DÜMF Mühendislik Dergisi
web: http://dergipark.gov.tr/dumf

9. Ulusal Hidroloji Kongresi – 2017

Açık Kanal Akımlarında Su Yüzü Profilinin Bulanık SMRGT Yöntemiyle Modellenmesi

Emrullah ALTAŞ
Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis
emraltas@windowslive.com ORCID: 0000-0002-2232-5645

M. Cihan AYDIN*
Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis
kerimkaradag@mynet.com ORCID: 0000-0002-5477-1033

Z. Fuat TOPRAK
Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır
toprakzf@dicle.edu.tr ORCID: 0000-0003-0876-1165

Geliş: 13.07.2018, Kabul Tarihi: 25.08.2018

Öz

Su yapılarının tasarımında açık kanal akımlarının serbest su yüzü profillerinin belirlenmesinin büyük bir önemi vardır. Her ne kadar son zamanlarda bulanık mantık esaslı birçok yöntem farklı hidrolik problemlerin modellenmesinde kullanıldığı görülse de bunlarda SMRGT kullanılmamıştır. Bu çalışmada, su yüzü profillerini modellemek için bulanık mantık esaslı ve literatürde yeni olan, SMRGT yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem için hazırlanan bir bilgisayar yazılımı kullanılış ve bu yöntemden elde edilen sonuçlar deneysel verilerle karşılaştırılırmıştır. Elde edilen sonuçların deneylerle uyumlu olduğu görülmüş ve yöntemin su yüzü profillerinin belirlenmesinde oldukça başarılı ve uygulanabilir olduğunu gösterilmiştir. Bu nedenle benzer çalışmalarda bu yöntemin kullanılması rahatlıkla önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: *Bulanık Mantık, SMRGT, Su Yüzü Profili, Açık Kanal Akımları*

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI:

Giriş

Açık kanal diğer bir deyişle serbest yüzeyli akım hidroliği inşaat mühendisliğinin en eski ve önemli konularından biridir. Taşkın kontrolü, akarsu düzenlemesi, akarsularda katı madde hareketinin kontrolü, akarsu taşımacılığı, baraj dolu savakları, su alma yapıları, enerji kırıcı yapılar, su kuvveti tesisleri gibi "su kaynaklarının geliştirilmesi" çalışmalarında, suyun kalitesi, optimum kullanımı ve taşkından korunma açısından serbest su yüzeyinin alacağı şeklin önceden (projelendirme aşamasında) tahmini büyük öneme sahiptir. Akarsular genel olarak geometrik olmayan en kesitlere sahip olmakla birlikte özellikle "geniş akarsu" olarak kabul edilebilecek kimi akarsular dikdörtgen en kesitli olarak değerlendirilebilir. Bunun yanında yapay açık kanallar genellikle yamuk (trapez) veya dikdörtgen en kesitlidir.

Güncel literatürde su yüzü profillerinin farklı yöntemlerle belirlenmesiyle ilgili çok sayıda basılı yayın bulunmaktadır. Su yüzü profilini belirlemeye dönük çalışmalar önceleri genel olarak deneysel ve analitik çalışmalar olmuştur. Bununla birlikte, son yıllarda su yüzü profillerinin belirlenmesi için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ve yapay zekâ gibi bilgisayar destekli yöntemler de kullanılmaya başlanmıştır. Yan savaklardaki su yüzü profilleri özgül enerji değişimine bağlı olarak debi kapasitesi üzerinde önemli rol oynadığından, Aydın (2012) üçgen labirent yan savaklar üzerindeki serbest yüzeyli akımların su yüzü profillerini HAD modeller kullanarak belirlemeye çalışmıştır. Çagatay ve Kocaman (2011) değişken bir açık kanal akımında mansap tabanına yerleştirilmiş bir engel durumunu deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Sayısal simülasyondan elde edilen sonuçların deneysel ölçümlerle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Azimi ve Shabanlou (2015), üçgen kanallarda yan savak boyunca serbest yüzey akışını VOF (Volume of Fluid), RNG k-epsilon türbülans model ile birlikte kullanılarak modellenmiştir. Toprak (2009) bir açık kanal akımında kanal en kesitinin veya debisin modellenmesi için en uygun modelleme tekniğini ve bulanık mantık seçildiği taktirde hatayı minimize edebilecek üyelik fonksiyonları ve bulanık kural tabanının belirlenmesinde SMRGT yöntemini önermiştir. Hamidi vd. (2013), kuraklık indisinin elde edilmesi amacıyla, üyelik fonksiyonları ve bulanık kuralların belirlenmesi için SMRGT yöntemini kullanmışlardır. Uygulanan teknik neticesinde belirlenen yeni indis değerleriyle, yağış ve kuraklık dağılımına göre Diyarbakır ilinin kuraklık tahminleri yapılmıştır. Coşkun (2014), bulanık mantık esaslı modelinde üyelik fonksiyonlarını ve bulanık kuralları SMRGT ile belirlemiştir. Yalaz vd. (2015), SMRGT tekniğini kullanarak bulanık olmayan değişkenleri bulanık hale getirmiş ve bu verilerle geliştirdikleri bulanık doğrusal regresyon modelini, bulanık olmayan doğrusal regresyon denklemlerinin sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Aydın (2017), doktora çalışmasında modelleme için bulanık mantığı kullanmış ve modelin üyelik fonksiyonlarını ve bulanık kural tabanını SMRGT yöntemi ile belirlemiştir. Bu çalışma, SMRGT'nin kullanıldığı mimari alandaki ilk çalışma olması açısından önemli görülmektedir. SMTGT yöntemiyle ilgili diğer bazı çalışmalar Toprak vd. (2012) ve Toprak vd. (2013), tarafından sunulmuştur.

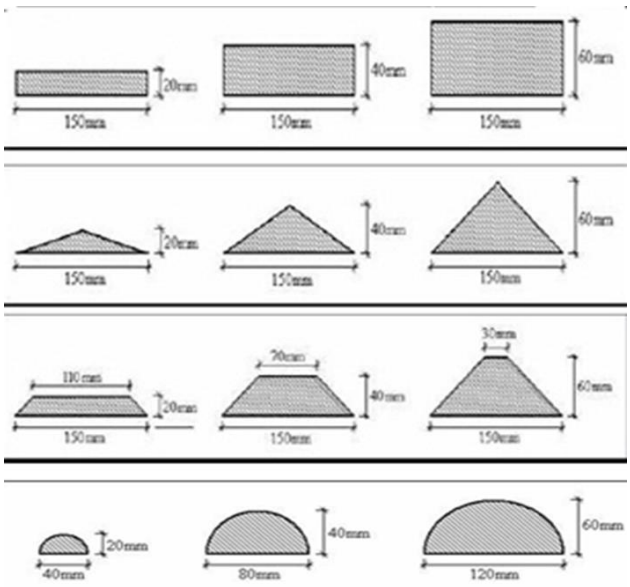
Bu çalışma ile SMRGT yöntemi açık kanallarda farklı hidrolik koşullar altında meydana gelen su yüzü profillerinin belirlenmesi için ilk kez kullanılmış olacaktır. Açık kanallardaki serbest su yüzü profillerinin belirlenmesi için daha önce birçok analitik, deneysel ve sayısal yöntem kullanılmış fakat mevcut literatürden farklı olarak bu çalışmada, klasik yöntemlerin olumlu tarafları aynen korunarak eksiklikleri giderecek şekilde Bulanık SMRGT Yöntemine dayanan bir model geliştirilmiştir. SMRGT Modelinin sonuçları Öztürkmen (2008) tarafından elde edilen deneysel veriler ile karşılaştırılmış ve sonuçların deneysel verilerle oldukça benzerlik gösterdiği görülmüştür. Bu durum SMRGT yönteminin serbest su yüzü profilinin

modellenmesinde başarılı olduğu anlamına gelmektedir. Bu nedenle bulanık SMRGT modelinin bu amaçla güvenle kullanılabileceği söylenebilir.

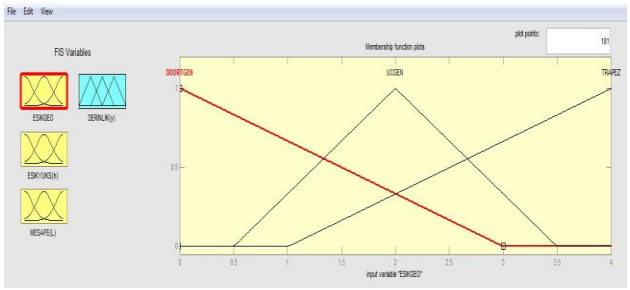
Materyal ve Yöntem

Toprak (2009), tarafından geliştirilen Bulanık SMRGT Yöntemi aşağıda anlatıldığı şekilde probleme uyarlanmıştır. İlk önce akım boyunca akım derinliği üzerinde etkili bağımsız değişkenler "eşik tepe noktasına olan mesafe", "eşik geometrisi" ve "eşik yüksekliği" olarak belirlenmiştir. Daha sonra bağımsız değişkenlerin maksimum ve minimum değerleri sözel olarak belirlenmiştir (küçük, orta, büyük gibi). Bu durumda eşiğe olan mesafe -1000 mm ile 200 mm arasında seçilmiştir. Bu değişkenin bulanık küme sayısı fazla olduğu için sözel ifadeler yerine 1, 2, 3, … şeklinde numaralandırılarak sisteme girilmiştir. Eşik geometrisi sözel olarak "üçgen", "trapez" ve "dikdörtgen" olarak sisteme girilmiştir. 20 mm, 40 mm ve 60 mm olan eşik yükseklikleri ise "küçük", "orta" ve "büyük" olarak sistem girdisi haline getirilmiştir. Üçüncü aşamada tüm değişkenler için birinci ve sonuncu dik diğerleri normal simetrik olmak üzere en basit form olan üçgen bulanık kümeler seçilmiştir (Şekil 2, 3 ve 4). Sonraki adımda her bir değişkenin üyelik fonksiyonundaki bulanık küme sayısına karar verilmiştir. Mesafe değişkeni için 13 (Şekil 4), "eşik geometrisi" ve "eşik yüksekliği" bağımsız değişkenleri için de üçer tane bulanık küme seçilmiştir (Şekil 2 ve 3). SMRGT yöntemi bir üyelik fonksiyonu için tek sayıda bulanık küme önermektedir. Ardından her bir bağımsız değişken için anahtar değerler belirlenmiştir. Anahtar değerler belirlendikten sonra çıktının yani bağımlı değişkenin üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Bağımlı değişken "akım derinliği" olarak sisteme tanıtılmış olup üyelik fonksiyonu SMRGT yöntemine göre belirlenerek 3*3*13 olmak üzere 117 tane üçgen bulanık kümeden oluşmaktadır (Şekil 5). Bağımlı değişken için de bulanık kümelerin baştaki ve sondakilerin dik, diğerlerinin normal simetrik üçgen olması tercih edilmiştir. Çıktının üyelik fonksiyonu belirlendikten sonra bu değişkenin de anahtar değerleri belirlenmiştir. Daha sonra bulanık kural tabanı belirlenmiştir. Şekil 6'da örnek olarak birkaç tane kural verilmiştir.

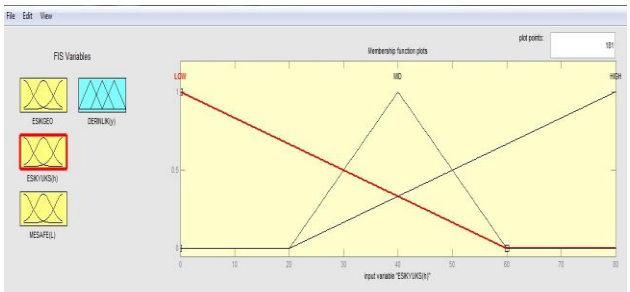
Öztürkmen (2008), dört farklı eşik geometrisi için deneysel çalışma yapmıştır (Şekil 1). Ancak burada yarım daire kesitli eşik çıkarılarak sadece üç farklı eşik geometrisi kullanılmıştır.



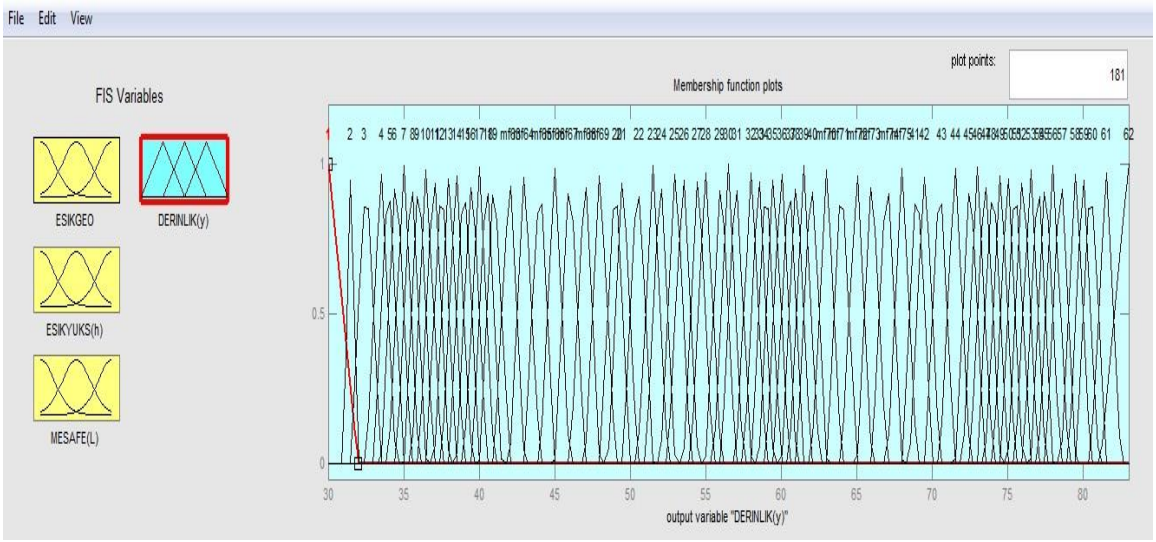
Şekil 1: Deneysel çalışmada kullanılan farklı geometri ve yükseklikteki eşik tipleri (Öztürkmen, 2008)



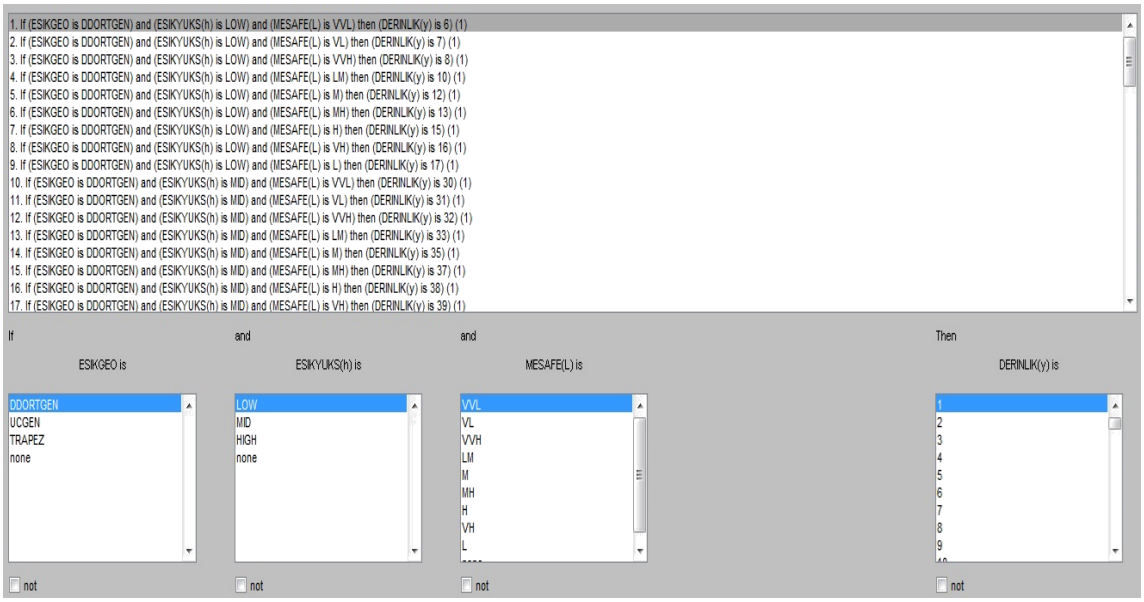
Şekil 2. Eşik geometrisinin üyelik fonksiyonu



Şekil 3. Eşik yüksekliklerinin üyelik fonksiyonu



Şekil 5. Akım derinliğinin (çıktının; bağımsız değişkenin) üyelik fonksiyonu

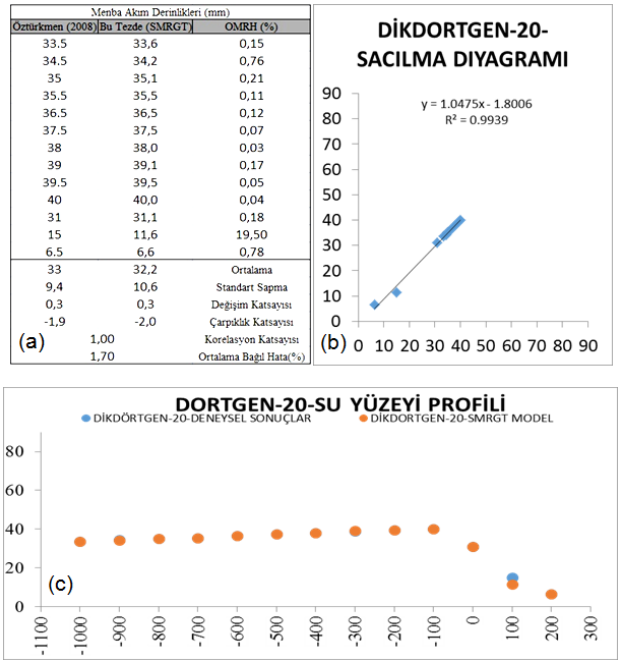


Şekil 6. Modelin bulanık kural tabanı

Sonuçlar ve Tartışma

Model sonuçları sadece 20 mm yüksekliğindeki dikdörtgen eşik için detaylı bir şekilde Şekil 7'de verilmiştir. Şekilde model sonuçları hem sayısal değerler olarak tablo şeklinde hem de görsel olarak iki farklı grafikle verilmiştir. Şekil 7(a)'nın 1. sütununda Öztürkmen (2008)'in deneysel verileri, ikinci sütununda, model sonuçları, son sütununda ise ortalama mutlak rölatif hata verilmiştir. Tablonun ilk iki sütununda yer alan akım derinliklerine bakıldığında model sonuçlarının deneysel verilerle oldukça benzerlik gösterdiğini görmek mümkündür. Bununla birlikte Şekil 7(b)'de verilen saçılma diyagramına bakıldığında regresyon doğrusunun yatayla yaklaşık 45º'lik bir açı yaptığı görülmektedir. Bu durum modelin taraflı davranmadığı anlamına gelmektedir. Başka bir ifade ile modelin, gerçek verilere göre sistematik olarak daha büyük veya daha küçük tahminlerde bulunmadığı anlamına gelmektedir. Determinasyon katsayısının yüksek olması (R^2 = 0,99) model sonuçları ile deneysel veriler arasındaki istatistiksel ilişkinin matematiksel olarak ifade edilebileceğini göstermektedir. Başka bir ifade ile modelin, verilerin gidişini (trendini) yakaladığı söylenebilir. Diğer taraftan

hemen hemen tüm noktaların regresyon doğrusu üzerine düştüğü söylenebilir. Bu da model sonuçları ile gerçek verilerin sayısal olarak birbirine oldukça yakın olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 7(c)'de deneysel olarak elde edilen su yüzeyi profili ile bulanık SMRGT modeli ile elde edilmiş su yüzeyi profilleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu şekilde görüldüğü gibi her iki profil nerdeyse üst üste çakışmaktadır. Bu grafiğin de saçılma diyagramını ve tabloyu desteklediği söylenebilir. Buna göre bulanık SMRGT yönteminin 20 mm yüksekliğindeki dikdörtgen kesitli eşikler üzerinde gerçekleştirilen sel rejimindeki akımlar için doğru tahminlerde bulunduğu söylenebilir.Şekil 8'de ise bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlere bağlı olarak değişiminin üç boyutlu grafiği verilmiştir.

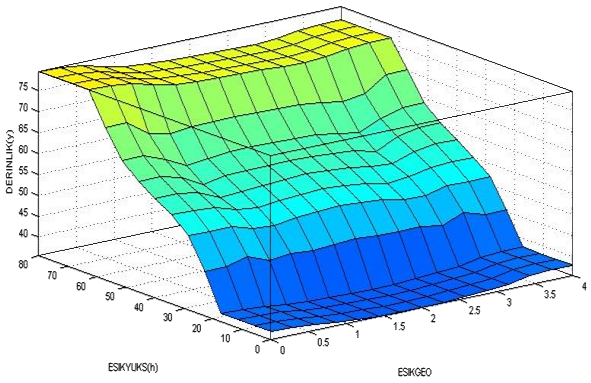


Şekil 7. 20 mm Yükseklikli Dikdörtgen Eşik İçin 'SMRGT' Yönteminin Gerçek Verilerle Karşılaştırmalı Sonuçları: (a) sayısal sonuçlar, (b) saçılma diyagramı, (c) su yüzeyi profili

Model sonuçları tüm eşik geometrileri, eşik yükseklikleri ve eşik tepe noktasına olan mesafeler için elde edilmiştir. Ancak sayfa limiti nedeniyle sonuçlar, yukarıda sadece dikdörtgen kesitli 20 mm yüksekliğindeki eşik için detaylı olarak verilmiştir. Bununla birlikte tüm model sonuçları deneysel sonuçlar ile 6 istatistik büyüklük, iki hata modu ve Pearson korelasyon katsayısı ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma özet şeklinde Tablo 2'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere model sonuçlarının minimum, maksimum ve ortalamaları ile deneysel verilerin minimum, maksimum ve ortalaması oldukça birbirine yakın bulunmuştur. Bu durum, modelin hem uç değerleri hem de ortalama değerleri büyük bir doğrulukla tahmin ettiğini göstermektedir. Diğer taraftan model sonuçları ile deneysel verilerin standart sapması, değişim katsayısı ve çarpıklık katsayısı da oldukça birbirine yakındır. Bu da modelin genel olarak doğru tahminlerde bulunduğunun bir göstergesidir. İkisinin arasındaki korelasyon katsayısının yüksek olması ise modelin bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki istatistik ilişkiyi yakalayabildiği anlamına gelmektedir. Gerek ortalama karesel hata gerek ortalama mutlak rölatif hatanın düşük olması modelin tahminlerdeki başarısının başka bir göstergesidir. Bu sonuçlar uygulanan yöntemin oldukça etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 1 Tüm eşik geometrileri ve yükseklikleri için model sonuçlarının deneysel sonuçlarla karşılaştırılması

İSTATİSTİK BÜYÜKLÜKLER VE HATA MODLARI	AKIM DERİNLİĞİ (DENEYSEL SONUÇLAR) (y, mm)	AKIM DERİNLİĞİ (MODEL TAHMİNLERİ) (y, mm)
En büyük	82,00	82,45
En Küçük	4,50	4,75
Ortalama	48,54	49,29
Standart Sapma	22,88	22,80
Değişim Katsayısı	0,47	0,46
Çarpıklık Katsayısı	-0,46	-0,42
Ortalama Mutlak Rölatif Hata (OMRH)	8,53	
Ortalama Karesel Hata (OKH)	9,98	
Pearson Korelasyon Katsayısı	0,99	



Şekil 8. Bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlere bağlı olarak değişiminin üç boyutlu grafiği

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada açık kanal akımlarında farklı hidrolik koşullar altında su yüzeyi profilinin tahmin edilmesine yönelik bir model geliştirilmiştir. Modelleme için ilk kez Toprak (2009) tarafından geliştirilen 'SMRGT' yöntemi kullanılmıştır. Model sonuçları deneysel olarak elde edilmiş olan gerçek verilerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada 6 tane istatistik büyüklük ve hata modu esas alınmıştır. Sonuç olarak Bulanık SMRGT yönteminin açık kanal akımlarında farklı hidrolik koşullar altında su yüzeyi profilinin tahmin edilmesinde güvenle kullanılabileceği söylenebilir. Bulanık SMRGT tekniğinin çok basit, gerçekçi, fizik tabanı olan ve pahalı paket programları gerektirmemesi modellemede araştırmacılara büyük kolaylıklar sağlayacağı düşünülmektedir.

Bilgilendirme

Bu çalışma 'Açık Kanal Akımlarında Su Yüzü Profilinin Bulanık SMRGT Yöntemiyle Modellenmesi' adlı tez çalışmasından üretilmiş ve IX. Ulusal Hidroloji Kongresinde (04-06 Ekim 2017) sunulan bildiriler arasından seçilmiştir.

Kaynaklar

Aydın, M.C., (2012). CFD Simulation Of Free-Surface Flow Over Triangular Labyrinth Side Weir. *Advances in Engineering Software*, 45(1): 159-166.

Azimi, H., Shabanlou, S., (2015). The Flow Pattern İn Triangular Channels Along The Side Weir For Subcritical Flow Regime. *Flow Measurement and Instrumentation*, 46(A): 170–178.

Coşkun, C., (2014). Automated Fuzzy Model Generation and an Analysis of the Proposed Method. *Int. J. Open Problems Compt. Math*.7(2): 1998-6262.

Çağatay ,H.O., Kocaman, S., (2011). Değişken Açık Kanal Akımında Mansap Tabanında Engel Bulunması Etkisinin İncelenmesi. II. Su Yapıları Sempozyumu - 16-18 Eylül 2011, Dicle Üniversitesi-Diyarbakır, s: 193-202.

Hamidi, N., Toprak, Z.F., Gülsever, H., Sungur, M., (2013). Kuraklık İndisinin SMRGT Yöntemi ile Modellenmesi. III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Tikdek 3-5 Haziran 2013, İstanbul.

Öztürkmen, G., (2008). Açık Kanallarda Su Yüzü Profilinin Farklı Hidrolik Koşullar Altında Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.

Şen, Z., (1999). Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Modelleme İlkeleri. Ders notları, İTÜ, İnşaat Fak, İnşaat Müh. Böl., Hidrolik ABD, İstanbul.

Toprak, Z.F., (2009). Flow Discharge Modeling in Open Canals Using a New Fuzzy Modeling Technique (SMRGT). *CLEAN – Soil, Air, Water*, September, 2009.10.1002 / clen. 200900146

Toprak, Z.F., Songur, M., Hamidi, N., Gülsever, H., (2012), Determination of Losses in Water-Networks Using a New Fuzzy Technique (SMRGT). 3rd World Conference on Information Technology (WCIT 2012), 14-16 November 2012, Barcelona-Spain.

Toprak, Z.F., Songur, M., Hamidi, N., Gülsever, H., (2013). Determination of Losses in Water-Networks Using a New Fuzzy Technique (SMRGT). *AWERProcedia Information Technology & Computer Science*, 3(2013): 833-840.

Yalaz, S., Atay, A., Toprak, Z.F., (2015). SMRGT Yöntemi İle Bulanıklaştırılmış Veriler İçin Bulanık Doğrusal Regresyon. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31(3): 152-158.

Modeling water surface profile in open channel flows using Fuzzy SMRGT method

Extended abstract

The open channel, in other words the free-surface current, is one of the oldest and most important issues of civil engineering. In the studies of "development of water resources" such as flood control, stream regulation, control of solid matter movement in streams, river transport, dam sluices, water intake structures, energy dissipation structures, water power facilities, water quality, optimum usage and protection from flooding, will have a large preliminary estimate (in the projecting phase) in advance.

The determination of free water surface profile is very important to design the hydraulic structures including open channel. Many methods proposed for obtaining free water surface profile are available in the recent literature. The using of physical hydraulic models as a conventional method is the most important approach to determination of the free surface profiles. However, many methods have been developed such as Computational Fluid Dynamics (CFD) and soft computing methods. All of these methods yield very good results but many of them are not useful in practice.

Although, in the recent years, fuzzy-logic based models developed for various different hydraulic applications can be seen in the literature, however, no one has used Simple Membership Functions and Fuzzy Rules Generation Technique (SMRGT). In this study, SMRGT, which based on fuzzy logic and is a new method developed by Toprak (2009) in modeling such hydraulic problems, has been used for modeling the free water surface in an open channel flow under different flow conditions. The model results are compared with the actual data obtained experimentally. In comparison, six statistical magnitude and error modes are taken in consideration.

In the applied method, first, the independent parameters on the flow depth are set as "distance to threshold peak", "threshold geometry" and "threshold height". Then the maximum and minimum values of the parameters are verbally determined (small, medium, large, etc.). In this case, the distance between the thresholds is chosen between -1000 mm and 200 mm. The threshold geometry is entered verbally as "triangle", "trapeze" and "rectangle" in the system. Threshold heights of 20 mm, 40 mm and 60 mm were made into system input as "small", "medium" and "large". In the third step, the triangular fuzzy sets, which are the simplest form, are selected for all variables, the first and the last steep others are normal symmetric. In the next step, the number of fuzzy sets in the membership function of each variable is decided.

Model results were obtained for all threshold geometries, threshold heights, and distances to the threshold peak. However, the results are given in detail only for a threshold of 20 mm with the rectangular section. However, all model results were compared with experimental results. This comparison is given in Table 2 as a summary. As seen in the table, the minimum, maximum and average of the model results and the minimum, maximum and average of the experimental data were found to be very close to each other. This shows that the model estimates both extreme values and mean values with great accuracy. On the other hand, the statistical parameters of the model and the experimental data are also very close to each other. The results indicated that the model is in the right estimation in general

Consequently, the results show that the Fuzzy SMGRT technique is very successful and feasible in determining the water surface profile under different hydraulic conditions of open channel flows. It is thought that the fuzzy SMRGT technique is a very simple, realistic, physics base and it will provide great convenience to the researcher in modeling the need for expensive package programs. Therefore, the method can be recommended for modeling similar hydraulic problems.

***Keywords**: Fuzzy Logic, SMRGT, Water Surface Profiles, Open Channel Flow*