

# Yapay Sinir Ağları ile Dinamik Ağırlık Tahmin Uygulaması

Mehmet YUMURTACI\*, İsmail YABANOVA

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Afyon

( Geliş/Received : 27.05.2016 ; Kabul/Accepted: 06.10.2016 )

## ÖZ

Üretim kapasitelerinin hızla arttığı günümüzde üretilen ürünlerin hızlı bir şekilde tartımı önemli bir konu haline gelmiştir. Bu hız ihtiyacından dolayı da ürünlerin tartım platformu üzerinde durdurulmadan tartılması gerekmektedir. Ürünlerin tartım platformu üzerinde durdurulmadan hareket halinde iken tartılması işlemine dinamik tartım denmektedir. Ancak dinamik tartım sistemlerinde tartılan ürünün hareketli olmasından dolayı ölçüm sinyali gürültülü olmaktadır. Ürünün ağırlığının belirli bir süre içerisinde tespit edilebilmesi için çeşitli yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada hareket halinde tartılan ürünlerin ağırlıklarının tahminini gerçekleştirmek için yapay sinir ağları kullanılmıştır. Ölçüm sisteminden alınan ağırlık verileri ile yapay sinir ağı eğitilmiş ve daha sonra ağırlık performansı test verileri ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde dinamik ölçüm sistemlerinde ağırlık tahmininin yapay sinir ağları ile başarılı bir şekilde yapılabileceği görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dinamik Tartım, Yapay Sinir Ağları, Yük Hücresi.

# Dynamic Weight Estimation Application with Artificial Neural Networks

## ABSTRACT

In our day when the capacities of manufacturing have increased rapidly, also the speedy weighting of manufactured products has become an important subject. Because of this speed requirement, the products must be weighted on the weighing platform without being stopped. The weighting process of products in motion on the weighing platform without being stopped is called as dynamic weighting. However, in the dynamic weighting systems, the measurement signal is noisy as the weighted product is in motion and various methods must be used to determine the weight of product within a definite period of time. In this study, artificial neural networks were used to predict the weights of the weighted products in motion. The artificial neural network was trained with the weight data taken from the measurement system and then, performance of the network was evaluated with the test data. When the results were assessed, it has been determined that the weight prediction could be made successfully with the artificial neural networks in the dynamic measurement systems.

**Keywords:** Dynamic Weighing, Artificial Neural Networks, Load Cell.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gelişen teknoloji ve artan insan nüfusuna bağlı olarak günümüzde üretim kapasiteleri de doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu kapasite artışından dolayı üreticilerin pazar payı bulabilmeleri için tüketiciye daha kaliteli ve standart ürünler sunmaları gerekliliği ortaya çıkmıştır. Üretilen ürünlerin belirli ağırlık standartlarında olması istenen durumlar için çeşitli ölçüm sistemleri geliştirilmiştir. Bunlardan birincisi statik tartımdır. Statik tartım ürünlerin tartım yapılacak olan platform üzerine sabitlenmesi ile yapılan tartımdır. Ancak üretim kapasitesinin yüksek olduğu ve bundan dolayı da tartım hızının yüksek olması istenen uygulamalarda ürünleri durdurmadan hareket halinde tartmak daha ekonomik olmaktadır [1]. Ürünlerin tartım platformu üzerinde durdurulmadan hareket halinde iken tartılması ise

dinamik tartım olarak tanımlanmaktadır. Ancak ürünlerin dinamik olarak tartılması sırasında oluşan mekanik titreşimler bozucu etkiye neden olmaktadır [2,3]. Bu istenmeyen bozucu gürültünün ölçüm sinyali üzerindeki etkisi hareketli sistemin hızına ve ölçülecek olan ürünün ağırlığına göre değişmektedir [4]. Tartım sistemlerinde yük hücreleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Yük hücreleri salınımlı sönüm yanıtına sahiptirler. Yük hücresinin yanıtı ve dinamik tartım sistemindeki titreşimlerin neden olduğu düşük frekanslı bozucu etkinin birleşmesi ile ölçüm sinyalinden gerçek ağırlık değerinin tespiti oldukça güçleşmektedir [3]. Geleneksel olarak dinamik tartım sistemlerinde yük hücresinden alınan analog sinyal öncelikle yükseltilmektedir. Yükseltile bu analog sinyal  $\Sigma$ - $\Delta$  analog dijital dönüştürücüler kullanılarak sayısal sinyale çevrilmektedir. Sayısal sinyale çevrilen bu ağırlık verisi filtreler yardımı ile veya çeşitli akıllı yöntemler kullanılarak filtrelenmektedir. Filtrelenerek gürültü sinyalinden ayrılan bu sinyale yine bir metot uygulanarak tartılan nesnenin ağırlığının stabil olduğu an

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: mehmetyumurtaci@aku.edu.tr

Dijital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2017.20.1 37-41

belirlenmektedir. Literatürde çeşitli yöntemler kullanılarak dinamik tartım sistemlerindeki bu gürültülerin elimine edilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu yöntemler; adaptif filtre [1, 5, 6], dalgacık dönüşümü [7-9], model tabanlı [3], sistem tanıma [10], yapay sinir ağları [11-12], bulanık mantık [13], ANFIS [14], zamanla değişen filtre parametreleri [4] başlıkları altında toplanabilir. Bahar'ın [12] yaptığı çalışmada dinamik tartım sisteminde ağırlık tahmini için yapay sinir ağları kullanılmıştır. Giriş katmanında 200, gizli katmanda 100 ve çıkış katmanında 1 nöron olmak üzere toplamda 301 nöron kullanılmıştır. Yapay sinir ağının eğitiminde ölçüm periyodu boyunca alınan 200 adet verinin tamamı kullanılmıştır. Almodarresi Yasin' in [11] yaptığı çalışmada dinamik tartım için yapay sinir ağları ve özellik çıkarıcı kullanarak yeni bir metod sunulmuştur. Özellik çıkarıcı yapay sinir ağlarından önce kullanılmış ve bu sayede yapay sinir ağlarında kullanılması gereken nöron sayısının ve hesaplama karmaşıklığının azaltıldığından bahsedilmiştir.

Yapılan çalışmalarda ölçüm sinyalinden gürültünün ayırt edilmesinde çoğunlukla alçak geçiren sonlu darbe cevaplı (FIR-Finite Impulse Response) filtreler kullanılmıştır. Ancak bazı çalışmalarda dinamik tartım sistemlerindeki hız gereksiniminden dolayı bu filtrelerin yeterli olmayacağından bahsedilmiş ve zamanla değişen filtre parametreleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bunun gerekçesi olarak da düşük kesim frekansları filtrelenmiş sinyalin yükselme zamanını arttırdığından ve gecikmeye neden olduğundan tartım sisteminin hızının düştüğünden, yüksek kesim frekanslarının ise filtrelenmiş sinyalin yükselme zamanını azalttığından fakat ölçüm sinyalinin istenilen düzeyde filtrelenmediğinden bahsedilmiştir. Bu çalışmada hareket halindeki ürünlerin ağırlıklarının belirlenmesinde yapay sinir ağları kullanılmıştır. Ölçüm sisteminden saniyede 100 veri alınmaktadır. Yapay sinir ağının eğitimi ürünün platforma düştüğü andan sonra alınan ilk 20 adet veri ile yapılmıştır. Eğitim ve test verilerinin sonuçları değerlendirildiğinde yapay sinir ağlarının dinamik tartım sistemlerinde ağırlık tahmini işleminde başarı ile kullanılabileceği görülmüştür.

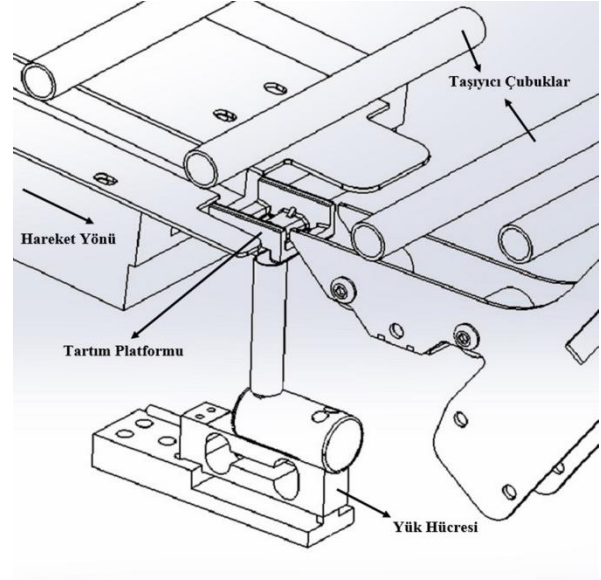
## 2. DİNAMİK TARTIM SİSTEMİ (DYNAMIC WEIGHING SYSTEM)

Tasarlanan tartım sistemi yuvarlak forma sahip (yumurta vb.) ürünlerin tartımını gerçekleştirecek şekilde tasarlanmıştır. Şekil 1' de tasarlanan dinamik tartım



Şekil 1. Dinamik tartım sistemi blok diyagramı (Dynamic weighing system block diagram)

vasıtasıyla eğimli bir yüzey üzerinden yuvarlanarak yatay olarak konumlandırılmış yük hücresi platformu üzerinden geçmektedirler. Yük hücresi platformu üzerine geldiklerinde hızlarındaki azalmadan dolayı taşıyıcı çubuklar ile olan temasları ortadan kalkmakta ve ağırlık ölçümünü etkileyecek bir kuvvete maruz kalmadan yük hücresi platformundan geçmektedirler. Bu sayede tartılmak istenen ürün durdurulmadan hareket halinde iken tartılmakta ve istenilen tartım hızlarına ulaşılmaktadır.



Şekil 2. Dinamik tartım sistemi (Dynamic weighing system)

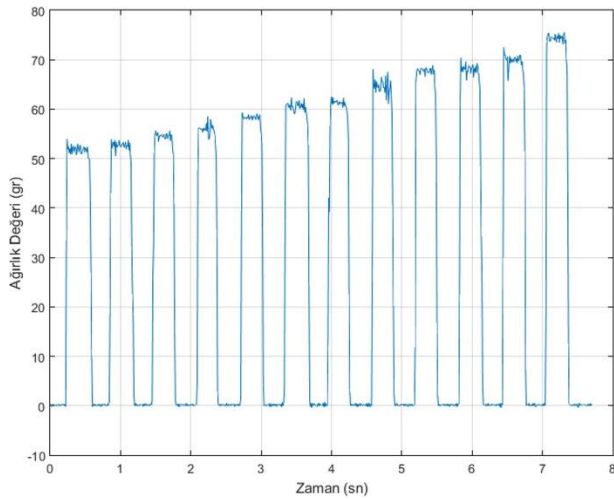
Geliştirilen ölçüm sisteminin elektronik kısmında mikrodenetleyici tabanlı bir kart tasarlanmıştır. Bu kart sayesinde yük hücresinden alınan analog ağırlık sinyal verisi yükseltip diferansiyel  $\Delta\Sigma$  modülatör ile dijital sinyal verisine çevrilmektedir. Ardından seri haberleşme arabirimi üzerinden mikrodenetleyici tarafından okunmaktadır. Elde edilen bu dijital sinyale gerekli hesaplamalar uygulanarak ürünlerin ağırlık verileri elde edilmektedir. Şekil 2'de dinamik tartım sistemi blok diyagramı verilmiştir

## 3. DENEYSEL ÖLÇÜMLER VE YAPAY SINIR AĞLARI UYGULAMASI (EXPERIMENTAL MEASUREMENT AND NEURAL NETWORK APPLICATIONS)

Geliştirilen dinamik tartım sistemi ile ağırlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Öncelikle farklı ağırlıklardaki

sistemi verilmiştir. Tartılacak ürünler taşıyıcı çubuklar yumurtalar durağan halde tartım platformunun üstüne

konularak ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra yumurtalar ağırlıkları küçükten büyüğe doğru sıralanarak tartım platformu üzerinden hareket halinde geçerken ağırlık sinyali kayıt edilmiştir. Yumurtaların ağırlıklarının küçükten büyüğe doğru sıralanarak dinamik tartımının yapılmasının sebebi ise hangi ağırlık sinyalinin hangi yumurtaya ait olduğunun rahatlıkla bulunabilmesi içindir. Dinamik olarak tartılan 12 adet yumurtanın ağırlık ölçümlerine ait sinyal Şekil 3' te verilmiştir. Dinamik tartım sistemindeki titreşimler ölçüm sinyali üzerinde bozucu etkiye neden olmaktadır. Bundan dolayı ürünlerin net ağırlıklarının belirlenmesi mümkün olamamaktadır.



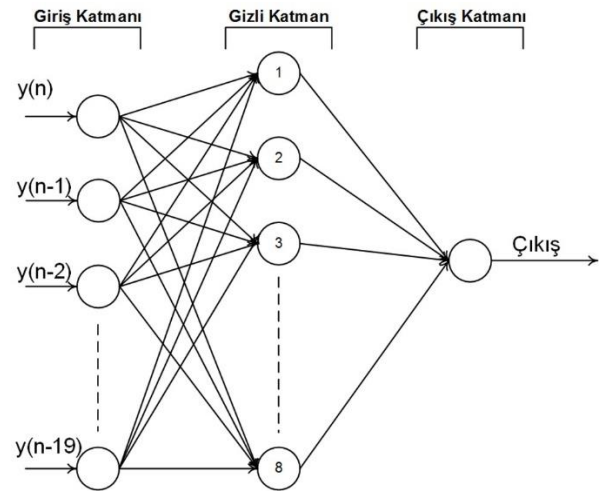
Şekil 3. 12 adet farklı yumurtanın ölçüm sinyali (Measurement signal of 12 different egg)

Dinamik tartım sisteminden veri alınırken 50, 100, 150 ve 200 Hz gibi farklı örnekleme frekansları denenmiştir. Kullanılan entegrenin veri sayfası incelendiğinde örnekleme frekansının artırılması ile RMS gürültü değerinin de arttığı açıkça görülmektedir. Bundan dolayı örnekleme frekansının dinamik ölçüm sisteminin ihtiyacını karşılayacak minimum frekans seçilmesinde fayda vardır. Sistemimiz için en uygun örnekleme frekansının 100 Hz olduğu tespit edilmiştir. Dinamik tartım sisteminin mevcut hızında ürünün platforma girişi ve çıkışı arasında geçen sürede 100 Hz örnekleme frekansında yaklaşık olarak 40 adet veri alınabilmektedir. Bundan dolayı yük hücrelerine yumurtanın girdiği andan itibaren ilk 20 adet analog ağırlık verisi yapay sinir ağının giriş verisini oluşturmaktadır. Böylece ürünün ağırlığı tartım platformuna girdiği andan itibaren mümkün olan en kısa sürede platformdan çıkmadan tahmin edilebilecektir.

İnsan beyninin bilgi işleme yapısından faydalanılarak yapay sinir ağları geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistemde beyindeki nöronların çalışma şekli taklit edilmiştir. Yapay sinir ağları insan beynindeki sinir hücrelerinde bulunan ve birbirlerine bağlı olan nöronlardan oluşturulmuşlardır. İnsan beyni yaşayarak elde ettiği deneyimler sayesinde öğrenir. Yapay sinir ağları matematiksel yöntemlerin aksine insan beynine benzer

şekilde giriş ve çıkış verileri arasındaki ilişkiyi eğitilerek öğrenebilmektedir [15]. Yapay sinir ağları öğrenme, veriler arasındaki bağıntıyı bulma ve hafızaya alma gibi özelliklere sahiptirler. Yapay sinir ağlarında genel olarak giriş, gizli ve çıkış katmanları olmak üzere üç katman bulunmaktadır. Her bir katmanda bulunan belirli sayıda nöronlar diğer katmanlardaki nöronlarla bağlantılıdır. Bir nörondan diğer nörona giden sinyal ağırlık denilen bir sayı ile çarpıldıktan sonra diğer nörona ulaşmaktadır. Ağ eğitildikçe bu ağırlıklar daha uygun sonucu elde etmek için güncellenirler. Nörona gelen bu sinyaller bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek nöronun çıkış sinyali oluşturulmaktadır. Veriler ilk olarak giriş katmanına girilir, sonra sırasıyla gizli katman ve çıkış katmanını takip ederek çıkış verisi elde edilir.

Yapay sinir ağları, MATLAB programı içerisinde yer alan Neural Network Fitting Tool (nftool) arayüzü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İleri beslemeli geri yayımlı ağın eğitiminde Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmada giriş, gizli ve çıkış katmanları olmak üzere üç katmanlı ileri beslemeli ağ kullanılmıştır. Gizli katmanda sigmoid, çıkış katmanında ise lineer aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Giriş katmanında 20, gizli katmanda 8 ve çıkış katmanında 1 nöron bulunmaktadır. Oluşturulan ağ yapısı ve giriş çıkışlar Şekil 4' te verilmiştir.



Şekil 4. Oluşturulan ağ yapısı (Structure of generated network)

Bu çalışmada farklı ağırlıklardaki 12 adet yumurta kullanarak 5 kez ölçüm sinyali alınmıştır. Tartılacak her bir ürün platform üzerine düştükten sonraki ilk 20 adet veri kullanılarak yapay sinir ağı eğitilmiş ve daha ürün tartım platformundan ayrılmadan ağırlığı belirlenebilmiştir. Ağın eğitimi sonucunda elde edilen performans değerleri Çizelge 1' de verilmiştir. Ölçüm verilerinden eğitim, değerlendirme ve test verilerinin seçimi rast gele yapılmıştır.

Çizelge 1. Yapay sinir ağının eğitim, doğrulama ve test sonuçları (Artificial neural network 's training, validation and test results)

	Örnek Sayısı	MSE	R <sup>2</sup>
Eğitim	42	4.276x10 <sup>-20</sup>	0.9999
Doğrulama	9	2.231x10 <sup>-4</sup>	0.9998
Test	9	4.304x10 <sup>-4</sup>	0.9995

Ağın eğitimi sırasında 9 adet veri test amaçlı kullanılmıştır. Test verisi olarak ayrılan 9 adet yumurta verisinin durağan halde ölçülen gerçek ağırlıklarıyla ağın tahmin ettiği ağırlıkları Çizelge 2’ de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ağın eğitiminde kullanılmayan bu veriler ile yapay sinir ağının denenmesi sonucunda elde edilen hata değerleri çok küçük olduğundan dolayı yapay sinir ağlarının dinamik tartım sistemlerinde ağırlık tahmininde başarılı bir şekilde kullanılacağı görülmüştür.

**Çizelge 2.** Gerçek ağırlık değerleri ve test verilerinden tahmin edilen ağırlık değerleri (Actual weight values and estimated weight values from test datas)

Gerçek Yumurta Ağırlıkları (gr)	Tahmin Edilen Yumurta Ağırlıkları (gr)	Hata (gr)
54.6	54.79	-0.19
67.8	67.73	0.07
54.6	54.67	-0.07
74.5	74.23	0.27
56.1	55.78	0.32
58.4	58.48	-0.08
51.9	51.62	0.28
61.2	61.57	-0.37
68.1	67.86	0.24

Yine ağın performansını test etmek amacıyla ağın eğitim, doğrulama ve test aşamalarında hiç kullanılmayan veriler ile ağın performansı denenmiştir. Çizelge 3’ te verilen sonuçlara göre yapay sinir ağı dinamik tartım işlemindeki ürün ağırlıklarını çok küçük hatalar ile doğru bir şekilde tahmin etmiştir

**Çizelge 3.** Ağın eğitim, doğrulama ve test işlemlerinde kullanılmayan veriler ile test edilmesi (Network testing with unused datas different from training, validation and testing datas)

Gerçek Yumurta Ağırlıkları (gr)	Tahmin Edilen Yumurta Ağırlıkları (gr)	Hata (gr)
53	52.95	0.05
56.5	56.22	0.28
62.4	62.31	0.09
63.1	63.05	0.05
70.4	70.60	-0.2

#### 4. SONUÇ (RESULT)

Günümüzde ürünlerin hızlı ve doğru bir şekilde tartılması gerekmektedir. Bundan dolayı dinamik tartım sistemleri geliştirilmiş ve bu alanda birçok çalışma yapılmıştır. Dinamik tartım sistemlerinde ürünlerin hareket halinde olmasından dolayı ölçüm sinyali üzerinde titreşimlerin

oluşturduğu düşük frekanslı bozucu etki meydana gelmektedir. Bu gürültünün ölçüm sinyalinden temizlenmesi için birçok yöntem kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada yapay sinir ağlarının dinamik tartım sistemlerinde başarı ile kullanılabilmesi görülmüştür. Gerçekleştirilen yapay sinir ağı çok küçük hatalar ile daha tartılan ürün tartım platformundan ayrılmadan ürünün ağırlığını belirleyebilmektedir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Niedźwiecki, M. and Wasilewski, A., “Application of adaptive filtering to dynamic weighing of vehicles”, *Control Engineering Practice*, 4(5): 635-644, (1996).
- [2] Yamazaki, T., Sakurai, Y., Ohnishi, H., Kobayashi, M. and Kurosu, S., “Continuous mass measurement in checkweighers and conveyor belt scales”, *Proceedings of the 41st SICE Annual Conference*, Osaka, 470-474, (2002).
- [3] Boschetti, G., Caracciolo, R., Richiedi, D. and Trevisani, A., “Model-based dynamic compensation of load cell response in weighing machines affected by environmental vibrations”, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 34(1-2): 116-130, (2013).
- [4] Pietrzak, P., Meller, M. and Niedźwiecki, M., “Dynamic mass measurement in checkweighers using a discrete time-variant low-pass filter”, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 48(1-2): 67-76, (2014).
- [5] Jafaripanah, M., Al-Hashimi, B.M. and White, N.M., “Dynamic sensor compensation using analogue adaptive filter compatible with digital technology”, *in Circuits, Devices and Systems, IEE Proceedings*, 152(6): 745-751, (2005).
- [6] Halimic, M., and Balachandran, W., “Kalman filter for dynamic weighing system”, *in Industrial Electronics, 1995. ISIE '95., Proceedings of the IEEE International Symposium on*, Athens, 2: 786-791, (1995).
- [7] Jian, X., and Bin, M., “Investigation of discrete wavelet transform for signal de-noising in weight-in-motion system”, *Future Computer and Communication (ICFCC), 2010 2nd International Conference on*, Wuhan, 2: 769-772, (2010).
- [8] Xiao, J. and Lv, P., “Application of wavelet transform in weigh-in-motion”, *Intelligent Systems and Applications, 2009. ISA 2009. International Workshop on*, Wuhan, 1-4 (2009).
- [9] Bin, M. and Xinguo, Z., “Discrete wavelet transform for signal processing in weight-in-motion system”, *Electrical and Control Engineering (ICECE), 2010 International Conference on*, Wuhan, 4668-4671, (2010).
- [10] Zhang, Y. and Fu, H., “Dynamic weighing signal processing by system identification”, *in Industrial Mechatronics and Automation (ICIMA), 2010 2nd International Conference on*, Wuhan, 2: 203-206, (2010).
- [11] Almodarresi Yasin, S.M.T. and White, N.M., “Application of artificial neural networks to intelligent weighing systems”, *in Science, Measurement and Technology, IEE Proceedings*, 146(6): 265-269, (1999).

- [12] Bahar, H.B. and Horrocks, D.H., “Dynamic weight estimation using an artificial neural network”, *Artificial Intelligence in Engineering*, 12 (1–2): 135-139, (1998).
- [13] Halimic, M., Balachandran, W. and Enab, Y., “Fuzzy logic estimator for dynamic weighing system”, *in Fuzzy Systems, Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on*, New Orleans, LA, 3: 2123-2129, (1996).
- [14] Halimic, M., Halimic, A., Zugail, S. and Huneiti, Z., “Intelligent signal processing for electro-mechanical systems”, *in Mechatronics and Its Applications, 5th International Symposium on*, Amman, 1-5, (2008).
- [15] Yabanova, İ. and Keçebaş, A., “Development of ANN model for geothermal district heating system and a novel PID-based control strategy”, *Applied Thermal Engineering*, 51(1-2): 908-916, (2013).