

A Study on Continuous Resilient Average for Sensor Transient Response

Halil Temurtaş¹, Feyzullah Temurtaş^{2,*}

¹Middle East Technical University, Electrical-Electronics Engineering, Ankara, Turkey

²Bozok University, Electrical-Electronics Engineering, Yozgat, Turkey

Abstract: In order to determinate the desired values, the steady state responses of sensors are used. Sensor responses changes very fast at transient response region at the begining of measurement. The time series data of transient responses provide extra information about slope and trend of sensor response. There could be some noise at sensor responses due to sensor and enverimont. The noise ocurred at the sensors may affect a lot more the slope information attemporary state area. In this research, simple first and second order continuous resilient average filters were recommended and compared with standart Kalman filter for transient and steady state responses noise added and slope information.

Keywords: Continuous Resilient Average, Sensor Transient Response

Sensör Geçici Cevabı için Sürekli Esnek Ortalama üzerine bir Çalışma

Özet: İstenilen büyüklüklerin tespitinde genellikle sensörlerin sürekli hal cevapları kullanılır. Sensör cevapları sensörlerin geçici cevap bölgesinde ölçümün başlangıcında çok hızlı değişir. Geçici cevap zaman serisi verisi, sensör cevabın ilerleme trendi ve eğimi hakkında ekstra bilgi sağlamaktadır. Sensör cevaplarında, sensörden ve ortamdan kaynaklanan sebeplerden gürültü oluşabilir. Sensörlerde oluşan gürültünün etkisi özellikle geçici hal bölgesindeki eğim bilgisini çok daha fazla etkileyebilmektedir. Bu çalışmada, basit birinci ve ikinci dereceden sürekli esnek ortalama filtresi önerilmiş ve gürültü eklenmiş geçici ve sürekli hal cevabı ve eğim bilgisi için standart kalman filtresi ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürekli Esnek Ortalama, Sensör Geçici Cevabı

1 Giriş

İstenilen büyüklüklerin tespitinde genellikle sensörlerin sürekli hal cevapları kullanılır [1-5]. Özellikle hızlı değişen büyüklüklerin tespitinde sensör sürekli hal cevabını beklemek uzun süre alabilir. Sensör cevapları sensörlerin geçici cevap bölgesinde ölçümün başlangıcında çok hızlı değişir. Yani, geçici cevabın eğimi başlangıçta büyüktür ve zamanla küçülerek sürekli hal cevabına dönüşür. Bir zaman serisi, belirli zaman aralıkları için sıralı olarak toplanmış veri kümesidir. Geçici cevap zaman serisi verisi, sensör cevabın ilerleme trendi ve eğimi hakkında ekstra bilgi sağlamaktadır. Bu bilgi, gaz sensörleri gibi cevap süreleri hızlı olan sensörlerde istenilen büyüklüğün tespitini, sensör kararlı hal cevabına ulaşmadan önce gerçekleştirmek için kullanılabilir. Böylece, büyüklüğün tespiti zamanı, sensör cevabının geçici zaman serisi kullanılarak önemli ölçüde azaltılabilir [2,6,7].

Sensör cevaplarında, sensörden ve ortamdan kaynaklanan sebeplerden gürültü oluşabilir. Sürekli hal cevaplarında gürültü filtrelemek için Kalman filtresi [8,9] başta olmak üzere çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Sensörlerde oluşan gürültünün etkisi özellikle geçici hal bölgesindeki eğim bilgisini çok daha fazla etkileyebilmektedir.

*Corresponding author; Tel.: +(90) 532 2075633 , E-mail:temurtas@gmail.org

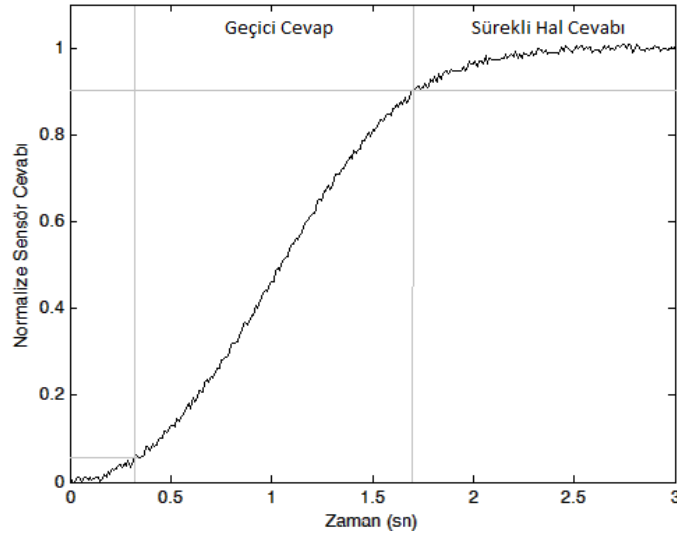
Bu çalışmada, basit birinci ve ikinci dereceden sürekli esnek ortalama filtresi önerilmiş ve gürültü eklenmiş geçici ve sürekli hal cevabı ve eğim bilgisi için standart kalman filtresi ile karşılaştırılmıştır. Performans karşılaştırması için de yavaş tepki veren bir sensörü temsil eden bir cevap fonksiyonel olarak üretilmiş geçici ve sürekli cevabı ile tam bir normalize sentetik sensör cevabı oluşturulmuştur.

2 Metotlar

2.1 Sentetik Normalize Sensör Verileri

Çalışmanın karşılaştırma aşamalarında kullanılmak üzere yavaş tepki veren bir sensörü temsil etmek için sentetik tam bir sensör cevabı Denklem 1’deki eşitlik fonksiyonel olarak üretilmiştir. Cevaba sürekli hal cevabının %1’ oranında uniform gürültü ilave edilmiştir. Oluşturulan cevap Şekil 1’de verilmiştir. Sensör cevabı için zaman aralığı 0 ile 3 sn arası seçilmiştir.

$$f(t) = 2 \times \left(\frac{1}{1 + e^{-t^2}} - 0.5 \right) \quad (t \geq 0) \quad (1)$$

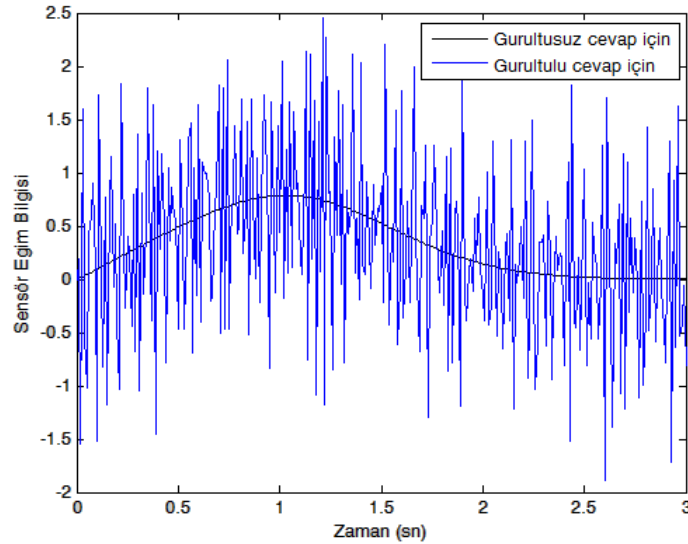


Şekil-1 Sensör Geçici ve Sürekli Hal Cevabı

2.2 Sensör Eğim Verileri

Sensör cevabı eğim bilgisi Denklem 2’deki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Gürültü eklenmiş ve eklenmemiş yavaş bir sensörü temsil eden sentetik sensör cevaplarının eğimleri Şekil 2’de verilmiştir. Şekilde de görülebileceği gibi eğim bilgisinde gürültüler iyice belirginleşmektedir.

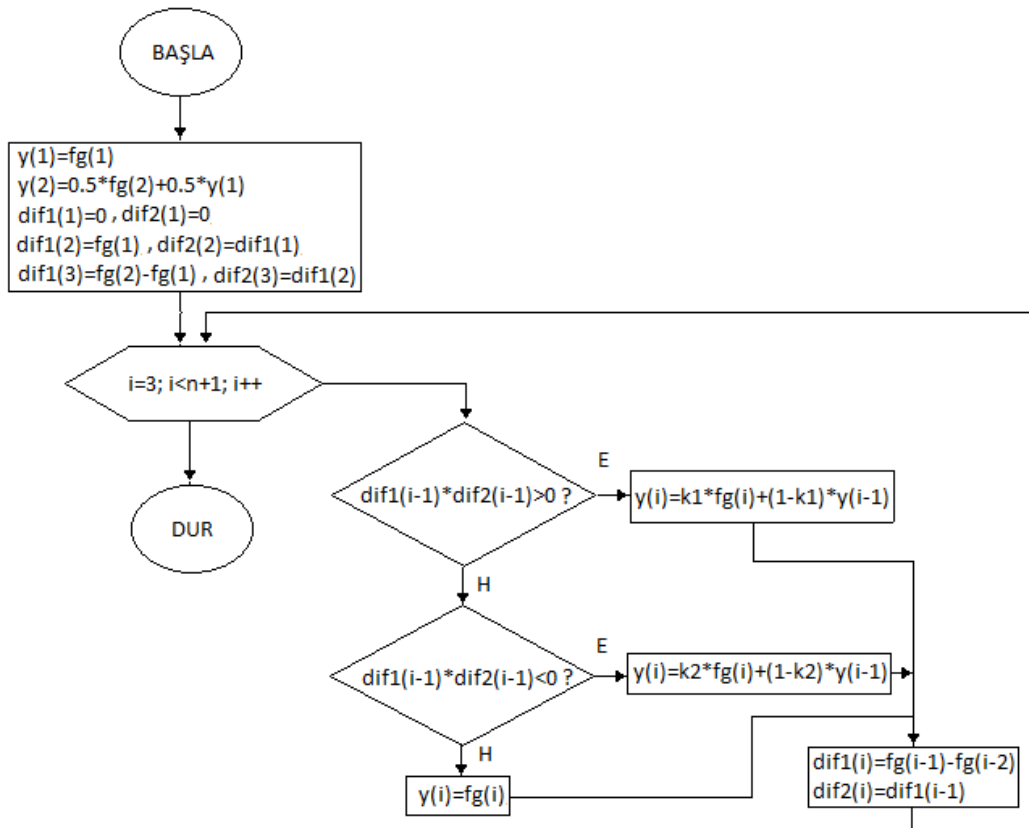
$$S_f = \Delta f(t) / \Delta t \quad (t \geq 0) \quad (2)$$



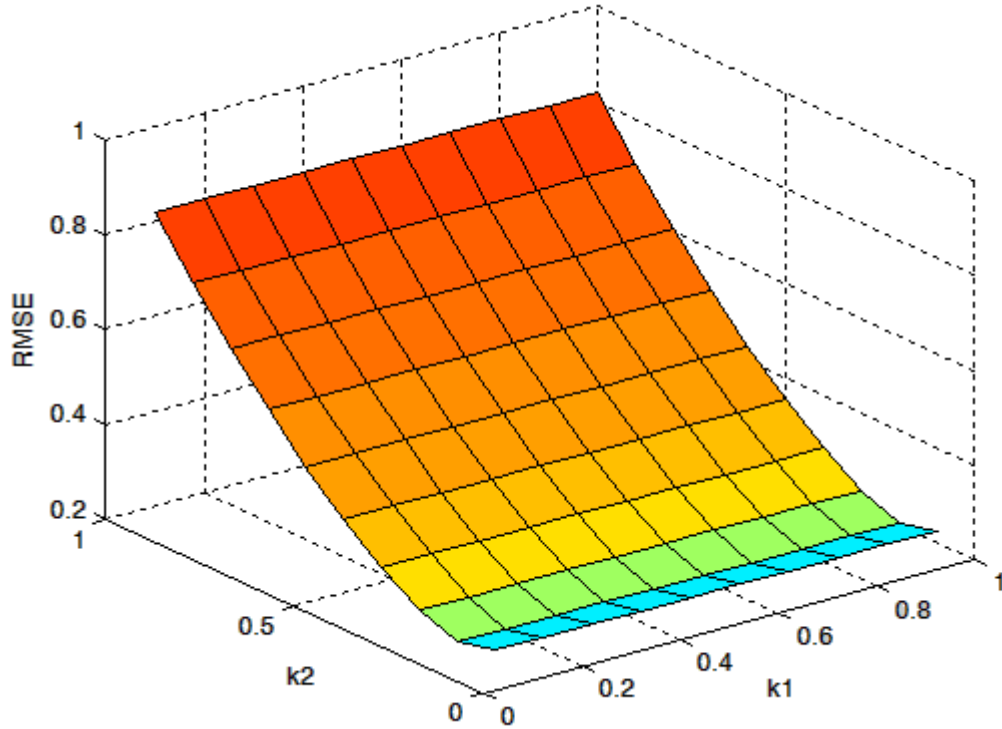
Şekil-2 Sensör Eğim Verileri

2.3 Birinci Derece Sürekli Esnek Ortalama

Bu çalışmada önerilen basit birinci derece sürekli esnek ortalama filtresini gerçekleştirmek için Şekil 3' deki akış diyagramı kullanılmıştır. Burada y , tahmin edilen değer, fg ölçülen değer, $dif1$, ölçülen değerler bir önceki ölçülen değer arasındaki fark, $dif2$, bir önceki farktır. Algoritmada görülen $k1$ ve $k2$ parametrelerin filtre performansına RMSE değeri açısından etkisi Şekil 4' te görülmektedir. Çalışma için şekildeki değerlerin ışığında $k1=0.5$ ve $k2=0.2$ seçilmiştir.



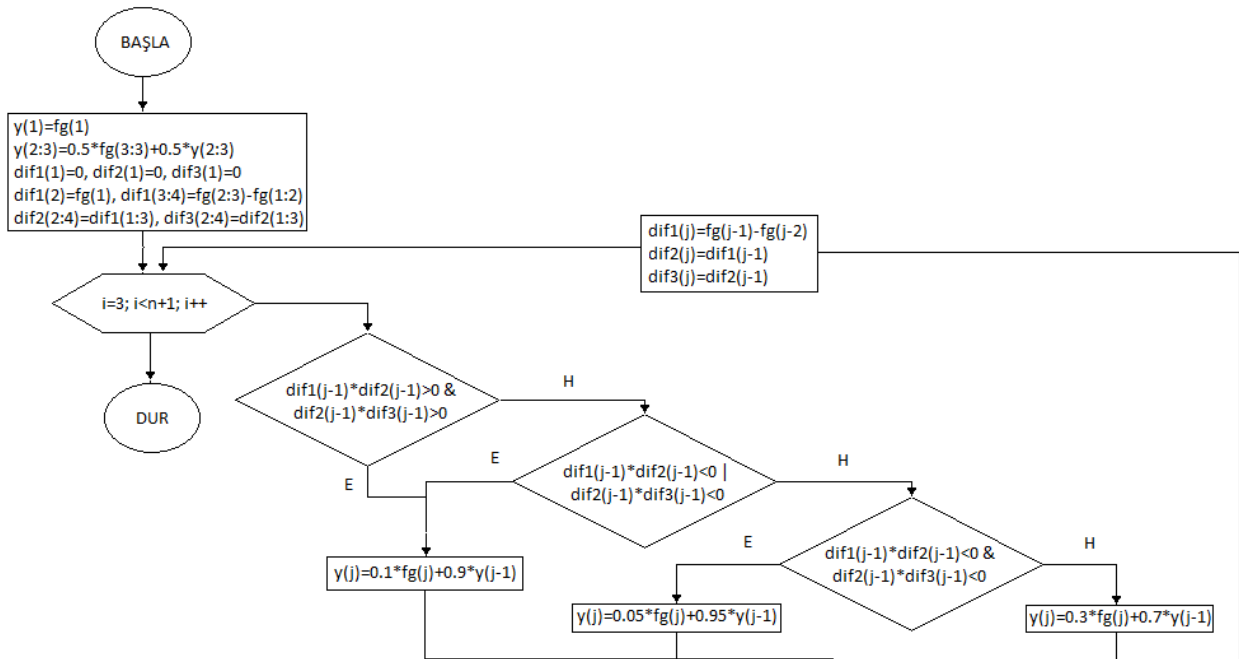
Şekil-3 Birinci Dereceden Esnek Ortalama Filtresi Akış Diyagramı



Şekil-4 k1 ve k2 parametrelerinin filtre performansına etkisi

2.4 İkinci Derece Sürekli Esnek Ortalama

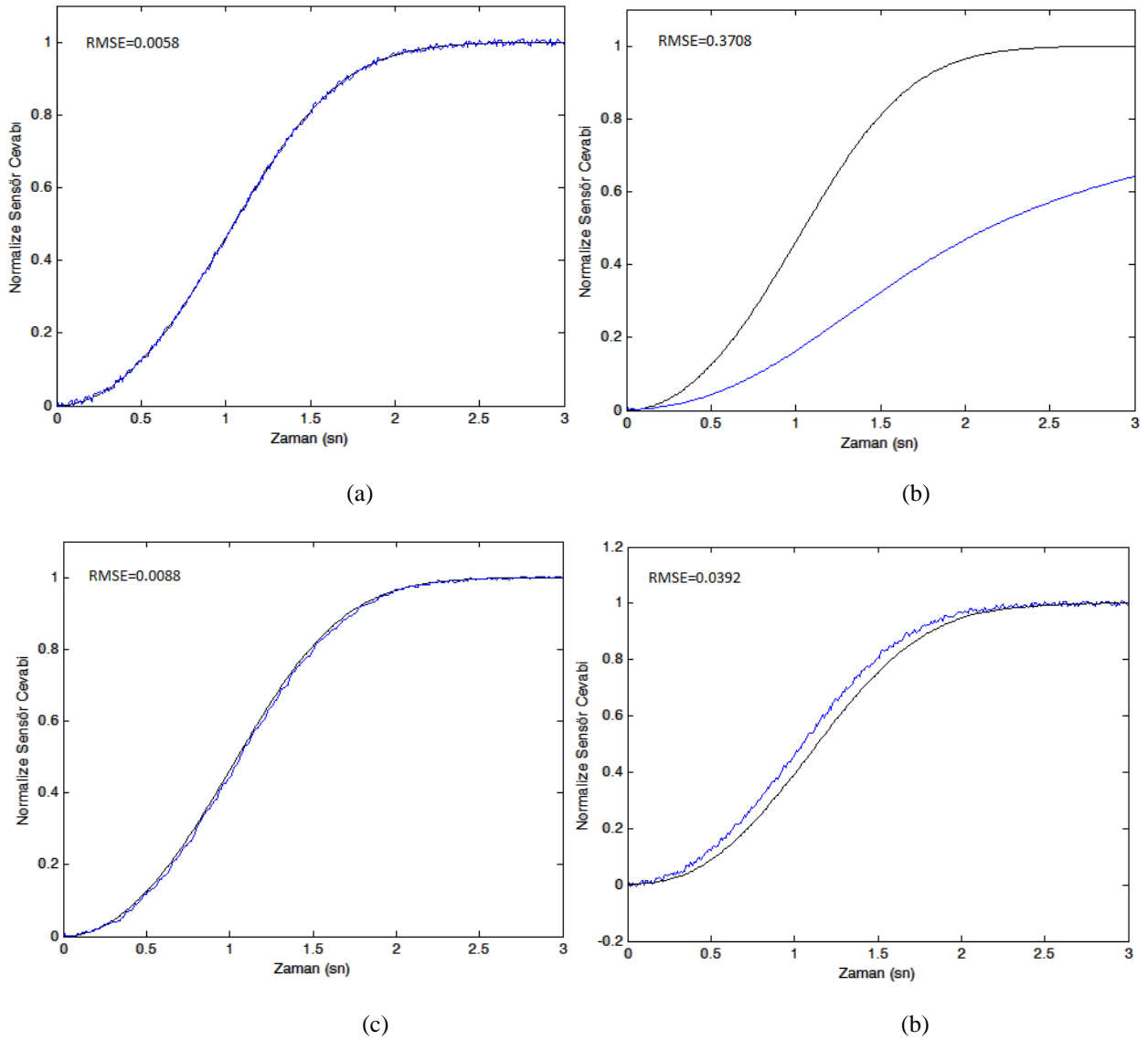
Bu çalışmada önerilen basit birinci derece sürekli esnek ortalama filtresini gerçekleştirmek için Şekil 5' deki akış diyagramı kullanılmıştır. Burada y , tahmin edilen değer, fg ölçülen değer, $dif1$, ölçülen değerler bir önceki ölçülen değer arasındaki fark, $dif2$, bir önceki fark ve $dif3$ iki önceki farktır.



Şekil-5 İkinci Dereceden Esnek Ortalama Filtresi Akış Diyagramı

3 Sonuçlar ve Tartışma

Bu bölümde, yavaş veren bir sensörü temsil etmek üzere üretilen gürültü eklenmiş sensör cevabı ve sensör cevabının eğimleri Kalman ve sürekli esnek ortalama filtreleri ile filtrelenerek sonuçlar mukayese edilmiştir. Şonuç mukayesesinde grafiklerin yanı sıra RMSE (root mean squared error) değeri de kullanılmıştır. Şekil 6’ da gürültülü yavaş sensör cevabı ve filtrelemeler sonu oluşan cevaplar görölmektedir.

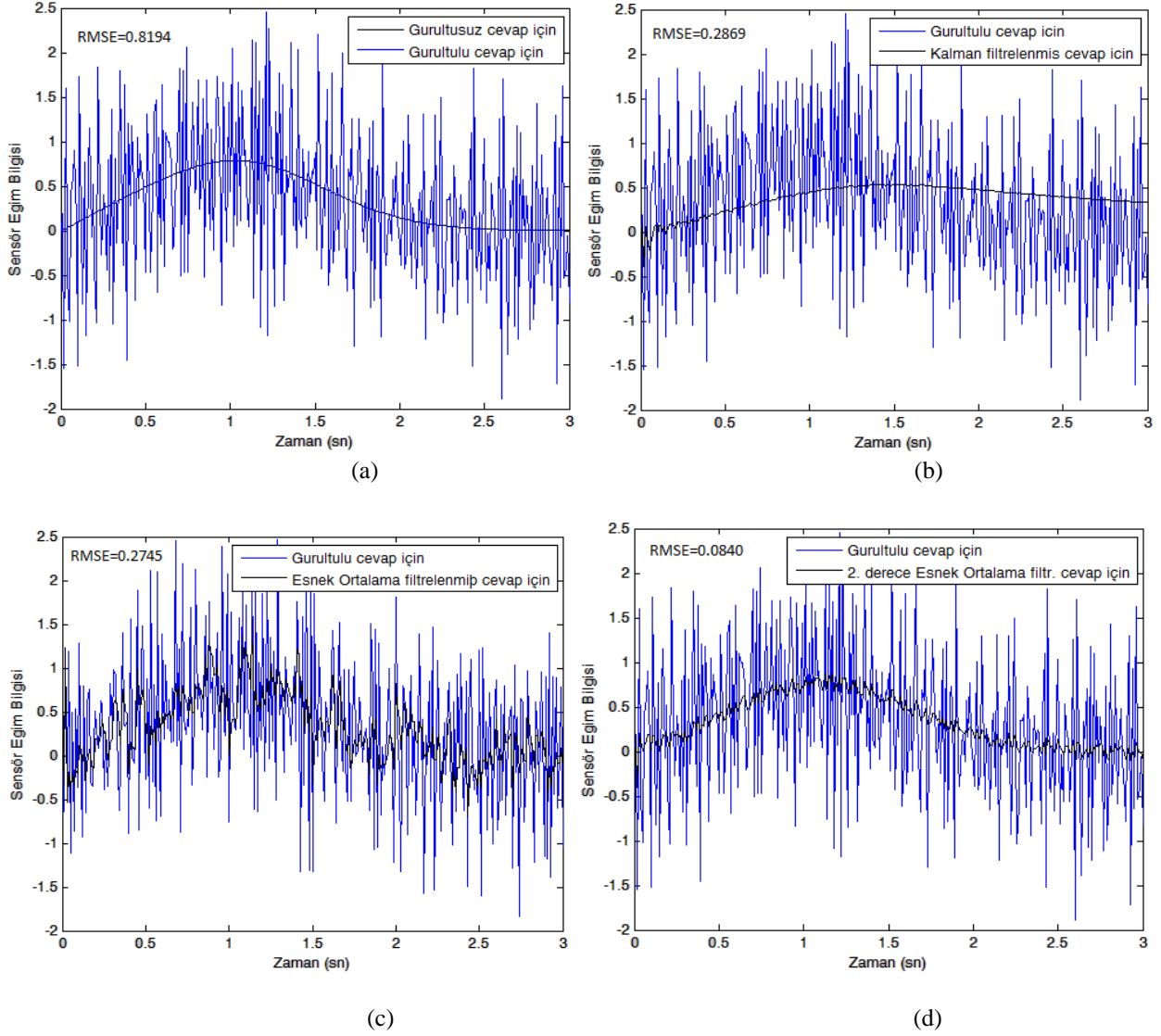


Şekil-6 Sensör cevabı için filtre performansları: (a) gürültülü sinyal, (b) Kalman filtrelenmiş sinyal, (c) esnek ortalama filtrelenmiş sinyal, (d) ikinci derece esnek ortalama filtrelenmiş sinyal

Şekil 6.b.’ den de görölebileceği gibi, standart Kalman filtresi sensör cevabındaki dalgalanmaları gidermiş ancak geçici cevap bölgesinde RMSE değeri artışı gözlenmektedir. Zaman uzatıldığında ($t \gg 3sn$) sürekli hal cevabı için Kalman filtresinin gürültüsüz sinyale yakın bir sinyal ürettiği görölmektedir. Şekil 6.c.’ den de görölebileceği gibi, sürekli esnek ortalama filtresi Kalman filtresi kadar olmasa da cevaptaki dalgalanmaları azaltmıştır. Bu azalma hem

geçici hemde sürekli hal cevabında görülmektedir. Buna karşılık RMSE değerini çok az artırmıştır. İkinci dereceden ortalama filtresinde dalgalanmalar oldukça düşmüş ancak birinci dereceden filtreye göre RMSE biraz daha artmıştır.

Şekil 7’ de Gürültülü yavaş sensör eğim değerleri ve filtrelemeler sonu oluşan değerler verilmiştir.



Şekil-7 Sensör cevabı eğim değerleri için filtre performansları: (a) gürültülü sinyal, (b) Kalman filtrelenmiş sinyal, (c) esnek ortalama filtrelenmiş sinyal (d) ikinci derece esnek ortalama filtrelenmiş sinyal

Şekil 7.b.’ den de görülebileceği gibi, standart Kalman filtresi sensör eğim değerlerindeki dalgalanmaları gidermiş ve RMSE değerini de düşürmüştür. Şekil 7.c.’ den de görülebileceği gibi, sürekli esnek ortalama filtresi Kalman filtresi kadar olmasa da değerlerdeki dalgalanmaları azaltmıştır. İlaveten Kalman filtresine yakın hatta biraz daha iyi bir RMSE değeri elde etmiştir. Şekil 7.b.’ den de görülebileceği gibi, ikinci dereceden esnek ortalama filtresi dalgalanmaları oldukça gidermiş ve en düşük RMSE değerini sağlamıştır. Şekil 7’ nin tümüne birden baktığımızda sürekli esnek ortalama filtresinin özellikle ilinci derece esnek ortalama filtresinin eğim değerlerinin fonksiyonel davranışını daha iyi takip ettiği görülebilir.

Sonuç olarak, bütün filtrelerin performansı gürültü artıkça artmaktadır. Kalman filtresi dalgalanmaları gidermede ve sürekli hal cevabı için tartışmasız daha iyi performans göstermektedir. Bununla birlikte sürekli ortalama filtresi, yavaş sensör cevapları için cevap ve eğitim değerlerinin fonksiyonel davranışını daha iyi takip ve daha iyi hata performansı sağlamaktadır. İkinci derece ortalama filtrenin yoğun gürültülü sinyal filtreleme performansı birinci dereceli filtreden çok daha iyidir.

References (Referanslar)

1. F. Temurtas, C. Tasaltin, H. Temurtas, N. Yumusak, Z.Z. Ozturk, Fuzzy Logic and Neural Network Applications on the Gas Sensor Data: Concentration Estimation, Lect Notes Comput Sc, Vol. 2869, (2003), 179–186
2. A. Gulbag, F. Temurtas, A Study on Transient And Steady State Sensor Data for Identification of Individual Gas Concentrations in Their Gas Mixtures, Sensors and Actuators B, 121(2), (2007), 590-599, doi:10.1016/j.snb.2006.04.100
3. A. Szczurek, P.M. Szecowka, B.W. Licznanski, Application of sensor array and neural networks for quantification of organic solvent vapours in air, Sens. Actuators B, 58, (1999), 427–432
4. F. Temurtas, PhD Thesis, Sakarya University, Institute of Science & Technology, 2000.
5. A. Gulbag, U.E. Kocamaz, K. Erkoc, A study on binary gas mixture, Electronic Letters on Science & Engineering, 1(1), (2005),7–12
6. F. Temurtas, C. Tasaltin, H. Temurtas, N. Yumusak, Z.Z. Ozturk, A study on neural networks with tapped time delays: gas concentration estimation, Lect. Notes Comput. Sci., 3046, (2004), 398–405
7. M. Pardo, G. Faglia, G. Sberveglieri, M. Corte, F. Masulli, M. Riani, A time delay neural network for estimation of gas concentrations in a mixture, Sens. Actuators B, 65, (2000), 267–269
8. C.K. Chui, G. Chen, (1991), Kalman Filtering with Real-time Applications, Springer-Verlag.
9. R.J. Fitzgerald, Divergence Of The Kalman Filter, IEEE Trans. Auto. Control, 16, (1971), 736-747.