

GELENEKSEL WEB TABANLI ÖĞRETİM SİSTEMLERİNDEN UYARLANIR ÖĞRETİM SİSTEMİNE GEÇİŞ: UHÖS İÇİN TASARIM YAKLAŞIMLARININ İNCELENMESİ

Şeref SAĞIROĞLU*, İlhami ÇOLAK ve H. Tolga KAHRAMAN

*GEMEC_ Gazi Elektrik Makineleri ve Enerji Kontrol Grubu, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Gazi Üniversitesi,06570 Maltepe, Ankara

GEMEC_ Gazi Elektrik Makineleri ve Enerji Kontrol Grubu, Elektrik Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi Gazi Üniversitesi, 06500 Beşevler, Ankara

(Geliş/Received: 24.01.2008 ; Kabul/Accepted: 08.09.2008)

ÖZET

Geleneksel bilgisayar destekli öğretim sistemleri kullanıcıların bireysel farklılıklarını dikkate almaksızın tüm kullanıcılar için aynı öğretim stratejisini kullanarak statik sayfalardan oluşan öğretim materyalini öğrencilere sunmaktadırlar. Bu durum, bilgisayar destekli öğretim sistemlerinin sınıf ortamında gerçekleştirilen yüz-yüze öğretim yöntemine alternatif olamadığı gibi, öğretim etkinliği açısından kabul edilebilir bir kazanımın sağlanamamasına sebep olmaktadır. Bu makalede, bilgisayar destekli öğretim sistemlerinde öğrenim verimliliğini üst düzeye çıkartan, geleneksel sistemlerden tamamen farklı bir mimari yapıya ve tasarım yaklaşımına sahip *Uyarlanı Hipermedya Öğretim Sistemi (UHÖS)* incelenmektedir. Çalışmada genel bir UHÖS mimarisi verilmiştir. UHÖS'ün merkezi bileşeni olan öğrenci modelinin oluşturulması ve bu model içerisinde kullanıcının bilgi alanı hakkındaki bilgi düzeyinin tespit edilmesi örnek bir uygulama ile açıklanmıştır. UHÖS'ün geleneksel sistemlere göre üstünlükleri sunulmuş ve mevcut çalışmalar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uyarlanı hipermedya öğretim sistemi, bilgisayar destekli öğretim sistemi, kullanıcı modelleme, bilgi alanı modelleme, uyarlama modeli

TRANSITION TO ADAPTIVE EDUCATIONAL HYPERMEDIA SYSTEMS FROM WEB BASED EDUCATIONAL SYSTEMS: REVIEW OF DESIGN APPROACHES FOR THE AEHS

ABSTRACT

Traditional computer-aided tutoring systems provide an educational material that includes static pages for students, but they do not consider the differences among students. So computer-aided education systems might not be alternative for traditional education in the classroom as well as obtain acceptable profit in point of the instructional quality in education. In this paper, Adaptive Educational Hypermedia System (AEHS) has been observed because of having different architecture and design approach, and making superior the instructional efficiency on the computer aided tutoring systems. General architecture of AEHS is also presented. Building up the student model that is a central component of the AEHS, and determining the knowledge level of user about the domain are explained with an application. Moreover the superiorities of AEHS according to computer-aided tutoring systems are presented and the existing studies about the AEHS are evaluated.

Keywords: Adaptive educational hypermedia system, computer-aided education system, user modeling, domain modeling, adaptation model

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Uyarlanı Hipermedya Öğretim Sistemi "UHÖS", geleneksel Bilgisayar Destekli Öğretim Sistemlerinin

(BDÖS), temel çalışma prensibi olan "biri hepsine uyar" mantığını terk ederek, öğretim çevresinde öğrencileri tek-tek bireyler olarak ele almaktadır [1]. UHÖS, öğrencilerin her biri için konu alanı hakkın-

daki bilgi düzeyini, tercihini ve öğrenme stilini çeşitli zeki yaklaşımlardan faydalanıp tespit ederek, kullanıcı modelini oluşturur. UHÖS, bu modeli her bir öğrenciye özgü öğretim stratejisini belirlemek için kullanarak öğretim materyalini (alıştırmalar, animasyonlar, video-ses-metin dosyaları, testler vs.) öğrencilerin ihtiyaçlarına uyarlayarak sunmaktadır. BDÖS ile UHÖS karşılaştırıldığında UHÖS teknolojisiyle hazırlanan uygulamalarda çalışan öğrencilerin çalıştıkları konu hakkında başarılarını ölçen testlerde daha fazla başarı sağladıkları görülmektedir [2–5].

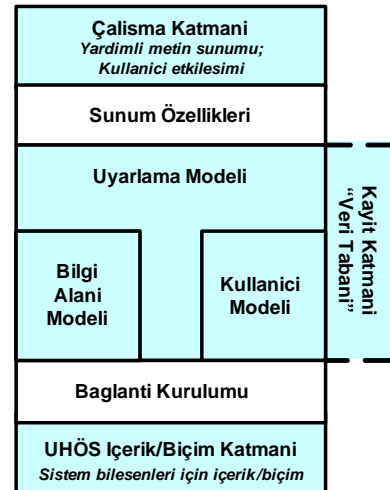
UHÖS ile çalışan öğrencilerin konu ile ilgili testlerde gösterdikleri başarının BDÖS ile çalışanlara göre yaklaşık olarak %40'lara ulaşan oranlarda arttığı ve çalışma sürelerinin yaklaşık olarak %30'lara ulaşan oranlarda azaldığı görülmektedir [2–4]. UHÖS, geleneksel BDÖS'den tamamen farklı tasarımsal yaklaşıma sahip ve özel bir öğretmenin yerini alarak onun gibi öğretim stratejisi gerçekleştirmeye çalışan sistemdir [6]. UHÖS'de, her bir kullanıcının amacı, tercihi ve bilgi düzeyi farklı modellendiğinden, bu model kullanıcı ile etkileşim sırasında yeni oluşan ihtiyaçlara göre yeni uyarlamalarda kullanılmaktadır [7–8]. Geleneksel BDÖS'deki başlıca zayıflık, öğrencilerin bilgi düzeylerini, tercihlerini, yeteneklerini ve geçmiş deneyimlerini hesaba katmaksızın tüm kullanıcılarına aynı içeriği sunmalarıdır [9]. UHÖS'ler ise, bir derse ait içeriği kavram haritalarına dönüştürüp, kullanıcının bilgi düzeyini, öğrenme stilini, tercihlerini, davranış özelliklerini bireysel kullanıcı modelleri içerisinde temsil ederek, kullanıcılara farklı ortam araçları ile en uygun öğretimsel sunumu gerçekleştirirler. Bunun da ötesinde kullanıcılarının cinsiyet farklılıklarını dikkate alarak öğretimsel strateji belirleyen çalışmalarda mevcuttur [10]. Tablo 1'de, geleneksel BDÖS ve UHÖS'ün oluşturulması sürecindeki tasarım ve yazım adımları farklılıkları sunulmuştur.

Bu çalışmanın takip eden bölümlerinde UHÖS'ün daha iyi anlaşılması için; Bölüm 2'de, AHAM (Adaptive Hypermedia Application Model) referans

modeli ve UHÖS sistem mimarisi açıklanmaktadır. Bölüm 3'de, UHÖS tasarımı adı altında sistem mimarisinin temel bileşenleri olan *Bilgi Alanı Modeli*, *Kullanıcı Modeli*, kullanıcı bilgi alanı modelinin “Naive Bayes” (NB) sınıflandırıcı kullanılarak örnek bir uygulama ile oluşturulması, UHÖS'de yaygın olarak kullanılan makine öğrenme algoritmaları ile yapılan çalışmaların incelenmesi verilmiştir. Bölüm 4'de, UHÖS'de *Uyarlama Modeli* tasarımı verilmektedir. Bölüm 5'de, UHÖS'de uyarlanı dolaşım desteğinin nasıl sağlandığı açıklanmaktadır. Bölüm 6'da, UHÖS'ün mevcut sistemlerle karşılaştırılması yapılmaktadır. Bölüm 7'de, genel değerlendirmeler ve öneriler sunulmuştur. Bölüm 8'de, elde edilen bulgular ve sonuçlar verilmiştir.

2. AHAM REFERANS MODELİ VE UHÖS SİSTEM MİMARİSİ (THE AHAM REFERENCE MODEL AND THE ARCHITECTURE OF AEHS)

Şekil 1'de, UHÖS mimarisinin tasarımında temel bir model olarak alınan AHAM uygulama modeli verilmiştir. Bu model, “içerik/biçim”, “kayıt” ve “çalışma” katmanları olmak üzere üç katmandan



Şekil 1. AHAM referans modeli (AHAM reference model) [11]

Tablo 1. BDÖS ile UHÖS'ün oluşturulması sürecindeki tasarım ve yazım adımlarının karşılaştırılması [6] (Comparison design and software steps of traditional computer aided educational system and the AEHS in the development process).

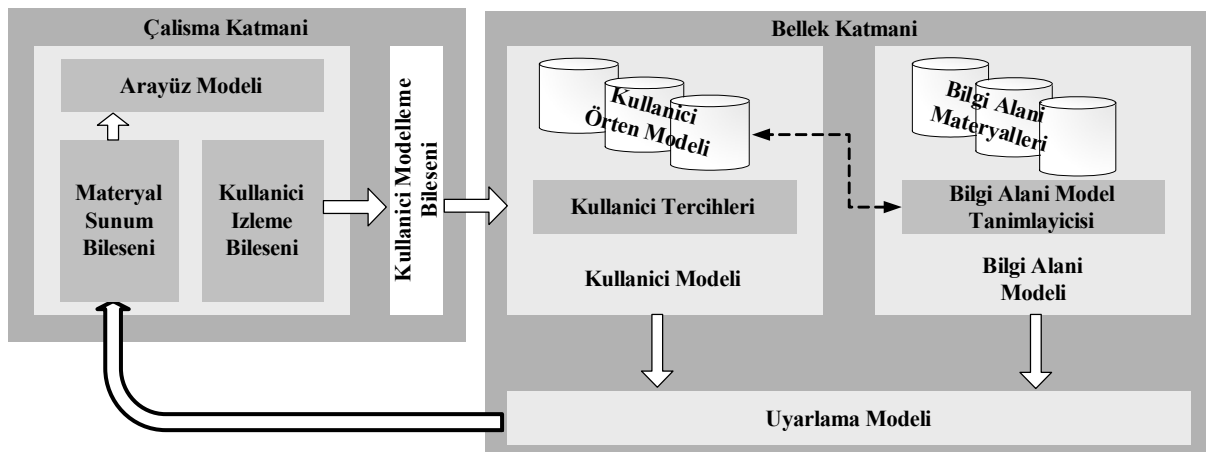
	BDÖS	UHÖS
Tasarım	-	Bilgi uzayı tasarımı ve düzenlenmesi
	-	Genel bir kullanıcı modeli tasarımı
	-	Öğrenme amaçları kümesinin tasarımı
	Eğitim bilgi uzayının tasarımı ve düzenlenmesi	Eğitim bilgi uzayının tasarımı ve düzenlenmesi
	-	Eğitim materyali uzayı ve bilgi uzayı arasındaki bağlantıların tasarlanması
Yazım	Sayfa içeriğinin oluşturulması	Sayfa içeriğinin oluşturulması
	Sayfalar arasındaki linklerin tanımlanması	Sayfalar arasındaki linklerin tanımlanması
	-	Her bir bilgi öğesinin birkaç tanımının oluşturulması
	-	Bilgi öğeleri arasındaki linkleri tanımlama
	-	Eğitim materyali sayfaları ve bilgi öğeleri arasındaki linklerin tanımlanması

oluşmaktadır. “İçerik/biçim” katmanı ile “kayıt katmanı” arasındaki bağlantı “bağlantı kurulumu” modeli kullanılarak sağlanırken, “kayıt katmanı” ile “çalışma katmanı” arasındaki bağlantı “sunum özellikleri” modeli kullanılarak sağlanır.

AHAM referans modeli, UHÖS geliştirmek için güçlü temeller sağlar ve çoğu UHÖS’ün ana özelliklerini genel olarak tanımlar [11]. Bu model, “Dexter yardımcı metin referans modeli” üzerine kurulmuştur [12]. Dexter referans modeli, yardımcı metin sistemlerini konu alan iki çalışma toplantısı neticesinde UHÖS için temel bir mimari ve terminolojinin oluşmasını sağlamıştır [7, 11–12]. Bu yapı içerisindeki *çalışma katmanında*, sayfaların sunulması ve kullanıcının cevaplarının izlenmesi için gerekli adımlar gerçekleştirilir.

Sunum özelliklerinde, kullanıcı eylemleri için uygulama ara yüzünün olası davranışları tanımlanır. *Uyarlama modeli* ise, uyarlama kurallarına bağlı olarak kullanıcı modeli ve bilgi alanı modelini uyarlama yöntemlerine göre birbirine bağlar [13,14]. *Kullanıcı modelinde*, kullanıcı ve onun güncel durumunun sistemde temsil edilmesi sağlanır. *Bilgi alanı modelinde*, yardımcı metin uygulamasının içeriği, yapı, kavramlar, sayfalar ya da düğümler açısından sistemde temsil edilir. *UHÖS içerik/biçim katmanında* ise yardımcı metin ağ materyallerinin biçim ve içerikleri düzenlenir. Metinler, grafikler, animasyonlar, benzetimler, resimler ve birçok çeşit veri, yardımcı metin sistemlerinin materyalleri olarak kullanılabilir.

Şekil 2’de, genel bir UHÖS mimarisi verilmektedir. UHÖS mimarisi, AHAM uygulama modeli referans alınarak *çalışma* ve *bellek katmanları* olmak üzere temel olarak iki katmanda düzenlenmiştir. Çalışma katmanındaki *kullanıcı ara yüz modeli*, sunum sayfasındaki kontrollerin düzenlenmesinden ve *materyal sunum bileşeninden* aldığı materyalleri kullanıcı modeline uygun olarak kullanıcıya sunmaktan sorumludur.



Şekil 2. Genel UHÖS mimarisi (General architecture of AEHS)

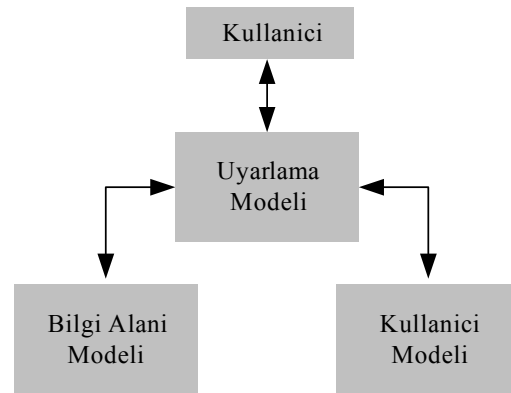
Kullanıcı izleme bileşeni, kullanıcının sisteme kayıt olmasından itibaren sistemle etkileşim kurduğu süreçte kullanıcının eylemlerini izler. Bu bileşen kullanıcı bilgi alanı modelinin oluşturulması ve kullanıcı tercihlerinin saptanması için gerekli bilgileri toplar. *Kullanıcı modelleme bileşeni*, kullanıcı modelinin oluşturulması ve güncellenmesinden sorumludur. Kullanıcının sisteme ilk kayıt olması esnasında *kullanıcı örtün modelini* oluşturur. UHÖS’de kullanıcı bilgi düzeyinin ve öğrenme stiline tespit edilmesi için kullanılan makine öğrenme algoritmaları; bu bileşene ait sınıflarda tanımlanır.

Bilgi alanı uzmanları ve sistem tasarımcıları UHÖS’ün tasarımı aşamasında ortak çalışarak *bellek katmanına* ait “bilgi alanı modelini” ve “uyarlama modelini” hazırlarlar. *Uyarlama modeli*, bilgi alanı modeli ve kullanıcı modelindeki bilgileri kullanarak “içerik seçim kurallarına” bağlı olarak uygulamanın davranışını belirler.

UHÖS mimarisi hakkında daha fazla bilgi edinmek için [7, 15–16] numaralı kaynaklar incelenebilir.

3. UHÖS TASARIMI (DESIGN OF AEHS)

Şekil 3’de, UHÖS mimarisinin temel bileşenleri olan, *Bilgi Alanı Modeli*, *Kullanıcı Modeli* ve bu modelleri kullanarak kullanıcılara uyarlanı bir materyal sunumu



Şekil 3. UHÖS’ün temel bileşenleri (Core components of AEHS)

hazırlayan *Uyarlama Modeli* verilmiştir. Geliştirilen UHÖS'ün etkinliği bu üç modelin tasarımına bağlıdır.

Bilgi alanı modeli, belirli bir alandaki konunun içeriğini uyarlanır sistemin kullanacağı biçimde temsil eder. *Kullanıcı modeli*, temel olarak dinamik ve statik iki bileşenden oluşur. *Dinamik bileşen*, kullanıcının bilgi alanı modelinin güncel durumunu, tercihlerini ve deneyimlerini; kullanıcı ile etkileşim kurulduğu sürece güncellenirken, *statik bileşen*, kullanıcının kimlik bilgilerinin yanı sıra öğrenme stili gibi bilgilerini ilk oturum esnasında öğrenip daha sonra sabit olarak bu bilgileri kullanır.

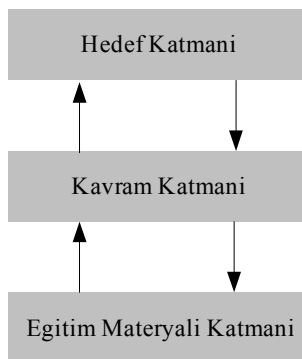
Uyarlama modeli ise kullanıcı, kullanıcı modeli ve bilgi alanı modeli ile ilişki içerisindedir. Uygulamanın davranışını ve kullanıcı ara yüzü öğelerini tanımlar. Uyarlama modeli, kullanıcının bilgi düzeyine ve tercihlerine uygun olarak bilgi alanından ilgili materyallerin alınması ve kullanıcıya sunulması işlemlerinden sorumludur. Bir UHÖS uygulaması olan MAID'de uyarlama modelinin görevi *etkileşim* ve *arayüz* olarak ayrıştırılmıştır [17].

UHÖS'ün ana bileşenleri olan, *Bilgi Alanı Modeli*, *Kullanıcı Modeli* ve *Uyarlama Modeli* tasarımı takip eden alt başlıklarda açıklanmıştır.

3.1. UHÖS Bilgi Alanı Modeli Tasarımı (Design of Domain Model of AEHS)

UHÖS'ün kullanıcının bilgi düzeyine, tercihin ve öğrenme stiline ve eksikliklerine uygun bir materyal sayfası hazırlaması için bilgi alanının özelliklerini ve yapısını bilmelidir. Bu amaçla bilgi alanının yapısı geleneksel sistemlerden farklı olarak bilgi alanı uzmanı tarafından belirlenen öğrenme amaçları kümesi ile ilişkilendirilir. Bilgi alanı kullanıcılar için amaçlanan uyarlama özelliklerine cevap verecek yapıda hazırlanmalıdır. Bu amaçla bilgi alanına ait her bir konu farklı bilgi düzeylerine sahip öğrencilere uygun açıklamalarla, örneklerle, animasyonlarla ve testlerle desteklenerek alternatif ortam araçları ile sunulabilmelidir.

Şekil 4'de, UHÖS bilgi alanı modeli verilmiştir.

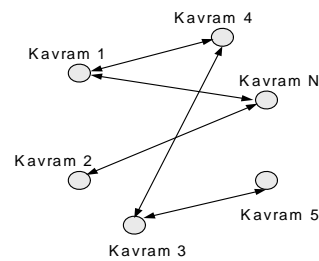


Şekil 4. UHÖS bilgi alanı modeli (Domain model of AEHS) [18]

UHÖS'de bilgi alanı modeli genel olarak üç katmanda düzenlenmektedir [18–20].

İlk adımda, öğrenme amaçları kümesinin tanımlandığı ve kullanıcıların öğretimsel ihtiyaçlarına uygun bilgiye erişmelerine olanak tanıyan *hedef katmanı* tasarlanır. İkinci adımda, hedef katmanındaki amaçlar ile ilişkili kavramların bulunduğu ve *hedef katmanı* ile *materyal katmanı* arasındaki ilişkiyi sağlayan *kavram katmanı* tasarlanır. Üçüncü adımda ise kavramlarla ilişkili çeşitli sunum biçimlerinde hazırlanmış konular, testler, örnekler ve ek açıklamalardan oluşan ve ikinci katmandaki kavramlarla ilişkili konulara ve kavramlara ait materyallerin yerleştirildiği *eğitim materyali katmanı* tasarlanır. Böyle bir yapı tasarlamadaki ana amaç pedagojik kararları destekleyen ve aynı bilgiye ait farklı tiplerde eğitim materyali sağlayabilen bir öğretim ortamını oluşturmaktır [18].

Kullanıcı, bilgi alanı modeline, uygulamaya ait ara yüzden doğrudan erişir. Bu erişim kullanıcının ara yüzdeki sorulara cevap vermesi, konu ve/veya kavram linklerini tıklaması şeklinde olabilir. Uygulamaya ait her soru, konu ve/veya kavram linki hedef katmandaki bir ya da birden çok kavramla ilişkilidir. Bu ilişki doğrudan sistem tasarımcısı ve bilgi alanı uzmanı kişiler tarafından tanımlanır. Şekil 5'de, temel bir kavram ağı modeli verilmiştir. Kavram ağı modeli, her hangi bir konunun temel bilgi parçalarını temsil eden (konuyla ilişkili) *bilgi alanı öğelerinden* (kavramlar) oluşur. Kavramlar arasındaki ilişki bilgi alanının yapısına bağlı olarak uzmanlar tarafından tanımlanır [17]. Kavramlar, bilgi alanına, uygulama alanına ve tasarımcıya bağlı olarak bilgi alanına ait bilgiyi büyük ya da daha küçük parçalar olarak temsil edebilirler [6]. Bilgi alanı kavramlarının kümesi bir *bilgi alanı* modelinin hedef katmanı ile materyal katmanı arasındaki ara katmanı oluşturur.



Şekil 5. Kavram ağı modeli (Concept network model) [6]

Tasarımcılar düğüm haritasında, düğümler arasında meydana gelen yapısal ilişkileri çizmek zorundadırlar. UHÖS'deki en önemli ilişki çeşitleri, kavramlar arasındaki ön şart olma ilişkileridir. Bunlar, bir kavram öğrenilmeden önce öğrenilmesi zorunlu olan ilişkili başka kavramları temsil ederler [19–27]. *Ön şartlar*, öğrencinin “Kavram 4'ü” tam olarak anlaması için “Kavram 4'ü” ziyaret etmeden önce “Kavram 1'i” öğrenme zorunluluğu “Kavram 1” ve “Kavram 4” arasında ön koşul ilişkisi olduğunu gösterir. Düğümler arasındaki bir başka ilişki çeşidi ise yayılım ilişkileridir.

Yayılm, öğrenci “Kavram 4’ü” anladığı zaman, aynı zamanda “Kavram N’in” bir kısmını anlayabilir. Bu durumda “Kavram 4” ile “Kavram N” arasında bir yayılım ilişkisi mevcuttur. MAID’de bilgi alanını oluşturan düğümler arasındaki ilişkiyi tanımlamak için her iki ilişki çeşidi de tanımlanmaktadır [17].

Şekil 6’da verildiği gibi, tipik bir UHÖS’ün bilgi düzeni iç içe bağlı iki “ağ” ya da “uzay” olarak düşünülebilir. Bu ağlardan birincisi, kavramların (bilgi uzayı) ağı ve ikincisi eğitim materyali ile ilgili sayfaların ağıdır. UHÖS sistemine ait bilgi alanının tasarımı üç önemli alt adımı içermektedir. Bu adımlar, bilgi uzayının ve sayfa uzayının ayrı-ayrı düzenlenmesi ile bunların birbirlerine bağlanmalarıdır [6,17].

Bilgi uzayı (kavram ya da düğüm haritası) oluşturulduktan sonra, bilgi uzayı ile sayfa uzayı arasındaki bağlantılar kavram-temelli sayfa uzayı (Şekil 6a), sayfa (Şekil 6b) ve parça indeksleme (Şekil 6c) olmak üzere farklı şekillerde yapılabilir [6]. *Kavram-Temelli Sayfa Uzayında*, her kavram bir eğitim materyali sayfasına bağlıdır (Şekil 6a). Sayfa uzayı, bilgi uzayının bir kopyasıdır. Büyük bilgi uzayları için uygun bir yaklaşım değildir. *Sayfa İndekslemeye*, sayfanın içeriği ile ilişkili olan her bir kavram ve o sayfa arasında bağlantılar oluşturulur (Şekil 6b). Bir sayfa kavram tarafından işaret edilen bilginin bir parçasını sunuyorsa o zaman bu kavram sayfa indeksinin içerisinde yer alır. Bu yöntemde de her bir kavram için ön şart ilişkisi oluşturulabilir. *Parça İndeksleme* ise güncel ve en doğru yaklaşımlardan biridir. Sayfanın içeriğini bir parça kümesine bölme ve bu parçanın içeriği ile ilişkili olan bilgi alanı modeli kavramları ile bu parçaların bir kısmını (ya da tamamını) indeksleme fikrine dayanır (Şekil 6c). Sistem indekslenmiş her bir parçada sunulan öğeyi bilir. Bu bilgi gelişmiş uyarlanı sunum için etkili bir

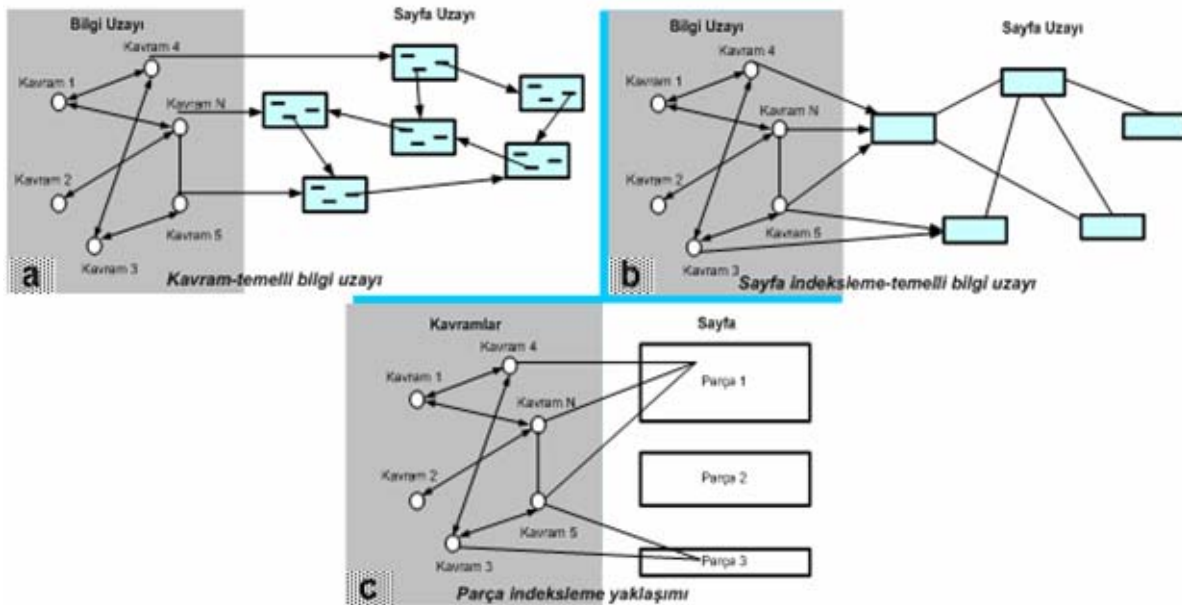
şekilde kullanılabilir. Belirli bir parçada sunulan kavramlar hakkındaki kullanıcının bilgi düzeyine bağlı olarak sistem kullanıcıdan farklı parçaları saklayabilir [6].

Genel bir UHÖS tasarımı için güncel bir yöntem olarak “MAID Meta Model” yaklaşımı verilebilir. Bu model UHÖS mimarisini, bilgi alanı, kullanıcı, etkileşim ve ara yüz modelleri ile kurmakta ve AHA (Adaptive Hypermedia Architecture) mimarisini kullanmaktadır. Sistem e-posta hesabını etkili şekilde kullanmayı öğreten bir uygulama üzerinde denlenmiştir.

MAID’de bilgi alanı modeli tanım dokümanı üç alt şemadan oluşur. Bunlar: *düğüm haritası*, *ön şart haritası* ve *yayılm haritası*’dır. Düğümler, kavramları ve sayfaları temsil edebilir. Herhangi bir alt konuya ait materyalleri temsil eden düğümler bir düğüm adasında toplanır. Tasarımcılar bir düğüm adasında üç tip düğüm tanımlayabilirler. Bunlar: örnekleri, konunun ana metnini ve testleri temsil eden düğümlerdir [17]. UHÖS bilgi alanının tasarımı konusunda detaylı bilgi için [6–7, 16–18] numaralı kaynaklara başvurulmalıdır.

3.2. UHÖS Kullanıcı Modeli Tasarımı (Design of AEHS User Model)

UHÖS kullanıcı modeli, statik ve dinamik olmak üzere iki alandan oluşur. Statik alanda kullanıcının adı, yaşı gibi özel tanımlayıcı bilgilere ek olarak öğrenme stili gibi uygulama tarafından belirlenebilen, ayrıca istenen etkiyi sağlamadığı takdirde kullanıcı ve uygulama tarafından zamanla değiştirilebilen bilgiler tutulur [19–20, 28]. Dinamik alanda ise esas olarak kullanıcının bilgi alanı hakkındaki durumu temsil edilmekle beraber geçmiş oturumlara ait kullanıcı bilgileri, kullanıcının aldığı testler, çalıştığı materyaller ve hangi materyale ne kadar süre ile kaç



Şekil 6. UHÖS bilgi uzayı biçimlendirme yaklaşımları (Approaches of forming the domain space of AEHS) [6]

defa çalıştığı gibi dinamik özelliğe sahip bilgiler tutulur. Kullanıcı modelleme süreci statik ve dinamik bileşenlerin oluşturulması bakımından iki safhaya ayrılır. İlk safha kullanıcının sisteme üye olma sürecinde statik bileşenin oluşturulması evresidir. İkinci safhada, dinamik bileşenin oluşturulması süreci de kendi içerisinde iki aşamaya ayrılır. İlk aşamada kullanıcının sistemle ilk etkileşimi sırasında kullanıcı bilgi alanı modeli sistem tarafından otomatik olarak oluşturulur. Bu aşamada sistem kullanıcının bilgi düzeyi hakkında herhangi bir bilgiye sahip değildir. Bu nedenle sistem tarafından her kullanıcı için varsayılan model olarak konu bilgi alanının bir kopyası kullanıcı bilgi alanı modelini oluşturmak için atanır (kullanıcı bilgi alanı modeli örten model yaklaşımı esas alınarak tasarlandığında). Kullanıcı sistemle etkileşimde bulunduğu sürece varsayılan kullanıcı bilgi alanı modeli kullanıcı modelleme bileşeni tarafından güncellenir. Konunun daha iyi anlaşılması için bu bölümün devamında kullanıcı modelinin dinamik bileşeninin sahip olması gereken özellikler, tasarımı ve tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar mevcut çalışmalardan örnekler verilerek açıklanmaktadır.

UHÖS’de kullanıcı modelini oluşturmak ve kullanıcıya uygun materyal sayfalarını hazırlamak için makine öğrenme algoritmaları ve veri filtreleme teknikleri kullanılmaktadır [29-30]. UHÖS etkileşim modülü bileşeni (uyarlama modeline ait) kullanıcıyı izleyerek ve/veya kullanıcıdan geri besleme olarak (çeşitli testler, anketler vs) öğrenme algoritmalarının ve veri filtreleme tekniklerinin işleyeceği bilgiyi toplar. Kullanıcı hakkında toplanan faydalı (gürültülü verileri içermeyen) verilerin artması ile birlikte kullanıcı modelinin doğruluğu ve sistemin kullanıcıya uyarlanma yeteneği de artmış olur.

Kullanıcı modelleme bileşeni tasarımında iki süreç önem arz etmektedir [20]. Birincisi, kullanıcı modelinin oluşturulmasıdır. İkincisi ise bu modelin güncellenmesidir. Kullanıcı modelinin oluşturulmasında birkaç yaklaşım vardır. Örneğin sistem ilk oturumda kullanıcının hiç bir şey bilmediğini varsayabilir. Kullanıcının ziyaret ettiği sayfalar dikkate alınarak bu sayfalarla ilgili kavramlar kullanıcı modelinde işaretlenir. Farklı bir yaklaşım olarak sistem kullanıcıyı ilk oturumda bir ön teste tabi tutabilir. Test sonucuna göre, ilgili kavramlar kullanıcı modelinde işaretlenerek kullanıcının konular hakkındaki bilgi düzeyi belirlenir [17]. INSPIRE’da [19], ön şart özelliği taşıyan kavramlar ve öğrenme hedefleri hakkında kullanıcı bilgisi, değerlendirme testleri ile ölçülerek ilgili öğrenme hedefleri ile ilişkilendirilir. Kullanıcı modelini oluşturmak için alternatif bir yaklaşım olarak, tasarımcı benzer davranış sergileyen öğrencileri ilgili gruplara dâhil eden şablonsal yaklaşımı benimseyebilir [31–32]. Şablonları esas alarak öğretim materyalini hazırlayan çalışmalar öğrencinin gelişimine bağlı olarak

öğrencinin şablonunu da değiştirmesi gerekir. Bunun için öğrenciye ait şablon, sistemde tanımlı en uygun şablon ile değiştirilir. GIAS’da, kullanıcı modeli bireysel ve şablonsal yaklaşımların her ikisi de kullanılarak oluşturulur. GIAS’da, öğrencilerin öğrenme stillerini belirlemek için ILSQ (Index of Learning Styles Questionnaire) anketi kullanılır [20].

Eğitimsel UHÖS’lerin çoğu kullanıcının konu hakkındaki bilgisini temsil etmek için *örten (overlay) model* kullanırlar [17–18, 33–35]. Örten modelin anahtar prensibi, her bir bilgi alanı kavramına karşılık kullanıcı bilgisini tahmin etmeye yarayan bazı verileri kaydetmesidir. En basit şekli bilgi alanını kapsayacak şekilde kullanıcı bilgisinin ikilik düzende (biliyor, bilmiyor) modellenmesidir [36]. Kullanıcı modelleme sürecinde, sınıflandırıcı, bulanık mantık ya da yapay sinir ağları algoritmalarını kullanan çalışmalar öğrenci bilgisini iyi/orta/zayıf gibi üç kategoride [18, 21], uzman-iyi-orta-zayıf gibi dört kategoride [37] ya da beş kategoride [3, 18, 32] temsil edebilirler. Bunların dışında öğrenci bilgisi 0’dan 100’e kadar bir tamsayı ile de temsil edilebilir [17, 34]. Örten model, farklı kavramlar hakkında kullanıcı bilgisini bağımsız bir şekilde temsil edebildiğinden dolayı esnek ve güçlüdür [34]. Genel öğrenci modeli, bilgi alanına ait her bir kavram için öğrencinin bilgi düzeyini ayrı olarak temsil eder. UHÖS, öğrenci modelini ve ön şart ilişkilerini kullanarak yardımcı metin sayfası ile temsil edilen her bir düğümü “öğrenilmeye hazır değil”, “öğrenilmeye hazır”, “öğrenilme aşamasında” ve “öğrenilmiş” olmak üzere dört eğitim durumuna ayırabilir. Kullanıcı modeli aşağıdaki maddelerde belirtilen şartları yerine getirebilecek biçimde tasarlanmalıdır:

- i. Her kullanıcıya ayrı bir kullanıcı modeli oluşturulur. Bu model kullanıcının her bir konu için bilgisini farklı düzeyler ile (“başlangıç düzeyi”, “orta düzey”, “üst düzey” gibi) ve her bir kavram için bilgisini farklı durumlar ile (biliyor, bilmiyor gibi) temsil eden genel bir modeli ifade eder.
- ii. Kullanıcı modelleri sistemde tanımlı şablonlar ile başlatılabilir. Fakat gelişimi bireysel olarak kullanıcının uyguladığı etkileşimlere bağlı olmalıdır. Şablonsal yaklaşımı benimsemeyen çalışmalarda kullanıcı modelleri kullanıcının etkileşimi ile dinamik olarak değişmelidir.
- iii. Kullanıcı modellerinde temsil edilen bazı özellikler (kullanıcının materyalleri tercih ettiği ortam aracı ile görmesi gibi) doğrudan oturum sırasında kullanıcı tarafından değiştirilebilir. MAID’de [17], kullanıcılar öğretim materyallerini hangi ortam araçları ile görmek istediklerini (tercihlerini) uygulama sayfasında doğrudan seçerler.
- iv. Kullanıcı modelleri uzun dönemli olarak sonraki oturumlarda veya uygulamalarda yeniden kullanılmaları açısından kalıcı olmalıdırlar [8].

Her bir öğrenciye ait kullanıcı modeli bileşenleri aşağıda sunulmuştur [20].

Statik model, öğrenci hakkında kişisel bilgiyi (isim, yaş, öğrenme stili) kaydeder. *Bilgi alanı öğrenci modeli*, bilgi alanı modeli hakkında öğrenci bilgisinin durumunu kaydeder. *Tahmin edici model*, öğrenme kaynakları hakkında öğrenci tercihlerini temsil eder. *Ders izleme modeli*, öğrencinin dersle etkileşimi sırasında sistem tarafından toplanan bilgiyi kaydeder (örneğin, öğrenci, öğrenme kaynağını ya da bir konuyu kaç defa ziyaret etti, değerlendirme testlerindeki performansı, çalıştığı konular ve çözdüğü sorular gibi). Gerçek bir modelleme senaryosunda, belirli bir öğrenme stili için ne çeşit öğrenme kaynaklarının en uygun olacağını belirleme ile ilgili literatürde karşılaşılan güçlükler ve öneriler mevcuttur [38–41]. Öğrencinin öğrenme stili hakkındaki bilgiye, belirsizliğin derecesini kapsayan psikometri araç-gereçleri ve testlerle erişilir. Öğrenci, sistem ile etkileşimi sırasında materyallerin sunum şekline ait tercihlerini değiştirebilmelidir. Öğrencinin performansını uzun dönemli olarak görüntülemek için bir Shewhart kontrol grafiği olan P-Chart kullanılmaktadır [39–41].

UHÖS’de kullanıcılar arası benzerliklerin tespiti için kümeleme tekniklerinden ve kullanıcının konu alanı bilgi düzeyini belirlemek için ise farklı algoritmalarından ve veri madenciliğinden faydalanılmaktadır. Kümeleme teknikleri, sınıflandırılmamış örnekleri, eğitim verilerini temel alarak düzenler. *k*-Nearest Neighbor (*k*-NN), Self-Organizing Maps (SOM), Neural Networks (NN), Explanation-Based Retrieval (EBR) ve Fuzzy Clustering (FC) sıkça kullanılan algoritmalar [29–33, 42]. Bu tekniklerin gerçek zamanlı olarak güncelleme yapma yetenekleri, sınıflandırma yapabileceği kabiliyetleri, veri yoğunluğuna göre performansları, danışmanlı/danışmansız öğrenebilme özellikleri ve tepki verme süreleri temel özellikleridir [29–30].

ISM’de (*Initialization of Student Model*) [42], kullanıcı modelinin oluşturulması için “şablonlar” ve “ağırlıklı uzaklık *k*-NN algoritması” birlikte kullanılmaktadır. Öğrenci, bilgi alanını oluşturan kavramlar hakkındaki bilgi düzeyine göre uygun bir şablona atanır. Bu aşamada öğrencinin ön testlerde göstermiş olduğu performans dikkate alınır. Ardından ağırlıklı uzaklık *k*-NN algoritması kullanılarak aynı bilgi düzeyi ve şablon kategorisine sahip diğer öğrenciler ile benzerlikleri tespit edilir. ISM, öğrenciler arasındaki benzerliklerin hesaplanmasında olası tüm özelliklerin değerlerini bulmak için değişken uzaklık fonksiyonunu kullanır. Özellikle standart *n* uzaklığı iki gerçek değerli özellik (öğrencinin ön testte ilgili sorulara vermiş olduğu doğru cevapların yüzdesi) arasındaki uzaklığı ve nominal değerler için basit bir “Örtüşme, (Ört.)” ölçütünü hesaplamada kullanılır. Eğer özelliklerin değerleri bilinmiyorsa, bu

iki değer arasındaki uzaklığın azami olduğu düşünülür [43]. Bu yüzden verilen herhangi bir *a* özelliği için *x* ve *y* gibi iki değer arasındaki uzaklık Eşitlik (1) ve Eşitlik (2) kullanılarak hesaplanır.

$$da(x, y) = \begin{cases} 1, & x \text{ ve } y \text{ bilinmiyor ise,} \\ \text{Ört. (x, y),} & x \text{ ve } y \text{ nominal ise} \\ \sqrt{(x - y)^2}, & x \text{ ve } y \text{ gerçek ise} \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{Ört. (x,y)} = \begin{cases} 0, & x = y \text{ ise} \\ 1, & x \neq y \text{ ise} \end{cases} \quad (2)$$

ISM’de tüm bilgi alanını kapsayacak şekilde iki öğrenci arasındaki (\bar{o}_a ve \bar{o}_b) uzaklık Eşitlik (3) de ki gibi hesaplanır.

$$\Delta(\bar{o}_a, \bar{o}_b) = \sum_{a=1}^n d_a(x, y) \quad (3)$$

Eşitlik (3)’de öğrenciler arasındaki uzaklık *n* adet özellik için test edilmektedir. \bar{o}_a ’nın herhangi bir özellik için durumunu temsil eden değer *x* ve \bar{o}_b ’nin herhangi bir özellik için durumunu temsil eden değer *y*’dir. Bu değerler arasındaki uzaklık farklarının toplamı iki öğrenci arasındaki benzerliğin uzaklığını temsil etmektedir.

3.3. Öğrencilerin Bilgi Alanı Hakkındaki Bilgi Düzeylerini Tespit Eden Örnek Uygulama (An Application for determination the knowledge levels of students about the domain)

UHÖS’de bilgi alanını oluşturan kavramlar hakkında kullanıcı bilgi düzeyinin belirlenmesi ve çalışma zamanında kullanıcı modellerinin güncellenmesi için NB sınıflandırıcı ve Bayesian Ağları en çok kullanılan yöntemler arasındadırlar [7, 30, 43–45]. Bu çalışmada sunulan örnek uygulamada, her hangi bir konu için ön şart özelliği taşıyan kavramlar hakkında öğrenci bilgisini “biliniyor” ya da “bilinmiyor” olarak sınıflandırılır. Her bir konu hakkındaki öğrenci bilgi düzeyi ise o konu ile ilişkili kavramlar NB sınıflandırıcının bir özelliği olarak temsil edilip “alt”, “orta” ve “üst” düzey bilgili olarak sınıflandırılır. Her bir konunun hangi düzeyde bilindiğine ilişkin tahmin durumu:

$$k_j: \hat{p}(k_j) \leftarrow \text{tahmin } p(k_j) \quad (4)$$

K konusuna ait *k_j* durumunu meydana getirecek her bir kavram “*c*” için olasılık değeri:

$$c: \hat{p}(c_i | k_j) \leftarrow \text{tahmin } p(c_i | k_j) \quad (5)$$

Yeni bir örneğin sınıflandırılması

$$x: k_{NB} = \arg \max_{k_j \in K} \hat{P}(k_j) \prod_{c_i \in x} \hat{P}(c_i | k_j) \quad (6)$$

Örnek uygulamada bilgi alanı 17 konudan ve bu konularla ilişkili kavramlardan oluşmaktadır. Uygulamanın amacı kullanıcıların her bir konu hakkındaki bilgi düzeyini “Alt”, “Orta” ve “Üst” bilgi düzeylerinde sınıflandırmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için bilgi alanını oluşturan kavramlar hakkında kullanıcıların cevaplayacakları bir test hazırlanmıştır. Kullanıcılar bu testi cevapladıktan sonra NB sınıflandırıcı test sonuçlarına göre kullanıcının her bir konu hakkındaki bilgi düzeyini belirlemektedir.

Tablo 3’deki bilgiler Tablo 2’deki eğitim kümesi kullanılarak doldurulur. Örneğin Tablo 3’deki C_1 kavramı ile ilgili olarak eğitim kümesindeki 32 örnekten 14’ünde “biliniyor” ve 18’inde “bilinmiyor”, bilindiği durumların 5’i “Alt”, 6’sı “Orta” ve 3’ü “Üst” bilgi düzeylerinde görüldüğünü anlamına gelir. Aynı şekilde Tablo 3’ün son satırındaki K konusunun “Alt”, “Orta” ve “Üst” bilgi düzeylerinde görülme sıklığını, 32 durumdan 16’sında K konusunun “Alt”, 11’inde “Orta” ve 5’inde “Üst” bilgi düzeyinde olduğu anlaşılmaktadır.

K konusuna yeni çalışacak bir öğrenciyi ele alalım. Tablo 4’de, yedi farklı kavram için öğrencinin bilgi durumu, test sonuçları dikkate alınarak bilini-

yor/bilinmiyor olarak atanmıştır. Tablo 2’deki eğitim verileri ve Tablo 3’deki K konusu için şartsal olasılık dağılımları kullanılarak Tablo 4’deki “i.” durum için kullanıcı bilgi düzeyinin sınıflandırılması aşağıdaki gibi yapılır.

Tablo 4’deki “i.” örnek durum için sınıflandırma hesabı:

$$k_{NB} = \arg \max_{k_i \in (\text{Alt-Orta-Üst})} \hat{P}(k_i) P(c_1 = \text{biliyor} | \text{Alt-Orta-Üst}) P(c_2 = \text{biliyor} | \text{Alt-Orta-Üst}) \dots$$

$$P_{\text{Alt}} = 0.001660 \text{ (\%40.8)}$$

$$P_{\text{Orta}} = 0.001829 \text{ (\%44.9)}$$

$$P_{\text{Üst}} = 0.000576 \text{ (\%14.3)}$$

Örnek durumda öğrenci K konusu için “Orta” düzeyde bilgilidir.

4. UHÖS UYARLAMA MODELİ TASARIMI (DESIGN OF AEHS ADAPTATION MODEL)

UHÖS’de bilgi alanı modeli ve kullanıcı modeli oluşturulduktan sonra kullanıcı modeline uygun bir uyarlanı içerik sunumu üretmek için iki süreç birleştirilmelidir. Uyarlama modeli, bireyselleştirilmiş içerik seçimini ve/veya bireyselleştirilmiş dolaşım

Tablo 2. K konusunda öğrenci bilgi düzeyinin üç kategoride sınıflandırılması (Classification the knowledge levels of students into three levels about the topic K)

Veri Kümesi	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	K
1.	Biliniyor	Biliniyor	Biliniyor	Biliniyor	Biliniyor	Biliniyor	Biliniyor	Üst
2.	Biliniyor	Biliniyor	Biliniyor	Biliniyor	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Biliniyor	Orta
3.	Biliniyor	Biliniyor	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Biliniyor	Alt
4.	Biliniyor	Biliniyor	Biliniyor	Bilinmiyor	Biliniyor	Biliniyor	Biliniyor	Üst
5.	Biliniyor	Biliniyor	Biliniyor	Bilinmiyor	Biliniyor	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Orta

Tablo 3. K konusu için şartlı olasılık dağılımları (Conditional probability distribution for the topic K)

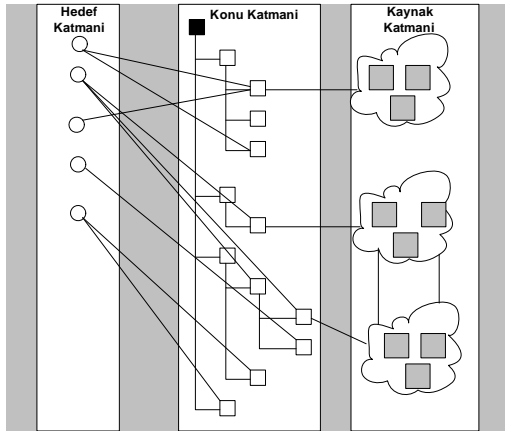
Kavramlar	Kavramın durumu	Alt	Orta	Üst
C_1	Biliniyor	5/16	6/11	3/5
	Bilinmiyor	11/16	5/11	2/5
C_2	Biliniyor	5/16	6/11	3/5
	Bilinmiyor	11/16	5/11	2/5
C_3	Biliniyor	7/16	7/11	4/5
	Bilinmiyor	9/16	4/11	1/5
C_4	Biliniyor	7/16	7/11	4/5
	Bilinmiyor	9/16	4/11	1/5
C_5	Biliniyor	8/16	6/11	4/5
	Bilinmiyor	8/16	5/11	1/5
C_6	Biliniyor	5/16	6/11	3/5
	Bilinmiyor	11/16	5/11	2/5
C_7	Biliniyor	5/16	6/11	4/5
	Bilinmiyor	11/16	5/11	1/5
Konunun “Alt”, “Orta” ve “Üst” bilgi düzeylerinde görülme sıklığı		16/32	11/32	5/32

Tablo 4. Yedi kavram hakkında öğrencinin bilgi durumu (State of student knowledge about the seven concepts)

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
i.	Biliniyor	Biliniyor	Bilinmiyor	Bilinmiyor
	C ₅	C ₆	C ₇	K
	Biliniyor	Bilinmiyor	Biliniyor	?

yollarını içerir [51]. Uyarlama modeli UHÖS'ün çalışma zamanındaki davranışını tanımlayan kuralları içerir. Bu kurallar, bilgi alanından uygun kavramları seçmek için kullanılan *kavram seçim kuralları* ve ortam uzayından uygun içeriği seçmek için kullanılan *içerik seçim kurallarıdır* [26].

Şekil 7'de, GIAS'a ait üç katmanlı ders modeli verilmiştir. Her bir hedef bir konu kümesi ile ilişkili ve her bir ders konusu bir öğrenme kaynağı kümesi ile ilişkilidir. Konular arasında onları kümeleyecek ilişkiler tanımlanabilir. Bir öğrenme kaynağı, çoklu ortam desteğinde bir öğrenme aktivitesinin uygulanmasıdır. Farklı öğrenme kaynakları bir öğrenme aktivitesini farklı ortam araçları ile destekleyebilir [7, 20]. Şekil 7'deki öğretim materyali hazırlama modeli, bilgi alanı tasarımcısının belirlediği kurallara ve kullanıcı modeline bağlı olarak öğrenme hedefleri ile ilişkili kavramları sıraladıktan sonra her kavramla ilişkili materyalleri kaynak katmanından seçer.

**Şekil 7.** GIAS Ders Modeli (Lecture Model of GIAS) [20]

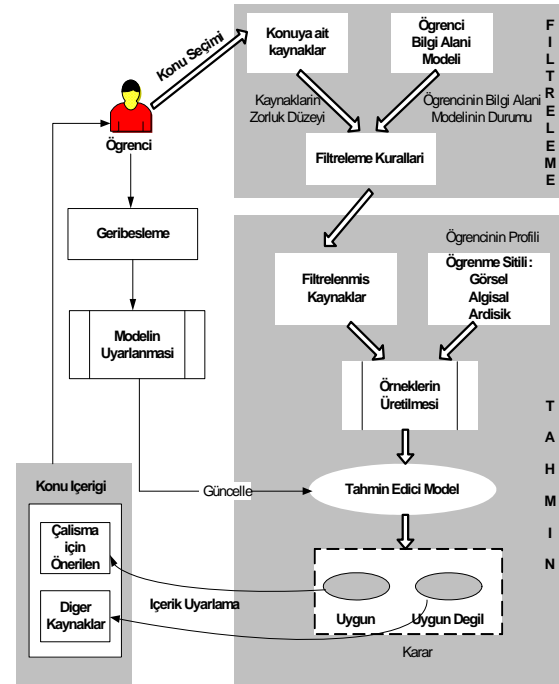
Uyarlama modeli tasarımında içerik seçimini ön tanımlı kurallar ile gerçekleştirme yerine tüm içeriği tarayarak uygun içeriği belirleyen alternatif bir benzetim çalışması için [16] numaralı kaynak incelenebilir. [16]'daki çalışmada üç katmanlı mimarinin kural kümelerindeki tutarsızlığın materyal seçimine olumsuz etkisini önlemeye yönelik alternatif bir uyarlama modeli verilmektedir. Bu modelde üç katmanlı mimarideki kavram katmanı ve materyal katmanı arasına *kaynak tanım modeli* katmanı yerleştirilmiştir. Sistem hedef katman ile ilişkili içerik seçimini iki aşamada gerçekleştirir. İlk aşamada bilgi alanı kavram ontolojisinin kavramlarını temsil eden *kavram yolu diyagramı* oluşturulur. Bu diyagramdaki kavramlar bilgi alanı kavram ontolojisi ve öğrenme hedefleri arasındaki ilişkiye bağlı olarak seçilir. Kavram yolu

diyagramı oluşturulduktan sonra öğrenme hedefi ile ilişkili mümkün olan tüm öğrenme yollarını temsil eden *öğrenme yolları diyagramı* oluşturulur. İkinci aşamada kullanıcı modelinde temsil edilen özelliklere bağlı olarak öğrenme yolları diyagramından kullanıcıya uygun öğrenme yolu seçilir. Öğrenci bir konunun içeriğini talep ettiği zaman Şekil 8'de verilen konu üretim süreci uygulanır. Öğrencinin tahmin modeli, var olan kaynakları sınıflandırmak için kullanılır.

Şekil 8'de verilen süreçlerde bazı belirleyici kurallar kullanılarak, öğrenme kaynakları, kaynakların zorluk düzeyi ve öğrencinin bilgi düzeyi arasında karşılaştırmaya göre filtrelenir. Güncel tahmin edici modelin kullanılmasıyla, her bir filtrelenmiş kaynak, öğrenci için "uygun" ya da "uygun değil" gibi sınıflandırılır. İki ayrı sıralı listeyi içeren bir HTML sayfası dikkate alınarak elde edilen "çalışma için önerilen kaynaklar" ve "uygun olmayan kaynaklar" öğrenciye gönderilir. Yeni bir örnek incelendiği ya da değerlendirildiği zaman, tahmin edici model uygun şekilde uyarlanır.

5. UHÖS'DE UYARLANIR DOLAŞIM DESTEĞİ (ADAPTIVE NAVIGATION SUPPORT IN AEHS)

Uyarlanırlı dolaşım desteği teknikleri, bireylerin amaçlarına, bilgilerine ve tercihlerine bağlı olarak çoklu materyal içerisinde izleyecekleri yolları bulmalarına yardımcı olacak şekilde linklerin görünümünü ve içeriğini uyarlama işlemidir. Bu amaca yönelik birkaç teknik uygulanmış ve bu teknikler link temsili uyarlanırlı hale getirme yoluna göre "doğrudan rehberlik", "sıralama", "saklama", "ek açıklama" ve "uyarlanırlı sıralama" olmak üzere beş farklı kategoride sınıflandırılmışlardır [13]. Bu kategoriler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

**Şekil 8.** Konu üretim süreci (Process of topic generation) [20]

Doğrudan rehberlik, kullanıcı modelinde sunulan kullanıcının amacı ve diğer parametreler düşünülerek ziyaret edeceği en uygun bir sonraki düğümün ne olacağına karar verebilen bir sistemdir.

Uyarlanı sıralamada, kullanıcı modeline göre belirli bir sayfanın linkleri sıralanır. *Saklamada ise*, dolaşım desteği fikri “ilişkisiz” sayfaların linklerini saklayarak, ya da dolaşım uzayda kullanıcının öğrenmek için henüz hazır olmadığı materyallerin sunumunda sınırlama yapmaktır.

Uyarlanı ek açıklamalar teknolojisi, linklere kullanıcıya o an ki düğümün hakkında daha fazla bilgi vermek için kullanılır. *Haritada dolaşım* teknolojisi, kullanıcıya sunulan yerel ve genel yardımcı metin haritaları farklı uyarlama yollarından oluşur.

Doğrudan rehberlik, sıralama, saklama, ek açıklama ve harita uyarlama, uyarlanı dolaşım desteği için birincil teknolojilerdir. ELM-ART’ın sayfalar arası ve hiyerarşik dolaşım desteği sunması ve kullanıcının izlemesi için sonraki en iyi konu sayfası düğümünü önermesi [49], iMANIC’in uyarlanı dolaşım desteği olarak kullanıcılara link açıklamalı rehberlik ve link sıralamasını sunması [48], bunlara verilebilecek örneklerdendir. Uyarlanı dolaşım tekniklerinin bir kaçının birlikte kullanıldığı örnek bir uygulama için [7] numaralı kaynak incelenebilir.

Uyarlanı dolaşım desteği, kullanıcının oturum esnasında öğretim materyali içerisinde nerede bulunduğunu, nereye hareket ettiğini ve öğretim sayfasındaki konuların, kavramların ilişkilerini ve özelliklerini fark etmesine imkân tanır. Bu sayede kullanıcılar konu haritası içerisinde bilgi düzeylerine göre belirlenen konularda sistemin önerdiği materyalleri inceleyebilirler.

6. KARŞILAŞTIRILMALAR (COMPARISONS)

UHÖS gerek mimari açıdan gerekse pedagojik açıdan geleneksel BDÖS’den tamamen farklı tasarım yaklaşımına sahip ve 1990’lı yıllardan günümüze uyarlanı ve zeki öğretim sistemleri, nesne yönelimli programlama, makine öğrenme, yazılım mühendisliği gibi farklı disiplinlerin bir araya gelerek üzerinde çalıştığı bir konudur. UHÖS; bilgi alanı modeli, kullanıcı modeli ve uyarlama modeli olmak üzere temel olarak üç bileşenden oluşmaktadır. Bilgi alanı tasarımı, uyarlanı bir eğitim materyali sunumuna uygun olarak bilgi alanının temel kavramlarının çıkartılması ve bunların birbirleri ile ilişkilerinin belirlenmesini gerektirir.

Bilgi alanı materyali farklı ortam araçları ile sunulacak biçimde UHÖS tasarım yöntemine uygun olarak hazırlanır. Bu adım bilgi alanı uzmanlarının ve UHÖS tasarımcılarının birlikte çalışmalarını gerektirir.

UHÖS’de en önemli adım kullanıcı modelinin oluşturulmasıdır. Kullanıcıların bilgi düzeylerinin belirlenmesi (bireysel olarak sınıflandırma), benzer davranış ve bilgi düzeyine sahip kullanıcıların kümelmesi (grup olarak sınıflandırma) ve kullanıcıların tercihlerinin saptanması kullanıcı modelinin oluşturulmasındaki başlıca görevlerdir. Bu görevleri yerine getirmek için kullanılan makine öğrenme algoritmaları, gerçek zamanlı olarak çalışma, sınıflandırma/tahmin/tavsiye/filtreleme görevlerine uygun olma, hızlı çalışma, az veri ile kabul edilebilir sonuçlar verme, anlaşılabilir olma, etiketli/etiketsiz verilerle çalışabilme gibi çeşitli kısıtlara göre değerlendirilerek seçilmektedir. Bahsedilen özelliklere sahip tek bir algoritma olmadığı gibi kullanıcı modellemede optimizasyon amaçlı olarak kullanıcı modelleme bileşeni, birden çok algoritmaya sahip olarak tasarlanır. UHÖS’de kullanıcı modelinin dinamik olarak çıkarılması gerekir.

Tablo 5’de görüldüğü gibi BN, NB ve *k*-NN algoritmaları gerçek zamanlı modelleme görevleri için UHÖS’de yaygın olarak kullanılmaktadırlar. NN’ler bir kullanıcı modelini oluşturmak için uzun bir eğitim süresine ihtiyaç duymaktadırlar. FC’ler dinamik kullanıcı modellerine ihtiyaç duyulmayan uygulamalarda iyi sonuçlar vermektedirler. Kullanıcıların öğrenme stilini belirlemek için ise istatistiksel yaklaşımlardan ve ağırlıklı olarak P-Chart’dan faydalanılmaktadır [20]. Çeşitli uyarlanı yöntemlerinin uygulandığı UHÖS’de önemli bir safha sistemin nasıl uyarlanacağı ya da sistemin davranışını nasıl değiştireceğidir. Bu konuda iki alana ayrılma söz konusudur. İçerik düzeyinde uyarlanı ve link düzeyinde uyarlama desteğidir.

UHÖS mimarisi için Dexter tabanlı AHAM referans modeli bugün için standart kabul edilen bir modeldir. UHÖS konusunda günümüzdeki çalışmalar esas olarak; kullanıcı modelleme bileşeni modüllere ayırmayı, bu modüllerde filtreleme, sınıflandırma ve tahmin görevleri için en uygun algoritmaları belirlemeye yönelik yapılan çalışmalar ile UHÖS için standart bir yazım aracı geliştirme üzerine yapılan çalışmalar olmak üzere iki ana başlıkta özetlenebilir.

UHÖS ve geleneksel BDÖS karşılaştırıldığında esas olarak iki durumdan söz edilebilir. Birincisi, UHÖS’ün geleneksel bilgisayar destekli öğretim sistemlerine oranla öğrencinin öğrenme süresini azaltması ve başarısında ciddi bir artışa yol açması kısa süre içerisinde geleneksel BDÖS’ün yerini alacağını göstermektedir. İkincisi ise BDÖS tasarımı için kapsamlı bir alt yapıya, tasarımcı ekibine ve bilgi alanı uzmanlarına ihtiyaç duyulmamaktadır. UHÖS tasarımı için ise ciddi bir alt yapıya, güncel Web teknolojilerinin kullanımına, zeki sınıflandırıcılara, çevrim içi ve çevrim dışı olarak sistemin işletilmesine, farklı bilgi düzeylerinin belirlenmesine, UHÖS tasarım uzmanlarına ve bilgi alanı uzmanlarına ihtiyaç duyulmasıdır.

Tablo 5. UHÖS’de kullanıcı modelleme için kullanılan algoritmalar ve özellikleri (Algorithms and its properties to be used for user modeling in AEHS)

K	KA	Yapılan İşlemler	ÇŞ	Çıkarım Özelliği	Düzyey Sayısı	Test İşlemi
[42]	k-NN	Öğrenci modelleri şablonlar ile başlatılır. Yeni bir öğrenci için uygun bir şablon bulunmadığında sistem kullanıcı modelini varsayılan özellikler ile başlatır.	Sistem GZ olarak öğrenci modelini oluşturur ve günceller.	Öğrenci modeli bir özellikler vektörü olarak temsil edilir. İlk vektör öğrencinin sisteme ilk etkileşimi sırasında toplanan bilgileri temsil etmekten sorumludur. İkinci vektör bu öğrencinin aynı şablonu paylaşan diğer öğrenciler ile arasındaki uzaklığı temsil eder.	-	Sistemin test aşamasında, öğrenci modelinin ilk başlatılmasında verdiği kararlar ile öğretmenlerin ne kadar uyduğu incelenmiştir. Sistem, öğrenci şablonlarını belirlemede yaklaşık %86 oranında öğretmenlerle uyumaktadır.
[31]	SOM	Öğrencinin bilgi durumuna bağlı olarak (özellik vektörü tarafından temsil edilen) bilgi alanındaki çeşitli dolaşım yolları kişiselleştirilir.	Öğrencinin bilgisini her bir kavram açısından GZ olarak tespit eder.	Öğrenci veri kümesinin analizi iki düzeyde gerçekleştirildi. İlk düzeyde temel bileşen analizi kullanılarak öğrenci veri kümesi kümelendi. İkinci düzeyde elde edilen kümede iyileştirme yapmak için SOM tekniği kullanıldı.	-	Öğrenci bilgisinin modellemek için 90 öğrenciye ait veri ve kavramları test eden 20 sorudan oluşan bir öğrenci veri kümesi hazırlandı. SOM tekniği gürtütlü verileri daha az algıladı ve küme yapısını yakalamada daha başarılı olduğu görüldü.
[45]	BA	Kullanıcının yardıma ihtiyaç duyma olasılığı ve arzulanan yardımcı olmak için ne tip bir yardıma ihtiyaç duyduğu tespit edilir.	Sistem ÇD olarak çalışır.	Kullanıcının sorguları, fare ile yapmış olduğu seçimler, geçmiş ve uzun dönemli eylemleri incelenerek amacı ve ihtiyacını temsil eden bir diyagram oluşturulur.	-	Sistem Microsoft Excel uygulamasının temel özellikleri için kullanıcı eylemlerini izleyerek kullanıcılara başarılı bir şekilde yardım sağlamıştır.
[46]	BA	Problem çözme desteği sağlamak için tasarlanan sistem, uzun dönemli bilgi değerlendirme, plan tanıma ve problem çözerken öğrencinin eylemlerini tahmin etmenin yanında öğrenci bilgisinin değerlendirilmesi ve çalıştığı örneklerin açıklanması işlemlerini yerine getirir.	ÇD çalışan OLAE değerlendirme sistemi geliştirilerek gerçek zamanlı olarak çalışma yeteneği kazandırılmıştır.	Bayesian ağında iki ana düğüm, kuralları ve üçüncü düğüm öğrencinin eylemini temsil eder. Kural düğümleri evet/hayır olarak iki değerden birini kullanıcının bu eylemi gerçekleştirme yeterliliğini sistemin en iyi tahmini olarak temsil eder. Eğer kural evet ise eylem gerçekleştirilecektir. Aksi takdirde gerçekleştirilmeyecektir.	-	1999 yılında sistem 333 öğrencinin katıldığı bir kurs ile denenmiştir. Öğrencilerden 173’ü sistemi kullanmış ve kullanmayanlara oranla 1/3 oranında daha fazla başarı göstermişlerdir.
[47]	BA	Öğrenci bir aktiviteyi gerçekleştirirken eylemleri incelenir ve ağ bu eylemlerin sonucuna göre bir sonraki aktiviteye geçerken güncellenir.	Sistem GZ olarak bayesian ağını günceller.	Sistem öğrencinin eylemlerini dinamik bayesian ağdaki kuralları güncellemek için kullanarak öğrenciye uyarlanır.	-	Sistem testi bulunmamaktadır.
[20]	NB, UB	Öğrencinin öğrenme stili hakkındaki bilgiye, belirsizliğin derecesini kapsayan psikometri araç-gereçleri ile erişilir. Öğrenci modelleri şablonlar ile başlatılır. Çalışmada UB, güncel modeli yeni veriye daha iyi uyarlamak için bir güncelleme planını içerir.	GZ	Her bir öğrenme stili için bir tahmin modeli şablonu muhafaza edilir. İlk olarak, hangi kaynağın belirli bir öğrenme stili için daha uygun olduğunu belirlemek için bir öğrenme stili ve kaynakların özellikleri arasında birkaç karşılaştırma kuralı tanımlanır. Bundan sonra, birkaç eğitim örneğini rastgele üretmek için ön tanımlı karşılaştırma kuralları kullanılır.	Öğrenciler beş boyutta sınıflandırılır: giriş, algılama (hissederek, sezgisel), organizasyon, işlem ve anlayış (sıralı, genel). Materyallerin zorluk düzeyi üç kategoride (alt, orta, üst) sınıflandırılır.	UB performansının NB performansına oranla %1 ile %6 arasında iyileşme sağladığı görülmüştür.
[7]	NB	Çalışmada NB sınıflandırıcı bilgi alanını oluşturan her bir konu için öğrencinin bilgi düzeyini tespit eder.	GZ	NB sınıflandırıcı, öğrencinin kavramlar hakkındaki bilgi durumuna göre bu kavramlarla ilişkili konular hakkındaki bilgi düzeyini belirler.	Öğrenciler her bir konu için “Alt”, “Orta” ve “Üst” bilgi düzeylerinden biri için sınıflandırılır.	Kullanıcının konular ve kavramlar hakkındaki bilgi düzeyi arttıkça sistemin bu artışa paralel olarak materyal sayfalarını başarılı bir şekilde düzenlediği görülmüştür.

Tablo 5. Devam ediyor (Continuing)

[48]	NB	iMANIC otomatik ve kullanıcı denetimli olmak üzere iki çalışma seçeneği sunar. iMANIC, öğrencilere uyarlanın dolaşım ve sunum desteği sağlar. Uyarlanın dolaşım desteği için linklere açıklama ekleme, link sıralama ve link ekleme kullanılırken, uyarlanın sunum için “esnek metin,” tekniği kullanılır.	GZ	iMANIC’de öğrencinin bir materyali ne kadar iyi bildiği ders notlarına çalışma süresi ve sınav sonuçlarının değerlendirilmesi ile belirlenir. Dokümanı veya ders notlarını oluşturan kavramlar zorluk düzeylerini gösteren derecelere sahiptirler. Materyalin öğrenciye uygunluğu öğrencinin performansı ve materyalin zorluk düzeyi bilgilerinden yola çıkılarak belirlenir.	Kullanıcının bilgi düzeyine uygun materyalleri görmesi için teste verdiği cevaplara göre konu hakkındaki bilgi düzeyi beş farklı kategoriden birisine atanır.	Çalışmada her bir öğrencinin tercihlerinin tahmin edilme oranı en az %63 seviyesinde olmuştur. Kullanıcının materyale çalışırken harcadığı zamanın uzmanlık düzeyi ile ilgisi test edilmektedir.
[32]	BM	Sistem, öğrencilerden toplanan iki veri kümesini temel alarak düşük bilgi seviyesine sahip öğrencileri tahmin eder.	ÇD çalışır.	Sistem, Tampere Üniversitesinin de matematik dersinde öğrencilerden toplanan verileri eğitim için kullanır. Öğrencilerin sınav sonuçlarına göre dilsel bir bulanık tanımlayıcı etiket atanır. Kullanıcı sorgularında bu etiket kullanılır.	Öğrenci bilgi seviyesi 5 farklı düzeyde sınıflandırılır.	Sistemin test edildiği değerlendirilmektedir.
[3]	BM	Kullanıcı modelinin oluşturulması için ön testin yapılma süreci ve oturumun sonunda güncel kullanıcı modelinin kaydedilmesi işlemleri sunucu tarafında gerçekleştirilir. Sunucu tarafında kullanıcı modelinin sadece güncel hali kaydedilir.	GZ modelleme yapar.	Kullanıcı modeli, kullanıcı bir ön testten geçirilip bu testin sonuçları kullanılarak başlatılır. Her kavram için kullanıcı bilgisi başlangıçta bilmiyor olarak düşünülür. Ön testten sonra doğru cevap verilen kavramlara ait değerler güncellenir. Kullanıcı modeli öğrenme birimini her ziyaretinden sonra güncellenir.	Kullanıcıların bir kavram hakkındaki bilgileri 5 farklı düzey için etiketlenir.	Deneyde seksen öğrenci rastgele üç gruba ayrılmıştır. Deney için üç farklı öğretim materyali sunum sistemi hazırlanmıştır. Uyarlanın sistemin geleneksel isteme oranla ortalama %26 daha fazla başarılı olduğu görülmüştür.
[49]	EBR	Örten model ve öğrenci eylemlerinin izlenmesinden elde edilen bilgileri yorumlayarak öğrencilere uyarlanın dolaşım desteği, ders içeriğini sıralama, bireysel olarak problem çözmedeki eksiklikleri saptama ve örnek tabanlı problem çözme desteği sağlar.	GZ çalışır.	Algoritma, güncel öğrenme hedefinden yola çıkarak bu amacı başarmak için gerekli tüm ön şartları hesaplar. Öğrencinin seçmesi için başka ders kalmayınca güncel hedefe ulaşılmış olur. Sisteme gömülü halde bulunan son test başarılı bir şekilde cevaplandıktan sonra sistem bu test ile ilgili tüm ön şartların öğrenildiği çıkarımında bulunur.	Öğretim materyalini oluşturan kavramlar kullanıcı modelinde biliniyor ya da bilinmiyor olarak işaretlenir.	Test aşamasında uyarlanın öğretim sistemi ELM-ART ile geleneksel öğretim sistemi ELM-PE karşılaştırılmıştır. ELM-PE de ki başarıları %64.4 iken ELM-ART’de ki başarıları %91.7’dir. Daha önce bu tür bir sistemle çalışmamış olan deneyimsiz öğrenciler için ELM-PE de ki başarı oranı %42.9 iken ELM-ART de ki başarı oranları %81.8 olarak ölçülmüştür. ELM-ART kurşuna katılan öğrenciler dersleri daha kısa sürede tamamlamışlardır.
[50]	NN	Desen sınıflandırıcı, kullanıcı hakkındaki bilginin bir sınıfın üyesi olup olmadığını belirleme ve belirli bir görev açısından uzmanlık düzeyinin sınıflandırılması görevlerini yerine getirir. Desen ilişkilendirici, hedef açısından kullanıcının bilgisini modeller.	Sistemin eğitim modülü ÇD çalışır.	Diyalog yöneticisi, kullanıcı girişlerini teşhis eder ve kullanıcıya uyarlanmış bir diyalog modu sağlar. Oturum dosyalarını düzenler ve elde ettiği bilgileri sistemin diğer bileşenlerinin kullanımına sunar. Ön işlemci, girişi uygun matematiksel değere dönüştürür ve NN’nin işlemesi için görüntü vektörleri oluşturur.	-	-

K=Kaynak, KA=Kullanılan Algoritmalar, ÇŞ=Çalışma Şekli, GÇ=Gerçek Zamanlı, ÇD=Çevrim Dışı, BM=Bulanık mantık, BA=Bayesian Ağlar, UB=Uyarlanın Bayes

7. GENEL DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER (GENERAL EVALUATIONS AND SUGGESTIONS)

UHÖS tasarımında önemli bir konu sistemin gerçek zamanlı olarak kullanıcı modelini oluşturma

yeteneğine sahip olması gerekliliğidir. Bu durum hem sistem mimarisinin hem de modelleme sürecinde kullanılan algoritmanın gerçek zamanlı modellemeye uygun olmasını gerektirmektedir.

Sistem mimarisi açısından kullanıcı bilgilerinin

sunucuda tutulması ve çevrim içi çalışmada kullanıcıyı teşhis etmek için oturum bilgilerinin kullanılması uygun bir çözüm olmaktadır. Alternatif olarak, Tablo 5'de [3] numaralı kaynaktaki olduğu gibi kullanıcı modelini istemci tarafında oluşturup-güncelleyip oturum sonunda modelin son halini sunucuya göndererek kaydetmek de mümkündür. Bu durum sunucunun yükünü hafifletmekle beraber istemci tarafında kod çalışmasının beraberinde getirdiği güvenli ve kararlı çalışmama riskini ortaya çıkarmaktadır. Kullanıcı modelinde kullanılacak algoritma ya da algoritmaların sistemin gerçek zamanlı çalışması ve performansı üzerinde ciddi etkileri vardır. Kullanıcının öğrenme sitili için istatistiksel yaklaşımların uygulanması genel olarak bir defaya mahsus gerçekleştirildiği için (öğrenme sitili genelde kullanıcıya ait statik bilgiler tablosunda tutulur) sistemin çalışma performansına etkisi dikkate alınmamaktadır.

Kullanıcının bilgi düzeyi ve benzerlik gösterdiği kullanıcı kümelerinin tespit edilmesi görevleri için kullanılan algoritmalar gerçek zamanlı çalışmada sistem performansı üzerinde belirleyici rol oynarlar. *Bayesian Ağları* ve *NB* sınıflandırıcı hızlı ve etkili bir şekilde kullanıcının bilgi düzeyini tahmin eden ve en önemlisi gerçek zamanlı çalışma olanağı sağladıklarından dolayı kullanıcı modelleme görevlerinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadırlar [20]. Kullanıcının benzerlik gösterdiği şablonların-kümelerin-kullanıcı gruplarının tespit edilmesi görevi için de her iki algoritma kullanılmakla beraber bu görevlerde en yakın komşuluk algoritması (*k-NN*), danışmansız bir YSA tekniği olan *SOM* ve *FC* kümeleme algoritmalarının literatürdeki çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca kullanıcılar hakkında toplanan verilerin birden çok kümeleme algoritmasından geçirilip saflaştırılması [31] numaralı çalışmada olduğu gibi uygulanabilmektedir. *FC* gerçek zamanlı ve çevrim dışı modelleme görevlerinde kullanılmakla beraber *NN*'ler eğitim süresinin uzun zaman alması nedeniyle gerçek zamanlı uygulamalarda pek tercih edilmemektedir. *NN*'lerin uzun eğitim süresi, kullanıcı modelinin kabul edilebilir sonuçlar vermesini geciktirdiği gibi öğretim sürecinde öğrenci üzerinde olumsuz izlenimler bırakmasına da yol açabilir (sistem önerilerinin uygun olmaması ve kullanıcının bu durumdan hoşnut olmaması gibi). Bu duruma çözüm olarak ilk etapta kullanıcı modeli bir şablon ile başlatılıp *NN*'nin kullanıcı hakkında kabul edilebilir tahminler yapmasına kadar ilgili şablonun kullanılması gösterilebilir [48]. Bu durumda kullanıcı modelleme bileşeninin karmaşıklığı artmakta ve birden çok algoritmanın kullanılması gündeme gelmektedir.

Kullanıcı bilgisinin modellenmesi sürecinde önemli bir kaç konu, makine öğrenme algoritmalarının kullanıcı hakkında ne tür verileri toplayacağı, bu

verilerin karar mekanizmasında nasıl temsil edilecekleri ve ne kadar etkili olacakları hususlarıdır.

UHÖS'de genel olarak kullanıcının bir konuya ne kadar süre ile çalıştığı, bir linke kaç defa tıkladığı, önceki oturumlara ait kayıtlar ve kullanıcının testlere verdiği cevaplar makine öğrenme algoritmalarında kullanılan verilerdir. Tablo 5'deki çalışmalarda da görülebileceği gibi UHÖS'lerin tamamına yakını kullanıcı bilgisini belirlemede test işlemini kullanmaktadırlar. Bunun yanında kullanıcı modelleme sürecinde en güvenilir bilginin kullanıcının test sorularına verdiği cevaplar olduğu anlaşılmaktadır.

Son olarak UHÖS tasarımında dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta bilgi alanı materyalinin hazırlanması ve sunulmasıdır. UHÖS'de bilgi alanı materyalleri farklı formatlarda ve farklı öğrenme sitillerine uygun olarak hazırlanmalıdır. Bilgi alanı uyarlanı sistem özelliklerine uygun olarak kavramlara bölünüp her bir kavram için ayrı bir sayfa hazırlandığında, bu durum ciddi manada materyal boyutunun artmasına neden olmaktadır. Bu yüzden bilgi alanını oluşturan çok sayıda kavram sistem tarafından az sayıda dosya içerisinde temsil edilebilmelidir. Ayrıca bilgi alanını oluşturan her bir kavram için sistem ilgili örnekleri, canlandırmaları, alıştırmaları ve soruları ayrı-ayrı temsil edebilme ve kullanabilme yeteneğine sahip olmalıdır. Bu işlemler bilgi alanını oluşturan her bir kavrama ve onunla ilişkili öğelere ayırt edici bir kimlik verilerek çözülebilir.

8. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu makalede geleneksel web tabanlı öğretim sistemlerinden uyarlanı öğretim sistemine geçiş ve UHÖS tasarım yaklaşımları hakkında bir inceleme çalışması başarıyla sunulmuştur. Makalede genel bir UHÖS mimarisi verilmiştir. UHÖS mimarisinin ana katmanları olan "bilgi alanı modeli", kullanıcı modeli" ve "uyarlama modeli" katmanlarının tasarımı için günümüzde yaygın olarak kullanılan teknikler incelenmiştir. İncelenen UHÖS'ler kullanılarak BDÖS'lerdeki başlıca zayıflıklar olan öğrencilerin bilgi düzeylerinin, tercihlerinin, yeteneklerinin ve geçmiş deneyimlerinin hesaba katılmaması gibi eksikliklerin giderilmesi, öğrenmenin daha verimli, hızlı ve öğrenciler için eğlenceli hale getirilmesi sağlanabilmektedir.

Makalede ayrıca UHÖS'de, bilgi alanına ait kavramlar ve konular hakkında kullanıcının bilgi düzeyini belirlemek için NB gibi bir algoritmanın kullanılması ayrıntılı bir şekilde örneklenmektedir. Örnekte bilgi alanını oluşturan her bir konu hakkında kullanıcı bilgisi, "alt", "orta" ve "üst" gibi üç farklı bilgi düzeyine ayrıştırılmış olmasına rağmen farklı uygulamalarda bu bilgi düzeylerinin sayısında artış olabilir. Böylece sistemin öğrencileri daha hassas bir şekilde sınıflandırması mümkündür. Sınıflandırma

düzeyi arttıkça algoritmalara ait kural tablolarının büyüklüğü, eğitim, test verilerinin sayısı ve uygulamanın karar verme süresi de artmaktadır. UHÖS'lerin BDÖS'lere göre çok üstünlükleri olsa da, bu tür sistemlerin tasarlanmaları farklı düzeylerde bilgileri ve yaklaşımları içerdiğinden, bilgi alanı uzmanlarına ve UHÖS tasarım uzmanlarına ihtiyaç duyulduğu, daha fazla bilgi birikimi, tecrübe, altyapı ve içerik hazırlama gibi farklı hususları da içerdiği hatırlanmalıdır.

Bu çalışmanın, UHÖS teknolojisini kullanarak uygulama geliştirmek için UHÖS mimarisini, bileşenlerini ve bu bileşenlerin tasarım adımlarını bir arada sunması bakımından önemli katkılar sağlayabilecek bir çalışma olduğu ve araştırmalara farklı katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Brusilovsky, P., "Adaptive navigation support in educational hypermedia: the role of student knowledge level and the case for meta-adaptation", *British Journal of Educational Technology*, Vol. 34, No 4, 487-497, (2003).
2. Anderson, J. R., "The Expert Module", *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*, 21-53, (1988).
3. Kavcic, A., "Fuzzy User Modeling for Adaptation in Educational Hypermedia", *IEEE Transactions on Systems, Applications and Reviews*, Vol. 34, No. 4, (2004).
4. Cao, L., "Designing Web-Based Adaptive Learning Environment: Distils as an Example", *Ph. D. Thesis Faculty of New Jersey Institute of Technology*, (2001).
5. Rubim de Assis, A. S. F., "Inferring Dynamic Learner Behavior for User Modeling in Continuously Adapting Hypermedia", *Ph. D. Thesis Faculty of Rensselaer Polytechnic Institute Troy, New York*, (2006).
6. Brusilovsky, P., "Developing adaptive educational hypermedia systems: from design models to authoring tools", *School of Information Sciences University of Pittsburgh Pittsburgh PA 15260*, (2003).
7. Kahraman, H. T., Colak, I., Sağiroglu, S., "A Web Based Adaptive Educational System", *Sixth International Conference on Machine Learning and Applications, IEEE computer society*, 286-291, (2007).
8. Brusilovsky, P., "Hypadapter: An Adaptive Hypertext System for Exploratory Learning and Programming", *Adaptive Hypertext and Hypermedia, Kluwer Academic Publishers*, 117-140, (1996).
9. Ihsak, Z., Arshad M. M. R., Sumari P., "Adaptive Hypermedia System in Education (review of available technologies)", *IEEE ICICS-PCM Singapore*, 15-18, (2003).
10. Fan, J. P., Macredie. R. D., "Gender Differences and Hypermedia Navigation: Principles for Adaptive Hypermedia Learning Systems", *Advances in Web-Based Education: Personalized Learning Environments Chapter 1*, Hershey, PA, USA: Information Science Publishing, 1-21, (2005).
11. De Bra, P., Houben, G. J., and Wu, H., "AHAM: A Dexter-based reference model for adaptive hypermedia applications", *Proceedings of the 10th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia New York: ACM Press*, 147-156, (1999).
12. Halasz, F. G., Schwartz, M., "The Dexter Hypertext Reference Model", *NIST Hypertext Standardization Workshop Gaithersburg*, 1-40, (1990).
13. Brusilovsky, P., "Methods and techniques of adaptive hypermedia" *User Modeling and User Adapted Interaction*, 87-129, (1996).
14. Brusilovsky, P., "User Modeling and User-Adapted Interaction", *Adaptive Hypermedia*, 11, (2001).
15. Karampiperis, P., Sampson, D., "Adaptive Resources Sequencing in Educational Hypermedia Systems", *Educational Technology and Society*, 128-147, (2005).
16. Çolak, İ., Sağiroglu, S., Kahraman, H. T., "Architecture of Web Based Adaptive Educational Hypermedia System", *Second International Conference on Innovations in Learning for the Future 2008 e-Learning*, 358-365, (2008).
17. Armani, J., Botturi, L., "Bridging the Gap with MAID: A Method for Adaptive Instructional Design", *Advances in Web-Based Education: Personalized Learning Environments, Hershey, PA, USA: Information Science Publishing*, 147-178, (2005).
18. Magoulas, G. D., Papanikolaou, K. A., Grigoriadou, M., "Neuro-fuzzy Synergism for PINning the Content in a Web-based Course", *Informatics* 25, 39-48, (2001).
19. Papanikolaou, K. A., Grigoriadou, M., Kornilakis, H., Magoulas, G. D., "Personalizing the Interaction in a Web-based Educational Hypermedia System: the case of INSPIRE", *User Modeling and User Adapted Interaction, Kluwer Academic Publishers*, 213-267, (2003).
20. Castillo, G., Gama, J., Breda, A. M., "An Adaptive Predictive Model for Student Modelling", *Advances in Web-Based Education: Personalized Learning Environments, Hershey, PA, USA: Information Science Publishing*, 70-93, (2005).
21. Henze, N., Naceur, K., Nejdil, W., Wolpers, M., "Adaptive hyperbooks for constructivist teaching", *Künstliche Intelligenz*, (4), (1999).
22. Hockemeyer, C., Held, T., & Albert, D., "RATH - "A relational adaptive tutoring hypertext WWW-environment based on knowledge space theory", *Proceedings of CALISCE'98, 4th International conference on Computer Aided Learning and*

- Instruction in Science and Engineering*, June 15-17, (1998).
23. NeumNN, G., & Zirvas, J., SKILL - A scalable internet-based teaching and learning system. In H. Maurer, & R. G. Olson (Eds.), *Proceedings of WebNet'98, World Conference of the WWW, Internet, and Intranet*, November 7-12, (1998).
 24. Weber, G., Kuhl, H.-C., & Weibelzahl, S., "Developing adaptive internet based courses with the authoring system NetCoach" *Proceedings of Third workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia*, July 35-48, (2001).
 25. Pilar da Silva, D., Durm, R. V., Duval, E., & Olivie, H., "Concepts and documents for adaptive educational hypermedia: a model and a prototype", *Computing Science Reports, Eindhoven University of Technology*, 35-43. (1998).
 26. De Bra, P., & Ruiter, J.-P., "AHA! Adaptive hypermedia for all", *Proceedings of WebNet'2001, World Conference of the WWW and Internet*, 262-268, (2001).
 27. Vassileva, J., "DCG + GTE: Dynamic Courseware Generation with Teaching Expertise", *Instructional Science*, 317-332, (1998).
 28. Kelly, D., Tangney, B., " 'First Aid for You': Getting to know your Learning Style using Machine Learning", *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'05)*, (2005).
 29. Martinez, F. E., Chen, S.Y., Liu, X., "Survey of Data Mining Approaches to User Modeling for Adaptive Hypermedia", *IEEE Transactions On Systems, Applications And Reviews, Vol. 36, No.6*, 734-749, (2006).
 30. Martinez, F. E., Magoulas, G., Chen, S., Macredie, R., "Modeling human behavior in user-adapted systems: Recent advances using soft computing techniques", *Expert Systems with Applications ELSEVIER*, 320-329, (2005).
 31. Lee, C-S., Singh, Y. P., "Student modeling using principal component analysis of SOM clusters", *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04)*, 480-484, (2004).
 32. Nykanen, O., "Inducing Fuzzy Models for Student Classification", *Educational Technology & Society*, 223-234, (2006).
 33. Wenger, E., "Artificial intelligence and tutoring systems", *Computational approaches to the communication of knowledge, ACM SIGCHI Bulletin*, 71-73, (1988).
 34. Brusilovsky, P., Eklund, J., Schwarz, E., "Web-based Education for All: A Tool for Development Adaptive Courseware", *Computer Networks and ISDN Systems, Proceedings of Seventh International World Wide Web Conference*, 291-300, (1998).
 35. De Bra, P., Aerts, A., Berden, B., de Lange, B., Rousseau, B., Santic, T., Smits, D., Stash, N., "AHA! The Adaptive Hypermedia Architecture", *HT'03, Nottingham, United Kingdom*, ACM 1-58113-704-4/03/0008, 1-4, (2003).
 36. Brusilovsky, P., Anderson, J., "An adaptive system for learning cognitive psychology on the Web", *Proceedings of WebNet'98, World Conference of the WWW, Internet, and Intranet*, 92-97, (1998).
 37. Millan, E., De-La-Cruz, J. L. P., "A Bayesian Diagnostic Algorithm for Modeling and its Evaluation", *User Modeling and User Adapted Interaction, Kluwer Academic Publishers*, 281-330, (2002).
 38. Castillo, G., Gama, J., & Medas, P., "Adaptation to drifting concepts", *Progress in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, SpringerVerlag, (2003).
 39. Wludyka. P. S., Jacobs. S. L., "Runs Rules and P-Charts for Multistream Binomial Processes", *Communications in Statistics -Simulation and Computation*, 97-142, (2002).
 40. Lucas. J. M., Davis. D. J., Saniga. E. M., "Detecting improvement using Shewhart attribute control charts when the lower control limit is zero", *IEEE Transactions*, 38:8, 699-709, (2007).
 41. Wang. Z., Ma. W., "Design of an Optimum Adaptive Control Chart for Attributes", *Proceedings of the 2003 Systems and Information Engineering Design Symposium*, 213-219, (2003).
 42. Tsiriga, V., Virvou, M., "A Framework for the Initialization of Student Models in Web-based Intelligent Tutoring Systems", *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Pages: 289-316, (2004).
 43. Mitchell. T. M., "Machine Learning", *McGraw-Hill Science/Engineering/Math*, 154-184, (1997).
 44. Conati. C., Gertner. A., Vanlehn. K., "Using Bayesian Networks Uncertainty in Student Modeling", www.cs.ubc.ca/~conati/my-papers/umuai2002.pdf, 1-42, (2002).
 45. Horvitz, E., Breese, J., Heckerman, D., Hovel, D., Rommelse, K., "The Lumiere Project: Bayesian User Modeling for Inferring the Goals and Needs of Software Users", *Adaptive Systems & Interaction Microsoft Research*, 1-10, (1998).
 46. Conati, C., Gertner, A. S., Van Lehn, K., Druzdzel, M. J., "On-Line Student Modeling for Coached Problem Solving Using Bayesian Networks", *Proceedings of the Sixth International Conference on User Modeling (UM-97)*, 1-12, (1997).
 47. Hibou, M., Labat, J. M., "Embedded Bayesian network student models", *Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2004. Proceedings of the Fifth International Conference, IEEE*, 468-472, (2004).
 48. Stern, M. K., "Using Adaptive Hypermedia and Machine Learning to Create Intelligent Web-

- Based Courses", *Ph. D. Thesis, University of Massachusetts Amherst*, 11-122, (2001).
49. Weber, G., Brusilovsky, P., "An Adaptive Versatile System for Web-based Instruction", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 351-384, (2001).
50. Chen, Q., Norcio, A. F., "Modeling Users with Neural Architectures", *Neural Networks, 1992. IJCNN, International Joint Conference, Vol. 1, IEEE*, 547-552, (1992).
51. Herder, E., Dijk, B., "Site Structure and User Navigation: Models, Measures, and Methods", *Adaptable and Adaptive Hypermedia Systems*, Chapter 2, Hersley PA USA: IRM Press, 19-36, (2005).