

AKUSTİK DOPPLER İLE YAPILAN AKIM VERİSİ ÖLÇÜMLERİNDE ÖLÇÜMÜN KALİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER VE GÖRÜLEN EXTREM DEĞERLERİN YOK EDİLMESİNDE KULLANILAN BAZI ÖRNEK ALGORİTMALAR

Ömer Köse¹

Özet

Bu çalışmada, çeşitli hidrolik ölçüm çalışmalarında kullanımı gittikçe artmakta olan Akustik Doppler Hız Ölçüm Cihazı (ADV) ile ölçüm yapılırken ölçümün kalitesini etkileyen bazı önemli faktörler üzerinde durulmuş ve elde edilen akım verilerinde görülen ekstrem değerlerin yok edilmesinde kullanılan yazılımların temel mantığı izah edilmiştir. ADV cihazının muline gibi klasik metotlara göre birçok üstün tarafı bulunmakla beraber uygulamada dikkat edilmesi gereken noktalar da bulunmaktadır. Akustik cihazlar su içine gönderdikleri sinyaller yardımıyla doğrudan suyun hızını değil, aslında suyla birlikte hareket eden çok küçük taneciklerin hızını ölçmektedirler. Buradaki temel varsayım, hızı ölçülen taneciklerin suyla aynı hıza sahip olduklarıdır. Yapılan analizler sonucunda örnekleme frekans değerindeki artışın ekstrem değerlerin sayısında artışa yol açtığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: ADV, Akım Kayıt Serisi, Aykırı Değer, Fiziksel ve İstatistiksel Filtreler.

1. Giriş

Ülkemizde ADV cihazı henüz yaygın olarak kullanılmamakla beraber önümüzdeki yıllarda kullanımının hızla artacağı söylenebilir. Dünyada ise hidrolojik ölçümlerde ADV, ADCP gibi cihazlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin ABD’de 2006 yılında USGS’de yapılan debi ölçümlerinin %33’ü gene tüm USGS ölçümlerinin yaklaşık % 57’si ADCP’ile yapılmıştır.. (Muste ve diğ.,2007). ADV ile elde edilen akım kayıt verileri, diğer klasik hız ölçüm cihazlarıyla elde edilen akım kayıt serilerinde olduğu gibi doğrudan kullanılmazlar, herhangi bir filtrelemeye tabi tutulmayan orjinal akım serilerinde ortamın türbülanslı olup olmamasına, örnekleme frekansının büyüklüğüne göre çok sayıda aykırı değer (spikes, outliers) bulunmaktadır. ADV ile elde edilen serilerin kulanılmadan önce

¹ Aksaray Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Aksaray - omerkose@aksaray.edu.tr



Şekil 1 - Verilerin elde edildiği kanal ve kanala monte edilmiş ADV cihazı

belli ön işlemlerden (pre-processing) geçirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, bu işlemlerin (filtrelerin) akım serilerinin istatistiksel karakteristiklerini nasıl etkilediğini incelemek, çeşitli filtreleme tekniklerinden hangisi veya hangilerinin, serilerde görülen aykırı değerleri (spikes,outliers) elimine etmede en başarılı olduğunu bulmaktır. Bu çalışmada kullanılan veriler 30 cm genişliğinde,8 m uzunluğunda tabanı çelik bir kanalda elde edilmiştir. Ölçüm sırasında kanala sabit 10 lt/s su verilmiştir. Kanaldaki su derinliği sabit ve 20.4 cm olarak ölçülmüştür. Ölçümlerde NORTEK Vetrino+200 modeli kullanılmıştır. Cihazın maksimum veri toplama kapasitesi 200 Hz dir. ADV cihazı bir kablo ile bilgisayara bağlı olarak çalışmıştır.

Akustik ölçüm cihazlarıyla elde edilen hız zaman serilerinde gözlenen aykırı değerlerin sebebi, cihazın çalışma prensibinden ve ortamın türbülanslı olmasından kaynaklanan cihazın gönderdiği sinyal ile su içindeki parçacığa çarpıp geri dönen sinyal arasındaki faz farkından kaynaklanan uyumsuzluk ve çeşitli etkenlerden kaynaklanan elektronik kirliliktir. Serilerde gözlenen aykırı değerleri elimine etmek için çeşitli filtreler geliştirilmiştir. Bu filtrelerden bazıları aşağıda açıklanacaktır.

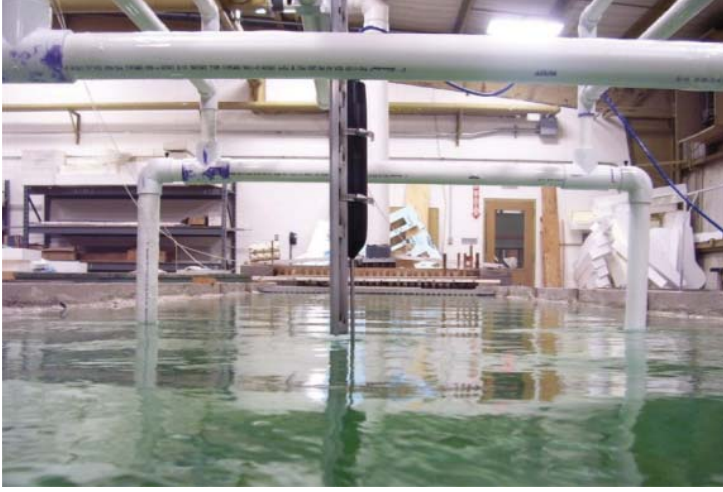
1.1. ADV ile Yapılan Ölçümün Kalitesini Etkileyen Bazı Detaylar

ADV cihazının ölçüm esnasında belli bir çerçeve, yada noktaya sabitlenerek kullanılması gerekir. Cihazın sabitlendiği noktanın geometrisinden kaynaklanan extra çevrinti ve türbülans, ölçümü olumsuz yönde etkilemektedir. Bölüm 1.1.1 de bu konuya değinilmiştir.

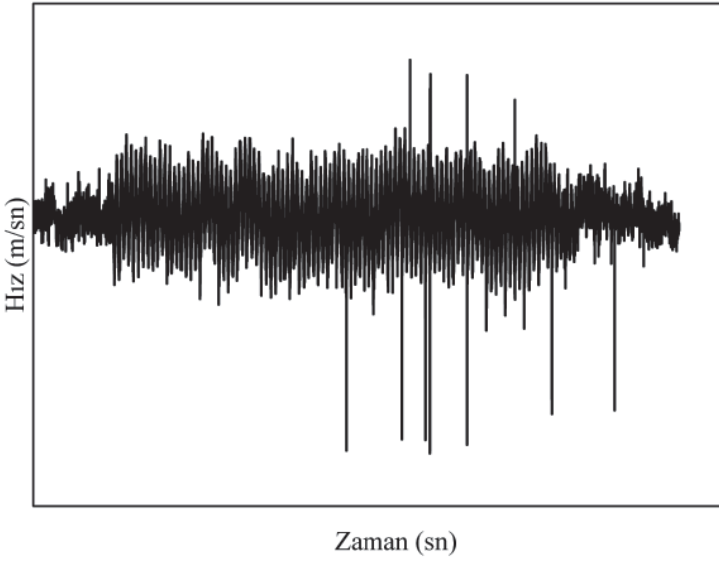
1.1.1. ADV nin Monte Edildiği Çerçeve ile Etkileşiminin Ölçüm Kalitesine Etkisi

Hız ölçümü yaparken sağlıklı veri alabilmek için, ADV nin monte edildiği çerçeve ile etkileşiminin minimum düzeyde olması gerekmektedir. Ayrıca çerçevede herhangi bir sebeple gerçekleşecek sarsıntı doğrudan akım kayıtlarına yansiyacaktır. Şekil 2 de plastik bir çerçeveye monte edilmiş ADV cihazı görülmektedir.

Şekil 2 de görülen ADV nin monte edildiği çerçeve ince, silindirik ayaklara sahiptir ve minimum çalkantıyı yaratacak şekildedir. Ayrıca cihaz çerçevenin tam orta noktasına



Şekil 2 - Plastik çerçeveye monte edilmiş ADV cihazı



Şekil 3 - ADV nin Akıma Paralel Doğrultuda Sarsılması Sonucu Gözlenen Akım Serisi

ayaklardan uzağa yerleştirilmiştir. Şekil 3 de ölçüm başladıktan sonra çerçevenin akım yönünde sarsılmasının ölçülen verileri nasıl etkilediği görülmektedir.

Şekilden açıkça görüldüğü gibi ölçüm başladıktan yaklaşık 5.5 sn sonra sarsmanın etkisiyle hız değerlerinde büyük salınımlar gözlenmiştir. Zaman ekseninde 55. sn den itibaren sarsma durdurulduğunda akım kayıt serisi tekrar, sarsma öncesi yapısına dönmüştür.

2. ADV İle Kaydedilen Hız Zaman Serilerinde Kullanılan Filtreler

ADV ile elde edilen hız zaman serilerinin filtrelenmesinde kullanılan filtreleri, yaklaşım mantığı açısından üç başlıkta inceleyebiliriz.

2.1. Gönderilen ve Geri Alınan Alınan Sinyalin Gücü ve Tutarlılığı

Bu filtre korelasyon ve SNR (Signal to Noise Ratio) (Lohrmann ve diğ., 1994) olarak adlandırılmaktadır. Korelasyon için üretici firmaların tavsiye ettiği değer minimum 70, SNR için ise minimum 10 dur. (NORTEK User Manuel., 2004). Bu çalışmada korelasyon için 70, SNR için 10 değeri esas alınmıştır.

2.2. Elde Edilen Akım Verilerinin Fiziksel Olarak Gözlenip Yorumlanmasını Esasına Dayanan Filtre

Bu yöntem serbest yüzeyli bir akımda su parçacığının, en fazla yerçekim ivmesi kadar hızlanabileceği varsayımına dayanarak bu ivmeyi aşan hız değerlerini aykırı değer (outlier) kabul edip elimine etmektedir. (Goring ve Nikora V.I., 2002).

$$a_i = (u_i - u_{i-1}) / \Delta t$$

Burada, a_i su taneciğinin ivmesini, u_i hızını Δt ise örnekleme aralığını göstermektedir. Eğer;

$$a_i \geq g \text{ veya } a_i \leq -g$$

ise bu ivmelere sebep olan akım hız verileri zaman serisinden atılmaktadır. Bu yöntemin zayıf yönü algoritmasının çok sayıda sağlıklı verisinde atılmasına imkan tanımasıdır.

2.3. Akım Verilerinin İstatistiksel Kriterlere Göre Analiz Edilip Değerlendirilmesini Esas Alan Filtreler

İstatistiksel yaklaşımı kullanan filtreler temelde birbirlerine çok benzer olmakla birlikte bazı farklılıkları vardır. Bu filtreler ve özellikleri şunlardır:

- Evrensel Eşik (Universal Threshold), (Donoho ve Johnstone, 1994): Bu yöntem, eğer bir zaman serisinin normal dağılıma uyduğu kabul ediliyorsa N, serinin toplam eleman sayısını göstermek üzere, bu serideki standardize edilmiş bir elemanın alabileceği maksimum değerin $\lambda = \sqrt{2 \ln(N)}$ olabileceğini ileri sürmektedir. Bu değerin altında ya da üstünde kalan veriler aykırı değer olarak kabul edilip otomatik olarak elenmektedir.
- Rousseeuw Yöntemi Rousseeuw (1998): Bu yöntem zaman serisi elemanlarının normal dağılıma uygunluğunu test ederken verilerin standardize edilmesi sürecinde ortalama ve standart sapmanın aykırı değerlerden etkilendiği gerçeğini göz önüne alarak ortalama yerine medyan standart sapma yerinde MAD (Absolute Deviations from the Sample Median) parametresini kullanmaktadır.

$$S=1.483(\text{medyan}_{j=1,\dots,n}|x_j-\text{medyan}_{i=1,\dots,n}(x_i)|) = 1.483 (\text{MAD})$$

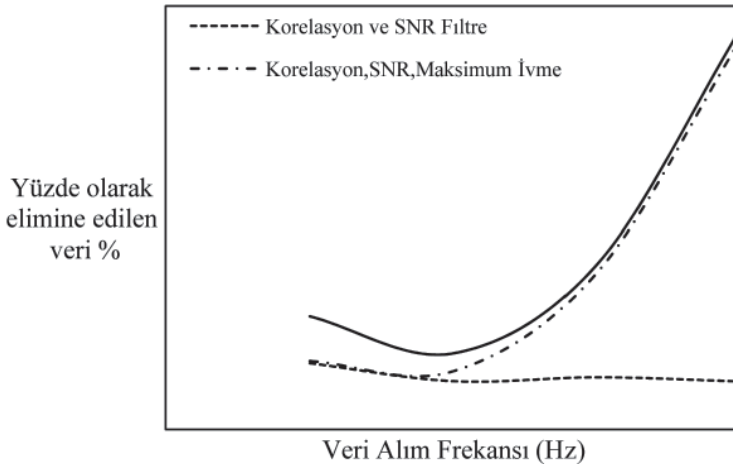
Eşik değeri olarak ± 2.5 değeri önerilmektedir. Bu değerin üstünde ya da altında kalan değerler outlier kabul edilerek elenmektedir.

- c) Chauvenet's Yöntemi: (Coleman ve Steele,1999): Bu yöntemde N sayıda veri ve iki kuyruklu standardize edilmiş bir akım gözlem serisi için $Z=(x-\mu)/\sigma$ olacak şekilde aykırı değerler için reddetme olasılığı $p=1/(2N)$ olarak tanımlanır ve bu olasılık değeri için $Z=\sqrt{2} \text{erf}(1-p)$ hesaplanır, $\pm Z$ eşik değerinin dışında kalan veriler aykırı değer olarak tanımlanarak elimine edilir. Bu çalışmada standardize edilmiş verilerin eşik değeri olarak $\pm 3\sigma$ değeri alınmıştır. Bu değer % 99.7 olasılık seviyesine karşılık gelmektedir.

3. Örneklem Frekansının Atılan Veri Sayısına Etkisi

Örneklem frekansı ADV cihazının saniyede kaç adet veriyi depolayabildiği ile ilgili önemli bir özelliktir. Örneğin cihaz eğer 100 Hz ile çalışıyorsa saniyede 100 adet veri, cihaz 200 Hz ile çalışarak ölçüm yapıyorsa saniyede 200 adet veriyi kaydediyor demektir. Şekil 4 da örneklem frekansının aynı filtreler uygulandığında yüzde olarak orjinal akım serisinin ne kadarını elimine etmiş olduğu gösterilmiştir.

Şekil 4 da görüldüğü gibi örneklem frekansı arttıkça elimine edilen veri sayısı logaritmik olarak artmaktadır. Eğer sadece Korelasyon ve SNR filtresi uygulanırsa artan örneklem frekansına karşılık elimine edilen veri sayısında büyük bir değişim gözlenmemektedir.



Şekil 4 - Farklı Filtre ve Frekans Değerleri İçin Yüzde Olarak Elimine Edilen Veri Adedi

Sonuçlar

Bu çalışmada, yüksek örnekleme frekansı ile elde edilen akım kayıt verilerine farklı filtreler uygulanmış ve elde edilen sonuçlar temel istatistiksel parametreler açısından karşılaştırılmıştır. ADV ile elde edilen veriler, içerdikleri çok sayıda aykırı değerden dolayı doğrudan kullanılamazlar. Ham verilerin hesaplanan istatistiksel parametreleri ve çizilen histogramı incelendiğinde normaliteden çok uzak olduğu görülmüştür. Akım kayıt serilerine uygun filtreler uygulandıktan sonra dikkat çeken uç değerlerin atıldığı istatistiksel parametreler ile histogramının normal dağılıma yaklaştığı görülmektedir.

Örnekleme frekansının aykırı değer miktarına etkisi incelendiğinde frekans arttıkça aykırı değer adedinin logaritmik olarak artış gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle detaylı hız salınımlarına ihtiyaç duyulan türbülans çalışmaları gibi araştırmaların dışında rutin hidrolojik ölçümlerde yüksek frekansla veri toplanmasının uygun olmadığı düşünülmektedir.

Hidrolojik ölçümlerde elektronik ve dijital cihazların kullanılı arttıkça bu cihazların kendi çalışma prensiplerinden kaynaklanan farklı aykırı değer (outliers, spikes) çeşitleri görülecektir. Bu değerlerin elimine edilmesi için daha sağlam (robust) filtre metodlarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmaya kaynaklık eden ölçümler, TÜBİTAK tarafından verilen doktora sonrası araştırma bursuyla gerçekleştirilen araştırmaların bir bölümünden oluşmaktadır. Yazar TÜBİTAK'a verdiği destek için teşekkür eder.

Kaynaklar

- Coleman, H.W., and Steele, W.G. (1999). "Experimentation and Uncertainty Analysis For Engineers", 2nd Ed., Wiley, 34-37.
- Donoho, D.L and Johnstone I.M, (1994). Ideal Spatial Adaptation by Wavelet Shrinkage, *Biometrika*, 81 (3): 425-455,
- Goring, D.G and Nikora, V.I, (2002). Despiking Acoustic Doppler Velocimeter Data. *Journal of Hydraulic Engineering*, 128: 117-126,
- Lane, S.N, Biron, P.M, Bradbrook, K.F, Butler, J.B, Chandler, J.H, Crowell, M.D, Mcleland, S.J, Richards, K.S ve Roy, A.G. (1998) Three-Dimensional Measurement of River Channel Flow Processes Using Acoustic Doppler Velocimetry. *Earth Surface Processes and Land Forms*, 23: 1247-1267,.
- Lohrmann, A., Cabrera, R., and Kraus, N.C., (1994) Acoustic-Doppler Velocimeter (ADV) For Laboratory Use. In *Proceedings of the Joint Conference on Fundamentals and Advancements in Hydraulic Measurements and Experiments*, Buffalo, Newyork, 1-5 August, 1994, pp.351-365.
- NORTEK (2004). *Vectrino Velocimeter User Manual*, No-1351 RUD Norway,
- Muste, M, Vermeyen, T, Hotchkiss, R., Oberg, (2005) K. Acoustic Velocimetry for Riverine Environment, *Journal of Hydraulic Engineering*, 133: 1297-1298..
- Rousseeuw, P.J. (1998). "Robust Estimation and Identifying Outliers." *Handbook of Statistical Methods For Engineers and Scientists* 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 17.1-17.15.