

APRIORI ALGORİTMASI İLE ÖĞRENCİ BAŞARISI ANALİZİ

Murat KARABATAK¹, Melih Cevdet İNCE²

¹Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü

²Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, 23119 Elazığ

¹eposta: mkarabatak@firat.edu.tr ²eposta: mcince@firat.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Veri Madenciliği, Birliktelik Kuralı, Apriori Algoritması,

ÖZET

Son yıllarda bilgisayar teknolojilerinin ilerlemesi ve dijital verilerin artması ile birlikte Veri Madenciliği kavramı büyük önem kazanmıştır. Bu çalışmada da Veri Madenciliği teknikleri kullanılarak Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar Eğitimi bölümü öğrencilerinin notları kullanılarak öğrenci başarılarının analizi yapılmıştır. Bu analizi yapmak için Veri Madenciliğinde, birliktelik kuralı çıkarım algoritmalarından biri olan Apriori algoritması kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan öğrenci notları, F.Ü. Öğrenci İşleri biriminden SQL server veri tabanı ortamında alınarak gerekli dönüşümler yapılmış ve Apriori algoritması uygulanabilecek boolean tipe çevrilmiştir. Bu aşamadan sonra MATLAB ortamında bir program hazırlanarak veritabanı programa giriş olarak verilmiş ve bilgisayar ortamından otomatik olarak kurallar üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Dijital verilerin, son yıllarda büyük oranda artması ve bu verilerin büyük veritabanlarında kaydedilmesi ile birlikte, zamanla bu verilerden en verimli şekilde faydalanma ihtiyacı doğmuştur. Bu nedenle Veri Tabanlarında Bilgi Keşfi-VTBK (Knowledge Discovery in Databases) adı altında sürekli ve yeni arayışlar ortaya çıkmıştır. VTBK süreci içerisinde modelin kurulması ve değerlendirilmesi aşamalarında meydana gelen Veri Madenciliği (Data Mining) en önemli kısmı oluşturmaktadır. Veri madenciliği; büyük miktarda veri içinden gelecekle ilgili tahmin yapmamızı sağlayacak bağıntı ve kuralların bilgisayar programları kullanarak aranmasıdır [1].

Veri madenciliği, temelde iki ana başlıkta incelenmektedir. Birincisi, elde edilen örüntülerden sonuçları bilinmeyen verilerin tahmini için kullanılan tahmin edici (Predictive) diğeri ise eldeki verinin tanımlanmasını sağlayan tanımlayıcı (Descriptive) dır [2]. Veri madenciliği modellerini gördükleri işlemlere göre ise üç ana başlık altında incelemek mümkündür. Bunlar;

- Sınıflama ve Regrasyon,
- Kümeleme,
- Birliktelik kuralları ve Ardışık zamanlı örüntüler

Birliktelik kuralları, işlemlerden oluşan ve her bir işlemin de elemanlarının birlikteliğinden oluştuğu düşünülen bir veri tabanında, bütün birliktelikleri tarayarak, sık tekrarlanan birliktelikleri veritabanından ortaya çıkarmaktır [3]. Bir alışveriş sırasından veya birbirini izleyen alışverişlerde müşterinin hangi mal veya hizmetleri satın almaya eğilimli olduğunun belirlenmesi, müşteriye daha fazla ürünün satılmasını sağlama yollarından biridir. Satın alma eğilimlerinin tanımlanmasını sağlayan birliktelik kuralları, pazarlama amaçlı olarak pazar sepet analizi (*Market Basket Analysis*) adı altında veri madenciliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Birliktelik kuralı çıkarmada kullanılan bazı algoritmalar mevcuttur. Bu algoritmalarda Minimum güvenilirlik ve destek metriklerini sağlayan birliktelik kuralı çıkarım problemi iki adıma bölünmüştür [4, 5].

Birinci adım, kullanıcı tarafından belirlenmiş minimum destek kıstasını sağlayan ürün kümelerinin bulunmasıdır. Bu kümelere sık geçen öge kümesi adı verilmektedir. Verilen örnekte N adet ürün (öge) var ise, potansiyel olarak 2^N adet sık geçen öge kümesi olabilir. Bu adımda üstel arama uzayını etkili biçimde tarayarak sık geçen öge kümelerini bulan etkili yöntemler kullanılmalıdır.

İkinci adım ise sık geçen öge kümeleri kullanılarak minimum güvenlik kıstasını sağlayan birliktelik kurallarının bulunmasıdır. Bu adımdaki işlem oldukça düzdür ve şöyle yapılmaktadır. Sık geçen her l öge kümesi için, boş olmayan l'in tüm alt kümeleri üretilir. l'in boş olmayan alt kümeleri a ile gösterilsin. Her a kümesi için $a \Rightarrow (l - a)$ gerektirmesi, l kümesinin destek ölçütünün a kümesinin destek ölçütüne oranı minimum güvenilirlik eşiği ölçütünü sağlıyorsa $a \Rightarrow (l - a)$ birliktelik kuralı olarak üretilir. Minimum destek eşiğine göre üretilen çözüm uzayında, minimum güvenilirlik eşiğine göre taranarak bulunan birliktelikler kullanıcının ilgilendiği ve potansiyel olarak önemli bilgi içeren birlikteliklerdir.

Birliktelik sorgusu algoritmalarının performansını belirleyen adım birinci adımdır. Sık geçen öge kümeleri belirlendikten sonra, birliktelik kurallarının bulunması düz bir adımdır [6].

Birliktelik Kuralında, öğeler arasındaki bağıntı, destek ve güven kriterleri ile hesaplanır. Destek kriteri, veride öğeler arasındaki bağıntının ne kadar sık olduğunu, güven kriteri ise Y öğesinin hangi olasılıkla X öğesi ile beraber olacağını söyler. İki öğenin birlikteliğinin önemli olması için hem destek, hem de güven kriterinin olabildiğince yüksek olması gerekmektedir.

Bu çalışmada da veri madenciliği tekniklerinden birliktelik kuralları üzerinde durulmuştur. Özellikle market sepet analizi olarak yaygın kullanıma sahip olan birliktelik kuralı, bu çalışmada Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü öğrencilerinin genel kültür derslerinden aldıkları notlarına uygulanmış ve öğrencilerin dersleri ile notları arasındaki ilişkiler ortaya çıkarılmıştır. Birliktelik kuralının oluşturulmasında ise Apriori algoritmasından faydalanılmıştır.

2. APRIORI ALGORİTMASI

Literatürde birliktelik kuralı çıkaran değişik algoritmalar bulunmaktadır. Apriori Algoritması, birliktelik kuralı çıkarım algoritmaları içerisinde en fazla bilinen algoritmadır [4]. Bu algoritmada sık geçen öğe kümelerini bulmak için birçok kez veritabanını taramak gerekir. İlk taramada bir elemanlı minimum destek metriğini sağlayan sık geçen öğe kümeleri bulunur. İzleyen taramalarda bir önceki taramada bulunan sık geçen öğe kümeleri aday kümeler adı verilen yeni potansiyel sık geçen öğe kümelerini üretmek için kullanılır. Aday kümelerin destek değerleri tarama sırasında hesaplanır ve aday kümelerinden minimum destek metriğini sağlayan kümeler o geçişte üretilen sık geçen öğe kümeleri olur. Sık geçen öğe kümeleri bir sonraki geçiş için aday küme olurlar. Bu süreç yeni bir sık geçen öğe kümesi bulunmayana kadar devam eder [7].

Bu algoritmada temel yaklaşım eğer k-öge kümesi minimum destek metriğini sağlıyorsa bu kümenin alt kümeleri de minimum destek metriğini sağlar şeklindedir.

Apriori algoritmasında önce aday öğe kümeleri oluşturulur. Bu kümeler potansiyel olarak sık geçen öğe kümeleridir. C ile gösterilir ve C[1], C[2], C[3], ..., C[k] olarak k-öge kümesini oluştururlar. Her c[k] öğe kümesi c[k-1] öğe kümesini içerir ve C[1] < C[2] < C[3] < ... < C[k] şeklinde sıralıdır. Sık geçen k-öge

kümeleri ise L ile gösterilir ve minimum destek kısıtlarını sağlarlar.

[8]'de, Apriori algoritmasının çalışma prensibi detaylı olarak anlatılmış ve bir örnek üzerine gösterilmiştir.

3. ÖĞRENCİLERİN BAŞARI DURUMLARININ TESPİTİ

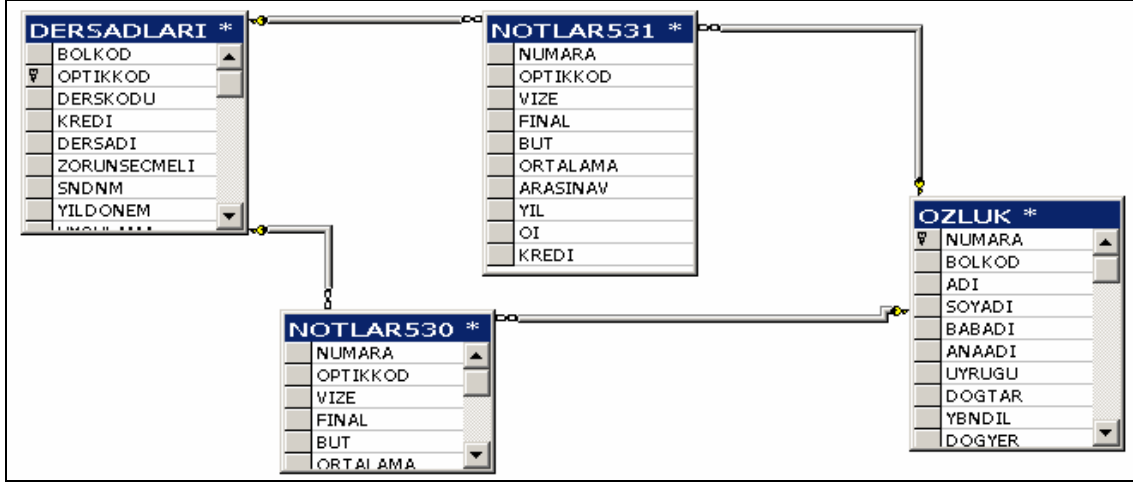
Apriori algoritması kullanarak, öğrencilerin başarı durumlarını tesbit etmek amacıyla Bu çalışmada öncelikle, Apriori algoritmasını kullanan bir MATLAB programı hazırlanmıştır. Daha sonra bu program, üniversite öğrencilerinin birinci ve ikinci sınıfta aldıkları genel kültür derslerine ait notlara uygulanarak bu derslerdeki başarı durumları tespit edilmiş ve buradan elde edilecek kurallar irdelenmiştir.

Bilindiği gibi Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Üniversitenin bölümleri arasında en yüksek puanla öğrenci alan bölümlerden biridir. ÖSS Sayısal puanı ile öğrenci alan bu bölümde öğrencilerin ilk iki yılda özellikle genel kültür derslerinde ne derece başarılı oldukları veri madenciliği teknikleri kullanılarak tespit edilmiştir.

3.1. Uygulamanın İşleyişi

Bu çalışmada, öğrencilerin genel kültür derslerinden aldıkları notlar dikkate alınarak bu notların nasıl bir dağılım gösterdiği, aralarında nasıl ilişkiler olduğu ve bu dersler arasında ne gibi kuralların bulunduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, öğrenciler tarafından birinci ve ikinci sınıfta alınan Matematik-I, Matematik-II, Matematik-III, Matematik-IV, Fizik-I, Fizik-II, Kimya-I, Kimya-II, Türk Dili-I, Türk Dili-II, Atatürk İlk. ve İnkılap Tar.-I ve Atatürk İlk. ve İnkılap Tar.-II dersleri çalışmada kullanılmıştır.

Üniversitede okuyan tüm öğrencilerin bilgileri ve notları öğrenci işlerinde ve bilgi işlem merkezinde, SQL Server veri tabanında tutulmaktadır. Bu veritabanının bir kısmının diyagramı Şekil 1'de görülmektedir. Şekil 1'deki 530 ve 531 değerleri, Elektronik ve Bilgisayar bölümüne ait bölüm kodlarıdır. Bu nedenle şekilde sadece bu bölümler gösterilmiştir.



Şekil 1: SQL Server Veritabanı (Diyagram)

Apriori algoritması Boolean bir veritabanı üzerinde birliktelikleri tespit etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu nedenle ilk önce öğrenci notları veritabanının Apriori algoritmasını uygulayabilecek uygun bir hale dönüştürülmesi gerekmektedir. SQL komutları ve sorguları kullanılarak bölümde okuyan 250 öğrencinin yukarıda belirtilen 12 dersten ortalamaları text bir dosya haline dönüştürülmüştür. Eksik ve gürültülü veriler, işe yaramayacak veriler sorgularla ayıklanarak göz ardı edilmiştir.

2001 yılı itibarı ile Fırat Üniversitesinde Öğrencilerin başarılı sayılması için final notlarının en az 60 olması gerekmektedir. Önceki yıllarda ders geçme notu 50 olduğundan dolayı 2001 yılından önceki öğrencilerle sonraki yıllara ait öğrencilerin aynı veritabanında kullanılması, elde edilen kuralların güvenilirliğini azaltacaktır. Bu nedenle bu çalışmada özellikle 99

(1999 yılı girişi) ve 00 (2000 yılı girişi) kodlu öğrenciler kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan derslerdeki notlar 3 sınıfa ayrılmıştır. Notu 50-64 arası olan dersler C, 65-84 arası dersler B, 85 den yukarı olan dersler A olarak tanımlanmıştır. Bu durumda 12 dersten A,B, ve C olarak sınıflandırıldığında toplam 36 alan elde edilmiş olur. Notların veritabanında Boolean olarak temsil edilmesi için her öğrencini notu hangi aralıkta ise değeri "1" diğer değerler "0" olacak şekilde tüm veri tabanı taranıp gerekli düzenleme yapılarak veritabanının Apriori uygulanmadan önceki son hali elde edilmiştir. Şekil 2'de veri tabanının Boolean dönüşüm uygulanmadan önceki, Şekil 3'te ise veritabanının Boolean dönüşümü yapılmış halinin bir kısmı görülmektedir.

No	Matematik-I	Matematik-II	...
99530001	60	93	...
99530002	75	52	...
...

Şekil 2: Veritabanının Boolean Dönüşümden Önceki Yapısı

No	MatI-C	MatI-B	MatI-A	MatII-C	MatII-B	MatII-A	...
1	1	0	0	0	0	1	...
2	0	1	0	1	0	0	...
...

Şekil 3: Veritabanının Boolean Dönüşümden Sonraki Yapısı

Hazırlanan Programa girdi olarak, Şekil 3'te verilen veritabanı verilmektedir. Bu aşamadan sonra program, MATLAB ortamında hazırlanan program, Apriori algoritmasını kullanarak sık kullanılan öğe kümelerini tespit etmekte ve her bir L_n , iki boyutlu bir dizi olmak üzere L_1, L_2, \dots, L_n 'ler 3 boyutlu bir

dizi halinde elde edilmektedir. Sonraki aşamada ise bu dizi kullanılarak veri tabanından elde edilebilecek tüm kurallar ortaya çıkarılmaktadır.

3.2. Elde Edilen Kurallar

Şekil 3'teki formata uygun hale dönüştürülen ve toplam 250 öğrencinin 12 farklı genel kültür derslerinden oluşan veri tabanı, hazırlanan programa girildiğinde sonuç olarak karşımıza ilginç sayılabilecek kurallar üretmiştir. Yüzde 25 destek değeri ve yüzde 100 güven değeri için program çalıştırıldığında Şekil 4'te görülen kurallar üretilmiştir.

```
1: mat1_C-kim1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
2: fiz1_C-kim1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
3: fiz1_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
4: kim2_C-ata1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
5: tur1_C-ata1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
6: mat1_C-mat4_C-kim1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
7: mat1_C-fiz1_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
8: mat2_C-fiz1_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
9: mat2_C-tur1_C-ata1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
10: mat4_C-fiz1_C-kim1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
11: mat4_C-fiz1_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
12: mat4_C-fiz2_C-kim1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
13: mat4_C-kim2_C-ata1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
14: mat4_C-tur1_C-ata1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
15: fiz1_C-fiz2_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
16: fiz1_C-kim2_C-tur1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
17: fiz2_C-tur1_C-ata1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
18: mat1_C-mat2_C-fiz1_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
19: mat1_C-mat4_C-fiz1_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
20: mat1_C-fiz1_C-fiz2_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
21: mat2_C-mat4_C-fiz1_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
22: mat2_C-mat4_C-tur1_C-ata1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
23: mat2_C-fiz1_C-fiz2_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
24: mat4_C-fiz1_C-fiz2_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
25: mat4_C-fiz2_C-tur1_C-ata1_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00
26: mat2_C-mat4_C-fiz1_C-fiz2_C-kim2_C---->mat3_C- confidence= yüzde100.00

Toplam 26 adet Kural bulunmuştur.
```

Şekil 4: %25 Destek ve %100 Güven Değeri İçin Elde Edilen Kurallar

Yine yukarıdaki kurallardan bazıları incelendiğinde, gelecekle ilgili tahminlerin de yapılabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Örneğin, Şekil 4'teki 18. kural, ilk iki dönemdeki Matematik-I, Matematik-II, Fizik-I, Kimya-II derslerinden C notu alan öğrencilerin yüzde 100'ünün 3. dönemdeki matematik dersinden de C notu alacağını göstermektedir. Bu kural, 01 ve 02 kodlu öğrenciler üzerinde test edildiğinde, Matematik-I, Matematik-II, Fizik-I, Kimya-II derslerinden C notu alan toplam 44 öğrenciden 40 tanesinin Matematik-III dersinden de C aldığı görülmektedir. Bu da yaklaşık olarak yüzde 91'e karşılık gelmektedir.

Bir diğer ilginç kural da elde edilen 17. kural sayılabilir. Fizik-II, Türkçe-I, ve Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi-I derslerinden C notu alan öğrencilerin yüzde 100 güven değeri ile Matematik-III'ten de C notu almaları, sayısal ve sözel dersler arasındaki ilginç bir birlikteliği ortaya çıkarmaktadır. Yine bu kural da 01 ve 02 kodlu öğrenciler üzerinde test edildiğinde Fizik-II, Türkçe-I, ve Atatürk İlkeleri ve

Şekildeki kurallar incelendiğinde, karşımıza çıkan en ilginç sonuç şüphesiz, öğrenci notlarının genelde C sınıfı yani 50-64 aralığında olmasıdır. ÖSS sayısal puan türü ile gelen ve yüksek puanlarla bölüme yerleşen öğrencilerin özellikle sayısal derslerden düşük notlarla veya zoraki geçmeleri, ÖSS sınav sistemini ve Liselerde verilen eğitimi tartışılması gereken bir konu haline getirmektedir.

İnkılap Tarihi-I derslerinden C notu alan 36 öğrencinin 34'ünün (%95) Matematik-III dersinden de C aldığı görülmektedir.

Bu şekilde kuralları ve sonuçları arttırmak mümkündür. Farklı destek ve güven değerleri için binlerce sonuç üretilebilir. Ancak unutmamak gerekir ki elde edilen kuralların güvenilirliği, destek ve güven değerleri ile doğru orantılıdır.

Şekil 5'te ise, %50 destek ve %80 güven değeri ile program çalıştırıldığında elde edilen 85 adet kuraldan bir kesit görülmektedir. 69 nolu kuraldan görüldüğü üzere ilk iki dönem matematik dersinden C notu alan öğrenciler %82.1 ihtimalle 3. ve 4. dönemdeki matematik derslerinden de C notu almaktadır. Bu değerler 01 ve 02 kodlu öğrencilerle karşılaştırıldığında ilk iki dönem matematik dersinden C alan 129 öğrencinin 104'ünün 3. ve 4. dönemde de matematik dersinden C aldığı görülmektedir. Bu değer % 80,6'ya karşılık gelmektedir.

```
69: mat1_C-mat2_C---->mat3_C-mat4_C- confidence= yüzde 82.10
70: mat1_C-mat4_C---->mat2_C-mat3_C- confidence= yüzde 83.13
71: mat1_C-fiz2_C---->mat2_C-mat3_C- confidence= yüzde 83.01
72: mat2_C-fiz2_C---->mat3_C-mat4_C- confidence= yüzde 83.02
73: mat4_C-fiz2_C---->mat2_C-mat3_C- confidence= yüzde 83.02
```

Şekil 5: %50 Destek ve %80 Güven Değeri İçin Elde Edilen Kurallardan Bir Kesit

Şekil 4'te görülen 99 ve 00 kodlu 250 öğrencilerden elde edilen %100 güven değerine sahip kuralların 01 ve 02 kodlu öğrencilerde tam olarak sonuç vermemesinin sebebi, 2001 yılından itibaren finalden geçme notunun 50 den 60'a çıkarılması ile açıklanabilir. Buna rağmen yine de sonuçlarda fazla bir hata payı bulunmamaktadır.

4. SONUÇ

Sonuç olarak veri madenciliği ve bilgi keşfi, bilimden mühendisliğe, tıp alanlarından eğitime bir çok alanda ve bilhassa ticari hayatta yeni uygulamalar kazandıran bir disiplin olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak veri madenciliği çalışmasında veriler kadar, veriler üzerinde çalışacak uzman da çok önemlidir. Veri madenciliği için ilk etapta çok miktarda kaliteli ve güvenilir veri gerekmektedir. Çünkü çıkarılacak kuralların kalitesi verinin kalitesi ile doğru orantılıdır. Her ne kadar veri madenciliği veriden otomatik olarak kurallar üretse de bu aşamada uzman kişilerin yardımı ve desteği olmadan başarı elde edilmesi söz konusu değildir.

Bu çalışmada; veri madenciliği algoritmalarından Apriori'nin eğitim alanında nasıl kullanılabileceği konusunda örnek bir çalışma yapılmış ve sonuçları gözlenmiştir. Boolean veri tabanları üzerine uygulanabilen Apriori algoritması kullanılarak öğrenci ders ve notları ile ilgili bazı kurallar çıkarılmıştır. Bu kurallar ile ilgili sonuçlar ve yorumlar Bölüm 3.2'de verilmiştir.

Öğrenci notları üzerinde bu çalışmanın yapılabilmesi için ilk önce Apriori algoritmasını kullanan bir MATLAB programı hazırlanmıştır. Bu program genel amaçlı olup Boolean tipindeki bir veri tabanından birliktelik kurallarını çıkarmaya yönelik hazırlanmıştır. Bu nedenle öğrenci SQL server ortamında bulunan öğrenci notları ön bir hazırlık aşamasından geçirilerek Boolean tipe dönüştürülmüştür. Daha sonra, eldeki bu veri tabanı programa girilerek program tarafından otomatik olarak kurallar üretilmiştir.

Çalışmada MATLAB kullanılmasının en önemli sebebi, MATLAB'ın diziler üzerinde çok gelişmiş bir şekilde rahat ve kolay kullanılabilmesidir. Bunun haricinde diğer programlama dilleri de kullanılabilir. Ancak MATLAB'ın yavaş çalıştığı da göz ardı edilmemelidir. Apriori algoritmasının da büyük veri tabanları üzerinde yavaş çalıştığı göz önünde bulundurulduğunda, hazırlanan programın çok büyük veri tabanlarında ağır kalacağı söylenebilir.

Son olarak Apriori algoritması, her ne kadar Boolean tipindeki veriler üzerinde birliktelikleri bulmaya yönelik bir algoritma olsa da, bir çok alandaki veriler belirli aşamalardan geçirilerek Apriori'nin uygulanabileceği formata dönüştürülebilirler. Burada uzman kişiler önemli rol oynamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Alpaydın E, "Zeki Veri Madenciliği: Ham Veriden Altın Veriye Ulaşma Yöntemleri" Bilişim 2000 Eğitim Semineri
- [2] Akpınar, H., 2000, "Veri tabanlarında bilgi keşfi ve veri madenciliği", İ.Ü. İşletme Fakültesi Dergisi, C:29, 1-22.
- [3] Agrawal, R. and Shafer, J.C., 1996, "Parallel mining of association rules: Design, Implementation and Experience", IBM Research Report RJ 10004.
- [4] Agrawal, R., Imielinski, T., Swami, A., 1993, "Mining association rules between sets of items in large databases", In ACM SIGMOD Conf. Management of Data.
- [5] Agrawal, R. and Srikant, R., 1994, "Fast algorithms for mining association rules", Proc. of the 20th Int'l Conference on Very Large Databases, Santiago, Chile.
- [6] Ding, Q., 2001, "Association rule mining survey".
- [7] Alataş B, "Nicel Birliktelik Kurallarının Keşfinde Bulanık Mantık ve Genetik Algoritma Yaklaşımı" Fırat Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 2003
- [8] Han, J., Kamber, M., Data Mining: Concepts and Techniques