

# BİR PETROL RAFİNERİSİ (TÜPRAŞ) AKIŞKAN YATAKLI KATALİTİK PARÇALAMA ÜNİTESİNİN (FCCU) BULANIK MODELLEME UYGULAMASI

**Mithat ZEYDAN**

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri

Geliş Tarihi : 02.12.2002

## ÖZET

Bu çalışmada, petrokimya sanayinin en önemli parçası olan rafineri sistemi içinde bulunan FCC ünitesinin bulanık modellemesi yapılmıştır. FCC ünitesi, rafineri sistemi içinde bulunan en önemli birimdir. Bunun sebebi, çok girdili ve çok çıktılı yüksek derecede lineer olmayan, iç geri beslemeli, değişkenlerin arasında güçlü ilişkileri olan, zamanla değişen, dağılmış parametrelili ve doğasında önemli derecede belirsiz davranışlara sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Matematiksel modeller bu sistemi eksik tanımlamaktadır. Bundan dolayı, FCC ünitesi, bulanık mantığın konusu olabilecek özelliklere sahip bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler** : Bulanık modelleme, Akışkan yataklı katalitik parçalama (FCC), Bulanık gruplama, Endüstriyel proses

## FUZZY MODELING APPLICATION OF FLUID CATALYTIC CRACKING UNIT (FCCU) OF A PETROLEUM REFINERY (TÜPRAŞ)

### ABSTRACT

In this study, fuzzy modeling of FCCU in the refinery system as the most important part of Petrochemical Industry was carried out. FCCU is the most important unit in the refinery system as it is a highly nonlinear system with MIMO (Multi input-multi output), internal feedback, strongly coupling, time-varying, distributed parameter, significantly uncertain behaviours in nature. Mathematical Models is not enough to identify this system. On the occasion of this, FCCU has a characteristic specifications as a subject of Fuzzy Logic.

**Key Words** : Fuzzy modeling, Fluid catalytic cracking (FCC), Fuzzy clustering, Industrial process

### 1. GİRİŞ

Yapılan çalışmanın amacı, çok değişkenli, doğrusal olmayan kimyasal prosesin tipik örneği olan FCC ünitesinin, bulanık sistem tanıma algoritması kullanılarak, sistemin bulanık modellemesini oluşturmak suretiyle gerçek modele uygunluğunu araştırmaktır. Bulanık çıkarım ile sistemin çıktı değişkeni olan benzinin oktan-varil hesabı baz alınmıştır. Kimyasal prosesler çoğunlukla çok

değişkenli (çok girdili ve çok çıktılı), kompleks ve doğrusal olmayan özelliğe sahip sistemlerdir. Klasik kontrolör (P, PI, PID kontrolör), tek değişkenli bir sistemde başarıyla kullanılmasına rağmen, çok değişkenli kontrol sistemlerinin tasarımında tamamıyla tatmin edici bir metod olmamakta ve sistemin bu çok değişkenli özelliği, kontrol probleminde en temel zorluklardan birisini meydana getirmektedir. Kimyasal proseslerde, nihai hedef, sadece proses değişkenlerinin ayarlanması değil, aynı zamanda maksimum kârı da realize etmektir.

Bundan dolayı, bozunma durumunda bir kontrol sisteminin önemi, bu bozunmanın ortadan kaldırılması veya önlenmesi olmaktadır.

Petrokimya sanayii, 1913'te, hampetrol arıtma yöntemi olan ısıl kraking (parçalanma) işleminin geliştirilmesiyle güçlenmeye başladı. Bu işlemle elde edilen gaz haldeki yan ürünler önceleri aydınlatma amacıyla ve yakıt olarak kullanılırken, 1920'lerde ve 1930'larda bu ürünlerin pek çok alanda hammadde oluşturacak değerli birer kaynak oldukları anlaşıldı. 1937'de katalitik parçalanma işleminin bulunması ve doğalgaz kaynaklarının artması petrokimya sanayinin daha da gelişmesine yol açtı. İlk ticari FCCU, ikinci dünya savaşı ile birlikte A.B.D hükümeti'nin yüksek oktanlı benzin talebini karşılamak için ihtiyaç duyulan alkalit şarjlarının teknolojik gelişimiyle başlamıştır. Savaş sonrası, bu değişimin devamı, "Orijinal Katalist Araştırma Birliği Konsorsiyumu" üyelerinin ticari lisans faaliyetleri sonucu hız kazanmıştır (Reichle, 1992).

Kimyasal proses endüstrisinin girdisi olan petrolün damıtılarak çeşitli ürünlere ayrıştırılması rafinerinin en önemli bölümü olan FCC'de gerçekleşmektedir. Bu açıdan bakıldığında FCC ünitesi sanayii için büyük önem arz etmektedir. Bu birimin daha sağlıklı işleyebilmesi rafineri sisteminin kısmi ve global anlamda, bilgisayarla etkin denetimine bağlıdır.

FCC prosesine ait bir çok makale, matematiksel modelleme ve simülasyon, durağanlık, optimizasyon ve optimal kontrolün çeşitli yönlerini ele almaktadır. Bir sistemin, dinamiği, kontrolü ve optimizasyonunun araştırılması başlangıçta bir modeli gerektirmekte ve FCC makalelerinin çoğunun konusu olmaktadır. Bazı makalelerde, bütünlük reaktör ve rejenaratör modelleri incelenmekte; (Luyben and Lamb, 1963; Kurihara, 1967; Iscol, 1970; Lee and Kugelman, 1973; Seko et al., 1978; Lee and Groves, 1985; McGreavy and Isles-Smith, 1986; Bozicevic and Lukect, 1987; Zhao and Lu, 1988; Felipe and Richard, 1991; Arandes and de Lasa, 1992; Elnashaie and Elshinine 1979, 1990, 1993; McFarlane et al., 1993; Zheng, 1994) bazılarında sadece rejenaratör modelleri irdelenmekte; (Ford et al., 1976; Errazu et al., 1979; De Lasa et al., 1981; Guigon and Large, 1984; Krishna and Parkin, 1985; Lee et al. 1989b). Diğer bazılarında da reaktör veya parçalanma modelleri üzerinde durulmaktadır; (Weekman and Nace, 1970; Paraskos et al., 1976; Jacob et al., 1976; Shah et al., 1977; Takatsuka et al., 1987; Lee et al., 1989; Larocca et al., 1990; Shnaider and Shnaider, 1990; Farag et al., 1993).

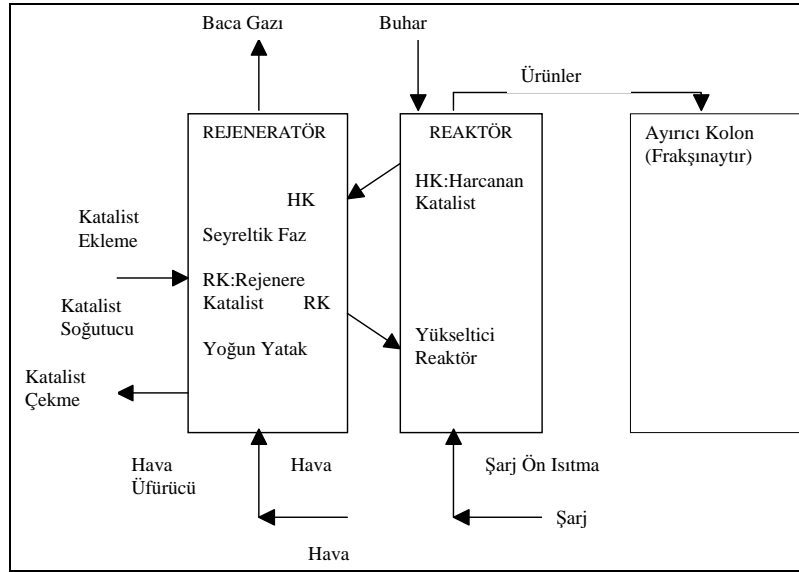
## 2. AKIŞKAN YATAKLI KATALİTİK PARÇALAMA (FCC) ÜNİTESİ

Dünya çapında FCC, modern rafinerinin en önemli bölümlerinden birisidir. Fonksiyonu, ağır hidrokarbon petrol fraksiyonlarını benzin, orta damıtıklar ve hafif olefinler gibi daha faydalı ürünlere dönüştürmektir. İlk ticarileşmesi, yaklaşık altmış yıl önce başlamış olup hala geliştirilmeye devam etmektedir. Beslemelerin ve ürün ihtiyaçlarının değişmesinin yanında teknolojideki ilerlemeler bu gelişmeyi sürdürmeye devam etmektedir. Herhangi bir kompleks sistemin kontrol ve optimizasyon çalışmasına başlamadan önce, uygun bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde, FCC ile ilgili modelleme, kontrol ve optimizasyon üzerine yapılmış bir çok çalışma bulunmaktadır

Ünite donatımının en önemli kısmını, katalitik olarak hidrokarbonların işlem gördüğü reaktör ve reaktörün yanında katalizörün kazanılıp, tekrar kullanımını sağlayan rejenaratör oluşturmaktadır. Ayrıca hidrokarbonların parçalanması neticesi oluşan ürünlerin ayrışmasını sağlayan ayrıştırma kolonu (fractionator) mevcuttur. Ünitenin başlıca ürünlerini gaz ürünler, olefinler, benzin, ince yağlar ve kok oluşturur. Reaktör, sıcak katalistin şarj ile biraraya getirildiği yer olup, Rejenaratör ise, harcanan katalistin parçalanma esnasında, biriken kokun yanmasıyla tekrar üretildiği kısımdır. Rejenaratörden gelen katalistin sıcaklığını, yanma ısıyı artırır. Dönüşte bu sıcak katalist, parçalanma reaksiyonunun ısısının yanında, beslemeyi ısıtma ve buharlaştırma için ihtiyaç duyulan ısıyı sağlar. Ürün buharı; ürünlerin fraksiyonlarına ayrışması için ürünleri damıtma kolonuna gönderir. Tasarımlar arasındaki temel fark reaktörde kontrol edilen katalist çevrimidir. Şekil 1'de bir FCC tasarımı görülmektedir.

## 3. BULANIK MODELLEME ALGORİTMASI (SİSTEM TANIMLAMA) VE UYGULAMA

Bir sistemin kontrol edilerek istenen kontrol davranışlarını göstermesinin sağlanması o sistemin analitik olarak tanımlanmasını gerektirmektedir. Fakat karmaşık sistemler bilinen ve bilinmeyen bir çok olay içerdiklerinden analitik metotlar ile kolayca modellenmeleri mümkün değildir. Karmaşık bir sistemde doğrusal olmayan etmenlerin tamamı tanımlanarak, sistemin modeli oluşturulsa dahi, model çok karmaşık olacak ve gerçek zamanlı.

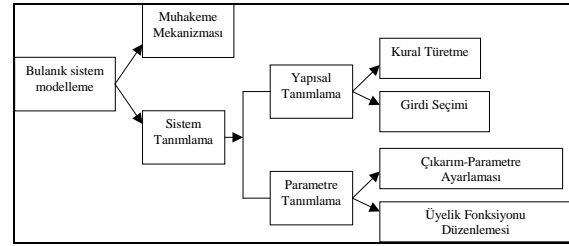


Şekil 1. FCC tasarımı

kontrol uygulamalarında kullanılmayacaktır. Analitik kontrol algoritmaları çok fazla miktarda bilgi gerektirirler, Dolayısıyla gerçek zamanlı kontrol uygulamaları için uygun değildirler ve zeki bir davranışı gerçekleştirmezler. Karmaşık bir çok proses herhangi bir analitik modele ihtiyaç duyulmadan insanlar tarafından kontrol edilebilmektedir. Bulanık sistem modelleme için sistem tanımlama prosedürü yapısal tanımlama ve parametre tanımlama olmak üzere 2 şekilde yapılabilmektedir. Yapısal tanımlama iki adımda gerçekleştirilmektedir. (i)Girdi değişkenleri aday girdi verileri arasında tanımlanmakta (ii)Girdi-çıkı ilişkileri (eğer-ise kuralları) tanımlanmaktadır. Bulanık gruplama, bulanık modelleme içerisinde objektif kural türetmenin sezgisel bir yaklaşımı olarak gözönüne alınmaktadır. Kısaca modelin gösterimi Şekil 2'de gösterilen adımları içermektedir. Bu yaklaşım ile birlikte bulanık C-means kümeleme algoritması da kullanılarak, grupların bulanıklık düzeyleri ve sayısının optimal olarak belirlenmesi sağlanmaktadır (Emami et al., 1996b) Modellenek sistem girdi-çıkı değişkenlerinin tam olarak belirlenmesi gerekir. Bu durum diğer bütün sistem modelleme problemleri için de geçerli olmaktadır. Gruplama teknikleri bulanık modellemede sistem düzeyini tanıtmada kullanılmaktadır. Bu teknikler oldukça sezgisel yaklaşımlara dayanmakta, dolayısıyla gruplama tekniklerinin uymayacağı bir veri kümesi yok gibidir (Bernard, 1988).

Ayrıca, sistem operatörü ile yapılan mülakatlar ve iteratür çalışmaları, sisteme etki eden parametrelerin optimal olarak belirlenmesini sağlamıştır.

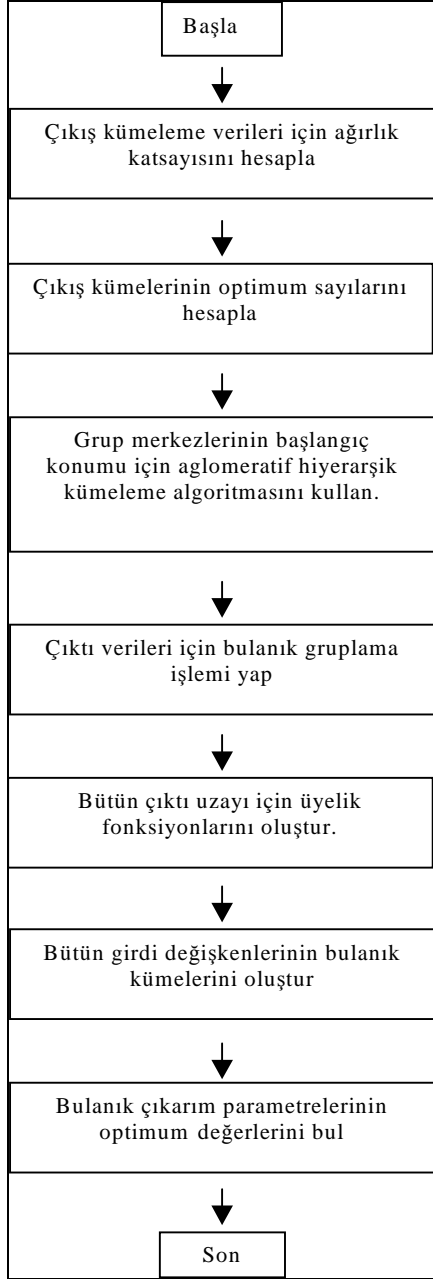
Dolayısıyla girdi parametrelerinin seçimi esnasında herhangi bir eliminasyona gidilmemiştir.



Şekil 2. Bulanık sistem modelleme akış diyagramı (Emami et al., 1996b)

Bu çalışmada çok girdisi ve çok çıktısı bulunan FCC sisteminin durum değişkenleri ve kontrol değişkenleri belirlenerek, bu değişkenlerden prosesin bulanık bir modeli ortaya çıkarılmıştır. Kullanılan algoritmalarla amaçlanan, bulanık modellemede sezgisel yaklaşımlar yerine analitik yaklaşımlar kullanarak, sistemin bulanık modelini oluşturmak ve kontrol kurallarının türetilmesini sağlamaktır. Bulanık modelin oluşturulması bir çok evreyi gerektirmektedir. Bunların en önemlilerinden biri muhakeme mekanizmasıdır. Bu mekanizma bilginin bulanık modelde işlenerek kural haline getirilmesidir. Günümüzde kullanılan bulanık modelleme metotlarında, sezgisel metotlar kullanılmaktadır. Model için gerekli adımlar Şekil 3'de verilmiştir. Eğer bir prosesin bulanık modeli biliniyor ise, bulanık kontrolörler daha karmaşık metotlar ile tasarlanabilir. Kontrol teorisinde de aynı yöntem uygulanmaktadır. Proses modeli ile kastedilen girdi, durum değişkenleri ve çıktılardan sağlanan bulanık kurallar kullanılarak belirlenen

bulanık davranışlar kümesi ile bir prosesin özelliklerinin ifade edilmesidir.



Şekil 3. Bulanık sistem modelleme algoritması (Emami et al., 1996a)

### 3. 1. Tüpraş Rafinerisindeki Proses Değişkenleri

FCCU kuruluş amacı, ham petrol ünitesinin vakum kolonu orta ürünü olan ağır vakumlu şarj'ı (HVGO) kullanım değeri daha yüksek olan ürünlere dönüştürmektir. Tasarım kapasitesi, 2200 m<sup>3</sup>/gün çalıştırılmaktadır. Şarj özellikleri, 20-25 API, % 0.05-0.3 Konradson Karbondur. Rafinerinin FCC ünitesinde kullanılacak değişkenler şunlardır;

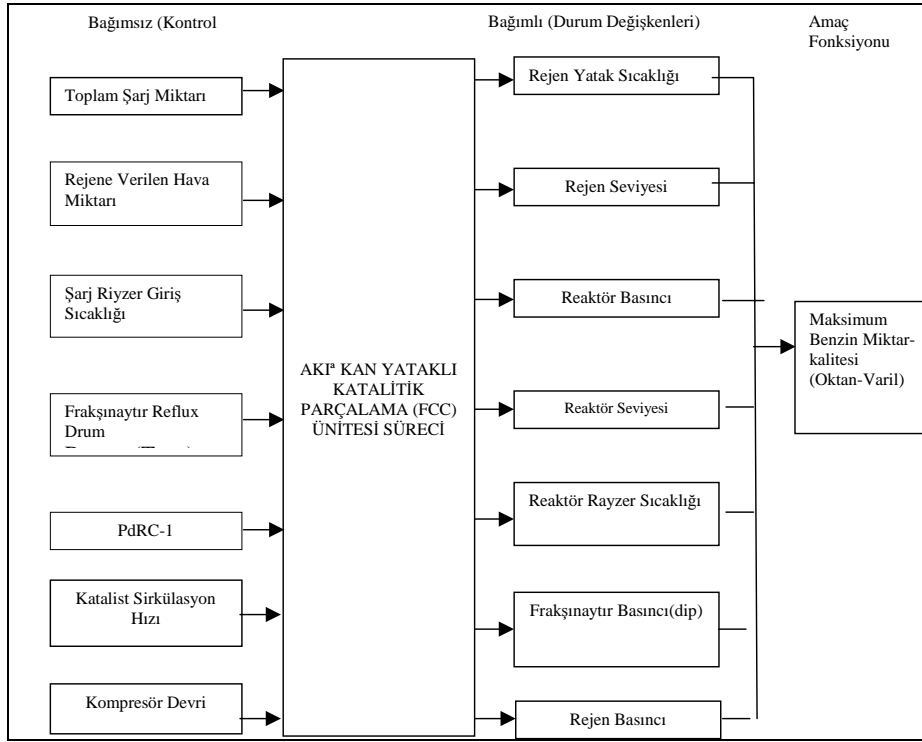
Geri kazanım (rejen) seviyesi, rejen yatak sıcaklığı, rejen orta sıcaklığı, rejen baca sıcaklığı, rejen basıncı, reaktör basıncı, reaktör seviyesi, yükseltici (rayzer) sıcaklığı, ayırma kolonu (frakşınaytır) dip basıncı, frakşınaytır seviyesi, frakşınaytır tepe (reflux) dram basıncı, rejen-reaktör basınç diferansiyeli (PdRC-1), şarjın rayzere giriş sıcaklığı, rejene verilen hava miktarı, katalist sirkülasyon miktarı, dip ürün (slurry) miktarı, kompresör devri, toplam şarj miktarı.

Süreç (Proses) mühendisiyle yapılan karşılıklı mülakat neticesinde; geri kazanım (rejen) yatak sıcaklığının rejen orta sıcaklığı ve rejen baca sıcaklığının bir göstergesi olması sebebiyle bu değişkenler elimine edilmiştir. Dip ürün (slurry) miktarının etkisinin sistemde ihmal edilebilir düzeyde olması bu değişkeni de göz ardı etmemizi gerektirmektedir. Daha önceden de söylendiği gibi, FCC ünitesi doğrusal olmayan, kompleks ve değişkenleri arasında karşılıklı ilişkileri olan bir sistemdir. Bundan dolayı şarj API, viskozite, şarj UOP K faktörü, konradson karbon, CO<sub>2</sub>/CO, LECO karbon (%) tanımları da sistemde bozucu girdi değişkenleri olarak alınmıştır. Bu son sayılan bozucu değişkenler, şarj ve katalistin özelliklerine bağlı olarak tanımlanan değişkenlerdir. Dolaylı veya direkt olarak sisteme etki ederler. Tanımlanan değişkenler Oktan-varil miktarının (Benzinin hem kalite hem de kantite açısından miktarını göstermektedir) maksimize edilmesine bağlıdır. Rafineri FCC ünitesinin durum ve kontrol değişkenleri Şekil 4'de gösterilmektedir.

FCC prosesi, rafineri karlılığında önemli bir faktördür ve günümüzde gittikçe önemi artan bir prostestir. Değişen talepleri karşılama kabiliyetinden dolayı neredeyse 60 yıldır en karlı ve esnek rafineri prosesi olmaktadır. FCC, şarjı çok esnek olan ve sürekli değişen bir yapıya sahiptir ve gerçekten esnek ve müstesna bir teknolojidir (Venuto and Habib, 1979). FCC ünitesinde, ne kadar çok benzin dönüşümü gerçekleşmişse o kadar verimli çalışmanın gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Daha da önemlisi teknik servisler müdürlüğünün FCC ünitesi verimli çalışmasını gösteren oktan-varil hesabı olmaktadır.

$$\text{Oktan-Varil} = \frac{\text{Dönüştürülmüş benzin}}{0.159 * \text{Oktan Sayısı}}$$

Çünkü, sadece benzin dönüşümünün çok olması yetmemekte bunun yanında oktan sayısının da yüksek olması kalite açısından gerekmektedir. Bu kriter baz alınarak ünitenin verimliliği ölçülmektedir (Zeydan, 1999).



Şekil 4. FCC ünitesinin değişkenleri

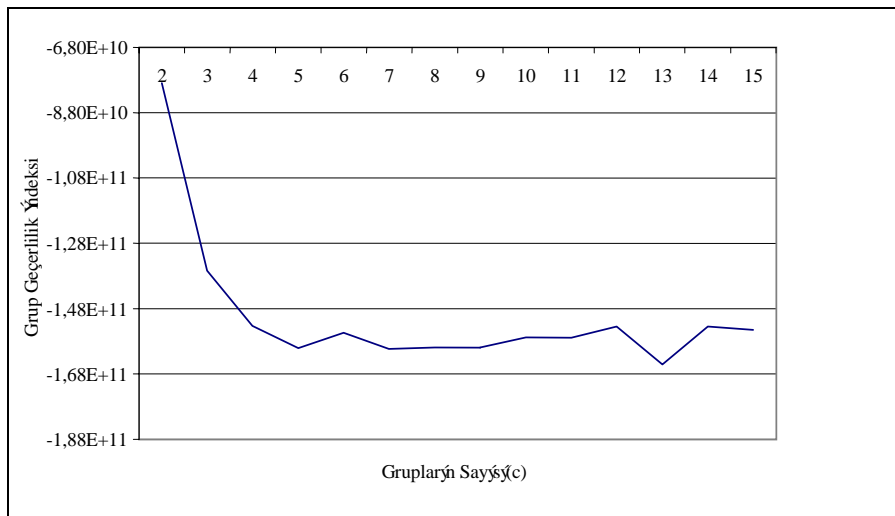
### 3. 2. Bulanık Gruplama Algoritmasının Uygulaması

#### 3. 2. 1. Bulanık Gruplama

Bu adımda, rafineriden elde edilen 119 veri 137 iterasyonda bulanık gruplama algoritmasına göre Şekil 3'de gösterildiği gibi gruplandırılmış ve grup sayısı 13 olarak bulunmuştur. Algoritmanın durabilmesi için verilen hata değeri  $10^{-6}$  alınarak bulanık grup sayısının tespiti hassaslaştırılmıştır.

#### 3. 2. 2. Grup Geçerliliği ve Grup Sayılarının Belirlenmesi

Bu adımda, gruplar arası bulanık dağıtım matrisi ve gruplar içi bulanık dağıtım matrisi bulunmuştur. Buradan grup geçerliliği indeksine ( $S_{cs}$ ) göre Şekil 5'te görüldüğü gibi grup sayısı tespit edilmektedir.  $S_{cs}$ 'ye karşılık gelen minimum değer grup sayısını vermektedir. Bu da 13 grup olarak elde edilmiştir.

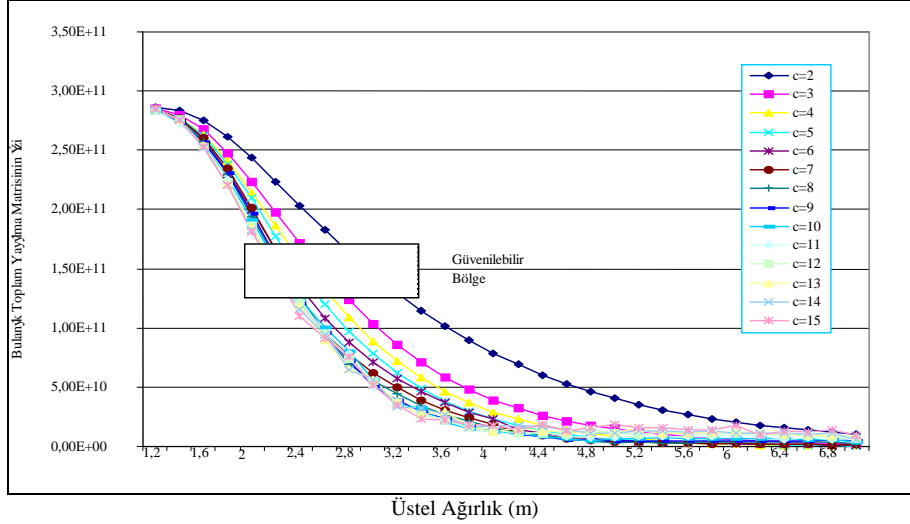


Şekil 5. Gruplara karşılık gelen grup geçerlilik indeksi  $S_{cs}$

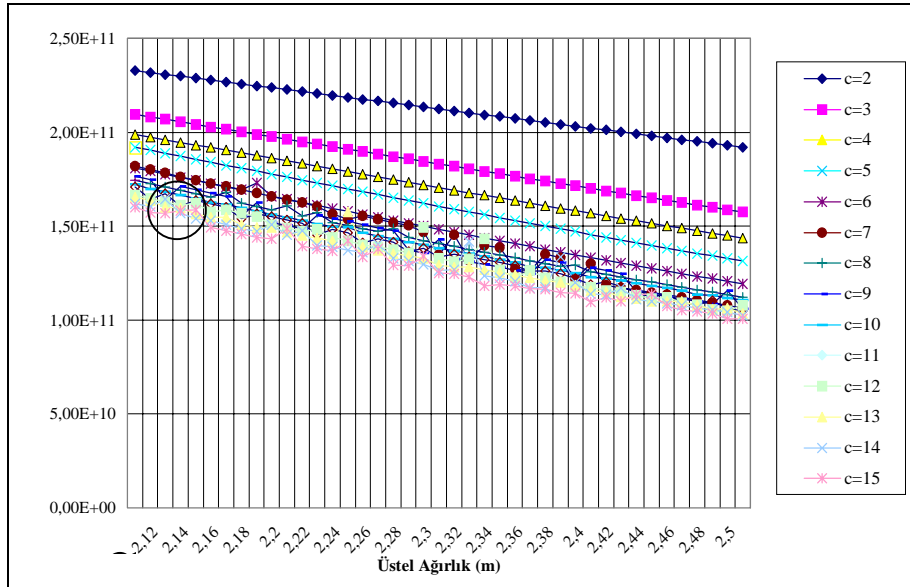
### 3. 2. 3. Üstel Ağırlığın Belirlenmesi

$m$  değeri 1 ile sonsuz arasında bir değerdir. Buna göre 1.2'den başlatarak 7'ye kadar 0.2'lik adımlarla  $m$ 'yi çoğaltırken eş zamanlı olarak grup sayısı olan  $c$ 'yi de 2'den başlatarak 15'e kadar bulanık toplam yayılma matrisinin izini hesaplıyoruz. Burada  $m$  değeri Şekil 6'dan da görüldüğü gibi 2.1 ile 2.5 arasında bir değer çıkmaktadır.  $m$  değerinin

öneminden dolayı daha hassas bir değer bulabilmek için bu defa  $m$ 'yi 2.1'den 2.5'e kadar 0.01 lik adımlarla bu arada eş zamanlı olarak  $c$ 'yi de 2'den 15'e kadar artırarak yine  $m$  değeri bulunmaya çalışılmıştır. Burada  $K = 300000$  bulunmuştur. Buradan güvenilir bölge 150000 ( $K$  değerinin yarısına karşılık gelmektedir). Şekil 7'den görüldüğü gibi  $m = 2.15$  olarak bulunmuştur.



Şekil 6. Üstel ağırlığın belirlenmesi



Şekil 7. Üstel ağırlığın hassas belirlenmesi

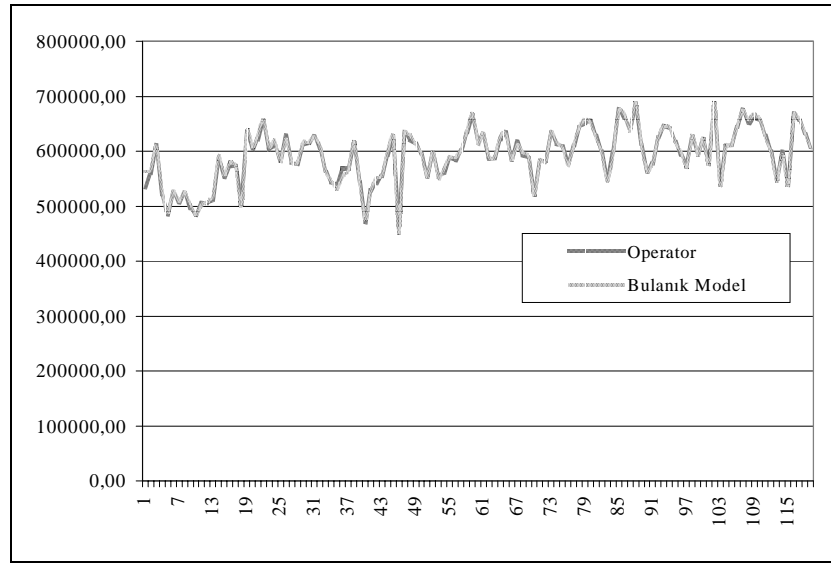
### 3. 2. 4. Grup Merkezlerinin Başlangıç Konumlarının Tespiti

Bu aşamada, grup merkezlerinin başlangıç konumlarının tespiti için agglomeratif hiyerarşik

gruplama yaklaşımı kullanılmıştır. Ardından üyelik fonksiyonları oluşturularak sınıflandırılmıştır. Algoritmada komşuluk sayısı 5 alınmıştır. Bulunan 45 etiketlenmemiş veri içerisinde tek tek her bir komşulukta bulunan verilerin diğer verilere

uzaklıkları hesaplanmıştır. Her bir gruba ait x verilerinin üyelik dereceleri hesaplanmıştır Böylece 45 verinin gruplar içinde sınıflandırılması sağlanmıştır. Girdi seçimi ve girdi üyelikleri atanmıştır. Son olarak, elde edilen kurallar, MATLAB toolbox olan bulanık çıkarım mekanizması (FIS) kullanılarak Mamdani tipi bir bulanık çıkarım sistemi oluşturularak sistem analiz edilmiştir. Bulanık çıkarım sisteminin yapılabilmesi için kullanılan kurallar, FCC ünitesinin gerçek verileri girilerek bulanık C-means algoritması modele uygulanmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Bu

kurallar sistem değişkenlerinin alabileceği sınır değerler arasında değerler alabilmektedir. Dolayısıyla bu sınır değerler arasında alınacak herhangi bir giriş değeri için bulanık bir değer bulunması mümkündür. Ayrıca yapılan çalışma sonucunda, benzinin oktan-varil miktarına dayalı bulanık model çıktı kontrol değişkenleri ile gerçek sistemden elde edilen değerler saptanarak Şekil 8'de gösterilmiştir. Bu çalışmada durulama metodu olarak, maksimumların ortalaması tekniği kullanılmıştır.



Şekil 8. Gerçek sistem ile bulanık sistem benzin oktan-varil çıktıları

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Temel olarak, operatörün sistemden elde ettiği çıktılarla, bulanık modelleme sonucu elde edilen çıktılar kıyaslanarak modelin doğruluğu analiz edilmiştir.
- İncelediğimiz FCC ünitesi için 1967-1997 yılları arasında yapılan modellemeye yönelik çalışmalar değerlendirilmiş bu çalışmalar esnasında modelleme çalışmasının sadece reaktör veya rejeneratör ya da reaktör-rejeneratör ikilisi ele alınarak yapıldığı görülmüştür. FCC UOP tasarımı, reaktör, rejeneratör ve Frakşınaytır kısmından meydana gelmekte ve değişkenlerinin birbirlerinin davranışından son derece hızlı veya yavaş etkilendiği, lineer olmayan bir sistemdir. Bu 3 birim FCC'yi meydana getirmektedir. Üniteye sistemin bir parçası olan Ayırıcı kolon(frakşınaytır) da eklenerek sistemin bulanık modellemesi yapılmıştır. Elde

edilen sonuçların, sistemin gerçek modeline çok yakın olduğu ortaya çıkmıştır.

- Bulanık sistem modellemeye sistemin tanımlanması en önemli unsurdur. Bu aşama ise, yapısal tanımlama ile oluşturulmaktadır. Böylece FCC ünitesinin girdi değişkenleri belirlenmiş ve girdi-çıkıtı değişkenlerinin ilişkileri tam olarak tespit edilmiştir. Bulanık modellemedeki ana işlemlerden biri çıkarım mekanizmasıdır. Çıkarım sistemi “bulanık muhakeme ve bulanık eğer ise“ kurallarına dayanan bir metottur. Bulanık çıkarım sistemi yoğun olarak kontrol amaçlı kullanılmaktadır. Bulanık çıkarımın temel yapısı olan;

1. Bulanık kuralların seçilmesi
2. Bulanık kuralların üyelik fonksiyonlarının seçilmesi
3. Çıkarım prosedürü oluşturulması adımları gerçekleştirilmiştir. Bulanık kurallar ve tanımlanan üyelik fonksiyonlarına göre

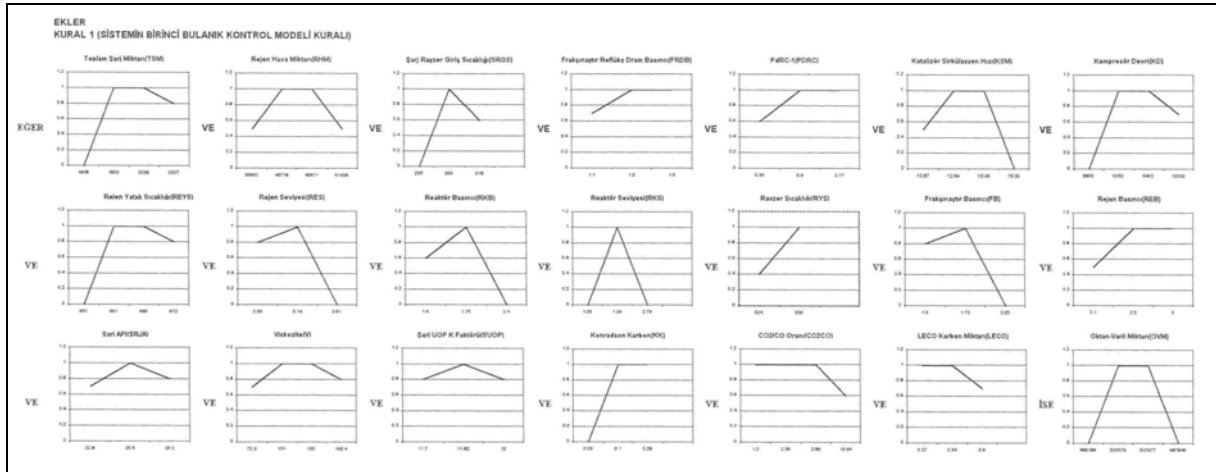
çıkarm prosedürü mantıklı sonuçlar üretmektedir.

- Bu çalışmada, bulanık çıkarımda mamdani çıkarım modeli kullanılmıştır. Bulanık modelleme ile oluşturulan kurallardan bir tanesi (sistemin birinci bulanık kontrol modeli kuralı) Ekler'de gösterilmiştir. Oluşturulan bulanık modele kesin değerler verilmiş ve 13 kuralında çalıştığı ve sonuçlar ürettiği görülmüştür. Gerçek sistemden elde edilen benzin oktan-varil miktarı ile bulanık modelden elde edilen oktan-varil miktarı karşılaştırılmış ve bulanık modelden elde edilen çıktuların gerçek sisteme çok yakın olduğu görülmüştür. Bu da bulanık kontrol için sistemin bulanık modelinin kullanılabilirliğini göstermektedir.
- Bulanık sistemin tanımlanması için toplam 119 veri kullanılmıştır. Modeldeki ufak sapmaların sebebi, verilerin yeterli olmamasından veya değişken üyeliklerinin ayarlanmasından dolayı yapılamamasından kaynaklanabilmektedir. Veri sayısının çok olması modeli daha güvenilir hale getirebilecektir.
- Üyelik fonksiyonlarının ayarlanması aşamasında sezgisel yöntemlerin yanında istatistiksel (en küçük kareler metodu gibi) sayısal analiz yöntemleri gerçeğe daha yakın olabileceği için geliştirilebilir.

Bu çalışmada kural sayısının optimal olarak belirlenebilmesi için bulanık C-Means algoritması kullanılmıştır. Bu algoritmanın kullanımı sırasında karşılaşılan problemleri çözebilmek için kesin teorik temele dayalı algoritmaların bulunması düşünülmelidir.

- Yukarıdaki değişkenlerin ele alınarak sistemi modellemek için kurallarının tek tek türetilmesi durumunda 20000'in üzerinde kural meydana gelmektedir. Yani hem zaman, hem maliyet hem de gerçek zamanlı kontrolün yapılabilmesi için sistemin modellenmesi çok zorlaşmaktadır. Bulanık gruplama algoritmasıyla en baskın olan girdilerin kuralları ortaya konmuş ve sistemin kontrol edilebilmesi için büyük kolaylıklar sağlamıştır.
- Bulanık C-Means gruplama algoritmasında karşılaşılan problemlerden birisi de bu algoritmanın kısmi optimaliteyi veya lokal minimum noktaları yakalamasıdır. Bu nedenle, başlangıçta farklı bulanık grup merkezlerinin seçilmesi farklı optimal sonuçlar doğuracaktır. Bu çalışmada bu problem aglomeratif hiyerarşik gruplama algoritması ile çözümlenmiştir.
- Bulanık mantık modelleme ve kontrol, genelde sezgisel yaklaşımlara dayanmaktadır. Bu çalışmada, sistemin bulanık mantık modelleme çalışmasına sistematik bir yaklaşım getirilmiştir

## 5. EKLER



## 6. TEŞEKKÜR

Yaptığım çalışmanın uygulamaya yönelik kısmında bana bütün imkanları sağlayan, gösterdikleri yakın

ilgiden ve çok istifade ettiğim fikirlerinden dolayı TÜPRAŞ yöneticilerine ve personeline, ayrıca teknik servisler müdürlüğünden Aylin Kurt ve Yeşim Köprülüye, FCC ünitesi proses müdürü Serdar Kemalöğluna teşekkürlerimi sunarım.



## 7. KAYNAKLAR

- Arandes, J.M., De-Lasa, H.I. 1992. Simulation and Multiplicity of Steady States in FCCUs. *Chem.Eng.Sci.*, 47, 2535-2540.
- Bernard, J. A. 1988. "Use of Rule Based System for Process Control ",*IEEE Control System Magazine*, Vol. 8, No.5, pp. 3-13.
- Bozicevic, J., Lukec, D. 1987. Dynamic Mathematical Model of The Fluid Catalytic Cracking Process, *Trans. Inst. Meas. Control (London)*, 9(1), 8-12.
- De-Lasa, H.I., Errazu, A., Barreiro, E., Solioz, S. 1981. Analysis of Fluidized Bed Catalytic Cracking Regenerator Models in An industrial Scale Unit, *Can J. Chem. Eng.*, 59, 549-553.
- Elnashaie, S.S.E.H., El-Hennawi, I. M. 1979. Multiplicity of The Steady-State in Fluidized Bed Reactors-IV. Fluid Catalytic Cracking (FCC), *Chem.Eng. Sci.*, 34, 1113-1121.
- Elshishini, S. S, Elnashaie, S.S.E.H. 1990. Digital Simulation of Industrial Fluid Catalytic Cracking Units: Bifurcation and its Implications, *Chem. Eng. Sci.*, 45 (2), 553-559.
- Elnashaie, S.S.E.H., Elshishini, S. S. 1993. Digital Simulation of Industrial Fluid Catalytic Cracking Units-IV. Dynamics Behaviour, *Chem.Eng.Sci.*, 48 (3), 567-583.
- Emami, M.R., Türkşen, İ.B. and Goldenberg, A.A. 1996a. "An Improved Fuzzy Modeling Algorithm, Part I: Inference Mechanism", *NAFIPS'96*, June 20-21, U.S.A.
- Emami, M.R., Türkşen, İ.B., Goldenberg, A.A. 1996b. "An Improved Fuzzy Modeling Algorithm, Part II: Inference Mechanism", *NAFIPS'96*, June 20-21, USA.
- Errazu, A.F., De-Lasa, H. I., Sarti, F.A. 1979. Fluidized Bed Catalytic Cracking Regenerator Model. Grid Effects, *Can. J. Chem. Eng.*, 57, 191-197.
- Farag, H., Ng, S., De-Lasa, H. 1993. Kinetic Modeling of Catalytic Cracking of Gas Oils Using in traps (FCCT) To Prevent Metal Contaminant Effects, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 32, 1071-1080.
- Felipe, L.I., Richard, R.M. 1991. "Dynamic Modeling of a Fluid Catalytic Cracking Unit", Presented at the AIChE Annual Meeting, Los Angeles CA.
- Ford, W. D., Reineman, R.C, Vasalos, I.A., Fahrig, R.J. 1976. "Modeling Catalytic Cracking Regenerators", Presented at the NPRA Annual Meeting, San Antonio, TX, Paper AM7629.
- Guigon, P., Large, J. F. 1984. Application of the Kunii-Levenspiel Model to a Multistage Baffled Catalytic Cracking Regenerator, *Chem.Eng. J.*, 28, 131-138.
- Iscol, L. 1970. "The Dynamics and Stability of A Fluid Catalytic Cracker", Presented at the ASME 11<sup>th</sup> Joint Automatic Control Conference American Automatic Control Council, Atlanta, GA, Paper 23-B.
- Jacob, S.M., Gross, B., Voltz, S.E, Weekman, V.M. 1976. A Lumping and Reaction Scheme for Catalytic Cracking. *AIChE J.* 22 (4), 701-713.
- Krihna, A.S., Parkin, E.S. 1985. Modeling the Regenerator in Commercial Fluid Catalytic Cracking Units, *Chem.eng.Prog.* 81 (4), 57-62.
- Kurihara, H. 1967. "Optimal Control of Fluid Catalytic Cracking Processes", Ph.D.Thesis, M.I.T, Cambridge Mass.
- Larocca, M., Ng, S, De-Lasa, H. 1990. Fast Catalytic Cracking of Heavy Gas Oils. Modeling Coke Deactivation", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 29, 171-180.
- Lee, E., Groves, F.R, Jr. 1985. Mathematical Model of The Fluidized Bed Catalytic Cracking Plant, *Trans Soc. Comput. Simulation*, 2, 219-236.
- Lee, L, Yu, S., Cheng, C. 1989a. Fluidized-Bed Catalyst Cracking Regenerator Modeling and Analysis, *Chem. Eng. J.*, 40, 71-82.
- Lee, L., Chen, Y., Huang, T., Pan, W. 1989b. Four-Lump Kinetic Model for Fluid Catalytic Cracking Process, *Can.J.Chem.Eng.*, 67, 615.
- Lee, W., Kugelman, A.M. 1973. Number of Steady State Operating Points and Local stability of Open Loop Fluid Catalytic Cracker, *Ind. Eng. Chem.Process Des. Dev.*, 12 (2),197-204.
- Luyben, W.L, Lamb, D. E. 1963. "Feedforward Control of A Fluidized Catalytic Reactor-Regenerator System", *Chem.Eng.Prog.Symp.*, 46(59), 165-171.

Mcfarlane, R.C., Reineman, R.C, Bartee, J.F., Georgakis, C. 1993. Dynamic Simulation for Model VI Fluid Catalytic Cracking Unit, *Comput.Chem.Eng.*, 17 (3), 275.

Mcgreavy, C., Isles-Smith, P.C. 1986 Modeling of A Fluid Catalytic Cracker”, *Trans.Inst.Meas.Control (London)*, 8 (3),130-136

Paraskos, J.A., Shah, Y. T., Mckinney, J. D.,Carr, N. L. 1976. A Kinematic Model for Catalytic Cracking in a Transfer Line Reactor. *Ind. Eng. Chem. Process, Des. Dev.*, 15 (1), 165-169.

Reichle, A. D. 1992. A Half Century of Fluid Catalytic Cracking, *OIL&GAS Journal*

Seko, H., Tone, S., Otake, T., 1978. Operation and Control of A Fluid Catalytic Cracker”. *J.Chem.Eng.Jpn.*, 11 (2), 130-135.

Shah, Y.T, Huling, G.T, Paraskos, J.A, Mckinney, J. D. 1977. A Kinematic Model for An Adiabatic Transfer Line Catalytic Cracking Reactor, *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.*, 16 (1), 89-94

Shnaider, G. S., Shnaider, A.G. 1990. Kinetic Models of Catalytic Cracking of Oil Fractions in Single-Stage and Multi-Stage Reactors With

Fluidized Beds and Interpretation of Experimental Data of Catalytic Cracking Performed in These Reactors, *Chem. Eng. J.*, 44, 53-72.

Takatsuka, T., Sato, S, Morimoto, T., Hashimoto, H. 1987. A Reaction Model for Fluidized-Bed Catalytic Cracking of Residual Oil, *Int. Chem.Eng.* 27, 107-116.

Venuto, P. B. and Habib, E. T. 1979. Fluid Catalytic Cracking With Zeolite Catalyst, Marcel Dekker Inc., N.Y.

Weakman, V. W., Nace, D. M. 1970. Kinetics of Catalytic Cracking Selectivity in Fixed, Moving, and Fluid Bed Reactors, *AIChE J.*, 16, 397-404

Zeydan, M. 1999. “Bir Petrol Rafineri Ünitesinde (FCCU) Bulanık Modelleme ve Kontrol”, Yayınlanmamış doktora tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Zhaou, X., Lu, Y. 1988. “Non-Linear Dynamic Model and Parameter Estimation for Fluidized Catalytic Cracking Unit”, *IFAC Proc.*, 2, 1079-1083.

Zheng, Y. 1994. Dynamic Modeling and Simulation of A Catalytic Cracking Unit, *Comput. Chem. Eng.*, 18 (1), 39-44.