

# İŞ SÜREÇLERİ MODELLEME/BENZETİM YAZILIMI SEÇİMİ İÇİN "ÇİZGE TEORİSİ" VE "MATRİS YÖNTEMİ" TEMELLİ BİR YAKLAŞIM

**Adil BAYKASOĞLU**

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir  
[adil.baykasoglu@deu.edu.tr](mailto:adil.baykasoglu@deu.edu.tr)

(Geliş/Received: 06.11.2012; Kabul/Accepted: 02.05.2013)

## ÖZET

İş süreçleri modellemesi ile çözümlenmesi zor olan birçok endüstriyel probleme pratik çözümler üretmek mümkündür. Örneğin, bir üretim sistemine yeni bir makine eklemek istendiğinde; bu yatırımın beklenen faydayı sağlayıp sağlayamayacağını, üretim hızının artıp artmayacağını ya da birim maliyetlerin düşüp düşmeyeceğini iş süreçlerinin modellemesi ile kestirebilmek olasıdır. Benzer şekilde, bir servis sisteminde yeni bir iş pratiği uygulanmak istendiğinde; sistem veriminin eskisinden daha iyi olup olmayacağını tespiti ve sağlanan faydanın düzeyi, sistemdeki darboğazlar, maliyeti en çok artıran ve/veya değer katmayan faaliyetlerin tespit edilmesi gibi sorulara süreç modellemesiyle cevap aranabilmekte ve alternatif süreç zincirleri oluşturularak, sistem performansını eniyileyen çözüme yaklaşılabilmektedir. Günümüzde iş süreçlerinin modellenmesinde kullanılacak çeşitli yazılımlar geliştirilmiştir. Sözü edilen faydaların etkin bir şekilde temini için uygun bir iş süreci modelleme yazılımı seçimi önemli bir problemdir. Mevcut çalışmada bu tür bir yazılımın seçimi için çok kriterli bir karar modeli geliştirilmiştir. Modelin oluşturulmasında çizge teorisi ve matris metodu kullanılmıştır. Söz konusu yöntem bilimsel yazında son yıllarda geliştirilen ve çok fazla bilinmeyen ancak kriter etkileşimlerini, kriter hiyerarşisini ve bulanık değerlendirmeleri kolayca dikkate alabilen etkili bir yöntemdir. Mevcut makale ile hem iş süreçleri modelleme yazılım seçimi için ilk defa çok kriterli bir model geliştirilmiş hem de çizge teorisi-matris yönteminin bu probleme ilk uygulaması gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İş süreçleri modelleme, Yazılım seçimi, Çok kriterli karar verme, Çizge teorisi, Matris permanent

## "GRAPH THEORY" AND "MATRIX METHOD" BASED APPROACH FOR BUSINESS PROCESS MODELING/SIMULATION SOFTWARE SELECTION

### ABSTRACT

It is possible to provide practical solutions to many complex problems by making use of process modeling. For example; it is possible to predict whether an investment will be beneficial or production speed will improve or unit prices will decrease in case of adding a new machine to a process. Similarly; it is possible to investigate whether a new work practice will improve productivity and analyze its benefit level, bottlenecks in the system, cost increasing and/or non-value adding activities. Moreover, it is possible to provide effective solutions by generating alternative process chains by modeling processes. Several software developed to enable effective process modeling. In order to realize the mentioned benefits it is critical to select a suitable modeling software. In the present study a multiple criteria decision making model is proposed for selecting such software. Graph theory and matrix method is utilized for model development. This method is not well known in the literature. However it has some desirable properties like ability to model criteria interactions, hierarchy and evaluate fuzzy judgments. The current paper presents the first multiple criteria model for evaluating and selecting process modeling software. It also presents the first application of graph theory-matrix method to this problem.

**Keywords:** Business process modeling, Software selection, Multiple criteria decision making, Graph theory, Matrix permanent

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Hızla küreselleşen ve karmaşıklaşan günümüzün dinamik üretim ortamında işletmelerin rekabetçiliklerini ve mevcudiyetlerini sürdürebilmeleri için maliyetleri düşürerek kalite ve tepkiselliği artırmaları kaçınılmaz bir zorunluluktur. Çok boyutlu ve oldukça değişken müşteri taleplerine çabuk ve etkin bir şekilde tepki verebilen, dinamik piyasa koşullarına ve müşteri isteklerine uyum sağlayabilen işletmeler daima bir adım önde olacak ve pazarda varlıklarını sürdürme şansları daha yüksek olacaktır. Bu dinamizm içinde işletmelerin çalışma şekil ve yöntemlerinde sürekli değişiklikler yapmaları ve çevik/tepkisel bir üretim/yönetim anlayışını benimsemelerini gerekir. Grant Thornton’un ABD’de bulunan KOBİ’ler için yapmış olduğu bir araştırmaya göre firmaların %95’i son üç yıl içinde iş süreçlerinin ya tamamında ya da bir kısmında yeniden mühendislik uygulaması yapmışlardır [1].

İşletmeler için iş süreçlerinde yapılacak olan değişikliklerin sonuçlarını öngörmek genellikle kolay değildir. Bu nedenle, değişiklikler riskli kabul edilir ve sakımlıdır. Ancak, günümüzün hızla ilerleyen teknolojisi, düşünülen değişiklikleri uygulamadan önce test ederek, değişimlerin sonuçlarını öngörebilmeyi adeta zorunlu hale getirmiştir [2]. Bu öngörülerini realize edebilmek için faydalanılabilecek araçların önde gelenlerinden biriside ‘*Bilgisayar Destekli İş Süreçleri Modelleme*’ yöntem ve araçlarıdır. *İş Süreçleri Modelleme*, var olan bir süreç üzerinde değişiklikler yapmadan veya yeni bir iş sürecini oluşturmadan önce riskleri en aza indirmek için ayrıntılı analizler yapmayı mümkün kılarak işletmelerin nasıl çalıştıklarını ve gerçekte neler yaptıklarını anlamalarına yardımcı olur [3].

İş süreçleri modelleme ISO 9000 standartlarının da bir ön koşuludur [4, 5]. Aynı zamanda “bilgi sistemleri”, “iş akış yönetim sistemleri”, “ERP” ve “e-iş sistemlerinin” geliştirilmesi ve kurulumu iş süreçlerinin ayrıntılı modellenmesini bir ön koşul olarak gerektirir [6]. İş süreçleri modelleme alanlarında lider konumunda bulunan pek çok işletme tarafından uygulanmaktadır. Bu işletmeler *iş süreçleri modellemeyi* Toplam Kalite Yönetimi, ISO 9000 uygulamaları, Eğitim ve Yönetim Mühendisliği (Re-Engineering) çalışmaları için çok kıymetli bir araç olarak görmekte ve çoğunlukla bu uygulamalarda da kullanmaktadır [5, 7]. Bu işletmelerin hemen hepsi *iş süreçleri modelleme* uygulamalarının verimliliğe olumlu yönde katkı yaptığını belirtmektedir [8].

Tipik bir iş süreçleri modelleme çalışması genellikle aşağıda belirtilen amaçların/faydaların gerçekleştirilebilmesini hedefler [3]:

- Sistemdeki darboğazların belirlenmesi,

- Sistemdeki değer katmayan faaliyetlerin belirlenmesi,
- Sistemin performansını artıracak değişikliklerin keşfedilmesi,
- Alternatif süreç tasarımlarının gerçekleştirilmesi ve en iyi sonucu veren tasarımın seçilmesi,
- Planlanmış alternatif tasarımların ekonomik açıdan sağlamlarının yapılması,
- Performans hedeflerinin belirlenmesi.

Günümüzde iş süreçlerinin modellemek için değişik yöntem ve yaklaşımları temel alan çok sayıda yazılım piyasada mevcuttur. Yazılım sağlayıcıları mevcut iş süreçleri modelleme ürünlerini üç gurup altında sınıflandırma eğilimindedirler [9]:

- Şablonları kullanan çizim yazılımları (Visio, SmartDraw gibi)
- Elektronik tablo özellikleri de bulunan şablonları kullanan çizim yazılımları (Kaisha gibi)
- İleri düzey, ayrıık olay benzetimi de yapabilen yazılımlar (Simprocess, processmodel gibi)

Mevcut çalışmada “ileri düzey, ayrıık olay benzetimi de yapabilen yazılımlar” dikkate alınmış olup, bu yazılımları değerlendirebilmek ve mevcut yazılımlar arasından uygun bir seçim yapmada kullanılabilecek bir model önerilmiştir. Önerilen model çok kriterli ve hiyerarşik yapıda olup kriter değerlendirmeleri bulanık ifadeler kullanılarak yapılmıştır. Modeli oluşturan kriter ve alt kriterler [1,10,11] çalışmaları temel alınıp günümüz yazılımlarında bulunan bazı yeni özelliklerde dikkate alınarak belirlenmiştir. Önerilen çok kriterli, bulanık, hiyerarşik model, bilimsel yazında iş süreçleri modelleme yazılımı seçimi için özel olarak geliştirilen ilk çok kriterli karar verme modelidir. Modelin değerlendirmesi/çözümlemesi için ise bilimsel yazında çok fazla bilinmeyen ve çok kriterli karar verme problemleri için son yıllarda kullanılmaya başlanılan çizge teorisi ve matris yöntemi kullanılmıştır. Söz konusu yöntem kriter etkileşimlerini, kriter hiyerarşisini ve bulanık değerlendirmeleri dikkate alabilen bir yöntemdir. Mevcut makale ile aynı zamanda çizge teorisi-matris yönteminin iş süreçleri modelleme yazılımı seçimi problemine ilk uygulaması gösterilmiştir. Çizge teorisi-matris yönteminin bilimsel yazındaki diğer uygulamaları ve ayrıntılı açıklamaları için yazarın henüz tamamlanmış olan makalesine bakılabilir [12].

Makalenin diğer bölümleri şu şekilde organize edilmiştir; ikinci bölümde iş süreçleri modelleme/benzetim yazılımları seçimde kullanılması önerilen model tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde çok kriterli karar verme modelinin esasını teşkil eden matris permanentleri açıklanmıştır. Dördüncü

bölümde yöntemin uygulanması gösterilmiştir. Beşinci bölümde sonuçlar verilmiştir.

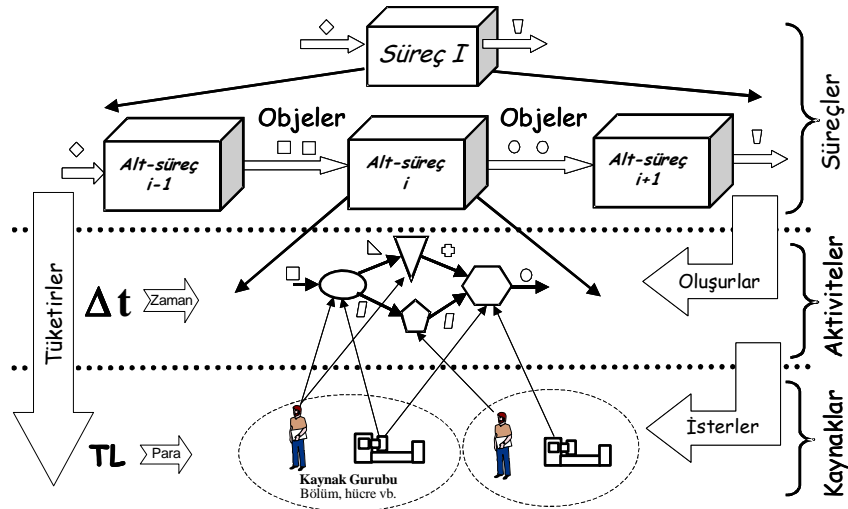
## 2. İŞ SÜREÇLERİ MODELLEME/ BENZETİM YAZILIMLARI VE ÇOK KRİTERLİ BİR DEĞERLENDİRME MODELİ (BUSINESS PROCESS MODELING/ SIMULATION SOFTWARE AND A MULTIPLE CRITERIA EVALUATION MODEL)

İş süreçleri modellemenin ana hedefi üretim veya servis sistemlerinin basitleştirilmiş fakat karar vermede işe yarayan bir modelini oluşturmaktır. Modellemede kapsam işletmeler topluluğunun tamamı olabileceği gibi, bir işletmenin bir bölümü veya birbiri ile bağlantılı çeşitli kısımları da olabilir. İş süreç modeli, bilgisayar veya kâğıt üzerine çizilmiş *durağan* bir modeli olabileceği gibi, tamamen bilgisayar ortamında geliştirilmiş *devinimli* bir modelde olabilir [3, 5]. Ancak, iş süreci modelleme çalışmalarının hızlı ve etkin bir şekilde yapılabilmesi ve beklenen faydaların elde edilebilmesi için *bilgisayar destekli iş süreçleri modelleme* yazılımlarına ihtiyaç vardır. Cheung ve Bal [13]’ın da ifade ettiği gibi “bir iş süreci geliştirme metodolojisi ancak onu destekleyen araç ve teknikler kadar iyidir”. Günümüz yazılım piyasasında, bu amaçla geliştirilmiş birçok yazılım mevcuttur. O halde işe iyi bir süreç modelleme yazılımı elde etmekle başlamak en akıllıca yaklaşım olacaktır. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken en önemli konu hangi yazılımın seçileceğidir. Son yıllarda iş süreçleri modelleme için çeşitli yazılımlar geliştirilmiştir. Bu yazılımların hemen hepsi görsel tabanlı olup, iş süreçlerini tanımlamada grafiksel simge ve nesnelere kullanırlar. Süreçleri ve onları oluşturan faaliyetlerin mantık ve rotaları bir seri kutucuk ve bunları bağlayan oklarla tanımlanmaya çalışılır. Her bir sürecin ve/ya faaliyetin özel karakteristiği daha sonra süreç ve faaliyete nitelik olarak atanabilir. Bazı yazılımlar faaliyet ve süreçlerin çeşitli karakteristiklerini tanımlayan nitelik veya model parametrelerini ve diğer bazı mantıksal oluşları Visual Basic, Java veya kendine özel diller kullanarak programlayabilir.

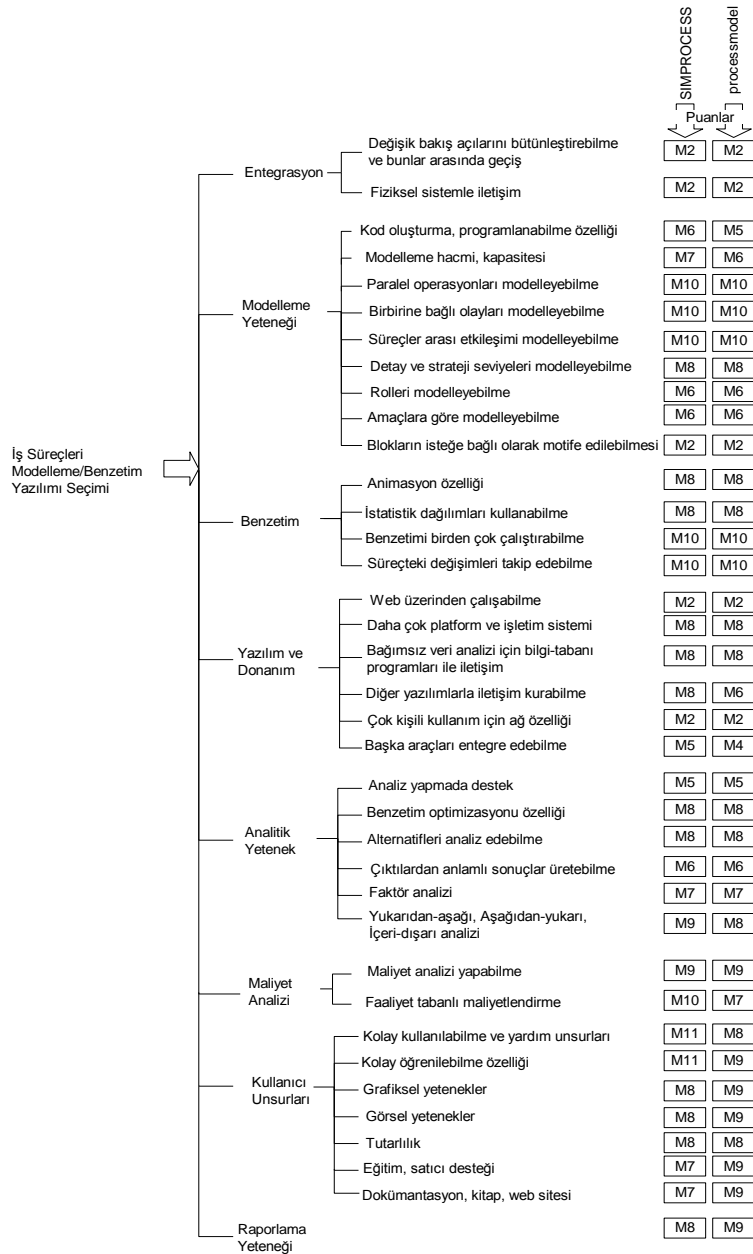
Süreç modelleme çalışmasından beklenenler göz önüne alındığında, istenilen temel sonuçların üretilmesi için kullanılacak olan süreç modelleme yazılımının şu temel işlevleri yerine getiriyor olması beklenir: Süreç haritalama (tercihen hiyerarşik) (temel gereksinim), dinamik benzetim ve maliyet analizi. Bu üç işlevin etkili bir süreç yazılımında bütünleşik olarak bulunması önemli bir tercih nedenidir. Klasik kaynak tabanlı ayrık olay benzetim yazılımları ile süreç modelleme yazılımları arasındaki temel farklılık ise süreç modelleme yazılımlarının benzetime ek olarak süreç haritalama ve maliyetlendirme fonksiyonlarını da genellikle içermesidir. Süreç modelleme yazılımlarında her hangi bir iş süreci;

süreç ve faaliyetler tanımlanıp ilişkilendirilerek yapılır. Böyle bir modelde süreçler, yerine getirilmesi belirli bir zaman gerektiren davranışları (sipariş alma, montaj vb.) gösterir. Faaliyetleri gerçekleştirmek için kaynaklar (işçi, makine vb) tanımlanır ve faaliyetlere atanır. Diğer bir ifade ile kaynaklar faaliyetleri gerçekleştirmek için gerekli olan nesnelere. Objeler (ürün, hammadde, evrak vb.) süreçler ve faaliyetler arasında akar (transfer edilir) ve genellikle aktiviteler/süreçler tarafından dönüşüme uğratılır. Baykasoğlu [3] tipik bir süreç modeli yapısını Şekil 1’de [3] gösterildiği gibi ifade etmiştir.

Geleneksel benzetim yazılımları kullanılarak geliştirilen bir modelde genellikle süreç yazılı ve ilişkili metin dosyaları ile tanımlanmaz (süreç hakkında ayrıntılı bilgiler modelin bir parçası değildir). Süreç modelleme yazılımlarında ise çok durum farklıdır. Süreç haritalama teknikleri ile süreçler ve alt-süreçler genellikle hiyerarşik bir yapıda grafiksel ve metinsel olarak ayrıntılı bir şekilde çizilerek tanımlanır. Bu haritalar gerekirse html ve diğer formatlara da dönüştürülebilir ve internet ortamlarında kullanılabilir. Klasik benzetim yazılımları genellikle maliyetlendirme ve maliyet analizi fonksiyonlarını da içermezler. Modern süreç modelleme yazılımlarında ise ayrıntılı bir süreç maliyetlendirmesi söz konusudur. Birçok süreç modelleme yazılımında bu işlev faaliyet tabanlı maliyetlendirme yaklaşımı kullanılarak yerine getirilir. Süreç modelleme yazılımlarında olması gereken diğer önemli özellikler ise, kolay öğrenilebilme, diğer yazılımlarla etkin veri alışverişi yeteneği ve internet ortamında veri alışverişi yapabilme yeteneği gibi daha pek çok özellik sıralanabilir. Mevcut çalışmada iş süreçleri modelleme yazılımlarını değerlendirebilmek için çok detaylı bir gereksinimler analizi modeli önerilmiştir. Geliştirilen model çok kriterli ve hiyerarşik bir yapıdadır. Modeli oluşturan kriter ve alt kriterler ayrıntılı bir literatür taraması sonucunda [1,10,11] çalışmaları ve yazarın konu hakkındaki uzun yıllara dayanan deneyimleri dikkate alınarak günümüz yazılımlarında bulunan bazı öne çıkan özelliklerde dikkate alınarak oluşturulmuştur. Önerilen model Şekil 2’de gösterilmiştir. Önerilen model ile Simprocess™ [14] ve Processmodel™ [15] isimli iş süreçleri modelleme yazılımları, bu yazılımları uzun süredir kullanan yazar ve diğer uzmanlar tarafından Tablo 1’de gösterilen dilsel ifadeler kullanılarak değerlendirilmiştir. Her iki yazılım için ortalama değerlendirme puanları Şekil 2’de verilmiştir. Her iki yazılım bölüm 3 ve 4 de ayrıntılı olarak açıklanan çizge teorisi-matris yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve değerlendirme sonuçları özetlenmiştir.



Şekil 1. Süreç modelleme mantığı (Process modeling logic)



Şekil 2. Süreç modelleme yazılımları için gereksinimler modeli (Requirements model for process modelling software)

### 3. MATRİS PERMANENT (MATRIX PERMANENTS)

Matris permanentleri Binet ve Cauchy tarafından eş zamanlı olarak 1812 yılında ortaya konulmuştur [16]. Permanentler esas olarak determinantlara benzerler, fakat çok temel bir farkları vardır, bir matrisin permanent değeri hesaplanırken tüm permütasyonların işareti pozitif kabul edilir. Bu özellikten dolayı permanentlerde herhangi bir bilgi kaybı söz konusu değildir. Permanentler genellikle kombinyonel matematik çalışmalarında kullanılmaktadır. Diğer alanlardaki uygulamaları pek yaygın olmadığından ders kitaplarında bu konuya pek yer verilmemektedir. Bu nedenle çok az bilinirler. Temel olarak permanent ikili bir çizgedeki (*bipartite graph*) mükemmel eşleşmelerin (*perfect matching*) toplam sayısını ifade eder.  $A = (a_{ij})$   $m \times n$  boyutundaki bir matris olmak üzere,  $m \leq n$ .

$A$  matrisinin permanenti  $Per(A)$  şeklinde yazılır ve Minc tarafından eşitlik 1 deki gibi ifade edilmiştir [16]:

$$Per(A) = \sum_{\sigma} a_{1\sigma(1)} a_{2\sigma(2)} \dots a_{m\sigma(m)} \quad (1)$$

Eşitlik 1'deki toplam ifadesi bütün birebir fonksiyonları kapsar  $\{1, \dots, m\}$  den  $\{1, \dots, n\}$  'e kadar.

$a_{1\sigma(1)}, \dots, a_{m\sigma(m)}$  sırası  $A$ 'nın diyagonalı diye isimlendirilir ve  $a_{1\sigma(1)} \dots a_{m\sigma(m)}$  çarpımı  $A$ 'nın diyagonal çarpımıdır. Bu nedenle  $A$ 'nın permanenti  $A$ 'nın tüm diyagonal çarpımlarının toplamıdır.

Permanentin hesaplanması determinantın hesaplanmasına göre oldukça zordur. Bir matrisin determinantı Gaussian eleme yöntemi kullanılarak kolayca hesaplanabilir. Ancak benzer bir yöntem kullanarak bir matrisin permanenti hesaplanamaz. Ayrıca, elemanları 0 ve 1'lerden oluşan bir matrisin permanentinin hesaplanması #P-tam bir problemdir [17]. Ancak, matrisin elemanları pozitif sayılardan oluşursa permanent rassal bir polinom zamanda çok düşük bir hata oranıyla yaklaşık olarak hesaplanabilir. Bu amaçla Ryser tarafından geliştirilen iki nolu eşitlik kullanılabilir [18].

$$Per(A) = (-1)^n \sum_{S \subseteq \{1, \dots, n\}} (-1)^{|S|} \prod_{i=1}^n \sum_{j \in S} a_{ij} \quad (2)$$

Eşitlik 2'de toplam ifadesi  $\{1, \dots, n\}$ 'nin tüm alt kümelerini kapsar ve  $|S|$ ,  $S$ 'deki eleman sayısını gösterir. Permanentin hesaplanmasına örnek olarak aşağıdaki  $3 \times 3$ 'lük matrisi ele alalım:

$$A = \begin{pmatrix} a & d & g \\ b & e & h \\ c & f & i \end{pmatrix}$$

Bütün permütasyonları kullanan 1'nolu klasik eşitlik aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$Per(A) = aei + bfg + cdh + afh + bdi + ceg .$$

Aynı matris için Ryser'nin eşitliği (eşitlik 2) şu şekilde ifade edilebilir

$$Per(A) = (a+b+c)(d+e+f)(g+h+i) - (a+b)(d+e)(g+h) - (a+c)(d+f)(g+i) - (b+c)(e+f)(h+i) + adg + beh + cfi$$

Permanentlerin determinantlar gibi kolay bir geometrik yorumu bulunmamaktadır bu nedenle kullanımları pek yaygın değildir. Permanentler hakkında daha ayrıntılı bilgi edinmek, mühendislik ve karar analizi alanlarındaki uygulamalarının ayrıntılı bir taraması/değerlendirmesi ve bir geometrik yorum denemesi için yazar tarafından hazırlanan yayına bakılabilir [12].

### 4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME PROBLEMLERİNİN MODELLENMESİ VE ÇÖZÜMÜNDE ÇİZGE TEORİSİ-MATRİS PERMANENT YAKLAŞIMI (GRAPH THEORY-MATRIX PERMANENT APPROACH IN MODELING AND SOLVING MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING PROBLEMS)

Bu bölümde belirli ve bulanık Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemlerini modelleyip çözebilmek için Çizge Teorisi-Matris Permanent (ÇT-MP) yaklaşımın ne şekilde kullanılabileceği örnek bir problem yardımıyla adım-adım açıklanmıştır [12, 19].

**1. Adım:** Problemi oluşturan kriter ve alt-kriterleri belirleyin. Örnek bir çok kriterli problem yapısı Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3'den görülebileceği gibi ÇT-MP yaklaşımı kullanılarak hiyerarşik yapıda ve kriterleri arasında etkileşim bulunan ÇKKV problemleri modellenilebilir.

**2. Adım:** Kriterler arasındaki karşılıklı önem (veya etkileşim) derecesini ve her bir alternatifin kriter puanlarını belirleyin. Eğer kriterleri objektif olarak değerlendirmek mümkün değilse, alternatiflerin puanları uzmanlar tarafından 0 ile 10 arasında bir skala kullanılarak subjektif olarak belirlenebilir. Bu amaçla Tablo 1 kullanılabilir. Değerlendirmesi yapılan kriterlerin farklı birimlerde olması durumunda normalleştirme yapmak gerekir (0-1 arasında indirmek). Eğer bir  $C_i$  alternatifinin puanı  $\{C_{il}, C_{iu}\}$  arasında ise, 0 değeri alt sınırına ( $C_{il}$ ) ve 1 değeri ise üst sınırına ( $C_{iu}$ ) atanır. Diğer ara değerler ( $C_{ii}$ ) ise eşitlik 3 yardımı ile fayda kriterleri için alternatiflerin

puanlar hesaplanabilir. Diğer kriterler için 0 değeri üst sınıra, 1 değeri ise alt sınıra atanıp, aradaki değerler için eşitlik 4 kullanılarak alternatiflerin puanları bulunabilir.

$$C_i = (C_{ii} - C_{il}) / (C_{iu} - C_{il}) \quad (3)$$

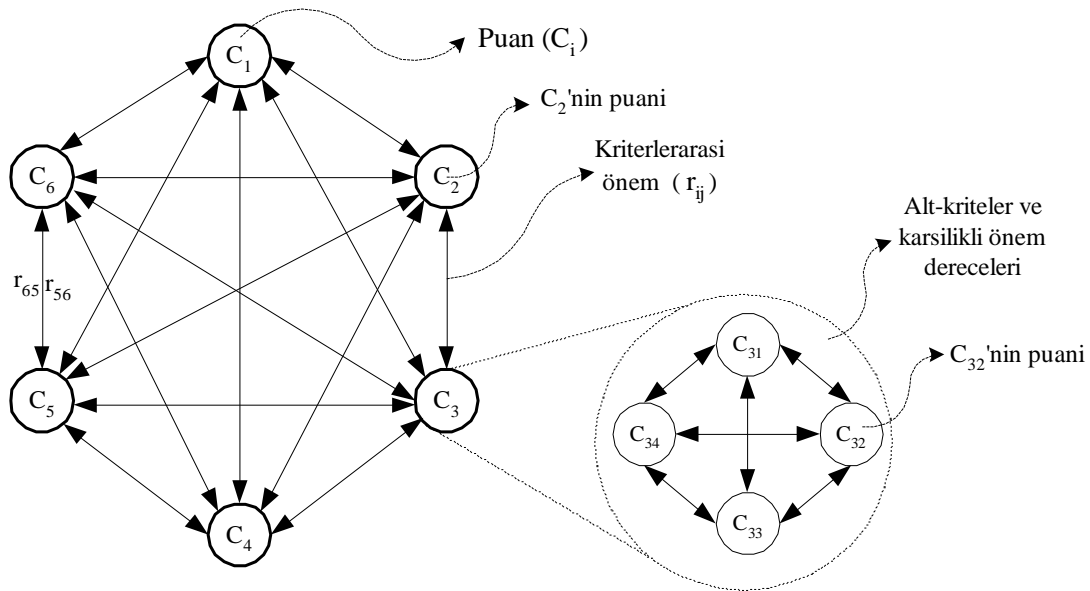
$$C_i = (C_{iu} - C_{ii}) / (C_{iu} - C_{il}) \quad (4)$$

Bütün alternatiflerin ( $i=1, \dots, N$ ) puan değerleri belirlendikten sonra her bir alternatif için kriter puan matrisi ( $\Psi$ ) oluşturulur.  $\Psi$ ,  $N \times N$  boyutunda diyagonal bir matristir.

$$[\Psi] = \begin{bmatrix} C_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & C_{22} & \dots & 0 \\ \cdot & \dots & \cdot & \cdot \\ 0 & \dots & 0 & C_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Kriterler arasındaki karşılıklı önem (veya etkileşim) derecesi ( $r_{ij}$ ) için 0 ile 1 arasında bir değer uzmanlar tarafından Tablo 2 kullanılarak atanabilir. Karşılıklı önemlerin (veya etkileşimlerin) simetrik olması durumunda ( $r_{ji}=1-r_{ij}$  veya  $r_{ji}=1/r_{ij}$ ) formülleri ile hesaplanabilir. Ancak simetrik olma diye bir zorunluluk bulunmamaktadır. Karşılıklı önem (etkileşim)  $\beta$  matrisi eşitlik 6 de simetrik ve simetrik olmayan değerlendirme için oluşturulur.

$$[\beta] = \begin{bmatrix} 0 & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 0 & \dots & r_{2n} \\ \cdot & \dots & \cdot & \cdot \\ r_{n1} & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$



Şekil 3. ÇKKV problemleri için ÇT-MP problem yapısı (GT-MP problem structure for MADM)

Tablo 1. Alternatifler için subjektif skorlar (Subjective scores for alternatives)

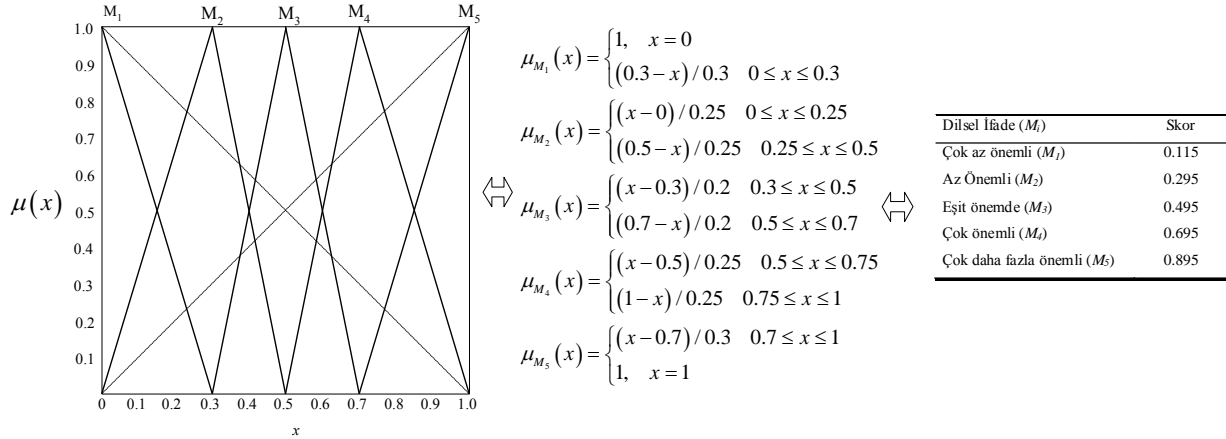
Sübjektif Ölçüt	Nümerik Değer
Son derece düşük	0
Gayet düşük	1
Çok düşük	2
Düşük	3
Ortalamanın altında	4
Ortalama	5
Ortalamanın üstünde	6
Yüksek	7
Çok yüksek	8
Gayet yüksek	9
Son derece yüksek	10

Tablo 2. Kriterlerin karşılıklı önem değerlemesi (Pairwise importance comparison of criteria)

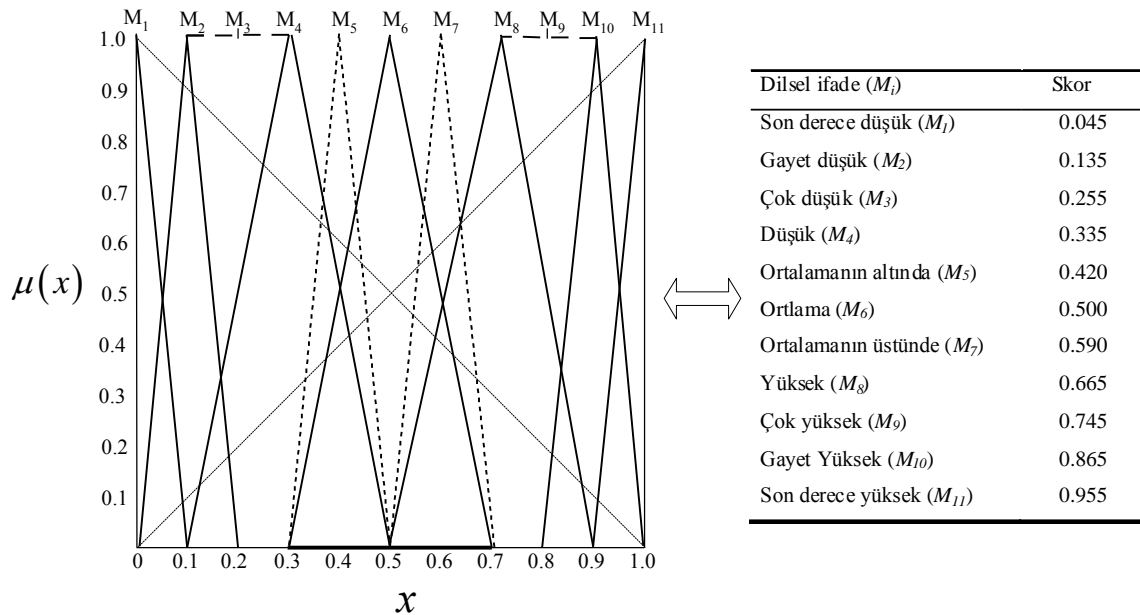
Sınıf tanımlaması	$r_{ij}$	$r_{ji}=1-r_{ij}$
İki kriter eşit önemde	0.5	0.5
Bir kriter diğerinden az daha önemli	0.6	0.4
Bir kriter diğerinden daha önemli	0.7	0.3
Bir kriter diğerinden çok daha önemli	0.8	0.2
Bir kriter diğerinden oldukça yüksek derecede önemli	0.9	0.1
Bir kriter son derecede yüksek önemde, diğeri önemli değil	1.0	0.0

Kriterler arasındaki karşılıklı önem (veya etkileşim) derecesi ( $r_{ij}$ ) ve alternatiflerin kriter puanları ( $C_i$ ) bulanık küme teorisi yaklaşımı yardımıyla da bulunabilir. Bu çalışmada karşılıklı kriter önem (etkileşim) derecelerini belirlemek için 5 kademeli, kriter puanlarını hesaplamak içinse 11 kademeli bulanık skalalar kullanılmıştır. Kullanılan bulanık skalalar Şekil 4 ve 5’de gösterilmiştir. Chen ve Hwang [20] tarafından geliştirilen yöntem

kullanılarak bulanık puanlar belirgin puanlara dönüştürülebilir. Dönüştürülmüş puanlar Şekil 4 ve 5’de gösterilmiştir. Dönüştürme işleminin ayrıntıları için Chen ve Hwang [20] çalışması incelenebilir. Eğer karar problemi bulanık ifadeler ile modellenmişse, dönüştürme işlemi sonucunda elde edilen puanlar  $\Psi$  ve  $\beta$  matrislerinin oluşturulmasında kullanılabilir.



**Şekil 4.** Kriter karşılaştırması için 5 kademeli dilsel ifade, bulanık sayı ve belirgin sayı dönüşümü  
(A 5 level scale for fuzzy to crisp number conversion to compare criteria)



**Şekil 5.** Alternatiflerin kriter puanları için 11 kademeli dilsel ifade, bulanık sayı ve belirgin sayı dönüşümü  
(An 11 level scale for fuzzy to crisp number conversion to evaluate alternatives)

**3. Adım:** Bir alternatif için kriter puan matrisi ( $\Psi$ ) ve karşılıklı önem (etkileşim)  $\beta$  matrisi belirlendikten sonraki adımda değerlendirme matrisi ( $\xi$ ) eşitlik 7 kullanılarak elde edilir.

$$\xi = \Psi + \beta = \begin{bmatrix} C_1 & r_{12} & r_{13} & \dots & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & C_2 & r_{23} & \dots & \dots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & C_3 & \dots & \dots & r_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & \dots & C_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

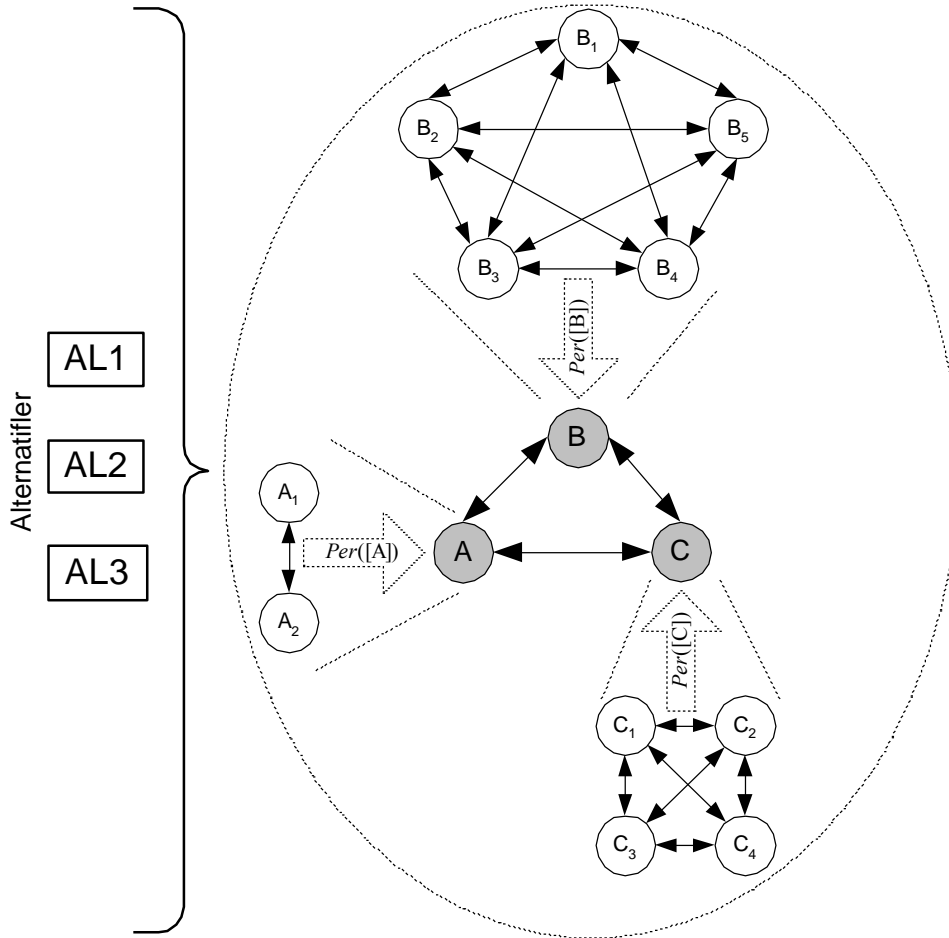
Değerlendirme matrisinin ( $\xi$ ) permanenti,  $per(\xi)$ , alternatifin nihai skorunu verir. Her alternatif için  $per(\xi)$  ayrı-ayrı hesaplanmalı ve azalan bir şekilde sıralanmalıdır. En büyük  $per(\xi)$  değerine sahip alternatif en iyi seçenek olarak belirlenir. Daha öncede ifade edildiği gibi  $per(\xi)$  eşitlik 2 kullanılarak hesaplanabilir. Eşitlik 2 in açık formu eşitlik 8 gösterildiği gibidir.

$$per(\xi) = \prod_{i=1}^N C_i + \sum_{i,j,\dots,N} (r_{ij}r_{ji})C_k C_l \dots C_N + \sum_{i,j,\dots,N} (r_{ij}r_{jk}r_{ki} + r_{ik}r_{kj}r_{ji})C_l C_m \dots C_N + \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i,j,\dots,N} (r_{ij}r_{ji})(r_{kl}r_{lk})C_n C_m \dots C_N + \\ \sum_{i,j,\dots,N} (r_{ij}r_{jk}r_{kl}r_{li} + r_{il}r_{lk}r_{kj}r_{ji})C_n C_m \dots C_N \end{array} \right\} (8) + \left[ \begin{array}{l} \sum_{i,j,\dots,N} (r_{ij}r_{ji})(r_{kl}r_{ln}r_{nk} + r_{kn}r_{nl}r_{lk})C_m C_o \dots C_N \\ + \sum_{i,j,\dots,N} (r_{ij}r_{jk}r_{kl}r_{ln}r_{ni} + r_{in}r_{nl}r_{lk}r_{kj}r_{ji})C_m C_o \dots C_N \end{array} \right] + \dots$$

#### 4.1. Sayısal Örnek (Numerical Example)

Beş ana kriteri ve onbir (2+5+4) alt kriteri ile üç adet alternatifi olan bir karar problemimiz olduğunu varsayalım. Değerlendirmelerin (önem dereceleri, puanlar) önceki bölümde ifade edildiği gibi bulanık ifadeler kullanılarak yapıldığını varsayalım. Karar verme probleminin çizge modeli Şekil 6'da gösterildiği gibidir.

Alternatif 1 (AL1)'in ana ve alt-kriterler için ( $per([\xi]_{AL1}^A)$ ,  $per([\xi]_{AL1}^B)$ ,  $per([\xi]_{AL1}^C)$ ) permanent değerleri eşitlik 8 kullanılarak şu şekilde hesaplanabilir (değerlendirmelerin aşağıdaki matrislerde verildiği gibi yapıldığı kabul edilmiştir):



Şekil 6. Örnek problem için çizge modeli (Graph model of the example problem)



$$[\xi]_{AL1}^A = \begin{matrix} & A_1 & A_2 \\ A_1 & \mathbf{0.665} & 0.495 \\ A_2 & 0.495 & \mathbf{0.665} \end{matrix},$$

$$[\xi]_{AL1}^B = \begin{matrix} & B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ B_1 & \mathbf{0.420} & 0.695 & 0.495 & 0.695 & 0.495 \\ B_2 & 0.295 & \mathbf{0.420} & 0.115 & 0.295 & 0.115 \\ B_3 & 0.495 & 0.895 & \mathbf{0.335} & 0.695 & 0.495 \\ B_4 & 0.295 & 0.695 & 0.295 & \mathbf{0.335} & 0.295 \\ B_5 & 0.495 & 0.895 & 0.495 & 0.695 & \mathbf{0.665} \end{matrix},$$

$$[\xi]_{AL1}^C = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \\ C_1 & \mathbf{0.665} & 0.895 & 0.695 & 0.895 \\ C_2 & 0.115 & \mathbf{0.420} & 0.115 & 0.495 \\ C_3 & 0.295 & 0.895 & \mathbf{0.500} & 0.695 \\ C_4 & 0.115 & 0.495 & 0.295 & \mathbf{0.500} \end{matrix},$$

$$[\xi]_{AL1} = \begin{matrix} & A & B & C \\ A & per([\xi]_{AL1}^A) & 0.695 & 0.695 \\ B & 0.295 & per([\xi]_{AL1}^B) & 0.695 \\ C & 0.295 & 0.295 & per([\xi]_{AL1}^C) \end{matrix}$$

$$per([\xi]_{AL1}^A) = 0.6873, \quad per([\xi]_{AL1}^B) = 2.0043,$$

$$per([\xi]_{AL1}^C) = 0.8382, \quad per([\xi]_{AL1}) = 2.0813$$

Benzer hesaplamalar ikinci alternatif (L2) içinde yapılır:

$$[\xi]_{AL2}^A = \begin{matrix} & A_1 & A_2 \\ A_1 & \mathbf{0.665} & 0.495 \\ A_2 & 0.495 & \mathbf{0.420} \end{matrix},$$

$$[\xi]_{AL2}^B = \begin{matrix} & B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ B_1 & \mathbf{0.590} & 0.695 & 0.495 & 0.695 & 0.495 \\ B_2 & 0.295 & \mathbf{0.500} & 0.115 & 0.295 & 0.115 \\ B_3 & 0.495 & 0.895 & \mathbf{0.590} & 0.695 & 0.495 \\ B_4 & 0.295 & 0.695 & 0.295 & \mathbf{0.745} & 0.295 \\ B_5 & 0.495 & 0.895 & 0.495 & 0.695 & \mathbf{0.665} \end{matrix},$$

$$[\xi]_{AL2}^C = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \\ C_1 & \mathbf{0.665} & 0.895 & 0.695 & 0.895 \\ C_2 & 0.115 & \mathbf{0.665} & 0.115 & 0.495 \\ C_3 & 0.295 & 0.895 & \mathbf{0.500} & 0.695 \\ C_4 & 0.115 & 0.495 & 0.295 & \mathbf{0.335} \end{matrix},$$

$$[\xi]_{AL2} = \begin{matrix} & A & B & C \\ A & per([\xi]_{AL2}^A) & 0.695 & 0.695 \\ B & 0.295 & per([\xi]_{AL2}^B) & 0.695 \\ C & 0.295 & 0.295 & per([\xi]_{AL2}^C) \end{matrix}$$

$$per([\xi]_{AL2}^A) = 0.5243, \quad per([\xi]_{AL2}^B) = 3.0069,$$

$$per([\xi]_{AL2}^C) = 0.8871, \quad per([\xi]_{L2}) = 2.5074$$

Üçüncü alternatif (L3) için ise hesaplamalar şu şekildedir:

$$[\xi]_{AL3}^A = \begin{matrix} & A_1 & A_2 \\ A_1 & \mathbf{0.745} & 0.495 \\ A_2 & 0.495 & \mathbf{0.500} \end{matrix},$$

$$[\xi]_{AL3}^B = \begin{matrix} & B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ B_1 & \mathbf{0.420} & 0.695 & 0.495 & 0.695 & 0.495 \\ B_2 & 0.295 & \mathbf{0.500} & 0.115 & 0.295 & 0.115 \\ B_3 & 0.495 & 0.895 & \mathbf{0.420} & 0.695 & 0.495 \\ B_4 & 0.295 & 0.695 & 0.295 & \mathbf{0.335} & 0.295 \\ B_5 & 0.495 & 0.895 & 0.495 & 0.695 & \mathbf{0.745} \end{matrix},$$

$$[\xi]_{AL3}^D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 \\ C_1 & \mathbf{0.865} & 0.895 & 0.695 & 0.895 \\ C_2 & 0.115 & \mathbf{0.590} & 0.115 & 0.495 \\ C_3 & 0.295 & 0.895 & \mathbf{0.500} & 0.695 \\ C_4 & 0.115 & 0.495 & 0.295 & \mathbf{0.865} \end{matrix},$$

$$[\xi]_{AL3} = \begin{matrix} & A & B & C \\ A & per([\xi]_{AL3}^A) & 0.695 & 0.695 \\ B & 0.295 & per([\xi]_{AL3}^B) & 0.695 \\ C & 0.295 & 0.295 & per([\xi]_{AL3}^C) \end{matrix}$$

$$per([\xi]_{AL3}^A) = 0.6175, \quad per([\xi]_{AL3}^B) = 2.2497,$$

$$per([\xi]_{AL3}^C) = 1.2868, \quad per([\xi]_{L3}) = 2.8423$$

Yapılan hesaplamalara göre üçüncü alternatif, AL3 en iyi, ilk alternatif, AL1 ise en kötü seçenek olarak sıralanabilir.

#### 4.2. Yazılım Seçimi Uygulaması (Software Selection Application)

İş süreçlerini modellemede yoğun olarak kullanılan ve bu alanda piyasada öncü yazılımlar arasında yer alan “Simprocess” ve “Processmodel” isimli iki yazılımın değerlendirmesi üzerinden önerilen modelin kullanımı bu kısımda gösterilmiştir. Önerilen modelde toplam 8

adet ana-kriter ve 36 adet alt-kriter bulunmaktadır (Bkz. Şekil 2). Ana kriterler A, B, C, D, E, F, G, H olarak kodlanmış olup alt-kriterler ise hangi ana-kritere bağlı olduğunu gösterecek biçimde A1,A2, B1, B2... şeklinde kodlanmıştır. Kodlama işlemi Şekil 2’de gösterilen kriterler yukarıdan aşağıya bir sıra takip edilecek şekilde uygulanmıştır. Örneğin; “A-Entegrasyon”, “B-Modelleme Yeteneği”, “A1-Değişik bakış açılarını bütünleştirebilme ve bunlar arasında geçiş”. Uygulama çalışmasında ilk olarak

Şekil 2’de önerilen modelin kriter değerlendirmeleri ve her seviyedeki kriterlerin kendi aralarındaki karşılıklı önem değerlendirmesi Şekil 4 ve 5 gösterilen bulanık (dilsel) ifadeler yardımı ile subjektif olarak yapılmıştır. Değerlendirmeler bu yazılımları aktif olarak uzun yıllardır kullanan ve aralarında yazarında bulunduğu uzman bir grup tarafından yapılmıştır. Kriter değerlendirmelerinin sonuçları Şekil 2’de verildiği gibidir. Kriterler arası değerlendirme sonuçları ise Şekil 7’de verilmiştir.

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	*	M2	M2	M2	M2	M3	M3	M4
B	M4	*	M4	M4	M4	M5	M5	M5
C	M4	M2	*	M4	M3	M4	M4	M4
D	M4	M2	M2	*	M3	M4	M4	M5
E	M4	M2	M3	M3	*	M4	M4	M5
F	M3	M1	M2	M2	M2	*	M3	M3
G	M3	M1	M2	M2	M2	M3	*	M4
H	M2	M1	M2	M1	M1	M3	M2	*

	A1	A2
A1	*	M4
A2	M2	*

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
B1	*	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3
B2	M3	*	M2	M2	M2	M3	M2	M3	M3
B3	M3	M4	*	M3	M3	M4	M4	M3	M4
B4	M3	M4	M3	*	M3	M4	M4	M3	M4
B5	M3	M4	M3	M3	*	M4	M4	M4	M4
B6	M3	M3	M2	M2	M2	*	M3	M3	M4
B7	M3	M4	M2	M2	M2	M3	*	M3	M4
B8	M3	M3	M3	M3	M2	M3	M3	*	M4
B9	M3	M3	M2	M2	M2	M2	M2	M2	*

	C1	C2	C3	C4
C1	*	M3	M4	M3
C2	M3	*	M4	M3
C3	M2	M2	*	M2
C4	M3	M3	M4	*

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
D1	*	M3	M3	M3	M3	M3
D2	M3	*	M2	M3	M2	M3
D3	M3	M4	*	M3	M4	M4
D4	M3	M3	M3	*	M3	M4
D5	M3	M4	M2	M3	*	M4
D6	M3	M3	M2	M2	M2	*

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
E1	*	M1	M2	M2	M1	M1
E2	M5	*	M2	M2	M2	M2
E3	M4	M4	*	M3	M4	M3
E4	M4	M4	M3	*	M4	M3
E5	M5	M4	M2	M3	*	M3
E6	M5	M4	M3	M4	M3	*

	F1	F2
F1	*	M4
F2	M2	*

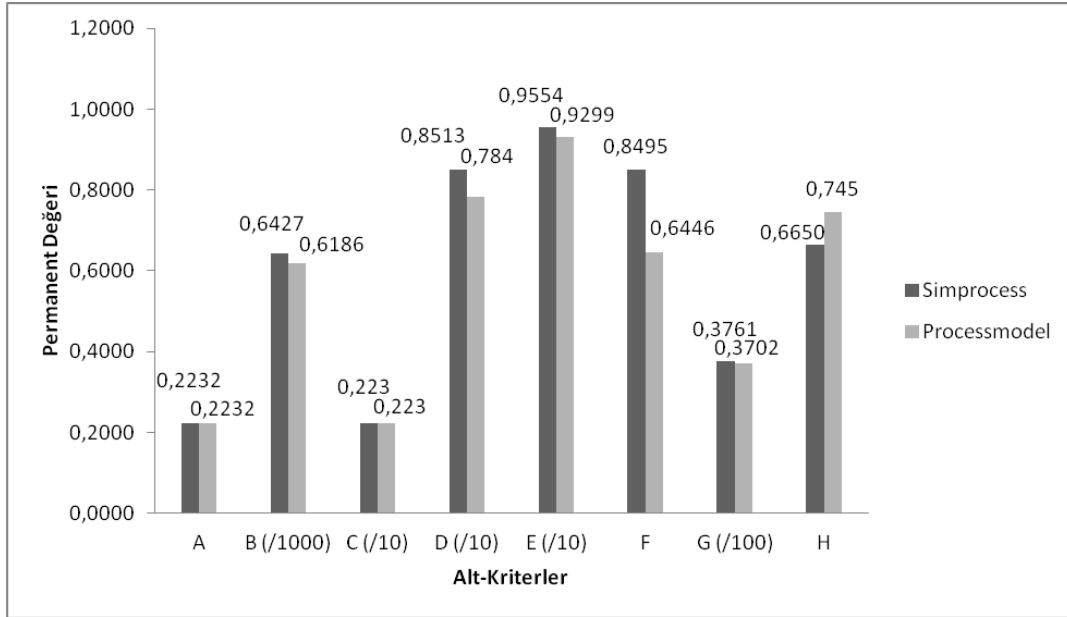
  

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
G1	*	M3	M2	M2	M1	M3	M3
G2	M3	*	M2	M2	M1	M3	M3
G3	M4	M4	*	M3	M1	M3	M3
G4	M4	M4	M3	*	M1	M3	M3
G5	M5	M5	M5	M5	*	M4	M4
G6	M3	M3	M3	M3	M2	*	M3
G7	M3	M3	M3	M3	M2	M3	*

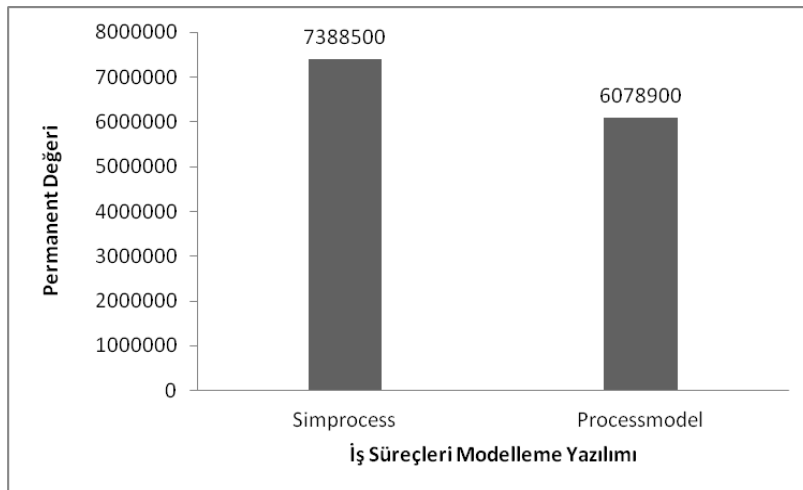
Şekil 7. Kriterler arası değerlendirme sonuçları (Pairwise comparison results for criteria)

Şekil 2 ve Şekil 7’de verilen veriler kullanılarak bir önceki bölümdeki sayısal örnekte açıklandığı gibi yapılan hesaplamalarla iki yazılımın karşılaştırması yapılmıştır. Hesaplamaları otomatik ve hızlı bir şekilde yapabilmek için Matlab dilinde bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Karşılaştırma sonuçları Şekil 8 ve 9’da gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre

Simprocess tercih edilmesi önerilen yazılım olarak ortaya çıkmaktadır (Bkz. Şekil 9). Ancak alt-kriterler bazındaki sonuçlara bakıldığında Processmodel yazılımın A ve C alt-kriterlerinde aynı performansa, B ve G kriterlerinde ise çok yakın bir performansa, H kriterinde ise daha iyi bir performansa sahip olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 8. Alt-kriterler için değerlendirme sonuçları (Evaluation results for sub-criteria)



Şekil 9. Genel sonuç (Overall result)

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR (DISCUSSION AND CONCLUSIONS)

Günümüzde iş süreçlerinin modellenmesi, benzetimi ve analizinde kullanılabilecek çok sayıda yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılımlardan en uygun olanı seçmek bir süreç modelleme çalışmasının başarısı için kritik derecede önem arz eden bir işlemdir. Mevcut çalışmada iş süreçleri modelleme yazılımı seçimi için çok kriterli bir karar modeli önerilmiştir. Uygulama çalışmasında piyasada yaygın olarak kullanılan iki yazılım mukayese edilerek, elde edilen sonuçlar rapor edilmiştir. Modelin oluşturulması ve analizi için çizge teorisi ve matris metodu yaklaşımı kullanılmıştır. Mevcut makalede hem iş süreçleri modelleme yazılımı seçimi için ilk defa çok kriterli bir model geliştirilmiş hem de çizge teorisi-matris yönteminin bu probleme ilk uygulaması gösterilmiştir. ÇT-MP yönteminin mevcut yöntemlere

göre temel avantaj ve dezavantajları şu şekilde ifade edilebilir:

- ÇT-MP'nin hesaplama yöntemi diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre görece kolaydır.
- Diğer çok sayıda çok-kriterli karar verme yönteminin aksine analitik ağ yöntemine benzer şekilde ÇT-MP yönteminde kriter etkileşimleri dikkate almak mümkündür. Analitik ağ yöntemine [21] göre hesaplama yükü ÇT-MP yönteminde daha azdır.
- Pek çok yöntemin aksine ÇT-MP yönteminde hiyerarşik karar problemleri kolaylıkla modellenebilir ve analiz edilebilir.
- ÇT-MP yöntemi ile duyarlılık analizi daha etkin olarak yapılabilir. Zira bu yöntemde kriter değerinde küçük bir değişiklik sonuç üzerinde

anlamli değişikliğe neden olabilir (bakınız referans 12).

- ÇT-MP yöntemi ile istenilen sayıda niteliksel ve niceliksel kriterler bir arada ele alınabilir ve etkin bir şekilde analiz edilebilir zira yöntem değerlerin değişimine çok duyarlıdır. Örneklerde gösterildiği gibi bulanık karar problemlerine de kolaylıkla uyarlanabilir bir yöntemdir.
- ÇT-MP yönteminde problem grafiksel bir şekilde ifade edildiği için karar vericilerle daha etkileşimli ve etkin bir sonuç paylaşımı mümkündür. Ayrıca kriter etkileşimlerini görsel olarak ifade etmek mümkündür.
- ÇT-MP'nin temel dezavantajı çok yüksek sayıda kriterin aynı seviyede ele alınmasının zorunlu olduğu durumlarda permanent değerinin hesaplanmasında ortaya çıkması olası hesaplama zorluğu olabilir. Zira permanent hesabı 3. bölümde de ifade edildiği gibi #P-tam bir problemdir.

Mevcut çalışma çeşitli yönlerden geliştirilebilir. Örneğin mevcut problem diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile modellenerek sonuçlar mukayese edilebilir. Kriter değerlendirmeleri sistematik bir şekilde değiştirilerek genel bir duyarlılık analizi yapılabilir. Mevcut makalede ana amaç modeli ve yöntemi tanıtmak olduğu için ve sayfa sınırlaması da bulunduğundan bu çalışmalar gelecek çalışmalar olarak düşünölmüştür.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Yu, B. and Wright, T. W., “Software tools supporting business process analysis and modelling”, **Business Process Management Journal**, Vol. 3, No. 2, 133-150, 1997.
2. Baykasoğlu, A. and Kaplanoğlu, V., “Evaluating the basic load consolidation strategies for a transportation company through logistics process modelling and simulation”, **International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies**, Vol. 3, No.3, 241-260, 2011.
3. Baykasoğlu, A., “Process modelling for manufacturing process selection”, **Teknoloji**, Vol. 1, No. 2, 83-94, 2001.
4. Ould, M., **Business Processes: Modelling and Analysis for Re-engineering and Improvement**, John Wiley & Sons, Chichester, 1995.
5. Baykasoğlu, A., ve Dereli, T., “Proseslerin bilgisayar ortamlarında modellenmesi, analizi ve seçimi”, **Endüstri Mühendisliği Dergisi**, Cilt 14, Sayı 1, 5-17, 2003.
6. Damij, N., “Business process modelling using diagrammatic and tabular techniques”, **Business Process Management Journal**, Vol. 13, No. 1, 70-90, 2007.
7. Baykasoğlu, A. and Bartık, E., “Modelling work processes of a logistic company for performance improvement and training”, **Proceedings of the 3rd International Logistics & Supply Chain Congress**, pp. 133-138, 23-24 November 2005, Istanbul, Turkey.
8. Baykasoğlu, A., “Süreç modelleme ve benzetimi yaklaşımının iş süreçlerinin modellenmesinde kullanımı ve bir uygulama çalışması”, **12. Ulusal Ergonomi Kongresi Bildiriler Kitabı**, Gazi Üniversitesi, Gölbaşı Sosyal Tesisleri, s. 266-271, 16-18 Kasım 2006, Ankara.
9. Wright, D. T. and Burns, N. D., “A guide to using the WWW to survey BPR research, practitioners and tools”, **IEE Engineering Management Journal**, Vol. 6, No. 5, 211-216, 1996.
10. Bradley, P., Browne, J., Jackson, S. and Jagdev, H., “Business process re-engineering (BPR) - A study of the software tools currently available”, **Computers in Industry**, Vol. 25, 309-330, 1995.
11. Hansen, G. A., “Tools for business-process reengineering”, **IEEE Software**, September, 131-133, 1994.
12. Baykasoğlu, A., “A review and analysis of ‘graph theoretical-matrix permanent’ approach to decision making with example applications”, **Artificial Intelligence Review**, DOI 10.1007/s10462-012-9354-y
13. Cheung, Y. and Bal, J., “Process analysis techniques and tools for business improvements”, **Business Process Management Journal**, Vol. 4, No. 4, 274-290, 1998.
14. [http://simprocess.com/\(05.09.2012\)](http://simprocess.com/(05.09.2012))
15. [http://www.processmodel.com/\(05.09.2012\)](http://www.processmodel.com/(05.09.2012))
16. Minc, H., **Permanents**, Addison-Wesley, Reading, 1978.
17. Nourani, Y. and Andersen, B., “Exploration of NP-hard enumeration problems by simulated annealing-the spectrum values of permanents”, **Theoretical Computer Science**, Vol. 215, 51-68, 1999.
18. Ryser, H. J., **Combinatorial Mathematics**, The Carus mathematical monographs, The Mathematical Association of America, 1963.
19. Rao, R. V., **Decision making in the manufacturing environment: using graph theory and fuzzy multiple attribute decision making methods**, Springer series in advanced manufacturing. Springer, London, 2007.
20. Chen, S-J. and Hwang, C. L., **Fuzzy multiple attribute decision making: methods and applications**, Springer-Verlag, Berlin and New York, 1992.
21. Ersöz, S. and Aktepe, A., “Kalite fonksiyon yayılımında (KFY) bir veri zarflama analitik ađ süreci (VZAAS) uygulaması”, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Vol. 26, No. 2, 401-413, 2011.