

*Savunma Bilimleri Dergisi*

*The Journal of Defense Sciences*

Kasım/Nov 2017, Cilt/Volume 16, Sayı/Issue 2.

ISSN (Basılı) : 1303-6831 ISSN (Online): 2148-1776



## **Examination of International Pisa Test Results with Artificial Neural Networks and Regression Methods**

Semra BENZER\* ve Recep BENZER\*\*

### **Abstract**

*It is approved that artificial neural networks are considerably effective in analyzing flows in which traditional methods and statics are inadequate to solve. In this article, we use a two-layer feedforward network with tan-sigmoid transmission function in input and output layers with PISA of Turkey and Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) science level values. OECD Programme for International Student Assessment (PISA) surveys reading, mathematical and scientific literacy levels every three years. The PISA assessment works on young people's ability to apply their knowledge and skills to real-life problems and situations rather than on how much curriculum-based knowledge they have. Assessments are made on three core fields reading literacy, mathematical literacy and scientific literacy. The conclusion is that PISA is an important global benchmarking tool, but that bureaucrats and the media need to use the rich data that have been collected together with information about their academic performance. According to statistical evaluations, regression value of ANN was higher than value of regression methods.*

**Keywords:** PISA, Artificial Neural Networks, Regression Methods.

### **Öz**

*Yapay sinir ağıları geleneksel yöntemlerin çözemediği akışları analiz etmede oldukça etkili olabilmektedir. Bu çalışmada Türkiye ve Ekonomik İş*

---

\*Doç.Dr., Öğretim Üyesi, Gazi Üniversitesi, e-posta: sbenzer@gazi.edu.tr

\*\*Dr., Öğretim Görevlisi, MSÜ Kara Harp Okulu, e-posta: rbenzer@kho.edu.tr

*birliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) PISA bilim seviyesi değerleri ile giriş-çıkış katmanlarında tan-sigmoid iletim fonksiyonlu iki katmanlı ileri besleme yapay sinir ağı kullanılmıştır. OECD Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) her üç yılda bir okuma becerilerini, matematik ve fen başarı performanslarını test etmektedir. PISA değerlendirmesi, gençlerin bilgi ve becerilerini sahip oldukları müfredat tabanlı bilgiye değil, gerçek yaşamdaki sorunlara ve durumlara uygulama becerileri üzerine odaklanmaktadır. Deđerlendirmeler okuma-yazma, matematiksel okuryazarlık ve bilimsel okuryazarlık olmak üzere üç ana alanda yürütölmektedir. Sonuç olarak, PISA'nın önemli bir küresel kıyaslama aracı olduğu görölmekte, ancak politika yapıcılarının ve medyanın, toplanan zengin verilerle birlikte öğrencilerin akademik performanslarıyla ilgili bilgileri kullanarak daha iyi değerlendirmelerde bulunmaları gerekmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirmelere göre yapay sinir ağları yaklaşımının regresyon analizine göre daha yüksek değerler verdiği tespit edilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** PISA, Yapay Sinir Ağları, Regresyon Yöntemi.

## Introduction

The Programme for International Student Assessment (PISA) is an international educational research conducted by the OECD that assesses students' knowledge and skills in the areas of mathematics, science and reading skills. This research has been conducted every three years since 2000. The Programme for International Student Assessment (PISA) is a triennial international survey which aims to evaluate education systems worldwide by testing the skills and knowledge of 15-year-old students (PISA, 2017).

Each year the PISA program focuses on reading skills, mathematics and science literacy as one of the core areas. Reading skills in 2000, mathematics literacy in 2003, and science literacy in 2006 were based on PISA. In 2009, a nine-year new cycle began and emphasis was placed on re-reading skills (MEB, 2009). Assessing PISA exams is also important in terms of developing current policies and future comparisons, as well as understanding the current situation (Çepni, 2016).

Anıl (2008) analyzed the factors that affect students' mathematical success by using PISA 2006 data with YEM. Demir and Depren (2010) evaluated PISA 2006 results of the differences between Turkey emphasizing their observations with data envelopment analysis. Turkey's PISA 2003

mathematics achievement evaluated by statistical analysis by Unal and Demir (2009).

Demir et al. (2010) used PISA 2006 data to examine the relationship between mathematics success and gender, economic, social and cultural status, educational resources at home, computer and communication.

Alacacı and Erbaş (2010) represented PISA 2006 differences between schools using the data they tried to bring Turkey.

Toprak (2017) aims to compare the performance of artificial neural network, decision trees and discriminant analysis methods to classify student success.

Yorulmaz et al. (2017) determined the relationships between student achievements, income distribution and expenditure on educational institutions in the member countries of Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

Exams are gaining importance regarding the ability to measure the quality of education in a country. In this context, it is also important to assess PISA exams in order to understand the current situation, as well as to compare policies in the future and to develop policies for the future. Comparative studies, in particular, contribute greatly to educators and policy makers in the process of vision development and training planning (Aydın et al. 2012).

## **Data and Methodology**

### **The regression analysis**

The regression analysis is one of the most widely used statistical methods. They are used as techniques to facilitate analysis. In general, these techniques enable researchers, assessors, policy makers and other groups to analyze a large number of independent and dependent variant sets of data. The best way to analyze such data is to simultaneously examine the relationships and potential interactions between all variables.

The linear regression model can be written as in Equation 1. Here,  $b_0, b_1, b_2 \dots b_n$  show the effect of each independent variable on the dependent variable (Albayrak, 2012).

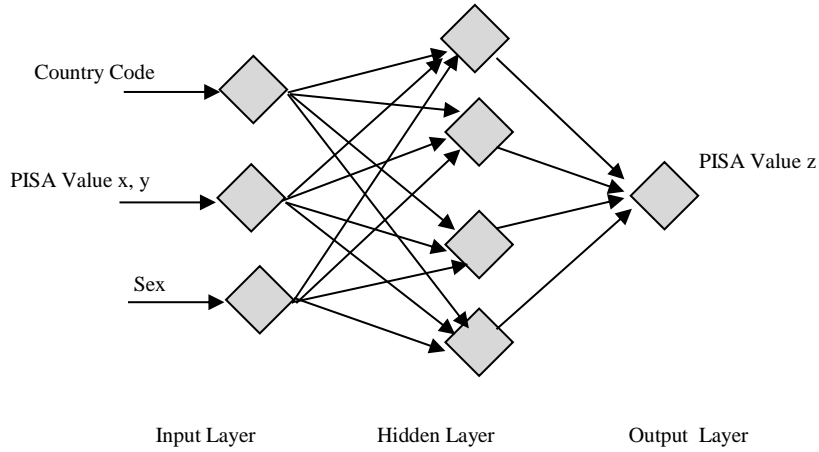
$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (1)$$

Y = the dependent variable

$x_1, x_2 \dots x_n =$  the dependent variable

### Artificial Neural Networks (ANNs)

ANNs is a machine learning prediction algorithm that is inspired by animal nervous system. The structure of a feed-forward ANNs is shown in Figure 1. The ANNs model consisted of input, hidden and output layers. The neural network topology is the interlinking between layers, number of neurons as processing unit of ANNs in each layer, and the transfer functions between layers (Hann and Steurer, 1996; Hopgood, 2000)



**Figure 1.** Structure of a feed-forward ANNs for PISA

The supervised learning method trained with the network structure (Back-propagation Networks) will be used to solve problems in this study. The transfer function (2), ( $V_N$  is normalized data,  $V_{min}$  is the minimum value of the data,  $V_{max}$  is the maximum value of the data) mostly used a sigmoid or a logistic function, gives values in the range of [0,1] and can be described as (normalization) (Jain et al., 1996):

$$V_N = 0.8 \times \left( \frac{V_R - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \right) + 0.1 \quad (2)$$

This study used the sigmoid activation function. ANNs can work with a small data set; and it seems better than other methods because it has such significant features such as generalization, learning from data, working

with unlimited number of variables and no need for any information about the problem in advance.

ANNs can be used in predicting methods based on both cause and effect relations. For the estimation problem based on the causal relation, the inputs of ANNs represent independent variables. The output is dependent variable.

The basic element of an ANNs is Artificial Neurons. These neurons multiple their inputs ( $x_i$ ) with variable weights and values obtained from this process transform with an activation function ( $f(n)$ ) to output value ( $y_i$ ). These formulas (Krenker et al., 2011) can be seen in equation (3) and (4).

$$\sum_{i=1}^p W_i x_i + b \tag{3}$$

$$y = f(n) = f(\sum_{i=1}^p W_i x_i + b) \tag{4}$$

In this study, the model was established with different hidden layer numbers (1-10) and the number of neurons (1-20) by PISA data values. TrainLM was used as training function, learnngDM as learning function, and mean square error (MSE) as performance variable. Equation 5 is used as the error squared average (MSE) function.

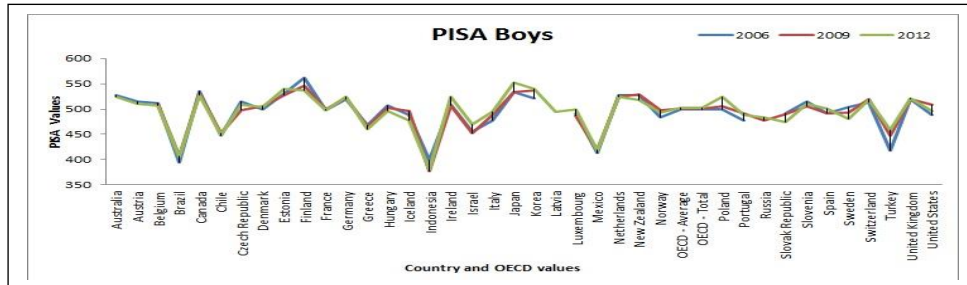
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{it} - Y_i)^2 \tag{5}$$

$Y_i$  : values ;  $Y_{it}$  : predict value ; n : number of data

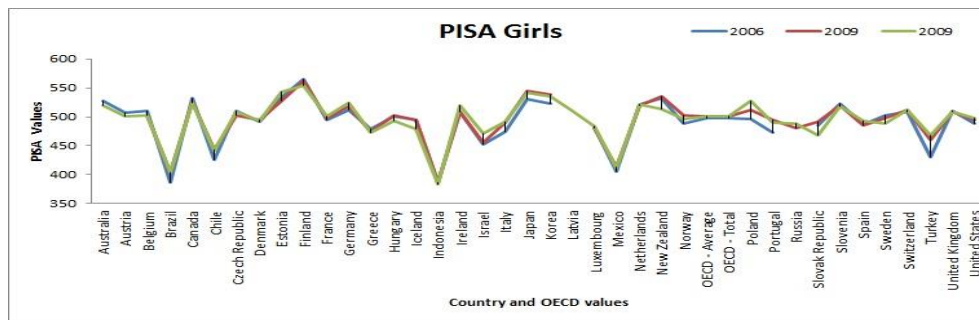
Neural Network Toolbox of MATLAB (Demuth and Beale, 1993) was used for the ANNs calculations. Data were divided into three equal parts: training, validation and test sets. The Matlab functions were used randomly for these three parts; 70% in training, 15% in testing, and 15% in the validation of data (Valipour, 2016). The statistical analyses were performed using SPSS software (SPSS Inc., USA) whereas the model was studied by the use of Matlab (Release 2015a) program.

## Results and Discussion

Figure 2 and 3 show the distributions of the PISA values according to genders in 40 countries for the years 2006 (x), 2009 (y) and 2012 (z).



**Figure 2.** The PISA value of country and OECD for boys

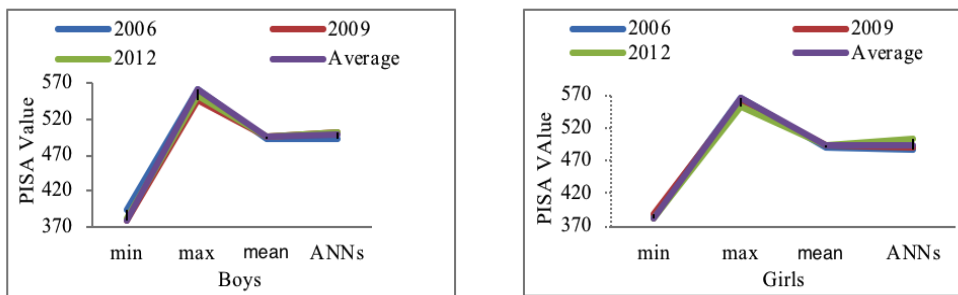


**Figure 3.** The PISA value of country and OECD for girls

The descript of statistical and ANNs PISA values (maximum, minimum and mean) are shown in Table 1. The calculated approach based on ANNs to determine the change in PISA Education value (Table 1, Figure 4). The conclusion is that PISA is an important global benchmarking instrument, but that policy makers and the media need to make better use of the rich data that have been collected together with information about students' academic performance. According to statistical evaluations, regression value of ANNs was higher than value of regression Methods.

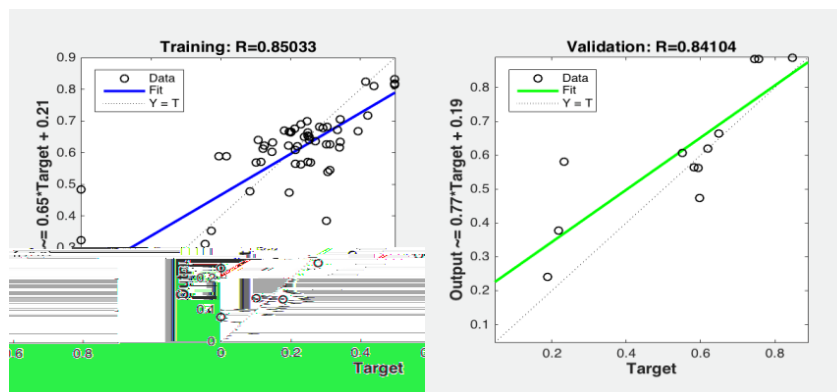
**Table 1.** Results (min, max, mean) with statistical value and ANNs

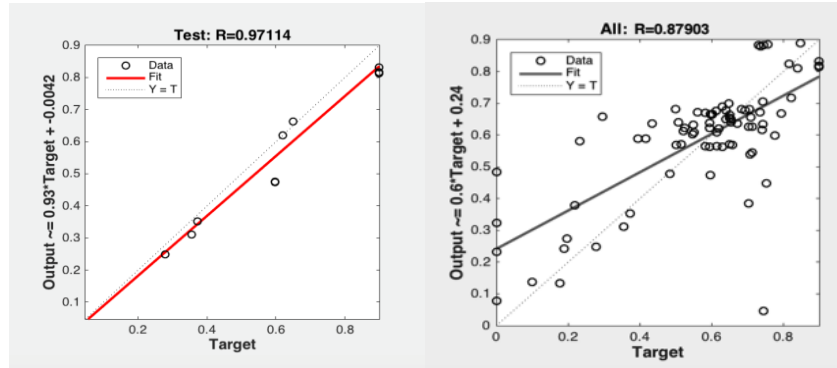
Years	BOYS				GIRLS			
	min	max	Mean	ANNs	min	max	mean	ANNs
2006	395	562	494.05	792.0891	386	565	491.30	486.3721
2009	378	546	494.6	502.2169	397	562	495.02	488.5094
2012	380.41	551.95	495.79	500.8158	383.46	553.89	495.03	501.7504
Mean	378	562	494.83	498.3739	383.46	565	493.80	492.2107



**Figure 4.** Grafical results

When the general averages are examined, the values of the ANNs and the average values of all the data are very close to each other. These results also show us that the learning process is very good and that the obtained ANNs data can be estimated.





**Figure 5.** Results (training, validation, test and all) for girls

ANNs results were obtained using our training data and our ANNs network. ANNs results for PISA values of female individuals are presented in Figure 5.

Statistical calculations such as the determination coefficient correlation ( $r^2$ ) and mean square error (MSE) were used to test the performance of the developed ANNs. The calculated MSE values for ANNs model and observed values were calculated as 988.3 and 1252.4 respectively. The coefficient correlation ( $r^2$ ) calculated by regression model and ANNs model were 0.861 and 0.879 respectively. The MSE value was also found to be smaller than the observed data. According to these results; the performance of the ANNs model has been found to be better.

### Conclusion

Education is a long-term investment that is an important contributor to the development of individuals and societies. Therefore, developed and developing countries attach more importance to education investments. In this study, the existing PISA variables of OECD countries have been evaluated. Moreover, the educational output of these educational investment variables with artificial neural networks has been researched.

In fact, almost all of the investments made in education are made directly or indirectly to the students. Everything is to support the success of the students, even the changes in the teachers, the physical structure of the school and even the regulations. Therefore, the investment made in education affects the success of the student positively.



PISA is aimed at questioning life skills; to assess the extent to which information and skills learned by individuals can be used for effective use in society. PISA values used in this study can also be predicted by regression and artificial neural networks in the following years. OECD countries offer an opportunity to oversee their education systems in the coming years.

As a result; according to regression analysis, artificial neural networks were found to have both better predictive ratios and real relationships between variables. In similar studies to be done for this reason, the use of artificial neural networks as well as traditional statistical methods can be recommended for both researchers and practitioners.

### **Acknowledgments**

This study has been accepted for presentation at 2nd International Congress on the World of Technology and Advanced Materials - WITAM 2016 in 28 September-02 October 2016 Kırşehir/Turkey.

### **Extended Summary**

Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı PISA (Programme for International Student Assessment), Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü OECD'nin (Organisation for Economic Cooperation and Development) üç yıllık aralarla düzenlediği ve 15 yaş grubu öğrencilerin kazandıkları bilgi ve becerilerin (okuma becerileri, fen ve matematik başarı performansları) değerlendirilmesine yönelik yapılan bir tarama araştırmasıdır.

PISA test programı, temel alanlardan biri olarak okuma becerileri, matematik ve fen okuryazarlığı üzerine odaklanmaktadır. PISA testleri; 2000 yılında okuma becerileri, 2003'te matematik okuryazarlığı ve 2006'da fen okuryazarlığına odaklanmıştır. 2009'da dokuz yıllık yeni bir döngüye başlanarak ve yeniden okuma becerilerine ağırlık verilmiştir. PISA sınavlarının değerlendirilmesi, güncel politikaların ve gelecekteki

karşılaştırmaların geliştirilmesinin yanı sıra mevcut durumu anlamak açısından da önem taşımaktadır.

Anıl (2008), YEM ile PISA 2006 verilerini kullanarak öğrencilerin matematiksel başarısını etkileyen faktörleri analiz etmiştir. Demir ve Depren (2010), PISA 2006 sonuçlarını veri zarflama analizi ile incelemiştir. Ünal ve Demir (2009), Türkiye'nin PISA 2003 matematik başarısı istatistiksel analizle değerlendirmiştir. Demir ve ark. (2010) PISA 2006 verilerini, matematik başarısı ile cinsiyet, ekonomik, sosyal ve kültürel durum, evdeki eğitim kaynakları, bilgisayar ve iletişim arasındaki ilişkiyi incelemek için kullanmışlardır. Alacacı ve Erbaş (2010), PISA 2006 verilerini kullanarak Türkiye'deki okulların farklılıklarını ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Toprak (2017), öğrenci başarısını sınıflandırmak için yapay sinir ağının performansını, karar ağaçlarını ve ayırıcı analiz yöntemlerini kullanmıştır. Yorulmaz ve ark. (2017), Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) üyesi ülkelerdeki eğitim kurumlarına ait öğrenci başarıları, gelir dağılımı ve harcamaları arasındaki ilişkileri incelemişlerdir.

Bir ülkedeki eğitim kalitesini ölçme becerisi, sınavlar ile önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, mevcut durumu anlamanın yanı sıra geleceğe yönelik politikaları karşılaştırmak ve gelecek için politikalar geliştirmek için PISA sınavlarını değerlendirmek de önemlidir. Özellikle karşılaştırmalı çalışmalar vizyon geliştirme ve eğitim planlaması sürecinde eğitimciler ve politika yapıcılara büyük katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmada, PISA test sonuçları yapay sinir ağları ve regresyon analizi yöntemleri ile incelenmiştir.

## Metodoloji

Regresyon Analizi, ölçüsü alınabilen bir veya daha fazla değişkenin, üzerinde etkili olduğu değerlendirilen başka bir değişkenle arasındaki ilişkinin modellenmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Regresyon tekniğinde, etkileyen değişkenlere açıklayıcı değişken (bağımsız değişken), etkilenen değişkenlere de bağımlı değişken adı verilmektedir. Regresyon modelleri doğrusal ya da doğrusal olmayan modeller olarak sınıflandırılabilir.

İnsan beyin fonksiyonundan esinlenen yapay sinir ağları, deneme yanılma yolu ile öğrenme ve genelleştirme yapabilmektedir. Yapay sinir ağlarının kullanıldığı önemli alanlardan biri de geleceği tahmindir. Yapay sinir ağları, veriler arasındaki bilinmeyen ve fark edilmesi güç ilişkileri ortaya çıkartabilir.

Bu çalışmada, Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı PISA test sonuçları regresyon analizi ve yapay sinir ağları ile birlikte değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada MATLAB Neural Network Toolbox ve SPSS yazılımları kullanılmıştır. PISA, yaşam becerilerini sorgulamayı amaçlamakta olup, bireylerin öğrendiği bilgi ve becerilerin toplumda etkili bir şekilde kullanılabilmesi için ne derece kullanılabileceğini değerlendirmektedir. Bu çalışmada kullanılan PISA değerlerinin, sonraki yıllarda regresyon ve yapay sinir ağları ile de tahmin edilebileceği gösterilmiştir.

Eğitim, bireylerin ve toplumların gelişimine önemli katkıda bulunan uzun vadeli bir yatırımdır. Bu nedenle, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler eğitim yatırımlarına önem vermektedir. Bu çalışmada, OECD ülkelerinin mevcut PISA test sonuçları, yapay sinir ağları ile eğitim çıktıları değerlendirilmiştir. Geliştirilen yapay sinir ağı modelinin performansını test etmek için korelasyon katsayısı ( $r^2$ ) ve ortalama karesel hata (MSE) gibi istatistiksel hesaplamalar kullanılmıştır. YSA modeli ve regresyon modeli için hesaplanan MSE değerleri sırasıyla 988.3 ve 1252.4 olarak hesaplanmıştır. YSA modeli ve regresyon modeli için korelasyon katsayısının ( $r^2$ ) sırasıyla 0.879 ve 0.861 olduğu tespit edilmiştir. Yapay sinir ağlarında MSE değerinin gözlenen veriden daha küçük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre; YSA modelinin performansının daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak yapay sinir ağları regresyon analizine göre hem daha iyi tahmin oranlarında bulunmuş hem de değişkenlerin arasında bulunan gerçek ilişkiyi ortaya çıkarabilmiştir. Bu nedenle yapılacak benzer çalışmalarda geleneksel istatistiksel yöntemlerin yanı sıra yapay sinir ağlarından yararlanılması hem araştırmacılara hem de uygulayıcılara tavsiye edilebilir.

## References

### Books

- Çepni, S. (2016). *PISA ve TIMMS Mantığını ve Sorularını Anlama*. Pegem Akademi Yayınları. s:312, doi:10.14527/978605318359.
- Demuth, H., and Beale, M. (1993). *Neural Network Toolbox For Use with Matlab--User'S Guide*. Version 3.0.
- Hopgood, AA.(2000). *Intelligent systems for engineers and scientists*. Florida: CRC Press.
- Krenker, A, BeşTer, J, Kos A. (2011). *Introduction to the Artificial Neural Networks, Artificial Neural Networks - Methodological Advances and Biomedical Application*. Prof. Kenji Suzuki (Ed.), ISBN: 978-953-307-243-2.

### Articles

- Anıl, D. (2008). The Analysis of Factors Affecting the Mathematical Success of Turkish Students in the Pisa 2006 Evaluation Program with Structural Equation Modeling. *American-Eurasian Journal of Scientific Research* 3 (2): 222-227.
- Demir, İ. and Depren, Ö. (2010). Assessing Turkey's secondary schools performance by different region in 2006, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2: 2305–2309.
- Ünal, H. and Demir, İ. (2009). Divergent thinking and mathematics achievement in Turkey: Findings from the programme for international student achievement (PISA-2003). *Procedia Social and Behavioral Sciences* 1: 1767–1770.
- Demir, İ. and Kılıç, S. (2009). Effects of computer use on students' mathematics achievement in Turkey. *Procedia Social and Behavioral Sciences*: 1802–1804.
- Alacacı, C., and Erbaş, A.K. (2010). Unpacking the inequality among Turkish schools: Findings from PISA 2006. *International Journal of Educational Development*, 30(2), 182-192.
- Aydın, A., Sarıer, Y., & Uysal, Ş. (2012). Sosyoekonomik ve sosyokültürel değişkenler açısından PISA matematik sonuçlarının karşılaştırılması. *Eğitim ve Bilim*, 37:164-175.

- Yorulmaz, Y. İ., Çolak, İ., & Ekinci, C. E. (2017). OECD ülkelerinin PISA 2015 başarılarının gelir dağılımı ve eğitim harcamaları açısından değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Education*, 6(4), 169-185.
- Hann, TH, Steurer, E. (1996). Much ado about nothing? Exchange rate forecasting: Neural networks vs. linear models using monthly and weekly data. *Neurocomputing*; 10:323- 339.
- Valipour, M. (2016). Optimization of neural networks for precipitation analysis in a humid region to detect drought and wet year alarms. *Meteorological Applications*, 23(1), 91-100.
- Albayrak, A. S. (2012). Çoklu Doğrusal Bağlantı Halinde Enküçük Kareler Tekniğinin Alternatifi Yanlı Tahmin Teknikleri ve Bir Uygulama. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 1(1), 105-126.
- Jain, A. K., Mao, J., and Mohiuddin, K. M. (1996). Artificial neural networks: A tutorial. *Computer*, 29(3), 31-44.

### Internet Sources

- PISA (2017). *The Programme for International Student Assessment (PISA)*. It was taken from [http://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/\(English\)](http://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/(English)) on 09.01.2017.
- MEB (2009) *Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı PISA 2009 Ulusal Ön Raporu*. It was taken from <http://pisa.meb.gov.tr/wp-content/uploads/2013/07/pisa-2009-ulusal-on-rapor.pdf> (Turkish) on 09.01.2017.

### Thesis

- Toprak, E. (2017). *Yapay Sinir Ağı, Karar Ağaçları ve Ayırma Analizi Yöntemleri ile PISA 2012 Matematik Başarılarının Sınıflandırılma Performanslarının Karşılaştırılması*. Hacettepe Ün. Y.Lisans Tezi.