

ÇİMENTO ENDÜSTRİSİNDE HARMANLAMA PROSESİNİN TANIMLANMASI

Recep KAZAN* ve Recep KILIÇ**

*Yrd. Doç. Dr., SAÜ Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

**Arş. Gör., SAÜ Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

Anahtar Kelimeler: Çimento endüstrisi, Hammadde karışımı, Sistem tanımlama

Özet: Çimento üretim teknolojisinin kuru sisteme yönelmesi, farin hazırlamada kullanılan hammaddelerdeki hızlı ve aşırı kompozisyon dalgalanmalarını işletmelerin önemli bir sorunu haline getirmiştir. Katkı oranının artırılabilmesi için yüksek ve sabit kalitede bir klinker üretimi gerekmektedir. Üretim maliyetini düşürmek için ise kesintisiz ve sabit rejimli döner fırın işletmesine ihtiyaç vardır. Bunların sağlanması ise fırına verilecek hammadde karışım kompozisyonunun ayarlanmış ve sabit olmasına bağlıdır. Bu karışımın ayarlanması için öncelikle bir matematik modelin kurulması gerekmektedir. Bu çalışmada çimento hammadde karışım prosesi ARX(Autoregressive With Control) modeli ile modellenmiş ve sonuçlar grafiksel olarak gösterilmiştir.

I. GİRİŞ

Ülkemizde üretilen çimentonun kalitesi Avrupa ülkeleri ve diğer gelişmiş ülkelerde üretilen çimentonun kalitesiyle kıyaslandığında arada aleyhimize bariz bir farkın olduğu görülmektedir. Yine ülkemizde çimento sektöründe birim üretim başına tüketilen enerji değerleri Avrupa ülkeleri ve diğer gelişmiş ülkelerin değerleriyle kıyaslandığında oldukça yüksektir. Bütün bunların sebebi hammadde karışım parametrelerinin iyi bir şekilde ayarlanamamasından kaynaklanmaktadır. Her çimento fabrikasında verimli ve karlı bir üretimin anahtarı; hammadde karışımı ve fırına homojen bir mal vermede yatmaktadır. Bunu yapabilmek için de hammadde karışımının iyi bir şekilde kontrol edilmesi ve hammaddeyi etkileyen fiziksel parametrelerin iyi bir şekilde ayarlanması gerekir. Bu parametreler birbirlerine bağımlı olup hepsi de fırın rejimini etkilemektedir. Farinin fiziksel parametreleri şu özellikler üzerinde etkili olmaktadır.

- hammaddenin homojenlik derecesi,
- hammaddeyi inceliği,

- farinin homojenliği,

Yapılan bu çalışmada fırına verilen farinin istenilen özellikte olmasını sağlaması açısından önem arz etmektedir. Hammadde karışımının iyi bir şekilde ayarlanması yalnızca üretilen klinker kalitesinin yüksek olmasını sağlamakla kalmaz aynı zamanda fırının stabil çalışmasını da gerçekleştirmektedir. Yine fırına istenilen incelik ve homojenlikte hammadde verilmesi, fırın kapasitesinin ve dolayısıyla ısı verimliliğinin artmasına neden olmaktadır.

II. HAMMADDE KARIŞIM MİKTARININ TAYİNİ

Elde edilecek çimentonun özelliklerini belirli bir sınır içinde tutabilmek için, o ülkenin standartlarını sağlayacak şekilde hammadde karışım miktarı önceden tayin edilir. Bu konuda standartlar tarif edilmiştir.

Silis Modülü (SM)

Silis modülü, farinin fırın içerisindeki durumunu ve klinker kalitesini etkilemesi açısından en önemli parametrelerden biridir. Silikat modülü aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir [1].

$$SM = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} \quad (1)$$

SiO₂ miktarının artması pişirme gücüne, daha fazla yakıt kullanımına, sinterleşmenin güç olması nedeniyle daha yüksek sıcaklıklarda pişirme gereğine neden olur. Silis modülü düşük farinler kolay sinterleşir, kolay ansatz oluşturur ve erken dayanım değerleri veren çabuk sertleşen çimento üretimine uygundur. Silis modülü için ideal bir sayı vermek olanaksızdır, fakat genellikle bu modülün 2.3 - 2.7 arasında bulunması gerektiği söylenebilir [1].

Alüminyum Modülü (AM)

Alüminyum modülünün düşük olması, çimento bileşenlerinin düşük ısılarda oluşmasını sağlar. Bu modülün yüksek olması halinde pişme güçleşir ve yakıt sarfiyatı fazla olur. Alüminyum modülünü veren bağıntı; [1].

$$AM = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \quad (2)$$

şeklindedir. Alüminyum modülü düşük olan hammadde karışımları klinkerleşme ısısını düşürerek daha az yakıt kullanılmasını sağlar. Eğer AM çok düşük ve hammadde karışımında serbest silis de bulunmuyorsa klinkerde topaklanma gözlenir.

Kireç standardı (KS)

Hammadde karışımında bulunan diğer bileşenlere göre CaO miktarının çok dikkatle hesaplanması gerekmektedir. Fırına verilen kireç miktarı yüksek olursa farin çok güç piştiği gibi üretilen çimento da çürük ve kalitesi düşük bir çimento olur ve geç donar. Kireç standardını veren bağıntı;

$$KS = \frac{CaO}{2.8SiO_2 + 1.18Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3} \quad (3)$$

şeklindedir. Kireç standardı yüksek bir farin ancak yüksek ısıda pişebildiğinden üretilen klinkerin serbest kireç miktarı fazla olmaktadır. İyi kalitede bir klinker elde etmek için kireç standardı 0.92 ile 0.96 arasında tutulmalıdır [2].

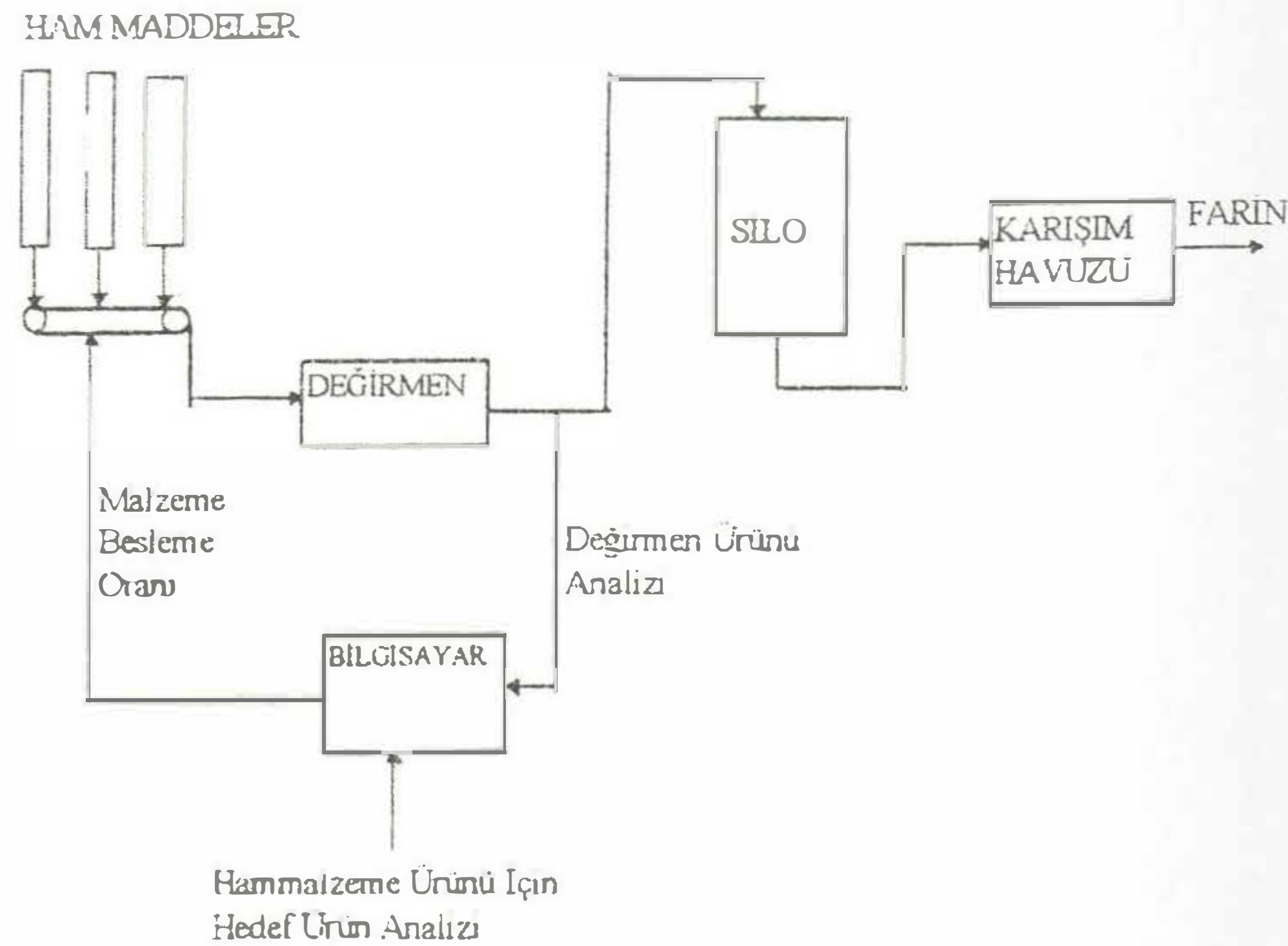
Hammaddelerin Oranlanması

Fırına verilen farinin istenilen özellikte olabilmesi için hammadde karışım oranları aşağıdaki gibi olmalıdır [3].

CaO	% 64.5
SiO ₂	% 23.5
Al ₂ O ₃	% 5.3
Fe ₂ O ₃	% 3.5
MgO	% 2.5
K ₂ O ve Na ₂ O	% 0.5

Hammadde karışımındaki en ufak değişimler bile klinker içersindeki C₂S, C₃S, C₃A ve C₄AF oluşumunu değiştirir. Oranlama probleminin karmaşıklığı kaç çeşit hammadde kullanılacağına, üretim gereksinimlerine ve her malzemenin bileşimindeki farklılıklara bağlıdır. Çoğu çimento fabrikası 3-5 ana hammadde kullanırken, bazıları 8 ile 10 arasında farklı malzeme kullanmayı tercih etmektedir. Örnek olarak verileri incelenen Nuh çimento fabrikasında 3 ana hammadde kullanılmaktadır.

Bunlar: Kil, Kalker ve Demir cevheridir. Hammadde harmanlama sırasında oluşan bileşimdeki değişimler, kuru metotla çalışan Nuh çimento fabrikasında fırına gönderilmeden önce silolarda havalı kompresörler ile homojene edilerek giderilmekte, daha sonra hammadde gama ışınlarıyla analiz yapan GAMMA- MATRICS cihazından hammadde geçirilmektedir. Okunan oksit analiz değerlerinin sonuçları kumanda odasındaki bilgisayara gönderilerek oksit yüzdelerinin istenen değerler arasında olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğer istenilen değerler tutmuyorsa hammadde silolarındaki kantara geri besleme yapılarak istenilen oranlar kestirilmeye çalışılmaktadır. Hammadde karışım prosesinin tipik bir şeması aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 1 Tipik Karışım Analizi

III. SİSTEMİN MATEMATİK MODELİ

Uygulamada sistem (hammadde karışım prosesi) ayrık zamanlı ve çok giriş çok çıkışlı (MIMO) bir model yardımıyla modellenmiştir. Bu amaçla kullanılan lineer ARX modeli;

$$A(z^{-1})Y(t) = Z^{-d}B(z^{-1})U(t) + e(t) \quad (4)$$

şeklindedir.

Burada; Y(t); sistemin çıkışları olan SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve CaO yüzdeleri, U(t); sistemin girişi olan kil, kalker ve demir cevheri yüzdesi, e(t) ; Sıfır ortalamalı beyaz Gaussian gürültü sinyali, d ; Gecikme zamanıdır. A ve B Polinomları geriye doğru kaydırma operatörü z⁻¹ ile gösterilmiştir

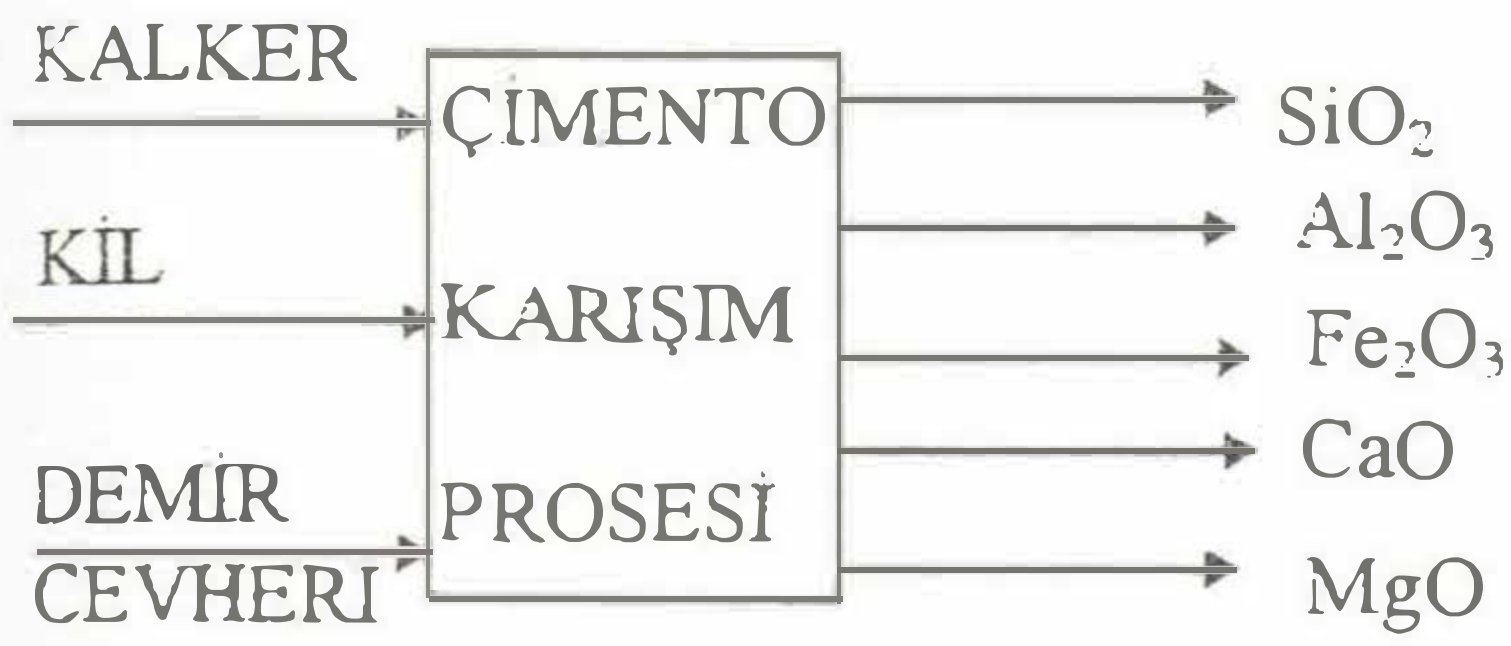
$$\begin{aligned} A(z^{-1}) &= I + (a_1z^{-1} + a_2z^{-2} + \dots + a_nz^{-n}) \\ B(z^{-1}) &= b_0 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2} + \dots + b_mz^{-m} \end{aligned} \quad (5)$$

A ve B polinomlarının mertebeleri sırası ile n ve m dir. Polinom mertebeleri ve gecikme zamanı belirlendikten sonra bilinmeyen parametreler a₁...a_n ve b₀...b_m ardışık

en küçük kareler kestirine algoritmasıyla (RLS) kestirilir [4]. A ve B polinomları için en uygun n ve m mertebeleri simülasyon çalışmaları yardımıyla bulunabilmektedir.

IV.ÇİMENTO HAMMADDE KARIŞIM PROSESİNİN BİR SİSTEM OLARAK TANIMLANMASI

Çimento hammadde karışım prosesinin bir sistem olarak tanımlanması için prosese ait giriş ve çıkış bilgilerinin değerlendirilmesi gerekir. Prosesin giriş ve çıkışlarını aşağıdaki şekilde bir blok diyagramı ile göstermemiz mümkündür [5].



Şekil 2. Prosesin Blok Diyagramı

Şekilde görüldüğü gibi sistemin girişleri kil, kalker ve demir cevheri yüzdeleri, çıkışları silisyum oksit (SiO_2), kalsiyum oksit (CaO), alüminyum oksit (Al_2O_3) ve demir oksit (Fe_2O_3) yüzdeleridir. Sistem tanımlama çalışması çerçevesinde sisteme giriş olarak hammadde karışım yüzdeleri verilmiş ve buna karşılık çimento kalitesinin doğrudan bir kriteri olan farindeki beş ana okside ait karışım yüzdeleri çıkış olarak alınmıştır. Gerekli sayısal değerler Nuh Çimento fabrikasından alınmıştır.

Yapılan çalışmada Matlab (ver. 4.0) paket programı kullanılmıştır. Programda lineer ARX modeli için ardışık en küçük kareler yöntemi ile bir tanımlama yapılmıştır. Sistem mertebeleri ise $n=3$, $m=4$, $d=1$ olarak seçilmiştir.

V.SONUÇ ve ÖNERİLER

Çimento üretimi ve tüketimi, bir ülkenin gelişimini karakterize eden en önemli kriterlerden biridir. Kalkınmanın gerçekleşmesi, üretim artarken kalitenin artması ve iderlerdeki azalma ile mümkündür. Bu, ancak endüstrimizdeki klasik metodların modernleştirilmesi ile mümkün olmaktadır. Çimento prosesinin verimli ve ekonomik hale getirilmesi otomasyon ile sağlanır. Bunu gerçekleştirebilmek için

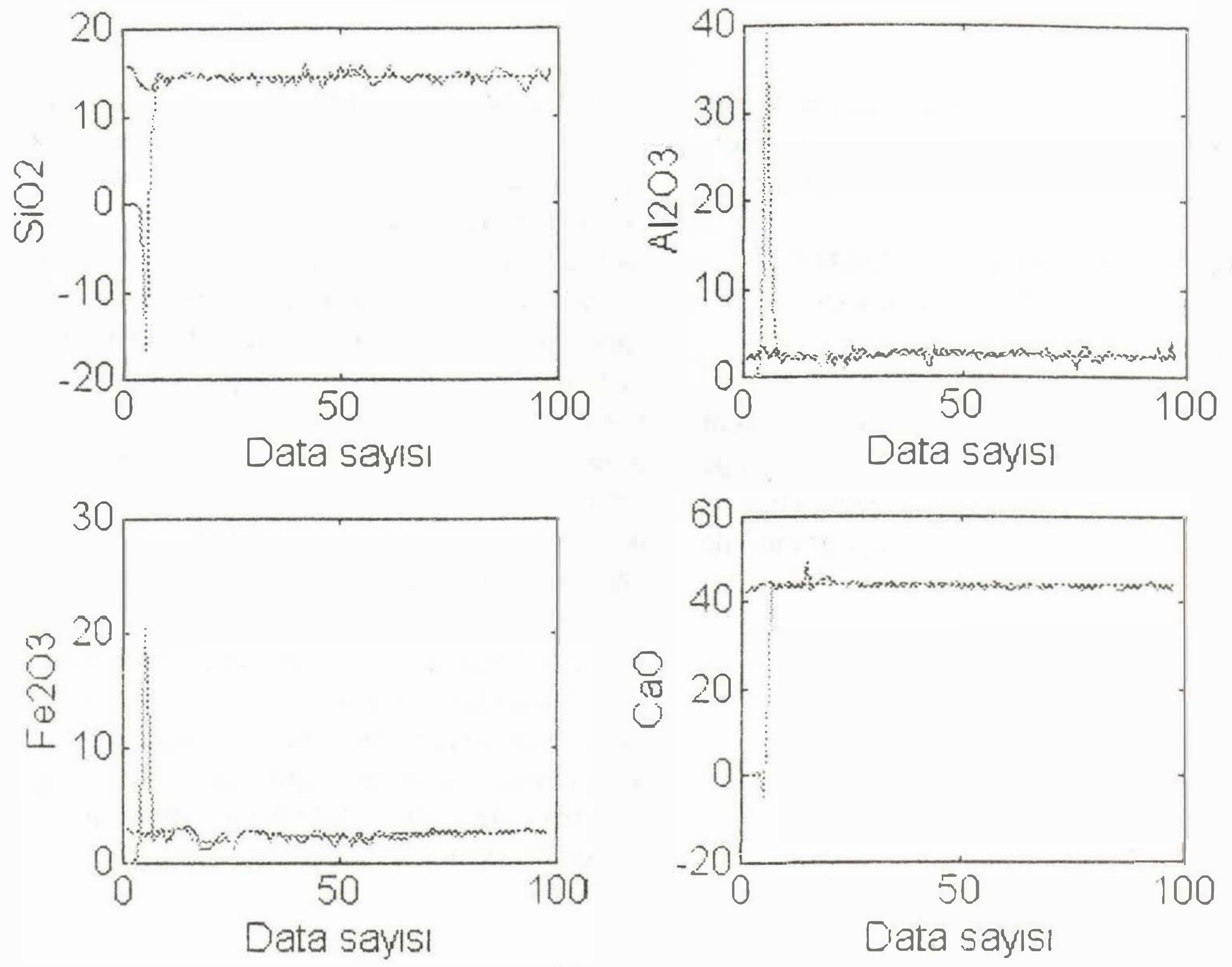
sistemde Adaptif kontrol stratejileri uygulanmalıdır. Bu kontrol sistemlerinin uygulanması için sistemi tanımlamaya ihtiyaç vardır. Sağlıklı bir sistem tanımlama için modelin doğru ve uygun seçilmesi ve kullanılacak algoritmanın uygun olması gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmada fabrikadan alınan değerlere çok yakın bir matematik model kurulmuştur. Kurulan matematiksel modelde giriş olarak 3 hammadde kullanılmış, çıkış olarak ise 4 oksit değeri gözönüne alınmıştır. Gerekirse bu girişler ve çıkışlar artırılabilir. Fabrikadan alınan değerlerle modelden bulunan değerler üst üste çizdirilmiş olup Şekil 3'de gösterilmiştir. Grafiklerden de görüleceği gibi eğriler hemen hemen üst üste çakışmaktadır. Bu da kurulan modelin doğruluk derecesini göstermektedir.

İstenildiği takdirde kurulan matematiksel model gözönüne alınarak bir sonraki çalışma olarak hammadde karışımının kontrolü yapılabilir. Böylelikle kısmi bir bölgede de olsa fabrikada otomasyona geçilmiş olunabilecektir.

KAYNAKLAR

1. GOUDA, R., "Raw Material Blending", World Cement Technology, Vol 10, Num. 9, 1979
2. SWAIN, A.K., "Material Mix Control in Cement Plant Automation", IEEE Control System, August 1995
3. KAISER, A., V., "Computer control in the cement Industry", Proceedings of the IEEE, vol. 58, No 1, pp. 70-77, 1970
4. HUBBARD, M. and DASILVA, T., "Estimation of Feedstream Concentrations in Cement Raw Material Blending", Automatica, vol. 18, No. 5, pp. 595-606, 1982
5. GENCER, A.S., "Çimento Hammadde Prosesinde Sistem Tanımlama", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Makina Fakültesi



Şekil 3. Nuh Çimento Fabrikasından deneysel olarak alınan oksit değerleri ile gerçekleştirilen matematik model yardımıyla elde edilen oksit değerlerinin karşılaştırmalı gösterimi