



Research Article / Araştırma Makalesi
APPLICATION OF FUZZY AHP AND ANP METHODS FOR CHEMICAL REACTIONS IN NITROCHLOROBENZEN FORMATION

Erman YETİZ, Pelin ALCAN, Vildan ÖZKIR, Hüseyin BAŞLIGİL*

Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

Received/Geliş: 02.02.2009 Revised/Düzelme: 29.04.2009 Accepted/Kabul: 08.07.2009

ABSTRACT

Multi-criteria decision making methods are widely used in solving several decision making problems. The main purpose of these decision making methods is selecting the best alternative among the others by grading process. This study aims to investigate the usability of fuzzy AHP and ANP methods for probably occurable products at the end of a specific series of chemical reactions. We defined the criteria which effect the process during the chemical reaction and researched the influences of these criteria on probable products. We used fuzzy set theory to express the importance weights of specific criteria because of the uncertainty in the affects to the chemical reaction. By implementing both fuzzy AHP and ANP methods individually, we argued which method yields better results in forecasting direction of the chemical reaction.

Keywords: Chemical reaction, nitrochlorobenzen, fuzzy logic, fuzzy AHP, ANP.

NİTROKLOBENZEN OLUŞUMUNUN BULANIK AHP VE ANP YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

ÖZET

Çok kriterli karar verme yöntemleri günümüzde birçok problemin çözümünde ve karar verme sürecinde kullanılmaktadır. Karar vericilerin kullandıkları bu yöntemler, birçok seçenek arasından en iyi alternatifini derecelendirerek seçmeye yöneliktir. Bu çalışmada kimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşan muhtemel ürünlerin, çok kriterli karar verme yöntemleri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Ağ Prosesi (ANP) ile incelenmesi ele alınmaktadır. İncelenen kimyasal reaksiyonun gerçekleşmesi sırasında süreci etkileyen spesifik kriterler ortaya konmuş ve bu kriterlerin oluşması muhtemel ürünler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Oluşturulan kriterlerin incelenen süreç dâhilinde, oluşturacağı etkilerin hangi türde ve hangi şiddette olacağı konusunda ise kesin bir yargı yürütülmesi gerçekleşebilecek reaksiyonun türünü belirlemek açısından yanıltıcı olabileceğinden, kriterlerin önem derecelerinin kesin değerlerle belirtilmesi yerine bulanık mantık çerçevesinde oluşturulması incelenen reaksiyonun ifade edilmesi açısından daha uygun görülmüştür. Gerek bulanık AHP gerekse ANP yaklaşımlarının ayrı ayrı uygulanmasıyla, reaksiyonun yönünün daha iyi tahmin edilmesi açısından hangi tekniğin daha iyi sonuçlar ürettiği tartışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kimyasal reaksiyon, nitrochlorobenzen, bulanık mantık, bulanık AHP, ANP.

*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: basligil@yildiz.edu.tr, tel: (212) 383 28 66

1. GİRİŞ

Karar verme, eldeki tüm bilgilerin dikkate alınarak durumun kavranması, alternatif eylem biçimleri ile getirecekleri sonuçların gözden geçirilmesi ve uygun eylemin seçilerek uygulanmasıdır. Karar verme süreci, çeşitli amaç veya amaçlara ulaşmak için, mevcut yollar, araçlar ve imkânlar arasında seçim yapmakla ilgili olarak karar vericilerde gerçekleşen tüm zihinsel, bedensel ve duygusal süreçleri içerir. Karar verme süreci, öncelikli olarak problemin tanımlanmasıyla başlar. Problemin tanımlanması, karar kriterlerinin, karar alternatiflerinin ve sonuç üzerinde etkili olabilecek tüm doğa olaylarının listelenmesiyle gerçekleşir. Problemin tam ve doğru olarak tanımlanması, kullanılabilir karar verme yöntem ve araçlarının belirlenmesinde önemli rol oynar. Kriterlerin araştırılması, önem derecelerinin ve önceliklerinin belirlenmesi, her alternatifin her bir olay için elde edeceği sonuçların araştırılması karar verme sürecinin en yorucu aşamalarından biridir.

Yöneticiler, karar verme sürecinde yardımcı olarak çoğunlukla sayısal yöntemlerden faydalanmaktadır. Karar vericiler, karar doğasının durumuna göre, bazen çeşitli alternatifler arasında seçim yaparken birbirinden farklı amaçları gerçekleştiren seçeneği, bazen de birbiriyle çelişen amaçları gerçekleştiren alternatifler arasında en uygun olanı seçmek durumunda kalır. Günümüzde, birçok karar bünyesinde birden fazla niceliksel veya niteliksel kriter ya da amaç barındırabilmektedir. Bu nedenle, birçok karar verici bu tür problemlerin çözümünde genellikle çok kriterli karar verme yaklaşımlarının önerdiği yöntemleri uygulamaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, genel anlamda birçok alternatif arasından en iyi olanı seçmek üzere, nitelikli bir değerlendirme gerçekleştirmeyi, bu değerlendirme sonucunda alternatifler arasında bir sıralama sunmayı ve bu sıralama dâhilinde en iyi olanı seçmeyi önermektedir. Karar vericiler hangi şartlar ve boyutlar kapsamında karar verirlerse versinler, bir belirsizlik ortamı içinde bu işlevlerini yerine getirmek zorundadırlar. Verilen kararların doğruyu yansıtmaması, ancak mevcut belirsizliğin karar verme sürecine dâhil edilmesiyle gerçekleşebilmektedir. Bu noktada, genel anlamda karar süreçlerinde belirsizliğin nasıl öngörüüleceği ve nasıl karar süreçlerinin bir parçası haline getirilebileceği yolunda en önemli çalışma ilk olarak 1965 yılında Loutfi Zadeh tarafından ortaya konmuştur. Böylece, klasik karar verme sürecinde kullanılan klasik mantığın 0 – 1 önermelerine karşılık, bulanık mantığın üç veya daha fazla sayıda önerme oluşturmasıyla, karar verme sürecinin doğada oluşan belirsizlikleri de içine alarak zenginleşmesi sağlanmıştır.

Bu çalışma, bir kimyasal reaksiyon olan nitroklorobenzen oluşumu için çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve analitik ağ prosesi yöntemlerinin kullanılabilirliğini incelemektedir. Bu kimyasal tepkimeyi etkileyen kriterler belirlenmiş, bunların birbirine etkileri değerlendirilerek, önceden belirlenmiş ortam koşullarında oluşabilecek muhtemel ürünlere bulanık AHP ve ANP yöntemleri kullanılarak karar verilmiştir.

2. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ VE ANALİTİK AĞ PROSESİ

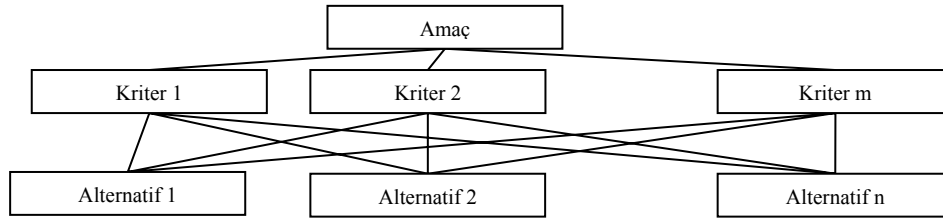
Bugüne kadar karar vericilerin karar verme sürecine yardımcı olabilmek için bir çok karar verme yöntemi geliştirilmiştir. Thomas Saaty tarafından 1970' li yıllarda geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesinde (AHP), karar vericinin amacı doğrultusunda ana kriterler ve ona ait alt kriterler ile alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir model kullanılır[10]. Bu hiyerarşik model karar vericinin, bilgisinin, deneyiminin ve düşüncelerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği, sağlıklı karar vermesine yardımcı olabilecek güçlü bir yöntem olarak değerlendirilmektedir [1].

Analitik Ağ Prosesi (ANP) ise, AHP'nin genel bir formu şeklindedir. AHP birimlerin tek yönlü ilişkilerine, ANP ise karar seviyeleri ve özellikleri için karmaşık ilişkilere izin vermektedir. Bir problemde yer alan bileşenler arasındaki ilişkiler tek yönlü değil karşılıklı olduğu zaman, hiyerarşik tanımlamalar yeterli olmaz. Bu durumda seviyeler ortadan kalkar ve bileşenlerin ağırlıklarını bulmak daha karmaşık bir sürecin analizini gerektirir. ANP, problemleri, bileşenler arasındaki ilişkileri ve yönlerini tanımlar. Bu oluşturulan karşılıklı yapı sayesinde,

doğrudan ilişkilendirilmemiş bileşenler arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geri bildirimler de dikkate alınmaktadır [1].

2.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

Klasik küme kavramında bir eleman bir kümenin üyesidir veya değildir. Bulanık mantıkta küme aitlik derecesi μ , 0 ile 1 arasında değişir. 0 kümeye ait olmamayı, 1 ise kesin olarak o kümenin üyesi olmayı gösterir. Küme aitlik derecesi üçgen, yamuk ve Gaus eğrisi gibi standart fonksiyonlarla tanımlanabildiği gibi çok farklı fonksiyonlar tarafından da oluşturulabilir[2]. Bulanık Mantık Yaklaşımı, makinelere insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsözlerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. AHP, geniş bir alanda kullanılan çok amaçlı karar verme metodlarından biridir. Bu metodun ana avantajlarından biri çok yönlü kriterlerin kolaylıkla yönetilebilmesidir. Buna ek olarak AHP'nin anlaşılması daha kolaydır. Fakat AHP hala insani düşünme stilini yansıtamamaktadır [2]. Bu nedenle, bulanık AHP, problemleri insani düşünme stiline yakın bir şekilde çözmek için geliştirilmiştir. Çeşitli yazarlar tarafından bahsedilmiş birçok bulanık AHP metodu vardır. Bu metodlar, bulanık küme teorisini ve hiyerarşik yapı analizini kullanan problem çözme ve alternatif seçimine sistematik yaklaşımlardır. Karar vericiler, genelde, aralıklı karar vermeyi sabit değerli karar vermeye göre daha rahat bulmaktadır [2]. Çünkü karşılaştırma sürecinin bulanık doğasında tercihler konusunda kesinlik yoktur. İlk bulanık AHP çalışması, üçgen üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanmış bulanık oranları karşılaştırma ile görülmüştür. Buckley, karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini trapezoidal üyelik fonksiyonu ile belirlemiştir[8]. Chang ise karşılaştırmalarda üçgen bulanık sayıları kullanarak bulanık AHP' nin idaresi için yeni bir yaklaşım tanıtmıştır [9][2]. Bu çalışmada, Chang' in modeli esas alınmıştır. Basit bir AHP yapısını şekil 2.1'deki gibi tanımlayabiliriz.



Şekil 2.1. Basit Bir AHP Yapısı

Bulanık AHP' de ikili karşılaştırmada kullanılan bulanık sayılar;

$(7/2, 4, 9/2) \rightarrow$ Mutlak, kesin $(5/2, 3, 7/2) \rightarrow$ Çok güçlü $(3/2, 2, 5/2) \rightarrow$ Biraz güçlü

$(2/3, 1, 3/2) \rightarrow$ Zayıf $(1, 1, 1) \rightarrow$ Eşit, denk

Chang' in Bulanık AHP Algoritması aşağıda ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır; $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ bir nesne kümesi ve $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ de bir hedef kümesi olsun.

Chang' in analiz yöntemine göre her bir nesne ele alınarak her hedef için g_i değerleri sırasıyla oluşturulur [1]. Böylece her bir nesne için m genişletilmiş analiz değerleri şu şekilde elde edilebilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Burada tüm $M_{g_i}^j (1, 2, \dots, m)$ değerleri, parametreleri l, m, u olan üçgen bulanık sayılardır [3]. Chang'ın genişletilmiş analiz yönteminin adımları şu şekildedir [3]:

Adım 1: i . nesne için genişletilmiş analiz değerleri $M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m$, $i = 1, 2, \dots, n$ ise, i . nesneye göre bulanık yapay büyüklük değeri şu şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ ifadesini elde etmek için, m değerleri üzerinde bulanık toplama işlemini belirli bir matris için şu şekilde gerçekleştirmek,

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (3)$$

$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$ ifadesini elde etmek için, $M_{g_i}^j$ $j = 1, 2, \dots, m$ değerleri üzerinde bulanık toplama işlemini yapmak,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4)$$

ve daha sonra (4) denklemindeki vektörün tersini hesaplamak gerekir [3].

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (5)$$

Adım 2: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ifadesinin olasılık derecesi;

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)) \right] \quad (6)$$

veya başka bir ifade ile

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1, \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer hallerde.} \end{cases} \quad (7)$$

şeklinde tanımlanır [3].

M_1 ve M_2 'yi karşılaştırmak için, $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerinin her ikisi de gereklidir [1].

Adım 3: Konveks bir bulanık sayının olasılık derecesinin k konveks bulanık sayıdan M_i ($i = 1, 2, \dots, k$) daha büyük olması şu şekilde tanımlanabilir:

Adım 1: Problemin Tanımlanması ve Modelin Kurulması: Bu aşamada karar verme problemi açık bir şekilde tanımlanmalı ve ağ şeklinde, rasyonel bir biçimde ayrıştırılmalıdır. Bu yapı, beyin fırtınası ya da diğer ayırma metotları yardımı ile, karar vericilerin fikirlerinden yararlanılarak elde edilebilir [5].

Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrisleri ve Öncelik Vektörleri: ANP' de AHP' de olduğu gibi her kararı etkileyen faktörler ikili karşılaştırmalara tabi tutulmaktadır, böylelikle faktörlerin önem ağırlıkları belirlenmektedir. Karar vericiler ikili karşılaştırmalarda seri şekilde bir takım sorulara cevap vererek iki faktörü aynı zamanda karşılaştırır ve bunların hedefe olan katkılarının nasıl olduğunu belirler [5]. ANP'de ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve nispi önem ağırlıklarının belirlenmesinde AHP' de olduğu gibi Saaty tarafından önerilen ve Çizelge 2.1'de verilen 1-9 önem skalası kullanılır. AHP' de olduğu gibi ANP' de de ikili karşılaştırmalar bir matris çatısı altında yapılır ve lokal öncelik vektörü $Aw = \lambda_{enb} w$ denkleminin çözülmesi ile elde edilen özvektör ile belirlenir. Burada A ikili karşılaştırma matrisi, w özvektör, λ_{enb} ise A ' nin en büyük özdeğeridir. Saaty, w ' nin yaklaşık çözümü için normalleştirme algoritmasını önermiştir [5].

Adım 3: Süpermatris Oluşumu: Süpermatrisin genel yapısı "Markov Zinciri" prosesine benzemektedir [5]. Birbirine bağımlı etkilerin bulunduğu bir sistemde ana önceliklerin elde edilmesi için, lokal öncelik vektörleri süpermatris olarak bilinen bir matrisin kolonlarına tahsis edilerek yazılır. Sonuç olarak bir süpermatris gerçekte parçalı bir matristir ve buradaki her bir matris bölümü bir sistem içindeki iki faktör arasındaki ilişkiyi gösterir [5]. Elementlerin birbiri üzerindeki uzun dönemli nispi etkileri süpermatrisin kuvveti alınarak belirlenir. Önem ağırlıklarının bir noktada eşitlenmesini sağlamak için süpermatrisin $(2k + 1)$. kuvveti alınır, burada k rasgele seçilmiş büyük bir sayıdır ve elde edilen yeni matris limit süpermatris olarak isimlendirilir [5].

Adım 4: En İyi Alternatifin Seçilmesi: Limit süpermatris ile alternatiflere veya karşılaştırılan faktörlere ilişkin önem ağırlıkları belirlenmiş olur. Seçim probleminde en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatif en iyi alternatif, ağırlıklandırma probleminde ise en yüksek önem ağırlığına sahip olan faktör karar sürecini etkileyen en önemli faktördür [5].

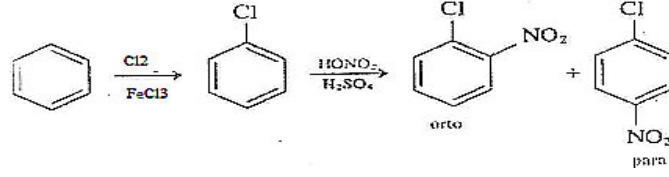
Çizelge 2.1. Önem Skalası Tanımları ve Değerleri [4].

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenekte eşit derecede öneme sahip
3	Biraz önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Fazla önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok fazla önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır
9	Aşırı derece önemli	Bir kriterin diğ. üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

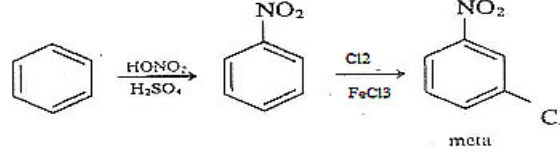
3. KİMYASAL REAKSİYONLAR

AHP ve ANP uygulamalarında kullanılmak üzere benzenden nitroklorobenzen eldesi reaksiyonu seçilmiştir. Normalde nitroklorobenzen eldesinde iki yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden üç tip nitroklorobenzen elde edilmektedir. Birinci tip *p-nitroklorobenzen*, ikinci tip *o-nitroklorobenzen* ve üçüncü tip ise *m-nitroklorobenzen* dir. Birinci ve ikinci tip ürünler sırasıyla %65 ve %34 oranında[6], klorun benzene ilk olarak bağlanması ve ardından yapılan nitrolama işlemi sonrasında oluşmaktadır. Üçüncü tip ürün ise ilk olarak nitrolama işleminden sonra oluşan

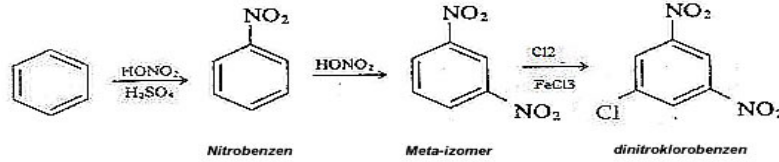
nitrobenzene klorun bağlanması ile elde edilmektedir[7]. Dördüncü ürün olarak dinitroklorobenzen oluşumu bu çalışmada incelenmiştir. Reaksiyonlar aşağıda verilmektedir;



Yukarıdaki reaksiyon 1 atm'de 30-50 °C arasında gerçekleşmektedir. Ortamda katalizör olarak $FeCl_3$ bulunmaktadır. *p*-nitroklorobenzen %65, *o*-nitroklorobenzen ise %34 miktarda oluşmaktadır[6].



Yukarıdaki reaksiyon 1 atm ve 50-55 °C civarında oluşmaktadır. Reaksiyonun gerçekleşebilmesi için aşırı miktarda sülfürik aside ve nitrik aside ihtiyaç vardır [7].



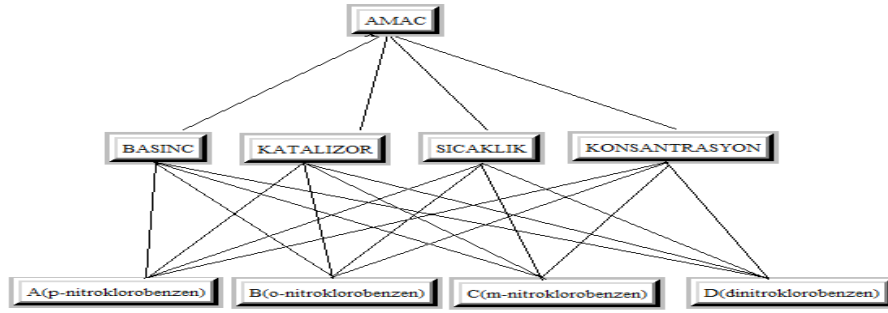
Yukarıdaki reaksiyonda 1. adımda *m*-dinitrobenzen oluşumu 100 °C'de 1 atm' de aşırı sülfürik asit ve nitrik asitli ortamda gerçekleşmektedir[6]. Daha sonra klor ile halojenleme yapılmaktadır.

4. UYGULAMALAR

Bulanık AHP ve ANP uygulamalarına geçmeden önce, benzenden nitroklorobenzen eldesi için, bir problem modeli oluşturulmuştur. Bu problem modelinde belirlenen bir şart temel alınarak Bulanık AHP ve ANP için gerekli olan ikili karşılaştırma matrisleri meydana getirilmiştir. Yapılan uygulamalarda temel olarak alınan şartlar; 1 atm basınç ortamında, 50 °C sıcaklıkta, stikiometrik oranda Cl_2 ve aşırı miktarda sülfürik asit (H_2SO_4) ile nitrik asit ($HONO_2$) ve yeterli miktarda $FeCl_3$ olarak belirlenmiştir. Bütün reaktanların aynı anda reaksiyona tabi tutulduğu ve yukarıda belirtilen reaksiyonlar haricinde hiçbir etkileşiminin olmadığı varsayılmıştır. Bu şartlara göre reaksiyonu etkileyen ana kriterler; basınç (BAS), sıcaklık (SIC), katalizör (KAT) ve konsantrasyon (KON) olarak tespit edilmiştir. Bulanık AHP ve ANP için reaksiyon ürünü hiyerarşi ağacı oluşturulmuştur (Şekil 4.1).

4.1. Bulanık AHP Uygulaması

Bulanık AHP uygulamasında bulanık üçgen sayılar kullanılmıştır. Bu sayılar ;



Şekil 2.4. Bulanık AHP ürün hiyerarşisi

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasında öncelikle ana kriterler birbirleri arasında ikili olarak karşılaştırılmış ve daha sonra her bir ana kriter için oluşabilecek ürünler kendi aralarında ikili karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. İkili karşılaştırma işlemlerinde kabul edilen temel şartlara göre oluşum öncelikleri ve etkileri değerlendirilerek bulanık sayılar atanmıştır. Bu çalışmada anlatılan Chang' in Bulanık AHP algoritmasından faydalanılarak en iyi alternatif seçilmesi işlemidir. Aşağıda, tüm karşılaştırmalar için yapılan hesaplamalar ve elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 2.2. Amaca Göre Ana Kriterlerin Karşılaştırılması

	BAS	KAT	SIC	KON
BAS	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	2/3, 1, 3/2
KAT	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2
SIC	3/2, 2, 5/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
KON	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 5/2	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

Ağırlık vektörü $W_A = (0.07, 0.38, 0.37, 0.18)^T$ olarak tespit edilmiştir.

Ana kriterlerin ürünlere göre karşılaştırmaları ve ağırlık vektörleri aşağıdaki çizelgelerde verilmektedir;

Çizelge 2.3. Basınca göre ürünlerin karşılaştırılması

	A	B	C	D
A	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2
B	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2
C	2/7, 1/3, 5/2	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
D	2/7, 1/3, 2/5	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{BAS} = (0.72, 0.28, 0, 0)^T$$

Çizelge 2.4. Katalizöre göre ürünlerin karşılaştırılması

	A	B	C	D
A	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2
B	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2
C	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
D	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{KAT} = (0.29, 0.21, 0.29, 0.21)^T$$

Çizelge 2.5. Sıcaklığa göre ürünlerin karşılaştırılması

	A	B	C	D
A	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2
B	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	5/2, 3, 7/2
C	2/5, 1/2, 2/3	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
D	2/7, 1/3, 5/2	2/7, 1/3, 5/2	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{KAT} = (0.54, 0.29, 0.17, 0)^T$$

Çizelge 2.6. Konsantrasyona göre ürünlerin karşılaştırılması

	A	B	C	D
A	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2
B	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2
C	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
D	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

$$W_{KON} = (0.29, 0.21, 0.21, 0.29)^T$$

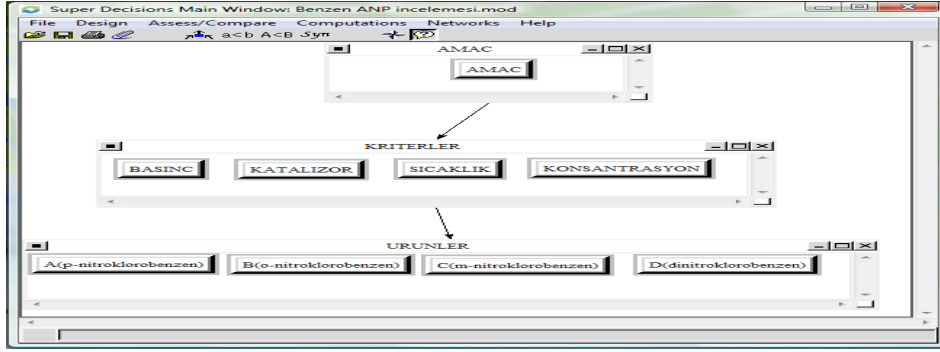
Çizelge 2.7. Ana kriterlere göre oluşacak ürünlerin öncelik ağırlıkları

	BAS	KAT	SIC	KON	Ürünlerin Öncelik Ağırlıkları
Ağırlığı (W_A) ^T	0.07	0.38	0.37	0.18	
A	0.72	0.29	0.54	0.29	0.42
B	0.28	0.21	0.29	0.21	0.24
C	0	0.29	0.17	0.21	0.21
D	0	0.21	0	0.21	0.13

Bulanık AHP sonucunda elde edilecek ürünün *A(p-nitroklorobenzen)* olduğu sonucuna varılmıştır.

4.2. Analitik Ağ Prosesi (ANP) Uygulaması

Analitik ağ prosesi uygulamasında Super Decisions adlı programdan faydalanılmıştır. ANP uygulamasında Çizelge 2.1' deki önem kriterleri kullanılmıştır. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasında öncelikle ana kriterler birbirleri arasında ikili olarak karşılaştırılmış ve daha sonra her bir ana kriter için oluşabilecek ürünler kendi aralarında ikili karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. İkili karşılaştırma işlemlerinde kabul edilen temel şartlara göre oluşum öncelikleri ve etkileri değerlendirilerek öncelikler atanmıştır. "Super Decisions" bilgisayar programı ile elde edilen ürün hiyerarşisi, ikili karşılaştırma matrisleri, süper matris, ağırlıklandırılmış süper matris ve limit matris aşağıdaki şekillerde sırası ile verilmektedir. Super Decisions programı 2.2.1 Analitik ağ süreci algoritmasındaki adımları takip ederek sonuca giden bir programdır.



Şekil 2.5. ANP ürün hiyerarşisi

Comparisons wrt "AMAC" node in "KRITERLER" cluster
KATALIZOR is strongly to very strongly more important than BASINC

	1. BASINC	2. BASINC	3. BASINC	4. KATALIZOR	5. KATALIZOR	6. KONSANTRASYON															
1. BASINC	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	KATALIZOR	
2. BASINC	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	KONSANTRASYON	
3. BASINC	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SICAKLIK	
4. KATALIZOR	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	KONSANTRASYON
5. KATALIZOR	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SICAKLIK
6. KONSANTRASYON	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	SICAKLIK	

Şekil 2.6. Amaca göre ana kriterlerin ikili karşılaştırılma matrisi

Comparisons wrt "BASINC" node in "URUNLER" cluster
A(p-nitroklorobenzen) is moderately more important than B(o-nitroklorobenzen)

	1. A(p-nitroklorobenzen)	2. A(p-nitroklorobenzen)	3. A(p-nitroklorobenzen)	4. B(o-nitroklorobenzen)	5. B(o-nitroklorobenzen)	6. C(m-nitroklorobenzen)														
1. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	B(o-nitroklorobenzen)
2. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C(m-nitroklorobenzen)
3. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)
4. B(o-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C(m-nitroklorobenzen)
5. B(o-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)
6. C(m-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)

Şekil 2.7. Basınca göre ürünlerin ikili karşılaştırma matrisi

Comparisons wrt "KATALIZOR" node in "URUNLER" cluster
A(p-nitroklorobenzen) is moderately more important than B(o-nitroklorobenzen)

	1. A(p-nitroklorobenzen)	2. A(p-nitroklorobenzen)	3. A(p-nitroklorobenzen)	4. B(o-nitroklorobenzen)	5. B(o-nitroklorobenzen)	6. C(m-nitroklorobenzen)														
1. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	B(o-nitroklorobenzen)
2. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C(m-nitroklorobenzen)
3. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)
4. B(o-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C(m-nitroklorobenzen)
5. B(o-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)
6. C(m-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)

Şekil 2.8. Katalizöre göre ürünlerin ikili karşılaştırma matrisi

Comparisons wrt "KONSANTRASYON" node in "URUNLER" cluster
A(p-nitroklorobenzen) is moderately more important than B(o-nitroklorobenzen)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9											
1. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	B(o-nitroklorobenzen)
2. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C(m-nitroklorobenzen)
3. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)
4. B(o-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C(m-nitroklorobenzen)
5. B(o-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)
6. C(m-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)

Şekil 2.9. Konsantrasyona göre ürünlerin ikili karşılaştırma matrisi

Comparisons wrt "SICAKLIK" node in "URUNLER" cluster
A(p-nitroklorobenzen) is moderately more important than B(o-nitroklorobenzen)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9											
1. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	B(o-nitroklorobenzen)
2. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C(m-nitroklorobenzen)
3. A(p-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)
4. B(o-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	C(m-nitroklorobenzen)
5. B(o-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)
6. C(m-nitroklorobenzen)	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	D(dinitroklorobenzen)

Şekil 2.10. Sıcaklığa göre ürünlerin karşılaştırma matrisi

Super Decisions Main Window: Benzen ANP incelemesi.mod: Unweighted Super Matrix

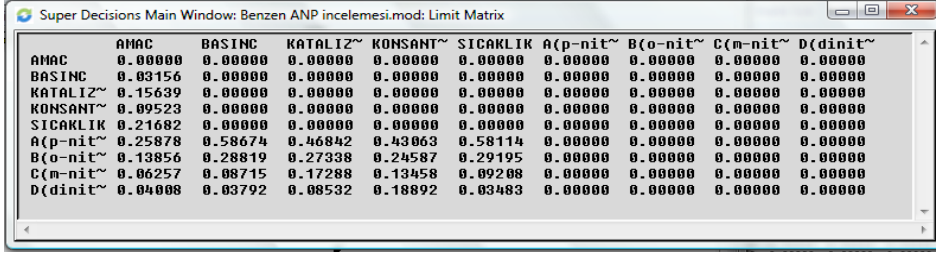
	AMAC	BASINC	KATALIZ	KONSANT	SICAKLIK	A(p-nit	B(o-nit	C(m-nit	D(dinit
AMAC	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
BASINC	0.06312	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KATALIZ	0.31279	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KONSANT	0.19045	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
SICAKLIK	0.43364	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
A(p-nit	0.00000	0.58674	0.46842	0.43063	0.58114	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
B(o-nit	0.00000	0.28819	0.27338	0.24587	0.29195	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
C(m-nit	0.00000	0.08715	0.17288	0.13458	0.09208	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
D(dinit	0.00000	0.03792	0.08532	0.18892	0.03483	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Şekil 2.11. Ağırlıklandırılmamış süper matris

Super Decisions Main Window: Benzen ANP incelemesi.mod: Weighted Super Matrix

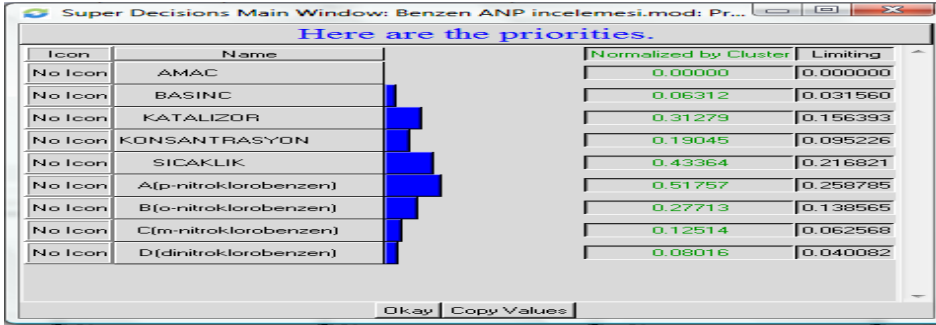
	AMAC	BASINC	KATALIZ	KONSANT	SICAKLIK	A(p-nit	B(o-nit	C(m-nit	D(dinit
AMAC	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
BASINC	0.06312	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KATALIZ	0.31279	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KONSANT	0.19045	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
SICAKLIK	0.43364	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
A(p-nit	0.00000	0.58674	0.46842	0.43063	0.58114	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
B(o-nit	0.00000	0.28819	0.27338	0.24587	0.29195	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
C(m-nit	0.00000	0.08715	0.17288	0.13458	0.09208	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
D(dinit	0.00000	0.03792	0.08532	0.18892	0.03483	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Şekil 2.12. Ağırlıklandırılmış süper matris



	AMAC	BASINC	KATALIZ~	KONSANT~	SICAKLIK	A(p-nit~	B(o-nit~	C(m-nit~	D(dinit~
AMAC	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
BASINC	0.03156	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KATALIZ~	0.15639	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KONSANT~	0.09523	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
SICAKLIK	0.21682	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
A(p-nit~	0.25878	0.58674	0.46842	0.43063	0.58114	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
B(o-nit~	0.13856	0.28819	0.27338	0.24587	0.29195	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
C(m-nit~	0.06257	0.08715	0.17288	0.13458	0.09208	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
D(dinit~	0.04008	0.03792	0.08532	0.18892	0.03483	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Şekil 2.13. Limit matris



Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	AMAC	0.00000	0.000000
No Icon	BASINC	0.06312	0.031560
No Icon	KATALIZOR	0.31279	0.156393
No Icon	KONSANTRASYON	0.19045	0.095226
No Icon	SICAKLIK	0.43364	0.216821
No Icon	A(p-nitroklorobenzen)	0.51757	0.258785
No Icon	B(o-nitroklorobenzen)	0.27713	0.138565
No Icon	C(m-nitroklorobenzen)	0.12514	0.062568
No Icon	D(dinitroklorobenzen)	0.08016	0.040082

Şekil 2.14. Sonuç ekranı

ANP ile elde edilen veriler sonucunda *A(p-nitroklorobenzen)* elde edileceği sonucuna varılmıştır.

5. SONUÇ

Yapılan çalışmalarda ANP ve bulanık AHP ile elde edilen verilerin yaklaşık olarak birbiri ile örtüştüğü görülmektedir. Ancak ANP ile elde edilen verilerin daha tutarlı olduğu sonucuna varılmaktadır. Kimyasal olarak bu problemin incelenmesinde, sıcaklığın gerekli seviyede olmayışı nedeni ile D (*dinitroklorobenzen*) oluşumunun pek mümkün olmayacağı sonucuna varılmaktadır. Ayrıca nitrobenzenin etkinlik azaltıcı etkisinden ötürü, *C(m-nitroklorobenzen)*' in çok az miktarda veya hiç olmayacağı sonucuna varılabilmektedir. Bu problem sonucunda oluşacak ürünlerin *A(p-nitroklorobenzen)* ve *B(o-nitroklorobenzen)* olacağı anlaşılmaktadır. *A(p-nitroklorobenzen)*' in % 65 oranında, *B(o-nitroklorobenzen)*' in ise % 34 oranında olacağı teorik olarak bilinmektedir. Teorik olarak *A(p-nitroklorobenzen)* ve *B(o-nitroklorobenzen)* oranı ise $A/B = 1,911$ olarak belirlenmiştir. ANP ve bulanık AHP ile yapılan çalışmalarda, *A(p-nitroklorobenzen)* ve *B(o-nitroklorobenzen)* için teorik oranlara yaklaşılmaktadır. ANP için bu oran 1,866, bulanık AHP için ise 1,750 olarak bulunmuştur. Teorik oranlara göre hatalar sırasıyla, % 2,3 ve % 8,4 olarak hesaplanmıştır. Bulunan bu sonuçlar ışığında, her iki yönteminde teorik oranlara tutarlı bir şekilde eşleştiği görülmektedir. Ancak teorik olarak oluşma ihtimali az olan ürünlerin, bulanık AHP ve ANP' de oluşma ihtimallerinin olduğu hesaplanmıştır. ANP' de bu ürünlerin oluşum ihtimalinin daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun uzman görüşündeki eksikliklerden olduğu düşünülmektedir.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Muşdal, H., (2007) “Tıbbi Atıkları İşleme Ve Bertaraf Etme Teknolojisi Seçme Problemine Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Bulanık Analitik Ağ Prosesi Yaklaşımı”, Y.T.Ü., İstanbul.
- [2] Elmas, Ç., (2003), “Bulanık Mantık Denetleyiciler”, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [3] Kahraman, C., Ruan, D., Cebeci, U., (2002), “Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey”, Internal Journal of Production Economics.
- [4] Dağdeviren, M., Eraslan, E., Kurt, M., Dizdar, E.N., (2005), “Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci İle Alternatif Bir Yaklaşım”, Teknoloji, 2, 115–122.
- [5] Dağdeviren M., Eraslan, E., Kurt, M., (2005), “Çalışanların Toplam İş Yükü Seviyelerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Model Ve Uygulaması”, Gazi Üniv. Mühendislik-Mimarlık Fak.Dergisi.
- [6] Kirk-Otmer, (2001), “Encyclopedia of Chemical Technology”, John Wiley Sons, 4th Edition.
- [7] Hart, H., Craine L.E., Hart, D.j., (1998) “Organik Kimya”, Palme yayıncılık, Ankara.
- [8] Buckley, J.J., (1985), “Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets and Systems”, 17, 233–247.
- [9] Chang, D.Y., (1996), “Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP”. European Journal of Operational Research, 95, 649–655.
- [10] Saaty, T.L., (1980), “The Analytic Hierarchy Process”, McGraw-Hill, New York, A.B.D.