Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 22(5), 367-375, 2016

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

Sağlık bilgi sistemlerinde ontoloji tabanlı bir yaklaşım: Kan testi ontolojisi örneği

An ontology based approach in health information systems: Blood test ontology example

Emine SEZER[1], Özgü CAN[1], Okan BURSA[1], Murat Osman ÜNALIR[1]*

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
emine.sezer@ege.edu.tr, ozgu.can@ege.edu.tr, okan.bursa@ege.edu.tr, murat.osman.unalir@ege.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 27.02.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 08.05.2015
doi: 10.5505/pajes.2015.79847
* Yazışılan yazar/Corresponding author
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Sağlık alanı, farklı kurum ve kişilerin hizmet aldığı aynı zamanda da hizmet sunduğu dağıtık ve karmaşık bir alandır. Bir hasta ile ilgili sağlık veriler de bunun sonucunda; doktorlar, klinikler, eczaneler, sigorta şirketleri ve hastaneler arasında tamamen dağılmış durumdadır. Anlamsal olarak zengin ve yüksek seviyede yapılandırılmış bu dağıtık klinik verinin sağlık alanında her yerden uygun izinler ile paylaşılması ve yeniden kullanılabilmesi, son yıllarda bilgi sistemlerinin odaklandığı önemli çalışma alanlarından biridir. Anlamsal Web'in sunduğu verinin anlamını sunarak bilginin gösterilebilmesi ve bilgilerden yeni bilgiler çıkarılması, sağlık alanı için uygulanabilecek teknolojik bir alt yapı sunmaktadır. Yaşam sıvısı olan kan, içeriğindeki maddeler ile kişilerin hastalıkları hakkında doktorlara ipuçları vermektedir. Sağlık alanında kan testlerinin sonuçları birçok farklı klinik tarafından kullanılabilecek bilgiyi içermektedir. Hastalığın teşhis aşamasında, aynı kan testlerinin yeniden yapılması teşhis süresini uzatıp tedaviyi geciktirirken, maliyeti arttıran bir süreçtir. Kan Testi Ontolojisi, kan ile ilgili sağlık alanında yapılan tüm tıbbı testleri anlamsal olarak modellemek, kan ve kan testlerine ilişkin bilgileri ve bunlar arasındaki ilişkileri tanımlamak üzere geliştirilmiştir. Hastaların kişiselleştirilmiş kan test sonuçlarının sorgulanmasını, paylaşılmasını ve yeniden kullanılmasını sağlayacak olan bir sağlık bilgi sisteminin bilgi tabanı olarak kullanılması amacıyla geliştirilen Kan Testi Ontolojisi, sağlık alanında farklı tıbbi ontolojiler ile birlikte çalışabilir olabilmesi için tıbbi bilişim standartları ile de desteklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Kan testi ontolojisi, Sağlık bilgi sistemleri, Anlamsal web, Ontoloji, Tıbbi bilişim standartları

Abstract

Health domain is a complex and distributed research area, where different institutions and people take and provide service, at the same time. Therefore, the health data about a patient is completely distributed among doctors, clinics, hospitals, pharmacies and insurance companies. To share and reuse the distributed, well-structured and semantically rich clinical data with the appropriate permissions from anywhere is one of the major areas that the research of information systems focused in healthcare domain in recent years. The semantic web provides a technological infrastructure with representing the meaning of data and reasoning new information from the existing knowledge for the healthcare domain. The blood, as the life fluid, gives hints to the clinicians about a patient's general health status by analyzing the ingredients in. The results of blood tests contain lots of information that can be used by different clinics. In the diagnostic phase, analyzing the blood for the same tests repeatedly delays to start the treatment process and increases the cost. The Blood Test Ontology is developed to model the blood tests semantically that is done in the health field and also to define information related with the blood and the blood tests as well as the relationships between them. The ontology in this work is developed with the aim to be used in the health information system, which should provide the querying, sharing and reusing the personalized the blood test result of the patients, as a knowledge base. The Blood Test Ontology is supported by the medical information standards to be able to interoperable with the other medical ontologies that are developed in the health.

Keywords: Blood test ontology, Medical information systems, Semantic web, Ontology, Health information standards

1 Giriş

Sağlık alanı, farklı kurum ve kişilerin hizmet aldığı, aynı zamanda da hizmet verdiği büyük ve dağıtık bir uygulama alanıdır. Kişilere uygulanan tedavi hizmetleri ölümcül sonuçlara ya da kalıcı sakatlıklara neden olabilmektedir. Yaşam kalitesini arttırması hedeflenen sağlık hizmetleri, tüm dünyada devletlerin vatandaşlarına sunmak zorunda olduğu bir etkinlik olarak düzenlenmekte ve yürütülmektedir. Bu kapsamda da sağlık alanından yüksek nitelikte, verimli ve sürekliliği sağlanarak hizmet alma ve sunma gereksinimlerinin karşılanabilmesi, sağlık hizmetlerinin her yerde verilmesine bir başka deyiş ile coğrafik olarak dağıtık olmasına sebep olmaktadır.

Dağıtık olarak verilen sağlık hizmetleri gerekli olan ve hizmet sırasından oluşturulan sağlık bilgisinin de dağıtık olarak oluşturulmasına neden olmuştur. Tipik olarak bir hastaya ilişkin sağlık verileri; hastaneler, toplum sağlık merkezleri, doktorların özel muayenehaneleri, eczaneler, sağlık sigorta şirketleri gibi kurumlar ile doktorlar, sağlık personeli ve hatta hastanın ailesi arasında dağılmış durumdadır. Yüksek seviyede anlamsallık içeren, yapılandırılmış bu veriler sağlık bilgi sisteminin temelini oluşturmaktadır.

Yaşam sıvısı olan kan, damarlar aracılığı ile tüm vücuda yayılmış olan kırmızı, akışkan bir sıvıdır [1]. Kanın başlıca görevleri, hücrelere gerekli olan besini ve oksijeni taşımaktır. Ayrıca, vücudu hastalıklara karşı savunmak için bağışıklık sisteminde önemli bir görevi bulunmaktadır. Kanın yerine konulabilecek doğal ya da yapay herhangi bir madde bulunmamaktadır. Kan, her hangi bir şekilde suni olarak oluşturulamaz veya üretilemez, bu nedenle de kana gereksinim duyan hastalar için kaynak sadece kana gereksinim duyan kişiye uygun olan bağışçılardır.

Bir kişi herhangi bir şikâyet veya kontrol için bir doktora başvurduğunda, doktor öncelikle hastanın tıbbi geçmişine ve şikâyetlerine yönelik olarak hastayı dinlemekte ve daha

sonrasında hastaya bazı tıbbi testlerin uygulanmasını istemektedir. Bu tıbbi testlerde öncelik kandaki belirli maddeleri analiz ederek, hastanın genel durumu hakkında bilgi edinmek için kan testlerine verilmektedir.

Tıptaki en bilinen ifade "Hastalık yoktur, hasta vardır." olsa da, kan testleri sağlık çalışanları için teşhis koymada ve tedavi sürecine başlatmasını hızlandırmada oldukça önemli ve yardımcı bir sağlık uygulamasıdır.

Sağlık alanında kan testlerinin sonuçları birçok farklı klinik tarafından kullanılabilecek bilgiyi içermektedir. Hastaların sağlık sorunlarında, aynı şikayet için farklı kliniklerin yanı sıra, farkı sağlık kurumlarının aynı kliniklerine de defalarca başvurdukları bilinmektedir. Hastalığın teşhis aşamasında, aynı kan testlerinin yeniden yapılması tedaviyi uzatırken, maliyeti de arttıran bir süreçtir. Sağlık bilgi sistemi içerisinde iyi tanımlanmış kan testi sonuçlarının aynı sağlık kurumunun klinikleri arasında paylaşılabilmesi veya başka kurumlar tarafından yeniden kullanılabilmesi bu süreci kolaylaştıracak bir etkendir.

Kan Testi Ontolojisi, yinelemeli bir ontoloji geliştirme metodolojisi kullanılarak geliştirilmiştir. Kan testine ilişkin temel kavramların geliştirilme sürecine [2] çalışmasında yer verilmiştir. Bu çalışmada ise, kan ile ilgili sağlık alanında yapılan tüm tıbbı testleri anlamsal olarak modellenmekte, kan ve kan testlerine ilişkin bilgileri ve bunlar arasındaki ilişkileri tanımlanmakta ve tıbbi bilişim standartları ile bütünleştirilmiştir. Bu çalışma ile hastaların kişiselleştirilmiş kan test sonuçlarının sorgulanmasını, paylaşılmasını ve yeniden kullanılmasını sağlayacak olan sağlık bilgi sistemi için kullanılabilecek bir bilgi tabanı oluşturulmuştur. Bu bilgi tabanı yapısı ile Kan Ontolojisinin sağlık alanında farklı tıbbi ontolojiler ile birlikte çalışabilir olabilmesi sağlanmaktadır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde günümüzde sağlık bilgi sistemlerinin geldiği durum ve beklentileri özetlenmekte, üçüncü bölümde ise anlamsal web teknolojilerinin bu beklentileri karşıladığı noktalara değinilmektedir. Dördüncü bölümde birlikte çalışabilir sağlık bilgi sistemleri için kullanılabilecek olan kan testlerini tanımlayacak olan Kan Test Ontolojisinin geliştirilme süreci ve ontolojinin içeriği anlatılmaktadır. Beşinci bölümde; yapılmış olan çalışmanın mevcut sonuçları değerlendirilerek, gelecek çalışmalar için hedefler kısaca özetlenmektedir.

2 Sağlık bilgi sistemleri ve standartlar

Tüm dünya ülkelerinin sağlık hizmeti sunan birimlerine bakıldığında, kişisel muayenehanelerden genel hastanelere kadar farklı karmaşıklık düzeylerindeki sağlık merkezlerinin coğrafik olarak ülkelerin geneline yayılmış durumda oldukları görülmektedir. Bu dağıtık yapının beklenen bütün sosyal gereksinimleri en etkin şekilde karşılayabilmesi için, ülkenin tamamına yayılmış olan ve birbirini tamamlayıcı merkezlerin (hastaneler, laboratuvarlar, toplum sağlık merkezleri, doktorların kişisel muayenehaneleri gibi sağlık hizmeti sunan tüm kurumların) beraber çalışması gerekmektedir. Herhangi bir teknolojiyi içeren yeni uygulamaların sağlık alanına uyarlanmasında, her türlü sağlık uygulamasının bireyler üzerinde ölüm ve kalıcı sakatlık etkileri olması nedeniyle, en yüksek düzeyde doğruluğu ve etkinliği sağlaması gerekliliği göz ardı edilmemesi gereken bir zorunluluktur.

Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BIT) tabanlı çözümlerin, sağlık uygulamalarının ölüm ve kalıcı sakatlık sonuçlarından dolayı, uzun zamandır kurumsal sınırlar içinde hastaların kimlik, adres, sigorta ve sağlık kurumuna giriş tarihi gibi bilgilerin kayıt altına alınması için kullanıldığı görülmektedir. Kayıt altına alınmış bu bilgilerin, sadece yönetimsel etkinlikler için kullanılmakta olduğu görülmektedir [3],[4]. Servislerin ve bilgilerin paylaşılmasını ve dağıtılmasını arttırmak için, tüm sağlık alanını tek bir sistem gibi görebilecek BIT'e uyarlanması oldukça yavaş gerçekleşmektedir. Sonuç olarak, kullanılmakta olan tıbbi bilgi sistemleri yönetimsel bir uygulama etrafında yapılandırılmış ve tamamen birbirinden yalıtılmış çözümler olarak görülmektedir.

Sağlık alanında görülen bir başka eğilim ise klinik ortamın merkezi olmayan yapısı nedeniyle farklı ve oldukça geniş bir kapsamda fakat kliniğe özgü bilgi sistemlerinin geliştirilmesidir. Hastanelerin radyoloji bölümlerinde kullanılan PACS Görüntü Arşivleme ve İletişim Sistemleri (Picture Archiving and Communication Systems) [5], hem hastane içinde hem de hastane dışında kullanılan LIS Laboratuvar Bilgi Sistemleri (Laboratory Information Systems) [6], çoğunluğu aile hekimlerinin ve uzmanların muayenehanelerinde bulunan oldukça fazla ve farklı yapıdaki EHR Elektronik Sağlık Kayıtları (Electronic Health Records) [7],[8] sağlık alanında yinelenen dağıtık ve çok çeşitli yapıya gösterilebilecek örneklerdir.

Sağlık çalışanları, sürekli olarak dayanakları artan bilimsel ve teknolojik bilgiyi yönetmektedirler; fakat yüksek düzeydeki uzmanlıklarına rağmen, uzmanlık alanları ile ilgili gelişmekte olan bilgiyi elde etmek için yeterli zamanları olamayabilmektedir. Bu nedenle, en iyi uygulamalara ve belirtilere ilişkin tüm bilginin erişilebilir duruma gelmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin desteği ile sağlık uygulamalarının geliştirilmesi ile sürekli büyüyen bilginin yönetilmesinin kolaylaşması beklenmektedir.

2.1 Sağlık bilgi sistemleri için durum değerlendirmesi

Hastalıklar daha kronik fakat daha az akut hale gelmektedir; bu nedenle hastaların sağlık durumlarının izlenmesi, karmaşıklıkları önlemek ve yüksek düzeyde nitelikli bir hayat sağlamak için, doğru bir süreç yönetimini getirmektedir. Özellikle, risk etkenlerinin tanımlanması ve hastanın sağlık geçmişine ilişkin bilgilere erişilebilmesi hastalıktan korunma süreçlerini etkinleştirmeyi sağlayabilmektedir. e-Sağlık uygulamaları ile sadece hastalık dönemi değil, hastalık sonrası sağlığı korumak için de bireyin sağlık durumunun izlenebilirliği sağlanacaktır.

Yapılmış olan çözümlemelerde, tıbbi hataların ve genellikle karşılaşılan yanlış tanı ve tedavinin, yeni veya daha kötü zararlara ve ölümcül sonuçlara sebep olduğu görülmektedir. Bu gibi istenmeyen durumların temel nedenlerinden biri, tedavi sürecinde kurum içinde veya farklı kurumlarda çalışan sağlık personelleri arasındaki bilginin iletişim eksikliği ya da hatalı paylaşımından kaynaklanmakta olmasıdır. Bilgi teknolojileri ile desteklenen farklı uygulamaların sağlık açısından önemli risk yaratabilecek etkenleri kontrol etmek yönetmek açısından olumlu sonuçlar yaratacağı beklenmektedir.

Bilgi sistemlerinde hedef, kullanılan verinin anlamının sunularak, üretildiği ve kayıt altına alındığı yerden bağımsız olarak yetkilendirilmiş sistemler ve kişiler tarafından paylaşımının ve yeniden kullanımının sağlanmasıdır. Günümüzde bilgi sistemlerinin kullanıldığı her alanda bu öncelikle yol haritası olarak sunulmaktadır.

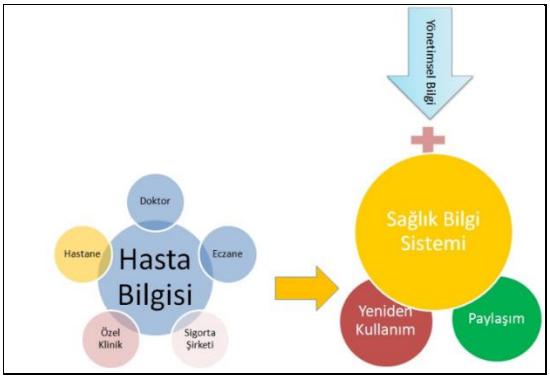
Sağlık alanı için de bu durum söz konusudur. Tüm dünyada sağlık bilgi sistemleri, kendilerini, bir hastanın bilgisini, sadece

üretildiği bölümde değil, aynı kurumun farklı birimleri ve aynı zamanda diğer sağlık kurumları arasında paylaşabilecek ve yeniden kullanılabilecek şekilde yapılandırmaya çalışmaktadır.

EHR, uzun yıllardır tıbbi bilişimde temel bir araştırma alanı olarak görülmüştür. Iokavidis tarafından EHR'nin tanımı "bir bireyin yaşamı süresince, sağlık hizmetinin sürekliliğini, eğitimi ve araştırmayı destekleme ve bunların yanı sıra her zaman gizliliği koruma hedefi ile sayısal olarak saklanmış sağlık bilgileri" [9] olarak verilmiştir. Genel olarak EHR gözlemler, yapılan laboratuvar incelemelerinin sonuçları, uygulanan tedaviler ve ilaçlar ile hastanın kimlik bilgileri, yasal hakları gibi farklı bilgiler içermektedir. Günümüzde, bu bilgiler piyasada bulunan birçok farklı tıbbi bilgi sisteminde, sistemin kendisine özel farklı yapılarda saklanmaktadır. Bu yapılar, ilişkisel veritabanları, farklı biçimlerde yapılandırılmış belge tabanlı saklama veya klasik bir belge yönetim sisteminden elde edilmiş yazılı kopyalar şeklinde olabilmektedir. Farklı yapılarda saklanan bilgilerin diğer sistemler tarafından kullanılamaması durumu, sağlık bilgi alanında oldukça ciddi bir birlikte çalışabilirlik sorununu ortaya çıkarmaktadır.

İnternet'in öğrettiği temel noktalardan biri ise bütünleştirme yerine birlikte çalışabilirliğin sağlanması gerekliliğidir. Bütünleştirme, ayrı ve farklı uygulamaların varlıklarının bir bütün gibi işlenebilmesi için bir ilişki altında birleşmesi olarak tanımlanırken, birlikte çalışabilirlik iki uygulama varlığı arasında var olan bir durum olup, belirli bir görev için bir uygulamanın varlığı diğer uygulamadan veri alarak, işi uygun bir şekilde gerçekleştirmesi ve ek işlemci desteğine gereksinim olmadan bunu gerçekleyebilmesi olarak tanımlanmaktadır [10].

EHR'ın birlikte çalışabilirliği sağlanarak, farklı kurumlardan hasta ile ilgili klinik bilgilerin elde edilmesi ve bu bilgilerin işlenebilmesini sağlamak daha etkin ve verimli hastalık tanı ve tedavi olanağı sağlayacaktır [11]. Sağlık kurumları arasında hasta bilgilerinin aktarılabilmesi, bilgiye erişimi hızlandıracak ve yinelenen incelemeleri ve tedavileri engelleyecektir. Bu durum Şekil 1'de gösterilmektedir. Sağlık bilgisinin tanımlanmasında bu bilgiyi kullanan tüm paydaşlardan bilginin bu paydaşlar için anlamı ve özellikleri alınmalıdır. Bu bilgi, sağlık alanı içinde tanımlanarak yapılandırılmalıdır. Hastaya ilişkin yönetimsel bilgilerde eklenerek, sağlık bilgi sistemleri için gerekli olan yeniden kullanılabilir ve farklı kurumlar arasında paylaşılabilirlik sağlanmalıdır.



Şekil 1: Sağlık bilgisinin tanımlanması.

2.2 Tıbbi bilişim standartları

Sağlık yazılım uygulamaları; klinik verinin toplanması, klinik bilgi tabanlarına bağlanılması, bilginin sorgulanıp getirilmesinin yanı sıra veri kümeleme ve değişimi üzerine de odaklanmaktadır. Farklı sağlık merkezlerinde, farklı zamanlarda ve farklı yollar ile kayıt altına alınmakta olan bilginin paylaşılabilmesi için sağlık alanında yapılan çalışmaların başında tıbbı bilişim standartları geliştirmek yer almıştır.

Veri standartları, bilgiyi kayıt altına almak için üzerinde anlaşılmaya varılan, ortak ve tutarlı bir yoldur. Belirli bir standart ile modellenen veri, farklı sistemler arasında iletilebilmekte ve verinin sistemden sisteme, programdan programa ve kurumdan kuruma aynı anlama sahip olması sağlanabilmektedir [12]. Veri standartları bilgisayarların genellikle aynı anlamda ve yapıda veriyi göndermelerini ve almalarını sağlamaktadır. Yeni bir yapıya çevirmeye gerek kalmaksızın aynı anlamı taşıyan verinin bir bilgi sisteminden başka bir bilgi sistemine aktarılabilmesi ile birlikte çalışabilirliğinin sağlanması hedeflenmektedir.

Standartlaştırılmış veri, çözümleme sürecine katkıda bulunmaktadır. Standartlaşmış veriyi tanımlayan standartlaşmış terminoloji; sağlık çalışanlarına, hastalara, yöneticilere, yazılım geliştiricilere ve özel sağlık sigortaları gibi sağlık için ödeme yapan kurumlara fayda sağlamaktadır. Bir klinik terminoloji, sağlık bakım süreci (tıbbi geçmiş, hastalıklar, tedaviler, laboratuvar sonuçları gibi) ile ilgili daha kolay erişilebilir ve tam bilgiyi sağlayarak sağlık hizmeti sunanlara yardımcı olabilmektedir. Bunun sonucunda ise hastalar için kazanımlar artmaktadır. Sağlık sunucularının kayıtlarında yer alan belirli bir standarda göre kodlanmış bilgiye dayanarak hastayı tanımlaması, hastayı izlemesi ve hastanın tedavi sürecini yönetmesi, klinik terminoloji ile sağlanabilmektedir.

Sağlık alanında günümüzde kullanılmakta olan 2100 kadar farklı standart bulunmaktadır [13]. Bu sayı özel gereksinimleri karşılamak için bile standartların oluşturulduğunun göstergesidir.

Geliştirilen standartlar incelendiğinde, taşıdıkları özelliklerin Anlamsal Web çalışmaları kapsamında ontoloji tanımlama dili olarak geliştirilen OWL ile sunulan özelliklere benzedikleri görülmektedir [13]. Tıbbi terminolojiler ve ileti bilgi modelleri için geliştirilen standartların ontolojiler ile tanımlanması, bilginin farklı sistemler arasında iletilebilmesi ve bu bilginin sistemden sisteme, programdan programa ve kurumdan kuruma aynı anlamı taşıması sağlanabilmektedir. Bilginin sorgulanması, üzerinde çıkarsama yapılması da yine ontolojiler üzerinden anlamsal web teknolojileri ile gerçekleştirilebilmektedir. Sonuç olarak, ontolojiler üzerinden tanımlanmış sağlık bilgilerinin yeniden kullanımı, bu bilgiler üzerinde birlikte çalışabilirliğin sağlandığı sağlık bilgi sistemleri hem makinelere hem de insanlara hizmet sunabilmektedir.

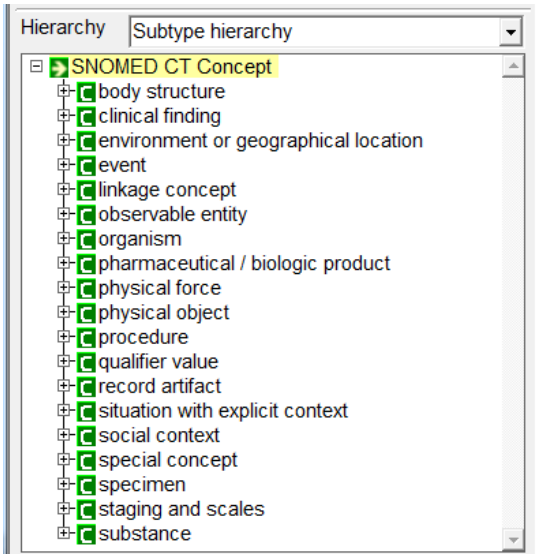
İzleyen alt bölümlerde Kan Testi Ontolojisi içinde kullanılan ve ontolojiye eklenen SNOMED-CT standartlarına ve ICD-10 kodlama terminolojisine değinilmektedir.

2.2.1 SNOMED-CT

SNOMED-CT® (SNOMED Clinical Terms®), klinik belgelendirme ve raporlama için klinik içerik ve anlatım sağlayan kapsamlı bir klinik terminolojidir [14]. Klinik veriyi kodlamak, bulup getirmek ve çözümlemek için kullanılmaktadır. SNOMED-CT, sonuç araştırmaları yönetmek, sağlık hizmetinin niteliğini ve ücretlendirilmesini değerlendirebilmek ve etkin tedavi yönergeleri tasarlamak için sağlık kuruluşlarının üzerinde etkin çözümlemeler geliştirebilecekleri bir temel olarak hizmet vermektedir.

Terminoloji, sağlık hizmetleri kapsamında klinik bilgiyi tam ve doğru olarak göstermek amacıyla; kavramlar, terimler ve ilişkilerden oluşmaktadır. İçerik kapsamı Şekil 2'de de görüldüğü gibi sıradüzensel bir yapıya bölünmüştür [15].

SNOMED-CT terminolojisi için bir kavram; hiç bir zaman değişmeyen, tek bir sayısal tanımlayıcı tarafından tanımlanan klinik bir anlamdır [15]. Kavramlar yine tek ve insanlar tarafından okunabilir olan Tam Belirtim Adı (Fully Specified Name-FSN) ile gösterilmektedir. Kavramlar, biçimsel olarak diğer kavramlar ile aralarında var olan ilişkiler üzerinden tanımlanmaktadırlar.



Şekil 2: SNOMED-CT terminolojisinin temel kapsamının sıradüzensel yapısı.

SNOMED-CT'nin genel yapısına bakıldığında, ontolojik gösterim ifadelerine benzer bir gösterime sahip olduğu görülmektedir. Her ne kadar SNOMED-CT kavramları tek ve benzersiz tanımlayıcıları olan conceptID'lere sahip olsalar da, bu tanılayıcıların hiyerarşik ya da açık bir anlamı bulunmamaktadır. Terimler ve kavramlar daha önceden tanımlanmış ilişkiler ile birbirine bağlanmıştır, yeni ilişkilerin eklenmesi ancak standart geliştiricilerin onayı ile gerçekleşmektedir. Bu standart terminolojisi, kan testi alanındaki kavramları, örnekleri ve birbirleri arasındaki ilişkileri tanımlamak için yeterli değildir. Örneğin, bir hastaya ait ALT kan testinin sonucu SNOMED-CT kavramları ile gösterilememektedir. SNOMED-CT'nin mevcut durumu tanımladığı her şeyi bir kavram olarak kabul etmesi, bu nedenle de kavramlara ait örneklerin gösterimini yapmayı desteklememesi sağlık bilgi sistemlerinde sağlık bilgisini tanımlamak ve sağlık kayıtlarını oluşturmak için yeterli olamamaktadır.

2.2.2 ICD 10

ICD (The International Classification of Diseases); epidemiyoloji, sağlık yönetimi ve klinik amaçlar için standart bir tanı aracıdır. Nüfus gruplarının genel sağlık durumlarının çözümlemelerini içeren ICD, hastalıkların ve diğer sağlık sorunlarının görülme sıklığını ve yaygınlığını izlemek için kullanılmaktadır.

ICD, ölüm belgeleri ve sağlık kayıtları dahil olmak üzere, bir çok farklı sağlık ve nüfus kayıtlarının üzerinden hastalıkları ve diğer sağlık sorunlarını sınıflandırmaktadır. Bu kayıtlar; klinik, epidemiyolojik ve nitelik amaçlı depolama ve teşhis bilgilerinin alınmasını sağlamanın yanı sıra, bu kayıtları da WHO (World Health Organization) üye devletleri tarafından ulusal ölüm ve kalıcı engellerin istatistiklerinin derlenmesi için temel oluşturmaktadır. Böylelikle, ülkeler tarafından geri ödeme ve kaynak tahsisine karar vermek için de kullanılmaktadır.

Ülkemizde, Bütçe Uygulama Talimatı'na göre; 01.07.2005 tarihinden itibaren hastalıkların ve sağlıkla ilgili sorunların uluslararası istatistiksel sınıflaması olarak kullanılan ICD 10 standardında yer alan Hastalık Sınıf Adı ile Hastalık Kodu'nun faturalarda bulundurulması zorunluluğu getirilmiştir [16].

Sağlık kurumlarında istenilen tüm tıbbı tetkiklerde olduğu gibi kan testleri için de uzmanların o test için uygun bulunan ICD 10 kodunu belirtmeleri gerekmektedir. Bu nedenle, ICD 10 kodları Kan Testi Ontolojisi'nde ilgili kavramlar için de eklenmiştir.

2.3 Sağlık alanında anlamsal web teknolojileri

Bir hasta ile ilgili sağlık verileri, doktorlar, klinikler, eczaneler, sigorta şirketleri ve hastaneler arasında tamamen dağılmış durumdadır. Anlamsal olarak zengin ve yüksek seviyede yapılandırılmış bu dağıtık klinik verinin sağlık alanında uygun izinler ile paylaşılması ve yeniden kullanılabilmesi, son yıllarda bilgi sistemlerinin odaklandığı önemli çalışma alanlarından biridir.

İnternetin hızla yayılması sonucunda web üzerinden kullanımı da desteklenmeye çalışılan bilgi sistemleri, bilgisayarların ve yazılımlarının teknolojik olarak hızla gelişmesi sonucunda her alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemler için hedef her ne kadar hedef bilgiyi paylaşmak, işlemek ve işlenen bilgiden yeni bilgiler çıkarmak olsa da, sistemlerde kullanılan bilgi sadece veri seviyesinde kalmakta; verinin anlamı ise kullanıcılar tarafından anlaşılabilmektedir. Ayrıca, verinin sistemler arası paylaşımı ise gerçekleştirilememektedir.

Verinin anlamını sunarak bilgiyi modellemeyi ve modellenen bilginin web üzerinden paylaşılarak birlikte çalışabilirliği hedefleyen Anlamsal Web, 1980'li yıllardaki web'in temellerini atan Tim Berners Lee tarafından, "Bilginin, bilgisayarlar ve insanların birlikte çalışabilmelerini sağlayacak şekilde iyi tanımlanmış anlamının bulunduğu günümüzdeki webin genişletilmesi" [17] olarak tanımlanmaktadır.

Anlamsal Web çalışmalarının odaklandığı temel konulardan biri, alana özgü ontolojilerin geliştirilmesi ve bunların bilgi sistemlerinde kullanılmasıdır. Felsefede metafiziğin en önemli dalı olarak görülen ve "varlık bilimi" olarak tanımlanan ontoloji; varlıklar ile varlıkların türleri ve bunlar arasındaki ilişkiler üzerinde çalışmaktadır. Bilgi teknolojileri ile birlikte kullanımı ile ontoloji yeni bir anlam kazanmıştır. Kavramsallaştırmanın açık belirtimi olan ontoloji [18], kavramların tanımları ile bu kavramların birlikte etki alanı üzerinde bir yapı oluşturmak için birbirleri ile nasıl ilişkili olduklarını ve terimler arasındaki olası yorumları kısıtlayarak belirtmektedir [19]. Ontolojiler, insanlar arasındaki iletişime yardımcı olmak, bilgisayar sistemleri arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak ve yazılım sistemlerinin süreç ve niteliğini arttırmak için kullanılmaktadır [20]. Ayrıca ontolojiler, bilgisayar sistemlerinin bilgiyi insanların anladığı şekilde yorumlayabilmesini hedeflemektedir.

Ontoloji geliştirmenin temel nedeni, belirli bir alandaki bilgiyi paylaşmak için ortak bir sözlük sağlamaktır. Ontolojilerde çalışma alanı kavramlar, kavramlar arasındaki ilişkiler ve bu ilişkiler üzerindeki kısıtlar ile tanımlanmaktadır. Ayrıca, alana özgü kurallar da tanımlanabilmektedir. Ontoloji geliştirmenin nedenleri aşağıdaki maddelerde özetlenmektedir [21]:

- İnsanlar ya da yazılım etmenleri arasında bilginin yapısı için ortak anlam sağlama,
- Alan bilgisinin yeniden kullanılabilirliğini sağlama,
- Alana özgü açık varsayımlar yapabilme,
- Alan bilgisini, işlemsel bilgiden ayırma,
- Alan bilgisini çözümleme.

3 Kan testi ontolojisi

Ontolojiler, otomatik muhakeme yapabilmeyi sağlamak amacıyla, mantıksal olarak tanımlanmış, terimlerin ve bu terimler arasındaki ilişkilerin üzerinde uzlaşılmış denetimli sözlüklerdir. Sağlık alanında ontoloji kullanımları bakıldığında çalışmaların odaklandığı noktanın alanı tanımlamak olduğu görülmektedir [22].

Birlikteçalışabilir bir sağlık bilgi sistemi için bilgi tabanında yer alan bilgilerin ontolojik olarak tanımlanması gerektiği düşünülmüş ve bu testler arasındaki ilişkiler Şekil 3'de gösterilmiştir. Sağlık bilgi sistemlerinde kullanılması hedeflenen tıbbi testlerin , sağlık kurumlarında yapılan kan testi sonuçlarını tanımlamak üzere Kan Testi Ontolojisi'nin geliştirilme sürecinde önerilen ontoloji geliştirme metodolojisi [21] izlenmiştir. Metodolojiyi geliştiriciler, diğer tüm ontoloji geliştiriciler gibi, ontoloji geliştirmek için tek ya da en doğru bir yöntem olmadığını özellikle vurgulamaktadırlar. Bu metodolojide her ne kadar nesneye dayalı tasarım [23],[24] fikirlerinden örnek alınmış olsa da, ontoloji geliştirmenin nesneye dayalı programlamadaki sınıflar ve ilişkilerden farklı olduğu da belirtilmektedir. Nesneye dayalı programlamada, sınıflar ve sınıfların yöntemleri üzerine yoğunlaşılmakta, yazılım geliştirici tarafından, tasarım sırasında bir sınıfın işlemsel özelliklerine dayanan kararlar verilmektedir. Ontoloji tasarımında ise sınıflar yerine kavramlar kullanılmaktadır. Ontoloji geliştirim sürecinde kavramların yapısal özelliklerine dayanan kararlar verilmektedir. Ontoloji, belirli bir alandaki kavramların, kavramların niteliklerini ve gösterimlerini tanımlayan her kavramın özelliklerini (roller ya da özellikler) ve bu özellikler üzerindeki kısıtların (rol kısıtları ya da görünüm) ve kavramlar arasındaki ilişkilerin açık bir gösterimi olarak tanımlanarak geliştirilmektedir. Bilgi tabanı ise ontolojideki sınıfların örneklerinin yaratılması ile oluşturulmaktadır.

Yaşam sıvısı olan kana ilişkin yapılan literatürdeki ilk ve tek ontoloji geliştirme çalışması BLO (Blood Ontology)'dir [25],[26]. BLO, hematoloji alanı için geliştirilmiş, özellikle kanın yapısını, kanın yapısı ile ilgili anormallikleri ve hastalıkları tanımlayan bir çalışmadır. Her hangi bir standart ile ilişkilendirmemiştir, kan testlerini ya da kanın yapısında bulunan maddeler ile ilgili tanımlamaları içermemektedir. Kan Testi Ontolojisi ise bir kişinin genel sağlık durumunu analiz etmek için kanındaki maddeleri ölçen tüm kan testlerini tanımlamaktadır. Örneğin; AST, ALT, Albümin gibi kanda bulunan maddeler Kan Test Ontolojisi için birer kavram olarak tanımlanırken, BLO'da bu kavramlara yer verilmemektedir.

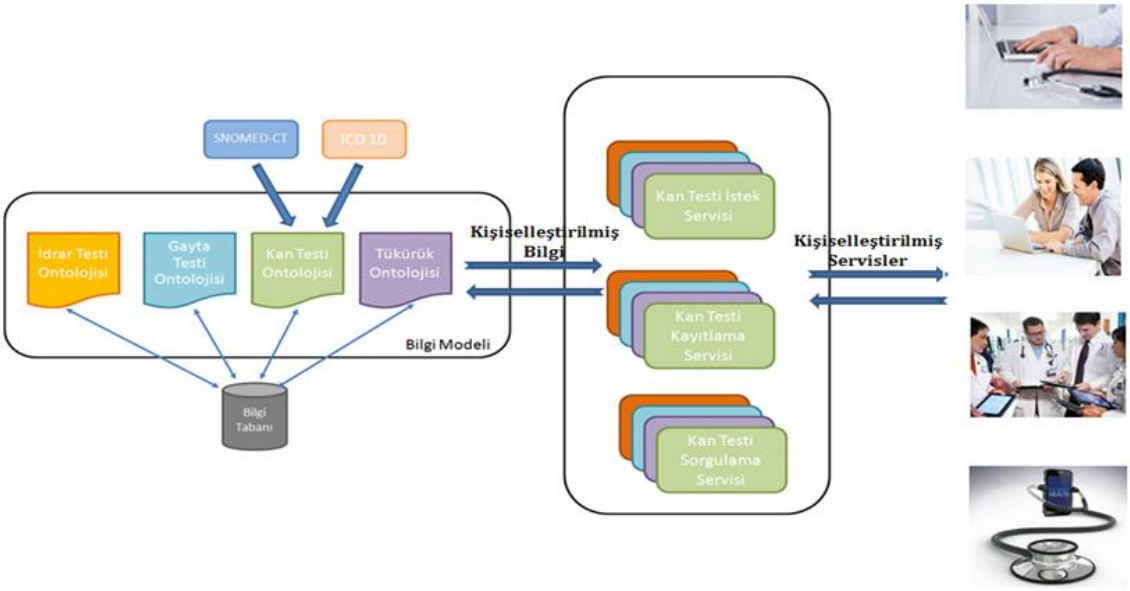
Kan Testi Ontolojisi'ni geliştirilmesi özyinelemeli bir süreç olarak gerçekleştirilmiştir. Ontolojideki kavramlar, modellenen alandaki fiziksel ya da mantıksal kavramlara ve bu kavramlar arasındaki ilişkilere benzer olarak tanımlanmaktadır.

Geliştirilen Kan Testi Ontolojisi, XMLSchema'yı ve RDF ve OWL ile geliştirilmiş bütün ontolojiler ile uyumluluğu destekleyen, OWL2 ontoloji dilinde Protégé 4.3 [27] ontoloji editörü kullanılarak geliştirilmiştir. Kan Testi Ontolojisi için tanımlanabilirlik derecesi ALCRIQ(D) DL olarak belirtilmektedir [28]. Ontolojinin şu anki sürümünde 127 kavram, 17 nesne özelliği, 9 veri özelliği ve 2 tane de ek açıklama (annotation) özelliği bulunmaktadır.

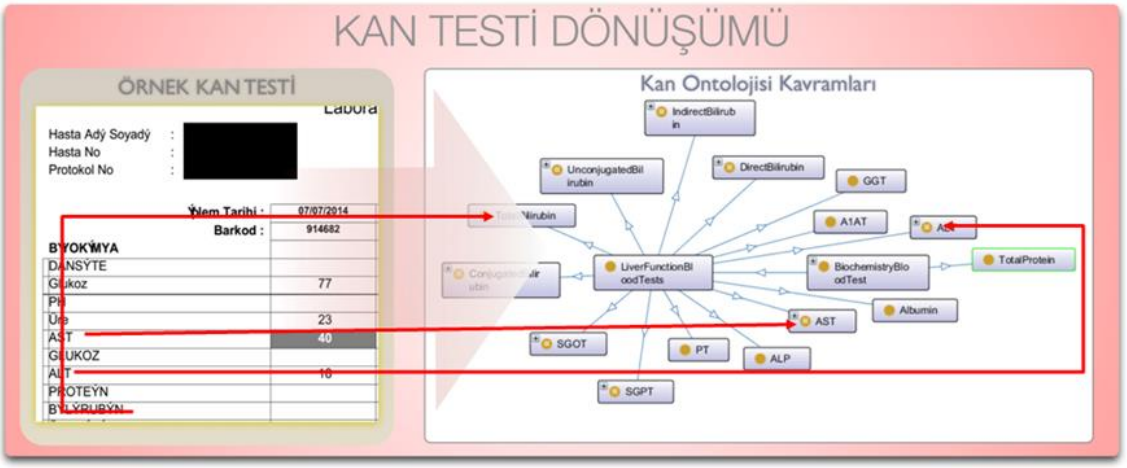
Basit bir kan testinin Kan Testi Ontolojisi içerisindeki kavramlar kullanılarak ifade edilmesi sağlanmaktadır. Örnek bir kan testindeki AST, ALT ve Bilirubin sonuçlarının Kan Testi Ontolojisi içerisinde eşlendiği kavramlar Şekil 4 içerisinde gösterilmektedir. Bu yapı sayesinde bir kişinin kan testi sonuçları Kan Testi Ontolojisi içerisinde ifade edilerek diğer etmenlerle birlikte bir değerlendirme sürecine hazır hale getirilmektedir. Kan testi içerisinde birbirinden bağımsız olarak görülen test sonuçları, Kan Testi Ontolojisi içerisinde birbirleri arasındaki bağlar ve bu sonuçların birbiri üzerindeki etkileri ile birlikte gösterilmektedir. Bu yapı hem kişi hem de doktorlar için daha zengin bir gösterim ve bilginin temsili açısından bağlı ve tutarlı bir yapı ortaya koymaktadır.

Ontolojide tanımlanmış olan örnekler (instances), bir diğer adıyla nesneler, bulunmamaktadır. Bunun nedeni ise, geliştirilen Kan Testi Ontolojisi'nin bilgi modeli olması, örneklerin ise bilgi tabanını oluşturmak üzere sistem üzerinden doğrudan veritabanına eklenmesi hedeflenmektedir. Ontolojinin geliştirilme sürecinde sadece kan testlerindeki maddeler, bu maddelere ilişkin grup testleri, alana özgü kullanıcılar ve kurumlar ve bunlar ile testler arasındaki ilişkiler ontoloji içinde tanımlanmıştır. Şekil 5'te geliştirilen Kan Testi Ontolojisi'nin temel kavramları ve bu kavramlar arasındaki ilişkiler gösterilmektedir. Kan Testi Ontolojisi gerçek hayattaki sağlık alanında söz konusu olabilecek durumları göstermek amacıyla modellenmektedir. Devam eden bir çalışma olarak da hastaların ve sağlık çalışanlarının yanı sıra tıbbi eğitimleri için tıp öğrencilerine yardımcı olması düşünülen bir klinik bilgi sisteminin bilgi tabanı olarak kullanılması hedeflenmektedir. Bu durumlar göz önünde bulundurularak, kan testini gösteren ontolojideki `BloodTest` kavramı öncelikle dört farklı alt kavram olan `EndocrinologyBloodTest`, `BiochemistryBloodTest`, `MicrobiologyBloodTest` ve `HematologyBloodTest` kavramlarına sınıflandırılmıştır. Bu kavramlar sırası ile hastanelerde kan testlerinin analiz edildiği endokrinoloji, biyokimya, mikrobiyoloji ve hematoloji laboratuvarlarına karşılık gelmektedir. Örneğin; Şekil 6'da görüldüğü gibi, kandaki karaciğer enzimleri olan AST ve ALT değerlerinin kan testi sonuçları `BiochemsitryBloodTest` kavramının alt kavramları olan `AST ve ALT` ile tanımlanırken, tiroit ile ilgili FT3 ve FT4 kan testleri `EndocrinologyBloodTest` kavramının alt kavramları olan `FT3` ve `FT4` alt kavramları ile tanımlanmaktadır.

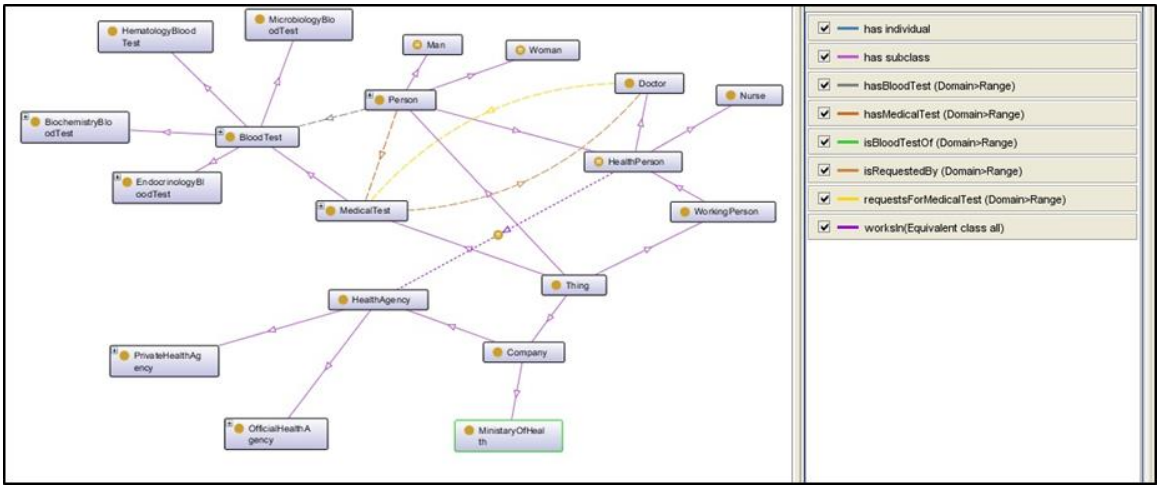
Kan Testi Ontolojisi aynı zamanda tıbbi bilişim standartlarından SNOMED-CT'yi desteklemektedir. SNOMED-CT conceptID'leri ontolojideki ilgili kavramlara `has_SNOMED_CT_Id` ek açıklama özelliği ile eklenmiştir. Veri özelliği ontolojilerde sadece kavramların örnekleri için tanımlanabilmektedir; fakat SNOMED-CT'de örnek yapısı bulunmamaktadır. Bu nedenle de kavramlara ilişkin conceptID'ler ek açıklama özelliği olarak eklenerek, bilginin paylaşılabilmesini destekleyecektir. Örneğin, Şekil 7'de kandaki albümin miktarını tanımlamak için Kan Testi Ontolojisi'nde oluşturulan `Albumin` kavramına ait SNOMED-CT'deki conceptID'sinin gösterimi `has_SNOMED_CT_Id` ek açıklama özelliği ile "`26758005`" değeri verilerek yapılmıştır.



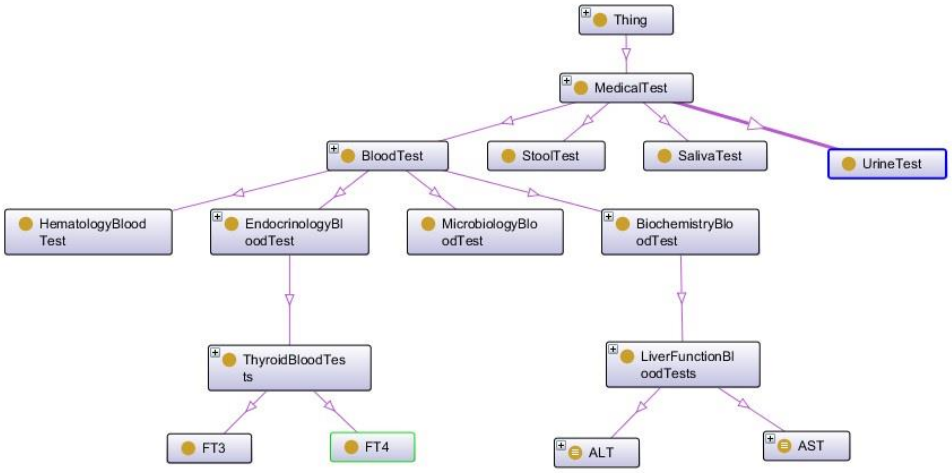
Şekil 3: Tıbbi testler arasındaki ilişkiler.



Şekil 4: Bir kan testi örneğinin Kan Test Ontolojisi'nde gösterimi.



Şekil 5: Kan Testi Ontolojisi temel kavramları ve aralarındaki bazı ilişkiler.



Şekil 6: Kan Testi Ontolojisi'nde sınıflandırma örneği.

```
<!-- http://semanticweb.ege.edu.tr/Ontology/BloodTestOntology#Albumin -->

    <owl:Class rdf:about="&BloodTestOntology;Albumin">
        <rdfs:subClassOf
rdf:resource="&BloodTestOntology;LiverFunctionBloodTests"/>

<BloodTestOntology:hasSNOMED_CT_ID>26758005</BloodTestOntology:hasSNOMED_CT_ID>
        <rdfs:comment>Albumin is the most abundant protein in human blood
plasma.</rdfs:comment>
        <rdfs:comment>This test can help determine if a patient has liver disease
or kidney disease, or if the body is not absorbing enough protein.</rdfs:comment>
        <rdfs:comment>Albumin is produced in the liver. </rdfs:comment>
    </owl:Class>
```

Şekil 7: Kan Testi Ontolojisi'nde SNOMED-CT kavramlarının gösterimi.

Kan Testi Ontolojisi'nde desteklenen bir diğer standart ise ICD 10 kodlarıdır. ICD 10 kodlarının özellikle maliyet yönetimi için sağlık kurumlarında istenilen her türlü tetkik ve reçete yazımında kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle Kan Testi Ontolojisi'nde `hasICD10Code` veri özelliği ile kavramlar ilişkilendirilmiştir. Bu veri özelliğinin ileriki çalışmalarda enfeksiyon ve diğer hastalıkları ile ilişkilendirilmesi hedeflenmektedir.

Kandaki ölçülen maddelerin diğer bir deyiş ile test kavramlarının referans değerleri hastanın yaşına, cinsiyetine göre değişmesi söz konusu olduğu için, Kan Testi Ontolojisi'nde nesne ya da veri özellikleri ile ontolojide tanımlanmamıştır. Örneğin, TIBC (Total iron-binding capacity - Toplam demir bağlama kapasitesi), kanın transferin ile demiri bağlama kapasitesini ölçen bir biyokimya laboratuvar testidir (http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/003489.htm). Bu testin bebekler, erkekler ve kadınlar için farklı referans değerleri bulunmaktadır. Bu sorunu çözmek için, referans değerleri için aşağıdaki gibi kurallar tanımlanmaktadır:

Eğer hasta 4 yaşın altında ise, TIBC referans değeri 100-400 mg/DL olmalıdır.

```
Patient(?p),Profile(?f),hasProfile(?p,?f),ha
sAge(?f,?a),lessThanOrEqual(?a,4)→hasTIBC(?f
,?r),TIBC(?r),DatatypeRestriction(?rxsd:minI
nclusive "100"^^xsd:integer xsd:maxExclusive
"400"^^xsd:integer)
```

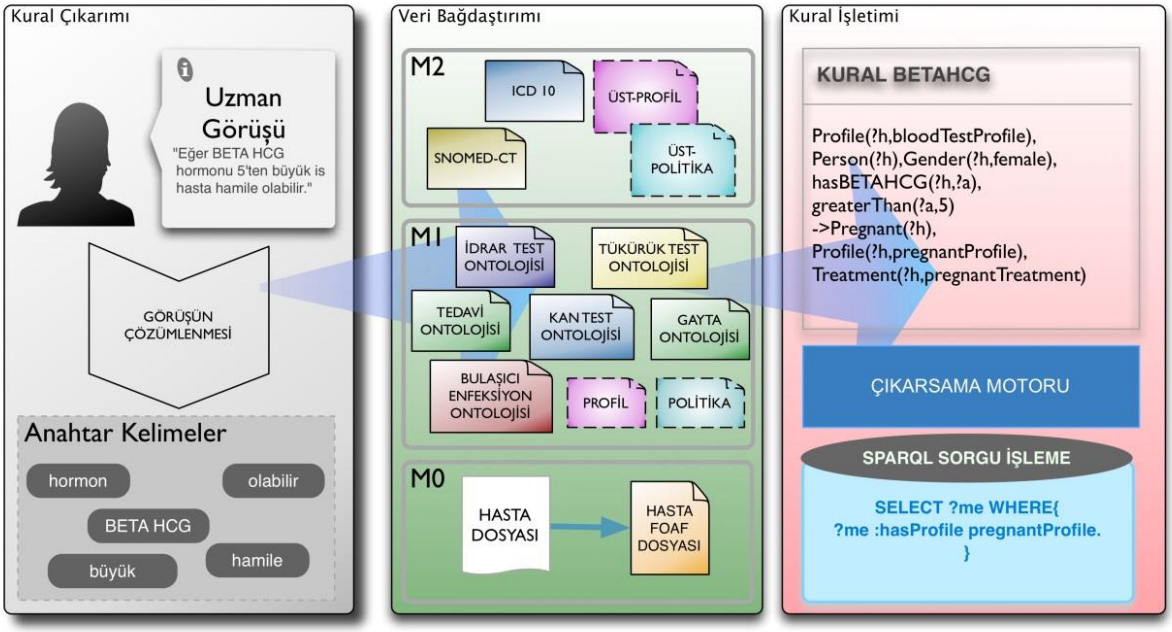
Eğer hasta kadın ise, TIBC referans değeri 215-480 mg/DL olmalıdır.

```
Patient(?p),Profile(?f),hasProfile(?p,?f),ge
nder(?f,"female"^^xsd:string)→hasTIBC(?f,?r)
,TIBC(?r),DatatypeRestriction(?rxsd:minInclu
sive "215"^^xsd:integer xsd:maxExclusive
"480"^^xsd:integer)
```

Eğer hasta erkek ise, TIBC referans değeri 225-480 mg/DL olmalıdır.

```
Patient(?p),Profile(?f),hasProfile(?p,?f),ge
nder(?f,"male"^^xsd:string)→hasTIBC(?f,?r),T
IBC(?r),DatatypeRestriction(?rxsd:minInclusi
ve "225"^^xsd:integer xsd:maxExclusive
"480"^^xsd:integer)
```

Bu kurallardaki `Profile` kavramı ve `hasProfile` nesne özelliği sağlık alanı için geliştirilen Profil Ontolojisi'nden [28] alınmaktadır. Profil Ontolojisi'nin kullanım durumu Şekil 8'de gösterilmektedir. Referans değerlerinin ontoloji içerisinde model seviyesinde tanımlanmamış olması, bu modeli kullanacak sistem için bir esneklik yaratacak, bakım ve maliyet açısından avantaj sağlayacaktır. Örneğin, toplam kolesterol için üst sınır bundan çok kısa bir süre önce 220 mg/DL iken, bu sınır 200 mg/DL olarak değiştirilmiştir. Bu değişim için, bilgi modeli yerine sadece kuralın değiştirilmesi yeterli olacaktır. Geliştirilen Kan Testi Ontolojisi'nin kullanılması planlanan klinik bilgi sisteminin mimarisi Şekil 8'de verilmektedir.



Şekil 8: Önerilen sistemin mimarisi.

Bir hasta için tedavi önerebilecek bir sistem tüm tıbbi bilgiyi içermeli ve sürekli yeni gelişmeler ile genişletebilir bir yapıya sahip olması gerekmektedir. Sağlık alanında hatalı ya da eksik bilgi, yanlış teşhise neden olabilir ve tedavinin sonucu ölümcül ya da kalıcı sakatlıklara yol açabilir. Teşhis ve tedavi amacıyla kullanılabilecek bir sistemin hastanın kişisel, hastalık ve tedavi bilgileri için yeterli anlamsal gösterimi sağlaması gerekmektedir. Bir hastaya ait tüm yapılandırılmış bilgiler ontolojiler ile tanımlanmaktadır. Kan Testi Ontolojisi'nin kullanılacağı klinik bilgi sistemi için önerilen sistemin merkezinde çok katmanlı ontolojik bir yapı bulunmaktadır. Bu sistemim üç bölümü bulunmaktadır: alan bilgisini parçalama (Kural Çıkarım Adımı), bilgi gösterimi (Veri Bağdaştırımı Adımı) ve bilgi çıkarsama (Kural İşletimi Adımı). Kural çıkarım adımında, kan testleri hakkında temel kuralların oluşturulması için uzman görüşleri alınmalıdır. [29] çalışmasından farklı olarak bu çalışma içerisinde, önerilen sistem mimarisi İdrar Test Ontolojisi, Tükürük Test Ontolojisi ve Gayta Ontolojisi 'de eklenerek Veri Bağdaştırım bölümü daha karmaşık uzman görüşlerini açıklayabilecek hale getirilmiştir. Bu çalışma içerisinde anlatılan Kan Test Ontolojisi, diğer test ontolojileri ile bağlanarak ortak çalışılabilir ve bir tetkik laboratuvarının tüm test ihtiyaçlarını karşılayabilecek hale getirilmiştir. Önerilen sistem bu haliyle test ontolojilerini kullanarak uzmanlara ve hastalar için tedaviye destek veren bir yapı ortaya koymaktadır.

4 Sonuçlar ve gelecek çalışmalar

Dağıtık ortamlarda bulunan, yüksek düzeyde yapılandırılmış ve zengin anlamsallığı olan klinik bilgi üzerinde çalışabilir olması istenen sağlık bilgi sistemlerinin bu gereksinimin karşılanabilmesi için, sağlık alanı tıbbi terimler ve ileti bilgi modelleri için standartlar geliştirmektedir. Tıbbi terminolojiler ve ileti bilgi modelleri için geliştirilen standartların ontolojiler ile tanımlanması, bilginin farklı sistemler arasında iletilebilmesi ve bu bilginin sistemden sisteme, programdan programa ve kurumdan kuruma aynı anlamı taşıması sağlanabilmektedir. Bilginin sorgulanması, üzerinde çıkarsama yapılması da yine ontolojiler üzerinden Anlamsal Web teknolojileri ile gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada, anlamsal web teknolojilerinin sunduğu desteği sağlık bilgi sistemleri için kullanılması amacıyla hastanın hastalık ile ilgili teşhisinde ipuçları veren kan testlerinin sonuçlarını tanımlamak üzere Kan Testi Ontolojisi geliştirilmiştir.

Kan Testi Ontolojisi, kişisel test sonuçlarına ilişkin bilgilerin kayıt altına alınmasının yanı sıra, bu bilgilerin paylaşılabilmesini, yeniden kullanılabilmesini ve yeni bilgiler çıkarılmasını desteklemektedir. Ayrıca, SNOMED-CT tıbbi terminolojisini ve ICD 10 kodlarını da destekleyerek, bu standardı ve kodu kullanan diğer sağlık bilgi sistemleri arasında uygun arayüzler ile bilgi iletimini sağlaması da gelecek çalışmalarda yer almaktadır. Bunun yanı sıra, Türkiye'de SağlıkNet [30],[31] programı kapsamında Sağlık Bakanlığı tarafından yürütülmekte olan standartlaşma çalışmaları olan USVS ve MSVS [32] incelenerek, gerekli veri setlerinin Kan Testi Ontolojisi'ne eklenmesi de gerçekleştirilecektir.

5 Kaynaklar

[1] Dorland WAN. *Dorland's Illustrated Medical Dictionary.* W.B. Saunders, Philadelphia, 32nd Ed., 2012.

[2] Sezer E, Can Ö, Bursa O, Ünalır MO. "Sağlık bilgi sistemleri: Kan test ontolojisi için durum çalışması". *2015 Akademik Bilişim Konferansları,* Eskişehir, Türkiye, 4-6 Şubat 2015.

[3] Intel Information Technology. "Converging technologies in healthcare IT, Computer Manufacturing Healthcare". http://www.intel.com/it/pdf/converging-technologies-in-healthcare-it.pdf (30.12.2013).

[4] Della Valle E, Cerizza D, Celino I, Dogac A, Laleci G, Kabak Y, Okcan A, Gulderen O, Namli T, Bicer V. "An eHealth Case Study: Applying Semantic Web Service Technology in the Healthcare Environment". *Semantic Web Services,* Springer, Berlin Heidelberg, 385-402, 2007.

[5] Bick U, Lenzen H. "PACS: The silent revolution". *European Radiology*, 9(6), 1152-1160, 1999.

[6] Jeffrey PH, Geoffrey MM. "The role of laboratory information systems in healthcare quality improvement". *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 21(7), 679-691, 2008.
[7] Ajami S, Bagheri-Tadi T. "Barriers for Adopting Electronic Health Records (EHRs) by Physician". *Acta Informatice Medica*, 21(2), 129-134, 2013.
[8] Coorevits P, Sundgren M, Klein GO, Bahr A, Claerhout B, Daniel C, Dugas M, Dupont D, Schmidt A, Singleton P, De Moor G, Kalra D. "Electronic health records: new opportunities for clinical research". *Journal of Internal Medicine*, 274(6), 547-560, 2013.
[9] Iakovidis I. "Towards personal health records: Current situation, obstacles and trends in implementation of Electronic Healthcare Records in Europe". *International Journal Medical Informatics,* 52(1-3), 105-115, 1998.
[10] CEN/ISSS eHealth Standardization Focus Group. "Current and Future Standardization Issues in the e-Health Domain: Achieving Interoperability". *Draft European Standard for CEN Enquiry*, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2005.
[11] Eichelberg M, Aden T, Reismeier J. "A survey and analysis of electronic healthcare record standards". *ACM Computing Surveys*, 37(4), 277-315, 2005.
[12] MN-PHIN Steering Committee. "Public Health Data Standarts, Improving How Public Health Collects, Exchanges and Uses Data". http://www.health.state.mn.us/e-health/standards/pubhstandards08.pdf (10.01.2015).
[13] Lopez DM, Blobel B. "A development framework for semantically interoperable health information systems". *International Journal of Medical Informatics*, 78(2), 83-103, 2009.
[14] National Health Service. "SNOMED CT®The Language of Electronic Health Records". http://www.connectingforhealth.nhs.uk/systemsandservices/data/uktc/training/snobrochure.pdf (03.01.2014).
[15] International Health Terminology Standards Development Organisation. "*SNOMED-CT® User Guide, January 2009 International Release"*. http://www.ihtsdo.org/fileadmin/user_upload/Docs_01/SNOMED_CT_Publications/SNOMED_CT_User_Guide_20080731.pdf (03.01.2014).
[16] Kaptanoğlu YA. "Birinci basamak ve yataklı kamu sağlık kurumlarının gelirlerinden yapılan ödemelerde performans yönetimi *kavramı*". *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, 1(3), 142-151, 2011.
[17] Berners-Lee T, Hendler J, Lassila O. "The semantic web". *Scientific American*, 284(5), 34-43, 2001.
[18] Gruber T. "Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing". Technical Report KSL93-04, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, 1993.
[19] Uschold M. "Knowledge level modelling: Concepts and terminology". *Knowledge Engineering Review*, 13(1), 5-29, 1998.
[20] Uschold M, Jasper R. "A framework for understanding and classifying ontology applications". *Proceedings of the IJCA-I99 Workshops on Ontologies and Problem-Solving Methods*, Stockholm, Sweden, 1999.
[21] Noy NF, McGuinness DL. "Ontology development 101: A guide to creating your first ontology". *Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880*, http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf (30.08.2013).
[22] Smith MK, McGuiness D, Volz R, Welty C. "Web Ontology Language (OWL) Guide Version 1.0". Technical Report, W3C World Wide Web Concortium, 2002.
[23] Booch G, Rumbaugh J, Jacobson I. *The Unified Modeling Language User Guide.* Addison-Wesley, 1997.
[24] Rumbaugh J, Blaha M, Premerlani W, Eddy F, Lorensen, W. *Object-Oriented Modeling and Design.* Englewood Cliffs, New Jersey, USA, Prentice Hall, 1991.
[25] Almeida MB, Proietti ABFC, Ai J, Smith B. "The Blood Ontology: An Ontology in the Domain of Hematology". *ICBO: International Conference on Biomedical Ontology*, 227-229, 2011.
[26] Ai J, Almeida MB, Andrade AQ, Ruttenberg A, Wong DTW, Smith B. "Towards a body fluids ontology: A unified application ontology for basic and translational science". *3rd International Conference on Biomedical Ontology*, Buffalo, NY, USA, 26-30 July 2011.
[27] Protégé. "Protégé" http://protege.stanford.edu/products.php (10.01.2015).
[28] Web Ontology Language. "OWL Ontology Metrics". http://owl.cs.manchester.ac.uk/metrics (10.01.2015).
[29] Bursa O, Sezer E, Can Ö, Ünalir MO. "Using FOAF for Interoperable and privacy protected healthcare information systems". *Metadata and Semantics Research-8th Research Conference, MTSR 2014*, Karlsruhe, Germany, 27-27 November 2014.
[30] TC. Sağlık Bakanlığı Bilgi İşlem Daire Başkanlığı. "Sağlıkta e-Dönüşüm". Ankara, Türkiye, 2007.
[31] TC. Sağlık Bakanlığı Bilgi İşlem Daire Başkanlığı. "SağlıkNET Entegrasyonu için Hastane Bilgi Sistemlerinin Temel Gereksinimleri". Ankara, Türkiye, 2007.
[32] TC Sağlık Bakanlığı. "Sağlık Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü". http://e-saglik.gov.tr/belge/1-33805/usvs.html (08.01.2015).