6kN) yürütülmüştür. Denemelerin yürütüldüğü set düzeni, 20x2.5x1m boyutlarındaki beton kanalın her iki tarafına yerleştirilmiş raylar üzerinde hareket eden 22kW gücündeki trifaze elektrik motoru ile tahrik edilen bir arabadan oluşmaktadır (Çarman ve Aydın, 2002)

Lastiğin çeki performansını ortaya koyabilmek için dinamik çeki oranı ve çeki verimliliği değerleri hesaplanmıştır. Bu amaçla tekerleğin aks yüküne bağlı olarak çeki kuvveti değerleri ölçülmüştür. Tekerleğin farklı çalışma koşullarındaki aks gücünü belirlemek için de el tipi bir pens ampermetre kullanılmıştır.

Çalışmanın ana kısmını oluşturan Bulanık Uzman Sistem (BUS) için Matlab 6.5 programı kullanılmıştır. BUS için giriş parametresi olarak patinaj seçilmiş, çıkarım mekanizması olarak "Mamdani", durulaştırma yöntemi olarak "Centroid", çıkış parametresi olarak da lastik dinamik çeki oranı ve çeki verimliliği belirlenmiştir.

Patinaj ve toprak koni indeksi giriş parametrelerinin, dinamik çeki oranı ve çeki verimliliği çıkış parametrelerine etkileri BUS'de dilsel olarak Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Patinaj, dinamik çeki oranı ve çeki verimliliği parametrelerinin BUS'de dilsel olarak ifadeleri

Patinaj	Din. Çeki Oranı	Çeki verimliliği
(ÇD) Çok düşük	Çok düşük	Çok düşük
(D) Düşük	Düşük	Düşük
(AO) Az orta	Az orta	Az orta
(O) Orta	Orta	Orta
(YO)Yüksek orta	Yüksek orta	Yüksek orta
(Y) Yüksek	Yüksek	Yüksek
(ÇY) Çok yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek

BUS'deki giriş/çıkış parametrelerinin (Patinaj/ dinamik çeki oranı-çeki verimliliği) değişkenleri için bulanık kümelerde alacakları değerlerin sınırları aşağıdaki formüllerle hesaplanır.

$$\text{Patinaj } (x) = \begin{cases} x; & 0 \leq x \leq 0.42 \\ 0; & \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

$$\text{Dinamik Çeki Oranı } (y) = \begin{cases} y; & 0.25 \leq y \leq 0.75 \\ 0; & \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

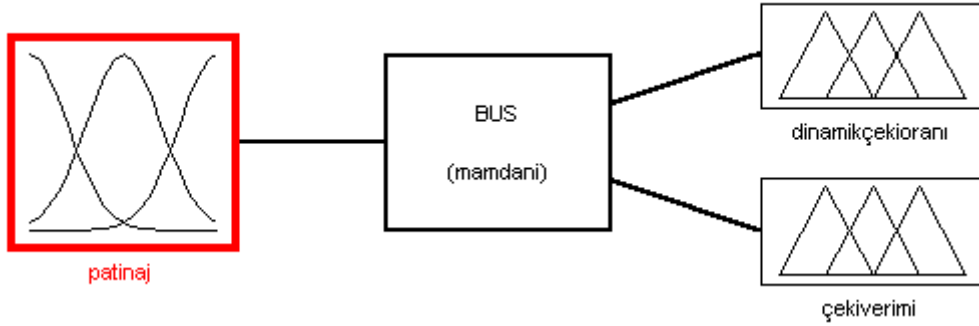
$$\text{Çeki Verimliliği } (z) = \begin{cases} z; & 0.2 \leq z \leq 0.75 \\ 0; & \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

Çizelge 1'e göre BUS kuralları oluşturularak Çizelge 2'de verilmiştir.

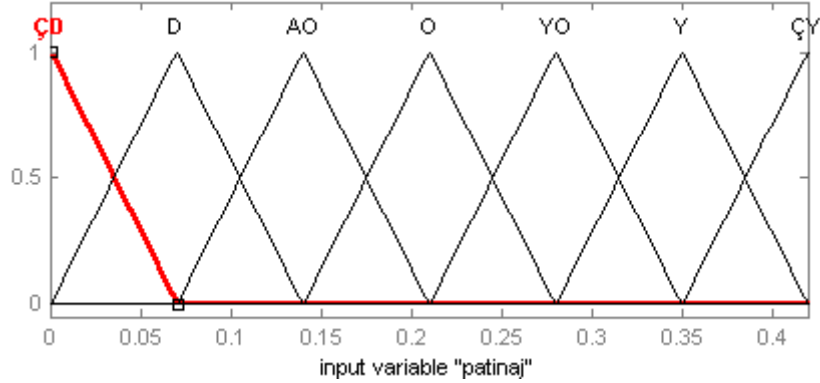
BUS'de giriş/çıkış ve çıkarım mekanizması Şekil 1'de verilmiştir. Kullanılan parametrelerin üyelik fonksiyonları yukarıdaki bulanık kümelerden elde edilerek grafikleri Şekil 2-4 'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kurallar çizelgesi

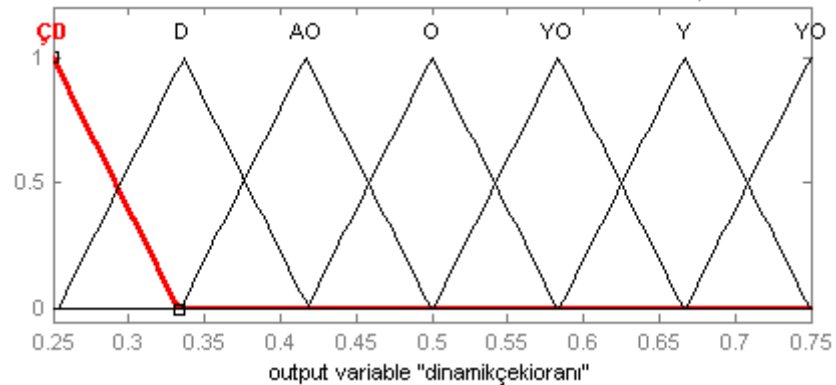
Kural No		P (x)		DÇO (y)		ÇV (z)
1	Eğer	Çok düşük	O halde	Çok düşük	ve	Çok yüksek
2	Eğer	Düşük	O halde	Düşük	ve	Yüksek
7	Eğer	Çok yüksek	O halde	Çok yüksek	ve	Çok düşük



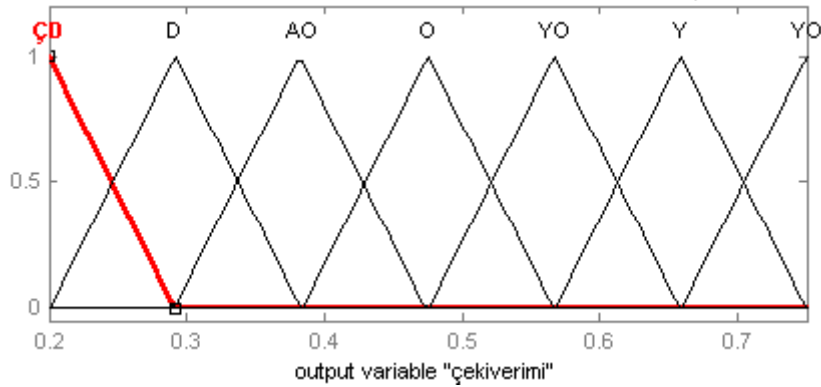
Şekil 1. Bulanık Uzman Sistem



Şekil 2. Patinaj fonksiyon grafiği



Şekil 3. Dinamik çeki oranı grafiği



Şekil 4. Çeki verimliliği grafiği

Patinaj, dinamik çeki oranı ve çeki verimliliği; çok düşük, düşük, az orta, orta, yüksek orta, yüksek ve çok yüksek olarak sınıflandırılmış ve buna göre bulanık kümeler örneğin patinaj için aşağıdaki gibidir.

$$\text{Çok Düşük } (x) = \begin{cases} 1; & x < 0 \\ \frac{0,07-x}{0,07}; & 0 \leq x \leq 0,07 \\ 0; & x > 0,07 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{ÇD}}(x) = \{1/0 + 0,85/0,01 + \dots + 0,14/0,06 + 0/0,07\}$$

$$\text{Düşük } (x) = \begin{cases} \frac{x-0}{0,07}; & 0 \leq x \leq 0,07 \\ \frac{0,14-x}{0,07}; & 0,07 \leq x \leq 0,14 \\ 0; & x > 0,14 \end{cases}$$

$$\mu_D(x) = \left\{ \begin{array}{l} 0/0 + 0,14/0,01 + \dots + 0,85/0,06 + 1/0,07 \\ + 0,85/0,08 + \dots + 0,14/0,13 + 0/0,14 \end{array} \right\}$$

$$\text{Az Orta } (x) = \begin{cases} \frac{x-0,07}{0,07}; & 0,07 \leq x \leq 0,14 \\ \frac{0,21-x}{0,07}; & 0,14 \leq x \leq 0,21 \\ 0; & x > 0,21 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{AO}}(x) = \left\{ \begin{array}{l} 0/0,07 + 0,14/0,08 + \dots + 0,85/0,13 \\ + 1/0,14 + 0,85/0,15 + \dots + 0/0,21 \end{array} \right\}$$

$$\text{Orta } (x) = \begin{cases} \frac{x-0,14}{0,07}; & 0,14 \leq x \leq 0,21 \\ \frac{0,28-x}{0,07}; & 0,21 \leq x \leq 0,28 \\ 0; & x > 0,28 \end{cases}$$

$$\mu_O(x) = \left\{ \begin{array}{l} 0/0,14 + 0,14/0,15 + \dots + 0,85/0,20 \\ + 1/0,21 + 0,85/0,22 + \dots + 0/0,28 \end{array} \right\}$$

$$\text{Yüksek Orta } (x) = \begin{cases} \frac{x-0,21}{0,07}; & 0,21 \leq x \leq 0,28 \\ \frac{0,35-x}{0,07}; & 0,28 \leq x \leq 0,35 \\ 0; & x > 0,35 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{YO}}(x) = \left\{ \begin{array}{l} 0/0,21 + 0,14/0,22 + \dots + 0,85/0,27 \\ + 1/0,28 + 0,85/0,29 + \dots + 0/0,35 \end{array} \right\}$$

$$\text{Yüksek } (x) = \begin{cases} \frac{x-0,28}{0,07}; & 0,28 \leq x \leq 0,35 \\ \frac{0,42-x}{0,07}; & 0,35 \leq x \leq 0,42 \\ 0; & x > 0,42 \end{cases}$$

$$\mu_Y(x) = \left\{ \begin{array}{l} 0/0,28 + 0,14/0,29 + \dots + 0,85/0,34 \\ + 1/0,35 + 0,85/0,36 + \dots + 0/0,42 \end{array} \right\}$$

$$\text{Çok Yüksek } (x) = \begin{cases} 0; & x < 0,35 \\ \frac{x-0,35}{0,07}; & 0,35 \leq x \leq 0,42 \\ 1; & x > 0,42 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{ÇY}} = \{0/0,35 + 0,14/0,36 + \dots + 0,85/0,41 + 1/0,42\}$$

Dinamik çeki oranı için oluşturulan kümelerden örneğin Düşük (y) aşağıdaki gibidir.

$$\text{Düşük } (y) = \begin{cases} \frac{y-0,25}{0,083}; & 0,25 \leq y \leq 0,333 \\ \frac{0,416-y}{0,083}; & 0,333 \leq y \leq 0,416 \\ 0; & y > 0,416 \end{cases}$$

$$\mu_D = \{0/0,25 + 0,6/0,3 + \dots + 0,19/0,4 + 0/0,416\}$$

Çeki verimliliği için oluşturulan kümelerden örneğin Yüksek (z) aşağıdaki gibidir.

$$\text{Yüksek } (z) = \begin{cases} \frac{z-0,566}{0,092}; & 0,566 \leq z \leq 0,658 \\ \frac{0,75-z}{0,092}; & 0,658 \leq z \leq 0,75 \\ 0; & z > 0,75 \end{cases}$$

$$\mu_Y = \{0/0,56 + 0,36/0,6 + \dots + 0,54/0,7 + 0/0,75\}$$

Her bir kural için max-min çıkarım mekanizmasıyla doğruluk dereceleri (α) belirlenir.

$$\alpha_1 = \min(\text{çok düşük}(x))$$

$$\alpha_2 = \min(\text{düşük}(x)) \dots$$

$$\alpha_7 = \min(\text{çok yüksek}(x))$$

α değerlerinin hesaplanması için ateşlenen giriş parametre değerlerinin hangi kurala uygun olduğunun

tespit edilmesi gerekmektedir. Sonuç da ateşlenen kuralların α değerlerinin max alınır. Centroid yöntemi ile durulaştırma aşağıdaki formül ile yapılır.

$$z^* = \frac{\int \mu_{dd}(z) \cdot z dz}{\int \mu_{dd}(z) dz}$$

SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışma için Matlab 6.5 programında giriş parametrelerine göre çıkış parametresi örneği aşağıdaki gibidir.

$$P=0.171 \text{ değeri için;}$$

$$D\check{C}O=0.454 \text{ ve}$$

$$\check{C}V=0.525 \text{ olarak Şekil 5'de çıkmaktadır.}$$

Örneğimizde 3 ve 4'cü kurallar geçerlidir (ateşlenmiştir). Bu kurallar için

$$\alpha_3 = \min(\text{azorta}(\alpha))$$

$$\alpha_3 = \min(0.557)$$

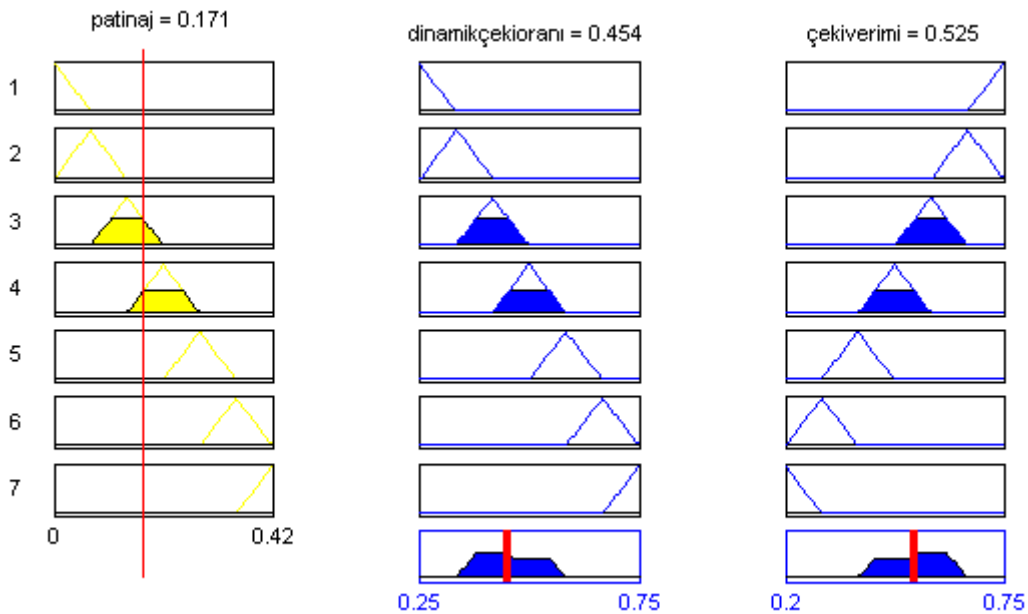
$$\alpha_4 = \min(\text{orta}(\alpha))$$

$$\alpha_4 = \min(0.442)$$

Kural 3 ve 4 için;

$$\alpha_{3-4} = \max(\alpha_3 - \alpha_4) = \max(0.557, 0.442) = 0.557$$

Kural 3 ve 4'den y ve z değerleri 0.557 doğruluk derecesi için centroid yöntemiyle durulaştırılmıştır.



Şekil 5. Patinaja bağlı olarak dinamik çeki oranı ve çeki verimi

Muharrik lastiğin patinaja bağlı olarak dinamik çeki oranları ve çeki verimliliği değerlerinin ölçülen ve BUS yardımıyla bulunan sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir. Ölçülen ve BUS yardımıyla elde edilen değerler arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı dinamik çeki oranı için 0.978, çeki verimliliği için ise 0.987 olarak elde edilmiştir. Ortalama nispi hata dinamik çeki oranı için %5.5 ve çeki verimliliği için ise %9.1 olarak bulunmuştur. Yapılan t testi sonucu, ölçülen ve BUS yardımıyla elde edilen değerler arasındaki farklılığın önemsiz olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak, günümüzde farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılan bulanık uzman sistemler, bu çalışmada elde edilen sonuçlar dikkate alındığında lastik performanslarının saptanmasında da zaman alan denemelerin yerine güvenle kullanılabilirlerdir. Çalışmalarda giriş parametrelerinin ve dilsel ifadelerinin sayısını artırarak deneysel verilere çok daha yakın sonuçların alınabilmesi mümkün olacaktır.

Çizelge 3. Ölçülen ve BUS yardımıyla elde edilen dinamik çeki oranı ve çeki verimliliği değerleri ve nispi hataları

Patinaj	Dinamik Çeki Oranı			Çeki Verimliliği		
	Ölçülen	BUS	Hata	Ölçülen	BUS	Hata
0.066	0.310	0.333	0.074	0.720	0.659	0.084
0.182	0.480	0.465	0.031	0.475	0.513	0.080
0.262	0.601	0.559	0.069	0.380	0.410	0.078
0.345	0.660	0.659	0.001	0.275	0.300	0.090
0.405	0.701	0.696	0.007	0.239	0.259	0.083
0.065	0.310	0.333	0.074	0.720	0.659	0.084
0.171	0.450	0.454	0.008	0.495	0.525	0.060
0.261	0.554	0.558	0.007	0.360	0.412	0.144
0.312	0.579	0.622	0.074	0.319	0.341	0.068
0.380	0.650	0.675	0.038	0.255	0.283	0.109
0.078	0.302	0.346	0.145	0.700	0.645	0.078
0.168	0.435	0.452	0.039	0.495	0.528	0.066
0.242	0.486	0.539	0.109	0.385	0.432	0.122
0.332	0.595	0.642	0.078	0.289	0.319	0.103
0.392	0.629	0.683	0.085	0.245	0.274	0.118

LİTERATÜR LİSTESİ

- Allahverdi, N. 2002. Uzman Sistem Nedir? "Uzman Sistemler, Bir Yapay Zeka Uygulaması", Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Babaev, A., 1998. Bulanık Mantık ve Uygulamaları. Uludağ Üniversitesi Yayınları, Bursa.
- Çarman K. ve C. Aydın, 2002. Load and Velocity Effects on Tire. International Conference on Agricultural Engineering, Szent Istvan University, Budapeşte
- Gantep, 2002. <http://www.gantep.edu.tr/~dereli>.
- Sarıtaş, İ., M. Cinviz, C. Haşimoğlu, Y. İcingür, 2003. ERG ve Motor Performansı İçin Bulanık Uzman Sistem Tasarımı. 3. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 510-519, Ankara.
- Sarıtaş, İ. 2003. Medikal Alanda Bulanık Kontrol. S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Konya.