

# SAĞLIK HİZMETLERİ YÖNETİMİNDE BİR BAYES AĞLARI UYGULAMASI

**Emel Aktaş, Füsun Ülengin**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34367, İstanbul*

## 1. Giriş

Sağlık Hizmetleri Yönetimi yeni yüzyılın en önemli ve üzerinde yapılan araştırma sayısı en hızlı artan konularından biridir. Sağlık Hizmetleri Yönetimi alanında yapılan araştırmalar hem artan sağlık maliyetlerini denetim altında tutmak hem de sağlık hizmetlerine erişim düzeyini yükseltmek gibi amaçlara sahiptir. Sağlık hizmetleri alanı da başka araştırma alanları gibi yüksek düzeyde bir belirsizliğe ve bileşenleri arasında dinamik ilişkilere sahiptir.

Bu çalışmada Sağlık Hizmetleri Yönetiminde (SHY) kullanılmak üzere Bayes Ağları (BA) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) ile desteklenen bir model önerilmiştir. BA incelenen sistemlerdeki nedensel ilişkileri ortaya koyan, uzman bilgisinden ve nitel değerlendirmelerden büyük ölçüde yararlanan araçlardır. Modellenen sisteme belirsizlik hakimse ve sistem hakkında kayıtlı bilgiler mevcut değilse BA yararlanılabilecek kullanışlı bir tekniktir. YSA ise incelenen sistemdeki doğrusal olmayan ilişkilerin ortaya konmasında kullanılabilecek bir yöntemdir. Önerilen model, BA ve YSA'nın birlikte kullanılması ile problemleri bir sistemin modellenmesi, davranışlarının tahmin edilmesi ve sistem değişkenleri arasındaki ilişkilerin derecelerinin saptanmasını amaçlamaktadır. Önerilen model beş adımdan oluşmaktadır.

Birinci adımda modellenen sistem ve problemleri hakkında veri toplanır. Veri toplama aşamasında uzman bilgisini aramaya yönelik yapılandırılmamış yöntemler ve ortaya çıkan bilgileri doğrulamaya yönelik yapılandırılmış yöntemler kullanılır. Yapılandırılmamış yöntemlerde, uzmanlara sistem hakkında bildikleri, açık uçlu sorular kullanılarak sorulur. Sorulara verilen yanıtlardan ortaya çıkan kavramlar arasındaki ilişkiler Evet/Hayır tipinde kapalı uçlu sorular sorularak saptanır. İkinci adımda, önceki adımda belirlenen kavramlar ve kavramlar arasındaki ilişkiler sistemi temsil eden BA'nın kurulması için kullanılır. Kavramlar sistemi etkileyen değişkenlerdir ve değişkenler BA'nda düğümlerle gösterilirler. Değişkenler arasındaki nedensel ilişkiler ise düğümler arasındaki oklarla gösterilir. Oklar etkileyen (ebeveyn) değişkenden etkilenen (çocuk) değişkene doğru çizilmektedir. Her değişkenin sonlu sayıda bir durum kümesi vardır ve bu durum kümesindeki elemanlar değişkenlerin gösterebileceği olası davranışlardır. BA kurulduktan sonra değişkenlerin durumları ve bu durumları gösterme olasılıkları yine uzman bilgisinden yararlanarak belirlenir. Üçüncü adımda değişkenlerin bulunduğu farklı durumlar için sistem davranışının tahmin edilmesi yine BA kullanılarak yapılır. Etkileyen değişkenlerin durumlarının farklı kombinasyonları etkilenen değişkenler için farklı durum olasılıkları ile sonuçlanmaktadır. Dördüncü adımda BA ile modellenen sistemin kritik değişkenini etkileyen değişkenlerin önem derecelerinin saptanmasında kullanılmak üzere olası sistem davranışları simüle edilir. Olası sistem davranışlarından oluşan büyük bir veri seti YSA'na girildi/hedef çiftleri olmak üzere kodlanır. Beşinci adımda ise modellenen sistemin kontrol edilemez kritik değişkenini etkileyen diğer değişkenlerin önem sırası saptanır. Önem sırasının saptanmasında geri yayılmaya sahip ileri beslemeli Çok Katmanlı Algılayıcılardan (ÇKA) yararlanır. Bir YSA olan ÇKA katman ağırlıkları değişken önemleri hakkında bilgi vermektedir.

Çalışmada, önerilen model özel bir hastanenin radyoloji servisinin tomografi bölümünde uygulanmıştır. Tomografi bölümü BA kullanılarak modellenmiş, BA sistem davranışlarını tahmin etmede kullanılmış, yine BA ile sistem davranışlarını yansıtan bir veri seti oluşturulmuş, bu veri seti modellenen sistemdeki değişkenlerin önem derecelerinin saptanması amacıyla ÇKA'da kullanılmıştır. Önerilen model, tomografi servisinde sorun yaşanan tetkik süresinin uzun sürmesinin nedenlerinin ortaya çıkarılması, daha sonra bu süreyi azaltan çözümlerin bulunması için uygulanmıştır. Modelleme aşamasında BA'nın seçilme nedeni problemin sistemdeki sırasal ilişkilerden ziyade nedensel ilişkilerden kaynaklanması ve bu şekilde sistemdeki elemanlar arasındaki nedensel ilişkilerin belirlenebilmesidir. BA'nın kurulması, çalıştırılması ve sonuçlar alınmasında Netica adlı yazılımdan yararlanılmıştır.

## 2. Tomografi Bölümü Hakkında Veri Toplanması

Tomografi bölümü hakkındaki verilerin toplanması aşamasında hem yapılandırılmamış hem de yapılandırılmış yöntemler kullanılmıştır. Öncelikle incelenen sistem hakkında sınırlı bilgiye sahip olduğundan alan uzmanları ile karşılıklı görüşmeler yapılmıştır. Görüşmelere Kalite Geliştirme bölümünden, daha önce de aynı serviste iyileştirme çalışmaları yapmış üç uzman ve tomografi konusunda uzman bir doktor katılmıştır. Bunun yanında kalite geliştirme bölümü tarafından yapılmış önceki

çalışmaların veri setinden de yararlanılmıştır. Karşılıklı görüşmelerde uzmanlara öncelikle açık uçlu sorular sorulmuş, daha sonra verilen yanıtlara dayanarak sistemi etkileyen kavramlar belirlenmiştir.

### 3. Tomografi Sisteminin BA ile Modellenmesi

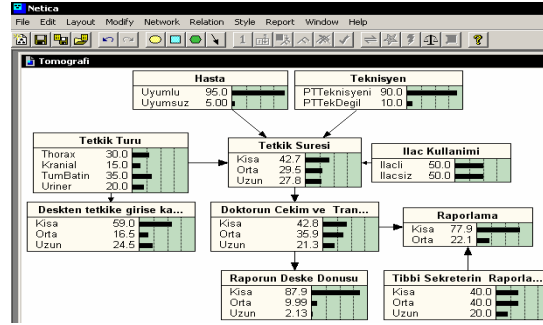
Uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucunda ortaya çıkan değişkenler ve bu değişkenlerin aralarındaki ilişkiler yine uzmanlarla birlikte ağ şeklinde çizilmiştir. Değişkenler düğümlerle, ilişkiler ise oklarla gösterilmiştir. Etkileyen değişkenler okun başlangıç noktasında, etkilenen değişkenler ise okun bitiş noktasında yer almaktadır. Çizilen bu ağda döngü ya da geri besleme bulunmamaktadır.

Radyoloji servisinde incelenen tomografi bölümünün BA Şekil 1’de verilmektedir. Sistem elemanları arasındaki ilişkiler şu şekildedir: Deskten tetkike kadar geçen süre tetkik türünden etkilenmektedir. Tetkik süresini etkileyen dört değişken vardır: Tetkik türü, hasta, teknisyen ve ilaç kullanımı. Doktorun çekim ve transkripsiyon için harcadığı zaman tetkik türü değişkeninden etkilenmekte, raporlama ve raporun deske dönüşü değişkenlerini etkilemektedir. Raporlama ise doktorun çekim ve transkripsiyon için harcadığı zamanın yanında tıbbi sekreterin raporlama için harcadığı amandan da etkilenmektedir.

Bu değişkenlerin durumları da yine uzmanlar ile birlikte belirlenmiştir. Buna göre *deskten tetkike girişe kadar geçen süre* değişkeninin üç durumu vardır ve durumlar kısa, orta, uzun olarak adlandırılmaktadır. *Tetkik türü* değişkeninin dört durumu vardır: thorax, kranial, tüm batın ve üriner. *Hasta* değişkeninin durumları uyumlu ve uyumsuz olarak belirlenmiştir. *Teknisyen* değişkeninin durumları primer tomografi teknisyeni ve primer tomografi teknisyeni değil olarak belirlenmiştir. *İlaç kullanımı* değişkeninin durumları ilaçlı ve ilaçsızdır. *Doktorun çekim ve transkripsiyon için harcadığı zaman* değişkeninin durumları kısa, orta ve uzundur. *Raporlama* değişkeninin durumları kısa ve orta, *tıbbi sekreterin raporlama için harcadığı zaman* değişkeninin durumları kısa, orta ve uzun, *raporun deske dönüşü* değişkeninin durumları kısa, orta ve uzun olarak belirlenmiştir. Bu aşamadan değişkenlerin durumları için olasılık tabloları hazırlanmış ve uzmanlardan bu olasılık tablolarını doldurmaları istenmiştir. Tüm değişkenler için doldurulmuş öncül ve koşullu olasılıkları gösteren tablolar Ek-A’da verilmektedir. Bu olasılıklar BA’na girildiğinde ağ derlenmeye hazır hale gelmiştir. Ağın derlenmesi ve sistem davranışını tahmin için kullanılması izleyen bölümde anlatılmaktadır.

### 4. Bayes Ağının Tomografi Sistemi Davranışının Tahmininde Kullanılması

Ağda bulunan tüm değişkenlerin durumlarının olasılıkları modele girildikten sonra derleme işlemi yapılmıştır. Şekil 1’de derlenmiş model görülmektedir.



Şekil 1. Derlenmiş BA

Değişkenlerin durumları Şekil 1’de görülmektedir. Örnek olarak *Deskten tetkike kadar geçen süre* değişkeni için kısa durumu 35 dk. kadar, orta 35 dk. ve 1 sa. 20 dk. arası, uzun ise 1 sa. 20 dk. ve üzeri ile tanımlanmaktadır. *Tetkik süresi* değişkeni kısa, orta ve uzun durumlarına sahiptir. Kısa 10 dk.ya kadar, orta 10-20 dk., uzun 20 dk ve üzeridir. Kalite geliştirme ve tomografi uzmanları ile yapılan görüşmelerden tomografi sistemi için en kritik değişkenin tetkik süresi olduğu ortaya çıkmıştır. Şekil 1’de verilen BA’na bakarak tomografi sistemini etkileyen değişkenler bilinmezken *tetkik süresinin* kısa sürme olasılığı 0,427, orta sürme olasılığı 0,295 ve uzun sürme olasılığı 0,278 olduğu sonucuna varılabilir. Örneğin hastanın uyumsuz olduğu ve çekimin ilaçsız yapılacağı bilgisinin elde edilmesi, tetkik süresinin kısa sürme olasılığını 0,162 olarak değiştirmektedir.

### 5. Tomografi Sistemi Davranışlarını Yansıtan Veri Setinin Oluşturulması

Oluşturulan BA ile tomografi sistemi davranışları tahmin edilebilmekte ancak bu sistem için kritik değişken olan tetkik süresini etkileyen diğer değişkenlerin önem dereceleri belirlenememektedir. Bu önem derecelerinin bilinmesi sistemi iyileştirme önerilerinin yapılandırılmasında da araştırmacıya ışık

tutacağından büyük önem taşımaktadır. Önem derecelerinin belirlenebilmesi için kullanılacak ÇKA'ya sistem davranışını yansıtan bir veri seti sunulmalıdır. Bu veri seti yine BA ve Netica 1.12 yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur.

### 6.Etkileyen Değişkenlerin Önem Derecelerinin Saptanması

Oluşturulan veri seti MATLAB programına "Array Editor" isimli dizi editörü kullanılarak aktarılmıştır. Etkileyen değişkenler tetkik türü, hasta, teknisyen ve ilaç kullanımı girdi, etkilenen değişken tetkik süresi ise hedef değişken olarak tanımlanmıştır. Değişkenlerin önem derecelerinin saptanması için geri yayılmaya sahip ileri beslemeli bir ÇKA kullanılmıştır. Girdi nöronlardan ilk iki tanesi tek değişkeni, tetkik türü değişkenini temsil etmektedir. üçüncü nöron hasta, dördüncü nöron teknisyen ve beşinci nöron da ilaç kullanımı değişkenlerini göstermektedir.

Tablo 1'e dayanarak incelenen tomografi bölümünde *tetkik süresi* değişkenini en çok etkileyen değişken *tetkik türü*dür. Tetkik türünden sonra tetkik süresini en çok etkileyen değişken ilaç kullanımıdır. Tetkik süresi üzerinde en az etkisi olan değişken ise teknisyen değişkenidir.

Tablo 1 Değişkenlerin önem dereceleri

	Tetkik türü	Hasta	Teknisyen	İlaç kul.	
Katman ağırlıkları	4.5195	-2.9455	-2.1851	-2.8054	-0.05787
	-4.2545	-5.424	2.7054	0.42521	-2.3258
	-4.9372	-4.1678	1.6014	1.9986	4.9438
	-1.5946	2.8693	-4.283	2.4817	-1.6096
	3.9368	4.3335	1.0264	-0.35697	-3.7852
Ağırlıkların mutlak değeri	4.5195	2.9455	2.1851	2.8054	0.057869
	4.2545	5.424	2.7054	0.42521	2.3258
	4.9372	4.1678	1.6014	1.9986	4.9438
	1.5946	2.8693	4.283	2.4817	1.6096
	3.9368	4.3335	1.0264	0.35697	3.7852
<b>Toplam</b>	<b>19.2426</b>	<b>19.7401</b>	<b>11.8013</b>	<b>8.06788</b>	<b>12.72227</b>
Sonuç	1	3	4	2	

### 7. Sonuçlar ve Öneriler

Tomografi bölümünde yapılan bu uygulama iki farklı açıdan sisteme yararlar sağlamaktadır. İlk olarak sistem BA ile modellenmiş ve tomografi sürecinin kritik değişkenini etkileyen diğer değişkenler ve sistemin bütünündeki nedensel ilişkiler ortaya konmuştur. Yeni bir hasta tomografi bölümüne geldiği ilk anda, sistemi etkileyen hiç bir değişken hakkında bilgi edinilmemişken, kritik değişken tetkik süresinin gösterebileceği durumların olasılıkları bulunmuştur. Hasta sisteme girdikten sonra hakkında elde edilecek bilgiler ışığında tetkik süresinin durumlarının olasılıkları bulunabilmektedir. Tomografi'nin sorunu tetkik süresinin beklenenden uzun sürmesidir. Uygulamanın sağladığı ikinci bir yarar bu kritik değişkeni etkileyen değişkenlerin önem sırasının bulunmasıdır. Böylelikle sistemi iyileştirme, tetkik süresini düşürme önerileri bu önemli değişkenlerden başlayarak geliştirilmiştir.

Tetkik süresini en çok etkileyen değişken tetkik türüdür. Yapılacak bir değişiklik, acil olmadığı sürece, tüm batın çekimlerinin haftanın bir gününe ya da gün içinde öğleden önceye ya da öğleden sonraya konması olabilir. Ayrıca, ilaçlı ve ilaçsız çekimler ayrılabilir. Hastaya çekimin nasıl yapılacağı ve ne kadar süreceği önceden bildirildiğinde hasta tetkik süresince uyumsuz davranmamak, teknisyen yönlendirmelerini izleyebilmek için daha fazla çabada bulunabilir. Teknisyen değişkeni önem sıralamasında sonuncu olmuştur. Tomografi çekimlerine giren tüm teknisyerlerin PT teknisyeni olmasının sağlanmasının tetkik süresinin küçültülmesi üzerindeki etkisi de küçük olacaktır.

Çalışmada modellenen sistemin değişkenlerinin olasılıklarının saptanması konusunda karşılaşılan uzman özne bilgisi kullanma zorunluluğu gözlemler yapılarak ortadan kaldırılabilir. Model bir kez kurulduktan sonra olasılıkların uzmanlardan elde edilmesi yerine sistem kendisini açıklayan değişkenler açısından gözlemlenebilir.

### Kaynaklar

- Luss, H., Rosenwein, M. B., Operations research applications: opportunities and applications, *European Journal of Operations Research*, 27, 220-244, 1997.
- Kaplan, E.H., O'Keefe, E., Let the needles do the talking! Evaluating New Haven needle exchange, *Interfaces*, 23/1, 7-26, 1993.
- Speigelhalter, D.J. Dawid, A.P. Lauritzen, S.L. Cowell R.G., Bayesian analysis in expert systems, *Statistical Science*, 8/3, 1993..
- D. Heckerman, Bayesian networks for data mining, *Data Mining and Knowledge Discovery* 1, 1996.