

Makine Öğrenmesi Yöntemi ile Sinter Fabrikasında Kok Optimizasyonu

Coke Optimization with Machine Learning Method in Sinter Plant

Ahmet Beşkardeş¹, Serkan Çevik¹

¹İskenderun Demir ve Çelik A.Ş.
abeskardes@isdemir.com.tr, scevik@isdemir.com.tr

Özet

Entegre demir çelik fabrikalarının ana ünitelerinden biri olan sinter tesislerinde yüksek fırınların en büyük girdisi olan sinterleşmiş ürün üretilir. Sinter tesislerinde toz cevhere kireçtaşı ve dolomit ilave edilir ve bu karışım kok tozu yakıtı ile ergitilerek yüksek fırınlara gönderilir. Kok tozunun doğru oranda kullanılması sinter tesisindeki ısı dengesi korumak ve hammadde maliyetlerini kontrol altında tutmak bakımından çok önemlidir. Bu çalışmada İskenderun Demir Çelik Fabrikaları (İSDEMİR) sinter tesislerine ait kok tozu analiz bilgileri, hammadde girdileri ve üretim verileri kullanılarak çoklu doğrusal regresyon ve destek vektör makineleri ile kok tozu oranı tahmini yapılmıştır. 20 ayda toplanan 70 adet örneklemeden oluşan veri kümesi üzerinde yapılan çalışmada her iki yöntemle de % 77 doğruluk oranına ulaşılmıştır.

Abstract

Sintered product which is the largest entry of blast furnace is produced in the sinter plant which is one of the main unit of integrated iron and steel factories. Limestone and dolomite are added to fine ore in the sinter plant, and this mixture is sent to the blast furnace after smelted with coke fuel. The use of coke powder in the correct ratio is very important in terms of maintain thermal equilibrium in sinter plant and controlling raw material costs. In this study, a coke powder ratio prediction model is established with multiple linear regression and support vector machines by using coke analysis information, raw material and process data of Iskenderun Iron & Steel Plant (ISDEMİR) sinter plant. Both methods reached 77% accuracy rate in this study that has 70 sample data have been collected for 20 months.

1. Giriş

Toz cevherin kok tozu ve ilave malzemelerle ergitilmesi ve belirli bir tane büyüklüğüne getirilmesi demek olan sinterleme işlemi, demir-çelik üretiminin önemli adımlarından biridir [1]. Yüksek fırının en büyük girdi malzemesi olan sinter malzemesi üretiminde amaç, toz cevheri yüksek fırında kullanım için uygun hale getirmektir [2]. Yüksek fırında sinter kullanımının sıvı ham demir maliyetine doğrudan etkisi vardır. Yüksek fırın verimini önemli ölçüde etkileyen sinter malzemesinin maliyetini istenen seviyede tutmak için sinter tesisini verimli çalıştırmak gerekir.

Sinter tesislerinin ana hedefi maksimum sinter üretimini minimum maliyetle yapmaktır. Bunun için sinter girdileri olan toz cevher, kireçtaşı ve dolomit ve yakıt olarak kullanılan kok tozunun doğru oranlanması gerekir. Kok tozunun doğru oranda

kullanılmaması sinter makinesindeki ısı dengesi olumsuz etkiler ve bu durumda istenen kalitede ürün elde edilemez.

Akıllı kontrol sistemlerinin kullanılmadığı, operatörlerce idare edilen tesislerde, değişen cevher cinsi, kok tozu kalori değeri, geri dönen sinter tozu ve kireçtaşı oranı parametrelerine göre kok tozu miktarı ayarlanmadığı için kok tozu maliyeti istenen seviyeden yüksek olur. Bunun için verimliliği esas alan birçok işletme, sinter üretimini Seviye 2 Otomasyon Sistemi adı verilen akıllı kontrol sistemleri ile yönetmektedir [1]. İskenderun Demir ve Çelik A.Ş. sinter tesisleri de bunlardan biridir.

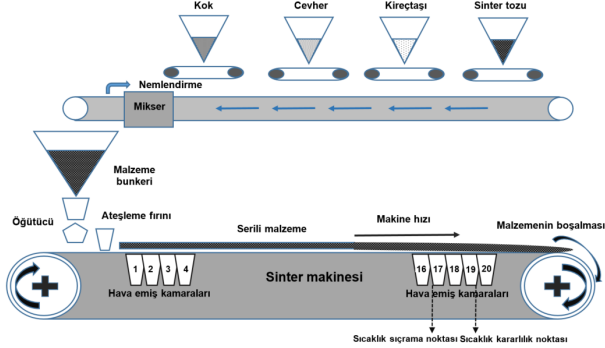
Yüksek fırınların kullanımına uygun kalitede sinter ürününü en uygun maliyetle üretmek için çok sayıda çalışma yapılmıştır. J.Xiang ve arkadaşları bulanık kontrol uygulamaları ile sinter makinesi ısı kontrolü ve makineye malzeme sağlayan bunker kontrolü üzerine çalışarak sinter makinesi verimini %10 oranında artırmışlardır [3]. Gonzalez ve arkadaşları Sugeno bulanık sonuç çıkarma sistemi ile istenen RDI (indirgenme parçalanma indeksi) ve Thumblers indeksine uygun olacak şekilde girdi malzeme oranlarını ayarlayarak sinter maliyetini ton başına 0,15 € düşürmüşlerdir [4]. Kronberger ve arkadaşları ise sinter teknolojileri konusunda yaptıkları detaylı çalışmalar içinde, hedef sinter bazıklığı ve demir tenörüne göre kok tozu oranını hesaplayan bir model üzerinde durmuşlardır [5].

Bu çalışmada İskenderun Demir ve Çelik A.Ş. (İSDEMİR) sinter tesislerinin ürün maliyetini azaltmak için hammadde girdileri ve üretim parametrelerine bağlı olarak kok oranı ayarlama işlemi, doğrusal regresyon ve destek vektör makineleri ile ayrı ayrı modellenmiştir.

2. Sinter Tesisi Üretim Süreci

Sinter üretiminin yapıldığı sinter tesisleri; geniş stok sahaları, harmanlama sahaları, cevher kırma-eleme üniteleri, dozajlama sistemleri, kok-kireçtaşı kırma-eleme üniteleri ve sinter makineleri gibi bölümlerden oluşur. Stok sahalarında kara ve deniz yoluyla gelen hammaddeler stoklanır. Harmanlama sahalarında cevher ve ilave malzemeler karıştırılarak harman sahalarında yığınlar haline getirildikten sonra dozajlama ünitesi stoklarına alınır. Bu karıştırılmış malzemeler dozajlama sistemlerinde oranlanır. Bu karışım mikserlerde tekrar karıştırılıp homojenize edilir ve nemiyletilen sinter makinesine aktarılır. Sinter makinesine serilen bu karışık malzeme, tutuşturma fırınında üstten kok gazı ile tutuşturulur. Makine boyunca ana fan kolektörü sayesinde emiş kamaralarından çekilen basınçlı hava ile karışımın içindeki kok tozu yanarken, oluşan ısıyla hammaddenin kalsinasyonu

sonucu malzemenin sinterleşmesi sağlanır. Sinterleşme işlemi makinenin başında malzemenin üst kısmında başlar, malzeme makine üzerinde ilerledikçe alt bölgeye doğru devam eder ve malzeme makinenin sonuna geldiğinde tüm katmanlarda tamamlanmış olur. Şekil 1’de sinter tesislerinin dozajlama ünitesi ve sinter makinesi bölümlerindeki üretim akışı gösterilmiştir.



Şekil 1: Sinter üretimi.

2.1. Sinter Üretiminde Kok Tozu Faktörü

Kok tozu, yeterli irilikte olmadığı için yüksek fırınlarda yakıt olarak kullanılamayan ve ancak sinter tesislerinde değerlendirilebilen bir malzemedir. Sinter makinesindeki gaz geçirgenliğini kötü etkilememesi için (0-3) mm aralığında olması istenir. Sinter makinesi üzerine serilen karışım malzeme, aradaki kok tozlarının yanması ile ergitilir ve sinterleşmiş ürün olarak makineyi terk eder.

Kok tozunun tüm karışıma oranı % 3,5 ile % 4 arasındadır. Yılda milyon ton mertebelerinde üretim yapılan bir tesiste yapılacak olan en küçük kok oranı iyileştirmesi, önemli verim artışı sağlayacaktır. Ayrıca kok tozu oranının istenen seviyede ayarlanabilmesi, sinter makinesindeki ısı dengeyi doğrudan etkileyeceğinden üzerinde dikkatle durulması gereken bir konudur.

2.2. Kok Tozu Oranını Tahmin İçin Değerlendirilecek Veriler

Sinter ürünü kalitesi ve maliyeti için çok önemli olan kok tozu oranına birçok parametre bir arada değerlendirilerek karar verilebilir. Kok tozu oranına etkisi birbirinden çok farklı olan bu parametreler arasında en uygun seçimi yapmak çok önemlidir. Çünkü çok fazla parametre ile çalışmak tahmin modelinin eğitilmesini ve kullanılmasını zorlaştırır. Diğer taraftan önemli bir parametrenin değerlendirme dışı tutulması da modelin doğruluğunu kötü etkiler [6]. Kok tozu oranını tahmin etmek için, sinter işletme tecrübeleri ve temel sinter üretim prensipleri ışığında Çizelge 1’de verilen parametreler üzerinde çalışılmıştır.

Kok tozu tahmini için değerlendirmeye alınan parametreler dozajlama sisteminden, laboratuvar analizlerinden ve sinter üretim verilerinden alınmıştır. Modelin çıkış parametresi olan kok tozu oranı, kok tozunun cevhere (tüm karışıma değil) oranıdır. Sinter tozu oranı sinter makinesinde üretilen fakat istenen tane büyüklüğünde olmadığı için tekrar makineye verilen sinter tozunun cevhere oranıdır. Kireçtaşı oranı sinter bazikliğini istenen seviyede tutmak için harmana katılan kireçtaşının cevhere oranıdır. Kalori değeri özel kok

laboratuvarında çalışılan ve kokun enerjisini gösteren analiz sonucudur. FeO, sinterleme sırasında meydana gelen tepkimelerden sonra indirgenen demir oksit oranıdır. Değerini sinterleşmiş ürünün içindeki wüstit adı verilen yapının tüm malzemeye oranından alır. T16-T20 sıcaklıkları sinter makinesinin altında bulunan emiş kamaralarına ait sıcaklıklardır. İsdemir sinter makinesinde 20 adet emiş kamarası vardır ve son beş kamaraya ait sıcaklıklar değerlendirmeye alınmıştır. BRP (Burn rising point – Sıcaklık yükselme noktası) noktası sinter makinesi üzerinde ani sıcaklık artışının olduğu yerdir. BTP (Burn through point – Sıcaklık kararlılık noktası) noktası ise sinterleşmenin bittiği ve malzeme sıcaklığının en yüksek olduğu makinenin sonuna yakın bir noktadır. BRP ve BTP noktaları, makine üzerindeki ısı dengeyi gösteren önemli parametrelerdir ve İsdemir sinter makinesi için değerleri, Beşkardeş ve arkadaşlarının önerdiği yöntemle göre hesaplanmaktadır [7]. Ateşleme sıcaklığı malzemenin makineye serildikten sonra yukarıdan tutuşturulduğu fırının sıcaklığıdır.

Çizelge 1: Kok tozu tahmini parametreleri

Kaynak	Parametre	Tanım	En iyi alt küme
Şarj	Kok tozu [%]	Ayarlanmak istenen kok tozu oranı	✓
	Sinter tozu [%]	Geri dönen sinter tozu oranı	✓
	Kireçtaşı [%]	Kireçtaşı oranı	✓
Analiz	Kalori [cal]	Kok tozu kalori değeri	✓
	FeO [%]	Sinterleşmiş ürünün FeO oranı	✓
Üretim	T16 [°C]	16. hava emiş kamarası sıcaklığı	✓
	T17 [°C]	17. hava emiş kamarası sıcaklığı	✓
	T18 [°C]	18. hava emiş kamarası sıcaklığı	☒
	T19 [°C]	19. hava emiş kamarası sıcaklığı	☒
	T20 [°C]	20. hava emiş kamarası sıcaklığı	✓
	BRPx [-]	Sıcaklık sızrama noktası konumu	✓
	BRPy [°C]	Sıcaklık sızrama noktası sıcaklığı	☒
	BTPx [-]	Sıcaklık kararlılık noktası konumu	☒
	BTPy [°C]	Sıcaklık kararlılık noktası sıcaklığı	✓
	Ateşleme Sic.[°C]	Malzemenin tutuşturulduğu fırın sıcaklığı	☒

Uzman bir operatörden, sıcaklık bilgilerini iyi izleyip, analiz değerlerini dikkate alarak geri dönen sinter tozu ve kireçtaşı oranına göre kok tozu oranını doğru bir şekilde ataması beklenir. Bu çalışmanın amacı eldeki verilerle kok tozu oranını doğru bir şekilde modelleyip, değişen işletme parametrelerine bağlı olarak atanması gereken kok tozu oranını hesaplayabilmektir. Böylece sinter tesisinin yakıt yönetimi her vardiya değişen kişilere özgü kararlardan kurtularak çok daha kararlı bir şekilde yapılacaktır.

3. Materyal ve Yöntemler

3.1. Verilerin Elde Edilmesi ve Kullanımı

Bu çalışmada kullanılan veriler İsdemir sinter tesisinde çalışan ve “Seviye 2” adı verilen otomasyon sisteminden alınmıştır. Kalori analizi haftada bir defa İsdemir kok laboratuvarında çalışılan kok tozu enerji değeridir. FeO analizi İsdemir genel kimya laboratuvarında günlük olarak çalışılan analiz bilgisidir. Kok tozu, sinter tozu ve kireçtaşı adlı şarj bilgileri, dozajlama ünitesinden malzemelerin kullanım oranlarının alındığı ve Seviye 2 sistemi tarafından 5 dakikalık aralıklarla veri tabanına kaydedilen oran bilgileridir. Emiş kamaraları ve fırın sıcaklık bilgileri ise, her saniye programlanabilir mantıksal denetleyici (Programmable Logic Controller - PLC) sistemlerinden okunan verilerin beş dakikada bir veri tabanına kaydedilmesi ile oluşan üretim verileridir. BRP ve BTP noktaları Beşkardeş ve arkadaşlarının son beş kamaraya sıcaklık verilerinden hesapladığı

ikili nokta bilgileridir [7]. Bu çalışmada 08.12.2014 ile 20.07.2016 tarihleri arasında toplanan analiz, şarj ve üretim verileri kullanılmıştır.

Oluşturulan veri kümesinde, şarj ve üretim verilerinin, periyodu en yüksek parametre olan kalori analizinin zaman aralığındaki ortalamaları kullanılmıştır. Yani haftada bir değer alınan kalori analizi için günlük değer alınan FeO değerinin ve 5 dakikalık değerleri olan şarj ve üretim bilgilerinin haftalık ortalamaları değerlendirilmeye alınmıştır.

Giriş parametrelerinin periyotları bu şekilde ayarlandıktan sonra sinter tesisinin duruş yaptığı zamanlara ait hatalı ya da anlam ifade etmeyen veriler filtrelendikten sonra 70 adetlik veri elde edilmiş ve bu verilerden 70*14 lük bir veri kümesi oluşturulmuştur. İlk bakışta örnek veri sayısı az gibi görünse de işletme tecrübeleri ışığında doğru bir yöntemle elde edilen veri seti kok oranını modellemeye yetmiştir.

Veriler üzerinde yapılan son işlem en iyi alt küme seçimi işlemidir. Kok tozu oranını en iyi şekilde modelleyebilmek için işletme tecrübeleri ışığında sonuca etki edebilecek tüm bağımsız değişkenler değerlendirilmeye alınmıştır. Diğer yandan bağımsız değişken sayısının artması tahmin edilen sonucun değişkenliğini artıracığı ve fazla veri toplama ve işlemeyi gerektireceği için en iyi alt küme seçimi işlemi yapılmıştır. Çizelge 1’de görülen parametreler Minitab uygulaması ile en iyi alt küme seçimi algoritmasına tabi tutulmuş ve çoklu belirleyicilik katsayısı (R^2), düzeltilmiş çoklu belirleyicilik katsayısı ($R^2(\text{adj})$), hata kareler ortalaması ve Mallows’un C_p istatistiği ölçütlerine göre en iyi bağımsız değişken alt kümesi seçilmiştir. Buna göre en iyi bağımsız değişkenler ile 70*9 luk bir veri kümesi kullanılacaktır. Çizelge 2’de seçilen bağımsız değişkenler ve hesaplanacak olan bağımlı değişkene ait çalışılan zaman aralığındaki istatistiki bilgiler verilmiştir.

Çizelge 2: Parametrelere ait istatistik bilgileri

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama	S. Sapma
Kok tozu [%]	5,71	7,26	6,34	0,296
Sinter tozu [%]	17,32	46,26	33,32	8,005
Kireçtaşı [%]	8,56	15,57	11,83	1,533
Kalori [cal]	6472	6885	6685,9	95,2
FeO [%]	6,1	8,87	7,39	0,782
T16 [°C]	151,06	221,8	189,1	15,12
T17 [°C]	182,85	308,34	238,06	21,535
T20 [°C]	238,22	381,32	320,59	29,303
BRPx [-]	16,05	17,95	16,99	0,452
BTPy [°C]	315,7	421,2	371,9	25,61

3.2. Yöntemler

Bu çalışmada kok tozu oranı, çoklu doğrusal regresyon ve destek vektör makineleri ile ayrı ayrı modellenmiştir.

3.2.1. Çoklu Doğrusal Regresyon

Çoklu regresyon tabiri, bir bağımlı değişkendeki değişimi birden fazla bağımsız değişken ile açıklamak için kullanılır. Bağımlı değişken ve bağımsız değişkenlerin arasında doğrusal bir ilişki tanımlanabiliyorsa, geliştirilen model çoklu doğrusal regresyon adını alır ve aradaki ilişki,

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon \quad (1)$$

şeklinde gösterilir. Burada y bağımlı değişken ya da yanıt değişkeni, x_1 ve x_2 bağımsız değişkenler, β_0 , β_1 ve β_2 regresyon katsayıları ve ε hata terimidir. Bir regresyon modelinde amaç, tahmin edilen değeri gerçek değere olabildiğince yaklaştırmaktır.

Doğrusal regresyonun çok hızlı sonuç vermesi ve işletme pratiklerinin kolayca denenebilmesi bu modeli tercih sebebi yapmıştır.

3.2.2. Destek Vektör Makineleri

Destek vektör makineleri, çok sayıda bağımsız değişkenle çalışabilmesi, çok az giriş ile öğrenebilmesi, doğrusal olarak ayrılabilen ya da ayrılabilen verilere uygulanıp yüksek doğrulukta sonuçlar vermesi yönüyle oldukça tercih edilmektedir. Bu yöntemle yapılan regresyonda en düşük genelleştirme hatasına sahip fonksiyonu bulmak hedeflenir [8]. Destek vektör makineleri ile regresyonun genel ifadesi aşağıdaki gibidir [8]:

$$f(x) = \sum_{i=1}^N (\alpha_i - \alpha_i^*) k(x_i, x) + b \quad (2)$$

Burada α_i , α_i^* ve b Lagrange katsayılarıdır ve regresyon risk fonksiyonunu minimum yapacak şekilde hesaplanır. $k(x_i, x)$ ise çekirdek fonksiyonudur. Destek vektör makinelerinde genel olarak doğrusal, polinomsal, sigmoid ve radyal tabanlı çekirdek fonksiyonları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada çekirdek fonksiyon için yakınlık tipi parametresi polinomsal, yakınlık parametresi ise 1 seçilmiştir.

3.2.3. Değerlendirme

Kok tozu oranı tahmininde önemli bir parametre olan kok kalori analizinin haftada bir yapılmasından dolayı sınırlı sayıda veri ile çalışılmıştır. Bu yüzden her iki yönetime ait eğitim ve test işlemi 10 kat çapraz doğrulama ile yapılmıştır. Buna göre kullanılan veriler 10 alt veri setine bölünmüş, bunların 9 tanesi eğitim için bir tanesi test için kullanılmıştır. Tüm alt veri setleri eğitim dışında bırakılıp test edilinceye kadar bu işleme devam edilmiştir. Bu tercihler sonunda gerçek kok tozu oranı ile tahmin edilen kok tozu oranı arasındaki korelasyon ilişkisi (Kİ), ortalama mutlak hata (OMH) ve ortalama hata karelerinin karekökü (OHKK) bilgileri 3,4 ve 5 numaralı denklemlere göre her iki yöntem için hesaplanıp bulunan sonuçlar Çizelge 3’te gösterilmiştir. Gerçek kok tozu oranı ve iki yöntem tarafından tahmin edilen kok tozu oranı ile iki yöntemin (yüzde) hata oranı değerleri Şekil 2’de gösterilmiştir.

$$KI = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (4)$$

$$OHKK = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (5)$$

Bu formüllerde, x_i hesaplanan, y_i gerçek değeri temsil etmektedir. \bar{x} ve \bar{y} bu değerlerin ortalamaları, n ise veri sayısıdır.

Çizelge 3: Çalışılan yöntemlerin başarı göstergeleri

Başarı Ölçütleri	Çoklu Doğrusal Regresyon	Destek Vektör Makineleri
Korelasyon İlişkisi	0,763	0,773
Ortalama Mutlak Hata	0,150	0,144
Ortalama Hata Karelerinin Karekökü	0,192	0,187

4. Sonuçlar

Sinter tesisinde kok tozu oranını olması gereken seviyede tutabilmek üretimdeki ısı dengeyi yakalamak ve üretim maliyetlerini düşürmek bakımından çok önemlidir. Bu çalışmada tesisin ısı denge durumunu gösteren sıcaklık bilgileri, yakıt olarak kullanılan kok tozunun analiz değerleri ile geri dönen sinter tozu ve kireçtaşı oranlarına bakılarak atanacak olan kok tozu oranı, iki farklı yöntemle hesaplanmıştır. Sinter işletme tecrübesi ve temel sinter üretim prensiplerine göre seçilen parametreler en iyi alt küme seçimi yapılarak sadeleştirilmiş, çoklu doğrusal regresyon ve destek vektör makineleri ile kok tozu oranı tahmin edilmiştir. Sınırlı sayıda veri olmasına rağmen her iki yöntemde de % 77 doğruluk oranına ulaşılmıştır. Veri sayısının artması ile daha yüksek sonuçlara ulaşılması beklenmektedir.

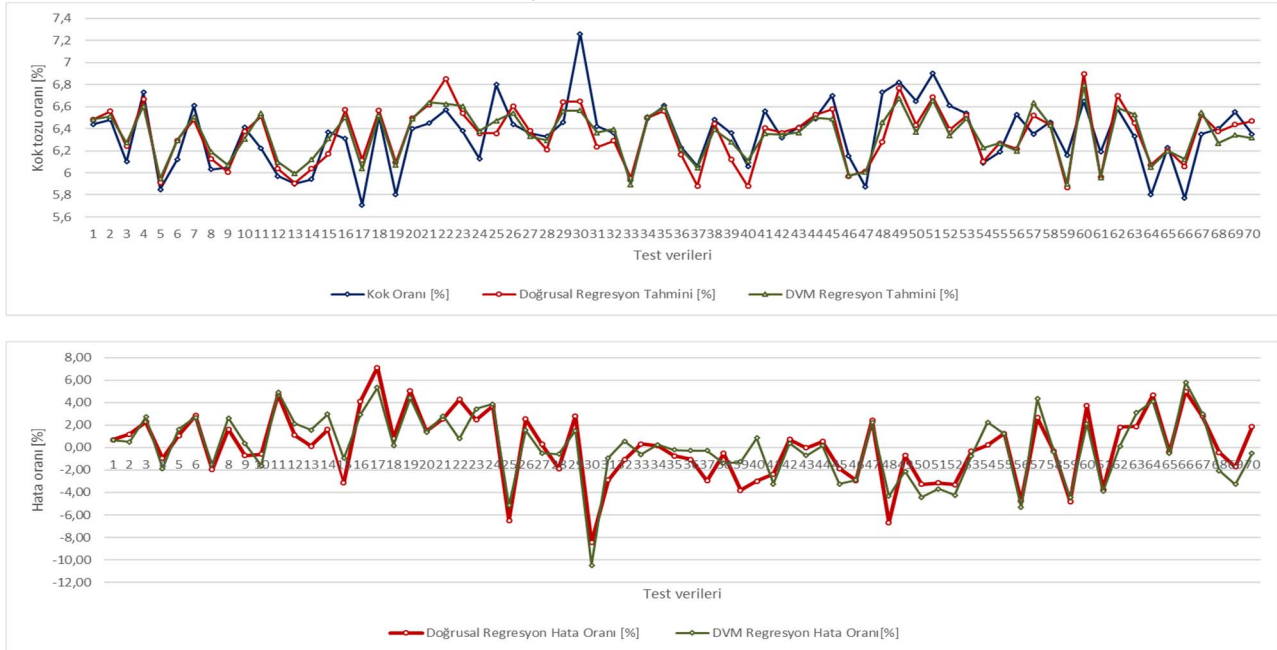
Konu ile ilgili devam eden çalışmamız, geçmiş verilerle eğitilen modelin ürettiği sonucun otomatik olarak sinter dozajlama sistemine gönderilmesi üzerinedir. İsdemir sinter tesislerinde iki yıldır kullanılmakta olan uzman sistem uygulamalarına adapte edilecek olan bu model ile güncel işletme şartlarına göre kullanılması gereken kok tozu oranı hesaplanıp otomatik olarak atanacaktır.

5. Kaynaklar

[1] Goswami, A., Biswal, A K., Selvan, V T. ve Khan, S., "Improvement in Sinter Productivity with Intelligent Mathematical Model Based Control System",

International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 4, Issue 10, October 2015.

- [2] Beşkardeş, A., Kurtuldu, A., Özdemir M. ve Yıldırım, S., "Destek Vektör Makine Sınıflandırıcısı Kullanarak Sinter Makinesi Hız Kontrolü", *Eleco 2014 Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu*, 2014, 393
- [3] Xiang, J., Wu, M., Duan, P., Cao, W. ve He, Y., "Coordinating fuzzy control of the sintering process", *17th IFAC World Congress (IFAC'08) Sheoul, Korea, July 6-11, 2008*
- [4] Gonzalez, D., Duarte, R., Bustinza, I., Mochon, J., Gasca, C. ve Verdeja L., "Optimization of Sinter Plant Operating Conditions Using Advanced Multivariate Statistics: Intelligent Data Processing", *The Minerals, Metals & Materials Society*, 10.1007/s11837-016-2002-2
- [5] Kronberger, T., Schaler, M. ve Schönegger, C., "Latest generation sinter process optimization systems.", *Siemens VAI Metals Technologies GmbH*, 2012
- [6] Beşkardeş, A., Türkoğlu, S. ve Acı, Ç., "Yüksek Fırında Sıcak Metaldeki Silisyum Oranı Tahmini", *24. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*, 2016
- [7] Beşkardeş, A., Özdemir, M. ve Yıldırım, S., "Sinter Makinesinde Isıl Kontrolle Bağlı Hız Kontrolü", *23. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*, 2018
- [8] Vapnik, V., "The Nature of Statistical Learning Theory", SpringerVerlag



Şekil 2: Kok tozu oranı tahmin sonuçları