

Bulanık SMRGT yönteminin pratik uygulamaları

Abdullah TOPRAK¹, Zeynep AYKAÇ², Z. Fuat TOPRAK^{3,*}

¹Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Diyarbakır

²Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Diyarbakır

³Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Diyarbakır

Makale Gönderme Tarihi: 05.11.2016

Makale Kabul Tarihi: 02.01.2017

Öz

Bulanık modellemede, üyelik fonksiyonları ve bulanık kuralların uygun bir şekilde belirlenmesi, deneme-yanılma sürecinin kısa tutulabilmesi ve modelin başarısı açısından birinci derecede önemlidir. Gerek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesine gerek kuralların atanmasına ilişkin literatürde çeşitli yaklaşımlara rastlamak mümkündür (Genetik Algoritma, Yapay Sinir Ağları, Kalman Filtresi, çeşitli istatistiksel ve grafiksel yaklaşımlar gibi). Fakat bu algoritmalar genellikle, üyelik fonksiyonları ve bulanık kuralların belirlenmesi için ayrı ayrı geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin bir kısmı ayrıca paket programları ve geniş zaman ve işlem hacmini gerektiren bir kısmı ise deneme-yanılma yönteminden tümü ile kurtaracak kadar iyi sonuç verememektedir. Bu çalışmada ise hem üyelik fonksiyonlarının (üçgen/trapez) belirlenmesinde hem de bulanık kuralların atanmasında sentroid durulaştırma yöntemi ile kullanılacak SMRGT adında literatürde yeni olan bir yaklaşımın iki pratik uygulaması sunulmaktadır. Uygulama sonucunda, yöntemin başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: SMRGT, Bulanık kural tabanı, üyelik fonksiyonu, bulanık mantık, nöro fuzzy, geno fuzzy.

Giriş ve Literatür

SMRGT yöntemi ilk kez Toprak (2009) tarafından sunulmuştur. Yöntem, hem üyelik fonksiyonlarının (üçgen/trapez) hem de bulanık kuralların belirlenmesinde sadece “ağırlık merkezi” durulaştırma yöntemi ile birlikte kullanılabilir. Bulanık mantık felsefesinin, gerek bilimde gerek teknolojide gittikçe daha iyi bir yere geldiği görülmektedir. Bulanık modellemede, üyelik fonksiyonları (ÜF) ve bulanık kuralların (BK) uygun bir şekilde belirlenmesi, modelin başarısı açısından birinci derecede önemlidir. Eğer modelleme sadece eldeki verilerle yapılacaksa bunun önemi daha da artmaktadır. Gerek ÜF'nin belirlenmesine gerek BK'nın atanmasına ilişkin literatürde çeşitli yaklaşımlara rastlamak mümkündür. Genetik algoritma (Chen vd., 2002; Inoue vd., 1998; Kim vd., 2003; Kissi vd., 2004; Pal vd., 2003; Kim vd., 1998; De Castro ve Camargo, 2004; Çınar, 2005; Mondelli vd., 1998), yapay sinir ağları (Besada-Juez ve Sanz-Bobi, 2002; Kim vd., 1996; Jin ve Sendoff, 2003; Leng vd., 2005; Wu vd., 2001), olasılık ölçütleri (Singpurwalla vd., 2004; Lindley, 2004; Laviolette, 2004; Zadeh, 2004; Dempster, 2004; Singpurwalla, 2004), Kalman filtresi (Simon, 2002) bu yaklaşımlardan bir kaçıdır ve sıkça kullanılanlardır. Ayrıca çok sayıda yeni geliştirilen algoritmaları literatürde görmek mümkündür (Cho vd., 1998; Hong ve Lee, 1996; Chen vd., 2002; Lin ve Ho, 2005; Wu ve Chen, 1999; Chen ve Chang, 2005; Halgamuge vd., 1995; Chen ve Otto, 1995; Sancho-Royyo ve Vergeday, 1999). Bu çalışmaların bir kısmı sadece üyelik fonksiyonlarının (Kissi vd., 2004; Kim vd., 1998; Çınar, 2005; Mondelli vd., 1998; Kim vd., 1996; Singpurwalla vd., 2004; Lindley, 2004; Laviolette, 2004; Zadeh, 2004; Dempster, 2004; Singpurwalla, 2004; Simon, 2002; Chen ve Otto, 1995; Sancho-Royyo ve Vergeday, 1999), bir kısmı ise sadece bulanık kuralların (Inoue vd., 1998; Kim vd., 2003; Pal vd., 2003; De Castro ve Camargo, 2004; Besada-Juez ve Sanz-Bobi, 2002; Jin ve Sendoff, 2003; Leng vd., 2005; Wu vd., 2001; Singpurwalla vd., 2004; Yin, 2004; Chen ve Lee, 2003; Chen ve Yu, 2003; Luciano vd.,

1998; Fahn vd., 1999; Wan vd., 2005, Casillas vd., 2005; Finn, 1999) belirlenmesine yöneliktir. Hem üyelik fonksiyonu hem de bulanık kuralların belirlenmesine yönelik çalışmalara rastlamak da mümkündür (Chen vd., 2002; Mondelli vd., 1998; Cho vd., 1998; Hong ve Lee, 1996; Chen vd., 2002; Lin ve Ho, 2005; Wu ve Chen, 1999; Chen ve Chang, 2005; Halgamuge vd., 1995). Ne yazık ki ÜF ve BK'nın belirlenmesine yönelik geliştirilen bu yöntemler, ek olarak farklı paket programları veya deneme-yanılma yöntemine göre daha çok zaman ve işlem hacmini gerektirmektedir. Dahası, bu yöntemlerin bir çoğunu kullanırken bile araştırmacılar deneme-yanılmadan tam anlamıyla kurtulamamaktadır. Bu nedenle anılan bunca çalışmaya rağmen hala deneme-yanılma yöntemi çoğu kez tercih edilmektedir. Oysa ÜF ve BK'nın belirlenmesine yönelik yöntemlerin, deneme-yanılmaya tercih edilebilecek kadar basit, az işlem hacmine sahip ve sonuçları iyi ve güvenilir olmalıdır. Yine bazı yeni yöntemlerin her üyelik fonksiyonu ve durulaştırma yöntemi için geçerli olmadığı bazısının ise özellikle bu açıdan özelleştirildiği görülmektedir. Bu çalışmada sunulan yöntem, mevcut yöntemlere göre daha az işlem hacmini gerektirdiği, daha hızlı ve daha güvenilir olduğu söylenebilir.

Yöntem

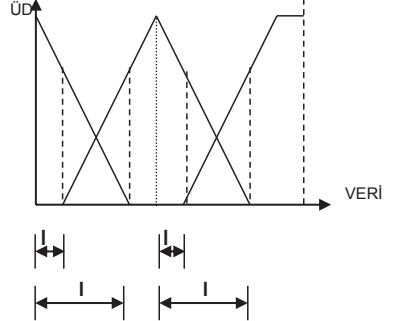
Bu çalışmada sunulan yeni yöntemin uygulama şekli maddeler halinde aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Değişkenlerin her biri sınırlı bir aralıkta dağılması gerekir. Yani her bir değişkenin en küçük ve en büyük değerleri belli olmalıdır. Bu şart, verilerin çok küçük bir aralıkta dağılması gerektiği anlamına gelmez. Bu aralık, eldeki probleme göre istendiği kadar geniş tutulabilir.
2. Her bir bağımsız değişken için en az üç geçici üyelik fonksiyonu belirlenir. Üyelik fonksiyonu sayısının fazla olması modelin hatasının azalmasını sağlayacak fakat aynı zamanda işlem hacmi artacağı için program yükünün artmasına da neden olacaktır. Bu nedenle önce en az sayıda üyelik fonksiyonunun seçilmesinde fayda vardır. Yöntem, üçgen ve

trapez şeklindeki üyelik fonksiyonları üzerinde denenerek iyi sonuç alındığı için, fonksiyonların bu şekilde seçilmesi yöntemin daha güvenli bir şekilde uygulanabilirliği açısından tercih edilir.

3. En baştaki ve en sondaki üyelik fonksiyonunun dik üçgen veya dik trapez olarak seçilmesi daha uygundur. Ortadakilerin ise trapez veya ikizkenar üçgen seçilmesinde yarar vardır.
4. Üyelik fonksiyonlarının, Şekil 1'deki gibi birbirinin dik üçgen parçalarının ağırlık merkezine kadar yani tabanın $1/3$ ve $2/3$ 'üne kadar yayılması hata yüzdesini düşürür.
5. Bulanık sistem, her bir bağımsız değişkenin ilk ve son üyelik fonksiyonunun ağırlık merkezine denk gelen değer aralığı için geçerli olacaktır. Bu yüzden en başta, bağımsız değişkenlerin dağılım aralıklarının biraz geniş tutulmasında yarar vardır. Bu şart özellikle sentroid durulaştırma kullanıldığı zaman hata yüzdesini düşürecektir. Çünkü bulanık sistem, özellikle sentroid durulaştırma yöntemi seçildiğinde belli şartların dışında en düşük ve en yüksek değerleri vermemektedir.
6. Böylece, üç üyelik fonksiyonu olan bir değişken için, her biri ilgili üyelik fonksiyonunun ağırlık merkezine denk gelen üç tane elemanı elde edilmiş olacaktır. Bu elemanlar aynı zamanda bulanık modelin girdileri (inputs) olacaktır. Bu elemanları peşinen belirledikten sonra büyük ölçüde deneme-yanılmadan kurtulmuş olunacaktır. Başka bir ifade ile girdilerin üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde deneme-yanılma sonucu varılacak sonuca peşinen varılmış olur.
7. Bu işlemlerden sonra her bir bağımsız değişkenin seçilmiş bu değerlerine karşı çıktının yani bağımlı değişkenin alabileceği değerlerin tüm kombinezonları, örneğin her hangi A, B ve C değişkenleri için Tablo 1'de gösterildiği gibi belirlenmiş olacaktır. Girdilerin belirlenen bu değerlerine karşı gelen çıktı değerleri deneysel olarak veya uzman görüşü doğrultusunda (gerekirse hesap yoluyla) elde edilecektir. Bu kombinezonlar bize tüm kuralları vermiş olacaktır. Elde edilen bu kural sayısınca çıktının üyelik fonksiyonu sayısı

belirlenir. Girdilerin üyelik fonksiyonlarında olduğu gibi bu değerler çıktının her bir üyelik fonksiyonunun ağırlık merkezine denk gelen elemanlar olacaktır.



Şekil 1. Geçici üyelik fonksiyonları

8. İlk yedi maddede yapılan işler, Tablo 1 gibi bir tablo ile veya bir grafik üzerinde gösterilir. Grafik üzerinde gösterilmesi, aşağıda verilecek örneklerden anlaşılacağı üzere daha sonraki işleri daha da kolaylaştıracaktır.

Tablo 1. Çıktının üyelik fonksiyonları ve bulanık kuralların belirlenmesi

KURALLAR	A (GİRDİ 1)	B (GİRDİ 2)	C (GİRDİ 3)	D (ÇIKTI)
1	DÜŞÜK	DÜŞÜK	DÜŞÜK	Her bir bulanık kurala karşılık gelen bulanık çıktının mantıksal değeri yazılacak
2	DÜŞÜK	DÜŞÜK	ORTA	
3	DÜŞÜK	DÜŞÜK	YÜKSEK	
4	DÜŞÜK	ORTA	DÜŞÜK	
5	DÜŞÜK	ORTA	ORTA	
6	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	
7	DÜŞÜK	YÜKSEK	DÜŞÜK	
8	DÜŞÜK	YÜKSEK	ORTA	
9	DÜŞÜK	YÜKSEK	YÜKSEK	
10	ORTA	DÜŞÜK	DÜŞÜK	
11	ORTA	DÜŞÜK	ORTA	
12	ORTA	DÜŞÜK	YÜKSEK	
13	ORTA	ORTA	DÜŞÜK	
14	ORTA	ORTA	ORTA	
15	ORTA	ORTA	YÜKSEK	
16	ORTA	YÜKSEK	DÜŞÜK	
17	ORTA	YÜKSEK	ORTA	
18	ORTA	YÜKSEK	YÜKSEK	
19	YÜKSEK	DÜŞÜK	DÜŞÜK	
20	YÜKSEK	DÜŞÜK	ORTA	
21	YÜKSEK	DÜŞÜK	YÜKSEK	
22	YÜKSEK	ORTA	DÜŞÜK	
23	YÜKSEK	ORTA	ORTA	
24	YÜKSEK	ORTA	YÜKSEK	
25	YÜKSEK	YÜKSEK	DÜŞÜK	
26	YÜKSEK	YÜKSEK	ORTA	
27	YÜKSEK	YÜKSEK	YÜKSEK	

9. Bu şekilde üyelik fonksiyonları ve kurallar belirlendikten sonra sıra ilgili paket programlarda örneğin MATLAB'te bulanık sistemi kurmaya gelmiştir. İlk sekiz maddedeki tüm işler el ile bir karalama kâğıdına yapılabileceği gibi bilgisayarda Excell programı yardımı ile daha kolay yapılabilir. Bu aşamaya kadar yapılan tüm işlemlerin sadece modelin kurulması (kalibre edilmesi) için olduğu ve bunun için çok az sayıda veri kümesinin kullanıldığı unutulmamalıdır.

10. İlgili paket programda, kalibrasyon verileri kullanarak girdi ve çıktı veri dosyaları hazırlanır. Aynı şekilde ve eş zamanlı olarak test aşaması verileri kullanılarak girdi ve çıktı dosyaları hazırlanır. Böylece kalibrasyon ve test aşamalarının her biri için biri girdi, biri de çıktı için olmak üzere ikişer tane veri dosyası hazırlanmış olacaktır.

11. Daha sonra yine ilgili paket programlar yardımıyla bulanık sistem (yukarıdaki maddelerde nasıl olması gerektiği belirtilmiştir) kurulur.

12. Programı daha kolay çalıştırmak ve sonuçları değerlendirmek üzere basit bir alt program hazırlanır.

13. Bu yöntem ile hazırlanan programın çoğu kez deneme-yanılma sürecine ihtiyacı olmayacaktır; olsa da bu süreç son derece kısa olacak ve az işlem gerektirecektir. Bu kısa süreç de çıktının üyelik fonksiyonlarının gereğinden fazla iç içe geçmesi yani alanlarının farkının sıfıra yakın olması nedeniyle olabilir. Olası (muhtemel) böyle bir durumda ilgili programlar zaten uyarı yapmaktadır. Yapılacak tek iş, uyarı doğrultusunda çıktının, iç içe geçmiş iki veya daha fazla üyelik fonksiyonlarının sayısını uygun bir şekilde teke indirerek azaltmaktır.

14. Bu çalışmada verilen yeni yöntemin kullanılması halinde, uzman deneyimi ile olayın matematik fonksiyonunu elde edilip bu fonksiyon ile uygun veriler türetilerek veya deneysel yollarla amacın doğrultusunda veriler elde edilerek bulanık sistemin kurulmasında bulanık sistemin güvenle ve ilerde tadilata

gerek kalmaksızın kullanılabilmesi açısından oldukça önemlidir.

Örnek Uygulama

Problem, kesit ortama akım hızı ve akımın en kesit alanına bağlı olarak debinin hesaplanması olsun. Bunun için iki bağımsız değişkeni olan süreklilik denklemi esas alınmıştır.

$$Q=VA \quad (1)$$

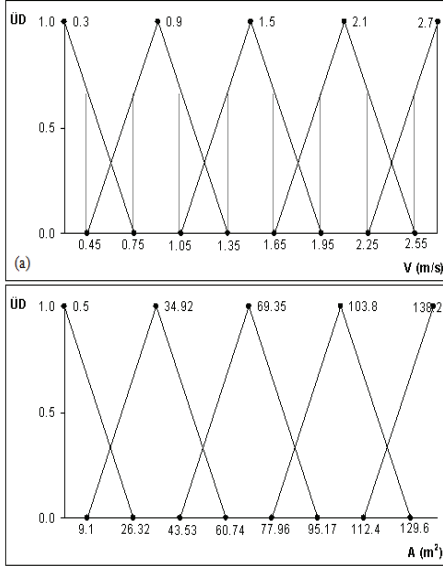
1. Değişkenlerin her biri sınırlı bir aralıkta dağılması gerekir: Kesit ortalama akım hızlarının 0.45 m/s ile 2.55 m/s; akımın kesit alanının ise 9 m² ile 129.6 m² arasında değiştiği ilgili uzmanca belirlenmiş olsun.

2. Her bir bağımsız değişken için en az üç geçici üyelik fonksiyonu belirlenir: Bağımsız değişken sayısı az olduğu için işlem hacmini artırmadan değişkenlerin her biri için beşer tane üyelik fonksiyonunu atamak mümkündür.

3. En baştaki ve en sondaki üyelik fonksiyonunun dik üçgen veya dik trapez olarak seçilmesi daha uygundur: Her iki bağımsız değişkenin de ilk ve son üyelik fonksiyonları dik, ortadakiler ise ikizkenar üçgen olarak seçildi.

4. Üyelik fonksiyonlarının, Şekil 1'deki gibi birbirinin dik üçgen parçalarının ağırlık merkezine kadar yani tabanın 1/3 ve 2/3'üne kadar yayılması hata yüzdesini düşürür. Buna göre her iki değişkenin üyelik fonksiyonları Şekil 2'de verildiği gibi belirlendi.

5. Bulanık sistem, her bir bağımsız değişkenin ilk ve son üyelik fonksiyonunun ağırlık merkezine denk gelen değer aralığı için geçerli olacaktır. O halde her ne kadar veri aralığımız, V için 0.3 ile 2.77; A için 0.5 ile 138.2 arasında dağılıyor ise de bulanık modelimiz, V'nin 0.45 ile 2.55 ve A'nın 9.1 ile 129.6 değer aralıkları için geçerli olacaktır.



Şekil 2 Bağımsız değişkenlerin üyelik fonksiyonları (Örnek Uygulama)

6. Böylece, beş üyelik fonksiyonu olan bir değişken için, her biri ilgili üyelik fonksiyonunun ağırlık merkezine denk gelen beş tane elemanı elde edilmiş oldu (Tablo 2'deki koyu yazılmış değerler).

Tablo 2 bağımsız değişkenlerin üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde esas alınan değerler

V	A
0.3	0.5
0.5	9.1
0.8	26.3
0.9	34.9
1.1	43.5
1.4	60.7
1.5	69.4
1.7	78.0
2.0	95.2
2.1	103.8
2.3	112.4
2.6	129.6
2.7	138.2

7. Bu işlemlerden sonra her bir bağımsız değişkenin seçilmiş bu değerlerine karşı çıktının yani bağımlı değişkenin alabileceği değerlerin tüm kombinasyonları, Tablo 3'de gösterildiği gibi belirlenmiş oldu.

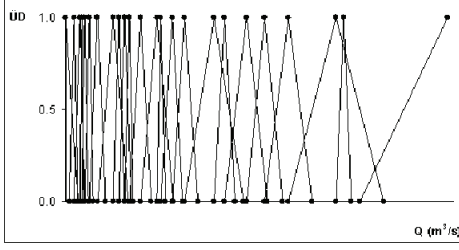
Tablo 3. Çıktının üyelik fonksiyonları ve bulanık kuralların belirlenmesi

KURAL NO	V (GİRİDİ 1), m/s		A (GİRİDİ 2), m ²		Q (ÇIKTI), m ³ /s	
	SAYISAL	SÖZEL	SAYISAL	SÖZEL	SAYISAL	SÖZEL ⁽¹⁾
1	0.5	Ç.DÜŞÜK	9.1	Ç.DÜŞÜK	4.1	1
2	0.5	Ç.DÜŞÜK	34.9	DÜŞÜK	15.7	2
3	0.5	Ç.DÜŞÜK	69.4	ORTA	31.2	3
4	0.5	Ç.DÜŞÜK	103.8	YÜKSEK	46.7	4
5	0.5	Ç.DÜŞÜK	129.6	Ç.YÜKSEK	58.3	5
6	0.9	DÜŞÜK	9.1	Ç.DÜŞÜK	8.2	6
7	0.9	DÜŞÜK	34.9	DÜŞÜK	31.4	7
8	0.9	DÜŞÜK	69.4	ORTA	62.4	8
9	0.9	DÜŞÜK	103.8	YÜKSEK	93.4	9
10	0.9	DÜŞÜK	129.6	Ç.YÜKSEK	116.0	10
11	1.5	ORTA	9.1	Ç.DÜŞÜK	13.7	11
12	1.5	ORTA	34.9	DÜŞÜK	52.4	12
13	1.5	ORTA	69.4	ORTA	104.0	13
14	1.5	ORTA	103.8	YÜKSEK	155.7	14
15	1.5	ORTA	129.6	Ç.YÜKSEK	194.4	15
16	2.1	YÜKSEK	9.1	Ç.DÜŞÜK	19.1	16
17	2.1	YÜKSEK	34.9	DÜŞÜK	73.3	17
18	2.1	YÜKSEK	69.4	ORTA	145.6	18
19	2.1	YÜKSEK	103.8	YÜKSEK	217.9	19
20	2.1	YÜKSEK	129.6	Ç.YÜKSEK	272.1	20
21	2.6	Ç.YÜKSEK	9.1	Ç.DÜŞÜK	23.2	21
22	2.6	Ç.YÜKSEK	34.9	DÜŞÜK	89.1	22
23	2.6	Ç.YÜKSEK	69.4	ORTA	176.8	23
24	2.6	Ç.YÜKSEK	103.8	YÜKSEK	264.6	24
25	2.6	Ç.YÜKSEK	129.6	Ç.YÜKSEK	330.5	25

(1) Her bir kurala karşı çıktının bir üyelik fonksiyonu olacaktır. Sayıca fazla oldukları için çıktının üyelik fonksiyonlarına sözel ifadeler yerine numara verilmiştir.

8. Bu şekilde üyelik fonksiyonları ve kurallar belirlendikten sonra sıra ilgili paket programlardan örneğin MATLAB'te bulanık sistemi kurmaya gelmiştir. İlk sekiz maddedeki tüm işler el ile bir karalama kağıdına yapılabileceği gibi bilgisayarda Excell programı yardımı ile daha kolay yapılabilir. Bu aşamaya kadar yapılan tüm işlemlerin sadece modelin kurulması (kalibre edilmesi) için olduğu ve bunun için çok az sayıda veri kümesinin kullanıldığı unutulmamalıdır.

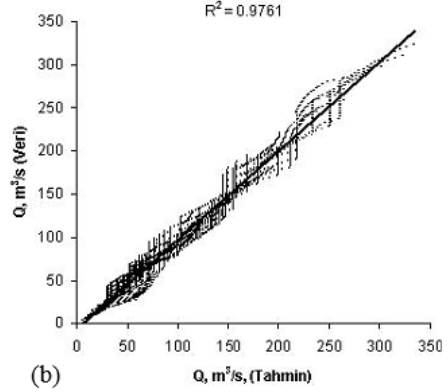
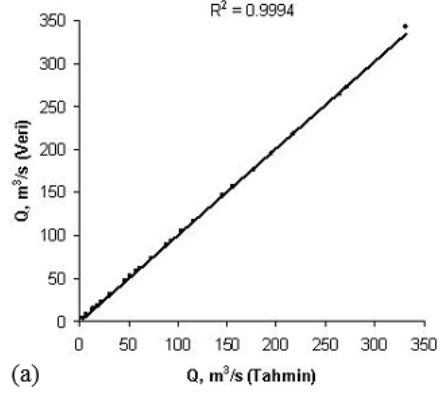
9. İlgili paket programda, kalibrasyon verileri kullanarak girdi ve çıktı veri dosyaları hazırlanır. Aynı şekilde ve eş zamanlı olarak test aşaması verileri kullanılarak girdi ve çıktı dosyaları hazırlanır. Böylece kalibrasyon ve test aşamalarının her biri için biri girdi, biri de çıktı için olmak üzere ikişer tane veri dosyası hazırlanmış olacaktır.



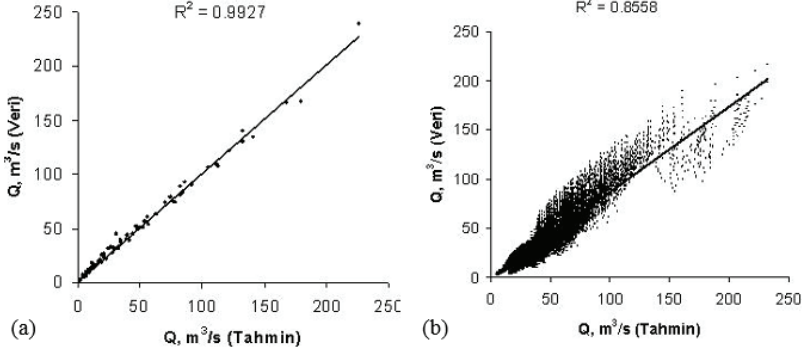
Şekil 3. Çıktının üyelik fonksiyonları

10. Daha sonra yine ilgili paket programlar yardımıyla bulanık sistem (yukarıdaki maddelerde nasıl olması gerektiği belirtilmiştir) kurulur.
11. Programı daha kolay çalıştırmak ve sonuçları değerlendirmek üzere basit bir alt program hazırlanır.
12. Bu yöntem ile hazırlanan programın çoğu kez deneme-yanılma sürecine ihtiyacı olmayacaktır; olsa da bu süreç son derece kısa olacak ve az işlem gerektirecektir. Bu kısa süreç de çıktının üyelik fonksiyonlarının gereğinden fazla iç içe geçmesi yani alanlarının farkının sifıra yakın olması nedeniyle olabilir. Olası (muhtemel) böyle bir durumda ilgili programlar zaten uyarı yapmaktadır. Yapılacak tek iş, uyarı doğrultusunda çıktının, iç içe geçmiş iki veya daha fazla üyelik fonksiyonlarının sayısını uygun bir şekilde teke indirerek azaltmaktır.
13. Şekil 4 ve 5'te iki uygulamanın sonuçlarına ilişkin saçılma diyagramları verilmiştir. Grafikler SMRGT yönteminin oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. Yöntemin kullanılması halinde, uzman deneyimi ile olayın matematik fonksiyonunu elde edilip bu fonksiyon ile uygun veriler türetilerek veya deneysel yollarla amacın doğrultusunda veriler elde edilerek bulanık sistemin kurulmasında bulanık sistemin güvenle ve ilerde tadilata

gerek kalmaksızın kullanılabilmesi açısından oldukça önemlidir.



Şekil 4. Birinci uygulama sonuçları a) kalibrasyon aşaması b) test aşaması (Toprak, 2009)



Şekil 5 İkinci uygulama sonuçları: a) kalibrasyon aşaması b) test aşaması (Toprak, 2009)

Sonuçlar ve Öneriler

SMRGT yöntemi bulanık modellemede, özellikle “ağırlık merkezi” durulaştırma yöntemi ve üçgen veya trapez şeklindeki üyelik fonksiyonları kullanıldığı takdirde deneme-yanılma veya diğer yöntemlere ihtiyaç kalmaksızın üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde ve bulanık kuralların atanmasında güvenle kullanılabilir. Yöntem, hazır verilerden çok, türetilen veya deney veya gözlem sonucu amaca uygun olarak elde edilen veriler ile veya direkt olarak uzman görüşü ile yapılacak bulanık modellerde daha iyi sonuç vermektedir.

Kaynaklar

- Besada-Juez, J.M., Sanz-Bobi, M.A. (2002), “Extraction of fuzzy rules using sensibility analysis in a neural network”, *Artificial Neural Networks - ICANN 2002 Lecture Notes in Computer Science*, 2415: 395-400.
- Booker, J.M., (2004). “Membership functions and probability measures of fuzzy sets”, *Journal of the American Statistical Association*, 99 (467): 867-877.
- Casillas, J., Cordon, O., de Viana I.F., Herrera, F., (2005). “Learning cooperative linguistic fuzzy rules using the best-worst ant system algorithm”, *International Journal of Intelligent Systems*, 20 (4): 433-452.

- Chen, J.E., Otto, K.N., (1995). “Constructing membership functions using interpolation and measurement theory”, *Fuzzy Sets and Systems*, 73 (3): 313-327.
- Chen, S.M., Kao, C.H., Yu, C.H., (2002). “Generating fuzzy rules from training data containing noise for handling classification problem”, *Cybernetics and Systems*, 33 (7): 723-748.
- Chen, S.M., Chen, Y.C., (2002). “Automatically constructing membership functions and generating fuzzy rules using genetic algorithms”, *Cybernetics and Systems*, 33 (8): 841-862.
- Chen, S.M., Kao, C.H., Yu, C.H., (2002). “Generating fuzzy rules from training data containing noise for handling classification problem”, *Cybernetics and Systems*, 33 (7): 723-748.
- Chen, S.M., Lee, S.W., (2003). “A new method to generate fuzzy rules from relational database systems for estimating null values”, *Cybernetics and Systems*, 34 (1): 33-57.
- Chen, S.M., Yu, C.H., (2003). “A new method to generate fuzzy rules from training instances for handling classification problems”, *Cybernetics and Systems*, 34 (3): 217-232.
- Chen, S.M., Chang, C.H., (2005). “A new method to construct membership functions and generate weighted fuzzy rules from training instances”, *Cybernetics and Systems*, 36 (4): 397-414.

- Cho, Y., Lee, K., Yoo, J., Park, M., (1998). "Autogeneration of fuzzy rules and membership functions for fuzzy modelling using rough set theory", *IEE Proceedings-Control Theory and Applications*, 145 (5): 437-442.
- Cinar, A., (2005). "A method for local tuning of fuzzy membership functions", *Computational Science - Iccs 2005, Pt 3 Lecture Notes in Computer Science*, 3516: 945-949.
- de Castro, P.A., Camargo, H.A., (2004). "A study of the reasoning methods impact on genetic learning and optimization of fuzzy rules", *Advances in Artificial Intelligence - Sbia 2004 Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 3171: 414-423.
- Dempster, A.P., (2004). "Membership functions and probability measures of fuzzy sets – Comment", *Journal of the American Statistical Association*, 99 (467): 882-884.
- Fahn, C.S., Lan, K.T., Chern, Z.B., (1999). "Fuzzy rules generation using new evolutionary algorithms combined with multilayer perceptrons", *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 46 (6): 1103-1113.
- Finn, G.D., (1999). "Learning fuzzy rules from data", *Neural Computing & Applications*, 8 (1): 9-24.
- Halgamuge, S.K., Poechmueller, W., Glesner, M., (1995). "An alternative approach for generation of membership functions and fuzzy rules based on radial and cubic basis functions networks", *International Journal of Approximate Reasoning*, 12 (3-4): 279-298.
- Hong, T.P. Lee, C.Y., (1996). "Induction of fuzzy rules and membership functions from training examples", *Fuzzy Sets and Systems*, 84 (1): 33-47.
- Inoue, H., Kamei, K., Inoue, K., (1998). "Automatic generation of fuzzy rules using hyper-elliptic-cone membership functions by genetic algorithms", *Journal Of Intelligent & Fuzzy Systems*, 6 (1): 65-81.
- Jin, Y.C., Sendhoff, B., (2003). "Extracting interpretable fuzzy rules from RBF networks", *Neural Processing Letters*, 17 (2): 149-164.
- Kim, M.W., Ryu, J.W., Kim, S., Lee, J.G., (2003). "Optimization of fuzzy rules for classification using genetic algorithm", *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 2637: 363-375.
- Kim, J.W., Kim, B.M., Kim, J.Y., (1998). "Genetic algorithm simulation approach to determine membership functions of fuzzy traffic controller", *Electronics Letters*, 34 (20):1982-198.
- Kim, J.H., Seo, J.Y., Kim, G.C., (1996). "Estimating membership functions in a fuzzy network model for part-of-speech tagging", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 4 (4): 309-320.
- Kissi, M., Ramdani, M., Tollabi, M., Zakarya, D., (2004). "Determination of fuzzy logic membership functions using genetic algorithms: application to structure-odor modeling", *Journal of Molecular Modeling*, 10 (5-6): 335-341.
- Lavolette, M., (2004). "Membership functions and probability measures of fuzzy sets – Comment", *Journal of the American Statistical Association*, 99 (467): 879-880.
- Leng, G., McGinnity, T.M., Prasad, G., (2005) "An approach for on-line extraction of fuzzy rules using a self-organising fuzzy neural network", *Fuzzy Sets and Systems* 150 (2): 211-243.
- Lin, C.J. Ho, W.H., (2005). "An asymmetry-similarity-measure-based neural fuzzy inference system", *Fuzzy Sets and Systems*, 152 (3): 535-551.
- Lindley, D.V., (2004). "Membership functions and probability measures of fuzzy sets – Comment", *Journal of the American Statistical Association*, 99 (467): 877-879.
- Luciano, A.M., Lauria, D., Napoli, E., (1998). "Algorithm for automatic generation of fuzzy rules applied to power system controllers", *IEE Proceedings-Generation Transmission and Distribution*, 145 (2): 161-167.
- Mondelli, G., Castellano, G., Attolico, G., Distante, C., (1998). "Parallel genetic evolution of membership functions and rules for a fuzzy controller", *High-Performance Computing and Networking Lecture Notes in Computer Science* 1401: 922-924.
- Pal, T., Pal, N.R., Pal, M., (2003). "Learning fuzzy rules for controllers with genetic algorithms", *International Journal of Intelligent Systems*, 18 (5): 569-592.
- Sancho-Royo, A., Verdegay, J.L., (1999). "Methods for the construction of membership functions", *International Journal of Intelligent Systems*, 14 (12): 1213-1230.

- Simon, D., (2002). "Sum normal optimization of fuzzy membership functions", *International Journal of Uncertainty fuzzyness and Knowledge-Based Systems*, 10 (4): 363-384.
- Singpurwalla, N.D., (2004). "Membership functions and probability measures of fuzzy sets – Rejoinder", *Journal of the American Statistical Association*, 99 (467): 884-889.
- Toprak, ZF, (2009), *Flow Discharge Modeling in Open Canals Using a New Fuzzy Modeling Technique (SMRGT)*, *CLEAN-Soil, Air, Water*, 37(9), 742–752, DOI: 10.1002/clen.200900146 Singpurwalla, N.D.
- Wan, F., Shang, H.L., Wang, L.X., Sun, Y.X., (2005). "How to determine the minimum number of fuzzy rules to achieve given accuracy: a computational geometric approach to SISO case", *Fuzzy Sets and Systems*, 150 (2): 199-209.
- Wu, T.P. Chen, S.M., (1999). "A new method for constructing membership functions and fuzzy rules from training examples", *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part B-Cybernetics*, 29 (1): 25-40.
- Wu, S.Q., Er, M.J., Gao, Y., (2001). "A fast approach for automatic generation of fuzzy rules by generalized dynamic fuzzy neural networks" *IEEE Transactions On Fuzzy Systems* 9 (4): 578-594.
- Yin, T.K., (2004). "A characteristic-point-based fuzzy inference system aimed to minimize the number of fuzzy rules", *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 12 (2): 250-273.
- Zadeh, L.A., (2004). "Membership functions and probability measures of fuzzy sets – Comment", *Journal of the American Statistical Association*, 99 (467): 880-881.

Practical Applications of Fuzzy SMRGT Method

Extended Abstract

In developing any fuzzy model, construction of the membership functions and generating fuzzy rules are very important. There are many relevant algorithms, i. e. Genetic Algorithm, Artificial Neural Network, Kalman Filters, and many other new statistical or graphical approaches in the literature. However, these approaches do not help in determination of both the fuzzy rules and membership functions together. Additionally, since the difficulties in the usage of these methods many researchers hesitate to use them. Therefore, instead of such methods, the "training and error" approaches are still preferred.

In the present study, two applications of a new methodology namely SMRGT, which developed for determining both the membership functions and generating fuzzy rules for a fuzzy system having triangular and trapezoidal membership functions with centroid defuzzification method is presented. The SMRGT method was first presented by Toprak (2009). The method can be used only with the "center of gravity" refinement method, both in terms of membership functions (triangle / trapezoid) and fuzzy rules. The difference is that the method often does not need trial-and-error processes; Although this process will be extremely short and will require little processing.

In this study, what to do when applying the method is stated in order. A sample application has been given to show the place of this sequence in practice. In practice, it is aimed to calculate the flow depending on the cross-sectional flow velocity and the cross-sectional area of the flow. After the membership functions and rules have been defined, the fuzzy system is set up in the program (MATLAB). The resulting application, graphics are obtained. And this graphs show that the SMRGT method is successful.

This study shows; by using the method, mathematical functions can be obtained and the appropriate data can be derived from this function. And so it can be reliably used in the determination of membership functions and the assignment of fuzzy rules without the need for other methods.

Keywords: *Fuzzy rules, membership functions, fuzzy logic, neuro fuzzy, geno fuzzy, T Algorithm*