

# Mobil Ortamlar İçin Anlamsal Eşleme Tabanlı ve Konuma Duyarlı Bir Servis Arama Sistemi

Özgür GÜMÜŞ<sup>1</sup> Geylani KARDAŞ<sup>2</sup> Rıza Cenk ERDUR<sup>3</sup> Oğuz DİKENELİ<sup>4</sup>  
Ata ÖNAL<sup>5</sup> Özgün BAYRAK<sup>6</sup> Yusuf Engin TETİK<sup>7</sup>

<sup>1,3,4,5,6,7</sup>Ege Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü, 35100, Bornova, İzmir

<sup>1</sup>e-posta: gumus@bornova.ege.edu.tr <sup>2</sup>e-posta: geylani@bornova.ege.edu.tr

<sup>3</sup>e-posta: erdur@staff.ege.edu.tr <sup>4</sup>e-posta: oguzd@staff.ege.edu.tr

<sup>5</sup>e-posta: onal@staff.ege.edu.tr <sup>6</sup>e-posta: bayrak@bornova.ege.edu.tr

<sup>7</sup>e-posta: tetik@bornova.ege.edu.tr

## Özet

Bu bildirinin hedefi anlamsal eşleme yeteneğini mobil ortamlarla birleştirmektir. Bu bağlamda, mobil kullanıcılara anlamsal eşleme tabanlı bilgi arama yeteneği sunan bir ortam geliştirilmiştir. Bu ortamın en önemli özelliği alandan bağımsız olmasıdır. Bu, herhangi bir zamanda yeni alanların eklenebileceği ve kullanıcı arayüzlerinin bundan etkilenmeyeceği anlamına gelir. Bunu sağlamak için, arayüzler çalışma zamanında dinamik olarak oluşturulmaktadır. Anlamsal eşleme motorunun genel tasarımı da alandan bağımsızlığı desteklemektedir. Çünkü, genel eşleme motoru herhangi bir ontolojide yer alan kavramlara dayalı girdiler alıp, çıktılar verebilmektedir. Mimarinin etkinliğini göstermek amacıyla, kampüs ortamında mobil kullanıcıların yemek yemek ya da kalmak için en yakın yerleri bulabildikleri bir durum çalışması gerçekleştirilmiştir.

## Abstract

The main motivation of this paper is to integrate the semantic matching capability into the pervasive computing environments. In this context, we have developed an environment that provides a semantic matching based service information gathering capability for mobile users. An important feature of the developed environment is its domain independence that new domains can be added at any time. The generic design of the semantic matching engine also contributes to domain independence, since a generic matching engine can accept inputs and return outputs using concepts from any ontology. To show the effectiveness of the architecture, a case study was implemented in a campus area. In this case study, mobile users can find closest places to reside or eat something.

## 1. Giriş

Mobil bilişimi etkin kılan gelişmeler [1], mobil kullanıcıların her zaman ve her yerden bilgiye erişmelerini sağlayan altyapıyı oluşturmuştur. Bu altyapı üzerinde, mobil ortamlarda bilgiye erişim ve servis sunma için farklı uygulamalar geliştirilmiştir. Diğer taraftan, anlamsal web [2], bilginin ontolojiler kullanılarak anlamsal olarak gösterildiği ve işlendiği yeni bir web vizyonu tarif etmektedir. Bir ontoloji, bir alandaki kavramları tanımlar, her kavramın özelliklerini (niteliklerini) tarif eder, kavramlar arasındaki ilişkileri tanımlar. Kavramlar hakkında muhakeme yapmak (reasoning) için kurallar tanımlanabilir. Anlamsal eşleme, ontoloji tabanlı bir tür bilgi arama sürecidir. Bir anlamsal eşleme motoru, belirli bir ontolojide tanımlanmış kavram(lar)ı girdi olarak

alır ve girdi kavramlarıyla anlamsal olarak eşleştirilen bilgiyi geri döndürür. Anlamsal eşlemenin avantajı, tam bir eşleme bulunmadığında, anlamsal olarak ilişkili sonuçların kullanıcıya döndürülebilmesidir. Bu bildiride, ana hedef mobil ortamlarda anlamsal eşleme tabanlı bilgi aramanın yararlarını göstermektir.

Mobil bilişim ve anlamsal web literatüründe, anlamsal web teknolojilerini kullanan bazı önemli çalışmalar mevcuttur. Örneğin, bağlam (context) bilgisi modelleme ya da anlamsal servis bulunması için ontolojileri kullanan mobil uygulamalar vardır. Aşağıda, önceki çalışmalar, geliştirilen sistem ile karşılaştırmalı olarak özetlenecek ve bu çalışmanın onlardan farkı gösterilmeye çalışılacaktır.

Varolan servis bulma altyapılarını, anlamsal web teknolojileri kullanarak geliştiren çalışmaların örnekleri şunlardır: Chakraborty ve arkadaşları [3], servisleri tanımlamak için DAML (Darpa Agent Markup Language) kullanan bir anlamsal servis bulma altyapısı gerçekleştirmişlerdir. Bu altyapı, Prolog tabanlı bir akıl yürütme (reasoning) motoru içermektedir. Masuka ve arkadaşları [4], mobil ortamlardaki anlamsal servis bulmayı bir adım ileriye taşıyarak, anlamsal olarak bulunmuş servislerin daha karmaşık görevleri yerine getirmek için birleştirilmelerini sağlayan bir uygulama geliştirmişlerdir. Anlamsal servise bulmaya ek olarak, bağlam (context) bilgisini modellemek için ontolojileri kullanan çalışmalar da mevcuttur. Wang ve arkadaşları [5], mobil ortamlar için OWL (Web Ontology Language) ile gösterilen bağlam ontolojisi önererek, temel bağlam bilgisi modellemeyi geliştirmişlerdir. Chen ve arkadaşları [6], SOUPA (Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications) adında bir ontoloji tanımlamışlardır. SOUPA, OWL kullanarak akıllı etmenlerin inanış (belief), istek (desire) ve amaçlarını (intention) göstermek; zaman, uzay, olaylar, kullanıcı profilleri ve eylemleri ile güvenlik amaçlı politikalar için sözlükler tanımlar. Bu çalışmalar, hem anlamsal servis bulma hem de bağlam bilgisi modelleme için ontolojileri kullansa da, bu sistemlerde anlamsal eşleme yeteneği yoktur.

Diğer taraftan, mobil ortamlar için birçok konum-tabanlı klasik bilgi arama servisleri vardır [7]. Örneğin, mobil telefonları olan kullanıcıların en yakın restoran, dükkan v.b. gibi yerlere yönlendirilebildiği sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler, mobil kullanıcılar için standart bilgi arama servisleri olarak düşünülebilir. Bu çalışmada önerilen sistemi bunlardan ayıran iki özellik vardır. İlk özellik, alandan bağımsız ya da açık olmasıdır. Bu, herhangi bir zamanda yeni alanların eklenebileceği anlamına gelmektedir. Bu alanları sorgulamak için isteklerin girileceği görsel kullanıcı arayüzleri, bu alan ontolojisine ait kavramları içeren XML dosyasının transfer edilmesi ve ayrıştırılması ile çalışma zamanında dinamik olarak oluşturulmaktadır. Farklılığı oluşturan ikinci özellik ise anlamsal eşlemenin desteklenmesidir. Anlamsal eşleme ile, kullanıcının isteğine cevap olarak, anlamsal eşleme derecesine göre sıralı bir sonuç listesi sunulur ve kullanıcının anlamsal olarak en yakın bilgiye erişmesi sağlanır. Sonuç olarak, bu çalışmada, önceki çalışmalar bir adım öteye götürülerek, mobil ortamlarda bilgiye erişim sürecine anlamsal eşleme yeteneği kazandırılmış ve sistem alandan bağımsızlığı destekleyecek şekilde modellenmiştir.

## 2. Örnek Bir Senaryo

Bu bildiride önerilen sistemin kullanımını göstermek amacıyla aşağıda örnek bir senaryo verilmiştir:

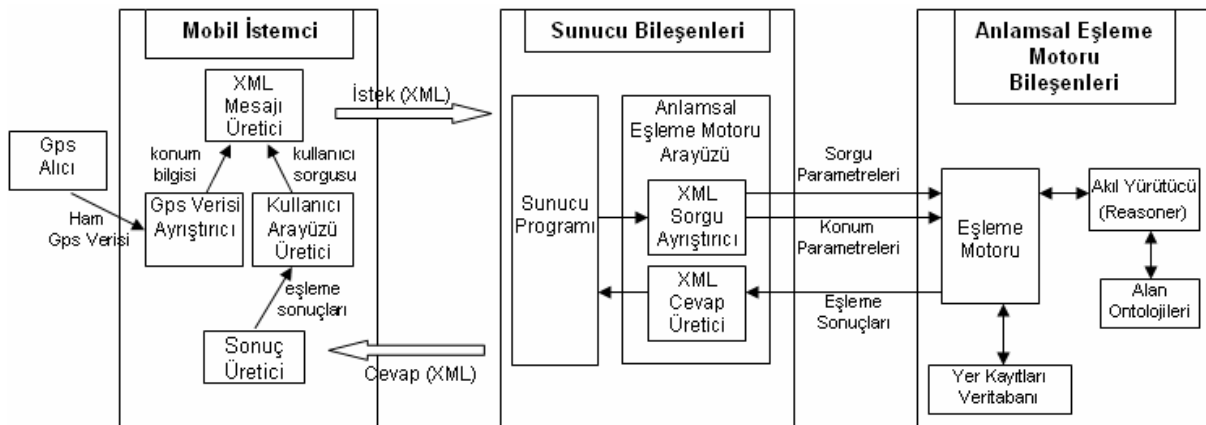
Ankara'da yaşamakta olan Ali, üniversite giriş sınavı sonucunda İzmir'de Ege Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nü kazanmıştır. Onun yeni yaşama alanı olan Ege Üniversitesi kampüsü ve yakın çevrelerinde yemek yemek, kalmak ya da alışveriş yapmak gibi farklı alanlarda

hizmet sunan yerlerin aranabileceği bir mobil sistem altyapısı mevcuttur. Ali kampüse ilk ulaştığında, mobil cihazını kullanarak mobil kullanıcılara sunulan hizmetleri listelemesini ister ve önceden kalacak yer ayarlamadığı için kalacak bir yer bulmak amacıyla *kalacak yer* alanını seçer. Sonra kendisinin kalacak yer ile ilgili isteklerini girebilmesi amacıyla dinamik olarak bir görsel arayüz oluşturulur. O, arayüzden *özel yurt* kavramını seçer. Ayrıca, ücret ve oda kapasitesi gibi (mesela tek kişilik odada kalmak istemektedir) filtreleme kriterleri de seçer. Fakat, kalacak yer bulmakta geç kalmıştır ve dönen sonuçlara baktığında hiç özel yurt göremez. Ancak, anlamsal eşleme motoru, Ali'nin belirttiği özelliklere uyan ve kendisinden olan uzaklıklarına göre sıralı bir biçimde bazı pansiyonların isim ve adreslerini döndürmüştür. Dolayısıyla, bu pansiyonları dolaşarak kendisine kalmak için uygun bir yer bulur. Bu arada akşam olmuş ve karnı acıkmıştır. Hemen mobil cihazından *yemek yeri* alanını seçer ve karşısına yemek yeme yerleri ile ilgili kavramları içeren isteğini girmesi için bir görsel arayüz dinamik olarak oluşturulur. O da arayüzden *Pizzacı* kavramını seçer ve anlamsal eşleme motoru listenin başında iki adet pizzacı ve bir tane de kuru yemekli yer döndürür. Çünkü *Pizzacı* ve *KuruYemekliYer* kavramları *yemek yeri* ontolojisinde anlamsal olarak ilişkilidir. Ali çok acıkmıştır ve dönen kuru yemekli yerin pizzacılara göre daha yakın olduğunu fark ederek oraya gitmeye karar verir. Alışveriş, kültürel etkinlikler gibi diğer hizmet alanlarında da aynı şekilde yer bulunabilir. Son olarak, sadece kampüs alanında değil, bir kenti ziyaret eden turistler ya da kiralama/satın alma amacıyla emlak arayan v.b. kişiler için de belirli bir şehirde benzer senaryolar uygulanabilir.

Bu bildiriye, yukarıdaki örnek senaryonun gereksinimlerini sağlayacak bir sistem geliştirmek için tasarlanan bir yazılım mimarisi tanıtılmaktadır. Örnek senaryonun en önemli noktaları, mimarinin yeni hizmet alanlarının eklenmesine olanak verecek şekilde açık bir sistem olması ve isteklere karşılık anlamsal olarak ilişkili yerlerin bulunabilmesidir.

### 3. Sistem Mimarisi

Geliştirilen uygulama üç temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar, mobil istemci, sunucu ve anlamsal eşleme motoru bileşenleridir. Bu bileşenlerin iç birimleri Şekil 1'de gösterilmiştir ve izleyen alt bölümlerde daha detaylı olarak anlatılacaktır.



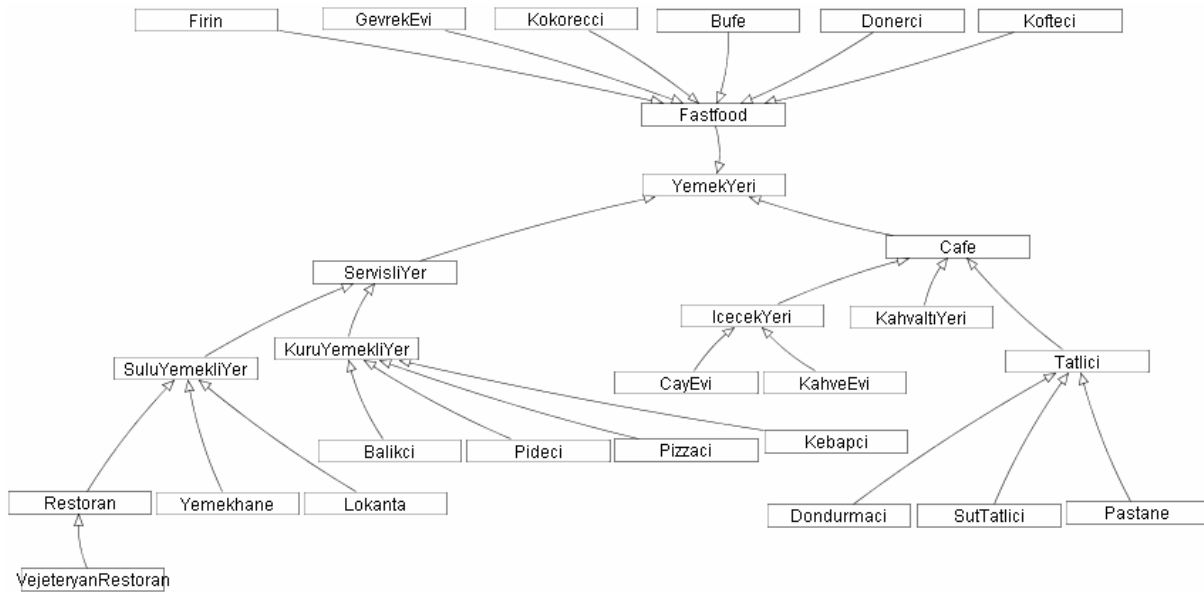
Şekil 1. İstemci ve sunucu bileşenlerinin iç birimleri

### 3.1 Mobil İstemci Bileşeni

Mobil istemci bileşenin görevleri şunlardır: GPS verisini almak, kullanıcı isteklerini almak ve sonuçları görüntülemek için gereken arayüzü oluşturmak, kullanıcı isteğini XML formatında sunucuya göndermek ve XML formatında gelen sonuçları ayrıştırmak. GPS verisi, GPS alıcı cihazıyla elde edilir. Mobil cihaz ile GPS alıcı arasındaki bağlantı Bluetooth alıcı/verici ile sağlanır.

“GPS Verisi Ayrıştırıcı” birimi, GPS alıcısından gelen konum verisini ayrıştırmaktan sorumludur. GPS alıcı ile mobil cihaz arasında Bluetooth aracılığıyla bir bağlantı kurulmasının ardından Bluetooth’un seri portu üzerinden bir GPS verisi akışı başlar. İstemcinin en güncel konumunu elde edebilmek için “GPS Verisi Ayrıştırıcı” birimi, saniyede bir güncellenen GPS mesajlarını periyodik olarak okur. Bu birim GPS verisini okuduktan sonra bu veriyi ayrıştırır ve enlem (Latitude) ve boylam (Longitude) koordinatlarını elde eder.

“Kullanıcı Arayüzü Üretici” birimi, görsel arayüzlerin çalışma sırasında dinamik olarak oluşturulmasından sorumlu olduğu için çok önemlidir. Öncelikle, belirli bir alan ontolojisine ait kavramları içeren XML dosyası sunucudan transfer edilir. Daha sonra bu dosya ayrıştırılarak bir görsel arayüz yaratılır. Sonuç olarak, kullanıcıların isteklerini girebilecekleri arayüz, çalışma sırasında alandan bağımsız olarak yaratılır. Gerçekte, ontolojiler anlamsal eşleme motoru bileşeninde OWL dilinde tutulmaktadır. Ancak, mobil cihazlar sınırlı kaynaklara sahip oldukları için ve mobil cihazda ayrıştırma işlemini etkin kılmak için bu ontolojiler basitleştirilerek XML formatına çevrilmişlerdir. Diğer türlü, mobil cihazın OWL dokümanlarını ayrıştırmak için gereken kodu işletebilmesi gerekecekti.



Şekil 2. Bir alanda hizmet sunan yerlerin hiyerarşisini gösteren örnek bir yemek yeri ontolojisi

Kullanıcı anlamsal eşlemeye tabi tutulacak yer tipini seçtikten sonra sigara içilmesi, park yeri ve çocuk oyun alanı gibi ek tercihlerini de belirtebilir. Kullanıcı seçenekleri alındıktan sonra, bunlar GPS verisi ile birlikte “XML Mesajı Üretici” birimi tarafından XML formatına dönüştürülür ve GPRS-HTTP ağ bağlantısı aracılığıyla sunucuya gönderilir. XML standart bir veri gösterim dili olduğu için, isteklerin ve sonuçların XML formatında iletilmesi tercih edilmiştir. Örneğin, kullanıcı

*Kebabci* kavramını seçer ve çocuk oyun alanı olmasını tercih ederse, buna karşılık üretilen XML formatındaki istek aşağıdaki gibi olacaktır:

```
<istek>
  <YerTipi>Kebabci</YerTipi>
  <OyunAlani>Var</OyunAlani>
  <GPSVerisi>
    <Enlem>22.333</Enlem>
    <Boylam>52.444</Boylam>
  </GPSVerisi>
</istek>
```

“Sonuç Üretici” birimi, HTTP sunucudan cevap olarak gelen XML formatındaki sonuçları ayrıştırır. Bu sonuçlar, XML dokümanı olarak düzenlenmiş bir koleksiyon şeklindedir. Ayrıştırıcı, bu koleksiyon üzerinde dolaşarak her bir sonuç verisini ekrana basması için “Kullanıcı Arayüzü Üretici” birimine geçirir. Örneğin, sonuç XML dokümanının bir kısmı aşağıda verilmiştir:

```
<EslemeSonuclari>
  <sonuc>
    <isim>Antep Sofrası</isim>
    <EslemeDerecesi>Tam</EslemeDerecesi>
    <Sigara>Yok</Sigara>
    <Parkyeri>Var</Parkyeri>
    <OyunAlani>Var</OyunAlani>
    <Adres>Üniversite Cad. No:5 Bornova</Adres>
    <Tel>+90-232-1111111</Tel>
    <CalismaSaatleri>09:00-24:00</CalismaSaatleri>
    <GPSVerisi>
      <Enlem>27.223</Enlem>
      <Boylam>38.544</Boylam>
    </GPSVerisi>
    <Uzaklik>450m</Uzaklik>
  </sonuc>
  :
  :
</EslemeSonuclari>
```

Bu sonuç, “Antep Sofrası” isimli yerin kullanıcının isteğiyle tam olarak eşleştirildiğini söylemektedir. Ayrıca, yer hakkındaki sigara içilmesi, park yeri, çocuk oyun alanı, adres, telefon, çalışma saatleri, coğrafi konum (GPS verisi) ve kullanıcıya olan uzaklığı gibi detay bilgileri de sonuçta yer almaktadır.

### 3.2 Sunucu Bileşeni

Bir Java Servlet bileşeni olan sunucu programı, kullanıcı isteğini alır ve “Anlamsal Eşleme Motoru Arayüzü” birimine geçirir. Bu birimin “XML Sorgu Ayrıştırıcı” alt birimi, isteği anlamsal eşleme motorunun anlayacağı formata dönüştürür ve Şekil 1’de gösterildiği gibi anlamsal eşleme motoruna gönderir. Daha sonra, anlamsal eşleme motorundan gelecek sonuçları bekler. Eşleme sonuçları, eşleme derecesine ve konum bilgisine göre sıralı olarak bir koleksiyon içerisinde gelir. Bu koleksiyon, “XML Cevap Üretici” alt birimi tarafından yine bir XML mesajına dönüştürülür. Sonra, oluşturulan XML mesajı, HTTP cevabı olarak istemciye gönderilebilmesi için Servlet bileşenine iletilir.

### 3.3 Anlamsal Eşleme Motoru Bileşeni

Anlamsal eşleme motoru, belirli bir alanda hizmet sunan kayıtlı yerler hakkında bilgileri tutan bir kayıt kütüğüdür. Bu kütük, bir şeyler yemek, kalmak veya alışveriş yapmak için en yakın yeri bulmak amacıyla alana özel bilgi kullanılarak aranabilir. Sonuç olarak, belirli bir alanda hizmet sunan bir yerin, önceden belirlenmiş alan ontolojisindeki kavramları kullanarak kendini eşleme motoruna kaydettirmesi gerekir. Örneğin, bir kebabçı, Şekil 2’de verilen *yemek yeri* ontolojisinde tanımlı olan *Kebabçı* kavramını kullanarak kendini kaydettirmelidir.

Eşleme sürecindeki temel düşünce, kayıtlı kavramlar arasından istenilen kavramla aynı olanı bulmaktır. Ancak, kayıtlı olan ve istenilen kavramlar doğrudan doğruya aynı olmayıp anlamsal olarak ilişkili olabilir. Bu durumda, anlamsal eşleme sürecine ihtiyaç duyulur. Anlamsal eşleme süreci, kayıtlı olan ve istenilen kavramlar arasındaki anlamsal ilişkiyi tanımlayabilen bir eşleme sürecidir. Anlamsal eşleme motoru da bu süreci işleten yazılım bileşenidir ve iç birimleri Şekil 1’de görülmektedir. Örneğin, bir yer kendisini *Tatlıcı* kavramını kullanarak eşleme motoruna kaydettirmişse, *Tatlıcı* arayan bir istek, bu kayıtlı yer ile eşleştirilir. Anlamsal eşleme süreci ile, eğer *Tatlıcı* ile *Dondurmacı* kavramları arasında bir ilişki varsa, *Dondurmacı* arayan bir istek te aynı kayıtlı yer ile eşleştirilir.

Literatürde, özellikle anlamsal web servislerinin bulunmasına yönelik algoritmalar sunan bazı çalışmalar [8, 9] mevcuttur. Bu çalışmada, önceki çalışmalarda web servisleri için önerilen eşleme algoritmaları, yeniden tasarlanarak belirli bir alanda hizmet sunan yerleri bulmak için uyarlanmıştır. Şekil 1’de sunulan sistemle, mobil kullanıcılar kendi istekleri ve global konumlarına bağlı olarak *en uygun* yerlerin bir listesini alabilmektedirler. Belirli bir alanda istenilen yer tipi ve global konum, anlamsal eşlemeyi gerçekleştirmek için motora verilen girdilerdir. Her yer, sunduğu hizmet tipini belirtmek için önceden tanımlanmış alan ontolojisini ve konumunu belirtmek için ise GPS verisini kullanarak kendisinin motora kaydettirir. Bu kayıtlar, “Yer Kayıtları Veritabanı” biriminde tutulur.

Yer tipleri, tanımlı isim uzayı (namespace) URI’lerine sahip ontoloji sınıflarıdır. Bu çalışmada, farklı alanlarda hizmet sunan yerleri eşleme motoruna kaydetmek için “Yer” isimli bir kavram tanımlanmıştır. Bu kavramın sahip olduğu niteliklerden en önemlisi, farklı alan ontolojilerinden değer alan ve kayıtlı yerin alana özel verisini belirten “Yer Tipi” niteliğidir. Diğer önemli iki nitelik, kayıtlı yerin coğrafi konumunu belirten “GPS Enlem” ve “GPS Boylam” nitelikleridir. Diğer nitelikler ise şunlardır: isim, adres, telefon, çalışma saatleri, sigara içilmesi, park yeri ve çocuk oyun alanı.

İstenilen ve kayıtlı olan yerlerin tipleri sırasıyla  $K_1$  ve  $K_2$  kavramları ile gösterilsin. Eşleme algoritmasına göre, “Eşleme Motoru” birimi bu kavramlar arasında dört farklı eşleme derecesi bulabilir:

- $K_2$  ve  $K_1$  aynı ya da  $K_1$ ,  $K_2$ ’nin alt sınıfı ise, *Tam (Exact) eşleme*
- $K_2$ ,  $K_1$ ’den daha genelse ( $K_2$ ,  $K_1$ ’i kapsıyorsa), *Uyumlu (Plug-in) eşleme*
- $K_2$ ,  $K_1$ ’den daha özelse ( $K_1$ ,  $K_2$ ’yi kapsıyorsa), *Kapsanan (Subsumed) eşleme*
- Yukarıdaki koşulların hiçbirine uymuyorsa, *Başarısız (Fail)*

“Eşleme Motoru” biriminin puanlama işlevi şu sıradadır: *Tam > Uyumlu > Kapsanan > Başarısız*. Motor, kayıtlı yerleri istenilen yer tipi ile olan anlamsal eşleme derecelerine göre sıralar. Yerlerin GPS verisi, aynı eşleme derecesine sahip yerleri kendi aralarında sıralamak için kullanılır.

“Akıl Yürütücü (Reasoner)” birimi, URI’leri verilen iki ontoloji sınıfı arasındaki üst sınıf ilişkilerine bakarak hiyerarşik sınıf uzaklığını bulur. Örneğin, Şekil 2’de verilen basit ontoloji sınıf ağacına göre, (*Kebapci, Cayevi*), (*Kebapci, Kebapci*), (*Kebapci, KuruYemekliYer*) ve (*Kebapci, ServisliYer*) ontoloji sınıf çiftleri için hiyerarşik sınıf uzaklıklarını sırasıyla -1, 0, 1, ve 2 olarak bulur. Çoklu kalıtım olması durumunda, bir alt sınıftan üst sınıfa farklı yollar olacağı için en kısa olanı hiyerarşik sınıf uzaklığı olarak kabul edilir. “Eşleme Motoru” birimi, ontoloji sınıfları arasında bulunan bu hiyerarşik sınıf uzaklıklarını kullanarak, istenilen ve kayıtlı olan yerler arasındaki eşleme derecesini tespit eder. Bu, aşağıda verilen kod parçası ile gerçekleştirilir:

```
If uzaklik = 0 or uzaklik = 1 then TAM eşleme
If uzaklik > 1 then UYUMLU eşleme
If uzaklik < 0 then ters_uzaklik hesapla
    (ters_uzaklik, parametrelerin yer değiştirmesi anlamındadır)
    If ters_uzaklik > 0 then KAPSANAN eşleme
    Else eşleme BASARISIZ
```

Eşleme dereceleri bulunduktan sonra, *anlamsal olarak eşit* olan sonuçlar, bunların kullanıcıya olan uzaklıklarına göre sıralanır. Gerçekleştirmenin basit olması amacıyla, GPS verisinin sadece enlem ve boylam değerleri hesaba katılmakta ve iki nokta arasındaki uzaklık, bu noktaların enlem ve boylam değerlerini kullanan bir formül [10] ile hesaplanmaktadır.

#### 4. Durum Çalışması

Bölüm 2’de anlatılan örnek senaryoya benzer bir senaryo, örnek bir durum çalışması olarak gerçekleştirilmiştir. Test senaryosunu gerçekleştirebilmek için, kampüste ve kampüse yakın yerlerde GPS alıcı ile dolaşarak yemek yemek ve kalmak için mevcut yerlerin GPS verileri toplanmıştır. Sonra, bu yerler “Yer” kavramı kullanılarak anlamsal eşleme motoruna kaydedilmiştir. Bu kavramın “Yer Tipi” niteliği için, yemek hizmeti sunan yerlerin (Şekil 2) ve kalacak yerlerin tiplerine karşılık olarak iki örnek ontoloji OWL ile tanımlanmıştır. Ayrıca, bu ontolojilerin basitleştirilmiş XML formatındaki dosyaları da hazırlanarak sunucuda depolanmıştır. Bu XML dosyaları çalışma sırasında görsel arayüzün dinamik olarak oluşturulması için mobil cihaza gönderilir. Son olarak, mobil cihaz aracılığıyla kampüsün farklı yerlerinde farklı istekler oluşturularak eşleme motorunun döndürdüğü sonuçlar incelenmiştir.

Mobil cihazlarda ekranlar genellikle kısıtlı olduğu için yaratılan kullanıcı arayüzleri çok karmaşık değildir. Başlıca kullanıcı arayüz penceresi, sunucudan alınan verilerin, kullanıcının uygulamayı kontrol etmesi için seçebileceği menü seçenekleri şeklinde listelenmesini sağlar. Kullanıcı uygulamayı başlattıktan sonra öncelikle bir hizmet alanı ve bu alanda yer alan yerlerin hiyerarşisini kullanarak bir yer tipi seçer. Sonra sistem sonuçları eşleme derecesine göre sıralı olarak döndürür. Ayrıca, kullanıcı dönen sonuçlardan birisini seçerse, sistem o yer ile ilgili detaylı bilgi de verir.

Senaryoya paralel olarak kullanıcının *yemek yeri* alanını seçtiğini düşünelim. Bu alandaki yerlerin hiyerarşisini takip ederek kullanıcı *Tatlıcı* kavramını seçsin. Daha sonra, yemek yemek istediği yerin sigara içilmeyen ve park yeri olan bir tatlıcı olduğunu belirten ek tercihlerini de girsin. Kullanıcının isteğini belirtmek için yaptığı seçimlerin ekran görüntüleri Şekil 3’te görülmektedir. Sonuç olarak, *Tatlıcı* kavramı, sigara içilmemesi ve park yeri istekleri ile kullanıcının konumu sunucuya ve anlamsal eşleme motoruna gönderilir.



Şekil 3. Kullanıcının isteğini belirtmek için yaptığı seçimlerin ekran görüntüleri

Anlamsal eşleme sürecinden sonra, motor, eşleme derecesine ve kullanıcıya olan uzaklıklarına göre sıralı olarak üç adet tatlıcının olduğu bir liste döndürür. Sonra, kullanıcı dönen sonuçları seçerek onların daha detaylı bilgilerini görür. Eşleme sonuçları listesini ve dönen her yerin detaylı bilgisini gösteren ekran görüntüleri Şekil 4’te görülmektedir.



Şekil 4. Eşleme sonuçları listesini ve dönen her yerin detaylı bilgisini gösteren ekran görüntüleri

Şekil 4’te de görüldüğü gibi, dönen tatlıcılardan ilki kullanıcı isteğiyle *Tam*, diğer ikisi ise *Kapsanan* eşleme derecesine sahiptir. İkinci ve üçüncü tatlıcılar kullanıcıya olan uzaklıklarına göre sıralıdır. Kullanıcı, *Tam* eşleme derecesine sahip ilk tatlıcıyı ya da *Kapsanan* eşleme derecesine sahip ama kendisine en yakın olan ikinci tatlıcıyı seçebilir.

## 5. Sonuç

Anlamsal web teknolojilerinin mobil ortamlara entegrasyonu, mobil kullanıcılar için daha iyi servisler gerçekleştirilmesine yardımcı olacaktır. Bununla ilgili olarak, mobil kullanıcılar için anlamsal eşleme tabanlı bir bilgi arama servisi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen bu uygulama kullanılarak anlamsal olarak ilişkili bilginin bulunabilmesi sağlanmış ve anlamsal eşleme sürecinin kullanıcıya sunulan bilginin kalitesini ve ilgisini artırdığı gözlenmiştir.

Gelecekte, eşleme sonuçlarının bir harita üzerinde ve eşleme derecelerine göre farklı renklerde sunulmasına çalışılacaktır. Ayrıca, kullanıcının dönen sonuçlardan istediği birisini tek tuşa basarak arayıp rezervasyon yaptırabilmesine ve haritayı ve yönlendirme talimatlarını takip ederek istediği yere ulaşmasının sağlanmasına çalışılacaktır. Bu amaçla kampüsün bir haritasının oluşturulması çalışmalarına başlanmıştır.



## Kaynakça

- [1]. Satyanarayanan, M., "Pervasive Computing: Vision and Challenges", IEEE Personal Communications, vol.8, no.4, Ağustos 2001, s.10-17.
- [2]. Berners-Lee, T., Hendler, J. ve Lassila, O., "The Semantic Web", Scientific American, 284(5), s.34-43.
- [3]. Chakraborty, D., Perich, F., Avancha, S. ve Joshi, A., "Dreggie: Semantic Service Discovery for M-commerce Applications", 20th Symposium on Reliable Distributed Systems, 2001.
- [4]. Masuoka, R., Labrou, Y., Parsia, B. ve Sirin, E., "Ontology-Enabled Pervasive Computing Applications", IEEE Intelligent Systems, Vol.18, No.5, Eylül-Ekim 2003, s.68-72.
- [5]. Wang, X. H., Zhang, D. Q., Gu, T. ve Pung, H. K., "Ontology based Context Modeling and Reasoning using OWL", Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, 14-17 Mart 2004.
- [6]. Chen, H., Perich, F., Finin, T. ve Joshi, A., "SOUPA:Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications", Proceedings of the First Annual Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, Boston, MA, 2004.
- [7]. Deitel, Wireless Internet and Mobile Business: How to Program, Prentice Hall, 2002.
- [8]. Paolucci, M., Kawamura, T., Payne, T. R. ve Sycara, K., "Semantic Matching of Web Services Capabilities", Proceedings of the First International Semantic Web Conference (ISWC), Sardunya, İtalya, Haziran 2002.
- [9]. Li, L. ve Horrocks, I., "A Software Framework for Matchmaking based on Semantic Web Technology", Proceedings of WWW'2003, Budapeşte, Macaristan, s.331-339.
- [10]. Green, R. M., Textbook on Spherical Astronomy, 6. Basım, Cambridge University Press, İngiltere, 1985.