

**T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

TIPÇIT: TIBBİ KARAR DESTEK SİSTEMİ ÇEKİRDEĞİ

HAZIRLAYAN

M. ERDEM ÇORAPÇIOĞLU

ANKARA - 2006

**T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

TIPÇIT: TIBBİ KARAR DESTEK SİSTEMİ ÇEKİRDEĞİ

HAZIRLAYAN

M. ERDEM ÇORAPÇIOĞLU

DANIŞMAN

PROF. DR. HAYRİ SEVER

ANKARA - 2006

T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TIPÇIT: TIBBİ KARAR DESTEK SİSTEMİ ÇEKİRDEĞİ

M. Erdem Çorapçioğlu

Bu tez, 5.10.2006 tarihinde aşağıda üye adları yazılı jüri tarafından kabul edilmiştir.

Ünvan	Adı Soyadı	İmza
Prof. Dr.	Hayri Sever	_____
Prof. Dr.	Ümit Karakaş	_____
Prof. Dr.	Hadi Gökçen	_____

ONAY

/ / 2006

Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Emin AKATA

Teşekkür

Tıpçı: Tıbbi Karar Destek Sistemi Çekirdeği isimli tez çalışmamın hazırlanmasındaki yardımları ve desteğinden ötürü Prof. Dr. Hayri Sever'e teşekkür ederim.

Çalışmam süresince yardımları ve önerileri ile bana destek olan Güven Köse'ye teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca destekleri ve yardımları ile her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Özet

Karar verme süreci incelendiğinde, karar vericinin, karar vermekle yükümlü olduğu probleme ilişkin geçmiş deneyimleri ve mevcut durumu değerlendirerek seçim yapması gerektiği görülür. Bu süreç sonucu probleme uygulanacak çözüm yolu ile elde edilenler kimi zaman istenmeyen sonuçlar olabilir. Bunun nedeni probleme ilişkin yeterli bilginin olmaması veya karar verme sürecinde yetersizlik olabilir. Karar verme süreci sonunda doğru sonuçlara ulaşabilmek için, probleme ilişkin detaylı bilgiye sahip olunması gerektiği gibi problem üzerinde de deneyime sahip olunması gerekmektedir. Karar verme, genellikle probleme ilişkin çözüm listesinden en uygun olanın seçilmesidir. Bu seçimin başarılı olmasında, muhtemel çözümlerin bulunduğu listenin oluşturulması ve değerlendirilmesi etkilidir. Çözüm listesi, birim işlemler içerebileceği gibi, güvenilirlik veya ilişkisellik ifade eden istatistiksel değerler ile işaretlenmiş sonuçlar da içerebilir.

Hekimler tıbbi problemler ile karşılaşan kişilere teşhis koymak ve ilgili tedaviyi uygulamak ile görevli kişilerdir. Hekimlerin karar verme süreci incelendiğinde geçmiş bilgilerin ve deneyimlerin etkili olduğu görülecektir. Dolayısı ile deneyimsizlik, insani durumlar ve benzeri anlık veya kalıcı problemler nedeniyle kararlar gerektiği yönde verilemeyebilir. Bunun sonucunda da hata toleransı çok düşük olan tıp alanında ölüme kadar varabilen istenmeyen sonuçlar ile karşılaşılabilir.

Bu tez çalışmasında karar destek sistemlerinde kullanılan çıkarsama yaklaşımlarının kullanımına ilişkin bir öneride bulunulmuştur. Bu çalışmada, klasik karar destek sistemlerinde kullanılan tek model üzerinden çıkarsama yöntemi yerine, birden fazla yöntemin bir arada kullanılması ile nadir görülen durumlara doğru destek sağlanabileceği önerisine ilişkin bir çalışma yapılmıştır. Çalışma, gösteriminin kolay olması ve temelde dayandığı önemli matematiksel modelleme yöntemleri nedeni ile kural tabanlı bir çıkarsama algoritmasının önerilen sisteme uygun bir şekilde uygulanması ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, örnek olarak seçilen tiroit hastalıklarının teşhisi problemine, 2800 vaka üzerinde %96,9 doğru sonuç üretilmiştir. Üretilen sonuçlar ve sisteme girilen gerçekler, önerilen çözümdeki birlikteliğe imkân verecek yapıda hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karar verme, Klinik karar destek sistemleri, Kural Tabanlı Sistemler

Summary

Decision makers should consider the prior information and his/her own experience about the problem in the decision making process. Decision making process may end up with unexpected outcomes. The potential reasons behind these unexpected outcomes can be insufficient information about the problem or become, in general, inadequate in addressing uncertainty perspectives of decision making process. Usually decision making process is the selection of the most coherent solution according to problem variables. The success of this selection is depends on the ability of construction and the evaluation of the list of possible solutions. The solution list may contain probabilistic values per solutions which represents the fitness of solution according to problem and can be used as the key variable of the selection process.

A physician is a person who is in charge of identifying diseases and expressing required cure for the patients. During the decision process, a physician uses his/her experience and prior knowledge. This could be advantage as well as disadvantage because medical decision process may be affected by the mood of the physician. Those effects may cause irreversible problems which may even lead to death. On the other hand, the medical decision support could be handy when physicians need them most rather than having them supporting routine diagnostics.

In this study, our aim is to provide a better inference mechanism for medical decision support systems, especially in arriving right decisions for rare cases. In this study, we suggest that using more than one inference algorithm in the probabilistic inference engine and combining multiple evidences about a given diagnostic may provide better decisions for the problem. In this study, we created a rule based inference engine because of its strong mathematical background and comprehensibility which is designed to be a part of our suggestion. As a result, our tests showed that our rule based system can diagnose different kind of thyroid illness with the success rate %96.9.

Keywords: Decision Making, Medical Decision Support Systems, Rule Based System

İçindekiler

Özet	i
Summary	ii
İçindekiler	iii
Şekiller Listesi	vi
Tablolar Listesi	vii
Çizimler Listesi	viii
GİRİŞ	1
1.1 Yapılacak Çalışma	9
1.2 Plan	12
1.3 Organizasyon	13
GENEL BİLGİLER	14
2.1 Muhakeme	14
2.1.1 Tümdengelim	15
2.1.2 Tümevarım	15
2.1.3 Bilimsel Metot	16
2.1.4 Nedensel Muhakeme	16
2.2 Tıbbi Karar Verme Adımları	17
2.2.1 Problemin tanımlanması	18
2.2.2 Planlama yapılması	18
2.2.2 Çözümün seçilmesi	18
2.3 Belirsizlik ve Tıbbi Karar Verme	19
2.4 Bayesian Ağları	20
2.4.1 Bayes Teoremi	21
2.4.2 Bayesian Ağları Hakkında Bilgi	24
2.5 Karar Ağaçları	30
2.6 Yapay Sinir Ağları	41
2.7 Kurala Dayalı Yöntemler	47
2.7.1 İleri Zincirleme Yöntemi	48
2.7.2 Geri Zincirleme Yöntemi	52

2.7.3 Uzman Yardımıyla Kural Oluşturma	55
2.7.4 Karar Ağaçları ile Kural Oluşturma	56
2.7.5 RuleML: Kural Saklama Standardı	58
2.8 Yöntemlerin Karşılaştırılması	60
VAKA ÇALIŞMASI	62
3.1 Tiroit Bezi Hakkında Bilgiler	62
3.2 Tiroit Hormonları Hakkında Genel Bilgiler	62
3.3 Tiroit Tümörleri	64
3.3.1 İyi Huylu Tümörler	64
3.3.2 Kötü Huylu Tümörler	64
3.3.2.1 Papiller Kanserler	65
3.3.2.2 Foliküler Kanserler	65
3.3.2.3 Anaplastik Kanserler	65
3.3.2.4 Medüller Karsinomlar	66
3.3.2.5 Metastatik Tümörler	66
3.3.2.6 Tiroit'in Nonepitelial Kötü Huylu Tümörleri	66
3.4 Klinik Bilgiler	66
3.5 Tiroit Hastalıklarında Belirti ve Bulgular	68
3.5.1 Tirotoksikoz vakalarındaki belirti ve bulgular	68
3.5.2 Hipotiroidizm vakalarındaki belirti ve bulgular	68
3.6 Tiroit Hastalıklarının Tanısında Faydalanılan Testler	69
3.6.1 Tiroit Fonksiyon Testleri	70
3.6.2 Görüntüleme Testleri	72
3.6.3 Tiroit İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi	73
3.6.4 Oto-Antikor Testleri	73
3.6.5 Diğer Testler	75
3.6.6 Tiroit Hastalıkları	77
3.7 Tiroit Fonksiyonlarına Göre Tiroit Hastalıkları	81
3.7.1 Hipotiroidi	81
3.7.2 Hipertiroidi	81
YÖNTEM	82
4.1 Oluşturulan Sistem	82
4.1.1 Hasta Bilgilerinin Alınması	83

4.1.2 Çıkarsama işleminin yapılması	91
4.1.3 Sonuçların üretilmesi	99
4.2 Kullanılan Kurallar	101
4.2.1 Arasonuç ve ek teşhis üreten kurallar	102
4.2.2 Hedef teşhisleri üreten kurallar	102
4.3 Örnek Sorgular	105
SONUÇ	110
Kaynaklar	115
Çevrim İçi	119
ÖZGEÇMİŞ	120

Şekiller Listesi

Şekil 1 Karar Destek Sistemi genel yapısı	6
Şekil 2 Uzman Doktor ve Uzman Olmayan Doktor arasındaki destek akış diyagramı	9
Şekil 3 Önerilen çözüme ilişkin hazırlanan sistemin genel yapısı	11
Şekil 4 Farklı muhakeme yöntemleri	17
Şekil 5 Tıbbi karar verme süreci	17
Şekil 6 Brunswick'in lens modeli	19
Şekil 7 Örnek Bayesian Ağ yapısı	25
Şekil 8 Örnek Bayesian Ağ problemi	27
Şekil 9 Gerçek ağaç ve Karar Ağacı arasındaki benzerlik	31
Şekil 10 Örnek Karar Ağacı Çizimi	33
Şekil 11 Entropi ve Kazanç kullanarak Karar Ağacı çizimi örneği	37
Şekil 12 Entropi ve Kazanç kullanarak Karar Ağacı çizimi örneği -2-	39
Şekil 13 Entropi ve Kazanç kullanarak Karar Ağacı çizimi örneği -3-	40
Şekil 14 Sinir Hücresi	41
Şekil 15 Basit bir yapay sinir ağı hücresi	42
Şekil 16 Detaylı bir yapay sinir ağı hücresi	43
Şekil 17 Basit bir yapay sinir ağı çizimi	45
Şekil 18 İleri zincirleme döngüsü	52
Şekil 19 Geri zincirleme döngüsü	55
Şekil 20 Örnek olarak hazırlanmış karar ağacı	57
Şekil 21 Gerçekleştirilen sistem	83
Şekil 22 Endocrine isimli çevirici katman gerçekleştirim programı	88
Şekil 23 Geri serileştirme	89
Şekil 24 Program içi örnek RuleML nesnesi	90
Şekil 25 Kural ve gerçek üretmek üzere hazırlanan RuleML kural editörü	94
Şekil 26 Çıkarılma motorundan üretilen örnek sonuçlar	101
Şekil 27 See5 Uygulaması ana ekranı	103
Şekil 28 See5 Uygulaması örnek karar ağacı	104
Şekil 29 Hasta sonuçlarının görüntülenmesi amacıyla hazırlanmış program	107

Tablolar Listesi

Tablo 1 Şartlı olasılık tablosu	26
Tablo 2 Örnek TSH ve T3 olasılık tablosu	27
Tablo 3 TSH, T3 ve Hastalık olasılık tablosu	27
Tablo 4 Örnek hasta kayıtları	32
Tablo 5 Mevcut koşullara uyumlu hasta kayıtları	38
Tablo 6 Mevcut koşullara uyumlu hasta kayıtları – 2	39
Tablo 7 Biyolojik Sinir Hücresi ve Yapay Sinir Hücresi ilişkilendirilmesi	43
Tablo 8 Aktivasyon Fonksiyonları	44
Tablo 9 Veri kümesinde bulunan özellikler ve bu özelliklerin veri tipleri	106
Tablo 10 Örnek vakalara ait veriler ve sonuçlar	109

Çizimler Listesi

Çizim 1 İleri Zincirleme Testi Çıkarsama Süreleri	112
Çizim 2 Geri Zincirleme Testi Çıkarsama Süreleri	113

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Karar, sözlük anlamı incelendiğinde, bir iş ya da sorun hakkında düşünerek, ölçüp biçtikten sonra yapılan seçimdir. Verilen tanımda da görülebileceği üzere karar, bir sorun ve bu sorunun çözümü olabilecek yolların üzerine oturmaktadır. Sorun ile çözüm yolları arasındaki bağlantının bulunmasının ardından, karar verici kişi veya organın uygun gördüğü çözüm yolu, soruna ilişkin karar olarak tanımlanmaktadır. Karar, bir diğer sözlük anlamıyla da değişmez olma yani istikrar anlamına gelmektedir. Verilen iki tanımın bir arada kullanılması sonucu istikrarlı karar elde edilmektedir. İstikrarlı karar, bir sorun için uygulanabilir ve aynı sorun üzerinde tekrar çözüm olarak kullanılabilir seçim anlamındadır.

Aristoteles'in zihinci görüşüne göre karar, erişilmek istenen amaçlara yönelik olamaz. Kontrolümüz dışındaki olaylar hakkında, olayın seyrini değiştirecek kararlar verilemez. Örnek olarak zorunlu olaylar (dünyanın düzeni gibi), olup olmaması rastlantıya bağlı (kuraklık, yağmur gibi) ya da geçmiş olaylar hakkında karar verilemez. Ancak bu olaylar göz önünde bulundurularak gelecekte olabilecek olaylar ile ilgili veya geçmişte yaşanmış olayların sonuçları hakkında veya yine bu olayların gözlemlenmesi sonucu elde edilen deneyim ile güncel olaylar ile ilgili kararlar verilebilir. Geçmiş olaylar konusunda Aristoteles şöyle der: "Daha önce gerçekleşmiş hiçbir şey bizim için bir seçim konusu olamaz; örneğin, hiç kimse Illion kentini yağmalamış olmayı hedef alamaz; geçmiş üzerine de karar verilemez; ama, gelecek üzerine, mümkün olan şey üzerine karar verilebilir, çünkü geçmiş olaylar olmamış olamaz." [34].

Karar, eylem olarak karar verme süreci şeklinde düşünülebilir. Karar verme süreci incelendiğinde üç ana bölüm görülür. Süreç ilk olarak düşünme ile başlar. Bu aşamada sorun ele alınır ve soruna çözüm olabilecek yollar kümesi oluşturulur. Çözüm kümesinden seçim, destek alarak ve/veya konu üzerindeki deneyimlerden yararlanılarak ve/veya soruna ilişkin çözüm yaklaşımı kullanılarak yapılabilir. Çözüm kümesi oluşturulması ve bu kümeden seçim yapılması, problem üzerinde belli bir birikime sahip olmayı ve/veya probleme ilişkin durumların bilinmesini gerektirir. Problem

ile ilgili hiçbir bilgi bulunmadığı durumda, problemin, verilen karar ile çözümlenmesini beklemek ancak şans etmenin geçerli olduğu problemler için mantıklı olacaktır. Seçimin yapılması, eğer herhangi bir yeniden değerlendirme süreci yok ise, süreç içerisinde ikinci aşama olan uygulamaya geçişi tetikler ve karar yani çözüm yolu uygulanmaya başlanır. Seçim sonucu belirlenen çözüm yolu, soruna ilişkin diğer olayların veya soruna çözüm olarak değerlendirilmeye alınmış yolların birbirlerine etkileri veya bir arada düşünüldüklerinde sonuca ulaşma ihtimalleri doğrultusunda oluşturulabilir. Ele alınan problem ve probleme çözüm olarak seçilmiş yolların, problem çözümü olarak düşünülerek doğruluk değerlendirilmesi yapılması, doğru sonuca ulaşılmasında etkili olacaktır. Bu değerlendirme işleminin yapılabilmesi için çözüm olarak seçilen yolların olurluluğu göz önünde bulundurulmalıdır. Çözüm olarak seçilmiş yolların uygulanabilirliği ve sorun ile birlikte değerlendirildiğinde çözüm olma olasılığı beraber ele alındığında en olurlu görülen yol seçim olarak değerlendirilebilir[40]. Soruna ilişkin seçilen çözüm yolunun uygulanmaya başlanması ile kesim noktası geçilmiş olur. Bu noktadan itibaren sürecin son aşaması olan sonuç almaya doğru gidilmektedir ve çözüm yolunun sorun üzerindeki etkileri gözlenebilir olmuştur. Sürecin son aşamasının tamamlanması ile karar süreci sonuçlanır ve soruna ilişkin seçilen çözüm yolunun doğurduğu sonuçlar elde edilmiş olur[52].

Karar verme işlemi mevcut bilgiler üzerinden yapılabilir. Bu tip bir çıkarsama işleminde, kişinin elinde bulunan bilgiler ışığında karar vermesi söz konusudur. Bilgi edinme işlemi, problemin mevcut durumu göz önünde bulundurularak yapılabileceği gibi problem geçmişi incelenerek de yapılabilir. Karar verilirken sahip olunan bilgiler birleştirilerek yeni bilgiler elde edilebilir. Elde edilen yeni bilgi, bir teoremin ispatlanmasında veya karara giden yolda çıkarsama işlemine devam edilmesinde kullanılabilir. Mevcut bir problem üzerinde yine benzeri adımlar izlenerek, elde bulunan bilgiler ile sonuca gitmek mümkündür. Elde edilen bilgilerin veya kararların doğruluğu, değerlendirilen bilgilerin doğruluğu ile doğru orantılıdır. Burada ifade edilen doğruluk sadece olumlu sonuç değildir, çünkü değerlendirme sonucu olumlu veya olumsuz kararlar verilebilir. Karar verme sürecinde, seçilen yol, bu yolun sorun üzerine uygulanması ve elde edilen sonuçlar birbirine sıralı bir şekilde bağlıdır. Sıralı bağ ile ifade edilen, sürecin başında yapılanın, örnek olarak bir hata, süreci tamamen

etkileyebilecek olmasıdır. Dolayısıyla karar verme sürecinde sorunun yanlış bir şekilde ele alınması, çözüm olarak yanlış veya doğru olarak tanımlanmış sonuca ulaşamayacak yolun seçilmesi, doğruluk payı düşük bilgilerin kullanılması, çözümün yanlış uygulanması beklenen sonuca ulaşılmasını engelleyebilir. Bu durum karar verme sürecinde etkili kişinin veya organların konu üzerinde deneyimli ve gerekli bilgi birikimine sahip aynı zamanda da mevcut bilgileri doğru bir şekilde kullanabilecek düzeyde olması gerekliliğini doğurmuştur. Bu gereklilik özellikle önemli, hata toleransı olmayan, karar verme süreçlerinde ön koşul olarak göze çarpmaktadır. Buna ek olarak karar verme sürecinde, doğru olarak ifade edilen sonuca ulaşabilmek için de bu gereklilik karar verme mekanizmasında yer alan kişide veya organlarda aranmaktadır.

Karar verme sürecinde hatalar yapılabilir. Hata, mevcut sorunun yanlış değerlendirilmesinin, soruna uygun çözüm yolunun seçilmemesinin ve/veya çözümün yanlış uygulanmasının sonucu olabilir. Günlük hayatta bir insan yüzlerce karar vermekte ve bunların sonucunu yaşamaktadır. Verilen kararlar sonucu hatalı fakat yıkıcı olmayan durumlarla karşılaşılabilirdiği gibi çok yıkıcı sonuçlar ile de karşılaşılabilir. İki durumda da bireyin sonucu kabullenmekten başka şansı yoktur. Buna benzer şekilde birçok alanda da düşünülmeden alınan kararların yıkıcı sonuçları olabilmektedir. Bu gibi durumları önlemek için kişilerin karar aşamasında detaylı bir şekilde düşünceleri önerilir. Her ne kadar kişi veya organ karar verme aşamasında mevcut sorun ve bu soruna çözüm olarak değerlendirilen çözüm yolları üzerinde fikir sahibi olsa da tüm olasılıkları göz önünde bulundurma şansı her zaman bulunmayabilir. Değerlendirme süresi süresinin kısa tutulmasından veya ani kararlardan dolayı daha olumlu sonuçlar verebilecek çözüm yolları değerlendirilemeyebilir. Karar veren birey veya organ ne kadar uzman olursa olsun, bireysel nedenlerden dolayı sahip olduğu bilgileri sağlıklı bir şekilde değerlendiremeyip yanlış karar verebilir. Buna ek olarak yine karar veren birey veya organ sahip olduğu deneyimin tamamını kullanamayabilir.

Zaman ilerledikçe, bilgi birikimi ve deneyim, konu üzerinde uzman bir kişiyi belli konularda özelleşmiş, deneyimli kişi haline dönüştürebilir. Belli konularda özelleşme, ana konu üzerinde uzman görüşü sunmayı engelleyebilir veya kararlar kişinin özelleştiği alanlar doğrultusunda verilebilir[44]. Bu kararlar kişinin özelleşmiş olduğu alan doğrultusunda veya kişinin özelleştiği alan üzerinde bir hedefe, bilinen problem-çözüm

ikilisine, yönelik çıkarsama yapma girişimi sonucu verilebilir. Bunun sonucunda da istenmeyen durumlar veya gereksiz işlemler sonucu zaman kaybı ile karşılaşılabilir. İnsanoğlunun doğal hallerinden olan unutkanlık, moral değişimleri, duygusallık, stratejik düşünme ve/veya kararsızlık nedeniyle uzman olsun olmasın bireyin sağlıklı karar vermesi etkilenebilir. Dolayısıyla, özellikle hayati kararların alındığı karar mekanizmalarında karar destek birimleri gündeme gelmiştir. Karar destek birimleri, karar verme aşamasında karar veren kişi veya organa yardımcı olmak amacıyla kullanılmaktadır. Karar desteği, karar veren kişiye veya organa, sorun ile ilgili konuda uzman bir başka kişi veya organ tarafından sağlanabileceği gibi uygun yazılım ve donanım destekli bir bilgisayar sisteminden de verilebilir.

Konusunda uzman olarak nitelendirilen kişiler karar verme süreçlerinde yer almaktadır. Uzman kişinin sahip olduğu bilginin ve deneyimin konusuyla ilgili problemlerde çözüm üretmesine yardımcı olacağı gerçeği, uzman kişinin karar verme süreçlerinde yer almasını sağlamıştır. Bu durumun açıklaması şu şekilde yapılabilir; uzman kişinin konusunda çalıştığı sürede yaşadığı sorunlar, bu sorunlara uyguladığı çözümlerin veya yine konusunda uzman kişilerin ilgili sorunlara uyguladığı çözümlerin sonuçları, kişide bir sorun-çözüm bilgi birikimi oluşturmuştur. Dolayısı ile karşılaşacağı yeni bir soruna yaklaşımında bu birikimden ve geçmiş deneyimlerinden faydalanarak soruna çözüm üretecektir. Uzmanların sorunlara çözüm üretebilmesindeki anahtar, geçmiş deneyimleri doğrultusunda oluşturdukları bilgi birikimidir. Bu birikim sayesinde hiç karşılaşmadıkları bir problem karşısında bile doğru sonuca ulaşabilecek kararları verebilme imkânına sahiptirler³.

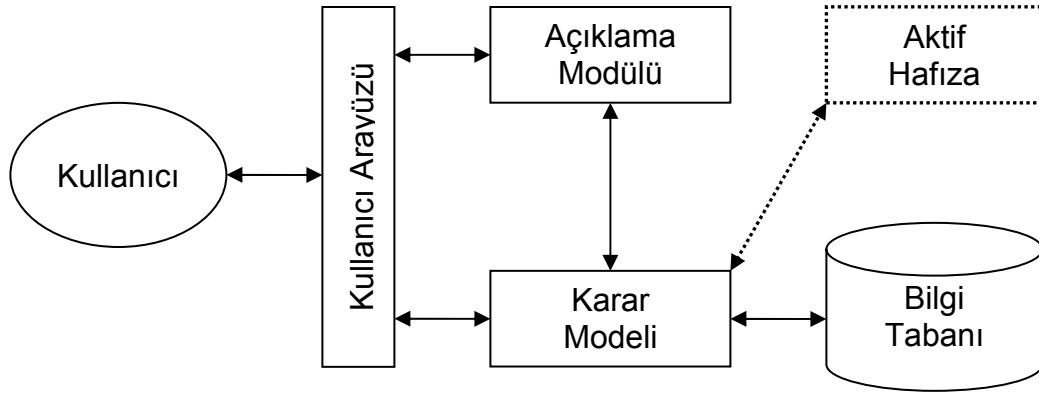
Uzman olarak nitelendirilen kişilerin veya organların bilgilerinin elektronik ortamda ifade edilmesi için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. İlk olarak düşünülecek yöntem kelime işlemciler ile bilgilerin kayıt altına alınması olacaktır. Bu yöntem, içerisinde uzman tarafından sağlanan bilgilerin bulunduğu muhtemelen sırasız ve düzensiz bir dijital el kitabı olmaktan öteye gidemeyecektir. Elektronik ortama geçirilen bilgilerin kullanılabilir, özellikle karar destek sistemleri tarafından işlenebilir hale getirilmesi için iki ana işlem göz önünde bulundurulabilir. Bu işlemlerden ilki uzman kişinin, tasarlanan sisteme uygun veri girişini yapmasıdır. Veri girişi, karar destek sistemi alt yapısında kullanılan yaklaşımların kullanabileceği bilgi tabanının

oluşturulması için kullanılır. Genel olarak, tasarlanan sistemin kullanabileceği yapıdaki bilgilerin, uzman tarafından sisteme sunulmasını sağlayan arayüzler tasarlanmakta ve bu sayede sistem, uzman bilgisi ile uzman tarafından eğitilmektedir. İkinci yöntem olarak ise yine uzmanların hazırladığı ve/veya probleme ilişkin mevcut bilgilerin, uzman yardımı olmadan sisteme girilmesi söz konusudur. Burada girdi işlemi uzmanların rapor ettikleri durumlar veya ilgili konuya ait geçmiş kayıtlar üzerinden yapılmaktadır. Mevcut bilgiler sisteme, sistemin kullanabileceği özellikleri çıkarıldıktan sonra eklenmektedir. Bu işlem, bilgi tabanının bir deney kümesi olarak algılanıp, yarı otomatik veya tam otomatik makine öğrenme tekniklerinin uygulanması sonucu yapılır. Kullanılan makine öğrenme teknikleri ile deney kümesi üzerinde örnek olarak sınıflandırma ve ilişkilendirme çalışmaları yapılabilir. Bu ve buna benzer çalışmalar ile bilgilerin anlamlı parçalara ayrılması, ilişkilendirilmesi sonucu karar destek sistemi tarafından kullanılabilir bilgi tabanı oluşturulabilir. Bilgi girişi en az sistemde kullanılan çıkarsama alt yapısı kadar önemlidir. Her iki yöntemde de girilen bilgilerin doğruluğu büyük önem taşımaktadır. Yanlış bilgiler ile eğitilmiş veya doğruluk oranı düşük sonuçlarla hazırlanan bir bilgi tabanına sahip karar destek sisteminin doğru sonuçlar üretmesi beklenemez. Kısaca bu iki yöntem özetlenecek olursa; ilk yöntemde uzman desteği ile bilgi tabanı oluşturulurken, ikinci yöntemde kısmen otomatik bir yaklaşım ile makale, rapor ve klinik veriler[11] gibi mevcut çalışmalardan çıkartılan bilgiler işığında bilgi tabanı oluşturulur.

Özellikle son yıllarda yaşanan teknoloji ve veri saklama alanındaki gelişmeler bilgisayarlı sistemleri günlük hayatın bir parçası haline getirmiştir. Ev/ofis bilgisayarları donanım ve yazılım açısından birkaç sene öncesinin laboratuvar bilgisayarlarına yetişirken, internetin yaygınlaşması ile bilgi paylaşımı ve bilgiye ulaşmak çok kolay bir hale gelmiştir. Teknolojinin, her alanda hayatımızda önemli bir yer kazanması, yeni ürünlerin de ileri teknoloji ile donatılmasını sağlamıştır. Bütün bu gelişmeler özellikle bilgisayar teknolojisinin açılımı önündeki bariyerin kalkmasını ve daha ileriye gitmesine imkân vermiştir. Bu ve bunun gibi gelişmeler bilgisayarlı teknolojilerin bir araç olmasının yanında aktif bir yardımcı olarak kullanılmasını da gündeme getirmiş, bilgisayarlar karar destek sistemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarlı sistemlerin karar destek aracı olarak kullanılmasında, bu sistemlerin, insanoğlu gibi stratejik düşünme ile problemlere çözüm üretme yerine tüm olasılıkları göz önünde bulundurarak işlem

yapma yaklaşımı etkili olmuştur. Tüm olasılıklar göz önünde bulundurulduğu takdirde ve doğru çözüm yolu ile işlem yapıldığı durumda hatalı sonuç üretilmesi söz konusu değildir. Dolayısı ile bilgisayarların işlem yapma gücü ve işlemlere yaklaşım şekli karar destek mekanizmasında kullanılabilirliğini mümkün kılmıştır.

Karar destek sistemleri ve çalışma yöntemleri incelendiğinde dört ana bölüm görülür. Bu bölümler; çıkarsama mekanizması, bilgi tabanı, açıklama modülü ve aktif hafızadır. Çıkarsama mekanizması, karar destek sistemlerinin temelini oluşturur. Bu bölüm içerisinde mevcut bilgilerden ve/veya sisteme kullanıcı tarafından girilen bilgiler ışığında sonuçlar üretilir. Üretilen sonuçlar karar olabileceği gibi yönlendirme bilgisi de içeriyor olabilir. İkinci bölüm olan bilgi tabanı, karar destek sisteminin çıkarsama yaparken kullanacağı uzman bilgilerinin tutulduğu bölümdür. Bu bölümün hazırlanmasına ilişkin bilgiler daha önceki bölümlerde ifade edilmiştir. Aktif hafıza bölümünde mevcut çıkarsama işlemlerine ve/veya kullanıcının sağladığı bilgilere ev sahipliği yapar. Son olarak her karar destek sisteminde bulunmayan açıklama modülü, çıkarsama mekanizmasının ürettiği sonuçlar ve bilgi tabanı ışığında doğruluk ispatı veya açıklaması hazırlar[14]. Bu bölümler ve bölümlerin ilişkileri şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1 Karar Destek Sistemi genel yapısı

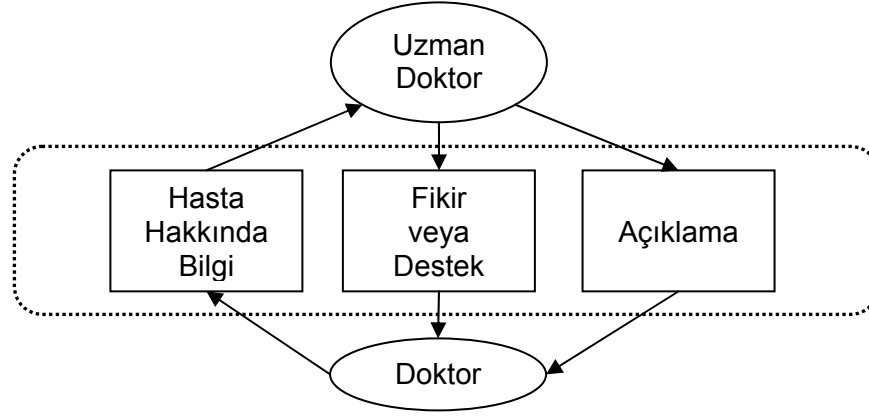
Karar destek sistemlerinin en önemli bölümü olan çıkarsama mekanizmasındaki yaklaşımlar incelendiğinde dört ana yöntem/kategori görülür. Bunlar; karar ağaçları, yapay sinir ağları, istatistiksel yöntem ve kural tabanlı yöntemlerdir. Karar ağaçları ile

kullanıcı akış diyagramları mantığı ile uygun bitim noktasına yönlendirilir. Bu yöntemin kullanıldığı sistemlerin esnekliği çok düşüktür, bilgi tabanında güncelleme yapmak veya bilgi tabanına yeni bilgilerin eklenmesi sistemin baştan yazılmasını gerektirebilir. Yapay sinir ağlarının uygulanabilmesi için örnek veriler ile sistemin eğitilmesi gerekir. Burada seçilen örneklerin problem geneli üzerindeki bulunma yoğunlukları önemlidir. Problem tanımı üzerinde ne kadar çok farklı alandan örnekle sistem eğitilirse, çözüm üretme başarısı o kadar yüksek olacaktır. Bu yöntem genellikle algılama problemlerinde kullanılmıştır. İstatistiksel yöntem, matematiksel bir yaklaşım ile mevcut problem ve bu probleme ilişkin olayların ilişkilendirilmesi sonucu muhtemel sonuçların olabilirliğinin incelenmesi üzerine kuruludur. Bu yöntemde genel olarak Bayesian teoremi[13] kullanılır. Kural tabanlı modeller ise eğer-veya-ise bağları ile oluşturulmuş bilgi tabanı üzerinde kurulur. Bu yapıda bilgi tabanı kuralları ile hazırlanır. Sistemin çalışma mantığı, girilen bilgiler ışığında tetiklenebilecek kuralların bulunması, işletilmesi ve sonuca ulaşana kadar kural arama/tetikleme işleminin devam etmesi şeklindedir. Karar destek sistemlerinde belirtilen çıkarsama yöntemleri tek başına kullanılabileceği gibi birleşik sistemlerin[51] kullanılması da mümkündür. Bu durumda seçilen yöntemlerin bir arada çalışabilecekleri bir altyapının hazırlanması gerekir.

Mevcut karar destek sistemleri ve kullandıkları çıkarsama mekanizmalarına ilişkin örnekler incelendiğinde ilk ve en bilinen örnek MYCIN[48,49] olacaktır. MYCIN, Stanford Üniversitesi tarafından 1970'lerde geliştirilmiş, kan iltihaplarını teşhis etme ve tedavi önerme amacıyla tasarlanmış bir karar destek sistemidir. Mycin çalışma yöntemi olarak kuralları ile değerlendirmeyi esas almıştır. Bu yapıda sisteme girilen tıbbi test sonuçları ve belirtiler doğrultusunda sonuç üretilmektedir. Sonuç üretimi için sistemi kullanan kişiye belirli başlangıç soruları yöneltilir, bu sorulara verilen yanıtlar doğrultusunda bilgi tabanından kullanılmayacak kuralları belirlenir ve bunların dışında kalanlar, yani kullanılabilecek kuralları ele alınarak kural elemanları göz önünde bulundurulur. Yöneltilen sorular ve verilen cevaplar doğrultusunda bilgi tabanından yüksek güvenilirlik değerlerine sahip kuralları tetiklenir. Sonuçta sistem girilen değerler doğrultusunda kullanan kişi veya kişilere elde ettiği karar, sonuç veya öneriyi verir. Mycin ile ilgili bir incelemede, "Sistemin vurulmuş bir kişiyle ilgili verebileceği en iyi destek, yara çevresindeki bakterilerin durumu hakkında olacaktır." şeklinde bir ifade

bulunmaktadır [ç.1]. Bir başka örnek olarak RO²SE verilebilir[55]. Bu karar destek sistemi Mitral Kapak Rahatsızlığı (MVP) olarak adlandırılmış hastalığın teşhisinde yardımcı olacak şekilde tasarlanmıştır. Mycin örneğinde görülen kurallı yapı yerine, RO²SE içerisinde karar ağaçları[43] kullanılmıştır. Bu sistemde kullanılan karar ağaçları eğitilebilir bir yapıda hazırlanmıştır. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, yaşları 1 ile 18 arasında değişen 631 gönüllü üzerinde başarılı olduğu ifade edilmiştir. Burada başarı, karar verme sürecinde destek olabilecek derecede doğru sonuç vermek olarak ifade edilmektedir. Yapılan denemelerde tolerans değeri değiştirilerek sistemin ürettiği sonuçların gerçek hasta ve gerçek sağlıklı değerlerine yaklaştığı görülmüştür.

Bu çalışmanın konusu olan tıbbi karar destek sistemleri bir hekimin doğru tanıya ulaşmak için günlük pratikte hastasını muayene ettiğinde, hastanın şikâyetlerinin ve bulgularının (muayene, laboratuvar, radyoloji, vb. klinik veriler) değerlendirilerek tanı koyma sürecini destekleyen bir yazılım sistemidir. Bu tip bir sistemin geliştirilmesi ile tanı koyma sürecinde yani karar aşamasında meydana gelebilecek hataların, destek sistemi ile önlenmesi ve oluşabilecek geri dönüşü mümkün olmayan hataların önlenmesi mümkün olabilir. Bu örnek ile karar destek sistemlerinin önemi açıkça görülmektedir. Alanında uzmanlaşmamış veya yeterince bilgiye sahip olmayan fakat karar verme yetkisine sahip kişilerin hatalı kararları nedeniyle istenmeyen durumlar ile karşılaşılabilir. Bunu önlemek veya doğru tanıya yönlendirebilmek amacıyla karar destek sistemleri kullanılabilir. Karar destek sistemleri, uzman olmayan kişilere, konu hakkında uzman kişi tarafından sağlanan desteği sağlamak üzere tasarlanır. Genel olarak uzman kişi ve uzman olmayan kişi arasındaki destek akışı incelendiğinde şekil 2'de görülen yapının izlendiği görülecektir. Bu şekilde, uzman tarafından desteğin, desteğe ihtiyaç duyan kişiden konuyla ilgili bilgiler alındıktan sonra öneri ve/veya açıklama şeklinde olduğu görülmektedir[49].



Şekil 2 Uzman Doktor ve Uzman Olmayan Doktor arasındaki destek akış diyagramı

Karar destek sistemlerinin bir uzman gibi karar verebilmeleri için çeşitli algoritmalar kullanmaları ve konuyla ilgili bilgi veritabanına sahip olmaları gerekir. Bir karar destek sistemi hazırlanırken, konusunda uzman kişilerin seçilen algoritmalar ile uyumlu şekilde bilgi ve çözüm yöntemi sunmaları gerekir. Tasarlanan yapı ve kullanılan bilgilerin doğruluğu karar destek sistemlerinde büyük önem taşımaktadır. Sağladıkları destek ile karar aşamasında büyük öneme sahip olabilen bu sistemler yanlış tasarlandıklarında veya gözden kaçırılan noktalar olduğunda istenilenin aksine performans gösterebilirler[30]. Karar destek sistemleri eğitilebilir[5] bir yapıda tasarlanabileceği gibi statik bir şekilde de çalışabilir. Genel olarak karar destek sistemleri bir algoritma üzerinde yoğunlaşarak çıkarsama yapmaktadır. Yine genel olarak karar destek sistemleri üzerinde yoğunlaştıkları algoritmaya uygun veritabanları kullanır ve sisteme uygun girdi yapılarına karşı cevap üretirler.

1.1 Yapılacak Çalışma

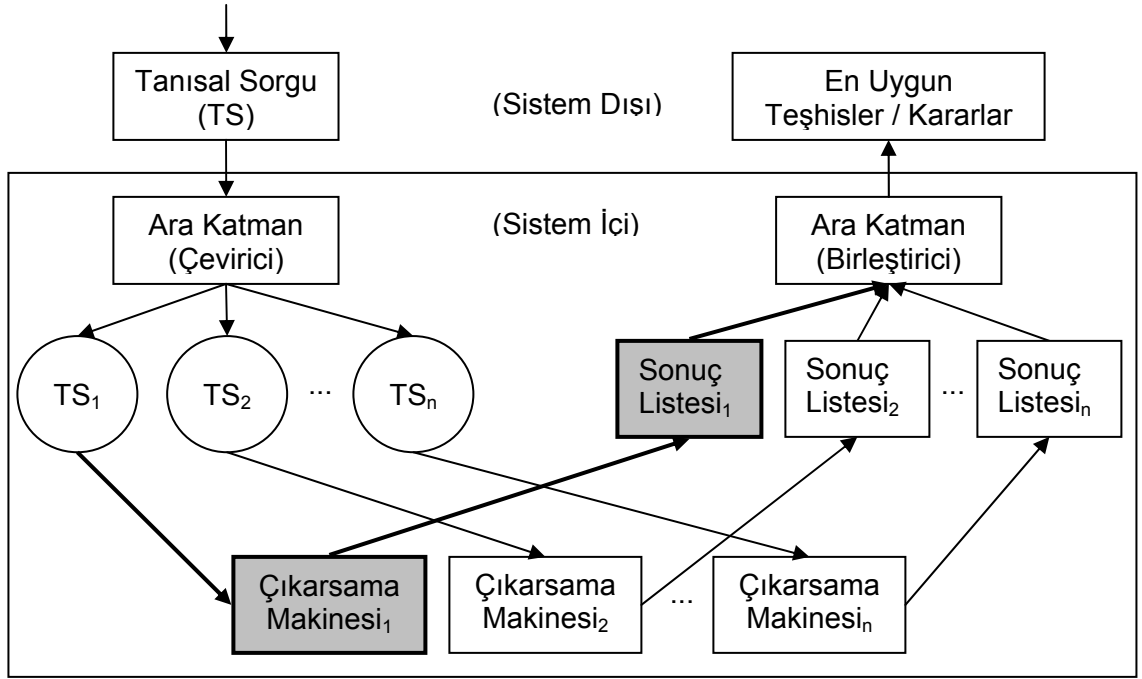
Karar destek sistemleri incelendiğinde temel olarak iki adet bileşen görülür. Bu bileşenler çıkarsama makinesi ve bilgi tabanıdır. Çıkarsama makinesi, alan uzmanı veya uzmanlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda probleme uygun çıkarsama yönteminin uygulandığı bileşendir. Bilgi tabanı ise, alan uzmanı veya uzmanlarından elde edilen bilgiler aracılığı ile oluşturulmuş probleme ilişkin çözüm yöntemlerinin ve bilgilerinin bulunduğu bileşendir. Bu temel karar destek sistemi tanımı ek bileşenler ile

zenginleştirilebilir fakat karar destek sistemlerinin çalışmasının temelinde bulunan bu iki bileşenin iletişimde bir fark olmayacaktır. Bu iki bileşen arasındaki iletişim, çıkarsama makinesinin kullandığı yöntemin gerektirdiği şekilde bilgi tabanına erişmesi ve bilgileri kullanması şeklindedir. Bir karar destek sistemi içerisinde bu iletişimin sağlanabilmesi için, çıkarsama bileşeninde kullanılan yöntemle uygun bilgi erişim sisteminin gerçekleştirilmesi gerekir.

Bilgi erişim sistemleri temelinde erişilecek bilginin niteliğine göre hazırlanmış erişim yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemler içerisinde erişilecek bilginin ifade ediliş biçimleri ve bu bilginin nasıl değerlendirileceği belirgin bir şekilde ifade edilmektedir. Bilgi erişim sistemleri içerisinde bulunan erişim yöntemlerine örnek olarak istatistiksel yöntemler[6] veya vektör uzayı yöntemleri[47] verilebilir. Bu ve buna benzer erişim yöntemlerinin geliştirilmesi beraberinde mevcut yöntemlerin çeşitli durumlar altında denenmesini gündeme getirmiş, yöntemlerin çözüm üretebilme kapasiteleri sınanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu, farklı yöntemler kullanılarak elde edilen sonuçlarda, genel performansların birbirine yakın olduğu durumda bile, ilgi çekici bir şekilde az örtüşme olduğu görülmüştür[6,37]. Benzer çalışmalar[37,19] birden fazla nitelik üzerinden arama yapmanın daha başarılı olacağını göstermiştir. Yapılan çalışmaların sonucunda erişilmek istenen tüm bilgilere ulaşılabilmesi için birden fazla erişim yönteminin kullanılması gerektiği ifade edilmiş, tek yöntemin veya gösterimin ilgili tüm sonuçları getirebilecek güce sahip olmadığı belirtilmiştir.

Farklı erişim yöntemlerinin ürettiği sonuçların farklılıkları ve yetersiz örtüşmesi bilgi erişim sistemlerinde yeni yaklaşımların geliştirilmesine öncü olmuştur. Bu yeni yaklaşımlardan biri, üretilen sonuç listesinin oluşturulmasında sistemdeki tüm veriler üzerinde istatistiksel yöntemlerin[46] kullanılması, yapılan sorguya yakınlık oranına göre sonuçların büyükten küçüğe sıralama şeklindedir. Bu yaklaşımla geliştirilen erişim yöntemleri birden fazla niteliği açık bir şekilde değerlendirebilen ve nitelik değerlerini bir arada işleyebilen yapıda olmaktadır. Geliştirilen bir diğer yaklaşım ise, erişim yöntemi içerisinde birden fazla yöntemi barındıran bir yapı tasarlanması, iç yöntemlerden gelen sonuçların birleştirilmesi şeklindedir. Bu birleştirme işlemi tek[7,15] bir sistem içerisinde geliştirilebileceği gibi dağıtık[35] bir yapıda da yapılabilir. Bu yaklaşımların geliştirilmesindeki amaç bilgi erişim başarısının artırılmasıdır.

Bu çalışmada bir tıbbi karar destek sistemi[41,50] için çıkarsama mekanizmasında birbirinden bağımsız çıkarsama yöntemlerinin bir arada kullanılması önerilecek ve bu önerinin gerçekleştirilmesi için yapılması gereken çalışmalar ile örnek bir parça gerçekleştirilecektir. Bu öneri kısaca açıklanacak olursa; mevcut ve geçmiş zamanlarda yapılmış olan karar destek sistemlerinde kullanılan tek tip algoritma yaklaşımı değiştirilerek, birden fazla çıkarsama algoritması ile sonuca ulaşılması hedeflenmektedir. Bu öneri ile sağlanmak istenen, tek algoritma ile çıkarsama yapılan sistemlerde algoritmanın kaçırabileceği sonuçların yakalanmasıdır. Tek algoritmanın kaçırabileceği sonuçların, birden fazla farklı algoritmanın ürettiği sonuç kümelerinin en az birinde bulunabilme ihtimali sayesinde muhtemel tüm sonuçların yakalanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3 Önerilen çözüme ilişkin hazırlanan sistemin genel yapısı

Yukarıdaki şekilde de görülebileceği üzere, önerilen çözüm, çıkarsama mekanizmalarında tek algoritma kullanan mevcut karar destek sistemlerine göre daha farklı bir değerlendirme ve çıkarsama süreci uygulamaktadır. Önerilen çözüm içerisinde

tek algoritma ile uygulanan çıkarsama yöntemi bir alt işlem haline getirilmiş ve birden fazla yöntemin bir arada kullanılması planlanmıştır. Burada sistemlerin bir arada kullanılabilmesi için gelen tanısal sorgu yardımcı bir ara katman sayesinde sistemde kullanılan çıkarsama algoritmalarının işleyebileceği sorgulara dönüştürülmektedir. Ara katmandan gelen sorgular sonucunda her algoritmanın elde ettiği sonuçlar yine bir ara katman içerisinde doğrusal olarak birleştirilmektedir. Doğrusal birleştirme işlemi sonucu birden fazla algoritma içerisinde ulaşılan ortak olarak sonuçlar, sonuç karar/teşhis listesinde üst sıralarda yer alacağından sistemin doğru sonuca, tek algoritma kullanan sistemlerden, daha yakın sonuçlar üreteceği düşünülmektedir. Alt modüller tarafından üretilen sonuçlar birleştirildikten sonra sorgu cevabını bekleyen kişi veya kişilere sıralı bir şekilde gösterilecektir.

Bu çalışmada gerçekleştirilecek bölüm şekil 3 içerisinde koyu renkle işaretli olan alanda gösterilmiştir. Çalışma dâhilinde önerilen çözüme uygun bir kural tabanlı çıkarsama alt modülü gerçekleştirilecek ve bu modülün birim testleri yapılacaktır. Gerçekleştirilen yapının işleyeceği sorgu yapıları ve çıkarsama sonucu ürettiği liste yapısı detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

1.2 Plan

Tez çalışması aşağıdaki plan doğrultusunda gerçekleştirilmiştir;

- Karar destek sistemlerinin incelemesi yapıldı,
- Mevcut karar destek sistemlerinde kullanılan çıkarsama yöntemleri değerlendirildi,
- Çıkarsama yöntemleri ve bu yöntemlerin karar destek sistemlerinde kullanımına ilişkin araştırmalar yapıldı,
- Önerilen çözümün gerçekleştirilebilmesi için yapılması gereken ön çalışmalar araştırıldı,
- Sistemin ürettiği sonuçların önerilen çözüme uygun bir yapıya dönüştürülmesi ve bu dönüşüm işlemlerine ilişkin araştırma yapıldı,
- Önerilen çözüm içerisinde gerçekleştirilecek alan olarak işaretlenmiş çıkarsama sistemi gerçekleştirildi,

- Gerçekleştirilen karar destek sisteminin destek olabileceği örnek bir problem seçilerek bu alanda uzman kişilerden 200–300 adet üretim kuralı (production rule) içeren bir bilgi tabanı (knowledge base) oluşturmak için gerekli bilgilerin alındı ve
- Gerçekleştirilen sistemin birim testinin yapıldı.

1.3 Organizasyon

Tez çalışmasına ilişkin hazırlanmış bu raporun ilk bölümün tamamlanması ile tez konusu hakkındaki temel bilgiler verilmiş olmaktadır. Bu bölüm içerisinde konunun geneline ait bilgilere ek olarak yapılacak çalışmayla ilgili ön bilgiler verilmiştir. Problem tanımı ve problem çözümünde çalışmanın tam olarak nerede bulunduğu anlatıldığı bu bölümü, konuyla ilgili detaylı bilgilerin verileceği ikinci bölüm takip edecektir.

İkinci bölüm içerisinde karar destek sistemlerine ilişkin ön bilgiler verilecektir. Bölüm içerisinde karar destek sistemlerini anlamaya yönelik detaylı bilgiler, bu sistemlerde kullanılan yaklaşımlar ve bu yaklaşımların genel özellikleri karşılaştırmalı bir şekilde verilecektir. Bu bölümde hedeflenen, tez konusu olarak seçilmiş çalışma öncesi gerekli altyapının oluşturulmasıdır.

Üçüncü bölüm içerisinde ele alınan probleme ilişkin detaylı bilgi verilecektir. Bu bölümde hedeflenen, tez konusu olarak seçilmiş çalışmaya ilişkin problemin detaylı bir şekilde incelenmesidir.

Dördüncü bölüm içerisinde tasarlanan yapının gerçekleştirimine ilişkin detaylı bilgiler verilecektir. Bu bölümde hedeflenen, tez konusu olarak seçilmiş çalışmaya ilişkin önerilen çözümün gerçekleştiriminin detaylı bir şekilde incelenmesidir.

Son bölüm içerisinde yapılan çalışma sonucu elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yapılacaktır. Bölüm içerisinde ele alınan probleme ilişkin önerilen çözüm ile elde edilen başarı incelenecek, gelecek çalışmalara ilişkin bilgiler verilecektir. Bu bölümde hedeflenen, önerilen çözüm doğrultusunda yapılan çalışmaların sonucunda ne gibi kazanımlar elde edildiğinin anlatılmasıdır. Yapılan çalışmaları izleyebilecek gelecek çalışmalar da bu bölüm içerisinde anlatılacaktır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

Karar verme bir hekim için zorunlu ve önemli aktivitelerin başında gelir. Teorik olarak karar verme incelendiğinde süreç, daha önceki bölümde de ifade edildiği gibi, muhtemel çözüm stratejilerinin belirlenmesi, belirlenen çözüm yollarının sonuçlarının değerlendirilmesi ve en uygun çözüm yolunun seçilmesi şeklindedir. Fakat bu süreç tıp alanında çoğu zaman uygulanabilir değildir. Genellikle tıbbi bilgiler öznel, yetersiz veya belirsiz olmaktadır. Tek tek değerlendirilmesi gereken çok sayıda hipotez bulunmaktadır. Seçilen çözüm yolunun, kararın, doğurabileceği sonuçlar hakkında kısmi bilgiler bulunmakta, uygulanacak tedavinin sonuçları genellikle sadece tahmin edilebilmektedir. Tıbbi kararlar çoğunlukla belirsizlik içerisinde verilmekte, hekim en uygun tedavi veya çözüm doğrultusunda teşhis ortaya koymaktadır. Tıbbi teşhis, bu kararsızlık durumunun en aza indirilmesi için mümkün olduğu kadar çok tamamlayıcı bilginin ortaya çıkarılmasını gerektirir.

Bilgisayar ve bilgisayarlı sistemler tıp alanında karar verme sürecini destekleyebilir. Bu tip bir destek sisteminin hazırlanabilmesi için problem ve probleme ilişkin çözümler üzerinde önemli bir bilgi birikimi olması gereklidir. Bu birikim kullanılarak problem somutlaştırılabilir.

2.1 Muhakeme

Tıbbi karar verme ile ilgili bilgilerden önce muhakeme yöntemlerinin anlatılması karar verme modellerinin anlaşılması açısından gereklidir[10]. Muhakeme yöntemleri çeşitli ana başlıklar altında toplanabilir;

2.1.1 Tümdengelim

Tümdengelim kullanılarak mevcut bilgilerden sonuca ulaşılabilir. Bu yöntemde öncüllerin birleştirilip sonuca gidilmesi söz konusudur. Öncüllerin doğruluğu tartışılmaz fakat sonucun doğruluğu öncüllerin doğruluğuna bağlıdır. Tümdengelim kullanılarak yapılan bir çıkarsamaya örnek verilecek olursa;

- Tüm insanlar ölümlüdür.
- Sokrat bir insandır.

O halde,

- Sokrat ölümlüdür.

Üretilen sonuçlar, sonuç üretiminden sonra gelecek çıkarsama işlemlerinde öncül olabilir. Çıkarsama, “Eğer A B’yi gerektiriyorsa ve eğer B C’yi gerektiriyorsa, geçişkenlik özelliği kullanılarak, A C’yi gerektirir” önermesi kullanılarak yapılır.

2.1.2 Tümevarım

Tümevarım ile mevcut örneklerden genelleme yapılması söz konusudur. Tümevarım ile üretilen sonuçlar bir dereceye kadar veya belirli bir olasılıkta güvenilir olmaktadır. Eğer a, b ve c ölümlü bir erkek ise, bu yöntem kullanılarak tüm erkeklerin ölümlü olduğu sonucuna ulaşılabilir. Tekrarlanacak çıkarsamalar ile hipotezin doğruluğu ispatlanabilir veya hipotez çürütülebilir.

Tıpta tümevarım kullanımı sınırlıdır. Bu, tıpta yaygın olarak görülen durumların yakalanmasının az bilinen durumlara göre daha yüksek bir olasılık olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla teşhis ile belirtilerin, birbirleri ile ilişkileri bulunmamasına rağmen, birbirlerini etkiledikleri gözlemlenebilir. Bu tip yanlış ilişkilendirmeler verilerin güvenilirliğini ve kalitesini düşürmektedir.

2.1.3 Bilimsel Metot

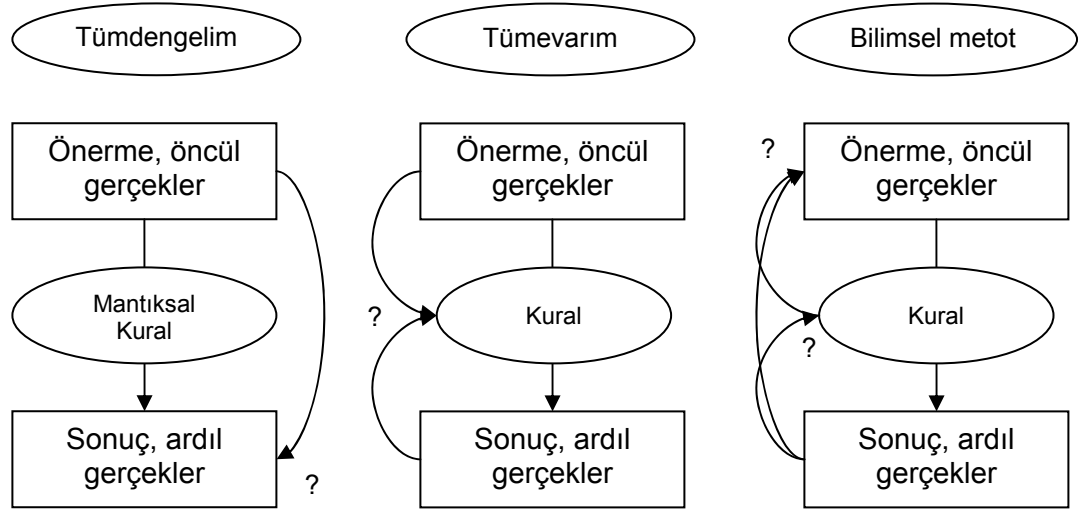
Bilimsel metot, bilimsel araştırmaların önemli bir parçasıdır. Bilimsel metot kullanılarak sebep ve sonuç arasındaki bağlantı kurulmaya çalışılır. Hipotezler öncül ve ardıl olguların bağlanması için gerekli yolun oluşturulmasında yardımcı olabilirler veya yeni bir kuralın oluşturulmasını sağlayabilirler. Hipotezlerin doğru olduğu varsayılarak, tümdengelim kullanımı ile yeni olgular üretilebilir ve bunların doğrulanması için ardıl çalışmalar veya yeni bilimsel araştırmalar yapılabilir.

2.1.4 Nedensel Muhakeme

Tıpta, parazitsel ve bulaşıcı hastalıklarda, belirtiler sıklıkla belirli bir kronolojik sırada ortaya çıkar. Nedensel muhakeme bu kronolojik sıralamanın detaylı analizini kullanarak neden ile beklenen sonuç arasındaki ilişkiyi kurmaya çalışır. Örnek olarak bir ilacın yan etkileri belirlenirken kontrol edilenler;

- Yan etkinin ilacın alınmasının ardından belirdiği;
 - Yan etkinin belirmesi için geçen süre ile ilacın etki etme süresinin birbirine uyumluluğu;
- ve sonunda
- Neden olan etmenin kaldırılmasının sonucunda yan etkininde görülmemesi;
 - Etik olarak mümkün ise, ilacın tekrar uygulanması sonucu yan etkinin tekrar görülmemesi;
 - ve yan etkinin yoğunluğunun alınan miktar ile orantılı olması.

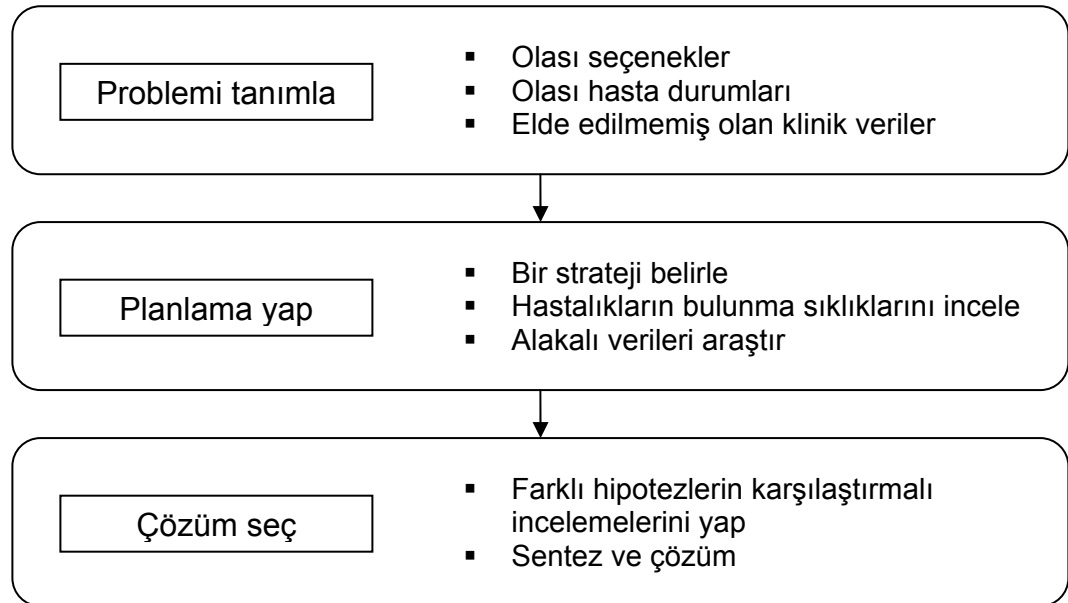
Nedensel muhakeme vakaya göre tümdengelim veya tümevarım kullanılarak yapılır. Farklı muhakeme yöntemlerinin gösterimi şekil 4'te bulunmaktadır.



Şekil 4 Farklı muhakeme yöntemleri

2.2 Tıbbi Karar Verme Adımları

Tıbbi karar verme sürecinde üç adet adım bulunmaktadır. Bu adımlar şekil 5 içerisinde gösterilmiştir;



Şekil 5 Tıbbi karar verme süreci

2.2.1 Problemin tanımlanması

Tıbbi karar verme süreci problemin tanımlanması ile başlar. Problemin tanımlanması, ilgili alanın seçilmesini sağlar. Teşhis kararı klinik verilerin ön incelemesi ardından verilebilir. Hekim, başlangıç verileri içerisinde en önemli olanları seçmelidir. Uygun verilerin seçimindeki başarı karar vericinin deneyimi ile doğru orantılıdır. Problemin tanımlanmasında bilimsel metot kullanılabilir.

2.2.2 Planlama yapılması

Tıbbi karar verme sürecinde ikinci adım planlama yapılmasıdır. Planlama klinik verilerin ve problemin incelenmesi ile yapılır. Aynı veri veya veri parçası üzerinde birden fazla yorumlama şekli bulunabilir. Teşhis hipotezleri, verilerin yorumlanması sonucu formüle edilebilir. Muhakeme tümdengelim, tümevarım veya bilimsel metot kullanılarak yapılabilir.

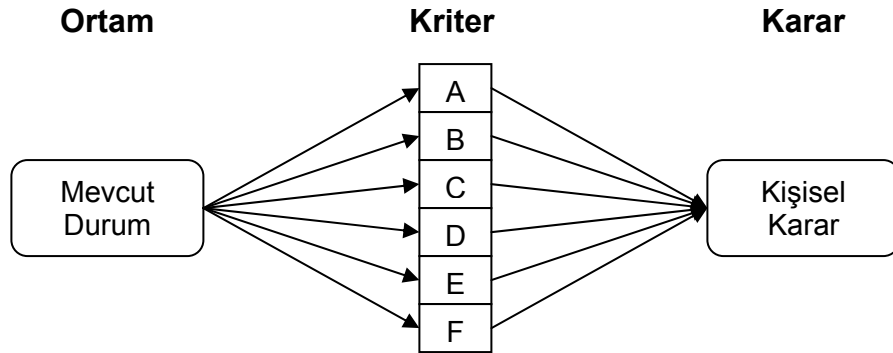
2.2.2 Çözümün seçilmesi

Tıbbi karar verme sürecinde son adım probleme ilişkin çözümün seçilmesidir. Problemin çözülebilmesi için genellikle dönüştürülmesi gerekir. Bu dönüştürme işlemi zayıf bir problem tanımıyla ifade edilmiş problemde tam tanımlı problem tanımı ile ifade edilmiş probleme doğru olmalıdır. Probleme uygun ve doğrulanabilir bir veya daha fazla hipotez kullanılarak, tümdengelim yardımıyla, gerekiyorsa ek incelemeler yapılarak, beklenen belirtiler ve işaretler bulunabilir. Hekim tümevarım veya bilimsel metot kullanılarak, bulgular doğrultusunda ilişkili olmayan hipotezleri eleyebilir. Tamamlayıcı muayene ve incelemeler ile belirsizlik/kararsızlık durumu ortadan kaldırılabilir ve bazı hipotezler elenebilir veya yeni hipotezler belirebilir.

Bu süreç hekimin sahip olduğu bilgi ve deneyime bağlıdır. Hekim, doğrulanamayan bir hipotez ile veya sahip olduğu bilgi ile çelişen bir durumla karşılaştığında yeni bir tedaviye yönelecektir. Bu adım hekimin değerlendirilen durumları kavraması sonucu yorumlamasıdır. Hekim, bu adımda aktif olarak rol alır ve problemde veri akışını kontrol etmelidir. Buna ek olarak hekim uygulanacak değişik stratejilerin maliyetlerini hesaplamalıdır.

2.3 Belirsizlik ve Tıbbi Karar Verme

Aynı problem ile karşılaşan iki hekim çok farklı karar verme stratejileri uygulayabilir. Bu kişilerin kişisel deneyimleri sonucu oluşabilen farklılıktır. Bir hekimin karar vermesi Brunswick'in genel lens modeli[22] (şekil 6) ile gösterilebilir. Brunswick, karar verme işleminin olasılıksal ve belirsiz bir ortamda yapıldığını ifade eder. İncelenen her bilginin, mevcut duruma ve karar vericinin belleğine göre değerlendirilip ağırlık ataması yapılmalıdır. Sonuçta elde edilenler birleştirilerek sonuca ulaşmak için kullanılabilir.



Şekil 6 Brunswick'in lens modeli

Karar verme süreci bize;

- istatistiksel olarak bağımsız olmayan farklı bilgi kaynaklarını birleştirme;
- farklı bilgi kaynaklarının güvenilirliğini değerlendirme;
- farklı bilgi kaynaklarının tahmin gücünün değerlendirilmesi ve;

- problemin yapısının sürece dahil edilmesi olanağını sağlar.

Tıbbi karar verme süreci, karar eğilimi veya benzeri problemler nedeniyle engellenebilir:

- Verilerin elde edilış sırası problem kaynağı olabilir. Çünkü ulaşılan veya elde edilen ilk bilgiler diğerlerine göre baskın olabilir.
- İnsanoğlunun karar verme sürecinde veri güvenilirliği tam olarak sağlanamayabilir.
- Veriler ve bilgiler beklentiler doğrultusunda toplanıyor, derleniyor veya değerlendiriliyor olabilir.
- Kararlarda tutuculuk / muhafazakârlık belirli değerlendirme yollarından başka yolların değerlendirilmesini engelliyor olabilir.
- Karar verme sürecindeki tutarsızlık, benzer durumlarda farklı kararlara ulaşılmasına neden olabilir.
- Açıklanabilirlik kullanılarak karar verici tarafından açıklanabilen bir kural, problem ile ilişkili olmasa bile uygulanıyor olabilir.

Belirtilen kararsızlık durumu ve karar verme sürecindeki problemler nedeni ile bilimsel bir yapı kurulması gerekliliğı ortaya çıkmıştır. Karar verme sürecinde kullanılacak bu bilimsel yapı aracılığı ile karar destek sistemlerinin nasıl çalışması gerektiğı belirlenmiştir. Bu çalışma yöntemi temel alınarak çeşitli yaklaşımlar üretilmiş ve karar destek sistemleri temelinde kullanılmıştır. Bölümün devamında bu yaklaşımlara ilişkin detaylı bilgiler ve karşılaştırma bulunmaktadır.

2.4 Bayesian Ağları

Bayesian Ağları ile ilgili detaylı bilgiler verilmeden önce Bayes Teoremi hakkında bilgi verilmesi gereklidir. Bu bölüm öncelikle Bayes Teoremi hakkında genel bilgiler ve teoremin kullanımına ilişkin bir adet örnek verilerek işlenecektir. Örnekleme ve genel bilgilerin ardından Bayesian Ağları hakkında bilgiler verilecektir.

2.4.1 Bayes Teoremi

Bayes Teoremi olasılıksal bir yöntemdir. Bu teorem aracılığı ile yeni bilgiler ışığında olasılıkların nasıl güncelleneceği hesaplanabilir. Teoremin yaklaşımına ulaşmak için iki farklı durum ile başlanabilir. Eğer elimizde bulunan iki durumun, H ve B olarak adlandırıldığını varsayarsak ve bu iki durum birbirinden bağımsız ise;

$$P(H \wedge B) = P(H) * P(B)$$

eşitliğini yazabiliriz. Bu eşitlik bize H ve B durumlarının bir arada olma olasılığını vermektedir. Fakat bu iki durum birbirinden bağımsız olmadığı, ki bu bir durumun olduğunu bildiğimiz zaman geçerli olabilir, durumda eşitliğimizi;

$$P(H \wedge B) = P(H) * P(B | H)$$

şeklinde yazmamız gerekir. Burada $P(B|H)$, H durumu bilindiğinde B'in olma olasılığıdır. Bu olasılık ifadelerini daha anlamlı hale getirmek için H durumunu hastalık ve B durumunu da bulgu olarak düşünebiliriz. Eşitliğimiz üzerinde biraz daha düzenleme yaparsak;

$$P(H \wedge B) = P(H) * P(B | H) = P(B) * P(H | B)$$

$$P(H | B) = \frac{P(H) * P(B | H)}{P(B)}$$

eşitliğini elde ederek Bayes Teoreminin formülüne ulaşmış oluruz. Bu formüle biraz daha yakından bakacak olursak;

- $P(B)$, bulgunun bulunma olasılığıdır. Bu olasılık mevcut hasta kayıtları incelenerek elde edilebilir.
- $P(H)$, hastalığın bulunma olasılığıdır. Bu olasılık bilgisi de mevcut hasta kayıtları incelenerek elde edilebilir.
- $P(B|H)$, hastalığın bulunduğu durumda, bulgunun bulunma olasılığıdır. Bu olasılık hastalığa ilişkin kayıtlar incelenerek elde edilebilir.
- $P(H|B)$, bulgunun bulunduğu durumda hastalığın olma olasılığıdır ki çıkarsama işlemi sonucu ulaşılmak istenen bu olasılıktır.

Formül içerisinde bulunan $P(B)$ 'yi $P(B | H)$ ve $P(B | \overline{H})$ 'in koşullu olasılığı olarak ifade edebiliriz. Bulgunun bulunma olasılığı, hastalığın bulunduğu durumda

bulgunun bulunma olasılığı ile hastalığın bulunmadığı durumda bulgunun bulunma olasılığının toplamı şeklinde yazılabilir;

$$P(B) = P(B | H) * P(H) + P(B | \overline{H}) * P(\overline{H})$$

Bu koşullu olasılığı formülde yerine koyduğumuz takdirde;

$$P(H | B) = \frac{P(H) * P(B | H)}{P(B | H) * P(H) + P(B | \overline{H}) * P(\overline{H})}$$

düzenlenmiş Bayes Teoremi formülünü elde edebiliriz.

Genelde hekimler nedensel bir açıdan tıp eğitimi alırlar. Tıp öğrencileri hastalıkların bazı belirtilere neden olduğunu düşünürler, $P(H | B)$. Fakat gerçekte hekimlerin ters yönde bir çıkarsama yapmaları gerekmektedir. Mevcut bulgular doğrultusunda hastalığa ulaşılması gerekmektedir, $P(B | H)$. Bayes Teoremi hekimlere nedensel bir boyuttan klinik boyuta geçiş yapmaya imkân sağlar. Bir başka ifadeyle Bayes Teoremi bulgu bulunuyorken hastalığının bulunma olasılığı hesaplar, $P(H | B)$. Bu hesap yapılırken; hastalığın bulunma olasılığı $P(H)$, hastalık bulunuyorken bulgunun bulunma olasılığı $P(B | H)$ ve bulgunun bulunma olasılığı $P(B)$ kullanılır. Hekimler, teşhisi etkileyen az sayıda değişken olduğu durumda Bayes Teoremini kullanarak hesaplama yapabilirler. Hastalığı etkileyen değişken sayısının artmasıyla hesaplanması gereken olasılıklar artacak hem zaman kısıtları hem de işlem yapma sınırlarının zorlanacaktır ve muhtemelen sonuca doğru bir şekilde ulaşamayacaktır[13].

Bayes Teoremi kullanılarak yapılan olasılık hesaplarının anlaşılabilmesi için bir örnek verilmesi yeterli olacaktır. Örnek olarak bir hastalığın bulunma olasılığı ve bu hastalığı teşhis etmekte kullanılan kan testinin başarı olasılığı değerlendirilerek Bayes Teoremi ile çıkartılabilecek bilgiler incelenecektir.

Örnek: Tez çalışması kapsamında incelenen tiroit hastalıklarına ilişkin bir veri kümesi (2123 vaka) incelenmiştir. Bu veriler hipertiroit hastalığı teşhisi konmuş hastaların bulunduğu bir veritabanından[ç.3] alınmıştır. İncelenen bu küme içerisinde hipertiroit hastalığı vakaların %0,0235 'inde bulunmaktadır. Bu hastalığa ilişkin TSH testi ise hasta kişilerde %86 başarı ile hastalığı tespit etmiştir. Fakat test, hasta

olmayan kişilere uygulandığında %23'lik bir oranda hastalık bulunuyor sonucu üretmiştir. Hastalığın teşhisinde bir testin (TSH) yeterli olduğu varsayılmıştır. (Test ve hastalık hakkında bilgi bölüm 3 içerisinde bulunmaktadır.)

Bu bilgilerden yola çıkarak;

- Hastalığın herhangi birinde bulunma olasılığı:

$$P(H) = 0.0236$$

- Hastalığın herhangi birinde bulunmama olasılığı:

$$P(\sim H) = 1 - 0.0236 = 0.9764$$

- Hastalığın bulunduğu durumda testin pozitif sonuç üretme olasılığı:

$$P(K | H) = 0.86$$

- Hastalığın bulunduğu durumda testin negatif sonuç üretme olasılığı:

$$P(\sim K | H) = 1 - 0.86 = 0.14$$

- Hastalığın bulunmadığı durumda testin pozitif sonuç üretme olasılığı:

$$P(K | \sim H) = 0.23$$

- Hastalığın bulunmadığı durumda testin negatif sonuç üretme olasılığı:

$$P(\sim K | \sim H) = 1 - 0.23 = 0.77$$

Bu olasılıklar yardımıyla Bayes Teoremi kullanılarak;

- Hastalık durumundan bağımsız olarak pozitif test sonucu üretme olasılığı:

$$P(K) = [P(K | H) * P(H)] + [P(K | \sim H) * P(\sim H)]$$

$$P(K) = [0.86 * 0.0236] + [0.23 * 0.9764] = 0.2449$$

- Hastalık durumundan bağımsız olarak negatif test sonucu üretme olasılığı:

$$P(\sim K) = [P(\sim K | H) * P(H)] + [P(\sim K | \sim H) * P(\sim H)]$$

$$P(\sim K) = [0.14 * 0.0236] + [0.77 * 0.9764] = 0.7551$$

hesaplanabilir.

Elde edilen bu olasılıklar sayesinde geriye kalan dört durumda bulunabilir;

- Test sonucunun pozitif olduğu durumda hastalığın bulunma olasılığı:

$$P(H | K) = \frac{[P(K | H) * P(H)]}{P(K)}$$

$$P(H | K) = \frac{[0.86 * 0.0236]}{0.2449} = 0.0829$$

- Test sonucunun pozitif olduğu durumda hastalığın bulunmama olasılığı:

$$P(\sim H | K) = \frac{[P(K | \sim H) * P(\sim H)]}{P(K)}$$

$$P(\sim H | K) = \frac{[0.23 * 0.9764]}{0.2449} = 0.9170$$

- Test sonucunun negatif olduğu durumda hastalığın bulunmama olasılığı:

$$P(\sim H | \sim K) = \frac{[P(\sim K | \sim H) * P(\sim H)]}{P(\sim K)}$$

$$P(\sim H | \sim K) = \frac{[0.97 * 0.9764]}{0.9504} = 0.9965$$

- Test sonucunun negatif olduğu durumda hastalığın bulunma olasılığı:

$$P(H | \sim K) = \frac{[P(\sim K | H) * P(H)]}{P(\sim K)}$$

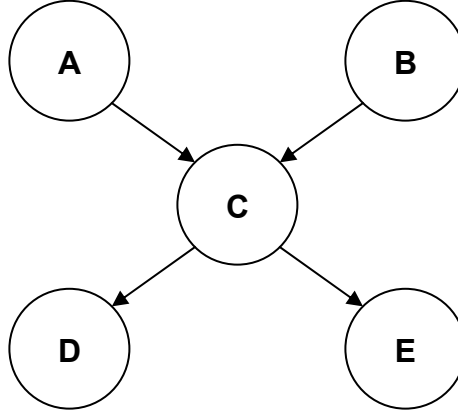
$$P(H | \sim K) = \frac{[0.14 * 0.0236]}{0.9504} = 0.0035$$

Bu örnekte de görüldüğü gibi Bayes Teoremi yardımıyla mevcut olasılıklar kullanılarak yeni bilgilere veya olasılıklara ulaşmak mümkündür.

2.4.2 Bayesian Ağları Hakkında Bilgi

Bayes Teoremi hakkında detaylı bilgi verildikten sonra Bayesian Ağları hakkındaki bilgiler aktarılabilir. Bayes Teoremi ile ilgili bilgi verilirken incelenen problemler az sayıda değişken içermekteydi fakat genellikle öğrenme ile ilgili problemlerde çok sayıda değişken bulunmakta, bu değişkenler ile ilgili ilişkilerin çıkarılması söz konusu olmaktadır. Bu tip problemlerin çözülebilmesi için Bayesian Ağları kullanılmaktadır. Son zamanlarda, Bayesian Ağları, belirsiz uzman bilgilerinin kodlanması için kullanılan popüler bir yöntem haline gelmiştir[23].

Bayesian Ağları değişkenler arasındaki ilişkilerin yönlü çevrimsiz çizge düğümleri ile modellendiği bir çizgedir. Düğümler, ana düğümlerden çocuk düğümlere yönelen oklarla ifade edilen nedensel bağlarla birleştirilir. Bu yapıda çocuk düğümler etkileri, ana düğümler ise nedenleri belirtir.



Şekil 7 Örnek Bayesian Ağ yapısı

Şekil 7’de basit bir Bayesian Ağ yapısı gösterilmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi çocuk düğümler aynı zamanda ana düğümlerde olabilir. Bir veya daha fazla ana düğümü olan düğümlerin şartlı olasılıkları, bir şartlı olasılık tablosu ile hesaplanabilir. Bu tabloda çocuk düğümün verilen bir durumdaki şartlı olasılığını ana düğümlerin durumlarına göre;

$$P(\text{çocuk} \mid \text{ana}_1, \text{ana}_2, \dots, \text{ana}_N)$$

formülü kullanılarak hesaplanır. Şartlandırılmış durum, çocuk düğümün olasılık tablosuna bir kayıt girilirken ilgili ana düğümlerin durumlarını belirtmede kullanılır. Ana düğümü olmayan düğümlerin olasılıksal dağılımı ise

$$P(\text{düğüm})$$

ile verilir.

Şartlı olasılıklar Birleşik Olasılık dağılımı ile özetlenebilir. Şartlı olasılık ile Birleşik Olasılık Dağılımı arasındaki ilişki şu eşitlikle verilebilir:

$$P(X_1, X_2, \dots, X_N) = \prod_{i=1}^N P(X_i \mid \text{Parents}(X_i))$$

Burada $\text{Parents}(X_i)$ fonksiyonu, X_i düğümüne yönelen ilişkisel bağların oluşturduğu düğümler kümesini listeler. Şekil 7’deki C düğümünün

$$P(C | A, B)$$

formülü ile verilen şartlı olasılığını içeren bir şartlı olasılık tablosu olmalıdır. Benzer şekilde D ve E düğümlerinin şartlı olasılıkları sırasıyla

$$P(D | C) \quad P(E | C)$$

olacaktır. A ve B düğümlerinin ana düğümleri olmadığı için bu düğümlerin

$$P(A) \quad P(B)$$

değerlerinin temsil ettiği olasılıksal dağılımlar yeterlidir.

Bu bilgiler kullanılarak C düğümü için şartlı olasılık tablosu oluşturulacak olursa;

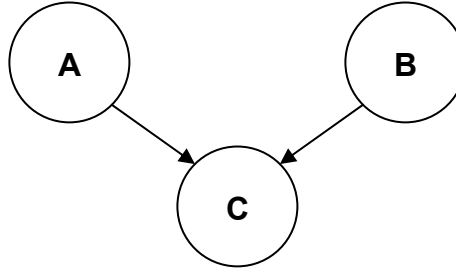
		C	
A	B	c₁	c₂
a₁	b₁	$P(C = c_1 A = a_1, B = b_1)$	$P(C = c_2 A = a_1, B = b_1)$
a₁	b₂	$P(C = c_1 A = a_1, B = b_2)$	$P(C = c_2 A = a_1, B = b_2)$
a₂	b₁	$P(C = c_1 A = a_2, B = b_1)$	$P(C = c_2 A = a_2, B = b_1)$
a₂	b₂	$P(C = c_1 A = a_2, B = b_2)$	$P(C = c_2 A = a_2, B = b_2)$

Tablo 1 Şartlı olasılık tablosu

elde edilecektir. Örnek olarak tablonun ilk hücresinde, $A=a_1$ ve $B=b_1$ olduğunda, C'nin c_1 olma olasılığının hesaplanması için kullanılacak olasılık formülüdür. Formülün açılımı şu şekilde olacaktır;

$$P(C = c_1 | A = a_1, B = b_1) = \frac{P(C = c_1 | B = b_1) * P(A = a_1 | C = c_1, B = b_1)}{P(A = a_1 | B = b_1)}$$

Bayesian Ağları kullanılarak yapılabilecek çıkarsamanın anlaşılabilmesi için bir örnek incelemek yeterli olacaktır. Örnek olarak şekil 7'de bulunan grafiğin basitleştirilmiş bir hali olarak aşağıdaki şekli ele alalım;



Şekil 8 Örnek Bayesian Ağ problemi

burada C olayı, A ve B'den etkilenebilmektedir. Burada verilen ilişki bayes teoremi örneği ile ilişkilendirilerek incelenebilir. Bayes teoremi örneğinde incelenen probleme konu olan hastalığın teşhisinde iki testin etkili ve yeterli olduğunu varsayalım. Hastalığın teşhisinde kullanılan testlere ilişkin (T_3 ve TSH) yapılan hesaplamalarda örnek olarak incelenen veritabanında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

	Hasta	Hasta Değil
TSH (A)	$P(A) = 0.2463$	$P(\sim A) = 0.7537$
T_3 (B)	$P(B) = 0.2138$	$P(\sim B) = 0.7862$

Tablo 2 Örnek TSH ve T_3 olasılık tablosu

Bu sonuçlar TSH'ın ve T_3 'ün hastalığa ilişkin ürettiği sonuçları göstermektedir.

		Hipertiroit (C)	
TSH (A)	T_3 (B)	Hasta	Hasta Değil
Hasta	Hasta	$P(C AB) = 0.1585$	$P(\sim C AB) = 0.8415$
Hasta	Hasta Değil	$P(C A \sim B) = 0.0412$	$P(\sim C A \sim B) = 0.9588$
Hasta Değil	Hasta	$P(C \sim AB) = 0.0185$	$P(\sim C \sim AB) = 0.9815$
Hasta Değil	Hasta Değil	$P(C \sim A \sim B) = 0.0015$	$P(\sim C \sim A \sim B) = 0.9985$

Tablo 3 TSH, T_3 ve Hastalık olasılık tablosu

Bilinen olasılık değerleri kullanılarak C'nin (hastalığın) başlangıç durumdaki olasılığı hesaplanabilir;

$$\begin{aligned}
P(C) &= P(CAB) + P(C \sim AB) + P(CA \sim B) + P(C \sim A \sim B) \\
&= P(C | AB) * P(AB) + \\
&\quad P(C | \sim AB) * P(\sim AB) + \\
&\quad P(C | A \sim B) * P(A \sim B) + \\
&\quad P(C | \sim A \sim B) * P(\sim A \sim B) \\
&= P(C | AB) * P(A) * P(B) + \\
&\quad P(C | \sim AB) * P(\sim A) * P(B) + \\
&\quad P(C | A \sim B) * P(A) * P(\sim B) + \\
&\quad P(C | \sim A \sim B) * P(\sim A) * P(\sim B) \\
&= 0,0202
\end{aligned}$$

Burada elde edilen sonuç, C'nin (hastalığın) 0,0202 olasılık değeri ile diğer olaylardan bağımsız olarak doğru olma olasılığıdır. C'nin (hastalığın) doğru olduğu bilindiği takdirde A'nın ve B'nin (testlerin) düzenlenmiş olasılıkları hesaplanabilir. Bu hesaplama ile testlerin, hastalığın teşhis edilmesindeki başarıları hesaplanabilir.

$$\begin{aligned}
P(B | C) &= \frac{P(C | B) * P(B)}{P(C)} \\
&= \frac{(P(C | AB) * P(A) + P(C | \sim AB) * P(\sim A)) * P(B)}{P(C)} \\
&= \frac{(0.1585 * 0.2463 + 0.0185 * 0.7537) * 0.2138}{0.0202} \\
&= 0,5608 \\
P(A | C) &= \frac{P(C | A) * P(A)}{P(C)} \\
&= \frac{(P(C | AB) * P(B) + P(C | \sim AB) * P(\sim B)) * P(A)}{P(C)} \\
&= \frac{(0.1585 * 0.2138 + 0.0185 * 0.7862) * 0.2463}{0.0202} \\
&= 0,5905
\end{aligned}$$

Sonuç olarak; TSH'ın, bir vakanın hasta olduğu bilindiği durumda, hastalığı teşhis etme başarısının T_3 'e göre daha yüksek olduğu elde edilmiştir. Burada elde

edilen sonuç ile uzmanların belirttiği TSH'in tiroit hastalıklarını teşhis etmede en etkili test olduğu bilgisine sayısal olarak mevcut bir vaka veritabanı kullanılarak ulaşılmıştır. Test ve hastalık hakkında bilgi bölüm 3 içerisinde bulunmaktadır. Bu örnekten de görülebileceği üzere, Bayesian Ağları kullanılarak bir problem üzerindeki değişkenler ve bunların arasındaki ilişkiler olasılıksal olarak kurulabilir. Kurulan ilişkiler sayesinde bir olayın olmasında etkili olabilecek öncül olaylardan hangisinin daha baskın olduğuna karar verilebilir.

Bayesian Ağlarında bulunan her düğüm bir şartlı olasılık tablosu ile eşlendirilir. Bu tabloda, düğümün belirttiği durumun alabileceği değerlerin olasılıksal olarak değerleri bulunur. Genellikle ilgilenilen değişkeni ifade eden bir adet kök düğüm bulunur. Diğer düğümler bu kök düğümün olasılığını etkileyen düğümler olabilir. Tıp söz konusu olduğunda hastalık durumu kök düğüm olacak; bulgular, işaretler ve test sonuçları bu durumun olasılığını etkileyecek diğer düğümleri oluşturacaktır.

Bayesian Ağları içerisinde bulunan düğümlerin birden fazla öncül düğümü olduğu durumda, düğüme ilişkin şartlı olasılık tablosu büyüyecektir. Bunun nedeni düğümün ifade ettiği duruma etki eden çok sayıda öncül durum olmasıdır. Ağ oluşturacak düğümlerin olasılık değerlerinin bulunduğu tablolar ağın oluşturulabilmesi için doldurulmalıdır. Bu tabloların doldurulması için, ilk bölüm içerisinde ifade edildiği gibi, iki adet yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ilki konusunda uzman kişiler yardımıyla ve/veya literatür çalışmaları incelenerek değerlerin çıkarılmasıdır. Diğer yöntem ise probleme ilişkin, çok sayıda farklı vaka içeren veri topluluğuna yarı otomatik ve tam otomatik makine öğrenme teknikleri uygulayarak değerlerin çıkarılmasıdır.

Şartlı olasılık tabloları ve düğüm bağlantıları oluşturulduktan sonra hazırlanan Bayesian Ağ üzerinde bulunan herhangi bir düğüme ilişkin olasılık hesabı yapılabilir. Burada çıkarsama, Bayes Teoremini temel alınarak, mevcut koşullu olasılıklar ve bilgilerin değerlendirilmesi sonucu olacaktır. Bayes Teoremini temel alan çıkarsama algoritmaları uygulanarak Bayesian Ağları üzerinde çıkarımlar yapılabilir. Oluşturulan ağın karmaşık olması durumunda çıkarsama işleminin gerçekleştirilebilmesi için öbekleme[12], üçgenleştirme[32], değişken eleme[8] gibi algoritmalar kullanılabilir. Yapılan çıkarımların doğruluğunun artırılması için, konu olan probleme ilişkin

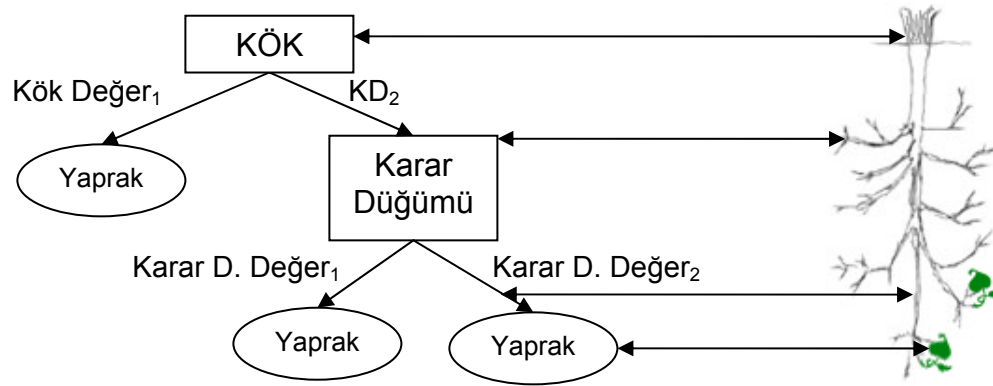
değişkenlerin tam olarak tanımlanması, alabilecekleri değerlerin ve problem içindeki diğer değişkenler ile olan ilişkilerinin hem olasılıksal hem de etki yönü göz önünde bulundurularak belirlenmesi gerekir.

Bayesian Ağları kullanan güncel uygulamalar incelendiğinde çok çeşitlilik göze çarpmaktadır. Microsoft'un ürettiği ofis yazılımlarında kullanılan "Clippy" isimli ataç şeklindeki yardımcının karşılaştığı durumlara tepkiyi Bayesian Ağları kullanarak[ç.2] verdiği örnek gösterilebilir. Tıp alanında konuya ilişkin örnek olarak "Pathfinder" projesi[24,25] verilebilir. Bu projenin patoloji alanında konuyla ilgili uzmanlar kadar başarılı sonuçlar ürettiği ifade edilmektedir[24,25].

2.5 Karar Ağaçları

Karar teorisinde, örnek olarak risk yönetimi, karar ağaçları, kararların ve bu kararların sebeplerinin grafiği olarak ifade edilmektedir. Karar verme aşamasında yardımcı olabilmeleri nedeniyle karar ağaçları oluşturulur. Makine öğrenme teknikleri açısından incelendiğinde ise, karar ağaçları tahminsel bir modeldir ve bu modelde değişkenlerin hedef değerleri kullanılarak sonuçlara ulaşılan yollar haritalandırılmaktadır. Ağaç içerisindeki her bir düğüm bir değişkene, her düğümden bir sonraki düğüme giden dallar ile de bir önceki düğümün/değişkenin alabileceği bir değer ifade edilmektedir. Ağaç üzerinde kullanılan yol sonucu ulaşılan son düğüm/yaprak ise; kökten son düğüme kadar olan yol üzerindeki değişkenlere atanan değerler sonucu ulaşılan sonuç olacaktır.

Kısaca karar ağaçlarına ilişkin bir tanım yapılacak olursa; tam olarak belirlenebilen seçeneklerden en iyi olanının eldeki verilere dayanılarak seçilmesini sağlayan bir problem çözme yöntemidir[ç.4]. Karar ağaçları gerçek hayattaki ağaçların aksine ters yönde büyüme gösterir, büyüme normal hayattaki bir ağaca benzer şekilde kökten başlar fakat dallar ve yapraklar kök altında oluşur. Bu iki ağaç arasındaki benzerlik aşağıdaki şekilde (şekil 9) eşlenerek ifade edilmiştir.



Şekil 9 Gerçek ağaç ve Karar Ağacı arasındaki benzerlik

Yukarıdaki şekilde de görülebileceği gibi karar ağaçları kökten başlayarak büyüme gösterirler. Köke yerleştirilen değişkenden başlayarak, üzerinde bulunan düğüme ilişkin alternatif değerlerden biri seçilerek ilerlenir ve yapraklara ulaşılır. Karar ağaçları, karmaşık problemlerde karşılaşılan kararsızlık probleminin çözümü için basitleştirilmiş karar aşamaları sağlar. Bu sayede, karar vericinin, problem ile ilgili kararı verebilmesi için karar ağacı üzerindeki karar düğümleri ve kökte belirtilmiş değişkenlerin cevaplarına odaklanması yeterli olacaktır. Karar ağaçları gösterimi görünümü itibariyle rahat okunabilir ve değerlendirilebilir bir yapıya sahiptir. Karar ağaçları kullanılarak sınıflandırma ve tahmin yapılabilir. Karar ağaçlarının kullanıldığı alanlara örnek olarak tıbbi teşhis süreci, bitki sınıflandırma ve pazarlama stratejileri gösterilebilir.

Karar ağaçlarının oluşturulmasına ilişkin bir örnek incelenerek konu hakkında daha detaylı bilgi elde edilebilir. Örnek olarak, tez çalışması kapsamında incelenen tiroit hastalıklarına ilişkin aşağıdaki verilerin elimizde bulunduğunu varsayalım. Bu veriler hipertiroit hastalığı teşhisi konmuş hastaların bulunduğu bir veritabanından[ç.3] alınmıştır. Tablo dört test ile bu testlerin sonucunda hastanın durumunu belirten bir sonuç bölümü ile oluşturulmuştur.

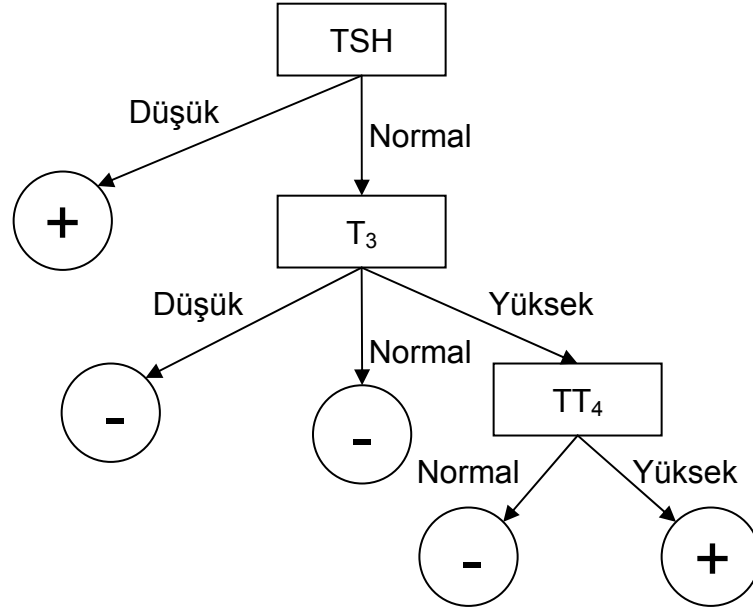
TSH	T ₃	TT ₄	T ₄ U	Sonuç
Normal	Normal	Normal	Yüksek	Hasta Değil
Normal	Normal	Normal	Normal	Hasta Değil
Normal	Düşük	Normal	Normal	Hasta Değil
Normal	Normal	Yüksek	Yüksek	Hasta Değil
Normal	Yüksek	Normal	Yüksek	Hasta Değil
Düşük	Normal	Yüksek	Normal	Hasta
Normal	Yüksek	Normal	Normal	Hasta Değil
Düşük	Yüksek	Yüksek	Normal	Hasta
Düşük	Normal	Yüksek	Normal	Hasta
Düşük	Normal	Yüksek	Normal	Hasta
Düşük	Yüksek	Yüksek	Normal	Hasta
Düşük	Yüksek	Yüksek	Normal	Hasta
Düşük	Normal	Yüksek	Normal	Hasta
Normal	Yüksek	Yüksek	Normal	Hasta

Tablo 4 Örnek hasta kayıtları

Yukarıdaki tabloda bulunan veriler büyük bir veritabanı içerisinde bulunan verilerden alınmış örneklerdir. Bu tabloda bulunan az sayıdaki kayıttan elde edilebilecek bilgiler ile anlamlı örüntülere ulaşılamayabilir fakat verilerin alındığı veritabanı bir bütün halinde incelendiğinde anlamlı örüntülerin elde edilmesi mümkün olacaktır. Bu örnek verilerden veya veritabanının tümünün incelenmesi sonucu elde edilebilecek örüntü tipleri incelendiğinde; örnek olarak hasta olanların TSH değerlerinin düşük olduğu görülebilir. Bu tip bir bilginin elde edilmesi, bu veri kümesinde hastalığın teşhisinde daha etkili sonuçlara ulaşılmasına imkân verecektir. Örnek olarak yukarıdaki tablo kullanılarak TSH değeri düşük olanların hipertiroit olduğu çıkarılabilir. Bu bilgi kullanılarak bir sonraki teşhis sürecinde TSH değerine ağırlık verilmesi mantıklı olabilir.

Bir probleme ilişkin birden fazla karar ağacı tasarımı olabilir. Tasarım kök düğüme bir değişkenin yerleştirilmesi ile başlar. Bu adımdan sonra diğer düğümler de değişkenler ve alabilecekleri değerler doğrultusunda oluşturulur. Oluşturulan ağaç

yaprak olarak belirlenmiş sonuca ulaşılana kadar devam eder. Yukarıda verilmiş olan tabloya ilişkin aşağıdaki karar ağacı oluşturulabilir;



Şekil 10 Örnek Karar Ağacı Çizimi

Çizilen karar ağacından dikdörtgen ile belirtilen alanlar karar düğümü, oklar ile belirtilen karar düğümünün alabileceği değer ve çember ile belirtilen yapraktır. Ağaç çizimi yapılırken kök olarak belirlenen değişkenin alabileceği değerlerden yola çıkılır. Ağacın kökü belirlendikten sonra kök olarak seçilmiş değişkenin değerleri probleme ilişkin veri kümesinden çıkarılır. Bu aşamadan sonra seçilecek her bir değişken için veri kümesi incelenerek değişkenin aldığı değerler ile yollar oluşturulabilir. Bu yollar diğer karar düğümlerine veya yapraklara ulaşmak için kullanılır. Herhangi bir değişkenin seçilen bir değeri sonucu hedeflenen değişkenin sabit bir değerine ulaşılıyorsa, seçilen değer ile bir başka karar düğümü yerine yaprağa yönelmek doğru olacaktır.

Örnek olarak şekil 10'da oluşturulan karar ağacında "TSH" değişkeni kök olarak seçilmiştir. TSH değişkeninin alabildiği değerler "Düşük ve Normal"dir. Bu değerlerden "Düşük" değeri seçildiğinde hedef değişken olan "Sonuç" örnek veri kümesi içerisindeki tüm satırlarda "Hasta" değerini almaktadır. Dolayısı ile kök düğüme "Düşük" değeri

verildikten sonra bir başka karar düğümünün ziyaret edilmesi gerekmemektedir. Buna karşılık “TSH” değişkenine “Normal” değeri verildiğinde, mevcut veri kümesi “T₃” değişkenine göre parçalanabilir. T₃ değişkeninin alabildiği değerler “Düşük, Normal ve Yüksek”tir. Bu değerlerden “Düşük” ve “Normal” değeri seçildiğinde sonuç “Hasta Değil” olacaktır. T₃ değişkenine “Yüksek” değeri verildiği takdirde “TT₄” değişkeninin incelenmesi gerekir. TT₄ değişkenine “Normal” değeri verildiğinde sonuç “Hasta Değil”, “Yüksek” değeri verildiğinde ise sonuç “Hasta” olacaktır.

Karar ağacının oluşturulması sonucu elde edilen şekil karar verme sürecinde kullanılabilir. Fakat incelenen problemdeki değişken sayısının veya değişkenlerin birbirlerine olan bağımlılıklarının fazla olması nedeniyle oluşturulan ağacın karar verme sürecinde okunması kolay olmayabilir. Dolayısı ile karar ağaçları kullanılarak kurallar hazırlanabilir. Karar ağaçları kullanılarak kuralların hazırlanması için yapılması gereken kökten başlayarak yapraklara kadar izlenen her yolun sözlü bir biçimde ifade edilmesidir. Örnek olarak şekil 10’da oluşturulan ağaç kullanılarak kurallar oluşturulacak olursa;

- (TSH = Düşük) => Sonuç = Hasta
- (TSH = Normal) VE (T₃ = Düşük) => Sonuç = Hasta Değil
- (TSH = Normal) VE (T₃ = Normal) => Sonuç = Hasta Değil
- (TSH = Normal) VE (T₃ = Yüksek) VE (TT₄ = Yüksek) => Sonuç = Hasta
- (TSH = Normal) VE (T₃ = Yüksek) VE (TT₄ = Normal) => Sonuç = Hasta Değil

Karar ağaçları kullanılarak yapılan çıkarsama işlemi hazırlanan kurallar kullanılarak veya ağaç üzerinde gezinerek probleme ilişkin yeni bir bilgi ile karşılaşıldığında sonuca gidilmesi şeklindedir. Problem ile ilgili başarılı bir çıkarsama işlemi yapılabilmesi için probleme ilişkin daha fazla ve daha çeşitli verinin incelenmesi önemlidir.

Ockham’ın Usturası[3] yaklaşımı göz önünde bulundurulduğunda daha küçük bir karar ağacının üretilmesinin önemli olduğu düşünülebilir. Ockham’ın Usturası’na göre, bir problem üzerinde uygulanabilir olan en kısa çözüm seçilmelidir. Bu, daha karmaşık olabilecek çözümlerin uygulanması yerine, en kısa veya basit çözümün problem

üzerinde uygulanması anlamına gelmektedir. Bu doğrultuda, ele alınan problem üzerinde mümkün olan en küçük karar ağacının üretilmesi için çeşitli algoritmalar/yaklaşımlar kullanılabilir.

Küçük karar ağaçlarının oluşturulabilmesi için, ağaç üzerine yerleştirilecek değişkenlerin seçilmesi, dolayısı ile veri kümesinin bölümlene probleminin çözümlenmesi gerekmektedir. Örnek olarak incelenen problemde de görülebileceği gibi problem üzerinde etkili olan bazı değişkenler diğerlerine göre daha iyi bölümlene imkânı sağlayabilir. Burada iyi bölümlene ile ifade edilmek istenen, seçilen özelliğin hedef özellik ile olan ilişkisinin yüksek olmasıdır. Probleme ilişkin veri kümesinde, hedef özellik ile en çok ilişkisi bulunan değişkenler üzerinden oluşturulacak karar ağacının, küçük karar ağacı olabileceği ifade edilmektedir. Bu seçim işleminin yapılması için entropi ve kazanç hesaplamaları kullanılabilir.

Entropi, bilgi teorisinde kullanılan bir ölçüdür. Entropiden yararlanılarak karar ağaçları oluşturulabilir. Entropi bir veri kümesinin düzensizliğini ifade etmek için kullanılır. Yüksek entropi değerleri ele alınan veri kümesindeki düzensizliği/kararsızlığı ifade etmektedir. Entropisi yüksek bir veri kümesinde, entropiyi düşürmek yani kararsızlığı ortadan kaldırmak için daha fazla bilgi gerekmektedir. Karar ağaçları oluşturulurken, kökten başlayarak entropi değerleri yapraklara kadar azalan bir şekilde elde edilmeye çalışılır. Yaprğa ulaşıldığında sıfır (0) entropi değerinin elde edilmesi, hedef değişkenin ilgili özelliğine ait tam bir sınıflandırmasının yapılmış olması anlamına gelmektedir.

Bir S veri kümesinin hedef değişkene göre entropisi;

$$Entropi(S) = \sum_{i=1}^C P_i * \log_2 P_i$$

formülü ile hesaplanır. Burada P_i , hedef değişkenin alabileceği i. değer oranını vermektedir. Burada yapılan işlemin sonucunda veri hakkında ne gibi bir belirsizlik durumu olduğu hesaplanabilir. Örnek olarak incelenen tanıtım çalışması üzerinde bu işlem yapılacak olursa; (Hedef değişken “Sonuç”, bu değişkenin alabileceği değerler “Hasta” ve “Hasta Değil” dir.)

$$Entropi\left(S = \left[\frac{8}{14}Hasta, \frac{6}{14}Hasta \text{ Degil}\right]\right) = -\frac{8}{14} * \log_2\left(\frac{8}{14}\right) - \frac{6}{14} * \log_2\left(\frac{6}{14}\right) = 0.9852$$

Entropi hesabı incelendikten sonra seçilen bir değişken doğrultusunda elde edilen kazanımın hesaplanmasına geçilebilir. Bu hesap ile seçilen özellik doğrultusunda veri kümesinin bölümlenmesinin getireceği kazanç elde edilecektir.

Bir S veri kümesi üzerinde A değişkenine göre bölümleme işlemi sonucu elde edilecek kazanç;

$$Kazanç(S, A) = Entropi(S) - \sum_{v \in A} \frac{|S_v|}{|S|} Entropi(S_v)$$

formülü ile hesaplanır. Burada v, A değişkeninin değerini, |S_v| S kümesinde A'nın v değerini aldığı durumları ve |S| toplam örnek veriyi göstermektedir. Bu formül kullanılarak, örnek olarak incelenen tanıtlar çalışması problemi üzerinde hesaplama yapılacak olursa;

Küme üzerinde "TSH" değişkeni seçildiğinde elde edilecek kazanç;

$$Kazanç(S, TSH) = Entropi(S) - \left(\frac{7}{14} * Entropi(S_{TSH=Dusuk})\right) - \left(\frac{7}{14} * Entropi(S_{TSH=Normal})\right)$$

Entropi(S) değeri entropi tanımı yapılırken hesaplanmış olan değerdir. Entropi(S)'ten sonra gelen kısımda ise seçilen değişkenin alabildiği değerler doğrultusunda formül büyümektedir. TSH değişkenine ilişkin yapılan yukarıdaki hesaplamada, değişkenin alabileceği her bir değer bu değerlerin ele alınan küme içerisindeki bulunma oranı göz önünde bulundurulmaktadır. TSH değişkenine ilişkin kazanç formülü çözüldüğünde;

$$\begin{aligned} Kazanç(S, TSH) &= 0.9852 - \left(\frac{7}{14} * \left(\frac{-7}{7} * \log_2\left(\frac{7}{7}\right)\right)\right) - \left(\frac{7}{14} * \left(\frac{-1}{7} * \log_2\left(\frac{1}{7}\right) - \frac{6}{7} * \log_2\left(\frac{6}{7}\right)\right)\right) \\ &= 0.6894 \end{aligned}$$

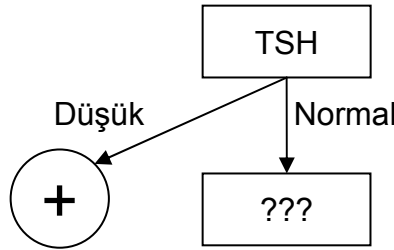
değeri elde edilir. Karar ağacının kökü için en uygun değişkenin bulunması amacıyla yapılan bu hesaplama diğer değişkenlerde eklenecek olursa;

$$Kazanç(S, T_3) = 0.0990$$

$$\text{Kazanç}(S, TT_4) = 0,6617$$

$$\text{Kazanç}(S, T_4U) = 0,2422$$

elde edilecektir. Bu kazanç değerleri göz önünde bulundurulduğunda “TSH” değişkeninin kök olarak seçilmesinin uygun olacağı görülür. Kök olarak kullanılacak değişken belirlendikten sonra diğer değişken seçimi işlemlerine geçilebilir. “TSH” değişkeni kök olarak seçildikten sonra elde edilen ağaç;



Şekil 11 Entropi ve Kazanç kullanarak Karar Ağacı çizimi örneği

şeklinde olacaktır. Bu aşamadan sonra soru işareti ile işaretlenmiş düğümlere gelecek değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Burada da kök belirleme işleminde yapılan hesaplamaların benzeri yapılacaktır. Fakat değerlendirilmeye alınacak olan tüm veri kümesinin içerisinde izlenen yol ile sınıflandırılmış belirli örnekler olacaktır. Örnek olarak “TSH” değişkenine “Normal” değeri verildikten sonra ulaşılan karar düğümüne uygun değişken için yapılacak hesaplamalar öncesi ilk olarak değerlendirilmeye alınacak veriler bulunmalıdır. Bu veriler, probleme ilişkin elde bulunan verilerden çekilerek bulunabilir. İncelenen tanıtlar çalışması örneğinde “TSH” değişkeni “Normal” olarak seçildiğinde, koşula uyan veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

TSH	T ₃	TT ₄	T ₄ U	Sonuç
Normal	Normal	Normal	Yüksek	Hasta Değil
Normal	Normal	Normal	Normal	Hasta Değil
Normal	Düşük	Normal	Normal	Hasta Değil
Normal	Normal	Yüksek	Yüksek	Hasta Değil
Normal	Yüksek	Normal	Yüksek	Hasta Değil
Normal	Yüksek	Normal	Normal	Hasta Değil
Normal	Yüksek	Yüksek	Normal	Hasta

Tablo 5 Mevcut koşullara uyumlu hasta kayıtları

Bu tablo kullanılarak yapılacak hesaplamalar sonucu “TSH” değişkenine “Normal” değeri verilmesinin ardından değerlendirilecek karar düğümü değişkeni hesaplanabilir. Hesaplamalarda incelenecek bu yeni veri kümesine S₁ denilirse bu alt veri kümesini entropisi şu şekilde hesaplanabilir;

$$Entropi\left(S_1 = \left[\frac{1}{7}Hasta, \frac{6}{7}Hasta\ Degil\right]\right) = -\frac{1}{7} * \log_2\left(\frac{1}{7}\right) - \frac{6}{7} * \log_2\left(\frac{6}{7}\right) = 0.5917$$

Entropi hesabının ardından “TSH” değişkeni dışındaki değişkenleri kazanç hesaplamalarına geçilebilir. Örnek olarak “T₃” değişkeni ile başlanırsa;

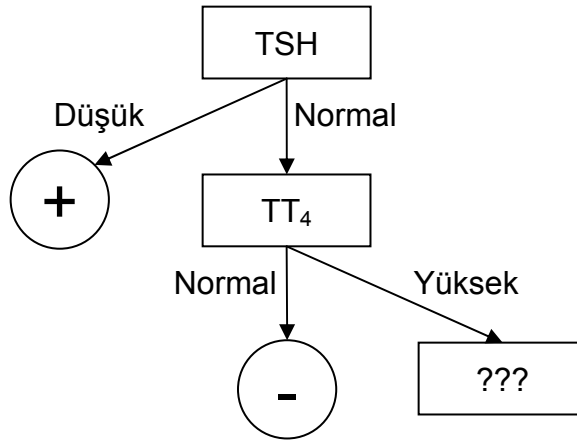
$$\begin{aligned}
Kazanç(S_1, T_3) &= Entropi(S_1) - \left(\frac{1}{7} * Entropi(S_{1T3=Dusuk})\right) - \left(\frac{3}{7} * Entropi(S_{1T3=Yukse})\right) - \\
&\quad \left(\frac{3}{7} * Entropi(S_{1T3=Normal})\right) \\
&= 0.5917 - \left(\frac{1}{7} * \left(\frac{-1}{1} * \log_2\left(\frac{1}{1}\right)\right)\right) - \left(\frac{3}{7} * \left(\frac{-1}{3} * \log_2\left(\frac{1}{3}\right) - \frac{2}{3} * \log_2\left(\frac{2}{3}\right)\right)\right) - \\
&\quad \left(\frac{3}{7} * \left(\frac{-3}{3} * \log_2\left(\frac{3}{3}\right)\right)\right) \\
&= 0,1981
\end{aligned}$$

değeri elde edilir. Benzeri şekilde S₁ kümesi için diğer değişkenlerin kazançları hesaplanacak olursa;

$$\text{Kazanç}(S_1, TT_4) = 0,3060$$

$$\text{Kazanç}(S_1, T_4U) = 0,1281$$

elde edilecektir. Bu kazanç değerleri göz önünde bulundurulduğunda “TSH” değişkenine “Normal” değeri verildiği takdirde, ulaşılabilecek noktada seçilmesi gereken değişken “TT₄”dir. Bu sonuç kullanılarak çizilen karar ağacı şekil 12’de görülmektedir.



Şekil 12 Entropi ve Kazanç kullanarak Karar Ağacı çizimi örneği -2-

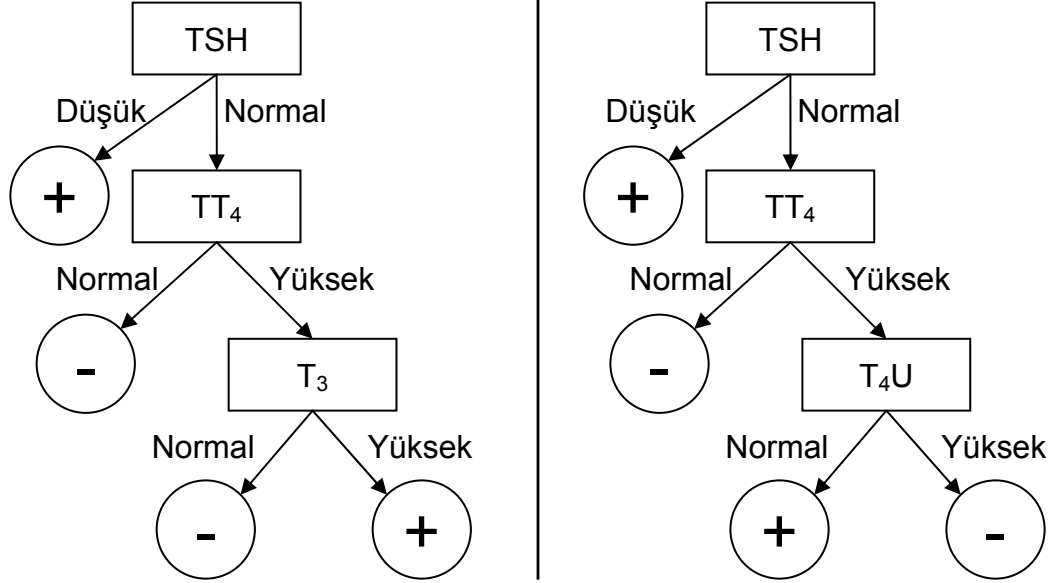
Bu aşamadan sonra soru işareti ile işaretlenmiş düğümlere gelecek değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Burada da kök belirleme işleminde yapılan hesaplamaların benzeri yapılacaktır. Fakat değerlendirilmeye alınacak olan tüm veri kümesinin içerisinde izlenen yol ile sınıflandırılmış belirli örnekler olacaktır. Şekil 12’de verilen ağaç ile gelinecek yola uygun bir şekilde veri kümesi sadeleştirilmesi sonucu aşağıda bulunan tablo elde edilecektir.

TSH	T ₃	TT ₄	T ₄ U	Sonuç
Normal	Normal	Yüksek	Yüksek	Hasta Değil
Normal	Yüksek	Yüksek	Normal	Hasta

Tablo 6 Mevcut koşullara uyumlu hasta kayıtları – 2

Bu tablo incelendiğinde, “TSH” değişkeni “Normal” ve “TT₄” değişkeni “Yüksek” olduğu durumda, verilerin “T₃” veya “T₄U” değişkenini kullanarak sınıflandırılabilmesi görülecektir. Dolayısı ile bu aşamadan sonra şekil 13’te bulunan iki ağaçtan biri

üretilebilir. Burada karşılaşılan durum, kazanç hesabı yapılmasına gerek kalmadan ağaç oluşturulmasına imkân vermektedir.



Şekil 13 Entropi ve Kazanç kullanarak Karar Ağacı çizimi örneği -3-

Bu şekil ele alınan hipertiroit teşhis problemine ilişkin veriler kullanılarak ve entropi yardımıyla oluşturulmuş en küçük iki karar ağacı içermektedir. Bu ağaçlar kullanılarak yeni kurallar oluşturulabilir. Yeni kurallar oluşturulması sonucu veya ağaç üzerinde hareket ederek problem ile ilgili yeni bir çalışma söz konusu olduğunda karar verme süreci desteklenebilir. Ağaç üretim sürecinin sonunda üretilen ağacın karar verme sürecinde başarılı bir şekilde destek olabilmesi için, üretim sürecinde kullanılan verilerin problem genelini kapsayan verilerden oluşması ve yoğunlaşmanın olmadığı homojen bir yapıya sahip olması gerekir.

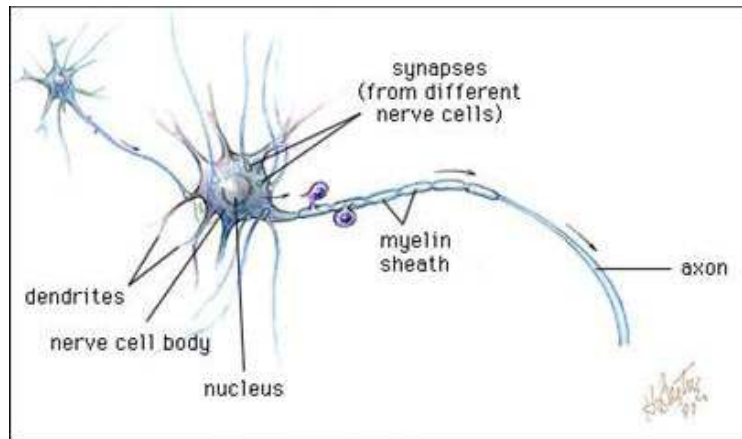
Örnek olarak oluşturulan ağaç kullanılarak yine aynı veritabanından[ç.3] seçilen başka bir kayıt ile teşhise gidilmeye çalışıldığında izlenecek adımlar şu şekildedir;

- Problem bilgisini (hasta test değerleri) derle,
 - TSH: Normal; T_3 : Normal, TT_4 : Normal ve T_4U : Normal
- Ağacın kökünden başlayarak hasta bilgileri doğrultusunda dalları izle,
 - TSH'ı sorgula
 - TSH Normal, TT_4 'ü sorgula
 - TT_4 Normal, hasta hipertiroit değil.
- Sonucu değerlendir.

Burada incelenen örneğe üretilen sonuç kullanılan veritabanında da sağlıklı olarak işaretlenmiş bir kişiye aittir. Oluşturulan kara ağacı veritabanında seçilen örnek bir veri topluluğu üzerinden yapılmış ve testlerin aldığı değerler veritabanı değer aralıklarına uygun bir biçimde düşük, normal veya yüksek olarak değerlendirilmiştir.

2.6 Yapay Sinir Ağları

Sinir ağları, birbirine bağlı biyolojik nöronların oluşturduğu bir ağ yapısıdır. Ağ içerisinde bulunan nöronlar fiziksel olarak birbirine bağlı olabileceği gibi birbirleriyle fonksiyonel olarak ilişkili de olabilir. Bir nöron bir veya daha fazla nöron ile bağlantılı olabilir. Bir nöronun yapısı aşağıdaki çizimde görülebilir[ç.5];

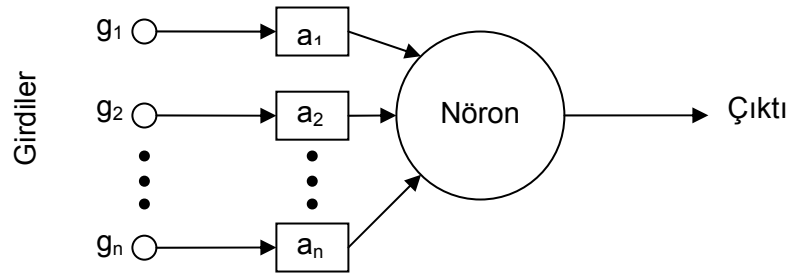


Şekil 14 Sinir Hücresi

Bir nöron genellikle; nöron gövdesi, çekirdek, akson, miyelin kılıf, dendrit ve sinapstan oluşur. Akson, şekilde de görülebileceği üzere sinir hücresinden çıkan belirli ve uzun olan, sinir hücresinden üretilen sinyalin diğer sinir hücrelerine iletilmesini sağlayan tüp şeklindeki uzantıdır. Akson, miyelin kılıf ile sarılır olabilir. Miyelin kılıf yağ yapılı yalıtkan bir maddedir. Bu kılıf, aksonun elektriksel olarak izole edilmesini sağlar ve iletkenliğini artırır. Dendrit, sinir hücresinin gövdesinde çıkan kısa uzantılardır. Dendrit gelen sinyalleri almak ile görevlidir. Sinaps ise dendrit ve aksonun birbirine yaklaştığı bölgede oluşur. Sinaps içerisinde iki sinir hücresinin kimyasal olarak haberleşmesi sağlanır.

İnsan beyinde yaklaşık 100 (yüz) milyar nöronun bulunduğu ifade edilmektedir. Her bir nöron çok sayıda diğer nörona bağlıdır ve elektrokimyasal sinyaller ile iletişim kurar. Bir nörona gelen sinyal, dendritin ucunda bulunan sinaps bölgesi aracılığı ile alınır. Sinyal alım işlemi bu şekilde nörona ait tüm girişlerden alınır. Bu aşamadan sonra alınan girdiler toplanır ve eğer belirli eşik değerinin üzerinde bir toplam elde edilmişse akson aracılığı ile sinyal gönderilir.

Yapay sinir ağları, yukarıda bahsedilen özellikleri ile biyolojik sinir ağlarının bir kısım özelliklerini elektronik ortamda modellemeye çalışır. Ağ, elektronik olarak modellenmiş sinir hücrelerinden oluşur. Kullanılacak hücre sayısı üzerinde çalışılan probleme göre değişir. Bir yapay sinir ağı binlerce veya birkaç sinir hücresinden oluşuyor olabilir. Basitleştirilmiş bir yapay sinir hücresi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 15 Basit bir yapay sinir ağı hücresi

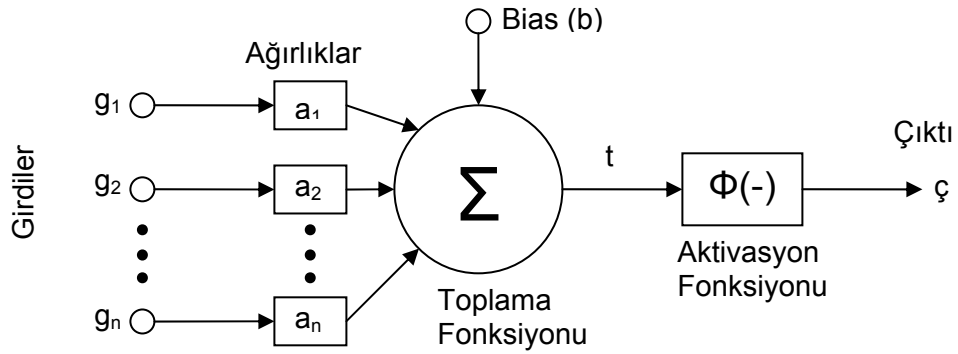
Şekil 15 içerisinde 3 adet girişi bulunan basit bir ileri beslemeli yapay sinir ağı hücresi gösterilmiştir. Hücreye gelen her girdi ile ilişkilendirilmiş bir ağırlık bilgisi bulunmaktadır. Bu ağırlık değeri bir sayı olup, girdinin diğer girdilere göre çözülecek

probleme ilişkin önemini belirtmektedir. Ağırlık değerleri ağ eğitimi tamamlandıktan sonra gerçek değerlerini almaktadır. Bir yapay sinir ağı hücresi, gelen girdilere uygulanan ağırlıkların toplamı, belirlenmiş aktivasyon fonksiyonu tarafından değerlendirilmesi sonucu sinyali üretebilir veya üretmeyebilir.

Yapay sinir hücresi ve biyolojik sinir hücresi ilişkilendirilecek olursa aşağıda bulunan tablo elde edilecektir;

Biyolojik Sinir Hücresi	Yapay Sinir Hücresi
Soma (Sinir Hücresi Gövdesi)	Nöron
Dendrit	Girdi
Akson	Çıktı
Sinaps	Ağırlık

Tablo 7 Biyolojik Sinir Hücresi ve Yapay Sinir Hücresi ilişkilendirilmesi
Detaylı bir yapay sinir hücresi çizimi aşağıda şekilde görülebilir;



Şekil 16 Detaylı bir yapay sinir ağı hücresi

Bir yapay sinir hücresine gelen girdilerin işleniş süreci toplama fonksiyonu ile başlar. Bu fonksiyon gelen girdileri ve ağırlıkları alarak "t" ile gösterilmiş alana çıktısını üretir. Toplama fonksiyonun ürettiği değer şu şekilde hesaplanır;

$$t = \left(\sum_{i=1}^{i=n} g_i * a_i \right) + b$$

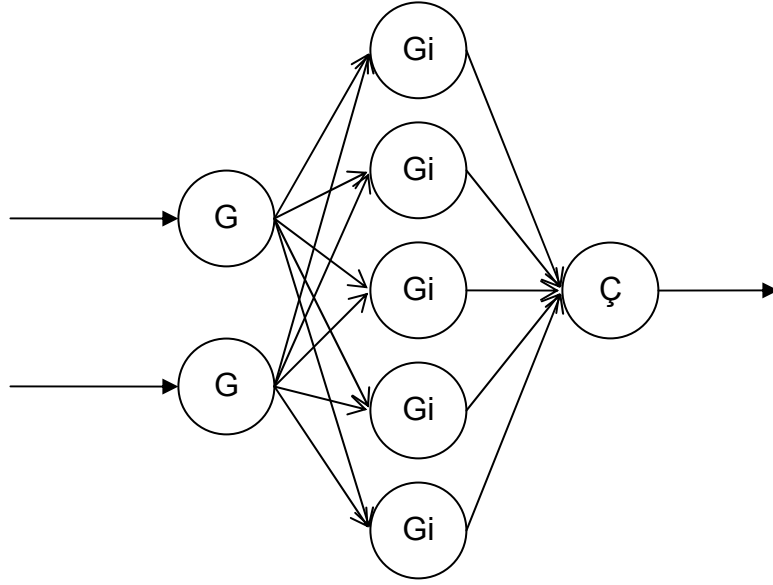
burada b ile gösterilen bias değeri, yapay sinir hücresinde toplama hesaplaması yapılırken eklenecek sabit bir sayıdır. Bu sayı 0 (sıfır) olabilir. Toplama fonksiyonun

sonuç üretmesinin ardından aktivasyon fonksiyonu devreye girer. Bu fonksiyon ile sinir hücresinin girdiler doğrultusunda üreteceği çıktı hesaplanır. Aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılan dört adet yaklaşım vardır. Bunlar; basamak fonksiyonu, sign fonksiyonu, sigmoid fonksiyonu ve doğrusal fonksiyondur. Bu fonksiyonlar girdi olarak üretilen toplam (t) değerini ve çıktı olarak üretilcek çıktının değerini üretirler. Bu fonksiyonlara ait detaylı bilgi ve grafikler aşağıdaki tabloda bulunmaktadır.

Basamak	Sign	Sigmoid	Doğrusal
$Y^{basamak} = \begin{cases} 1, & \text{if } X \geq 0 \\ 0, & \text{if } X < 0 \end{cases}$	$Y^{sign} = \begin{cases} +1, & \text{if } X \geq 0 \\ -1, & \text{if } X < 0 \end{cases}$	$Y^{sigmoid} = \frac{1}{1 + e^{-X}}$	$Y^{dogrusal} = X$

Tablo 8 Aktivasyon Fonksiyonları

Yukarıda bulunan tabloda belirtilen aktivasyon fonksiyonlarından birinin seçilmesi ve kullanılması ile yapay sinir hücresinin aldığı girdiler doğrultusunda sinyal üretme süreci sonuçlanacaktır. Yapay sinir ağlarında, her bir hücre için girişlere uygulanacak ağırlıklar eğitim sonucu son değerlerini alır. Başlangıç durumunda ağırlıklar rasgele seçilen değerler olabilir. Özellikleri belirtilen bu yapay sinir hücreleri ile oluşturulan örnek bir yapay sinir ağı aşağıda bulunan şekildeki gibi oluşturulabilir;



Şekil 17 Basit bir yapay sinir ağı çizimi

Yukarıdaki şekilde “G”, “Gi” ve “Ç” ile işaretlenmiş düğümlerin her biri bir yapay sinir ağı hücresidir. “G” ile işaretlenmiş yapay sinir ağı hücreleri giriş katmanında bulunmaktadır. Bu katmana girdiler ağ dışından gelmektedir. “Gi” ile işaretlenmiş yapay sinir ağı hücreleri gizli katmanda bulunmaktadır. Gizli katmanın bir diğer ismi de ara katmandır. Sinir ağlarında birden fazla ara katman bulunabilir. Ara katman içerisindeki hücre sayısı da değişiklik gösterebilir. Ara katman kullanımı probleme ilişkin çözümün ağ tarafından karşılanamaması sonucu ortaya çıkar. Bazı problemlerde ara katman ihtiyacı duyulmayabilir. Ara katmanda bulunan yapay sinir hücrelerine girdiler, giriş katmanında gelmektedir. “Ç” ile işaretlenmiş düğüm ise çıkış katmanında bulunan yapay sinir ağını ifade etmektedir. Çıkış katmanında bulunan hücreye girdiler, eğer var ise, ara katmandan, eğer yok ise, giriş katmanından gelmektedir. Çıkış katmanındaki yapay sinir hücresi, probleme ilişkin, değerine ulaşmak istenen hedef değişkenin veya değişkenlerin değerini üretir.

Yapay sinir ağlarında öğrenme algoritmaları incelendiğinde üç temel yaklaşım görülür. Bunlar öğretmenli, öğretmensiz ve yarı öğretmenli yaklaşımlardır. Öğretmenli öğrenme algoritmalarında probleme ilişkin örnek bir veri kümesi ve bu örnek problemlere ilişkin beklenen çıktı kümesi kullanılır. Sisteme girilen örnek problem

kümesine ait sistem tarafından üretilen çözümler kümesi ve beklenen çözümler kümesi arasındaki hata sıfıra indirgenmeye çalışılır. Bu işlem hataların geriye gönderilerek ağ içerisindeki ağırlıkların güncellenmesi ile yapılır. Öğretmensiz öğrenme algoritmalarında ise sisteme sadece probleme ilişkin veri kümesi verilmektedir. Öğretmensiz öğrenme algoritmalarında amaç sistemin, girilen verilere gelişigüzel değerlendirmesi sonucu oluşan maliyetin en aza indirilmesidir. Öğretmensiz öğrenme algoritmalarında maliyet fonksiyonu değerlendirilen probleme göre değişiklik gösterebilir. Yarı öğretmenli öğrenme algoritmalarında sisteme veri girişi, sistemi kullanan diğer sistem veya sistemler tarafından yapılmaktadır. Burada diğer sistem ile ifade edilmek istenen, her adımda bir işlem gerçekleştiren ve bu adım sonucunda ağdan sonuç alan yapıdır. Bu yapı örnek olarak bir bilgisayar oyunu içerisinde bulunan yapay karakter olabilir. Yarı öğretmenli öğrenme yaklaşımında, her adım sonucu alınan cevap probleme ilişkin maliyet fonksiyonuna sokulmakta ve elde edilen maliyetin minimuma indirilmesi için alınması gereken sonuç değerlendirilmektedir.

Yapay sinir ağları içerisinde bulunan hücrelerin girişlerindeki ağırlıkların ayarlanması için genetik algoritma kullanılabilir. Genetik algoritma, doğada geçerli olan yaşam döngüsünü modelleyen bir algoritmadır. Bu algortmada başarılı olan çözüm bir sonraki nesilde de kullanılacak çözümdür. Her bir yeni nesil, doğadaki koşullara benzer şekilde, çözümlerin çaprazlanması sonucu oluşur. Yeni nesil oluşurken arada mutasyona uğrayan nesil üyeleri bulunabilir. Sonuçta her nesil, bir önceki nesilde başarılı olarak belirlenen çözümlerin çaprazlanması sonucu oluşacaktır. Yeni nesil oluşumu sırasındaki mutasyon ise yeni nesilde çeşitliliği sağlayacaktır. Her neslin ürettiği çözümlerin başarılı olma değeri probleme ilişkin başarı fonksiyonu ile hesaplanır. Bu fonksiyona nesil üyelerinin çözümleri gönderilerek, probleme çözüm olabilme yeteneğine göre bir puan elde edilebilir. Bu puanlar kullanılarak nesil içerisindeki başarılı nesil üyeleri belirlenebilir ve bu üyeler bir sonraki neslin oluşturulmasında anne – baba olarak seçilebilir. Genetik algoritmanın kullanılabilmesi için problemin veya genetik algoritmanın uygulanacağı sistemdeki gerekli değişkenlerin kodlanması gerekir. Bu kodlama bir sayıdan oluşabileceği gibi karmaşık karakterlerden de oluşabilir. Yapay sinir ağları için bir ağırlık düzenleyicisi olarak genetik algoritma, ağ içerisindeki ağırlıkların kodlanarak gen oluşturulması ve bu genlerin başarı durumuna

göre yeni ağırlıkların belirlenmesi şeklinde kullanılabilir. Bu yapıda probleme çözüm üretecek aynı yapıda fakat ağırlıkları farklı birden fazla ağı kullanılması gerekmektedir. Genetik algoritma, yapay sinir ağlarında düzenleyici görev üstlenebileceği gibi tek başına da bir çözüm yaklaşımı olabilir.

Yapay sinir ağları kullanılarak; karakter tanıma, ses tanıma, filtreleme ve karar verme gibi uygulamalar gerçekleştirilebilir. Yapılması gereken ağa girilecek ve ağdan beklenen değişkenleri belirlemektir. Bu aşamadan sonra ağ yapısı ve ağda kullanılacak öğrenme algoritmaları değerlendirildikten sonra örnek veriler kullanılarak eğitilmiş ağ üzerinde veya ağ yapısının gereği doğrultusunda problem üzerinde çalışılarak probleme ilişkin ağ oluşturulabilir. Ağ oluşturma işlemi tamamlandıktan sonra sistem, sisteme girilecek bilgiler doğrultusunda istenen değişkenlerin değerlerini üretecektir.

Yapay sinir ağları kullanılarak geliştirilen tıbbi karar destek sistemlerinde başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu çalışmalarda problem olarak seçilen konuya ilişkin mevcut vakalar eğitim kümesi olarak yapay sinir ağı oluşturulurken kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, geniş bir eğitim kümesi kullanılarak eğitilen yapay sinir ağlarının başarılı olduğu ve tıbbi karar destek sistemi olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir[36].

2.7 Kurala Dayalı Yöntemler

Kurala dayalı yöntemlerde bilgi tabanı kurallar topluluğu ile oluşturulur. Oluşturulan kurallar kullanarak konuyla ilgili problem üzerindeki çeşitli durumlar için sonuçlara ulaşılır. Bilgi tabanını oluşturan kurallar eğer – veya – ise yapısı ile hazırlanır. Kurala dayalı yöntemleri esas alarak geliştirilmiş bir çıkarsama sistemi içeriği; eğer – veya – ise ile oluşturulmuş kurallar, gerçekler ve sistem içindeki kurallar ile gerçekleri yorumlayan bir yorumlayıcıdan oluşmaktadır.

Kurala dayalı yöntemlerde kuralların işlenmesi için kullanılan iki yöntem bulunmaktadır. Bunlar ileri zincirleme ve geri zincirlemedir. İleri zincirleme yönteminde, başlangıç gerçekleri kullanılarak kurallar aracılığı ile sonuçlar elde edilmeye çalışılır. Geri zincirleme yönteminde ise bir hipotez (veya hedef) ile başlanır ve bu hipoteze

ulaşmaya imkân veren kurallar araştırılır. Ulaşılan kurallar ile yeni alt hedefler oluşur ve süreç bu şekilde devam eder. İleri zincirleme yöntemi veri güdümlü iken geri zincirleme yöntemi hedef güdümlü bir yöntemdir.

2.7.1 İleri Zincirleme Yöntemi

İleri zincirleme yönteminde, sistemdeki gerçekler sürekli güncellenen aktif hafızada tutulur. Sistemde bulunan kurallar, aktif hafızadaki gerçeklerin oluşturduğu durumlarda yapılacakları ifade eder. Bu durumlar genellikle örüntü olarak ifade edilir ve herhangi bir kuralın aktifleşmesi için aktif hafızadaki gerçeklerin kural örüntüsü ile uyuşması gerekir. Kuralların tetiklenmesi ile aktifleşmeleri sonucunda aktif hafızadaki gerçeklerde değişiklik meydana gelebilir.

Sistemde bulunan yorumlayıcı, sistemin hareketliliğini aktif hafızada bulunan gerçeklere göre kuralları tetikleyerek düzenler. Bu düzenleme tanıma süreci olarak adlandırılan bir döngü içerisinde yapılır. Öncelikle sistem aktif hafızada bulunan gerçekler ile uyumlu koşulları bulunan kuralları belirler. Kuralların belirlenmesinin ardından, kural seçim yaklaşımına göre sırayla kurallar işletilmeye başlanır. Her bir kuralın işletilmesi aktif hafızada değişikliğe neden olabilir. Döngü, aktif hafızada bulunan gerçeklere uygun kural kalmayana kadar veya belirli bir hedefe ulaşılana kadar işlemeye devam eder.

İleri zincirleme yöntemine ilişkin bir örnek incelenecek olursa; öncelikle elimizde basitleştirilmiş bir kural havuzu olduğunu varsayalım:

1. EĞER (A'nın TSH'ı normal değil) VE (A'nın T_3 'ü yüksek) İSE EKLE (A hipertiroit)
2. EĞER (A'nın TSH'ı $< 0,2$) VEYA (A'nın TSH'ı > 6) İSE EKLE (A'nın TSH'ı normal değil)
3. EĞER (A'nın T_3 'ü $> 2,8$) İSE EKLE (A'nın T_3 'ü yüksek)
4. EĞER (A hipertiroit) İSE EKLE (A hasta)
5. EĞER (A hipertiroit) İSE SİL (A çok tuzlu yemek yer)
6. EĞER (A hasta) İSE SİL (A mutlu)

Kural tabanında “A” ile belirtilenler değişkenlerdir. Hipertiroidin TSH ve T_3 ile teşhis edilebildiği varsayılmıştır. Hastalık ve testler hakkında bilgi bölüm 3 içerisinde bulunmaktadır. Aktif hafıza içeriği aşağıdaki gibi varsayıldığında;

- (erdem’in TSH’ı 7)
- (erdem’in T_3 ’ü 3)
- (erdem mutlu)
- (erdem çok tuzlu yemek yer)

Sistem öncelikle mevcut kurallar üzerinde gezinerek aktif hafızadaki gerçekler ile uyumlu olanları belirleyecektir. Örnekteki aktif hafıza ve kurallar düşünüldüğünde; 2 numaralı kural ile 3 numaralı kuralın mevcut duruma uygun olduğu görülecektir. Bu aşamadan sonra uygun olan kurallardan çalıştırılacak olanı seçmek sistemde kullanılan yaklaşıma göre değişebilir. Bu örnekte 2 numaralı kuralın çalıştırılacağını varsayılırsa aktif hafızaya, A’nın yerine “erdem” gelerek, (erdem’in TSH’ı normal değil) eklenecektir ve sonuçta aktif hafıza;

- (erdem’in TSH’ı normal değil)
- (erdem’in TSH’ı 7)
- (erdem’in T_3 ’ü 3)
- (erdem mutlu)
- (erdem çok tuzlu yemek yer)

olarak güncellenir. Döngü tekrarlanır ve yeni döngüde 3 numaralı kuralın mevcut duruma uygun olduğu görülecektir. 3 numaralı kural çalıştırıldığı takdirde, A’nın yerine “erdem” gelerek, (erdem’in T_3 ’ü yüksek) aktif hafızaya eklenecektir. Üçüncü döngünün yapılması sonucu 1 numaralı kural çalışacak, A’nın yerine erdem gelerek, (erdem hipertiroid) aktif hafızaya eklenecektir. Bu iki döngünün tamamlanmasının ardından aktif hafıza aşağıdaki gibi şekillenecektir;

- (erdem hipertiroid)
- (erdem’in T_3 ’ü yüksek)
- (erdem’in TSH’ı normal değil)

- (erdem'in TSH'ı 7)
- (erdem'in T_3 'ü 3)
- (erdem mutlu)
- (erdem çok tuzlu yemek yer)

Bu aşamadan sonra 4 numaralı ve 5 numaralı kuralların çalıştırılabilir olduğu görülecektir. 4 numaralı kural çalıştırıldığında (erdem hasta) aktif hafızaya eklenecektir. 4 numaralı kuralın çalıştırılmasının ardından 5 numaralı kural çalıştırıldığında (erdem çok tuzlu yemek yer) aktif hafızadan silinecektir. Son olarak 6 numaralı kural çalıştırılabilir ve (erdem mutlu) aktif hafızadan silinebilir. Son durumda aktif hafıza aşağıdaki gibi olur;

- (erdem hasta)
- (erdem hipertiroit)
- (erdem'in TSH'ı normal değil)
- (erdem'in TSH'ı 7)
- (erdem'in T_3 'ü 3)

Kuralların çalıştırılma sırası önemlidir. Özellikle aktif hafızada, ekleme ve silme gibi, değişiklik yapan kuralların sıralı bir şekilde çalıştırılması gerekmektedir. Örnek olarak incelenen sistemde 7 numaralı kural olarak aşağıda belirtilen kuralın bulunduğunu varsayalım;

7. EĞER (A mutlu) İSE (A tatile çıkabilir)

Bu kuralın (erdem mutlu) aktif hafızadan silinmeden, 6 numaralı kural çalıştırılmadan, önce çalıştırıldığı düşünülürse sistem (erdem tatile çıkabilir) sonucu üretebilirdi. Bu durum 6 numaralı kural önce çalıştırıldığında meydana gelmeyecektir. Bu tip bir öncelik problemini çözmek için doğruluk yönetim sistemleri bulunmaktadır. Doğruluk yönetim sistemleri kullanılarak, aktif hafızada bulunan gerçekleri oluşturan kurallar takip edilmekte ve herhangi bir kuralın öncül bilgileri gerçekler listesinden çıkarıldığı takdirde, o kuralın ürettiği gerçeğin de aktif hafızadan çıkarılması sağlanmaktadır.

Bu tip çelişkileri çözmek için çeşitli stratejiler bulunmaktadır. Bunlar;

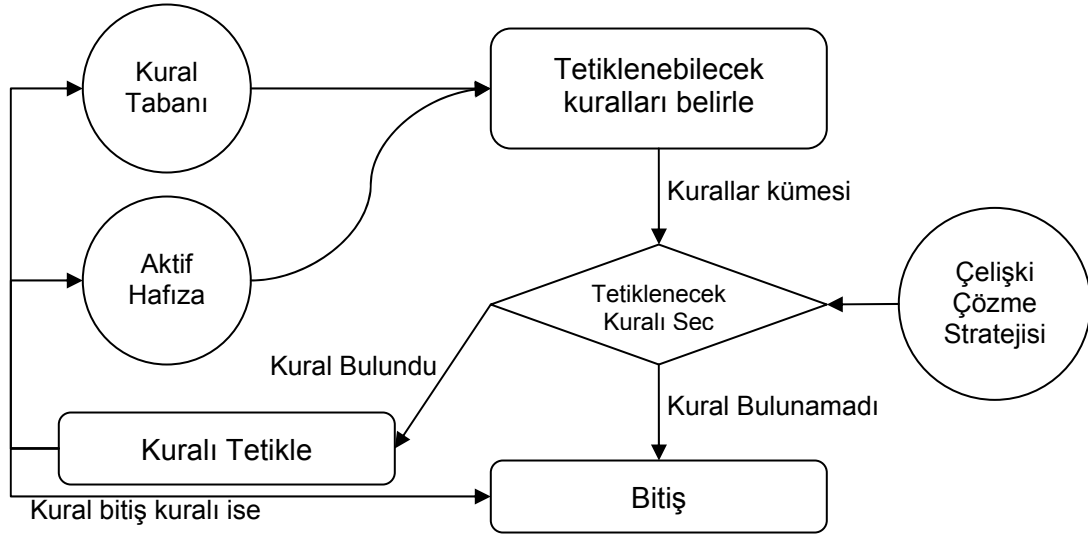
- Bir kural aynı veri üzerinde birden fazla çalıştırmamalıdır. Bir kural aynı veri üzerinde birden fazla çalıştırılırsa, kuralın ürettiği sonuç aktif hafıza içerisinde birden fazla bulunur.
- Kurallar güncel aktif hafızadaki bilgilere göre çalıştırılmalıdır. Kuralların çalıştırılmasında güncel hafızanın kullanılması, eski bilgiler kullanımı sonucu oluşabilecek hata sonuç üretme ve sonuç üretme için bazı adımların tekrarlanması gibi problemleri engelleyecektir.
- Çalıştırılacak kural seçilirken, koşulları en özel olanın seçilmesine dikkat edilmelidir. Özelleşmiş koşulları olan kuralın seçilmesi genel olmayan durumların da değerlendirilmesine imkân verecektir. Örnek olarak aşağıdaki iki kuralı düşünelim;

- EĞER (A kuş) İSE EKLE (A uçar)
- EĞER (A kuş) VE (A penguen) İSE EKLE (A yüzer)

Bu kurallardan ikincisi kullanılarak bir penguen için “yüzer” bilgisi elde edilebilir ve daha özelleşmiş çıkarsamalar yapılabilir.

Bu stratejiler kullanılarak ileri zincirleme yöntemi kullanımında anlamlı çıkarsamalar yapılabilir. Fakat anlamlı ve doğru çıkarsamalar yapabilmenin birincil koşulu kuralların doğru bir şekilde hazırlanmasıdır. Kuralların ön koşulları hazırlanırken farklı durumlarda tetiklenecek kuralların ayrımının doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Kural ön koşulları oluşturulurken bu ayrımın yapılmaması sistemin beklenen çıktıları üretememesine neden olabilir.

İleri zincirleme yöntemi döngüsü aşağıdaki şekilde (şekil 18) özetlenmiştir.



Şekil 18 İleri zincirleme döngüsü

2.7.2 Geri Zincirleme Yöntemi

Geri zincirleme yöntemi, sonucun ne olduğu tahmin edildiği durumda bu tahminin test edilmesi amacıyla kullanılır. İleri zincirleme yönteminde kural tabanı ve öncül gerçekler kullanılarak yeni sonuçlar/gerçekler elde edilir. Fakat ileri zincirleme yöntemi kullanılarak sonucun tahmin edildiği durumlarda bu tahminin test edilmesi verimli bir çalışma olmayacaktır. Bunun nedeni, ileri zincirleme yöntemi sırasında yapılacak çıkarsamaların sadece küçük bir kısmının hedef test işlemine ilişkin olacak olmasıdır. İleri zincirleme yöntemi ile yapılacak çıkarsamalar ile hedef test işleminden uzaklaşılabileceği gibi aktif hafızanın gereksiz ara gerçeklerle dolabilir.

Sonucun ne olduğu tahmin edildiği ve bu tahminin test edilmesi gerektiği durumlarda verimsiz olan ileri zincirleme yöntemi yerine, hedef güdümlü bir yöntem olan geri zincirleme yöntemi kullanılmalıdır.

Geri zincirleme yönteminde, kural tabanında hedef gerçeği sağlayan kurallar seçilir ve bu kuralların koşulları sağlanmaya çalışılarak döngü oluşturulur. Döngü içerisinde elde edilen her bir alt hedef için sağlayıcı kurallar bulunmaya çalışılır. Hedef

gerçeğin sağlanması için bu döngü doğrulanacak yeni bir alt hedef kalmayana kadar veya hedef gerçek sağlanana kadar devam eder. Geriye zincirleme yönteminde kuralların aktif hafızaya yeni bir gerçek eklemesi gerekmez fakat sistemin sağlanacak alt hedeflerin listesinin tutması gerekir.

Geri zincirleme yöntemi ile işlenecek kurallar, ileri zincirleme ile işlenecek kurallara benzerlik gösterir fakat kuralların ise kısmında sil veya ekle gibi herhangi bir işlem bulunmaz. Bunun yerine sade ifadeler bulunur.

Geri zincirleme yöntemine ilişkin bir örnek incelenecek olursa; öncelikle elimizde basitleştirilmiş bir kural havuzu olduğunu varsayalım:

1. EĞER (A'nın TSH'ı normal değil) VE (A'nın T_3 'ü yüksek) İSE EKLE (A hipertiroit)
2. EĞER (A'nın TSH'ı $< 0,2$) VEYA (A'nın TSH'ı > 6) İSE EKLE (A'nın TSH'ı normal değil)
3. EĞER (A'nın T_3 'ü $> 2,8$) İSE EKLE (A'nın T_3 'ü yüksek)
4. EĞER (A hipertiroit) İSE EKLE (A hasta)
5. EĞER (A hipertiroit) İSE SİL (A çok tuzlu yemek yer)
6. EĞER (A hasta) İSE SİL (A mutlu)

Kural tabanında büyük harfler ile belirtilenler değişkenlerdir. Aktif hafıza içeriği aşağıdaki gibi;

- (erdem'in TSH'ı 7)
- (erdem'in T_3 'ü 3)

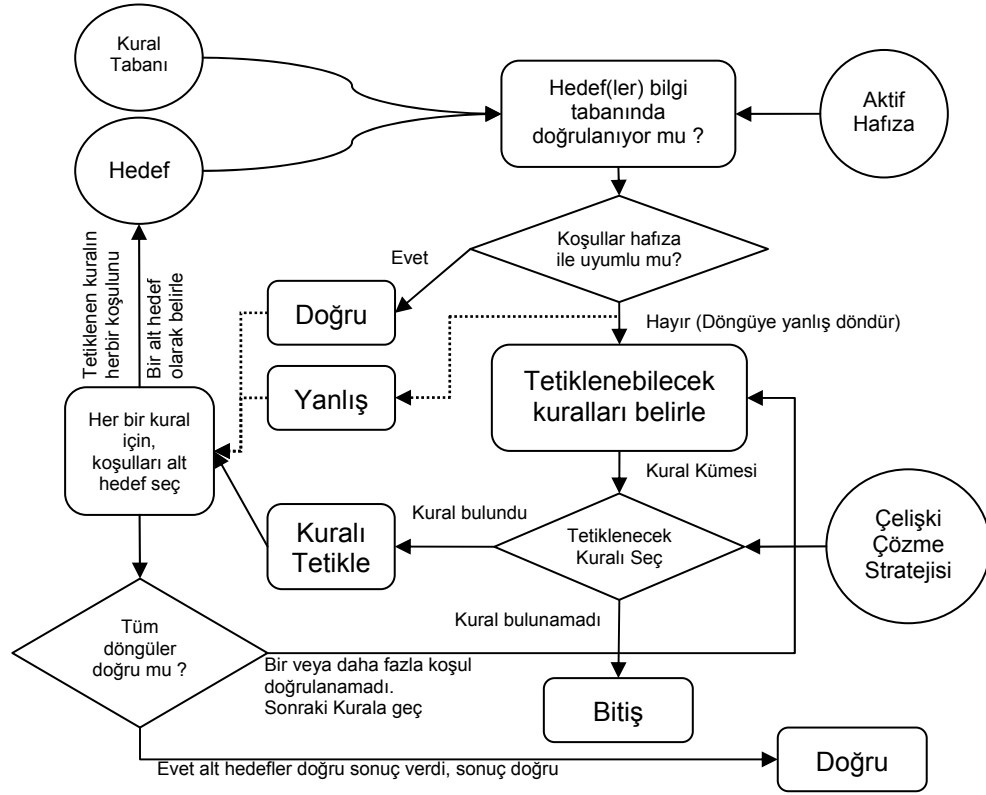
ve ispatlanmaya çalışılan, hedef gerçek aşağıdaki olduğunda;

- (erdem hasta)

Sistem öncelikle aktif hafızadaki gerçekler ile hedef gerçeği karşılaştıracak ve uyumluluk arayacaktır. Aktif hafızada bulunan gerçekler ile hedef gerçek uyumsuz olduğu için kural tabanında hedef gerçeğin sonuç olduğu kurallar araştırılacaktır. Örnek kural tabanında 4 numaralı kural hedef gerçek ile uyumludur. Uyumlu kural

belirlendikten sonra seçilen kurallardan 4 numaralı kuralın çalıştırıldığı varsayıldığında gerçekleşmesi gereken yeni bir alt hedef olarak (erdem hipertiroit) elde edilir. Bu durumda tekrar mevcut duruma uygun kurallar araştırılır ve 1 numaralı kuralın bu durumu gerçekleyebileceği görülür. 1 numaralı kuralın seçilmesi ile gerçekleşmesi gereken yeni alt hedefler olarak (erdem'in TSH'ı normal değil) ve (erdem T_3 'ü yüksek) elde edilir. Bu elde edilen yeni alt hedeflerden ilki 2 numaralı kural ve aktif hafıza içerisindeki (erdem'in TSH'ı 7) bilgisi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Gerçekleşmesi gereken diğer alt hedef ise 3 numaralı kural kullanılarak gerçekleştirilebilir. Sonuçta ulaşılmak istenen hedef doğrultusunda elde edilen tüm alt hedefler gerçekleştirildiği için hedefin doğru olduğu sonucuna varılabilir.

Geri zincirleme yönteminde de ileri zincirleme yönteminde olduğu gibi çelişki çözme yöntemleri bulunmaktadır. Bunlar temel olarak elde edilen alt hedeflerin bir yığıt yapısında tutulması ve her alt hedefin sırayla bu yığıttan çekilerek gerçekleştirilmesi işlemini gerçekleştirir. Yığıttan çekilen her bir alt hedefin gerçekleştirilmesi için çalıştırılacak kuralların seçilmesinde ise kullanılacak yol olarak tüm olasılıkların değerlendirilmesi önerilebilir. Bu öneride herhangi bir alt hedef için uygulanabilir her kural belirlenmekte ve bu kuralların oluşturduğu yollar sonuca ulaşılacak şekilde denenmektedir. Alt hedefler kullanılarak ulaşılan son nokta hedef gerçek ile ilgili olumlu veya olumsuz bir sonuç olabilir. Geri zincirleme yöntemi döngüsü aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.



Şekil 19 Geri zincirleme döngüsü

2.7.3 Uzman Yardımıyla Kural Oluşturma

Kurala dayalı yöntemler kullanan çıkarsama sistemlerinde, kural kümesinin oluşturulması için, problem üzerinde uzman olan kişi veya kişiler bizzat sistemin tasarımı aşamasında bulunabilirler. Bu süreç genellikle uzman kişi veya kişilerin, tasarlanmış sistemi başvuru aracı olarak kullanarak, sistemin önerilerinde bulunan hataları veya eksikleri tespit ederek ve kural geliştirme aşamasında yardımcı olarak ilerlerler[48].

Uzmanların geliştirme sürecinde yer alabilmeleri için tasarımcılar genellikle basit arayüzler oluşturur. Sürecin başında uzman kişi veya kişiler, sistemi amacına uygun kullanacak herhangi biri gibi denemeye başlar. Burada sistemin sınırlı bilgisi dâhilinde uzmana sorulan sorular yine uzman tarafından cevaplanır. Amaç sistemin test edilerek geliştirilmesini sağlamaktır. Sorulan sorulara cevap veren uzman, sistemin ürettiği

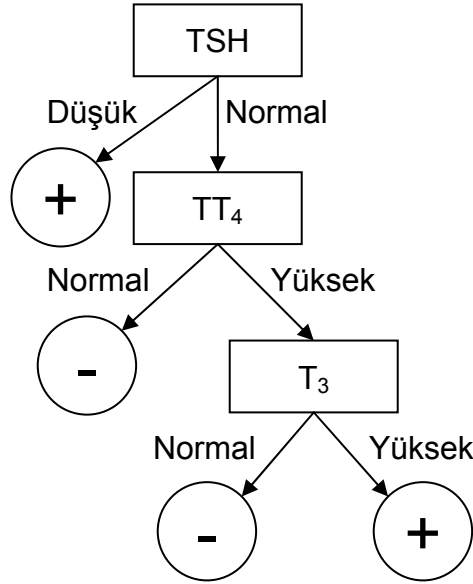
sonuca göre değerlendirmesini yapar ve belirlediği hata veya eksiklikleri kural geliştirme aracı aracılığı ile düzeltmeye çalışır. Kural düzenleme aracı, sistemde tanımlı kuralları değiştirme, düzenleme, silme ve sisteme yeni kural ekleme amacıyla kullanılır. Bu aracın kullanılabilmesi için uzmanın belirli bir düzeyde bilgisayar kullanımına aşına olması gerekebilir. Bu ileri bilgisayar deneyimi problemini çözmek için bazı tasarımlarda kural düzenleme aracı için basitleştirilmiş dil bilgisi ve kelime dağarcığı oluşturulur. Bu sayede uzman cümle kurar gibi kural üretebilir veya düzenleyebilir.

Uzman yardımıyla kural oluşturma işleminde, uzmanların bizzat sisteme katkıda bulunmaları gerekmektedir. Bu katkı genellikle sistem geliştiricilerinin uzmanlar için hazırladığı ekranların uzmanlar tarafından kullanılması ile olur. Sonuç olarak süreç kısaca özetlenecek olursa, sistem için kural havuzu; bir uzmanın deneyimleri doğrultusunda bir tıp öğrencisini sorgulayarak eğitmesi gibi geliştirilir.

2.7.4 Karar Ağaçları ile Kural Oluşturma

Kurala dayalı yöntemler kullanan çıkarsama sistemlerinde kural kümesi, problem üzerinde uzman kişi yardımı ile oluşturulabileceği gibi karar ağaçları aracılığıyla da oluşturulabilir. Karar ağaçlarının oluşturulmasına ilişkin bilgiler ikinci bölüm içerisinde bulunan “Karar Ağaçları” alt başlığında verilmiştir.

Kurala dayalı yöntemler için karar ağaçları ile kural oluşturma basit bir örnek ile açıklanabilir. rnek olarak “Karar Ağaçları” başlığında incelenen probleme ilişkin bir kural kümesi oluşturulmak istendiğinde; öncelikle yapılması gereken güncel ve işlenmiş karar ağacının hazırlanması olacaktır.



Şekil 20 Örnek olarak hazırlanmış karar ağacı

Hazırlanan karar ağacı üzerinde kökten başlayarak yapraklara giden yolların takip edilmesi kural havuzunun oluşturulması için yeterlidir. Bu işlem tamamlandığında hazırlanan karar ağacına ilişkin basit bir kural havuzu oluşturulabilir. Örnek olarak incelenen probleme ilişkin hazırlanmış ve sadeleştirilmiş yukarıda görülen karar ağacı kullanılarak aşağıdaki kurallar oluşturulabilir.

- EĞER (TSH = Düşük) İSE Sonuç = Hasta
- EĞER (TSH = Normal) VE (TT₄ = Normal) İSE Sonuç = Hasta Değil
- EĞER (TSH = Normal) VE (TT₄ = Yüksek) VE (T₃ = Normal) İSE Sonuç = Hasta Değil
- EĞER (TSH = Normal) VE (TT₄ = Yüksek) VE (T₃ = Yüksek) İSE Sonuç = Hasta

Burada gösterilen kurallar, temel kural gösterim formatı olan eğer – veya – ise şeklinde düzenlenmiştir. Daha detaylı kural gösterim formatlarına ilişkin bir örnek “RuleML: Kural Saklama Standardı” adlı başlıkta incelenecektir.

2.7.5 RuleML: Kural Saklama Standardı

RuleML[ç.6] bir kural işaretleme (Rule Markup Language) dilidir. RuleML kullanılarak özellikle ağ ve/veya internet uygulamaları arasında kural değişimi sağlanabilir, uyumsuz platformlar arasında kurallar aktarılabilir. RuleML, XML (geliştirilebilir işaretleme dili) tabanlı olup, tepki kuralları, dönüşüm kuralları, türetme kuralları, gerçekleri ve sorguları modellemeye yarayan etiketleri tanımlar. RuleML kullanılarak, ileri zincirleme yöntemi veya geri zincirleme yöntemi için kurallar hazırlanabilir.

RuleML yazım kuralları ve kullanımına ilişkin örnekler incelenerek konu daha iyi anlaşılabilir. Örnek olarak “Erdem Çorapçıoğlu’nun TSH testi sonucu 0,1 ölçülmüştür.” şeklindeki bir cümle, RuleML ile aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-9"?>
<rulebase>
  <Atom>
    <Rel>ölçülmüş</Rel>
    <Ind>Erdem Çorapçıoğlu</Ind>
    <Ind>TSH testi sonucu</Ind>
    <Ind>0,1</Ind>
  </Atom>
</rulebase>
```

Örneğe devam edilecek olursa “Eğer bir kişinin TSH testi sonucu 0,2’den küçük ölçülmüşse, TSH düşüktür.” cümlesi RuleML ile aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-9"?>
<rulebase>
  <Implies>
    <head>
      <Atom>
        <Rel>düşük</Rel>
        <Var>TSH</Var>
      </Atom>
    </head>
    <body>
      <Atom>
        <Rel>ölçülmüş</Rel>
        <Var>TSH</Var>
      </Atom>
    </body>
  </Implies>
</rulebase>
```

```

        <Ind>0,2</Ind>
        <Ind>küçük</Ind>
    </Atom>
</body>
</Implies>
</rulebase>

```

Örnek kural tanımlamalarına “Eğer bir kişinin TSH değeri ölçülmüş ve sonuç düşük çıkmışsa o kişi hastadır.” ile devam edilecek olursa bu cümle RuleML ile aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-9"?>
<rulebase>
  <Implies>
    <head>
      <Atom>
        <Rel>hasta</Rel>
        <Var>kişi</Var>
      </Atom>
    </head>
    <body>
      <And>
        <Atom>
          <Rel>ölçülmüş</Rel>
          <Var>TSH</Var>
        </Atom>
        <Atom>
          <Rel>düşük</Rel>
          <Var>TSH</Var>
        </Atom>
      </And>
    </body>
  </Implies>
</rulebase>

```

Hastalığın teşhisinde bir testin (TSH) yeterli olduğu varsayılmıştır. (Test ve hastalık hakkında bilgi bölüm 3 içerisinde bulunmaktadır.) Hazırlanan bu kurallar ile oluşturulmuş kural havuzu üzerinde bir zincirleme yöntemi kullanılarak “Erdem Çorapçıoğlu hastadır.” elde edilecek bu RuleML ile aşağıdaki gibi ifade edilecektir;

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-9"?>
<rulebase>
  <Atom>

```

```
<Rel>hasta</Rel>
<Ind>Erdem Çorapçioğlu</Ind>
</Atom>
</rulebase>
```

Örnek olarak verilen kurallar ile sağlanmış özelliklere ek olarak öncelik bilgisin eklenmesi ile elde edilen ara veya tam sonuçlardan hangisinin güvenilir sonuç olduğu konusunda yorum yapılabilir.

Buna ek olarak benzer koşul ve/veya sonuçlar üzerinden çıkarım yapan kurallar arasında da üstünlük tanımlamaları yapılarak mevcut bilgiler doğrultusunda çıkarım yapılacak kural seçimi yapılabilir. Buna örnek olarak “Kural bir kuralı, kural iki kuralına göre daha önceliklidir ve kural iki kuralı yerine kural bir kuralı tetiklenir” cümlesi RuleML ile aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-9"?>
<rulebase>
  <Atom>
    <Rel>Overrides</Rel>
    <Ind>kural bir</Ind>
    <Ind>kural iki</Ind>
  </Atom>
</rulebase>
```

2.8 Yöntemlerin Karşılaştırılması

Bölüm içerisinde anlatılan yöntemlerin karşılaştırılmaları yapıldığında her yöntemin kendine özgü artıları ve eksileri olduğu görülecektir. Örnek olarak yapılan çalışmalarda[42] kural tabanlı sistemlerin yapısal olarak takip edilerek test edilmesinin daha kolay olduğu ifade edilmektedir. Bayesian Ağlarının önemli bir özelliği olarak ise mevcut veri kümeleri ve istatistikler kullanılarak eğitilebilmesi ifade edilmektedir. Mevcut istatistiksel verilerin Bayesian Ağları içerisine eklenmesi ve kullanılması genellikle basit iken, kural tabanlı bir sistemin verilen bir veri kümesi ile düzenlemek daha zordur.

Kural tabanlı yöntemler içerisinde kullanılan kurallar uzmanlardan elde edilen deneye dayalı bilgilerin ve ilişkilerin doğrusal birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Buna karşılık Bayesian Ağları, problem üzerindeki nedensel ilişkiler ve bu ilişkilerin istatistiksel bağları kullanılarak oluşturulur. Bayesian Ağları nedensel ilişkilerin çıkarılabilir ve güçlü olduğu problem kümelerinde daha iyi sonuç verebilir. Kural tabanlı modeller ise nedensel ilişkilerin grafiksel olarak ifade edilebilir olmayacak kadar karışık olduğu durumlarda başarılı bir performans gösterebilir.

Yapay sinir ağlarında eğitim için kullanılan örnek problem kümesi büyük önem taşımaktadır. Eğitim için kullanılan örnek veri kümesinde benzer örüntülere sahip veriler çoğunlukta olduğu durumda sistem öğrenmek yerine ezberleyecek ve gerçek problem kümesi içerisindeki küçük bir alana çözüm sunabilecektir. Yapay sinir ağlarının başarısını etkileyen diğer önemli bir faktör ise ağ tasarımıdır. Eğitim ve test sürecinde ağ başarısına göre ağın tekrar tasarlanması gerekebilir. Yapılan çalışmalarda[18], yapay sinir ağlarının istatistiksel yöntemlere göre, örnek olarak tıbbi veriler üzerinde; sonuçlarda ağırlık bilgisi ile güvenilirlik derecesi sağlanması, hızlı ve doğru sonuçlar üretmesi ve ilişkili özellikleri yakalaması nedeniyle üstün olduğu ifade edilmektedir. Buna karşılık istatistiksel yöntemler, veri kümesi kesin dağılıma sahip olduğu durumlarda yapay sinir ağlarına göre daha iyi performans verebilir.

BÖLÜM 3

VAKA ÇALIŞMASI

Tez çalışmasının bu bölümünde incelenen probleme ilişkin detaylı bilgi verilecektir. Bölüm içerisinde sırasıyla, incelenen hastalığa ilişkin tanı ve tedavi yolları anlatılacaktır.

Çalışmamıza konu tıbbi karar destek sistemine ilişkin bilgi tabanı olarak “Tiroit” hastalıkları seçilmiştir. Tiroit ve tiroit hastalıkları hakkında bilgi uzman kişilerden, bu kişilerin sağladıkları kaynaklardan [1,2,4,9,10,16,17,20,21,26–29,31,33,38,39,45,53] ve uzmanların hazırladığı bilgilendirici internet sitelerinden[ç.7] derlenmiştir.

3.1 Tiroit Bezi Hakkında Bilgiler

Tiroit bezi, boyun bölgesinde âdem elması denen kıkırdığın hemen altında ve soluk borusu önünde bulunur. Kelebek şeklindedir. Şeklinden dolayı kalkan bezi olarak da bilinir. Sağ ve sol olmak üzere iki bölümü vardır. Bunlara tiroit lobu denir. Bu iki lob isthmus denen ince bir doku bandı ile birbirine bağlanır.

Tiroit bezi bir kas kadar serttir. Bu nedenle, doktor tarafından kolaylıkla elle muayene edilebilmektedir. Bazı durumlarda büyür ve normal ağırlığını aşar. Bu duruma guatr denir. Tiroit bezi mikroskop altında incelendiğinde folikül denilen oluşumlardan meydana geldiği görülür. Foliküller, yuvarlak olup kenarları folikül hücrelerinden ortaları ise jelâtin tabiatında kolloid denen bir maddeden oluşur. Sentez edilen hormonlar kolloid içerisinde biriktirildiğinden bu madde tiroit hormonlarının deposunu oluşturur. Tiroidin esas fonksiyonu vücudun ihtiyacına göre T_3 ve T_4 denilen tiroit hormonlarını üretmektir.

3.2 Tiroit Hormonları Hakkında Genel Bilgiler

Tiroit hormonları “negatif geribildirim mekanizması” ile çalışır. Bu mekanizmaya göre beyinde hipotalamus denilen bölgede TRH hormonu salgılanır. Bu hormon hipofiz bezine etki ederek TSH salgılanmasını sağlar. TSH ise tiroit bezine etki ederek T_4 ve

çok az miktarda T_3 yapımını ve salgılanmasını sağlar. T_4 ve T_3 'ün büyük bir kısmı kanda bulunan proteinlere bağlanır, çok az bir kısmı ise serbest olarak kanda dolaşır. Bu hormonlar belirli bir düzeye geldikten sonra hipotalamus ve hipofiz üzerine baskı yapar ve TRH ve TSH'nın salgılanmasını durdurur. Kullanım sonucu hormonlar azalınca baskı ortadan kalkar TRH ve TSH tekrar salgılanır ve aynı şekilde tiroit hormonları yeniden vücut ihtiyacına göre üretilir.

Tiroit hormonları, vücudumuzdaki her hücre ve dokunun fonksiyonlarını düzenler. Sağlıklı olmak için tiroit hormonlarının devamlı ve yeterli miktarda salgılanması gerekir. Az miktarda salgılanması vücut fonksiyonlarının yavaşlamasına, fazla miktarda salgılanması ise vücut fonksiyonlarının hızlanmasına neden olur. Tiroit hormonlarının az miktarda salgılanması durumuna hipotiroidi, fazla miktarda salgılanması durumuna ise hipertiroidi denir. Tiroit hormonlarının normal olarak salgılanması durumunda hastanın ötiroid (normal) olduğu söylenir. İki çeşit tiroit hormonu mevcuttur:

- Tiroksin veya T_4 . Her molekülünde 4 iyot atomu mevcuttur.
- Triiyodotironin veya T_3 . Her molekülünde 3 iyot atomu bulunmaktadır.

T_4 tiroitten salgılandıktan sonra dokularda etkili olabilmesi için T_3 'e dönüşmektedir.

Tiroit hormonları vücutta bağlı ve serbest olmak üzere iki şekilde bulunur. Tiroit de üretilen hormonlar kana geçtikten sonra %99'u taşıyıcı proteinlere bağlanarak dolaşırlar. Bu proteinlere tiroksin bağlayan globülinler (TBG) denir. Ancak bu hormonların dokularda etkilerini gösterebilmeleri için serbest hale geçmeleri gerekir. Serbest hormonlar vücuttaki toplam hormonların %1'ini oluştururlar. Kanda tiroit hormonu ölçümlerinde genelde bağlı ve serbest hormonlar birlikte (total T_4 ve T_3) veya sadece serbest olarak (serbest T_4 ve T_3) ölçülür.

3.3 Tiroit Tümörleri

Tiroit tümörleri bez içerisinde meydana gelen tümör yapısındaki nodüler oluşumlardır. Tiroit tümörleri diğer tümörlerde de olduğu gibi iyi ve kötü huylu olarak iki grupta incelenir.

3.3.1 İyi Huylu Tümörler

Adenomlar ve teratomlardır. Teratomalar oldukça nadirdir. Adenomlarda neoplazma dokusu kapsülü işgal ettiğinden kapsüllü adenomlar olarak bilinirler. Tiroit hormonu verildiğinde adenomların küçülmesi nedeniyle TSH'nın adenom oluşmasında ve büyümesinde etkili olduğu tahmin edilmektedir.

Adenomların %70'i soğuk nodül, %20'si de ılık nodül olarak değerlendirilir. Bunun nedeni sintigrafi testlerinde radyoaktif iyodu tutup tutmamalarıdır. Soğuk nodüllü adenomlar sintigrafi testinde radyoaktif iyodu tutmazlar. Ilık veya normoaktif olarak bilinen adenomlar ise radyoaktif iyodu diğer tiroit dokuları kadar tutarlar. Her iki tip adenom da ö tiroit olarak adlandırılır. T₃, T₄, TSH değerleri normal sınırlar içindedir. Bazı adenomlar, ki geriye kalan yüzde onluk ufak kısımdır, radyoaktif iyodu diğer doku kısımlarından daha fazla toplar. Bunlara sıcak nodül denir. Sıcak nodüller hipertiroidiye nedeni olabilirler. Bunların çapı genellikle 3 cm ve üzeridir.

3.3.2 Kötü Huylu Tümörler

Birincil veya ikincil olabilirler. Birincil tümörler kendi içlerinde epiteliyal ve nonepiteliyal olarak iki grupta incelenirler. Nonepiteliyal olan kötü huylu tümörler nadir olarak görülürler.

Hayvanlarla yapılan çeşitli deneyler göstermiştir ki iyot yetmezliği, uzun süre guatrojenik ilaç kullanımı ve tiroidin dışsal radyasyonu gibi TSH salgısının arttığı durumlarda tiroit kanseri oluşmuştur[9]. Bu sonuçlar TSH'nın tümör oluşumunda rol oynadığını düşündürmektedir. İnsanlarda çeşitli hastalıklar nedeniyle dışsal radyasyona tabi tutulduğunda, özellikle de çocuklarda, bu çeşit kanserler daha fazla görülmektedir.

Hayvanlarla yapılan deneylerin aksine iyot yetmezliği, diyetle iyodun fazla alındığı ve çevrede iyodun fazla bulunduğu bölgelerde papiller kansere daha sık rastlanmaktadır.

3.3.2.1 Papiller Kanserler

Tüm tiroid kanserlerinin 2/3'ü Papiller tiptedir. Özellikle küçük yaşlarda görülen tiroid kanserlerinin 3/4'ü papillerdir. Tiroid bezi içerisinde birden fazla noktadan başlayabilir. Papiller tiroit kanserleri genellikle katı nodül şeklinde olmakla beraber, bazen kistik yapıda da olabilirler. Vakaların %90'ı kapsülsüz olup, kolayca çevreye invazyon yaparlar. Papiller kanserde mortalite %5 - %10 civarındadır. Özellikle tanı aldıklarında invaziv, lokal metastazlı yahut uzak metastaz bulunan vakalarda mortalite oranı yüksektir[16]. Kadınlarda erkeklere oranla üç kat daha fazla görülür. Çevre lenf nodlarına, akciğerlere ve kemiklere sıkla yayılım yapabildiği gibi vücudun herhangi bir yerine de yayılabilir.

3.3.2.2 Foliküler Kanserler

Tiroit kanserinin %11 - %35 aralığını oluştururlar[4]. Bunların çoğu kapsüllüdür, adenom izlenimi verirler. Genellikle ileri yaştaki, bu gruptaki hastalar çoğunlukla 40-50 yaşları arasındaki hastalarda görülür. Ayrıca kadın hastalarda erkeklere göre iki hatta üç misli fazladır.

Akciğer ve kemikler metastazların en sık görüldüğü yerlerdir. Metastaz, kanser hücrelerinin vücudun bir kısmından başka bir kısmına geçmesidir.

3.3.2.3 Anaplastik Kanserler

Kanserlerin yaklaşık olarak yüzde onunu oluşturur. Bu gruptaki hastalar elli yaşın üstündedir. Foliküler kanserlerden farklı olarak kadın ve erkek hastalardaki görülme oranı eşittir. İyot eksikliği olan bölgelerde sıklıkla görülür. Genelde uzak metastazları vardır. Belirtileri bir kütlenin süratle belirmesi ve etrafını istila etmesine dayalı bulgulardır. Bunlara bağlı olarak hastanın kendinde hissedebileceği belirtiler yutma zorluğu, ağrı, ses kısıklığı olabilir. Tümör dokusu oldukça serttir.

3.3.2.4 Medüller Karsinomlar

Tiroit kanserlerindeki oranı yüzde iki ile on arasında değişebilir. Ayrıca bu hastalar arasında ailesinde de bu hastalığı taşıyanların oranı %15 ile %30 arasında değişmektedir ki bu da bize bu hastalığın ailesel kalıtsallığının olabildiğini göstermektedir. Tıpkı anaplastik kanserlerde olduğu gibi elli yaş üstü kişilerde görülür ve kadınla erkek hastaların dağılım oranı eşittir. Belirtiler olarak hipertansiyon, hiperkalsemi görülebilir. Hasta kalsitonin, ACTH, serotonin, PG, histamin, somatostatin gibi maddeler salgılar.

3.3.2.5 Metastatik Tümörler

Tiroide en çok akciğer, meme ve böbrek kanserleri metastaz yapar.

3.3.2.6 Tiroit'in Nonepiteliyal Kötü Huylu Tümörleri

Bunlar sarkoma ve lenfomalar olup nadirdirler. Lenfomalar Hashimoto hastalığı ile birlikte bulunabilirler. Hashimotolu hastalar tiroksin almakta iken tiroide büyüme olursa lenfomadan şüphe edilebilir[21].

3.4 Klinik Bilgiler

Tiroit nodülleri nadiren bir şikâyetle sebep olurlar. Diğer bir deyişle hastalar tarafından anlaşılabilecek belirtileri çok azdır. Çoğunlukla fiziksel muayene sırasında ortaya çıkarlar. Hastanın şikâyetleri genelde nefes darlığı, sinirlilik hali veya yutma zorluğudur. Fiziksel muayeneye rağmen eğer nodül çapı 1 cm den küçükse fark edilemeyebilir. Ayrıca bazı durumlarda nodül tek olmayabilir. Bu durum Multinodüler olarak adlandırılır. Nodül bulunduktan sonra bu nodülün iyi huylu mu yoksa kötü huylu mu olduğunu teşhis etmek gerekir ki bu aslında oldukça zor bir teşhistir. Buna rağmen vaka kayıtlarından çıkarılan genel istatistiklere dayanarak ailelerinde medüller tiroit kanseri olanlar, çocuklukta baş ve boyun radyasyon uygulaması anamnezi olanlar, 20 yaş altı veya 50 yaş üstü olanlar, nodül çapı 4 cm den büyük olanlar, çok sert nodülü olanlar, nodülü çok hızlı büyüyenler, kas veya trakeaya fiksasyon gibi belirtileri olanlar için kötü huylu teşhisi yapılabilir[26,38].

İyi huylu bir nodülde, genelde, nodül içerisindeki kanamanın belirtileri olan ağrı ve hassasiyet gibi şikâyetler vardır. Ancak iyi huylu nodülde bu şikâyetler birkaç hafta içinde ortadan kalkar. Tüm bunların yanında Tiroit nodülü diğer organlardaki kansere ait bir metastaz da olabilir[20].

1977 'de Dr. Miller normal ve kanserli düğümlerini ayırımı için şu şartları ön görmüştür: "Yumuşak ve 3 cm'den küçük veya difüz büyüme ile birlikte veya multinodüllü veya çok sert olmayan veya büyümeyen nodüllerin kanser olması ihtimal dahilinde değildir." [39]. Ancak incelenen vaka sayısı arttıkça ve bu alandaki teşhis ve tedavi yöntemleri geliştikçe Miller'ın öne sürmüş olduğu şartlar da geçerliliğini kaybetmiştir. Örnekle açıklayacak olursak nodül sertliği göz önüne alındığında Kendall'ın 11 kötü huylu nodüle sahip hastasından 2'si, Gharib'in 56 kanserli hastasından 5'inde bulunan nodüller yumuşaktır[17,31]. Bu örneklerdeki sert nodüllerin yarısı da iyi huyludur. Nodülün büyüme durumuna bakacak olursak; Hamburger'in kanserli hastalarının %70'inde nodül büyüklüğü değişmemiş, %10'unda ise 6–24 ay süresince uygulanan tedaviler ile küçülmüştür[20] .

Ses kısıklığı ve trakeal deviasyon Hashimoto hastalığı ve multinodüler guatrlerde de görünebilir. Bu tür nodüllerde de kanser riski bulunmaktadır.

Tüm hastalıklarda olduğu gibi tiroit hastalıklarının teşhisi de oldukça zordur. Bu zorluğun ana nedenleri herkes tarafından bilinen belirli belirtilerin olmaması, bazı durumlarda fiziksel muayene de bile belirlenmesinin güç olması ve belirlendiği takdirde hasta nodülün hangi sınıfa girdiğinin söylenmesinin zorluğudur. Yukarıda kısaca verilen bilgilerden de anlaşılacağı üzere tiroit bezine ait birçok hastalık bulunmakta ve bunlar birbirlerinden çok zor ayrılmaktadır. Diğer tüm hastalıklarda olduğu gibi tiroit hastalıklarında da teşhisler arası çizgiler mühendislikteki gibi bir ve sıfırlardan değil birçok ara değerden oluşmaktadır. Kısaca kesin siyah ve kesin beyaz alanlar yerine çoğunlukla gri ve tonlarının kullanıldığı bir alandır. Yine de ilgili teşhis ve ayrımları yapmak için belirli yöntemler geliştirilmiştir.

3.5 Tiroit Hastalıklarında Belirti ve Bulgular

3.5.1 Tirotoksikoz vakalarındaki belirti ve bulgular

Belirtiler: Huzursuzluk, ruhi dengesizlik, uykusuzluk, halsizlik, kas güçsüzlüğü ve kramplar, iştah artımı, çarpıntı, ısıyı tolere edememe, aşırı terleme, bağırsak hareketlerinde artma, kilo kaybı, hipokalemi ile birlikte periyodik paralizi, oligomenore veya diğer bir mens düzensizliği, eforla nefes darlığı, anjina pectoris.

Bulgular: Gözlerde kapak çekilmesi ve canlı bakış, istirahatatta taşikardi, atrial fibrilasyon, sistolik kan basıncında veya nabız basıncında artma, birinci kalp sesinde şiddetlenme, nadiren kalp yetmezliği, el parmaklarında ince tremor, hiperkinezi, proksimal kas güçsüzlüğü, derin tendon reflekslerinde şiddetlenme, onikoliz, yumuşak, ılık ve nemli deri, avuç içlerinde palmar eritem, saçlarda incelme.

Graves hastalığında görülen bulgular: Boyunda ekseri üfürümle birlikte diffüz guatr, egzoftalmus ve otoimmün kökenli diğer göz bulguları, pretibial miksödem.

3.5.2 Hipotiroidizm vakalarındaki belirti ve bulgular

Belirtiler: Uyku hali, halsizlik ve güçsüzlük, baş ağrısı, kilo artımı, soğuğu tolere edememe, mens düzensizliği, galaktore, deride kuruluk, saç dökülmesi, kabızlık, ses kısıklığı, terlemede azalma, paresteziler, kas ve eklem ağrıları, işitmede azalma, hafıza bozukluğu, alaca karanlıkta iyi görememe, psikiyatrik bozukluk.

Bulgular: Sıklıkla palpe edilebilen edilebilen guatr, apatik görünüm, göz kapaklarında pitoz, bradikardi, kalp seslerinin derinden gelmesi, erişkinlerde hipertansyon, bradikinezi, ataksi, tendon reflekslerinde yavaşlama, kas hipertrofisi, derinin kuru, soğuk, soluk ve ödemli olması, karoten birikimi sebebi ile derinin sarımtırak bir renk alması, özellikle göz kapakları civarında olan yüz ödemi, hipotermi, tırnaklarda kırılma, konuşma bozukluğu, çok nadiren miksödem koması, radyolojik incelemede plevral veya perikardiyal efüzyon.

Neonatal dönem: Uzun süren fizyolojik sarılık, somnolans, beslenme problemleri, kabızlık, şiş karın, göbek fıtığı, kısık sesle ağlama.

Tedavi edilmemiş neonatal dönem (kretenizm): Mental gerilik, sağırılık ve konuşamama, dişlerin çıkmasında gecikme, inkoordinasyon, fontanellerin kapanmasında gecikme, büyük baş, epifizial disgenezis.

Çocuklar: Boy uzamasında yavaşlama ve kemik yaşında gecikme, pubsertede gecikme.

3.6 Tiroit Hastalıklarının Tanısında Faydalanılan Testler

Bilinen veya şüphelenilen tiroit hastalığı olan bir kişiyi ele alırken doktor, iki tip tanıya varabilmeleidir;

Fonksiyonel tanı: Kişinin metabolik durumunun belirlenmesi. Tiroid bezinin hormon salgısı hakkında bilgi vererek hastanın fizyolojik ve metabolik durumunun tiroit hormon sekresyonundan ekilenip etkilenmediğini gösterir.

Etiyolojik ve anatomik tanı: Rahatsızlığın altta yatan sebebini, bezdeki patolojik değişikliği içerir.

Tiroit hastalıklarının tanısında faydalanılan testler çok sayıda olup, bu durum karışıklığa neden olabilir. Test sayısının bu kadar fazla olması her testin sınırları olduğunu gösterir. Örneğin, metabolik durumun belirlenmesinde faydalanılan hiçbir test tek başına güvenilir değildir. Tiroit hastalıklarının tanısında faydalanılan testlerin sınıflandırması aşağıda verilmiştir;

A. Metabolik durumun tayini

1. Serum TSH ve tiroit hormon düzeyleri ve hormonların bazı maddelere bağlanmaları ile ilgili testler.
 - a. Serum TSH ve tiroit hormonu düzeylerinin ölçümleri: Serum TSH, total T₄, total T₃, serbest T₄, serbest T₃

- ### B. Etiyolojik ve anatomik tanı ile ilgili testler

3.6.1 Tiroit Fonksiyon Testleri

TSH en iyi genel test.

ST_4 ikinci en iyi genel test.

ST₃ ek testtir; T₃ toksikoz ve hipertirodizmin nadir şekillerinin tanısı.

TT_3 serbest T_3 yerine kullanılabilir.

TT₄ genel test olarak yetersizdir.

Testler normal değer aralıklarının verilmesinden kaçınılmıştır. Bunun nedeni testlerin yapıldığı laboratuvalara göre aralıkların farklılık göstermesidir. Kabul edilen aralıklara ilişkin bilgi bir sonraki bölümde ifade edilecektir. Bu testler ile ilgili detaylı bilgi incelenecek olursa;

TT3

Bu değerin yükselmesi hipertiroidi, akut tiroidit, tiroglübülün artışı, günlük T₄ dozajının 300 mikrogramın üzerine çıkması veya bunlardan ayrı olarak gebelik, östrojen hormonundaki artış ve bazı ilaçların yan etkileri gibi tiroitten başka nedenlerden de

kaynaklanabilir. Kısaca testlerden elde edilen normal değerin (0,6 – 1,81 ng/ml) üzerindeki bir TT_3 değeri bize bu yukarıda verilen teşhislere gidebilme yolunda yardım eder. Bu belirtiler içerisinde hipertiroidi tiroit bezinin aşırı hormon üretmesidir ki bunun nedeni Graves hastalığı, toksik adenom, toksik multinodüler guatr veya hashitoksikozis gibi hastalıklar olabilir.

TT_3 değerinin düşmesi ise hipotiroidi, hipotiroidi de Hashimoto hastalığı, Riedel Tiroiditi, total tiroidektomi ameliyatı sonrası veya iyot noksanlığından kaynaklanabilir. Ancak TT_3 'ün normal değerinin altına düşmesinde de tiroit dışı etkenler rol oynayabilir. Bunların başında bazı ilaçlar (steroid olmayan antiinflamatuvarlar, salisilatlar, lityumlu ilaçlar vs), kronik böbrek hastalıkları, kronik karaciğer hastalıkları ve hatta hastanın test yaptırdığı sırada aç olması gelebilir.

ST₃

ST_3 değerinin 2,3 – 4,2 pg/ml olan normal değerinin üzerine çıkması bize tirotoksikoz (hipertiroidili veya hipertiroidisiz), T_3 toksikozunu veya periferik rezistans sendromu durumlarını gösterir.

Bu değer düşmesi ise hipotiroidi veya hastanın gebeliğin üçüncü evresinde olduğunu gösterir.

TT₄

Hipertiroidi, TBG artışı, Tritosikozis Factitia veya akut tiroid gibi durumlarda TT_4 değeri yükselir. Bu değer normal seviyesinin (4,5 – 1,02 µg/dl) altına düşmesi ise hipotiroidi, TBG azalması ve tedavisi T_3 kullanımı gerektiren durumlarda olur.

ST₄

ST_4 hipertiroidili ve hipertiroidisiz tirotoksikozların tümünde yüksektir. Ayrıca tiroit hormonu ile tedavi edilen diğer hipotiroidi hastalarında da bu değer yükselmesi mümkündür.

ST_4 alan uzmanlarınca hipertiroidi ve hipotiroidi'nin asıl göstergesi olarak savunulmaktadır. Bu durumda ST_4 değerinin yüksekliği durumunda hipertiroidi,

düşüklüğü durumunda ise hipotiroidi teşhisleri diğer testlere göre daha yüksek bir yüzdeyle konulabilir.

ST₄'ün 0,84 – 1,76 ng/dl eşik değerlerinin altına düşmesi ise basit olarak hipotiroididen kaynaklanır.

TSH

TSH düzeyinin yükselmesi, primer hipotiroidi, TSH salgılayan hipofiz adenomları, TSH antikoru, Hipofizer Rezistans ve kullanılan birtakım ilaçlar tetikleyebilir. TSH'nın normal sınırın altına düşmesi ise tirotoksikoz (hipertiroidili veya hipertiroidisiz) kaynaklıdır. Ancak burada da bir takım dış faktörler söz konusu olabilir. Örneğin akut hastalıklar, hiponatremi, dopamine gibi bazı ilaçların kullanımı bu değerlerin düşük çıkmasına sebep olabilir.

Dikkat edilecek olursa TSH dışında yukarıda sözü geçen test değerlerinin eşik değerleri üzerine yükselmeleri bizi o veya bu şekilde tirotoksikozla götürürken, TSH'da bu durum (TSH değerinin yüksekliği) bizi primer Hipotiroidi'ye götürür. Benzer olarak TSH dışındaki test sonuçlarının (TT₃, ST₃, TT₄, ST₄) istenilen değerleri altında kalmaları bizi Hipotiroidi'ye götürürken TSH'nın düşmesi bizi Hipertiroidi'ye götürmektedir.

3.6.2 Görüntüleme Testleri

Sintigrafi

Tiroit sintigrafisi, bazı radyoaktif maddelerin tiroit dokusu tarafından muhtelif hastalıklarda ve bu arada nodüler guatrli hastalarda farklı şekillerde tutulmasının değerlendirilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Tiroit sintigrafisi, tiroidin büyüklüğünü, şeklini ve bölgesel fonksiyonlarını gösteren tiroit glandının bir imajıdır. Sintigrafi, hastaya tiroit dokusunda birikim gösteren bazı radyoaktif maddelerin verilmesinden sonra uygulanır. Bu amaçla kullanılan radyoaktif maddeler I¹³¹ ve Tec⁹⁹'dur. Bu radyoaktif maddelerin tiroit dokusu tarafından tutulup tutulmamasına göre nodüller soğuk, sıcak ve normoaktif (ılık) olarak değerlendirilirler. Eğer radyoaktif madde tutulmuyorsa soğuk, normal değerlerde tutuluyorsa normoaktif, çok fazla tutuluyorsa sıcak nodül teşhisleri konulabilir. Sadece tiroit sintigrafisine bakarak tiroit kanseri tanısı

koyamak mümkün değildir. Tiroit kanserleri tiroit sintigrafisinde genellikle, hipoaktif (soğuk) nodül olarak görülür.

Ultrasonografi

Ultrasonografi organların anatomik yapısının araştırılmasında kullanılan invaziv olmayan bir görüntüleme yöntemidir. Tiroit nodüllerinin incelenmesinde oldukça faydalı bir yöntemdir. Zararsız olması bu yöntemin gebeler ve çocuklar gibi hassasiyet gerektiren bünyeler üzerinde de kullanılabilmesini sağlar. Bu yöntemin en büyük getirisi çapı çok küçük olan (1-3mm) nodülleri dahi yakalayabilmesidir[45].

Ultrasonografi ile nodülün kistik, katı veya yarı katı olduğu, ekojenitesi, nodülün etrafında ince, berrak bir halka olarak tanımlanan bazılarında iyi huyluluk belirtisi sayılan halo işaretinin var olup olmadığı, kalsifikasyon olup olmadığı nodül sayısı, boyutları ile ilgili bilgiler elde edilir. Ancak bu değerli bilgilere rağmen sadece ultrasonografi kullanarak nodülün iyi huylu mu yoksa kötü huylu mu olduğu anlaşılamaz[54].

3.6.3 Tiroit İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi

Tiroit nodüllerinin ayırıcı tanısında en önemli yöntemdir. Uzun yıllardan beri bilinmesine rağmen son yıllarda kullanımı artmaya başlamıştır. Bu yaygınlaşmanın en önemli nedeni de iyi ve kötü huylu nodüllerin ayırıcı tanısında çok büyük kesinliklerde teşhis koyabilmesidir.

Bu yöntemle elde edilen patoloji sonuçları iyi huylu, kötü huylu ve şüpheli olarak üç sınıfta toplanırlar. Şüpheli sınıf, kötü huylu olup olmadığına kesin olarak karar verilemeyen sınıftır.

3.6.4 Oto-Antikor Testleri

Çeşitli tiroit hastalıklarının tespiti için yapılan dört ana oto-antikor testi vardır. Bunlar: Anti-M, Anti-TG, Anti-TPO ve TR-Ab testleridir. Bu testlerin normal eşik değerleri ve testlerden elde edilen verilerden ne gibi sonuçlar çıkarılabileceği aşağıda belirtilmiştir.

Anti-M

Açılımı Anti Mikrosomal Antikoru'dur. Normalin üst sınırı 50 IU/ml dir. Test sonucunda bu değerin üstündeki veri bizi dört sonuca götürebilir[2,33].

1. İnsanların %5-10 aralığında bu değer doğal olarak yüksektir.
2. İlgili vaka Hashimoto hastası olabilir. Bu hastalığa sahip vakaların %80-95'inde bu test sonucu yüksek çıkar.
3. İlgili vaka Graves hastası olabilir.
4. Tiroit kanseri, hipotiroid ve Pernisyöz anemi olduğu durumlarda da Anti-M değeri yükselebilir.

Anti-TG

Anti Thyroglobulin Antibody olarak açılan bu test bazı tıp literatürlerinde Anti-Tg veya Anti-Ab olarak da geçer. Normalin üst sınırı 60 IU/ml ve bunun altındaki değerlerdir. Bu test sonucunda da dört farklı tanıya gidilebilir[2,33].

1. Bazı insanlarda, %10'luk bir kısım, bu değerin yüksek olması normaldir.
2. Hashimoto hastalığında bu değer %70-90'lık bir yüzdeyle yüksektir.
3. %50-60'lık bir oranla ilgili vaka Graves hastası olabilir.
4. Tiroit kanseri, İdyopatik Mixtödem, Pernisyöz anemi, Sistemik Lupus Eritamatozis(SLE) ve De Quervain hastalığı da olarak bilinen Subakut Tiroiditis hastalıklarında da bu değer yüksek çıkar.

Anti-TPO

Normalin üst sınırı 60 IU/ml olan bu testin açılımı Tiroit Peroksidaz Antikoru'dur. Anti-TPO'nun yüksek çıkması üç anlama gelebilir[2,33]. Bunlar:

1. Normal insanlarda %10'luk bir kısımda bu değer yüksek olabilir.
2. Bu değerin yüksek çıkması Hashimoto hastalığının göstergesi olabilir.
3. İlgili değerin yüksek çıktığı hastalara %75-90 arası oranlarda Graves teşhisi konulmuştur.
4. İdyopatik Mixtödem, Addison hastalığı, Pernisyöz anemi, Diabetes Mellitus hastalıklarında da bu değer yüksek çıkabilir.

TR-Ab veya TSH-R Ab

TSH reseptör antikorlarını ölçen bir testtir. Bu test Graves hastalığının diğer hipertiroidlerden ayırt edilmesinde kullanılır. Graves teşhisi konulan hastaların %95'inde bu değer yüksek çıkmıştır[2,33].

3.6.5 Diğer Testler

Tiroit hastalıklarının teşhisi için yukarıdaki testlere ek olarak bazı testler daha yapılabilir. Eritosit Sedimentasyon testi, Tg testi, Calcitonin testi ve TGB bu testlerden bazılarıdır.

Eritrosit Sedimentasyon Testi

Bu test vakadaki eritrosit sedimentasyon hızını ölçmek için kullanılır. Bu testin eşik değeri 20 mm/st 'dir. Bu eşik değerinin aşılması bizi dört farklı sonuca götürebilir[1].

1. Subakut Tiroit
2. Akut Tiroit
3. Riedel Tiroidi

bu üç hastalıkta da eritsit hızı 80mm/st veya üzeri bir değerdedir.

4. Kanserler. Kanserler ile ilgili değer, eritrosit sedimentasyon, 40–80 mm/st değer aralığında ölçülür.

Tg Testi

Tiroglobulin düzeyini ölçer. Genellikle normalin üst sınırı 40 ng/ml'den düşüktür. Eğer ölçülen değer bundan fazlaysa:

1. Papiller ve/veya foliküler tiroit kanserleri
2. Graves hastalığı, toksik multinodüler guatr
3. Subakut tiroidit
4. Kronik tiroidit
5. Diferansiye tiroit kanser metastazları
6. Endemik guatr

sonuçlarına ulaşabiliriz.

Kalsitonin Testi

Eşik değeri 19 pg/ml'dir. Bu eşik değerinin aşılması sonucunda aşağıdaki olgulara ulaşılabilir. Bunlar:

1. Medüller Tiroid Kanseri
2. C hücre hiperplazisi
3. Pernisiyöz Anemi
4. Tiroiditler
5. Gebelik
6. Kronik böbrek yetmezliği
7. Hiperkalsemi
8. Akciğer, pankreas, meme, kalın bağırsak kanserleri

TBG Testi

Açılımı Tiroksin Bağlayan Globulin'dir. Normal değeri 17–36 µg/ml değer aralığındadır. Bu değer aşılışı ise:

1. Doğuştan TBG yüksekliği
2. Gebelik
3. Hipertiroidi
4. Östrojen tedavisi
5. Kronik karaciğer hastalıkları

hastalıkları düşünülebilir.

Bu değerin eşik değerleri altına düşmesi ise üç farklı nedenden olabilir. Bunlar:

1. Doğuştan TBG eksikliği
2. Önemli sistematik hastalıklar (protein malnutrisyonu, nefrotik sendrom, siroz, hipertiroidi)
3. İlaçlar (androjenik steroidler, glukokortikoidler, salisilatlar, fenitoin, fenil butazon, diazepam)

Buraya kadar olan bölümde genel olarak Guatr hastalıklar anlatılmıştır. Bu hastalıkların tek isim altında toplanmalarına rağmen birbirlerinden oldukça farklı oldukları gösterilmeye çalışılmıştır. Bu bilgilere ek olarak tiroit hastalıklarının teşhisi için

gerekli yöntemler açıklanmaya çalışılmış, bu yöntem ve alt yöntemlerin neler için kullanıldığı, ne tür değerlere sahip oldukları, bu değerlerin aşılması sonuçlarında bizi ne tür tanılara ve teşhislere götürebilecekleri açıklanmıştır.

Takip eden bölümde ise tiroit hastalıkları gruplara ayrılarak gösterilecektir. Bu bölümde hastalıkların açıklamaları yerine bir önceki bölümde açıklanmış olan test sonuçlarının hangi hastalıkta nasıl sonuçlar verdiği bilgilerinize sunulacaktır.

3.6.6 Tiroit Hastalıkları

Guatr genel adıyla bilinen hastalıkları on alt grupta toplayabiliriz.

Basit Difüz Guatr

Fonksiyon Testleri: TT₃-TT₄-ST₃-ST₄-TSH düzeyleri normaldir.

Görüntüleme Testleri: Ultrasonografi; homojen ekoda, büyümüş tiroit bezi gözlemlenir. Sintigrafi; homojen aktivite dağılımında büyümüş tiroit bezi gözlemlenir

Oto-Antikor Testleri: Anti-TG ve Anti-TPO normal değerlerindedir.

Basit difüz Guatr düşünülen hastalarda genellikle oto antikorlar istenmez

Multinodüler Ötiroid Guatr

Fonksiyon Testleri: TT₃-TT₄-ST₃-ST₄-TSH düzeyleri normaldir.

Görüntüleme Testleri: Ultrasonografi; birden fazla hipo, izo veya hiperekoik nodüller görülür. Tiroit bezi boyutları büyümüştür. Nodül dışı alanların eko yapısı homojendir. Sintigrafide; hipoaktif veya normoaktif birden fazla nodül vardır. Tiroit dokusunun diğer yerlerindeki aktivite tutulumu genellikle homojendir.

T.İ.İ.A.B (Tiroit İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi): Dominant nodüle ve-veya çapı 1–1,5 cm'den büyük nodüllere uygulanır. Sonucu büyük oranda iyi huylu çıkar. Ancak sonucun kötü huylu çıktığı durumlarda tiroit kanseri ön tanısıyla tedavi planı yapılır.

Oto-Antikor Testleri: Genellikle yapılmalarına gerek yoktur, çünkü bu olgularda oto-antikor testleri normal değerlerini korurlar.

Toksik Multinodüler Guatr

Bu gruptaki hastaların durumuna genel olarak Plummer Hastalığı denilir.

Fonksiyon Testleri: TT_3 - TT_4 - ST_3 - ST_4 testleri eşik değerinden yüksek, TSH testi ise normal değerinden düşük sonuç verir.

Görüntüleme Testleri: Ultrasonografide; birden fazla hipo, izo ve-veya hiperkoik nodüller görülür. Tiroit bezi boyutları büyümüştür. Nodüller dışında genellikle homojen eko yapısındaki tiroit dokusu gözlemlenir. Sintigrafi; birden fazla sıcak nodül vardır. Bu sebeple aktivite tutulumu oldukça fazladır. Tiroidin diğer kısımlarındaki aktivite tutulumu izlenmez.

T.İ.İ.A.B(Tiroit İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi): Yapılmasına gerek yoktur.

Oto-Antikor Testleri: Yapılmasına gerek yoktur.

Toksik Tek Nodül (Toksik Adenom)

Fonksiyon Testleri: TT_3 - TT_4 - ST_3 - ST_4 değerleri yüksek, TSH değeri düşüktür.

Görüntüleme Testleri: Ultrasonografi; tiroidin boyutları normal veya büyümüştür. Tiroidin içerisinde hipko, izo veya hiperekoik tek nodül bulunur. Diğer tiroit dokusu homojen ekoda görülür. Sintigrafi; Tiroit içerisinde bir adet hiperaktif(sıcak) nodül görülür. Tiroidin diğer kısımlarında aktivite tutulumu izlenmez.

T.İ.İ.A.B(Tiroit İnce İğne Aspirasyon Biopsisi): Genellikle uygulanmaz.

Oto-Antikor Testleri: Yapılmasına gerek yoktur. Sonuçlar normal sınırlar içindedir.

Ötiroid Nodüler Guatr

Fonksiyon Testleri: TT_3 - TT_4 - ST_3 - ST_4 -TSH düzeyleri normaldir.

Görüntüleme Testleri: Ultrasonografi; tiroidin boyutları normal veya büyümüştür. Tiroidin içerisinde hipo, izo veya hiperekoik tek nodül bulunur. Diğer tiroit dokusu homojen ekoda görülür. Sintigrafi; tiroit içinde normoaktif(ılık) veya hipoaktif(soğuk) nodül bulunur. Tiroidin diğer kısımlarında homojen aktivite tutulumu gözlenir.

T.İ.İ.A.B(Tiroit İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi): Nodül 1 ve/veya 1,5 cm ve üzerinde ise veya tiroit kanseri yönünden risk oluşturan bir durum varsa daha küçük

nodüle de yapılır. Sonuç iyi huylu veya kötü huylu çıkabilir. Eğer kötü huylu ise tiroit kanseri grubuna girer.

Oto-Antikor Testleri: Yapılmasına gerek yoktur.

Graves Hastalığı

Fonksiyon Testleri: TT₃-TT₄-ST₃-ST₄ değerleri yüksek, TSH değeri düşüktür

Görüntüleme Testleri: Ultrasonografi; tiroit bezi normalden büyük, tiroit dokusu heterojen ekoda ve granüler yapıdadır. Sintigrafi; Tiroit bezi normalden büyüktür. Aktivite tutulumu homojen olarak artış göstermiştir. Bu durumda piramidal lob izlenir. Bu tür hastaların %2.7'sinde soğuk nodül gözlemlenir.

T.İ.İ.A.B(Tiroit İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi): Sadece Graves hastalığı varsa gerek yoktur.

Oto-Antikor Testleri: Anti-TPO, Anti-TG ve TR-Ab normalden yüksek değerlerde gözlemlenir.

Hashimoto Hastalığı

Fonksiyon Testleri: ST₃, ST₄, TSH normal veya ST₃N, ST₄N, TSH yüksek, ST₃ ve ST₄ düşük, TSH yüksektir. Nadiren ortaya çıkabilen Hashitoksikoz durumunda ise TT₃-TT₄-ST₃-ST₄ yüksek, TSH düşüktür.

Görüntüleme Testleri: Ultrasonografi; tiroidin boyutu azalmıştır veya normaldir. Büyüme görülme olasılığı oldukça düşüktür. Konturları düzensizdir. Heterojen ekoda yamalı tarzda gözlemlenir. Nodül olabilir. Sintigrafi; tiroit dokusunun tamamında aktivite tutulumu azalmıştır. Nadiren ortaya çıkabilen Hashitoksikoz durumunda da aynı durum söz konusudur. Hashimoto tiroiditli vakaların uzun süreli takibinde tiroit lenfoması görülebilir.

T.İ.İ.A.B(Tiroit İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi): Lenfosit tiroiditi gösterir.

Oto-Antikor Testleri: Anti-M, Anti-T, Anti TPO normal değerlerinden yüksektir. TR-Ab genellikle normaldir. Nadiren yüksek bulunabilir (infiltratif oftalmopati saptanan olgularda).

Subakut Tiroidit (De Quervain)

Fonksiyon Testleri: Hastalığın başlangıç safhasında TT_3 - TT_4 - ST_3 - ST_4 değerleri az da olsa yüksek, TSH değeri az da olsa düşük çıkabilir. Bu durum folikül hücresinin hesaplanmasına bağlıdır. Ancak hastalık yerleştikten sonra TT_3 - TT_4 - ST_3 - ST_4 -TSH değerleri normal değerlerini korurlar. Sonrasında hipotiroidi görülebilir.

Görüntüleme Testleri: Ultrasonografi; tiroidin boyutlarında büyüme gözlenir. Nodül saptanır. Heterojen ekoda ve granüler yapıdadır. Sintigrafi; boyut artışı sintigrafide de görünür. Radyoaktivite tutulumu çok az veya hiç yoktur.

T.İ.İ.A.B(Tiroid İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi): Granülomatoz tiroidit lehinedir.

Oto-Antikor Testleri: Anti-TG hafif yüksek, Anti TPO ve TR-Ab normal değerlerindedir.

Eritrosit Sedimentasyon Testi: Hastalığın başlangıç döneminde, 70mm/st'nin üzerindedir.

Riedel Tiroiditi

Çok nadiren görülen bir tiroidittir.

Fonksiyon Testleri: TT_3 - TT_4 - ST_3 - ST_4 değerleri azalmış, TSH değeri artmıştır.

Görüntüleme Testleri: Ultrasonografi; tiroidin boyutu küçülmüş, konturları düzensizleşmiştir. Heterojen eko yapısındadır. İnce ekojen düzensiz fibrotik bant formasyonları görülür. Çevre dokulara infiltredir. Nodül olabilir. Sintigrafi; tiroidin boyu küçülmüştür. Aktivite tutulumu heterojen ve azalmış haldedir.

T.İ.İ.A.B(Tiroid İnce İğne Aspirasyon Biopsisi): Riedel tiroiditi lehinedir.

Oto-Antikor Testleri: Değerler normal düzeyde çıkar.

Eritrosit Sedimentasyon Testi: 40–50 mm/st'den yüksek çıkar.

Tiroid Kanseri

Fonksiyon Testleri: TT_3 - TT_4 - ST_3 - ST_4 -TSH genellikle normal değerlerini korur.

Görüntüleme Testleri: Ultrasonografi; katı nodül. Bu testin sonucu olarak nodül bulunur. Sintigrafi; soğuk(hipoaktif) nodüllerin kötü huylu(kanser) olma ihtimali %20'dir.

T.İ.İ.A.B(Tiroit İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi): TTİAB tiroidin kötü huylu lezyonlarını %98,9 isabetle saptadığı görülmüştür[28].

Oto-Antikor Testleri: Anti-TG yüksek olabilir. (normal değeri 60 IU/ml).

Tg Testi: Tiroglobulin miktarını ölçer. Eşik değeri 85ng/ml'dir. Papiller ve foliküler kanserde bu değer yüksek çıkar.

Calcitonin Testi: Eşik değeri 19 pg/ml'dir. Bu değer medüller tiroit kanserinde yükselir.

Eritrosit Testi: Orta derecede yüksek olabilir.

3.7 Tiroit Fonksiyonlarına Göre Tiroit Hastalıkları

Tiroit hastalıklarını tiroidin fonksiyonlarına göre de sınıflandırmak mümkündür. Bu sınıflandırma sonucu iki önemli grup incelenebilir.

3.7.1 Hipotiroidi

Hipotiroidi, çeşitli nedenlerden dolayı oluşabilecek tiroit hormonlarının noksanlığı durumudur. Bebeklerde ve çocuklarda hipotiroidi gelişme yavaşlamaya neden olabilir. Erişkinlerde ise organizmalardaki olayların yavaşlamasına neden olabilir[29]. Hipotiroidi olarak adlandırılan hastalıklar şunlardır:

- Hashimoto Tiroiditi
- Riedel Hastalığı
- Total Tiroidektomi

3.7.2 Hipertiroidi

Hipertiroidi, tiroit bezinin kandaki hormon düzeyinden bağımsız hareket ederek fazla tiroit hormonu üretmesidir. Hipertiroidi nedeniyle kilo kaybı, çarpıntı ve ellerde titreme gibi belirtiler olabilir[53]. Hipertiroidi olarak adlandırılan hastalıklar şunlardır:

- Graves Hastalığı (hipertiroidi hastalarının %75-80'i Graves'dir)
- Toksik Adenom (hipertiroidi hastalarının %3-30'u toksik adenomdur)
- Toksik Multinodüler Guatr (hipertiroidi hastalarının %5-15 ini oluşturlar)
- Hashitoksikozis
- Subakut Tiroidi

BÖLÜM 4

YÖNTEM

Tez çalışmasının bu bölümünde incelenen probleme üretilen çözüme ilişkin detaylı bilgi verilecektir. Bölüm içerisinde sırasıyla, tasarlanan sistem ve sisteme girilen örnek sorgular anlatılacaktır.

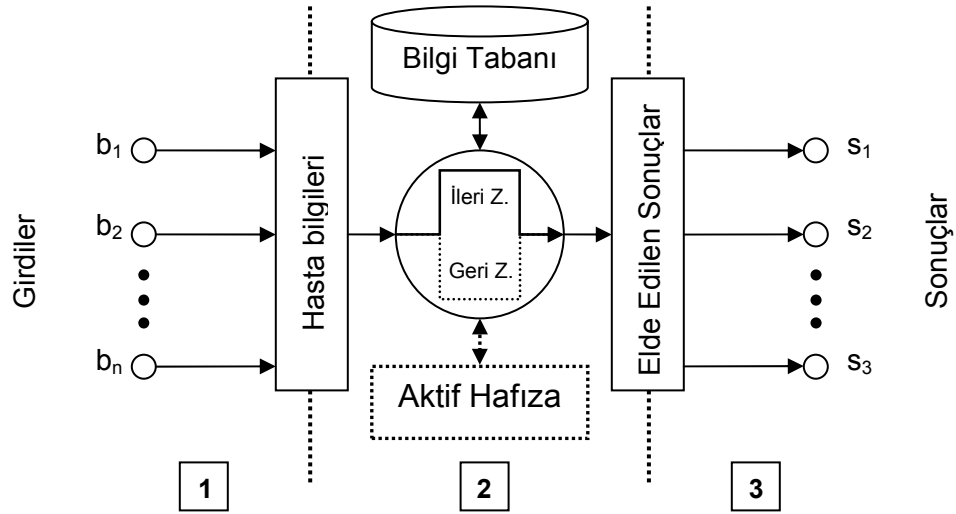
4.1 Oluşturulan Sistem

Giriş bölümünde tanımlanan probleme çözüm olarak oluşturulmuş sistem bu bölümde incelenecektir.

Tez çalışmasında problem olarak incelenen konu tekrar ele alınacak olursa; karar vericilerin, ilgilendikleri konu üzerinde genele odaklanmak yerine özele veya belirli konulara odaklanmaları özelleşmelerine neden olur. Karar verici kişi veya organın bir konu üzerinde odaklanması, karar verilecek problemin özelleşilmiş alan dışında gelmesi durumunda yetersiz veya başarısız karar verilmesine neden olacaktır. Benzeri şekilde, karar verici kişi veya organın kararlarında tutucu olması ve/veya sadece kısıtlı sayıda çözüm yolunu uygulaması doğru olmayan kararların verilmesine neden olabilir.

Karar destek sistemleri, karar verici kişi veya organa alacağı kararda destek olmak üzere hazırlanan yazılımlardır. Tez çalışmasında hazırlanan tıbbi karar destek sistemi özelleşmiş bir karar destek sistemi olup, hekimlere verecekleri kararlarda destek sağlayan bir sistemdir. Tıbbi karar destek sistemleri, hekime, hastaya ait kişisel ve klinik verileri alarak çözüm yolları, ek bilgiler ve test etme imkânı sunabilirler.

Kişi veya organların karar verici olduğu durumdaki probleme benzer şekilde karar destek sistemlerinde de tek problem çözme yönteminin kullanılması nedeniyle desteklenmesi beklenen bir probleme yeterli veya doğru destek sağlanamayabilir. Bu problemin çözülebilmesi için birden fazla problem çözme tekniğinin bir arada kullanılabileceği bir karar destek sistemi önerilmiş, bu öneriye uygun ve aynı zamanda da tek başına kullanılabilecek bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.



Şekil 21 Gerçekleştirilen sistem

Yukarıdaki şekilde (şekil 21) oluşturulan sistemin detaylı bir çizimi bulunmaktadır. Bu çizim birinci bölümde önerilen çözüm (şekil 3) olarak verilen sistemin içerisinde işaretlenmiş ve yapılacak kısım olarak belirtilmiş bölümün detaylı çizimidir. Sistem bir karar destek sistemleri topluluğuna dâhil olabileceği gibi burada gösterildiği gibi bir tekil karar destek sistemi olarakta kullanılabilir. Gerçekleştirilen sistem üç (3) ana bölüme ayrılmıştır. Bu bölümler girdilerin alınması, çıkarsama işleminin yapılması ve sonuçların üretilmesi olarak ifade edilebilir.

4.1.1 Hasta Bilgilerinin Alınması

Tez çalışmasında oluşturulan sistem için gerçekleştirilen ilk bölüm hasta bilgilerinin alınmasına imkân veren alt yapının oluşturulması olmuştur. Gerçekleştirilen bu bölüm, tek başına kullanılabilen bir karar destek sistemini destekleyebileceği gibi birden fazla karar destek yaklaşımının kullanıldığı karar destek sistemlerini de destekleyebilmektedir.

Hasta bilgilerinin alınması çıkarsama yapılacak sistemde hastaya ait gerçeklerin tanıtılması anlamına gelmektedir. Bu gerçekler kullanılarak çıkarsama yapılır ve yeni gerçekler elde edilir. Elde edilen gerçekler içerisinde bir hastalık durumu bilgisi, uygulanan tedavinin sebep olduğu değişiklikler veya test sonuçlarına ait bilgiler

bulunabilir. Hasta bilgileri kullanılarak yapılan çıkarsama ve elde edilen sonuçlar bundan sonraki bölümlerde anlatılacaktır.

Tez çalışmasında önerilen çözüm birden fazla çıkarsama yaklaşımının bir arada kullanılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, geliştirilen sistemde, hasta bilgileri farklı yazılım sistemlerinden geldiği durumda bu bilgilerin işlenebilir ve işleme alınabilir olması beklenmektedir. Bunun sağlanabilmesi için geliştirilen sistem ile diğer karar destek sistemleri arasında bulunacak köprünün XML (geliştirilebilir işaretleme dili) kullanarak veri sağlaması gerektiğine karar verilmiştir. XML kullanımı özellikle farklı platformlar ve sistemler arasında veri alışverişinde kullanılan bir standarttır. XML hakkında detaylı bilgiler bu bölümün devamında bulunmaktadır. Köprü olarak ifade edilen kısım birinci bölüm içerisinde bulunan şekil 2’de ara katman (çevirici) olarak belirtilmiştir. Köprünün görevi kullanıcıdan alınan sorguyu ve bilgileri alt katmanların yani alt karar destek sistemlerinin işleyebileceği türe dönüştürerek katmanlara yollamaktır. Çevirici ara katmanın çalışma mantığı ve kullandığı yöntemler bu çalışmanın konusu dışındadır fakat tez çalışmasında geliştirilen sistem için sağladığı yapı anlatılacaktır.

Geliştirilen tıbbi karar destek sisteminde kullanılan kuralların ve gerçeklerin sistem içerisinde ifade edilebilmesi için RuleML kural işaretleme dili kullanılmıştır. Bu dilin kullanılmasıyla yukarıda belirtilen köprü ile alt sistemler arasındaki XML tabanlı bilgi alışverişinin gerçekleştirilebilmesi mümkün olmuştur. RuleML ikinci bölüm içerisinde anlatıldığı gibi XML tabanlı bir kural işaretleme dilidir. Geliştirilen sistem içerisinde XML kullanılmasının nedeni, XML’in faydaları sıralanarak anlatılabilir;

- XML metin tabanlı bir dildir ve veri alışverişinde kullanılan bir standarttır.
- XML hem makine hem de insan tarafından okunabilen bir biçime sahiptir.
- XML belgeleri içerisinde Türkçe karakterler kullanılabilir.
- XML belgeleri kullanılarak ağaç yapıları, listeler ve kayıtlar ifade edilebilir.
- XML belgeleri çevrim içi ve çevrim dışı veri depoları olarak kullanılabilir.

Geliştirilen sisteme bilgiler, XML tabanlı RuleML belgeleri şeklinde verilmektedir. Bu bilgiler içerisinde hastaya ait test sonuçları, muayene bulguları, yaş ve cinsiyet

bilgileri bulunmaktadır. Geliştirilen sistemin test edilmesi sırasında kullanılan örnek bir hasta bilgisi aşağıda verilmiştir;

- Hastanın TSH değeri 0,6.
- Hastanın T3 değeri 1,5.
- Hastanın TT4 değeri 120.
- Hastanın T4U değeri 0,82.
- Hastanın FTI değeri 146.
- Hastanın cinsiyeti kadındır.

Yukarıda örnek olarak verilen hasta bilgilerinden TSH değeri ve hastanın cinsiyeti RuleML kural işaretleme dili ile aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

- Hastanın TSH değeri 0,6 ifadesi için RuleML ile gösterim;

```
<?xml version="1.0"?>
<RuleML xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns="http://www.ruleml.org/0.9/xsd"
xsi:schemaLocation="http://www.ruleml.org/0.9/xsd
http://www.ruleml.org/0.9/xsd/datalog.xsd">
  <Assert>
    <formula>
      <Atom>
        <op>
          <Rel>tsh_value is</Rel>
        </op>
        <Ind>0,6</Ind>
      </Atom>
    </formula>
  </Assert>
</RuleML>
```

- Hastanın cinsiyeti kadındır ifadesi için RuleML ile gösterim;

```
<?xml version="1.0"?>
<RuleML xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns="http://www.ruleml.org/0.9/xsd"
xsi:schemaLocation="http://www.ruleml.org/0.9/xsd
http://www.ruleml.org/0.9/xsd/datalog.xsd">
  <Assert>
    <formula>
```

```
<Atom>
  <op>
    <Rel>sex is female</Rel>
  </op>
</Atom>
</formula>
</Assert>
</RuleML>
```

Hastanın cinsiyetine ve TSH değerine ilişkin bu iki RuleML belgesinde de ortak alanlar göze çarpmaktadır. İlk olarak dikkati çeken bölüm “RuleML” etiketinin bulunduğu bölümdür;

```
<RuleML xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns="http://www.ruleml.org/0.9/xsd"
xsi:schemaLocation="http://www.ruleml.org/0.9/xsd
http://www.ruleml.org/0.9/xsd/datalog.xsd">
```

Bu tanım ile RuleML standardı belirlenmiştir. Tez çalışmasının yapıldığı sürede en güncel RuleML standardı **0,9** olarak numaralandırılmıştır. Çalışma içerisinde kullanılan gerçekler, kurallar ve sonuçlar bu standarda uyan geçerli birer RuleML belgesi olarak hazırlanmıştır.

Hastaya ait RuleML belgelerinde göze çarpan diğer ortak noktalar ise etiketlerdir. Bu etiketler RuleML standardı içerisinde belirlenmiş özel etiketlerdir. Kural tanımlama, gerçek tanımlama ve sorgu cümlecği tanımlama için ortak noktaları bulunan etiketler bu standart içerisinde belirtilmiştir. RuleML etiketlerinin tamamının özellikleri ve kullanım şekilleri bu çalışmanın konusu dışındadır fakat temel etiketler hakkında bilgi verilecek olursa;

- “Assert” etiketi ile bu etiket içerisinde tanımlı formül veya formüllerin içerisindeki bilgiler tanıtılmaktadır. Örnek olarak yukarıda hastanın cinsiyetine ilişkin verilen örnekte “Assert” etiketi RuleML’in ana etiketi olan “RuleML” içerisinde bulunmaktadır.
- “formula” etiketi içerisinde birden fazla tanım bulunabilen kısaca formül barındıran etiketlerin içerisinde bulunur. Örnek olarak “Assert” etiketi

içerisinde birden fazla formül bulunabilir. Formüllerin herbirini ayrı ayrı paketleyip içinde bulunduğu etikete sağlar. Tez çalışması içerisinde temel etiketlerin sadece bir formülü olduğu kabul edilmiştir.

- “Atom” etiketi atomik bir birimi ifade eder. Bu etiket içerisinde bir gerçek ek bilgileri ile birlikte verilebilir. Atomik birimler içerisinde değişkenler olabilir. Bu değişkenli atomik birimler kurallar içerisinde kullanılır.
- “op” etiketi atomik birimlerin içerisindeki operator etiketidir. İçerisinde “Rel” etiketini barındırır. “Rel” etiketi ile ilişki veya işlem tanımı yapılabilir.
- Kurallarda kullanılmak üzere “And” ve “Or” etiketi bulunmaktadır. Bu etiketler kullanılarak kurallar içerisindeki ve/veya ilişkileri RuleML ile ifade edilebilmektedir.

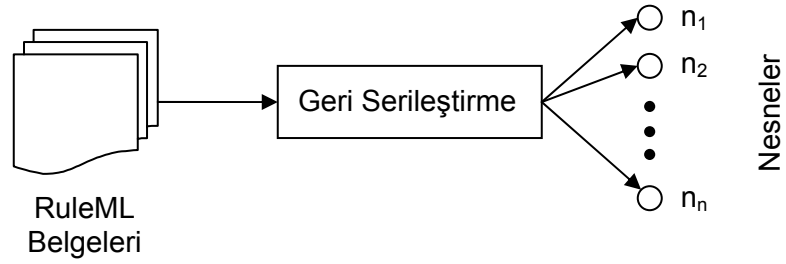
RuleML içerisinde yukarıda anlatılan etiketlere ek olarak çok sayıda etiket bulunmaktadır. Bu etiketler hakkındaki bilgi RuleML[ç.6] internet sayfasından elde edilebilir.

Tez çalışmasında incelenen probleme çözüm olarak önerilen sistemdeki ara katman tez çalışması kapsamı dışında olduğu için hasta bilgilerinin gerçekleştirilen sisteme aktarılmasını sağlayacak bir yazılım gerçekleştirilmiştir. Bu yazılımın amacı önerilen çözümde, bu tez çalışmasının dışında kalan kısımlarda gerçekleştirildiği durumdaki başlangıç bilgi aktarım bölümünün modellenmesidir. Modellenen bu ara katmanın görevi kullanıcıdan alınan sorunun tüm alt çıkarsama yöntemlerinin işleyebileceği sorgular haline dönüştürmektir.

Şekil 22 Endocrine isimli çevirici katman gerçekleştirim programı

Yukarıdaki resimde gerçekleştirilen “Endocrine” isimli program bulunmaktadır. Bu program aracılığı ile önerilen çözüm içerisindeki ara katmandan gelecek bilgiler üretilmektedir. Tez çalışmasında incelenecek problem olarak seçilmiş tiroit hastalıklarının teşhisinde etkili testlere ve kişisel verilere cevap verilen bu program ile hastaya ait gerçekler üretilmektedir. Program çıktısı olarak cevap verilen sorular doğrultusunda geçerli RuleML belgeleri ile olası tanı sonuçları üretilmektedir. Üretilen belgeler çıkarsama makinesinin tanıdığı dizin içerisine kopyalanmaktadır. Tez çalışmasında gerçekleştirilen sistemin test edilmesi sırasında her bir hastaya ait 15 adet RuleML belgesi oluşturulmuş ve sisteme verilmiştir. Bu program aracılığı ile gerçekleştirilen sistem tek başına çalışabilir bir karar destek sistemi olarak kullanılabilir bir hale gelmiştir.

Hasta bilgilerinin üretilmesi kısaca ara katmanın görevinin gerçekleştirilmesi, gelen hasta bilgilerinin sisteme tanıtılması adımına geçilmesini tetiklemiştir. Gerçekleştirilen sistem içerisindeki ikinci bölüm olan çıkarsama işleminin yapılmasından önce üretilen bu RuleML belgelerinin çıkarsama motorunda kullanılabilir program nesnelerine dönüştürülmesi gerekmektedir.



Şekil 23 Geri serileştirme

Yukarıdaki şekilde kısaca özetlenmiş olan bu dönüştürme işlemi geri serileştirme (Deserialization) olarak adlandırılır. Geri serileştirme, XML tabanlı belgelerde saklanan bilgilerin yazılım ortamında nesnelere dönüştürülmesidir. Geri serileştirme kullanılarak XML tabanlı belgeler geliştirilen yazılım içerisindeki öntanımlı nesne sınıflarından yeni nesneler üretilebilir. RuleML belgeleri XML tabanlı olduğu için gerçekleştirilen sistem içerisinde kullanılan gerçekler ve kurallar sistem içi nesnelere dönüştürülebilmektedir. Bu işlemin başarıyla gerçekleştirilmiş olması önerilen çözüm içerisindeki diğer karar destek sistemleri ile birlikte çalışabilme gereksiniminin ilk adımı gerçekleştirilmesine imkân vermiştir.

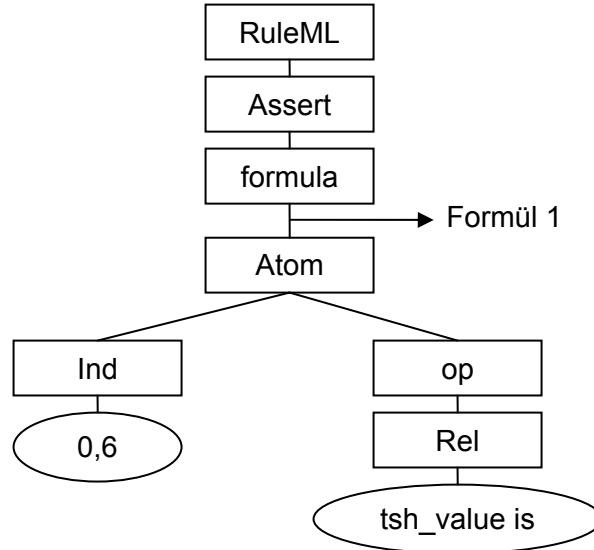
Geri serileştirme tekniğinin detayları incelenecek olursa;

- Geri serileştirme tekniği ile program içi nesne haline dönüştürülecek belgeleri karşılayacak sınıflar program içerisinde hazırlanmalıdır.
- Geri serileştirme tekniği kullanılarak nesne haline getirilecek belgeleri karşılayacak sınıflar serileştirmeye uygun bir biçimde hazırlanmalıdır.
- Geri serileştirme yapılarak program içi tanımlı sınıflarda XML belgesi içerisindeki tanımlı etiketler eşlenerek değerleri atanabilir ve nesneler oluşturulabilir.
- Geri serileştirme tekniği kullanılarak XML tabanlı belgeler platform ve program bağımsız olarak farklı ortamlarda program içi nesnelere dönüştürülerek kullanılabilir.

Tez çalışmasında geri serileştirme işlemi yapılan RuleML belgeleri için nesne yönelimli programlama teknikleri uygulanıp, RuleML standartları içerisinde tanımlanmış yapıya sadık kalarak çalışma için yeterli 25 ayrı etiketi kapsayan bir nesne kütüphanesi

oluşturulmuştur. Bu kütüphane içerisindeki ilişkiler RuleML belgeleri için tanımlanmış etiket ilişkilerine göre hazırlanmıştır. Kütüphanenin bir diğer özelliği ise RuleML belgelerini geri serileştirme ile alarak gerekli nesneleri oluşturmaktır. Tez çalışması doğrultusunda oluşturulan sisteme gönderilen RuleML belgeleri bu kütüphane aracılığı ile sistem içi kullanılabilir nesneler haline gelmektedir.

Örnek olarak “Hastanın TSH değeri 0,6.” bilgisinin geri serileştirme işlemine girdikten sonra elde edilen nesne incelenecek olursa;



Şekil 24 Program içi örnek RuleML nesnesi

Yukarıdaki şekilde geri serileştirme işlemi sonucunda program içinde kullanılacak şekilde oluşturulmuş nesne gösterilmiştir. Hazırlanan sistem bu ve buna benzer nesneleri işleyebilecek şekilde hazırlanmıştır. Sisteme kullanıcı veya ara katman tarafından gönderilen tüm RuleML belgeleri geri serileştirme işlemine sokulur ve belgenin geçerli olması durumunda bir gerçek olarak sisteme eklenir. Geçerli olmayan, etiketlerde yazım hatası olan veya sistem tanımlı olan yapının dışında bir yapıya sahip olan belgeler sisteme eklenmez.

Sisteme gerçeklerin eklenmesi ile birlikte sisteme yapılacak sorgusunda eklenmesi gerekmektedir. Yapılacak sorgu da bir RuleML belgesi olarak sisteme

verilebilir. Gelen sorgunun işlenebilmesi için geçerli bir RuleML yapısına sahip olması gerekmektedir. RuleML, gerçekleri ve kuralları ifade edebildiği gibi sorguları da ifade edebilir. Oluşturulan sistem birden fazla sorguya cevap üretebilecek şekilde hazırlanmıştır fakat testler tek sorgu üzerinden gerçekleştirilmiştir. Sorgu işleme ve sorgulama hakkında detaylı bilgi bu başlıktaki son bölüm olan sonuçların üretilmesi başlıklı bölümde işlenecektir.

4.1.2 Çıkarsama işleminin yapılması

Tez çalışmasında oluşturulan sistem için gerçekleştirilen ikinci bölümü çıkarsama işlemini gerçekleştiren çıkarsama motorunun oluşturulması olmuştur. Gerçekleştirilen bu bölüm, ara katmandan gelecek gerçekleri işleyebileceği gibi bir önceki bölümde anlatılan ara katmanın görevini üstlenecek bir uygulamadan gelecek gerçekleride işleyebilmektedir.

Çıkarsama makinesinin görevi, makineye gönderilen gerçekleri ve kuralları kullanarak yapılan sorgu doğrultusunda sonuç üretmektir. Gerçekleştirilen çıkarsama makinesi kendisine gönderilen gerçekler ve kullanılmak üzere seçilen kurallar üzerinden çıkarsama yapmaktadır. Çıkarsama makinesi, bir önceki bölümde anlatılan gerçeklerin sisteme eklenmesi adımındaki işleme benzer bir yöntemle kuralları tanımaktadır. Burada da bir önceki adımda olduğu gibi RuleML belgeleri kullanılmaktadır. Çıkarsama makinesinin kullandığı kurallar, makinenin işleme aldığı gerçekler gibi RuleML standartlarında hazırlanmış kurallardır. Çıkarsama işleminin yapılabilmesi için sisteme gerçeklerin sağlanması gerektiği gibi kural tabanının sağlanması gerekir. Kuralların bulunduğu alan sisteme belirtildikten sonra çıkarsama makinesi gerçekleri ve kuralları kullanarak çıkarsama yapar.

Oluşturulan sistemde kullanılan kurallar, kural tabanlı karar destek sistemlerinde kullanılan ve/veya – ise yapısındadır. Örnek olarak “Hastanın TSH değeri 0,6.” bilgisinin kullanılabileceği bir kural incelenecek olursa;

- Eğer kişinin TSH değeri,
 - 0,2 'den büyük veya 0,2 'ye eşit ve
 - 6 'dan küçük ise,
- TSH değeri normaldir.

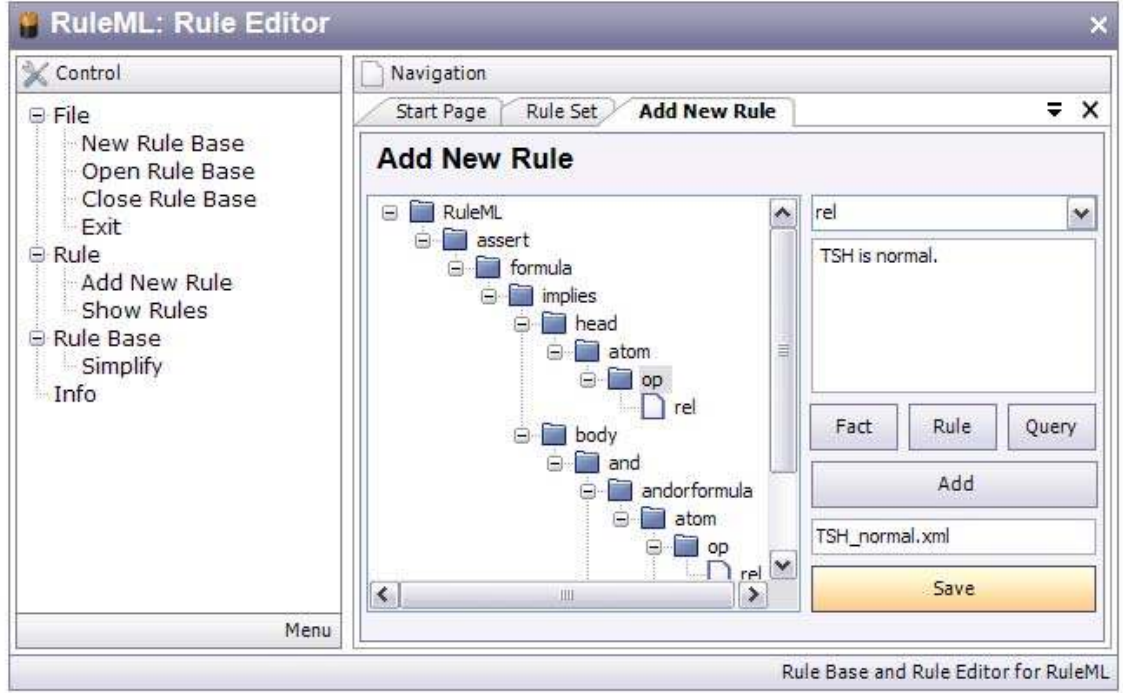
Bu kural bir RuleML belgesi olarak ifade edilecek olursa;

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RuleML xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns="http://www.ruleml.org/0.9/xsd"
xsi:schemaLocation="http://www.ruleml.org/0.9/xsd http://www.ruleml.org/0.9/xsd/datalog.xsd">
  <Assert>
    <formula>
      <Implies>
        <head>
          <Atom>
            <op>
              <Rel>TSH is normal</Rel>
            </op>
          </Atom>
        </head>
        <body>
          <And>
            <formula>
              <Atom>
                <op>
                  <Rel>tsh_value is</Rel>
                </op>
                <Var>tsh_value</Var>
              </Atom>
            </formula>
            <formula>
              <Atom>
                <op>
                  <Rel>tsh_value GREATER-THEN-OR-EQUAL</Rel>
                </op>
                <Var>tsh_value</Var>
                <Ind>0,2</Ind>
              </Atom>
            </formula>
            <formula>
              <Atom>
                <op>
                  <Rel>tsh_value LOWER-THEN-OR-EQUAL</Rel>
                </op>
                <Var>tsh_value</Var>
                <Ind>6</Ind>
              </Atom>
            </formula>
          </And>
        </body>
      </Implies>
    </formula>
  </Assert>
```

</RuleML>

Yukarıdaki RuleML belgesinde TSH değerin normal olduğu durumun bulunmasına ilişkin bir kural bulunmaktadır. Kural incelendiğinde RuleML belgelerinin kurallara ilişkin genel yapısı anlaşılacaktır. Kurallar iki ana bölümden oluşur. İlk bölüm “head” olarak adlandırılmıştır. Bu bölüm içerisinde kuralın doğrulanması durumunda sisteme eklenecek birim gerçek bulunmaktadır. Buradaki örnekte kural doğrulandığı takdirde sistem “TSH değeri normaldir.” gerçeğini sisteme ekleyecektir. İkinci bölüm “body” bölümüdür. Bu bölüm içerisinde kuralın sonuç üretebilmesi için doğrulanması gereken kısım bulunmaktadır. Kurallar “ve” veya “veya” ile bağlanmış birim ifadeler içerebileceği gibi sadece tek bir birim ifade de içerebilir.

Yukarıdaki örnekte “ve” ile bağlanmış birim ifadeler bulunmaktadır. Bu ifadelerin hepsi doğrulandığı takdirde “head” bölümü içerisinde tanımlanmış birim ifade sisteme eklenir. Elimizde bulunan gerçek hastanın TSH değerinin 0,6 olduğu şeklindedir. Dolayısı ile kural doğrulanacak ve “TSH değeri normaldir” gerçeği sisteme eklenecektir. Çıkarsama makinesinde elde edilen bu tip ara gerçekler o anki hastaya ait ara gerçeklerdir. Oluşturulan sistem her çıkarsama işleminde tek bir probleme ilişkin sonuç üretmek üzere hazırlanmıştır.



Şekil 25 Kural ve gerçek üretmek üzere hazırlanan RuleML kural editörü

Verilen gerçek ve kural örneğinde görülebileceği üzere bir metin editörü kullanarak RuleML belgeleri hazırlamak zaman alacağından yukarıdaki şekilde görülen kural editörü hazırlanmıştır. Bu editör kullanılarak çıkarsama makinesinin kullanacağı kural havuzlarını hazırlamak, kural havuzlarına kural, gerçek ve sorgu eklemek kolaylaştırılmıştır. Hazırlanan editör aracılığı ile RuleML standartlarına uygun belgeler üretmek mümkündür. Çıkarsama makinesi, bu yazılım ile üretilen sorgu, gerçek ve kural belgeleri kullanarak sonuç üretebilmektedir.

Geliştirilen kural editörünün, yapılan çalışmaya bir diğer katkısı ise kural sadeleştirme ile olmuştur. Kural sadeleştirme işlemi karmaşık kuralları sadeleştirme amacıyla kullanılmaktadır. Karmaşık kurallara örnek vermek gerekirse;

- Eğer
 - FT4 değeri belli değil ise ve
 - T4U değeri yüksek ise veya
 - FTI normal ise
 - ve TT4 değeri yüksek

- ise discthy doğrudur.

Bu örnekte, geliştirilen sistemin test edilmesinde kullanılan kurallardan bir tanesi verilmiştir. Verilen kuralın ana koşul yapısı “ve” ile kurulmuştur. Bu yapının içinde bulunan birimlerden bir tanesi ise “veya” ile kurulmuş bir alt yapı içermektedir. Kural sadeleştirme işlemi bu kurala uygulandığı takdirde aşağıdaki iki kural elde edilecektir;

- Eğer
 - T4U değeri yüksek ise veya
 - FTI normal ise
- ise alt-kural-1 doğrudur.
- Eğer
 - FT4 değeri belli değil ise ve
 - alt-kural-1 doğru ise ve
 - TT4 değeri yüksek
- ise discthy doğrudur.

Üretilen kurallardan görülebileceği gibi, sadeleştirme işlemi sonucu tek seviyeli kurallar, bir başka deyişle içerisinde sadece birim kontrol yapıları içeren kurallar elde edilmiştir. Birim kontrol yapıları ile ifade edilmek istenen kural yapılarının tek koşullu olması veya birden fazla koşulu olan kuralların sadece tek seviyeli olmasıdır. Tek seviyeli kurallar “ve” veya “veya” ile kurulmuş kurallar olup her bir koşulu atomik ifadelerdir. Kural sadeleştirme işlemi sonucu oluşturulan kurallar ile çıkarsama işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Kurallar ve gerçekler hakkında gerekli ön bilgiler verildikten sonra çıkarsama sistemi hakkında bilgi verilebilir. Çıkarsama makinesi içerisinde bölüm 2.7 içerisinde detayları ile anlatılan ileri zincirleme ve geri zincirleme yöntemleri kullanılmıştır. Oluşturulan çıkarsama makinesinde temel yöntemlerin uygulanmasıyla birlikte problem

tanımı ve kural havuzundaki kurallar gereği bu yöntemlere çeşitli eklentiler yapılmıştır. Bu eklentiler “veya” ‘nın işlenmesi ve kurallara güvenilirlik derecelerinin eklenmesidir.

Bölüm 2.7 içerisinde anlatılan ileri ve geri zincirleme yöntemlerinde “veya” ile bağlanmış kuralları çözmeye yönelik bir yaklaşım bulunmamaktadır. “veya” ile bağlanmış bir kural birimlerine ayrıldığı takdirde tek koşulu olan bir kural gibi işlenebilir fakat incelenen problem ile ilgili kurallarda parçalanamayacak “veya” ile oluşturulmuş kurallar bulunduğundan bu yöntem kullanılmamıştır. Bu konuda uygulanan çözüm incelenecek olursa;

- Eğer kural veya ile oluşturulmuşsa,
 1. Sonuç cümleciğinde değişken sayısı 0 değilse,
 2. O anki koşul doğrulanabiliyor mu?
 - Eğer doğrulanabiliyorsa, koşul içerisinde bulunmuş değişken değerlerini tüm kural içerisindeki aynı isimli değişkenlere ata,
 3. Eğer işlenmemiş koşul var ise bir sonraki koşulu seç ve 1. adıma dön.
 4. Eğer tüm koşullar doğrulanmışsa ve sonuç cümleciğinde değişken kalmamışsa elde edilen sonucu hafızaya ekle.

Uygulanan bu çözüm sayesinde “ve” ile oluşturulmuş kurallar ile “veya” ile oluşturulmuş kurallar arasındaki çözümleme ayrımı yapılmıştır. Bu çözüm ileri zincirleme ve geri zincirleme yönteminde, yöntem işleyiş yapısına uyacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Çıkarsama makinesinde yapılan bir diğer değişiklik ise incelenen probleme çözüm olarak sunulan yapıda bulunan güvenilirlik derecesi ile sonuç üretmedir. Güvenilirlik derecesi üretilen bir sonucun doğru olma olasılığını göstermektedir. Buna göre, çıkarsama makinesinde yapılan çıkarsama işlemi sonucunda elde edilen sonuçlarda, eğer kurallar ve/veya gerçekler içerisinde tanımlı ise, güvenilirlik dereceleri bulunacaktır. Bunun sayesinde sistemde kullanılan gerçekler ve kurallar doğrultusunda elde edilen sonuçların geçerli bir doğru olması üzerine yorum yapılabilecektir. Güvenilirlik dereceleri 0 ile 1 arasında değişen değerlerdir. Çıkarsama işlemleri

sırasında yapılan bu güvenilirlik derecesi hesaplarına ilişkin yöntem şu şekilde açıklanabilir;

- Kuraldan sonuca giderken,
 - Eğer kural “ve” ile kurulmuşsa, her bir doğrulanan koşul için, kural güvenilirliği $\min(\text{kural güvenilirliği}, \text{o anki koşul güvenilirliği})$ formülü ile hesaplanır.
 - Eğer kural “veya” ile kurulmuşsa, her bir doğrulanan koşul için, kural güvenilirliği $\max(\text{kural güvenilirliği}, \text{o anki koşul güvenilirliği})$ formülü ile hesaplanır.
 - Eğer kuralın tüm koşulları sağlanmışsa ve bu koşulların doğrulanması sonucunda bir güvenilirlik değeri elde edilmişse;
 - Eğer kuralın sonuç bölümünde bir güvenilirlik değeri yok ise, sonuç koşullardan elde edilen güvenilirlik ile hafızaya eklenir.
 - Eğer kuralın sonuç bölümünde bir güvenilirlik değeri var ise, sonuç hafızaya
 $\text{güvenilirlik} = (\text{koşulların güvenilirliği} * \text{sonuç güvenilirliği})$
formülü sonucu elde edilen güvenilirlik ile hafızaya eklenir.

Buradaki yaklaşımda bir kuralın güvenilirliğinin koşullarının güvenilirliğine bağlı olduğu ifade edilmektedir. Kuralın koşullarında güvenilirlik olmadığı durumda, eğer var ise, sonuç kuralın güvenilirlik değeri ile hafızaya eklenir. Oluşturulan sistem içerisinde güvenilirlik işlemleri güvenilirlik değerinin bulunduğu durumda işleme alınmak üzere yapılmıştır.

Güvenilirlik işlemlerinde bazı özel durumlar bulunmaktadır. Bu durumlardan bahsetmek gerekirse;

- Eğer bir koşul mevcut gerçeklerden biri ile doğrulanıyorsa,
 - Eğer koşul içerisinde bir güvenilirlik derecesi belirlenmemiş ve gerçeğin bir güvenilirlik derecesi var ise; koşulun güvenilirlik derecesi

gerçeğin güvenilirlik derecesine eşitlenir ve kural güvenilirlik derecesi hesabı bu değer üzerinden yapılır.

→ Eğer gerçek içerisinde bir güvenilirlik derecesi belirlenmemiş ve koşulun bir güvenilirlik derecesi var ise; bilinen kural güvenilirlik derecesi hesabı yapılır.

→ Eğer koşul içerisinde bir güvenilirlik derecesi ve gerçeğin bir güvenilirlik derecesi var ise; koşulun güvenilirlik derecesi
$$\text{güvenilirlik} = (\text{koşulun güvenilirliği} * \text{gerçeğin güvenilirliği})$$
ile hesaplanır ve kural güvenilirlik derecesi hesabı bu değer üzerinden yapılır.

▪ Eğer bir kuralın ürettiği sonuç hafıza bulunuyorsa,

→ Eğer üretilen sonuç güvenilirlik derecesi bulunmuyorsa ve hafızadaki gerçekte güvenilirlik derecesi bulunuyorsa herhangi bir işlem yapılmaz.

→ Eğer üretilen sonuçta güvenilirlik derecesi bulunuyorsa ve hafızadaki gerçekte güvenilirlik derecesi bulunmuyorsa, hafızadaki gerçeğin güvenilirlik derecesi üretilen sonucun güvenilirlik derecesine eşitlenir.

→ Eğer üretilen sonuçta güvenilirlik derecesi bulunuyorsa ve hafızadaki gerçekte güvenilirlik derecesi bulunuyorsa, hafızadaki gerçeğin güvenilirlik derecesi (koşulun güvenilirlik derecesi kgd ve hafızadaki güvenilirlik derecesi hgd olarak adlandırılсын);

- Eğer $hgd \geq 0$ ve $kgd \geq 0$ ise;

$$\text{güvenilirlik} = kgd + hgd - (kgd * hgd)$$

- Eğer $hgd < 0$ ve $kgd < 0$ ise;

$$\text{güvenilirlik} = kgd + hgd + (kgd * hgd)$$

- Eğer $hgd * kgd < 0$ ise;

$$\text{güvenilirlik} = (kgd + hgd) / (1 - \min(kgd, hgd))$$

ile hesaplanır ve güncellenir.

Gerçekleştirilen çıkarsama makinesi içerisindeki kural işleme sisteminde basit matematiksel ifadelerde işlenebilmektedir. Oluşturulan bu yapı içerisinde küçüktür (<), küçük eşittir (<=), büyüktür (>), büyük eşittir (>=), eşittir (==) ve eşit değildir (!=) kontrolleri yapılabilmektedir.

Gerçekleştirilen çıkarsama makinesi içerisindeki ileri ve geri zincirleme teknikleri bilinen genel hatlar üzerinde belirtilen düzenlemeler doğrultusunda çalışmaktadır. İleri zincirleme yöntemi sorgulama işleminden hareket etmediğinden sonuç elde etme yöntemleri bir sonraki bölüme bırakılabilir fakat geri zincirleme yöntemi sorgudan yola çıktığı için “Sonuçların üretilmesi” bölümünden önce bir ön bilgi verilmesi gerekebilir. Çıkarsama işleminde ileri zincirleme yöntemi mevcut kurallardan ve gerçeklerden yola çıkarak yenileri üretirken, geri zincirleme yöntemi sorgu doğrultusunda hareket eder.

Gerçekleştirilen çıkarsama makinesi içerisinde ileri ve geri zincirleme olduğu gibi basitleştirilmiş bir zincirlemeler birlikteliğinde bulunmaktadır. Bu yöntemde örnek olarak ileri zincirleme ile bir sonuca ulaşılamazsa ileri zincirlemenin kaldığı yerden geri zincirleme sistemi ele alınarak çıkarsamaya devam edebilir. Bu yöntemde iki yönlü çalışabilmektedir. İleri zincirleme ile başlayıp geri zincirleme ile bitirmek veya tam tersi mümkündür. Bu çıkarsama yöntemi kullanıldığında, ilk zincirlemeden herhangi bir sonuç elde edilemediğinde ikinci zincirleme devreye girer.

4.1.3 Sonuçların üretilmesi

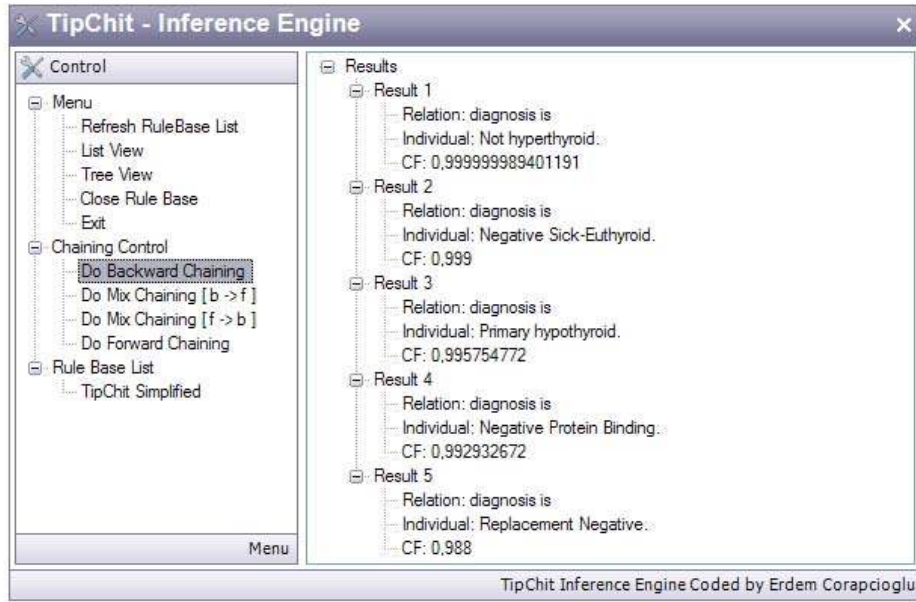
Gerçekleştirilen sistemde ileri zincirleme yöntemi için çıkarsama işlemi tamamlandıktan sonra kullanıcının belirlediği veya kural havuzunda tanımlı olan sorgu elde edilen gerçekler üzerinde yapılır. Sonuçta sorguya uygun sonuçlar sonuç kümesine aktarılır. Sisteme eklenen gerçekler ve kurallarda olduğu gibi sorgulama işlemide geçerli RuleML belgeleri üzerinden yapılır. Örnek olarak “Hastalık nedir?” şeklinde bir sorgu RuleML belgesi olarak aşağıdaki gibi ifade edilir;

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RuleML xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns="http://www.ruleml.org/0.9/xsd"
```

```
xsi:schemaLocation="http://www.ruleml.org/0.9/xsd
http://www.ruleml.org/0.9/xsd/datalog.xsd">
  <Query>
    <formula>
      <Atom>
        <op>
          <Rel>diagnosis is</Rel>
        </op>
        <Var>diagnosis</Var>
      </Atom>
    </formula>
  </Query>
</RuleML>
```

Sorguya ilişkin oluşturulan RuleML belgesi incelendiğinde aranan ilişkinin hastalık olduğu görülecektir. Bu ileri zincirleme sorgusunda, zincirleme sonucu elde edilen gerçeklerde “hastalık” ilişkisi barındıran gerçekler seçilecek ve sorguda bulunan değişken alanı, birim yapıları uyumlu ise, doldurularak sonuç kümesine eklenecektir. Burada gösterilen sorgu belgesinde sistem içi tanımlı bir nesne şeklinde değerlendirilmektedir.

Geri zincirleme yöntemi ileri zincirlemeye göre farklı bir şekilde çalışmaktadır. Geri zincirleme yönteminde sorgudan yola çıkılarak zincirleme işlemi yapılır. Genellikle geri zincirleme yöntemi bir gerçeğin doğrulanabilirliğini kontrol etme amacıyla kullanılır. Örnek vermek gerekirse “Kişi hipotiroit hastası mı?” şeklinde bir sorguya geri zincirleme ile cevap aranabilir. Geri zincirleme yönteminde sorgudan yola çıkılarak zincirleme yapılır ve sorgu sağlanmaya çalışılır. Gerçekleştirilen geri zincirleme yönteminde değişkensiz sorgular yapılabileceği gibi içerisinde değişken bulunan sorgular da yapılabilir. Bu yöntemle bir sorgunun doğru ya da yanlış olduğu sorgulanabileceği gibi bir ilişkiye ait tüm olasılıklar da sorgulanabilir.



Şekil 26 Çıkarsama motorundan üretilen örnek sonuçlar

Zincirleme işleminin tamamlanması ve sonuçların elde edilmesinin ardından sonuçlar, eğer var ise, güvenilirlik derecelerine göre büyükten küçüğe sıralanır. Elde edilen tüm sonuç kümesi geçerli birer RuleML belgesi olarak kayıt edilir. Bu adımında gerçekleştirilmesi ile birinci bölüm içerisinde tanımlanmış probleme üretilen çözüm gerçekleştirilmiş olmaktadır. Standart RuleML belgesi şeklinde alınan gerçekler ve kurallara yine standart RuleML belgeleri ile sonuç üretilmektedir. Örnek olarak yukarıdaki şekilde bir hastaya ait bilgiler üzerinden geri zincirleme ile çıkarsama yapılmış ve sonuçlar RuleML belgelerinden okunarak gösterilmiştir. Tez çalışmasında incelenen probleme çözüm olarak sunulan yapıda bu sonuç belgeler birleştirici katmana gönderilecek ve sonuçlar bu katman içerisinde diğer sistemlerden gelen sonuçlar ile birleştirilecektir.

4.2 Kullanılan Kurallar

Geliştirilen sistem içerisinde kullanılan kural havuzu ile ileri zincirleme ve geri zincirleme yapılarak sonuca gitmek mümkündür. Kullanılan kurallar iki ayrı grup içerisinde incelenebilir.

4.2.1 Arasonu ve ek teşhis üreten kurallar

Bu kategorideki kurallar hedef sonuçlara ulaşılması amacıyla kullanılan yardımcı kurallardır. Bu yardımcı kurallar kullanılarak ek teşhisler de üretilebilir. Ek teşhis, uygulanan tedaviler sırasında ortaya çıkan sonuçlar olarak ifade edilebilir. Bunlar, uygulanan tedaviler dolayısı ile hormonlardaki değişimlere ilişkin yorumlar olabilir.

Kullanılan kural havuzu içerisindeki hedef sonuçlara ulaşılabilmesi için kuralların koşullarının doğrulanması gerekir. Koşulların doğrulanmasında kullanıcının sağladığı veriler yetersiz olduğu durumlarda, koşulları doğrulayabilecek kurallar incelenir. Bu kurallar arasonu üretmekle görevli kurallar olarak ifade edilebilir.

Gerçekleştirilen sistemde incelenen tiroit hastalıklarına ilişkin kural havuzunun oluşturulması sırasında uzman bilgisine başvurulmuş ve bu konudaki çalışmalar incelenmiştir. Sonuçta ara sonuç ve ek teşhis üretme yeteneğine sahip, makine öğrenme teknikleri ile incelenmeye uygun, Garvan Tıbbi Araştırma Enstitüsü[.8] tarafından hazırlanmış 162 adet kural kural havuzuna eklenmiştir. Bu kurallardan 63 adedi ek teşhis üretmek üzere hazırlanmıştır. Geriye kalan 99 adet kural ise yardımcı kural olarak kullanılmıştır. Hazırlanan kurallar, tek bir metin tabanlı eğer-ise yapısından alındıktan sonra her biri birer geçerli RuleML belgesi olacak şekilde dönüştürülmüş ve kural havuzuna eklenmiştir.

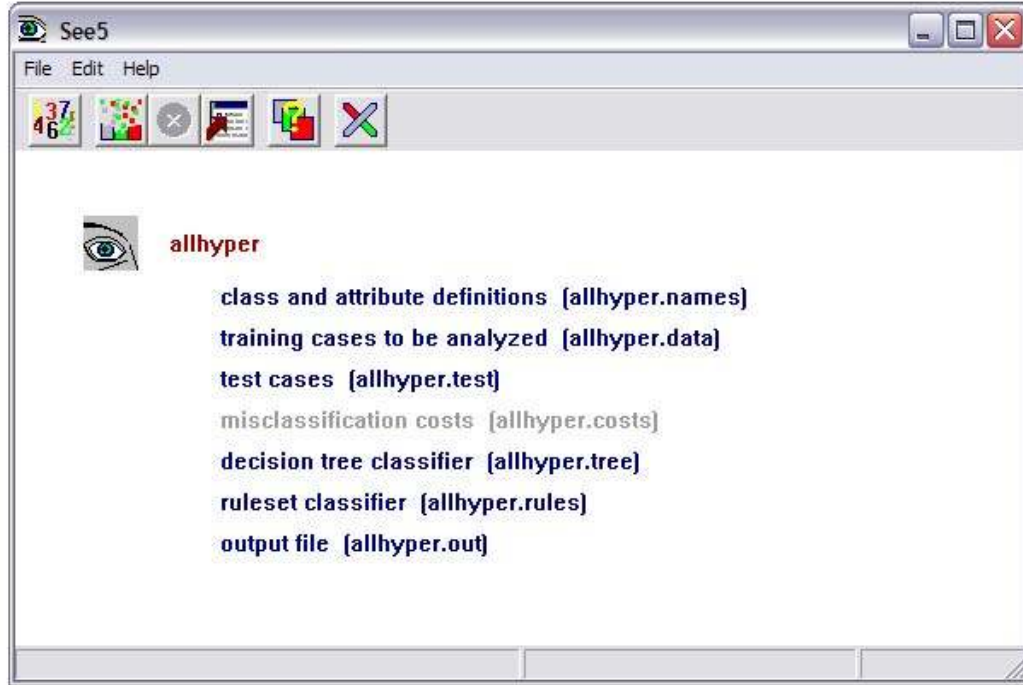
4.2.2 Hedef teşhisleri üreten kurallar

Bu kategorideki kurallar hedef sonuçlara ulaşılması amacıyla kullanılan kurallardır. Eğer gerekiyorsa, yardımcı kurallardan üretilen, arasonular ve/veya o anki gerçekler kullanılarak sonuçlara ulaşılmaya çalışılır. Hedef sonuçlar incelenen tiroit hastalıklarından hipotiroit, hipertiroit ve bunların çeşitleridir.

Hedef sonuçlara ulaşılabilmesi için seçilen çıkarsama algoritmasına göre çıkarsama işlemi adımları izlenir. Ulaşılmaya çalışılan sonuca göre arasonulara ihtiyaç duyulabilir veya arasonu üretmek ile görevli kurallarda olduğu gibi mevcut gerçekler ile

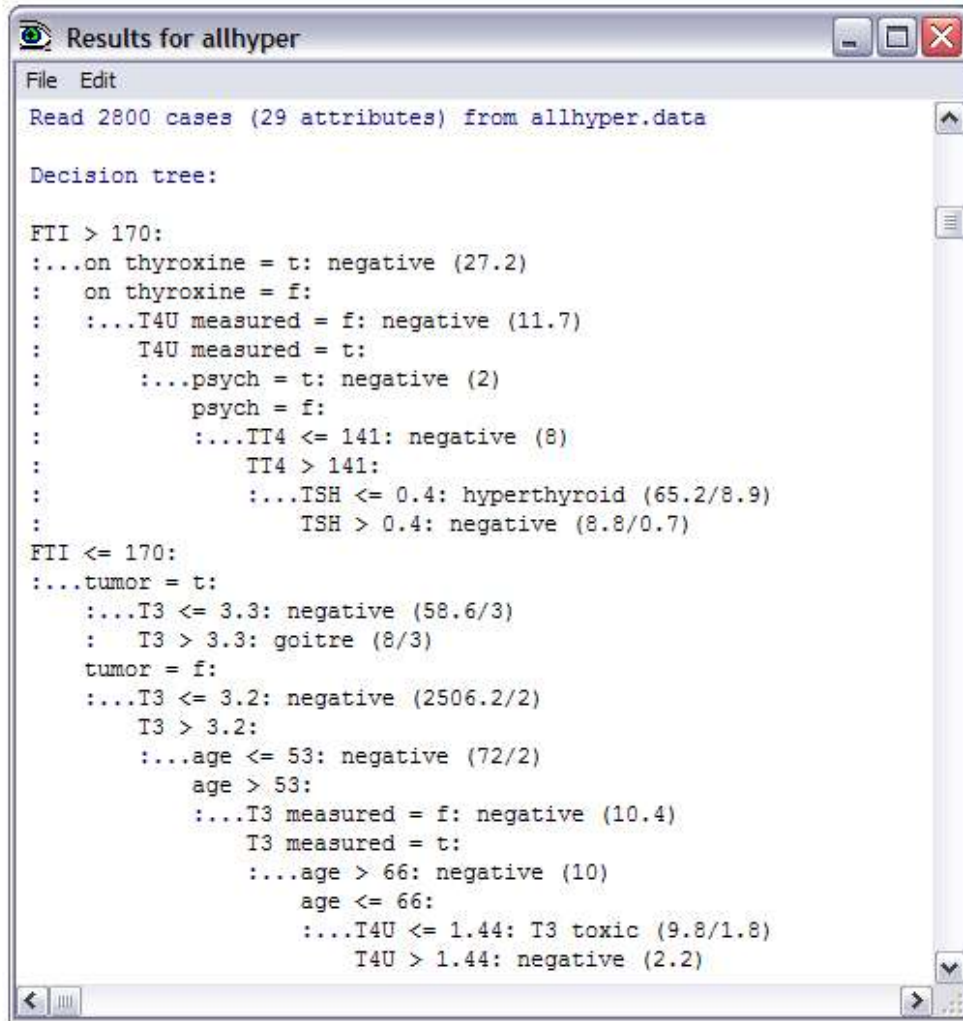
teşhise ulaşıyor olabilir. Oluşturulan sistem içerisinde, incelenen problemin ve üretilen çözümün doğası gereği, “hastalık” sorgulanmaktadır. Dolayısı ile hedef teşhis ve ara sonuç gibi ayrımlar yapılabilir. Çıkarsama makinelerinde genellikle hedef yapılan sorguya göre şekillenebilir.

Gerçekleştirilen sistemde incelenen tiroit hastalıklarına ilişkin kural havuzunun oluşturulması sırasında, arasonuç ve ek teşhis kurallarının üretilmesinde olduğu gibi, uzman bilgisine başvurulmuş ve bu konudaki çalışmalar incelenmiştir. Sonuçta hedef teşhislere ulaşma yeteneğine sahip, makine öğrenme teknikleri ile incelenmeye uygun, Garvan Tıbbi Araştırma Enstitüsü[ç.8] tarafından hazırlanmış veri kümeleri üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 27 See5 Uygulaması ana ekranı

Kullanılan kural havuzu içerisindeki hedef sonuçlara ulaşmayı sağlayan kurallar, Garvan Tıbbi Araştırma Enstitüsü tarafından hazırlanan vakaların üzerinde makine öğrenme teknikleri kullanılarak çıkarılmıştır. Yukarıdaki şekilde (şekil 27) vaka verileri değerlendirilerek işlem yapmaya imkân veren uygulama bulunmaktadır. See5[ç.9] isimli bu uygulama kullanılarak veri kümelerindeki ilişkiler ve örüntüler çıkarılabilmektedir.



Şekil 28 See5 Uygulaması örnek karar ağacı

Örnek olarak yukarıdaki şekilde (şekil 28), Garvan Tıbbi Araştırma Enstitüsü tarafından hazırlanan 2800 vakalık veri kümesinden hipertiroit hastalığına ilişkin karar ağacı elde edilmiştir. Kullanılan kural havuzu içerisindeki hedef teşhislere yönelik kurallar bu uygulama aracılığı ile oluşturulan karar ağaçlarından faydalanılarak oluşturulmuştur. Kural havuzunda toplam 54 adet hedef teşhislere yönelik kural bulunmaktadır.

Gerçekleştirilen sistem içerisindeki kural havuzu için toplam 216 kural hazırlanmıştır. Bu kurallar sadeleştirme işlemine sokulduktan sonra kural havuzundaki

kural sayısı toplam 299 olmuştur. Sistem çıkarsama işlemini mevcut gerçekler, kurallardan elde edilen ara sonuçlar ve toplamda bu 299 kuralı kullanarak yapmaktadır.

4.3 Örnek Sorgular

Geliştirilen sistem ve kullanılan kural havuzu ile yapılan çıkarsamalara örnek vermeden önce Garvan Tıbbi Araştırma Enstitüsü tarafından hazırlanan ve içerisinde 2800 adet kişiye ait vaka bilgisi bulunan veri kümesinden bahsedilmesi uygun olacaktır. Bu veri kümesi aşağıdaki yapıda hazırlanmıştır;

54,F,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,t,3.1,f,?,t,104,t,0.9,t,116,f,?,other,negative.|716
55,M,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,t,0.2,t,1.8,t,134,t,1.02,t,131,f,?,SVI,negative.|1933
63,F,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,t,0.03,t,5.5,t,199,t,1.05,t,190,f,?,other,hyperthyroid.|3445

Bu veri kümesinde her bir satır bir hastaya ait 31 ayrı değeri ifade etmektedir. Bu değerler sayı, karakter veya karakter kümesi olarak ifade edilmiştir. Değeri bilinmeyenler “?” ile işaretlenmiştir. Değerlerin sırasıyla ifade ettiği özellikler aşağıda verilmiştir;

Özellik	Veri Tipi
Yaş	Sayı
Cinsiyet	M veya F
Tiroksinde mi?	True veya False
Tiroksin sorgulandı mı?	True veya False
Antitiroit tedavisinde mi?	True veya False
Hasta mı?	True veya False
Hamile mi?	True veya False
Tiroit ameliyatı olmuş mu?	True veya False
I131 tedavisi var mı?	True veya False
Hipotiroit sorgulandı mı?	True veya False

Hipertiroit sorgulandı mı?	True veya False
Lityum var mı?	True veya False
Guatr mı?	True veya False
Tumor var mı?	True veya False
Hypopituitary	True veya False
Psikoloji tedavisi?	True veya False
TSH ölçüldü mü?	True veya False
TSH değeri	Sayı
T3 ölçüldü mü?	True veya False
T3 değeri	Sayı
TT4 ölçüldü mü?	True veya False
TT4 değeri	Sayı
T4U ölçüldü mü?	True veya False
T4U değeri	Sayı
FTI ölçüldü mü?	True veya False
FTI değeri	Sayı
TBG ölçüldü mü?	True veya False
TBG değeri	Sayı
Kaynak	Metin
Durum	Metin
Hasta'nın Numarası	Sayı

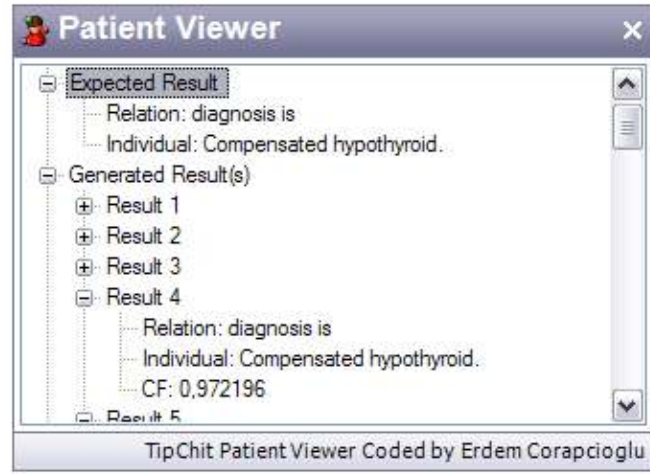
Tablo 9 Veri kümesinde bulunan özellikler ve bu özelliklerin veri tipleri

Bu veri kümesinde bulunan tüm hastalar için geçerli RuleML belgeleri oluşturulmuş ve sistemin test edilmesi için kullanılmıştır. Veri kümesi içerisinde “Durum” adında bir alan bulunmaktadır. Bu alan içerisinde hastanın sahip olduğu değerler ışığında durumu ifade edilmektedir. Örnek olarak yukarıda verilen 3 hastaya ait veri kümesinde 63 yaşında olan bayan hasta hipertiroit iken diğerleri hasta değildir.

Örnekler çıkarsama işlemi ile birleştirilerek incelenecek olursa;

65,F,f,f,f,f,f,f,t,f,f,f,f,f,t,12,f,?,t,99,t,1.14,t,87,f,?,other,compensated hypothyroid.|3169
 87,F,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,t,0.15,t,1.7,t,162,t,0.87,t,186,f,?,SVI,hyperthyroid.|1873
 53,M,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,f,t,t,2.3,t,2,t,63,t,0.95,t,66,f,?,SVHC,negative.|15

Örnek olarak 65 yaşındaki bayan hasta için yapılan çıkarsama işlemi sonucunda “compensated hypothyroid” sonucu 0,97 güvenilirlik derecesi ile elde edilecektir. Daha önce anlatıldığı gibi bu hedef sonuca ek olarak çıkarsama işlemi sonucu ek teşhislerde elde edilebilmektedir. 65 yaşındaki bayan hastaya ilişkin “hasta görüntüleme programı” çıktısı şekil 29’da bulunmaktadır. Bu örnekte sorgu “hastalık nedir” üzerine kurulmuştur.



Şekil 29 Hasta sonuçlarının görüntülenmesi amacıyla hazırlanmış program

Örnek olarak incelenen 3 hastaya ait tablo oluşturulacak olursa aşağıdaki tablo elde edilebilir (G.D. güvenilirlik derecesi).

Özellik	Değer	Değer	Değer
Yaş	65	87	53
Cinsiyet	F	F	M
Tiroksinde mi?	F	F	F
Tiroksin sorgulandı mı?	F	F	F
Antitiroit tedavisinde mi?	F	F	F
Hasta mı?	F	F	F
Hamile mi?	F	F	F

Tiroit ameliyatı olmuş mu?	F	F	F
I131 tedavisi var mı?	F	F	F
Hipotiroit sorgulandı mı?	T	F	F
Hipertiroit sorgulandı mı?	F	F	F
Lityum var mı?	F	F	F
Guatr mı?	F	F	F
Tumor var mı?	F	F	F
Hypopituitary	F	F	F
Psikoloji tedavisi?	F	F	T
TSH ölçüldü mü?	T	T	T
TSH değeri	12	0.15	2.3
T3 ölçüldü mü?	F	T	T
T3 değeri	?	1.7	2
TT4 ölçüldü mü?	T	T	T
TT4 değeri	99	162	63
T4U ölçüldü mü?	T	T	T
T4U değeri	1.14	0.87	0.95
FTI ölçüldü mü?	T	T	T
FTI değeri	87	186	66
TBG ölçüldü mü?	F	F	F
TBG değeri	?	?	?
Kaynak	Other	SVI	SVHC
Durum	compensated hypothyroid	hyperthyroid	negative
Hasta'nın Numarası	3169	1873	15
Elde edilen sonuç	Compensated hypothyroid G.D. = 0.97	Hyperthyroid G.D. = 0.59	Not hyperthyroid G.D. = 0.999
Ek Sonuçlar	Not hyperthyroid G.D. = 0.999	Not hypothyroid G.D. = 0.999	Not hypothyroid G.D. = 0.999
	Negative Protein Binding G.D. = 0.999	Negative Protein Binding G.D. = 0.999	Negative Protein Binding G.D. = 0.999
	Replacement Negative	Replacement Negative	Replacement Negative

	G.D. = 0.88	G.D. = 0.88	G.D. = 0.99
	Negative Sick-Euthyroid G.D. = 0.999	Negative Sick-Euthyroid G.D. = 0.999	Negative Sick-Euthyroid G.D. = 0.98

Tablo 10 Örnek vakalara ait veriler ve sonuçlar

Oluşturulan tabloda, 15 hasta numarasına sahip olan hastanın elde edilen sonucu birden fazladır. Bunun nedeni hastanın hipotiroit ve hipertiroit olmamasıdır. Dolayısı ile hipotiroit ve hipertiroit olmadığı sonucu elde edilen sonuç olarak gösterilmiştir.

Yapılan çalışmanın örnekleriyle anlatıldığı bu bölümün devamında sonuç bölümü bulunmaktadır. Sonuç bölümünde elde edilen sonuçlara ilişkin yorumlar ve gelecek çalışmalara ilişkin öneriler bulunmaktadır.

BÖLÜM 5

SONUÇ

Bu tez kapsamında bir tıbbi karar destek sistemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu tıbbi karar destek sistemi birinci bölüm içerisinde anlatılan birden fazla karar destek sisteminin bir arada çalışabilmesi yeteneğine sahiptir. Sistem “Microsoft .Net Framework” ile geliştirilmiştir. Sistem, diğer karar destek sistemleri ile birlikte çalışabilmesi için XML ile veri alışverişi yapabilecek bir şekilde tasarlanmıştır.

Karar destek sistemleri özellikle son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmelerle son kullanıcıların da kullanabileceği sistemler haline gelmiştir. İşlem yapma gücünün ve saklama olanaklarının artması karmaşık problemlerin çözümü için kurulması gereken çözüm yollarının güncel kişisel bilgisayarlarda modellenmesine imkân vermektedir.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen karar destek sistemi sadece birinci ve üçüncü bölüm içerisinde anlatılan bir yardımcı karar destek sistemi gibi düşünülmemelidir. Gerçekleştirilen sistem diğer karar destek modelleri ile ortak bir yapıda kullanılabileceği gibi kendi başına da çalışabilen bir sistemdir. Asıl amacı önceki bölümler içerisinde açıklanan sistemin, hem test edilebilmesi hem de daha geniş bir kullanım alanı olması için sorgu dönüştürücü katmanı ve sonuç birleştirici katman tez kapsamı dışında olmasına rağmen gerçekleştirilmiştir. Bu iki katman bölüm bir içerisinde anlatılan birden fazla sisteme yönelik gerçekleştirilmemiştir. Katmanların gerçekleştirimindeki amaç sistemin test edilmesini sağlamak ve tekil bir karar destek sistemi olarak performansını gözlemektir. Geliştirilen sisteme ait detaylı bilgiler bölüm içerisinde verilmiştir.

Tez çalışmasında destelenecek örnek problem olarak tiroit hastalıkları seçilmiştir. Bu hastalıklara ilişkin bilgi ikinci bölüm içerisinde verilmiştir. Problem çözümü, hastalığa ilişkin hastaya ait bilgilerin (test sonuçları, kişisel bilgiler ve bulgular) uzmanların hazırladığı kurallarla işlenmesi sonucu elde edilmektedir. Sistem her bir destek sürecinde sadece bir adet hastaya ilişkin sonuç üretebilmektedir. Sonuç sayısı

girilen bilgilere göre birden fazla olabilir. Sonuçlar, tiroit hastalıklarından tanımlı olanlar için hastalık var veya hastalık yok şeklindedir. Bu sonuçlara ek olarak uygulanan tedavinin veya hasta bilgilerinin işaret ettiği sonuçlarda elde edilebilir. Bunlara örnek olarak; “Tsh değeri yüksek.” bir hastalık sonucu değildir ve hastanın tsh değerinden elde edilmiştir.

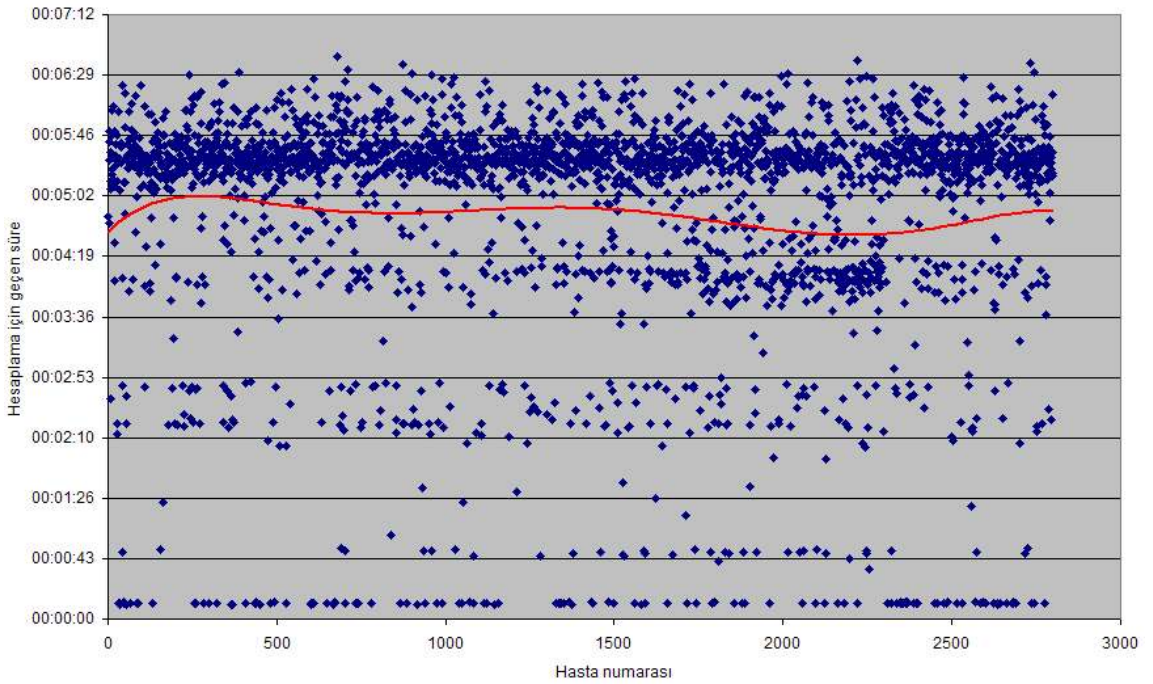
Tez çalışmasında üretilen sistemde çıkarsama yapılabilmesi için ileri zincirleme ve geri zincirleme yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemler hakkında bilgi ikinci bölüm içerisinde yer almaktadır. Sistemi kullanan kişi hangi yöntemi kullanmak istediğini kendi seçebilir. Bu yöntemlere ek olarak basit bir karışık zincirleme yöntemi de gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde, yöntemlerden birisi sonuca ulaşamadığı takdirde, kalınan noktadan diğer yöntem devam etmektedir. Gerçekleştirilen sistem içerisindeki zincirleme yöntemleri ile kullanılmak üzere 299 kurallık bir kural havuzu oluşturulmuştur.

Gerçekleştirilen karar destek sisteminde kurallar kullanılarak çıkarsama yapılmaktadır. Çıkarsama işleminin tamamlanmasının ardından tüm sonuçlar kullanıcıya gösterilmemektedir. Görüntülenecek sonuçlar kullanıcının hazırladığı sorgu veya sorgular doğrultusunda belirlenmektedir. Bu sayede elde edilen ara sonuçların ayıklanması ve sadece kullanıcının belirlediği sonuçlar listelenmektedir. Geri zincirleme yönteminde, ileri zincirleme yönteminden farklı olarak, kullanıcının belirlediği sorgudan yola çıkılmaktadır. Geliştirilen yapıda, bir önermenin doğruluğu sınanabileceği gibi değişkenli önermeler de sorgulanabilmektedir. Örnek olarak sistem, “Hasta A hastasıdır.” önermesini geri zincirleme yöntemi ile “A” ile işaretlenmiş yere sistemde tanımlı tüm hastalıkları koyarak doğrulamaya çalışacak ve sonuçta hastanın hastalıklarını listeleyecektir.

Oluşturulan yapıda üretilen sonuçlara güvenilirlik dereceleri eklenebilir. Güvenilirlik derecesi üretilen bir sonucun doğru olma olasılığını göstermektedir. Gerçekleştirilen sistemde güvenilirlik derecesi olan sonuçlar üretilebileceği gibi güvenilirlik derecesi olmayan sonuçlarda üretilebilir. Çıkarsama işleminde kullanılan güvenilirlik dereceleri kuralların içerisinde tanımlı olabileceği sisteme girilen gerçeklerde de tanımlı olabilir.

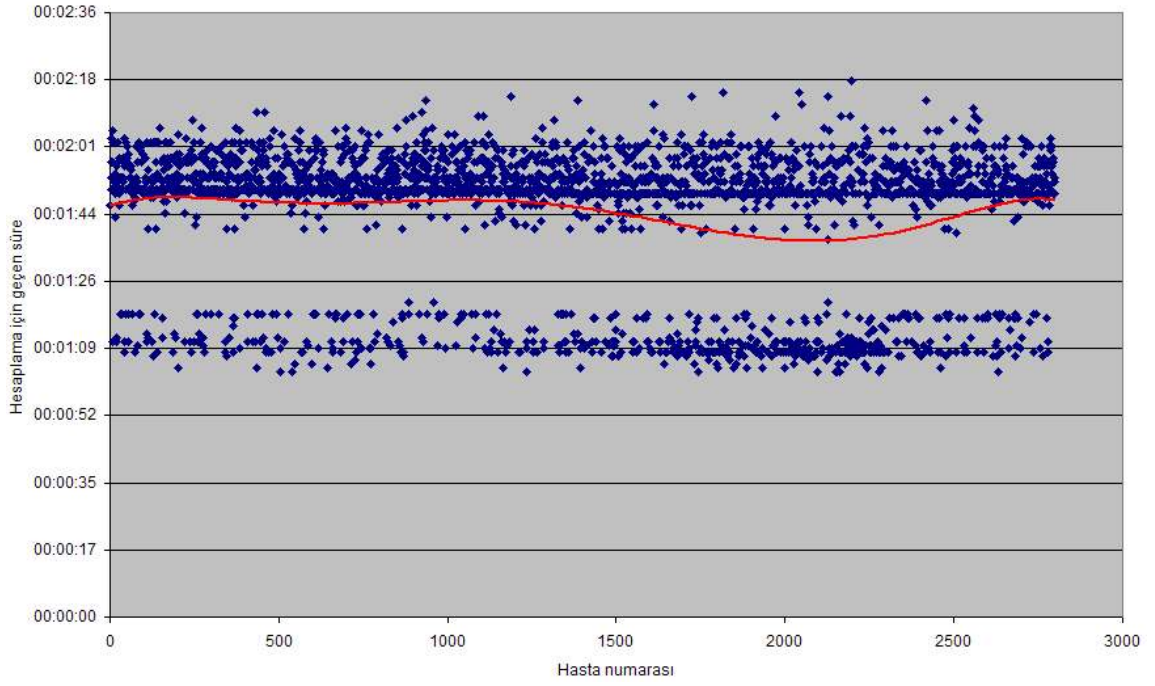
Tez çalışması sonucunda yapılan testlerde gerçekleştirilen sistem ileri ve geri zincirleme yöntemleri kullanılarak örnek vaka kümesi üzerinden %96,9 doğrulukla doğru teşhisi yapabilmektedir. Bu testler 2800 kişiye ait ve içerisinde sistemde tanımlı hastalıkların karışık halde bulunduğu bir veri kümesi üzerinde yapılmıştır. Yapılan yanlış teşhis sayısı 2800 hastada 87'dir.

Yapılan testlerle ileri ve geri zincirleme yöntemlerinin karşılaştırılması imkânı elde edilmiştir. Bu testler sonucu geri zincirleme testinin ileri zincirleme yöntemine göre daha hızlı olduğu görülmüştür. Aradaki bu fark aşağıdaki grafiklerle ifade edilebilir;



Çizim 1 İleri Zincirleme Testi Çıkarsama Süreleri

Buradaki tabloda ileri zincirleme testi sırasında her bir hasta için geçen hesaplama süresi gösterilmiştir. İleri zincirleme testinde maksimum süre 6 dakika 42 saniye ve ortalama süre 4 dakika 49 saniye olarak ölçülmüştür.



Çizim 2 Geri Zincirleme Testi Çıkarsama Süreleri

Buradaki tabloda ise geri zincirleme testi sırasında her bir hasta için geçen hesaplama süresi gösterilmiştir. Geri zincirleme testinde maksimum süre 2 dakika 18 saniye ve ortalama süre 1 dakika 44 saniye olarak ölçülmüştür. Bu iki testte aynı hastalar üzerinde yapılmıştır. Testlerin gerçekleştirildiği sistem çift çekirdekli iki işlemcisi bulunan ve 2 GB belleğe sahip bir sunucu makinedir.

Tez çalışmasında gerçekleştirilen sistem üçüncü bölüm içerisinde belirtilen standartlar ve koşullarda gerçekleştirildiği takdirde her türlü problemi çözebilecek bir şekilde hazırlanmıştır. Kısaca kural tabanlı bir sistem ile çözülebilecek problemlere geliştirilen sistem destek olabilmektedir.

Bu çalışmaya ilişkin gelecek çalışmalar birinci bölümde anlatılan öneriyi tamamlayacak ek çıkarsama sistemleri ve performans düzenlemeleri olarak iki konu incelenebilir. Her ne kadar geliştirilen sistem tek başına çalışabilen bir karar destek sistemi olsa da önerilen çözümün gerçekleştirilebilmesi için belirtilen standartlara uygun başka yöntemlerle sistemin desteklenmesi gerekmektedir. Buna ek olarak bu sistemlerin ortak sonuç üretebilmesi ve aynı problem üzerinde çalışabilmesi için yine

bölüm bir içerisinde anlatılan ara katmanların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Geliştirilen bu sistem üzerinde yapılacak gelecek çalışmalar ise sistemin daha hızlı çalışabilmesini sağlayacak nitelikte olmalıdır. Bu konu iki alt konu içerisinde incelenebilir. İlk düzenleme çıkarsama algoritmalarında yapılabilir. Algoritmalara eklenecek bir kural dizinleme yapısı ile çıkarsama işlemi hızlanabilir. İkinci düzenleme işlemi ise karışık zincirleme yönteminde yapılabilir. Bu düzenleme ile algoritmaların karşılaştıkları nokta bulunarak bu noktadan diğer yöntemin çıkarsama işlemini devralması söz konusu olabilir. Gerçekleştirilen karışık çıkarsama algoritmasında, işleme başlayan algoritma sonuç üretmediği durumda diğer algoritmaya işlemi devretmektedir.

Kaynaklar

1. Beierwaters WH. Carcinoma of follicular epithel Werner's The Thyroid. 1986
2. Belfiore A, La Rose GL, La Porto GA. Cancer risk in patients with cold thyroid nodules. Relevuance of iodine intake, sex, age and multinodulary. 1992
3. Anselm Blumer, Andrzej Ehrenfeucht, David Haussler, Manfred K. Warmuth. Occam's Razor. Information Processing Letters, Volume 24, Issue 6, 6 April 1987, Pages 377-380
4. Brooks JR, Stanner HF, Brooks DC. Surgical therapy to thyroid carcinoma. A review of 1249 solitary thyroid nodules. Surgery 940-6, 1988
5. Chae YM, Jang TY, Park IY, Chung SK, Park M., The development of a decision support system for diagnosing nasal allergy. Yonsei Med J. 1992 Mar;33(1):72-80.
6. Croft, W. Harper, D., Using probabilistic models of document retrieval without relevance information. Journal of Documentation, 1979. 35:285-295.
7. Croft, W. and Thompson, R. (1987). I3R: A new approach to the design of document retrieval systems. Journal of the American Society for Information Science, 38(6): 3 89– 404.
8. Fabio Gagliardi Cozman. Generalizing Variable Elimination in Bayesian Networks, Workshop on Probabilistic Reasoning in Artificial Intelligence, Atibaia, Brazil, November 20, 2000.
9. De Groot LJ: Thyroid neoplasia, Endocrinology Vol 1 third ed. De Groot et al. GruneStrattion, 1995
10. Patrice Degoulet, Marius Fieschi. Medical Reasoning and Decision-Making. Introduction to Clinical Informatics, Springer, sayfa 49-64, 1997
11. Delphine Rossille, Jean-François Laurent, Anita Burgun, Modelling a decision-support system for oncology using rule-based and case-based reasoning methodologies, International Journal of Medical Informatics (2005) 74, 299-306
12. D. Draper. Clustering without (thinking about) triangulation. Proceedings of the XI Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, 1995.

13. Elizabeth S. Burnside, MD, MPH, MS, Bayesian Networks: Computer-assisted Diagnosis Support in Radiology, *Academic Radiology*, Vol.12, No.4, 423-430, April 2005
14. Eneida A. Mendonça, M.D., Ph.D. Clinical Decision Support Systems: Perspective in Dentistry. *Journal of Dental Education*, 589-597. June 2004
15. Fox, E. and France, R. (1987). Architecture of an expert system for composite document analysis, representation, and retrieval. *Journal of Approximate Reasoning*, 1: 151– 175.
16. Gürbüz Erdoğan. Tiroid Neoplazileri. *Klinik Endokrinoloji*, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, ANTIP A.Ş. Yayınları, sayfa 191-205, 2003
17. Gharib H, Goellner JR, Zinmeister AR, et al.:Fine needle aspiration biopsy of the thyroid. *Annals of Internal Med* 101:25-8, 1994
18. Fikret Gürgen. Decision Making with Neural Network Based Medical Diagnostic Applications. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, July-August, pp 55-59, 1999.
19. Fisher, H. and Elchesen, D. (1972). Effectiveness of combining title words and index terms in machine retrieval searches. *Nature*, 238: 109– 110.
20. Hamburger JI: Clinical exercises in internal medicine thyroid disease. Vol1 W.B Saunders Comp. 1978
21. Hamburger JI, Miller JM, Kini SR. Lymphoma of the thyroid. *Annals of Internal Med*, 1983
22. Hammond KR, Hirsch CJ, Todd FJ. Analyzing the components of clinical inference. *Psychol Rev*. 1964;71:438-56
23. Heckerman, D., Geiger, D., and Chickering, D. (1995). Learning Bayesian networks: The combination of knowledge and statistical data. *Machine Learning*, 20:197-243.
24. Heckerman D, Horvitz E, Nathwani B. Toward normative expert systems: Part I. The Pathfinder project. *Methods Inf Med* 1992; 31:90–105.
25. Heckerman D, Nathwani B. Toward normative expert systems: Part II. Probability-based representations for efficient knowledge acquisition and interface. *Methods Inf Med* 1992; 31:106–116.

26. Ingway EC: Clinical review 30 clinician's evaluation of solitary thyroid nodules. J Clin Endocrinol Metab 74(2): 231–5, 1992
27. Nuri Kamel. Tiroid Bezi, Hormonları ve Hastalıkları Hakkında Genel Bilgiler. Klinik Endokrinoloji, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, ANTIP A.Ş. Yayınları, sayfa 67-81, 2003.
28. Nuri Kamel. Tiroid Hastalıklarının Tanısında Faydalanılan Testler. Klinik Endokrinoloji, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, ANTIP A.Ş. Yayınları, sayfa 83-99, 2003.
29. Nuri Kamel. Hipotiroidizm. Klinik Endokrinoloji, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, ANTIP A.Ş. Yayınları, sayfa 167-176, 2003
30. Kawamoto K, Houlihan CA, Balas EA, Lobach DF. Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success. BMJ. 2005 Apr 2;330(7494):765. Epub 2005 Mar 14. Review.
31. Kendall LW, Condon RE: Prediction of malignancy in solitary thyroid nodules. The Lancet 1071-3, 1969
32. U. Kjaerulff. Triangulation of graphs - algorithms giving small total state space. Technical Report R-90-09, Department of Mathematics and Computer Science, Aalborg University, Denmark, March 1990.
33. Koloğlu S. Tiroid hastalıklarının Fonksiyonel ve morfolojik tanısında faydalanılan yöntemler. Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi, 1990
34. Larousse Library, Büyük Larousse – Sözlük ve Ansiklopedisi, 12. Cilt, s. 6399.
35. Lee, J. (1995). Combining multiple evidence from different properties of weighting schemes. In Proceedings of the 18th ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pages 180– 188.
36. Yu-Chuan Li, Li Liu, Wen-Ta Chiu, Wen-Shan Jian. Neural network modeling for surgical decisions on traumatic brain injury patients. International Journal of Medical Informatics 57 (2000) 1–9
37. McGill, M., Koll, M., and Noreault, T. (1979). An evaluation of factors affecting document ranking by information retrieval systems. Final report for grant NSF-IST-78 -10454 to the National Science Foundation, Syracuse University.

38. Mc Henry CR, Walfish PG, Rosen IB, et al .: Non Diagnostic Fine Needle aspiration biopsy: A dilemma in management of nodular thyroid disease. *The Am Surgeon* 59:415-8, 1993
39. Miller MJ: An approach to the thyroid nodule. *Endocrinology and diabets* Ed. Kryton. JL. Grune and Stratton, Inc. 111–120, 1975
40. Miller RA. Medical diagnostic decision support systems—past, present, and future. *J Am Med Inform Assoc.*, 1994. ;1: 8-27
41. Musa ÖZATA, Dr. Şebnem ASLAN, Klinik Karar Destek Sistemleri ve Örnek Uygulamalar, *Kocatepe Tıp Dergisi*, 5: 11-18 Ocak 2004
42. S. Quaglini, P. Barahona, S. Andreassen. Comparison of rule-based and Bayesian network approaches in medical diagnostic systems. *Artificial Intelligence in Medicine (AIME2001)*, LNAI2101, Springer, Berlin, 2001, pp. 283-292
43. Quinlan J R: Decision Trees and Decisionmaking, *IEEE Trans System, Man and Cybernetics* Vol. 20 No. 2:339-346, 1990
44. Stefan V Pantazi, José F Arocha, and Jochen R Moehr, Case-based medical informatics, *BMC Med Inform Decis Mak.* 2004; 4: 19. November 2004.
45. Rich P. The thyroid module. *Annals Of Internal Medicine*, 1982
46. Robertson, S. (1977). The probability ranking principle in information retrieval. *Journal of Documentation*, 33: 294 – 304.
47. Salton, G., Wong, A., and Yang, C. A vector space model for automatic indexing. *Communications of theACM*, 1975. 18: 613– 620.
48. E. H. Shortliffe, S. G. Axline, B. G. Buchanan, T. C. Merigan, S. N. Cohen. An artificial intelligence program to advise physicians regarding antimicrobial therapy. *Computers and Biomedical Research*, 6:544-560. 1973
49. E. H. Shortliffe. Clinical decisions based on physician-computer interactions: A symbolic reasoning approach. *Proceedings of the Annual Meeting, Society for Computer Medicine*, Las Vegas, NV, 1977.
50. E. H. Shortliffe. Computer Programs To Support Clinical Decision Making. *Journal of the American Medical Association*, 258:61-67. 1987
51. Sohail Asghar, Dammina Alahakoon, Leonid Churilov. "A Hybrid Decision Support System Model for Disaster Management," his, pp. 372-377, Fourth International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS'04), 2004.

52. Thagard, P. (2001). How to make decisions: Coherence, emotion, and practical inference. In E. Millgram (Ed.), Varieties of practical inference . Cambridge, MA: MIT Press. 355-371.
53. Ali Rıza Uysal. Tirotoksikoz ve Hipertiroidizm. Klinik Endokrinoloji, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, ANTIP A.Ş. Yayınları, sayfa 125-143, 2003
54. Watters AK, Wattess DAK, Ajuha AT, Şuans RM, et al: Role of Us in the management of thyroid nodules. The Am J Surg, 1992
55. Milan Zorman, Peter Kokol, Gregor Cerkenik. "Decision Trees and Automatic Learning in Medical Decision Making," iis, p. 37, 1997 IASTED International Conference on Intelligent Information Systems (IIS '97), 1997.

Çevrim İçi

1. Artificial Intelligence. (2005). Encyclopædia Britannica. Retrieved November 5, 2005, from Encyclopædia Britannica Premium Service
<http://www.britannica.com/eb/article-219101>
2. MS Office Helper Not Dead Yet. 19 Nisan 2001, Weird News.
<http://www.wired.com/news/technology/0,43065-0.html>
3. Machine Learning Repository: <http://www.ics.uci.edu/~mlearn/databases/>
4. Patoloji. <http://www.patoloji.gen.tr>
5. AI – Junkie : <http://www.ai-junkie.com>
6. RuleML : <http://www.ruleml.org>
7. Tiroit.com, Prof. Dr. Çetin Önsel : <http://www.tiroit.com>
8. Garvan Institute of Medical Research: <http://www.garvan.org.au>
9. Rulequest: <http://www.rulequest.com>

ÖZGEÇMİŞ

Adı : Mehmet Erdem Soyadı : Çorapçıoğlu
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi : 30.03.1983 Doğum Yeri : Ankara

Şimdiki

Görev Yeri : Başkent Üniversitesi Bilgisayar Müh.
Görev Ünvanı : Araştırma Görevlisi
İş Adresi : Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar
Mühendisliği Bölümü Bağlıca Kampüsü – ANKARA
İş Tel. No : 0312 234 10 10 – 1232
e-posta : erdem@baskent.edu.tr

İLK VE ORTA ÖĞRENİM DURUMU

Okul	İl / İlçe	Giriş	Çıkış
Özel Kolej Ayşeabla	Ankara	1989	1993
Özel Büyük Kolej	Ankara/Çankaya	1993	2000

YÜKSEK ÖĞRENİM DURUMU

Üniversite	Ülke	Giriş	Çıkış	Ünvan	Derece
Başkent Üniversitesi	Türkiye	2000	2004	Lisans	2.60
Başkent Üniversitesi	Türkiye	2004	2006	Y.L.	3.67

ÇALIŞTIĞI KURUMLAR

Kurum	İl / İlçe	Giriş	Çıkış	Görevi
Başkent Üniversitesi	Ankara/Etimesgut	2005	-	Ar. Gör.