

# Biyoteknoloji Tutum Ölçeğinin Değerlendirilmesinde Matematiksel Bir Yaklaşım: Kaba Küme Veri Analizi

Serkan NARLI<sup>a</sup>

Dokuz Eylül Üniversitesi Üniversitesi

Olca SİNAN

Balıkesir Üniversitesi

## Öz

Birçok ülkede bireylerin biyoteknoloji ile ilgili düşünceleri ve tutumları araştırılmaktadır. Likert ölçeği, tutum ölçeklerinin içinde en yaygın olarak kullanılanıdır. Ancak, farklı cevapların aynı tutum puanını üretebilmesi bu ölçeğin zayıf tarafıdır. Kaba küme veri analizinin bu eksikliğini giderebileceği düşünülmüş ve bu çalışmada biyoteknoloji üzerine geliştirilmiş bir likert tipi tutum ölçeğinin kaba kümeler yardımıyla değerlendirilmesi yapılmıştır. Biyoteknoloji tutum ölçeği uygulanmış ve örneklemden rastgele secilen 60 kişinin verileri kaba küme analizi ile incelenmiştir. Buna göre, herhangi bir gruba sahip bazı öğrencilerin potansiyel olarak diğer gruplara da ait olabilecekleri kaba küme yardımı ile belirlenmiştir. Alt boyutların her birinin veya herhangi bir grubunun toplam boyutu ne derece açıkladıklarının matematiksel değeri bulunmuştur. Sonuçta, yüksek, orta, düşük ve çok düşük tutum kümelerinin kesinlik derecelerini belirleyecek sabitler,  $\alpha_r(Y)=1$ ,  $\alpha_r(O)=0,8$ ,  $\alpha_r(D)=0,778$ ,  $\alpha_r(CD)=1$  olarak tespit edilmiş ve buradan orta ve düşük tutum kümelerinin, kaba küme belirlediği anlaşılmıştır. Ayrıca alt boyutların birlikte toplam tutumu, 0,9 kesinlik derecesiyle belirlediği ve "GDO hakkında halkın bilinçlenmesi, genleri değiştirmenin etiği, genetik mühendisliğinin ekolojik etkisi, insan sağlığı için genetik mühendisliğinin kullanımı" alt boyutlarının ölçek için vazgeçilmez alt boyutlar olduğu görülmüştür.

## Anahtar Kelimeler

Kaba Kümeler, Tutum Ölçekleri, Biyoteknoloji, Veri Analizi.

Zihinsel ve duygusal süreçler öğrenmenin yadsınamaz parçalarıdır ve bunlar arasında karşılıklı bir ilişki vardır. Duygular ve beklentiler ne öğrendiğini etkiler. Birçok beyin araştırması bulguları da öğrenmede duyguların çok önemli olduğuna işaret etmektedir (Caine ve Caine, 1994; Lackney, 1998). Bir konuya ilişkin duygular, öğrenme sürecinde değişebilir. Duygular tutum sayesinde açığa çıkar. Öğrenciler bir konuyla ilgili öğrendikleri bilgileri unutsalar bile o konuya karşı olan tutum ve eğilimlerini unutmazlar (Stodolsky, Salk ve Glaessner, 1991).

Tutum, bireye atfedilen, bireyin belirli bir soyut ya da somut nesneye karşı gösterdiği bir duygu, inanç ve davranış eğilimidir (Baron ve Byrne, 1977). Tanımdan da görüleceği gibi tutum; bir davranış değil, davranış eğilimidir. Tutum, çeşitli uyarımlarla karşılaşıldığında verilecek tepkiye bir hazırlık durumu ya da bir başka anlatımla tepki eğilimi olmaktadır. Birey belli bir durum karşısında tepkide bulunması gerekinceye kadar o konudaki tutumunun farkında olmamaktadır. Bu nedenle Bogardus (1947) "davranış, bir anlamda bireyin tutumunun testidir" demiştir. Davranışın araştırılması bu nedenle bireyin tutumunun anlaşılmasının en iyi yoludur. Ancak burada sözü edilen davranış doğrudan gözlenebilen davranıştan farklıdır. Tutumlar, potansiyel davranışlarla sınırlı kalmaktadır. Bu yüzden tutum araştırmaları önem kazanmıştır.

Tutum hakkında yapılan çalışmalar incelediğinde ilk çalışma, Allport (1956)'a göre Thurstone (1929) tarafından yapılmış ve diğer çalışmalar da bundan sonra devam etmiştir. İnsanların tutumlarını bilmek, onların davranışlarını önceden kestirmeyi ve kontrol edebilmeyi sağlamaktadır (Eren, 2001,

a Dr. Serkan NARLI. Matematik Eğitimi alanında Öğretim Görevlisi Doktora. Çalışma alanları arasında matematik öğretimi, probleme dayalı öğrenme, sonsuz kümelerin denkliği, topoloji, kaba kümeler ve veri madenciliği yer almaktadır. İletişim: Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Eğitimi Ana-bilim Dalı, Buca, İzmir. Elektronik posta: serkan.narli@deu.edu.tr. Tel: +90 232 420 48 82 Fax: +90 232.420 48 95.

Krech ve Crutchfield, 1980). Bununla birlikte tutumların fiziksel bir boyutu olmadığı için ölçeklenmesi oldukça güçtür. Bundan dolayı tutumlar doğrudan ölçülemezler. Bireylerin tutumlarını öğrenmek için onların düşünceleri, duyguları ve tepki eğilimleri ile ilgili bilgi edinilmeye çalışılır (Thurstone, 1967).

Tutumların ölçülmesinde gözlem, soru listeleri, tamamlanmamış cümleler ve hikâye anlatma gibi çeşitli yöntemler ile yanlış seçme tekniği, içerik analizi gibi çeşitli teknikler de kullanılmaktadır (Anderson, 1988; Arul, 2002). Bununla birlikte tutum ölçme yöntemleri içerisinde en önde gelen ve yaygın olarak kullanılan yöntem tutum ölçekleridir. Bogardus toplumsal uzaklık ölçeği, Thurstone ölçeği, Likert tipi tutum ölçeği, Guttman ölçekleri, Osgood duygusal anlam ölçeği gibi çeşitli tutum ölçekleri kullanılmaktadır (Tavşancıl, 2006).

Bu ölçeklerin içinde en yaygın kullanılanı Renis Likert tarafından geliştirilen Likert (1932) tipi tutum ölçeğidir. Bunun nedeni, Likert tipi ölçeklerin geliştirilmesinin diğer ölçeklere göre daha kolay ve kullanışlı olmasıdır.

Buna karşın Likert tipi ölçeklerin dezavantajı ise farklı cevap ifadelerinin aynı toplam puanı üretebilmesidir (Tavşancıl, 2006). Birkaç alt boyuttan oluşan likert tipi bir tutum ölçeği düşünelim. Alt boyut puanlarının bazıları düşük, bazıları yüksek olabilir. Toplam tutum puanları aşağı yukarı aynı olan iki öğrencinin, alt boyut puanları farklılık gösterebilir. Örneğin bir tutum testi, A ve B gibi iki alt boyuttan oluşsun. Bir öğrencinin A alt boyut puanı yüksek, B puanı düşük; diğer öğrencinin de A alt boyut puanı düşük, B puanı yüksek olsun. Toplam tutum puanlarına bakıldığında bu iki öğrencinin de orta tutuma sahip olduğu görülebilir. Bu iki öğrencinin toplam tutum puanı aynıymış gibi görünse de alt boyut puanları farklı olduğu için aynı tutuma sahip oldukları nasıl söylenebilir? Alt boyutlar toplam boyutu ne derece açıklar? Bunun matematiksel ölçüsü nasıl verilebilir? Bu tür sorular, sınırları net çizilemeyen belirsiz kavramlar içerebilmektedir. Tutum ölçeklerinin, bu şekilde değerlendirilmesi için Pawlak'ın (1982) tanımladığı kaba kümeler (Rough Set) yaklaşımının kullanılacağı düşünülmüştür.

Kusurlu bilgi olarak da adlandırabileceğimiz belirsiz kavramlar, tarih boyunca insan zihnini meşgul etmiştir. Bu konu filozofların ve psikologların yanı sıra günümüzde daha çok bilgisayar mühendisleri ve matematikçilerin ilgisini çekmeye devam etmektedir. Matematiksel olarak kesin sonuçlar içermeyebilen belirsiz kavramların alışılmış matematik kavramları ile formüle edilmesi kolay değildir. Bu sebeple bu tür ifadelerin matematiksel model-

lemesi için alternatif matematik kavramlarının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Frege'ye göre (1904) belirsiz kavramlar, sınır çizgi görüşü ile ilişkili olanlardır. Yani belirsiz bir kavram, kavramın sadece içinde veya dışında değil sınırında da bazı nesnelerin bulunduğu kavramlardır.

Belirsizlik yaklaşımlarının ilk başarılı uygulaması, Zadeh (1965) tarafından tanımlanan bulanık kümelerdir (fuzzy sets). Bu yaklaşımda bir elemanın kümeye aitliği bir üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, bulanık kümelerde, eleman kümeye kesinlikle aittir veya değildir demek yerine şu derecede aittir denebilmektedir.

Bir başka başarılı belirsizlik yaklaşımı ise Pawlak'ın 1982'de tanımladığı kaba küme kavramıdır. Tanımlandıktan sonra bu kümeler, kesin olmayan ve tamamlanmamış verilerden bilgi elde etmek için kullanılan bir matematiksel araç haline gelmiştir (Pawlak, 1991, 1995). Kaba küme kuramının kullanılacağı ana problemler; verilerin indirgenmesi, bağımlılıklarının keşfi, verilerin öneminin tahmini, verilerden karar (kontrol) algoritmalarının oluşturulması, verilerin yaklaşık sınıflaması, verilerdeki benzerlik ve farklılıkların keşfi, verilerdeki örüntülerin keşfi, neden-sonuç ilişkilerinin keşfini kapsamaktadır (Pawlak ve Slowinski, 1994; Aydoğan ve Gencer, 2007). Kaba kümenin, bu alanlarda kullanımı literatürde görülmektedir (Hassanien, 2003; Kent, 1994; Lin ve Cercone, 1997; Narli, Yorek, Sahin ve Uşak, 2010; Nings, Ziarko, Hamilton ve Cercone, 1995; Pawlak, Grzymala, Slowinski ve Ziarko, 1995; Polkowski ve Skowron, 1998a, 1998b; Yorek ve Narli, 2009; Zhong ve Showron, 2000).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde; kaba kümeler temelinde Pawlak (1983) tarafından nesnelere yaklaşık sınıflandırıldığı, Chan'ın (1998) veri madenciliğinde nitelik oluşturmak için kaba kümeleri önerdiği, Felix ve Ushio'nun (1999) kaba kümeleri kullanarak eksik ve tutarsız veriden kural indirgeme yaklaşımı tanımladığı, Kuasik, Kern, Kernstine ve Tseng'in (2000) veri madenciliği yaklaşımında, kaba küme teorisi, kümeleme analizi, ölçü teorisine dayanan bağımsız karar alma için bir çalışma yaptıkları, Pawlak'ın (2000) karar algoritmalarında kaba kümeler ve bayes teoremi arasındaki ilişkiyi incelediği, Breault (2001) tarafından diyabetik veri tabanlarındaki veri madenciliği yaklaşımında kaba kümelerin irdelendiği, Zhong ve Skowron'un (2001) veri tabanlarından sınıflandırma kurallarının keşfi için kaba küme yaklaşımı temelinde bir kural keşif süreci önerdiği, Ananthanarayana, Murty ve Subramanian (2002) tarafından kaba kümeler kullanılarak "kaba PC ağaç (rough PC tree)" yapısı tanımlandığı, Hassan, Tazaki, Egava ve Suyama'nın (2002) kaba küme ve sınır

ağlarını birleştirerek kaba sinir ağları sınıflandırması adı altında bir yapı geliştirdikleri, Hassan ve Tazaki'nin (2003) yapmış oldukları çalışmada kaba küme teorisini kullanarak karar tablosundan veriye analiz ettikleri, Li ve Wang'ın (2003) kaba küme ve sinir ağları yaklaşımlarının avantajlarını birleştirerek, karar tablolarından etkin sınıflandırma kuralları oluşturan bir melez sistem oluşturdıkları, Jerzy, Busse ve Siddhaye (2004) eksik veriden kural indirgemek için kaba küme yaklaşımını önerdikleri görülmektedir (Aydoğan ve Gencer, 2007). Ayrıca yazılı sınav verilerinin yorumlanmasında (Narlı ve Özcelik, 2010), biyoloji ve canlılık kavramının uygulanmasında bulanık kaba küme yardımı ile modellenmesinde (Yorek ve Narlı, 2009) ve doğaya karşı tutumların sınıflandırılmasında kaba kümelerin kullanılabilirliği görülmektedir (Narlı ve ark., 2010). Birçok uygulama alanı bulunan kaba küme (rough set) teorisinin, eğitimde tutum ölçeklerinin veri analizinde kullanılabilirliği Narlı (2010) da tartışılmıştır. Narlı'nın bu çalışmasında, veri toplama aracı olarak Fennema-Sherman matematik tutum ölçeğinin dört alt boyutundan oluşan bir ölçek kullanılmıştır. Örneklemeden rasgele seçilen 20 kişinin verileri rough set analizi ile incelenmiştir. Bu analiz için öğrenciler, matematik tutumu açısından, yüksek, orta ve düşük grubu olmak üzere üç gruba dağıtılmıştır. Veriler kaba küme veri analizine uygun bilgi tablosuna dönüştürülüp bu üç grubun alt ve üst yaklaşım kümeleri (lower and upper approximation sets) bulunmuştur. Buna göre, herhangi bir gruba sahip bazı öğrencilerin potansiyel olarak diğer hangi gruplara da ait olabilecekleri kaba kümeler yardımı ile belirlenmiştir. Alt boyutların her birinin veya herhangi bir grubunun toplam boyutu ne derece açıkladıklarının matematiksel değeri bulunmuştur. Ayrıca ölçek için vazgeçilmez alt boyutlar tespit edilmiştir.

Değişik alanlardaki tutum çalışmalarında da kaba küme analizi kullanmak faydalı olabilir. Çünkü kaba küme analizi daha açıklayıcı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Bu yüzden günümüzde gittikçe önem kazanan biyoteknoloji konusunda, bu tür bir çalışmanın faydalı olabileceği düşünülmüştür. Çünkü, bilim ve teknolojiye ilerlemelerin en önemlilerinden birisi biyoteknoloji ve uygulamalarında ortaya çıkmıştır (Pardo, Midden ve Miller, 2002). Biyoteknolojideki gelişmeler toplumsal yaşamı etkilemekte ve bazı tartışmaları da beraberinde getirmektedir (Lamauskas ve Makarskaitė-Petkeviciene, 2008). Mesela, genetiği değiştirilmiş organizmalardan elde edilen ürünlerin kullanımı ile ilgili değişik ortamlardan çok sayıda tartışmalar devam etmektedir (Pardo ve ark., 2002, Sturgis, Cooper ve Fife-Schaw, 2005). Çünkü biyoteknoloji uygulamaları; bazı etik meseleleri, kabul edilebilir risk düzeyi ve yeni ürünlerin yararlılığı

ile ilgili değişik sorunları da ortaya çıkarmaktadır (Reiss ve Straughan, 1996). Bu nedenle insanlar kendilerini etkileyecek konularda daha iyi tercihler yapabilmek için daha fazla bilgi sahibi olmak istemektedir (Usak, Erdogani Prokop ve Ozel, 2009).

İnsanları biyoteknoloji ve uygulamaları ile ilgili bilgilendirmede etkili yollardan birisi okullarda yapılacak olan formal eğitimidir. Bilindiği gibi fen eğitiminin en önemli amaçlarından birisi bireylerin fen okuryazarı olarak yetişmesidir (Goodrum, Hackling ve Rennie, 2001). İnsanların biyoteknoloji ile ilgili bilgi eksikliği onların kaygılarının önemli bir nedenidir (Gunter, Kinderlerer ve Beyleveld, 1998). O halde insanların biyoteknoloji ile ilgili bilgi düzeyleri ve tutumlarının doğru bir şekilde tespit edilmesi, söz konusu kaygı ve tartışmaların ortadan kaldırılması adına önemli bir adım olacaktır. Bu amaçla birçok çalışma yapılarak öğrencilerin bilgi ve tutumları tespit edilmeye çalışılmıştır (Lamauskas ve Makarskaitė-Petkeviciene, 2008; Prokop, Lešková, Kubiátko ve Diran, 2007; Usak ve ark., 2009).

Biyoteknolojiye karşı tutumları ölçecek likert tipi tutum ölçeklerinde de, alt boyutların toplam tutum puanına etkisi tam olarak belirlenemeyebilir. Çünkü alt boyut puanlarına göre farklı sınıflara ait olan bireyler, toplam tutuma göre aynı sınıfta yer alabilmektedir. Bu sorunu çözebilmek amacıyla bu çalışmada da öğrencilerin biyoteknolojiye karşı tutumları kaba küme yardımıyla benzer şekilde analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu genel amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

1. Biyoteknoloji ölçeği alt boyut ve toplam puanlarına göre öğrenciler, hangi sınıflara ayrılabilir?
2. Toplam tutum puanlarına göre herhangi bir sınıfta yer alan öğrenci, potansiyel olarak diğer hangi sınıflara dahil edilebilir?
3. Alt boyutlar toplam tutum puanını ne derece açıklamaktadır?
4. Ölçekte vazgeçilmez alt boyutlar hangileridir?

Bu bölümde öncelikle biyoteknoloji ana hatlarıyla tartışılacak ve kaba küme teorisi tanıtılacaktır

#### **Biyoteknolojiye Yönelik Tutum Çalışmaları**

Biyoteknoloji; biyokimya, moleküler biyoloji, genetik mühendisliği, mikrobiyoloji gibi değişik bilim dallarını kapsayan bir alandır (Saez, Nino ve Carretero, 2008). Biyoteknoloji doğrudan veya dolaylı olarak insanların yaşamını etkilemektedir (Lamauskas ve Makarskaitė-Petkeviciene, 2008). Değişik canlılar arasında gen transferlerinin yapılması ile elde edilecek olan besinleri tüketmede bazı tartışmalar yaşanmaktadır (Pardo ve ark., 2002). Genetiği değiştirilmiş organizmalardan elde edi-

len ürünler gibi biyoteknoloji uygulamalarını içeren konularda davranışların önemli bir belirleyicisi olan insanların tutumlarının doğru bir şekilde tespit edilip değerlendirilmesi son derece önemli hale gelmiştir (Erdoğan, Özel, Uşak ve Prokop, 2009). Birçok araştırmacı değişik düzeylerdeki öğrencilerin biyoteknolojiye karşı tutumlarını tespit etmek amacıyla Likert tipi hazırlanan biyoteknoloji ölçekleri kullanarak çalışmalar yapmıştır (Dawson ve Schibeci, 2003, Lamanauskas ve Makarskaitė-Petkevičienė, 2008; Özden, Uşak, Prokop, Türkoğlu ve Bahar, 2008; Prokop ve ark., 2007; Uşak ve ark., 2009).

Prokop ve arkadaşları (2007) tarafından yapılan çalışmada Slovak üniversite öğrencilerinin modern biyoteknoloji ile ilgili bilgi ve tutumları incelenmiştir. Aynı çalışmada bilgi seviyesi ile tutum arasında pozitif bir ilişki olduğu ayrıca öğrencilerin biyoteknoloji ile ilgili çok sayıda yanlış anlamalara sahip olduğu ve bilgi düzeylerinin düşük seviyede olduğu bildirilmiştir. Lysaght, Rosenberger ve Kerridge (2006)'de 375 Avustralyalı üniversite öğrencisi ile yaptığı çalışmada biyoteknolojiye karşı öğrencilerin tutumlarını araştırmıştır. Öğrencilerin etik eğitiminin önemli olduğunu ve bunun lisans programında yer alması gerektiğini düşündükleri aynı çalışmada öne sürülmüştür. Dawson ve Schibeci (2003) 1116 ortaöğretim öğrencisi ile yaptığı çalışmada batı Avustralya'daki öğrencilerin modern biyoteknolojideki gelişmelerle ilgili anlamalarını araştırmıştır. Araştırmacılar öğrencilerin yaklaşık olarak üçte birinin biyoteknolojiyi çok az anladıklarını ya da hiç anlamadıklarını tespit etmişlerdir. Lamanauskas ve Makarskaitė-Petkevičienė (2008) 287 üniversite öğrencisinin biyoteknolojiyle ilgili bilgi ve tutumlarını taramıştır. Öğrencilerin biyoteknoloji bilgi düzeylerinin çok kötü olduğu ve tutumlarının arasında da zıtlıklar yaşandığı aynı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. Chen ve Raffan (1999) yaptığı çalışmada yaşları 17-18 arasındaki Tayvanlı ve İngiliz öğrencilerin biyoteknoloji bilgi ve tutumlarını incelemiştir. Bu çalışmada öğrencilerin bitkilere genetik müdahaleyi tercih ederken, hayvanlara aynı şeylerin yapılmasını kabul etmediği belirtilmiştir. Aynı çalışmada İngiltere'deki fen programının öğrencilerin biyoteknoloji tutumuna olumlu katkı sağladığı ifade edilmiştir.

Biyoteknolojinin ekonomik ve sosyal hayattaki çok önemli etkilerine rağmen, Türkiye'de öğrencilerin biyoteknoloji bilgi ve tutumları ile ilgili çok az sayıda araştırmaya rastlanmaktadır (Darçın ve Güven, 2008; Özden ve ark., 2008; Uşak ve ark., 2009). Darçın ve Güven, (2008) fen bilgisi öğretmen adayları biyoteknolojiye karşı tutumlarını ölçmeye yönelik bir tutum ölçeği geliştirmiştir. Özel, Erdoğan, Uşak

ve Prokop (2009) ise 352 lise öğrencisinin biyoteknoloji hakkında bilgi ve tutumlarını araştıran bir çalışma yapmıştır. Araştırmaya göre erkek öğrencilerin ve yaşları ileri olanların biyoteknolojiye karşı tutumları daha yüksek düzeydedir. Uşak ve arkadaşları (2008) ise yaptığı çalışmada lise ve üniversite öğrencilerinin biyoteknoloji ile ilgili bilgi düzeyi ve tutumlarını karşılaştırmıştır. Aynı çalışmada lise ve üniversite öğrencilerinin biyoteknoloji bilgi düzeyleri arasında farklılık gözlenmezken, tutumları arasında üniversite öğrencilerinin lehine anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Özden ve arkadaşları (2008) tarafından yapılan çalışmada da 371 öğretmen adayının biyoteknolojide kimyasal hormon kullanımına ilişkin bilgi ve tutumları araştırılmıştır. Araştırmacılar, yaşa ve cinsiyete göre öğretmen adayları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını, ancak kız öğretmen adaylarının tutumlarının biraz daha olumsuz olduğunu tespit etmişlerdir. Erdoğan ve arkadaşları (2009) ise daha önce geliştirilmiş olan tutum ölçeklerinin üniversite öğrencileri için uygun olmadığını ileri sürerek alt boyutları olan yeni bir tutum ölçeği geliştirmiştir.

#### Kaba Kümeler

Klasik küme kavramında kümenin elemanları net olarak bellidir. Bir başka ifade ile bir eleman bir kümeye ya aittir ya da değildir. Örneğin tek sayılar kümesi, bu türdendir. Çünkü bir sayı ya tektir ya da değildir. Oysa gündelik hayatta her şey bu kadar kesin çizgilerle ayrılamaz.

Genç insanların kümesini düşünecek olursak, bu küme tek sayılar örneğinin aksine kesin sınırlar ile belirlenebilecek bir küme değildir. Hatta doğal lisanda kullanılan kavramların hemen hepsi, benzer şekilde sınırları net çizilemeyen belirsiz kavramlardır. Bu durum daha önce de bahsedildiği gibi, bilim adamlarını alternatif küme kavramları ile uğraşmaya zorlamıştır. Kaba küme teorisi, klasik küme teorisinin bir genişlemesidir. Bu kümede bir evrensel kümenin bir alt kümesi, alt ve üst yaklaşımları olarak adlandırılan iki küme yardımı ile tanımlanır. Pawlak (1982)'in kaba kümelerinde temel araç bir denklik bağıntısıdır. Alt ve üst yaklaşımlar denklik sınıfları ile inşa edilir (Aktaş ve Çağman, 2005). Ayrıca Pawlak (1982)'in tanımından sonra denklik bağıntısı yerine farklı cebirsel yapılar kullanılarak kaba kümeler geliştirilmiştir (Bonikowaski, 1995; Jiashang, Congxin ve Degang, 2005; Kumar, 1993; Kuroki, 1997; Narlı ve Özcelik, 2008; Pomykala ve Pomykala, 1988).

Pawlak (1982) tarafından ortaya konan kaba küme teorisine bütün dünyada bilim adamları tarafından büyük bir ilgi gösterilmiştir. Pawlak (1982) kaba kümeleri şu şekilde tanımlanmıştır:

U sonlu evrensel küme;  $R \subset U \times U$  bir denklik bağıntısı ve  $A \subset U$  olsun.

i. A kümesi tarafından kapsanan, R bağıntısına göre U'da oluşmuş denklik sınıflarının birleşimine, A kümesinin R bağıntısına göre alt yaklaşımı ( $R_{alt}(A)$ );

ii. R bağıntısına göre U'da oluşmuş denklik sınıflarının A kümesi ile arakesitleri boştan farklı olanlarının birleşimine, A kümesinin R bağıntısına göre üst yaklaşımı ( $R^{üst}(A)$ );

iii. Üst yaklaşım kümesinin alt yaklaşım kümesinden farkına da A kümesinin R bağıntısına göre sınır bölgesi ( $B_R(A)$ ) denir.

Bu durumda;  $R(a)$ ,  $a \in A$  elemanının denklik sınıfını göstermek üzere;

$$R_{alt}(A) = \bigcup_{a \in U} \{ R(a) : R(a) \subset A \}$$

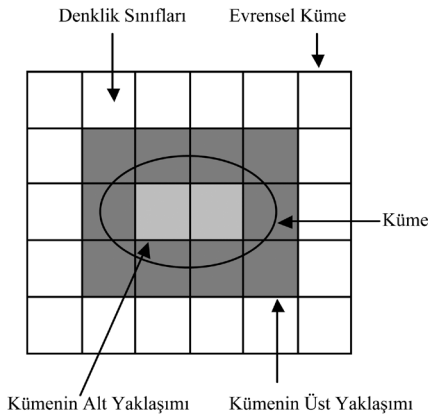
$$R^{üst}(A) = \bigcup_{a \in U} \{ R(a) : R(a) \cap A \neq \emptyset \}$$

$$B_R(A) = R^{üst}(A) - R_{alt}(A)$$

olarak tanımlıdır.

Kaba küme teorisine göre,  $R_{alt}(A)$  kümesi, R bağıntısının tanımladığı özelliğe göre A kümesine kesinlikle ait olan elemanlardan oluşur.  $R^{üst}(A)$  kümesinin elemanları ise, R bağıntısının tanımladığı özelliğe göre, A kümesine ait olması muhtemel elemanlardır.

İşte bu tanımlar altında A kümesinin sınır bölgesi boş ise, A kümesine tam küme (crisp), değilse kaba küme (rough set) denir. İlgili tanımlar Şekil 1 de sembolize edilmiştir:



Şekil 1. Kaba Kümelerin Şematik Gösterimi

Ayrıca kaba kümeler, alt ve üst yaklaşımlar yerine, yaklaşım üyelik fonksiyonları ile de gösterile-

bilir. Buna göre yukarıdaki gösterimler altında;  $|A|$ , A kümesinin eleman sayısı olmak üzere; A kümesinin R denklik bağıntısına göre yaklaşım üyelik fonksiyonu  $\mu_A^R$ , şu şekilde tanımlıdır:

$$\mu_A^R : U \rightarrow [0,1]$$

$$x \rightarrow \mu_A^R(x) = \frac{|A \cap R(x)|}{|R(x)|}$$

$\mu_A^R$  yaklaşım üyelik fonksiyonu, R bağıntısına göre x elemanının A kümesine ait olma olasılığını belirler. Bu olasılığın [0,1] kapalı aralığında kalacağı ve üyelik fonksiyonu yardımı ile alt ve üst yaklaşım kümeleri ile sınır bölgesinin şu şekilde de ifade edilebileceği açıklar:

$$R_{alt}(A) = \{x \in U : \mu_A^R(x) = 1\}$$

$$R^{üst}(A) = \{x \in U : \mu_A^R(x) > 0\}$$

$$B_R(A) = \{x \in U : 0 < \mu_A^R(x) < 1\}$$

Kaba kümeleri ayrıca, [0,1] kapalı aralığına ait bir sabit ile de karakterize edilebilir. Yaklaşımın netliğini belirleyecek bu sabit

$$\alpha_R(A) = \frac{|B_{alt}(A)|}{|B^{üst}(A)|}$$

ile tanımlıdır.

Açıktır ki  $\alpha_R(A) = 1$  ise A kümesi kesin küme (exact), değilse kaba kümedir.

**Kaba Küme Veri Analizi:** Kaba küme ile analiz yapılırken veriler, her satırı bir nesneyi (veya örneği), her sütunu nesneyi nitelendiren bir özelliği gösteren bir özellik-değer tablosu biçiminde gösterilir. Bu tabloya bilgi tablosu veya karar tablosu denir. Basit bir bilgi tablosu Tablo1 de görülebilir:

Tablo1. Hastaların Nezle Durumu ve Gösterdikleri Belirtiler (Pawlak, 1997)

Evrensel Küme	Durum Özellikleri			Karar Özelliği
Hasta	Baş ağrısı	Kas ağrısı	Ateş	Nezle
H <sub>1</sub>	Yok	Var	Yüksek	Var
H <sub>2</sub>	Var	Yok	Yüksek	Var
H <sub>3</sub>	Var	Var	Çok Yüksek	Var
H <sub>4</sub>	Yok	Var	Normal	Yok
H <sub>5</sub>	Var	Yok	Yüksek	Yok
H <sub>6</sub>	Yok	Var	Çok Yüksek	Var

Bu örnek incelendiğinde, bilgi tablosunun sütunlarının, “evrensel küme, durum özellikleri, karar özelliği” olarak üçe ayrıldığı görülmektedir. Örnekte, evrensel küme 6 hastadan oluşmaktadır. Kaba küme veri analizinde, durum özellikleri çok sayıda olabilir, burada ise üç durum özelliği bulunmaktadır: Baş ağrısı, kas ağrısı ve ateş. Benzer şekilde, karar özellikleri de herhangi bir sayıda olabilir. Yukarıdaki örnekte ise tek karar özelliği seçilmiştir (nezle olup olmama). Bilgi tablosunun satırları bireylerden, nesnelere ya da örneklerden oluşmaktadır. Bunlar evrenin elemanları ile etiketlenirler. Örneğin yukarıdaki tabloda hastalar (H1, H2, H3, H4, H5, H6) satırları oluşturmuş ve her hastanın durum ve karar özellik değerleri, hastaya ait satırlarda belirtilmiştir (Munakata, 1998). Durum özellikleri birlikte, ayırt edilemezlik bağıntısı olarak da isimlendirilen, R denklik bağıntısını tanımlar. Kümelerin alt ve üst yaklaşım kümeleri, bu bağıntıya göre oluşturulmuş denklik sınıfları ile hesaplanırlar.

**Özelliklerin Bağımlılığı:** Veri analizindeki diğer bir önemli konu özellikler arasındaki bağımlılıkların keşfedilmesidir. Sezgisel olarak, eğer bir Q karar özellikleri kümesi, bir P durum özellikleri kümesi tarafından belirleniyorsa, Q ile P’ye bağımlıdır denilebilir. Yukarıdaki örnekte durum özellikleri  $P = \{\text{Baş ağrısı, Kas ağrısı, Ateş}\}$ ; karar özelliği de  $Q = \{\text{Nezle}\}$  olarak seçilebilir. Bu durumda herhangi bir hastanın nezle olup olmaması, P özelliklerini hangi derece ile göstermelerine bağlı olarak değişebilir. Bunun gibi durumlarda P ve Q özellikleri kümeleri arasındaki ilişki, fonksiyonel olarak kaba küme teorisinde aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

P ve Q, sırasıyla durum ve karar özellikleri olsun. Eğer k aşağıda gösterildiği gibi hesaplanan bir değer, Q bir  $k$  ( $0 \leq k \leq 1$ ) derecesinde P’ye bağımlıdır denir ve  $P \Rightarrow_k Q$  şeklinde gösterilir.

$$k = \gamma(P, Q) = \frac{|POS_P(Q)|}{|U|}$$

Burada  $POS_P(Q)$ , U/D bölüntüsünün P’ye göre pozitif bölgesi olarak isimlendirilir ve aşağıdaki gibi tanımlıdır:

$$POS_P(Q) = \bigcup_{X \in U/Q} P_{alt}(X)$$

$k=1$  ise Q tamamı ile P’ye bağımlıdır,  $k<1$  ise Q kısmen P’ye bağımlıdır.  $\gamma(P, Q)$ , U/Q bölüntüsünün yakınlığını ve P’deki koşullara göre tahminini tanımlar. k kat sayısı ise bağımlılık derecesini gösterir (Pawlak, 1998).

**İndirgenmiş Özellik Kümeleri:** Bir bilgi tablosunda bulunan durum özelliklerinin kümesi P, karar

özelliklerinin kümesi Q ve P kümesinin belirttiği ayırt edilemezlik (denklik) bağıntısı da  $IND(P)$  olsun.  $B \subset P$  özellik alt kümesi  $IND(P)$  ayırt edilemezlik bağıntısını muhafaza ediyorsa P-B özellikleri atılabilir. Bu özellikler fazlalıktır ve atılmaları sınıflandırmayı kötüleştirmez. Bu şekilde, atılabilir özellik içermeyen alt kümeler, indirgenmiş özellik kümeleri denir. Bir bilgi tablosunun indirgenmiş özellik kümesi

$$IND(B) = IND(P) \text{ ve}$$

$$IND(B - \{a\}) \neq IND(P)$$

olacak şekilde bir  $B \subseteq P$  en küçük özellikler kümesidir.

Bütün indirgenmiş özellik kümelerinin kesişimine çekirdek (core) adı verilir. Çekirdek boş küme olabilir. Bir P özellik kümesinin bütün indirgenmiş özellik kümelerinin kümesi  $RED(P)$  ile gösterilir.

Aşağıdaki bölümde, Erdoğan ve arkadaşları (2009) tarafından geliştirilen biyoteknoloji tutum ölçeği ele alınmış ve kaba kümeler ile nasıl değerlendirilebileceği tartışılmıştır.

## Yöntem

Sunulan çalışma tarama modeli betimsel bir araştırmadır. Bu tür araştırmalar, verilen bir durumu aydınlatmak, standartlar doğrultusunda değerlendirmeler yapmak ve olaylar arasında olası ilişkileri ortaya çıkarmak için yürütülür (Çepni, 2007, s. 64). Modelde, olmuş ya da sürmekte olan bir durumun betimlenmesi amaçlanır. Araştırmaya konu olan olay, birey ya da nesnenin kendi koşulları içinde olduğu gibi tanımlanması araştırmacının özünü oluşturur (Karasar, 2008, s. 77). Sunulan araştırmacının her aşamasında işlemler var olan doğal şartlar altında yürütülmüştür. Üniversite öğrencilerine, daha önceden Erdoğan ve arkadaşları (2009) tarafından geliştirilen biyoteknoloji tutum ölçeği uygulanmış ve veriler kaba kümeler yardımıyla analizi edilmiştir.

## Çalışma Grubu

Erdoğan ve arkadaşları (2009) tarafından geliştirilen ölçek, 326 üniversite öğrencisine uygulanmış, kaba küme analizi için bu öğrencilerden 60’ı rastgele seçilmiş ve kaba küme analizi, bu 60 öğrencinin verileri ile yapılmıştır. Tutum ölçeklerinin kaba küme yardımıyla analizine örnek oluşturacağı düşünülen bu çalışma, daha büyük örneklerde de kullanılabilir.

## Veri Toplama Aracı

Çalışmada veri toplama aracı olarak, Erdoğan ve ar-

Tablo 3.

Grup Sınır Değerleri

Aralık Sınır değeri	$1 \leq x \leq 1,8$	$1,8 < x \leq 2,6$	$2,6 < x \leq 3,4$	$3,4 < x \leq 4,2$	$4,2 < x \leq 5$
Grup	ÇokDüşük	Düşük	Orta	Yüksek	ÇokYüksek

kadaşları (2009) tarafından geliştirilen beşli likert tipinde ve 7 faktörlü toplamda 28 maddeden oluşan biyoteknoloji tutum ölçeği kullanılmıştır. Daha önceden geliştirilmiş, söz konusu ölçeğin faktörlere göre dağılımı ve güvenilirlik katsayıları aşağıdaki gibidir:

Tablo 2.

Biyoteknoloji Tutum Ölçeğinin Faktörleri, Madde Sayıları ve Güvenirlik Katsayıları

Faktörler	Madde Sayısı	Güvenirlik ( $\alpha$ )
Faktör 1 GDO'lu ürünlerin tüketimi	4	0.80
Faktör 2 Tarım endüstrisinde GDO	5	0.66
Faktör 3 GDO hakkında halkın bilinçlenmesi	3	0.56
Faktör 4 GDO'lu ürünlerin satışı	6	0.79
Faktör 5 Genleri değiştirmenin etiği	3	0.61
Faktör 6 Genetik mühendisliğinin ekolojik etkisi	4	0.61
Faktör 7 İnsan sağlığı için genetik mühendisliğinin kullanımı	3	0.62
<b>Toplam</b>	<b>28</b>	<b>0.82</b>

### Verilerin Analizi

Kaba küme analiz sürecinde, her satır bir nesneyi (veya örneği), her sütun nesneyi nitelendiren bir özelliği gösterecek biçimde bir özellik-değer tablosu oluşturulur. Yani, verilerin durum özellikleri (condition attributes) ve karar özellikleri (decision attribute) olarak düzenlemesi gerekir. Bu çalışmada tutum ölçeğinin alt boyutları için ait olunan sınıflar durum özelliklerini, toplam tutum puanına göre ait olunan sınıflar da karar özelliği olarak seçilmiştir.

Sözü geçen sınıfları belirlemek amacıyla, kaba küme analizi için rastgele seçilen 60 öğrenciyi ait veriler; kesinlikle katılmıyorum'a 1, katılmıyorum'a 2, orta derecede katılmıyorum'a 3, katılmıyorum'a 4 ve kesinlikle katılmıyorum'a 5 puan verilerek kodlanmıştır. Yeniden kodlama yapıldıktan sonra her bir alt boyut ve toplam tutum puanı için ortalama puanlar bulunmuştur.

Öğrenciler, alt boyut ve toplam tutum puanlarına göre, çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere 5 gruba ayrılmıştır. Grup genişlik değeri, ölçek beşli likert tipinde olduğundan,  $4/5=0,8$  olarak alınmıştır. Buna göre grup aralık değerleri aşağıdaki gibi olur:

Bu değerler ışığında, öğrencilerin alt boyutlar ve toplam tutum puanlarına göre ait oldukları sınıflar Tablo 4 de belirtilmiştir:

ÇokYüksek(ÇY), Yüksek(Y), Orta(O), Düşük(D), ÇokDüşük(ÇD)

Tablo 4 incelendiğinde, alt boyut sınıfları aynı olan öğrencilerin toplam tutum sınıfında farklı gruplarda yer alabildikleri görülmektedir. Örneğin  $x_{33}$  ve  $x_{34}$ , alt boyutlarda aynı gruplarda olmalarına rağmen [F1(ÇokDüşük), F2(Yüksek), F3(Düşük), F4(Düşük), F5(Orta), F6(Düşük), F7(Yüksek)] toplam tutum puanlarına göre farklı gruplarda bulunmaktadır [ $x_{33}$ (Orta),  $x_{34}$ (Düşük)]. Bu dört alt boyutun toplam tutum puanını açıkladığı düşünülürse, örneğin  $x_{34}$  düşük tutuma sahip öğrenciler grubunda olmasına rağmen  $x_{34}$ 'ün potansiyel olarak orta tutuma sahip olduğu söylenebilir.

### Çalışmanın Kaba Küme Analizi

Bu bölümde, Tablo 4'te özellikleri verilen öğrencilerin, alt boyut sınıflarının toplam tutum puanlarına etkisi, kaba küme teorisi temelinde ele alınarak veri analizi yapılacaktır.

**Ayrırt Edilmezlik Bağntısı (Indiscernibility Relation):** Bu çalışmada kaba küme analizi için gerekli olan evrensel kümeyi,  $IU=\{x_1, x_2, \dots, x_{60}\}$  öğrenciler kümesi oluşturmaktadır. F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 alt boyutları durum özellikleri ve toplam tutum ise karar özelliği olarak seçilmiştir. Tablo 4'teki durum özelliklerinin hepsi birlikte düşünüldüğünde, bu özelliklerin belirteceği R denklik bağntısı (ayrırt edilmezlik bağntısı), IU öğrenciler kümesini aşağıdaki denklik sınıflarına ayırır:

$$IU/R = \{\{x_1, x_2, x_3\}, \{x_4, x_5, x_6\}, \{x_7, x_8, x_9\}, \{x_{10}, x_{11}, x_{12}\}, \{x_{13}, x_{14}, x_{15}\}, \{x_{16}, x_{17}, x_{18}\}, \{x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}\}, \{x_{25}, x_{26}, x_{27}\}, \{x_{28}, x_{29}, x_{30}\}, \{x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}\}, \{x_{37}, x_{38}, x_{39}\}, \{x_{40}, x_{41}, x_{42}\}, \{x_{43}, x_{44}, x_{45}\}, \{x_{46}, x_{47}, x_{48}\}, \{x_{49}, x_{50}, x_{51}\}, \{x_{52}, x_{53}, x_{54}\}, \{x_{55}, x_{56}, x_{57}\}, \{x_{58}, x_{59}, x_{60}\}\}.$$

Alt ve üst yaklaşım kümeleri, kaba küme teorisinin denklik bağntısı yardımıyla tanımlanan önemli kavramlardır. Bu çalışmanın yaklaşım kümeleri aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 4.

Öğrencilerin Alt Boyutlar ve Toplam Tutuma Göre Ait Oldukları Sınıflar

Öğrenciler	Durum Özellikleri															Karar	
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	SUM	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	SUM	Özelliği
x <sub>1</sub>	4,25	3,8	3	3,17	2,67	3,25	4,33	3,5	ÇY	Y	O	O	O	O	ÇY	Y	Y
x <sub>2</sub>	4,25	3,8	3	3,17	2,67	3,25	4,33	3,5	ÇY	Y	O	O	O	O	ÇY	Y	Y
x <sub>3</sub>	4,25	3,8	3	3,17	2,67	3,25	4,33	3,5	ÇY	Y	O	O	O	O	ÇY	Y	Y
x <sub>4</sub>	3,5	4,2	1,67	3,33	3,33	3	4,67	3,43	Y	Y	ÇD	O	O	O	ÇY	Y	Y
x <sub>5</sub>	3,5	4,2	1,67	3,33	3,33	3	4,67	3,43	Y	Y	ÇD	O	O	O	ÇY	Y	Y
x <sub>6</sub>	3,5	4,2	1,67	3,33	3,33	3	4,67	3,43	Y	Y	ÇD	O	O	O	ÇY	Y	Y
x <sub>7</sub>	1	4	4	2,17	3,33	2	3,67	2,79	ÇD	Y	Y	D	O	D	Y	O	O
x <sub>8</sub>	1	4	4	2,17	3,33	2	3,67	2,79	ÇD	Y	Y	D	O	D	Y	O	O
x <sub>9</sub>	1	4	4	2,17	3,33	2	3,67	2,79	ÇD	Y	Y	D	O	D	Y	O	O
x <sub>10</sub>	1,75	4	2,33	2,33	3	2,5	2,67	2,68	ÇD	Y	D	D	O	D	O	O	O
x <sub>11</sub>	1,75	4	2,33	2,33	3	2,5	2,67	2,68	ÇD	Y	D	D	O	D	O	O	O
x <sub>12</sub>	1,75	4	2,33	2,33	3	2,5	2,67	2,68	ÇD	Y	D	D	O	D	O	O	O
x <sub>13</sub>	1,5	4	2,33	2,17	3,33	1,75	4,67	2,75	ÇD	Y	D	D	O	ÇD	ÇY	O	O
x <sub>14</sub>	1,5	4	2,33	2,17	3,33	1,75	4,67	2,75	ÇD	Y	D	D	O	ÇD	ÇY	O	O
x <sub>15</sub>	1,5	4	2,33	2,17	3,33	1,75	4,67	2,75	ÇD	Y	D	D	O	ÇD	ÇY	O	O
x <sub>16</sub>	1	4,8	1,67	2	2,33	2,25	5	2,71	ÇD	ÇY	ÇD	D	D	D	ÇY	O	O
x <sub>17</sub>	1	4,8	1,67	2	2,33	2,25	5	2,71	ÇD	ÇY	ÇD	D	D	D	ÇY	O	O
x <sub>18</sub>	1	4,8	1,67	2	2,33	2,25	5	2,71	ÇD	ÇY	ÇD	D	D	D	ÇY	O	O
x <sub>19</sub>	1,5	3,6	3,33	2,17	2,67	2,25	3,67	2,68	ÇD	Y	O	D	O	D	Y	O	O
x <sub>20</sub>	1,5	3,6	3,33	2,17	2,67	2,25	3,67	2,68	ÇD	Y	O	D	O	D	Y	O	O
x <sub>21</sub>	1,5	3,6	3,33	2,17	2,67	2,25	3,67	2,68	ÇD	Y	O	D	O	D	Y	O	O
x <sub>22</sub>	1,75	4	1,67	2,17	2,67	1,75	4,33	2,61	ÇD	Y	ÇD	D	O	ÇD	ÇY	O	O
x <sub>23</sub>	1,75	4	1,67	2,17	2,67	1,75	4,33	2,61	ÇD	Y	ÇD	D	O	ÇD	ÇY	O	O
x <sub>24</sub>	1,75	4	1,67	2,17	2,67	1,75	4,33	2,61	ÇD	Y	ÇD	D	O	ÇD	ÇY	O	O
x <sub>25</sub>	3	3,2	3	2,83	3	3	3	3	O	O	O	O	O	O	O	O	O
x <sub>26</sub>	3	3,2	3	2,83	3	3	3	3	O	O	O	O	O	O	O	O	O
x <sub>27</sub>	3	3,2	3	2,83	3	3	3	3	O	O	O	O	O	O	O	O	O
x <sub>28</sub>	3,5	2,6	2,67	2,83	3,33	3,25	2,67	2,96	Y	D	O	O	O	O	O	O	O
x <sub>29</sub>	3,5	2,6	2,67	2,83	3,33	3,25	2,67	2,96	Y	D	O	O	O	O	O	O	O
x <sub>30</sub>	3,5	2,6	2,67	2,83	3,33	3,25	2,67	2,96	Y	D	O	O	O	O	O	O	O
x <sub>31</sub>	1,75	3,8	2	2,17	2,67	2	4	2,61	ÇD	Y	D	D	O	D	Y	O	O
x <sub>32</sub>	1,75	3,8	2	2,17	2,67	2	4	2,61	ÇD	Y	D	D	O	D	Y	O	O
x <sub>33</sub>	1,75	3,8	2	2,17	2,67	2	4	2,61	ÇD	Y	D	D	O	D	Y	O	O
x <sub>34</sub>	1,25	3,8	2	2	3	2	3,67	2,5	ÇD	Y	D	D	O	D	Y	D	O
x <sub>35</sub>	1,25	3,8	2	2	3	2	3,67	2,5	ÇD	Y	D	D	O	D	Y	D	O
x <sub>36</sub>	1,25	3,8	2	2	3	2	3,67	2,5	ÇD	Y	D	D	O	D	Y	D	O



x <sub>37</sub>	1,5	3,8	3,33	1,83	2,67	1,5	3,67	2,54	ÇD	Y	O	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>38</sub>	1,5	3,8	3,33	1,83	2,67	1,5	3,67	2,54	ÇD	Y	O	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>39</sub>	1,5	3,8	3,33	1,83	2,67	1,5	3,67	2,54	ÇD	Y	O	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>40</sub>	1	3,8	1,67	2,33	3	1,75	4	2,5	ÇD	Y	ÇD	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>41</sub>	1	3,8	1,67	2,33	3	1,75	4	2,5	ÇD	Y	ÇD	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>42</sub>	1	3,8	1,67	2,33	3	1,75	4	2,5	ÇD	Y	ÇD	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>43</sub>	1	4	4	1,83	3	1,25	3,67	2,57	ÇD	Y	Y	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>44</sub>	1	4	4	1,83	3	1,25	3,67	2,57	ÇD	Y	Y	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>45</sub>	1	4	4	1,83	3	1,25	3,67	2,57	ÇD	Y	Y	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>46</sub>	1	3,6	2	2,33	2	2,25	3,67	2,43	ÇD	Y	D	D	D	D	Y	D
x <sub>47</sub>	1	3,6	2	2,33	2	2,25	3,67	2,43	ÇD	Y	D	D	D	D	Y	D
x <sub>48</sub>	1	3,6	2	2,33	2	2,25	3,67	2,43	ÇD	Y	D	D	D	D	Y	D
x <sub>49</sub>	1	3,6	2	1,83	2,33	2,5	2,67	2,29	ÇD	Y	D	D	D	D	O	D
x <sub>50</sub>	1	3,6	2	1,83	2,33	2,5	2,67	2,29	ÇD	Y	D	D	D	D	O	D
x <sub>51</sub>	1	3,6	2	1,83	2,33	2,5	2,67	2,29	ÇD	Y	D	D	D	D	O	D
x <sub>52</sub>	1	3,6	2,33	2	3	1,5	4	2,43	ÇD	Y	D	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>53</sub>	1	3,6	2,33	2	3	1,5	4	2,43	ÇD	Y	D	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>54</sub>	1	3,6	2,33	2	3	1,5	4	2,43	ÇD	Y	D	D	O	ÇD	Y	D
x <sub>55</sub>	4	2,6	1	1,67	3,67	1	3,67	2,43	Y	D	ÇD	ÇD	Y	ÇD	Y	D
x <sub>56</sub>	4	2,6	1	1,67	3,67	1	3,67	2,43	Y	D	ÇD	ÇD	Y	ÇD	Y	D
x <sub>57</sub>	4	2,6	1	1,67	3,67	1	3,67	2,43	Y	D	ÇD	ÇD	Y	ÇD	Y	D
x <sub>58</sub>	1	1,8	1	1,83	3,33	1	1,67	1,64	ÇD	ÇD	ÇD	D	O	ÇD	ÇD	ÇD
x <sub>59</sub>	1	1,8	1	1,83	3,33	1	1,67	1,64	ÇD	ÇD	ÇD	D	O	ÇD	ÇD	ÇD
x <sub>60</sub>	1	1,8	1	1,83	3,33	1	1,67	1,64	ÇD	ÇD	ÇD	D	O	ÇD	ÇD	ÇD

**Alt ve Üst Yaklaşım Kümeleri:** Bu çalışmada, toplam tutum puanlarına bakıldığında dört grup olduğu görülmektedir: yüksek, orta, düşük, çok düşük. Çok yüksek tutuma sahip hiçbir öğrenci bulunmamaktadır. Yüksek, orta, düşük, çok düşük tutum gruplarından (kısaca yüksek, orta, düşük, çok düşük) herhangi birine kesinlikle ait veya üst muhtemel olan öğrencileri belirleyebilecek alt ve üst yaklaşım kümeleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

**Yüksek Tutum Kümesinin Alt ve Üst Yaklaşımları:**  $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$  kümesi, yüksek olarak belirlenen öğrencilerin kümesidir. Bu kümenin alt ve üst yaklaşım kümesi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$R_{alt}(Y) = \bigcup_{a \in IU} \{ R(a) : R(a) \subset Y \} = \{x_1, x_2, x_3\} \cup \{x_4, x_5, x_6\} = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}.$$

$$R_{üst}(Y) = \bigcup_{a \in IU} \{ R(a) : R(a) \cap Y \neq \emptyset \} = \{x_1, x_2, x_3\} \cup \{x_4, x_5, x_6\} = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}.$$

Y kümesinin alt ve üst yaklaşımına bakıldığında bu kümelerin eşit olduğu görülmektedir. Dolayısıyla

siyla yüksek tutuma sahip öğrencilerin kümesi tam (exact) kümedir.

**Orta Tutum Kümesinin Alt ve Üst Yaklaşımları:** Orta tutuma sahip öğrencilerin kümesi ve alt ve üst yaklaşım kümeleri ise aşağıdaki gibidir:

$$Orta = \{x_7, x_8, \dots, x_{33}\}.$$

$$R_{alt}(O) = \bigcup_{a \in IU} \{ R(a) : R(a) \subset O \} = \{x_7, x_8, x_9\} \cup \{x_{10}, x_{11}, x_{12}\} \cup \{x_{13}, x_{14}, x_{15}\} \cup \{x_{16}, x_{17}, x_{18}\} \cup \{x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}\} \cup \{x_{25}, x_{26}, x_{27}\} \cup \{x_{28}, x_{29}, x_{30}\} = \{x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{28}, x_{29}, x_{30}\}.$$

$$R_{üst}(O) = \bigcup_{a \in IU} \{ R(a) : R(a) \cap O \neq \emptyset \} = \{x_7, x_8, x_9\} \cup \{x_{10}, x_{11}, x_{12}\} \cup \{x_{13}, x_{14}, x_{15}\} \cup \{x_{16}, x_{17}, x_{18}\} \cup \{x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}\} \cup \{x_{25}, x_{26}, x_{27}\} \cup \{x_{28}, x_{29}, x_{30}\} \cup \{x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}\} = \{x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{28}, x_{29}, x_{30}, x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}\}.$$

$\{x_{34}, x_{35}, x_{36}\}$  kümesinin elemanları Orta tutum kümesine ait olmamasına rağmen üst yaklaşım kü-

mesinin elemanlarıdır. Bu yüzden bu elemanlar potansiyel olarak orta tutuma sahip olan elemanlardır. Dolayısıyla düşük tutum grubuna ait olan  $\{x_{34}, x_{35}, x_{36}\}$  öğrencilerinin potansiyel olarak orta tutuma sahip oldukları söylenebilir. Alt yaklaşımda bulunan  $\{x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{28}, x_{29}, x_{30}\}$  kümesi ise kesinlikle orta tutuma sahip olan öğrencilerden oluşmaktadır.

**Düşük Tutum Kümesinin Alt ve Üst Yaklaşımları:**

Düşük tutuma sahip öğrencilerden oluşan  $\{x_{34}, x_{35}, \dots, x_{57}\}$  kümesinin alt ve üst yaklaşım kümeleri aşağıda gösterilmektedir:

$$R_{alt}(D) = \bigcup_{a \in IU} \{R(a) : R(a) \subset D\} = \{x_{37}, x_{38}, x_{39}\} \cup \{x_{40}, x_{41}, x_{42}\} \cup \{x_{43}, x_{44}, x_{45}\} \cup \{x_{46}, x_{47}, x_{48}\} \cup \{x_{49}, x_{50}, x_{51}\} \cup \{x_{52}, x_{53}, x_{54}\} \cup \{x_{55}, x_{56}, x_{57}\} = \{x_{37}, x_{38}, x_{39}, x_{40}, x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44}, x_{45}, x_{46}, x_{47}, x_{48}, x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{55}, x_{56}, x_{57}\}$$

$$R_{üst}(D) = \bigcup_{a \in IU} \{R(a) : R(a) \cap D \neq \emptyset\} = \{x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}\} \cup \{x_{37}, x_{38}, x_{39}\} \cup \{x_{40}, x_{41}, x_{42}\} \cup \{x_{43}, x_{44}, x_{45}\} \cup \{x_{46}, x_{47}, x_{48}\} \cup \{x_{49}, x_{50}, x_{51}\} \cup \{x_{52}, x_{53}, x_{54}\} \cup \{x_{55}, x_{56}, x_{57}\} = \{x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}, x_{37}, x_{38}, x_{39}, x_{40}, x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44}, x_{45}, x_{46}, x_{47}, x_{48}, x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{55}, x_{56}, x_{57}\}$$

Düşük tutum kümesinin üst yaklaşımında olup ta düşük tutum kümesinin elemanı olmayan öğrencilerin kümesi  $\{x_{31}, x_{32}, x_{33}\}$  dir. Bu öğrenciler orta tutum kümesinin elemanı olmalarına rağmen üst yaklaşım kümesinin elemanı oldukları için potansiyel düşük tutum öğrencisi sayılabilirler.  $\{x_{37}, x_{38}, x_{39}, x_{40}, x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44}, x_{45}, x_{46}, x_{47}, x_{48}, x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{55}, x_{56}, x_{57}\}$  kümesine ait öğrenciler, alt yaklaşım kümesinin elemanı oldukları için kaba küme teorisine göre kesinlikle düşük tutum kümesinin elemanı olan öğrencilerdir.

**Çok Düşük Tutum Kümesinin Alt ve Üst Yaklaşımları:**

Çok düşük tutum kümesine ait olan öğrenciler  $\{x_{58}, x_{59}, x_{60}\}$  kümesinin elemanı olan öğrencilerdir. Bu kümenin alt ve üst yaklaşım kümesi aşağıda belirtilmiştir:

$$R_{alt}(ÇD) = \bigcup_{a \in IU} \{R(a) : R(a) \subset ÇD\} = \{x_{58}, x_{59}, x_{60}\}.$$

$$R_{üst}(ÇD) = \bigcup_{a \in IU} \{R(a) : R(a) \cap ÇD \neq \emptyset\} = \{x_{58}, x_{59}, x_{60}\}.$$

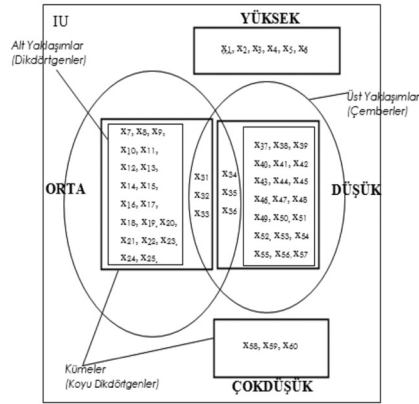
ÇD kümesinin alt ve üst yaklaşımına bakıldığında bu kümelerin eşit olduğu görülmektedir. Dolayısıyla çok düşük tutuma sahip öğrencilerin kümesi, yüksek tutuma sahip öğrencilerde olduğu gibi, tam kümedir.

Yukarıda alt ve üst yaklaşımı belirlenen orta ve düşük tutum kümelerinin sınır kümeleri olan  $B_R(O)$ ,  $B_R(D)$  kümeleri boştan farklı oldukları için, O ve D kümeleri kaba kümedir.

Ayrıca, tutum kümelerinin kesinlik derecelerini belirleyecek sabitler aşağıdaki gibidir:

$$\alpha_R(Y) = \frac{6}{6} = 1, \alpha_R(O) = \frac{24}{30} = 0,8, \alpha_R(D) = \frac{21}{27} \approx 0,778, \alpha_R(ÇD) = \frac{3}{3} = 1$$

Bu değerler, tutum ölçeğinin alt boyutlarının, toplam tutum puanlarını kısmen açıkladığını göstermektedir. Ayrıca, yüksek, orta, düşük ve çok düşük tutum kümesi ve bu kümelerin alt ve üst yaklaşımları Şekil 2 deki gibi şematize edilebilir:



Şekil 2.

Tutum Grupları Arasındaki Şematik Gösterim

**Ölçekte Toplam Tutumun Alt Boyutlara Bağımlılığı:**

Bu çalışmada ise  $P = \{F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7\}$  ve  $Q = \{SUM\}$  olarak seçilirse pozitif bölge ve bağımlılık katsayısı;  $POS_P(Q) = \bigcup_{X \in IU \setminus R(O)} R(P)_{alt}(X)$

$$= \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\} \cup \{x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{28}, x_{29}, x_{30}\} \cup \{x_{37}, x_{38}, x_{39}, x_{40}, x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44}, x_{45}, x_{46}, x_{47}, x_{48}, x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{55}, x_{56}, x_{57}\} \cup \{x_{58}, x_{59}, x_{60}\} = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{28}, x_{29}, x_{30}, x_{37}, x_{38}, x_{39}, x_{40}, x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44}, x_{45}, x_{46}, x_{47}, x_{48}, x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{55}, x_{56}, x_{57}, x_{58}, x_{59}, x_{60}\}$$

$$\gamma(P, Q) = \frac{|POS_P(Q)|}{|IU|} = \frac{54}{60} = 0,9$$

olarak bulunur.

Bu değer, F1, F2, F3, F4, F5, F6 ve F7 alt boyutlarının birlikte, toplam tutumu ne ölçüde açıkladığını göstermektedir. Ayrıca bir kaç alt boyutun birlikte toplam tutumu ne derece açıklayabildiği hesaplanabilir. Tablo 5 de bu değerler verilmiştir:

Tablo 5.

Yaklaşım Kaliteleri

Özellikler	$\gamma$
F1, F2, F3, F4, F5, F6	0,60
F1, F2, F3, F4, F5, F7	0,60
F1, F2, F3, F4, F6, F7	0,75
F1, F2, F3, F5, F6, F7	0,90
F1, F2, F4, F5, F6, F7	0,80
F1, F3, F4, F5, F6, F7	0,90
F2, F3, F4, F5, F6, F7	0,90
F1, F2, F3, F5, F6	0,65
F1, F3, F4, F5, F6	0,60
F2, F3, F4, F5, F6	0,65

**Ölçek İçin Vazgeçilemez Alt Boyutların Belirlenmesi (Özellik İndirgemesi):** Bu çalışmada,  $P = \{F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7\}$  olarak düşünüldüğünde, F4, F2 ve F1 alt boyutları vazgeçilebilir alt boyutlar olarak bulunmaktadır.  $\{F1, F2, F3, F5, F6, F7\}$ ,  $\{F1, F3, F4, F5, F6, F7\}$  ve  $\{F2, F3, F4, F5, F6, F7\}$  kümeleri P'nin indirgenmiş özellik kümeleridir. Bu yüzden,

$$\text{Red}(P) = \{ \{F1, F2, F3, F5, F6, F7\}, \{F1, F3, F4, F5, F6, F7\}, \{F2, F3, F4, F5, F6, F7\} \},$$

$$\text{Core}(P) = \bigcap \text{Red}(P) = \{F3, F5, F6, F7\}$$

olarak bulunur.

Dolayısıyla F3, F5, F6 ve F7 alt boyutları ölçeğin vazgeçilmez alt boyutları olarak düşünülebilir.

### Tartışma ve Öneriler

Eğitim çalışmalarında genelde, betimsel istatistik, t-test, ANOVA/MANOVA, korelasyon, regresyon, ve psikometrik istatistik gibi istatistiksel analizler kullanılabilir (Hsu, 2005). Bu analizler, eğitim çalışmalarında topluluklarının çeşitli özelliklerini değerlendirmede kullanılmaktadır. İnsan davranışları ise, doğası gereği, çok yönlü ve karmaşıktır (Loslever ve Lepoutre, 2004). Bu bağlamda, insan davranışlarının veya özelliklerinin, her zaman kesin kategorilere ayrılamayacağı iddia edilebilir. Benzer şekilde tutumların da fiziksel bir boyutu olmadığı için ölçeklenmesi oldukça güçtür.

Keskinlik içermeyen ifadelerin değerlendirilmesinde, bulanık kümeler (fuzzy set) veya kaba kümeler (rough set) gibi alternatif kavramların kullanımı günümüzde oldukça artmaktadır. Bu kavramlar, eğitimde de kullanılmaya başlanmıştır (Yorek ve Narlı, 2009). Kaba kümeler, yapay zeka, makine öğrenmesi, model tanımlama, karar destekleme sistemleri, uzman sistemleri, veri analizi ve veri madenciliği gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Daha önceliklerden farklı olarak biyoteknoloji tutum ölçeğinin değerlendirilmesinde yeni bir yak-

laşım öneren bu çalışma ise, nicel verilerin değerlendirilmesinde kaba küme yaklaşımını tartışmaktadır. Araştırmada toplam tutum puanlarına göre öğrencilerin 4 grupta yer aldıkları, bu gruplardan yüksek ve çok düşük tutumuna sahip öğrenci gruplarının kesin (exact) küme, orta ve düşük gruplarının da kaba (rough) küme belirttikleri anlaşılmıştır. Yani orta tutuma sahip öğrencilerin bir kısmının potansiyel olarak düşük; düşük tutuma sahip öğrencilerin bir kısmının da potansiyel olarak orta tutum gösterdikleri söylenebilir. Ayrıca alt boyutların tümünün birlikte, oldukça yüksek bir derecede toplam puanı açıkladıkları, "GDO hakkında halkın bilinçlenmesi (F3)", "Genleri değiştirmenin etiği (F5)", "Genetik mühendisliğinin ekolojik etkisi (F6)" ve "İnsan sağlığı için genetik mühendisliğinin kullanımı (F7)" alt faktörlerinin, ölçek için vazgeçilemez faktörler olduğu görülmektedir. Biyoteknoloji ile ilgili insanların tutumları arasında tutarsızlıklar olduğu ve bunların da temelinde bilgi eksikliklerinin bulunduğu bilinmektedir (Özel ve ark., 2009). Bu nedenle yüksek derecede tespit edilen alt boyutlardaki konularda öğrencilerin daha çok karşılaştığı ve bunlardan daha fazla etkilendiği söylenebilir. Bir konuyla ilgili öğrenilenler unutulsa bile o konuya karşı olan tutum ve eğilimler unutulmaz (Stodolsky ve ark., 1991). Narlı (2010)'nın fennema-sherman matematik tutum ölçeğini kaba küme yardımı ile değerlendirdiği çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yorek ve Narlı (2009) ile Narlı ve arkadaşları (2010) tarafından eğitimde kaba kümelerin kullanımı üzerine yapılan çalışmalarda daha açıklayıcı sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçların diğer istatistiksel yöntemler ile elde edilmesi pek mümkün görünmemektedir. Kaba küme veri analizinin bu bağlamda avantajlarının olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, Pawlak (1982) tarafından tanımlandıktan bu yana matematiksel morfoloji, genetik algoritma, yapay zekâ, petri ağları, karar tabloları, olasılık, ilaç sanayi, endüstri, mühendislik, kontrol sistemleri, sosyal bilimler gibi birçok farklı disiplinde uygulama alanı bulan kaba kümelerin; insanların davranış, tutum, başarı, inanç vb. konularıyla ilgili yapılan araştırmalardan elde edilen verilerin analizlerinde de daha detaylı sonuçlar elde etmeye olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

# A Mathematical Approach in Evaluating Biotechnology Attitude Scale: Rough Set Data Analysis

Serkan NARLI<sup>a</sup>  
Dokuz Eylül University

Olcay SİNAN  
Balıkesir University

## Abstract

Individuals' thoughts and attitudes towards biotechnology have been investigated in many countries. A Likert-type scale is the most commonly used scale to measure attitude. However, the weak side of a likert-type scale is that different responses may produce the same score. The Rough set method has been regarded to address this shortcoming. A likert-type attitude scale was evaluated using the rough set method. Randomly selected 60 participants were given a biotechnology attitude scale and their responses to the scale items were examined using the method mentioned above. Participants belonging to a specific group were examined if they might also belong to another group in light of this method. Mathematical values of each sub-dimension and the extent to which a specific group accounts for the total variance in the overall dimension were calculated. Finally, the accuracy of approximation for the high, moderate, low and very low sets are calculated as  $\alpha_R(Y)=1$ ,  $\alpha_R(O)=0,8$ ,  $\alpha_R(D)=0,778$ ,  $\alpha_R(\text{ÇD})=1$  It means that the moderate and low sets are rough sets. Through reduction of attributes, "Public awareness of GMO, Ethics of genetic modifications, Ecological impact of genetic engineering and Use of genetic engineering in human medicine" sub-dimensions were found to be the indispensable sub-dimensions.

## Key Words

Rough Sets, Attitude Scales, Biotechnology, Data Analysis.

Attitude, which is attributed to a certain individual, can be defined as emotional, behavioral tendency that a individual reacts to an abstract or concrete object (Baron & Byrne, 1977). As can be understood from this definition, attitude is a tendency rather than a behavior itself (Bogardus, 1947; Caine & Caine, 1994; Lackney, 1998). Attitude is a preparation situation when facing various stimuli. In other words, it is a response tendency. An individual do not realize his/her attitudes towards a particular object until he/she must respond to it.

As reported by Allport [1956] the first study on attitude was carried out by Thurstone [1929] and subsequent research followed. The assessment of attitude has always been important, because knowledge of attitude allows one to predict and

control behaviour (Eren, 2001; Krech & Crutchfield, 1980). However, as attitudes do not have a physical dimension, it is very difficult to scale them. Therefore, attitudes cannot be directly assessed. Information on individual thoughts, emotions, and reaction tendencies are gathered instead (Thurstone, 1967).

Observation, list of questions, completion of incomplete sentences, narrations, method of wrong selection, and content analysis are some of the methods used in measuring attitudes (Anderson, 1988; Arul, 2002). The most commonly used method among these methods is the implementation of attitude scales (Tavşancıl, 2006). The attitude scale developed by Renis Likert (1932) is the most commonly used attitude scale. The ease of the implementation of this scale is what makes it popular.

The weak side of a likert-type scale is that different responses may produce the same total score (Tavşancıl, 2006). Take a likert-type scale which has a number of sub-dimensions as an example.

<sup>a</sup> Correspondence: Serkan NARLI, PhD., Dokuz Eylül University, Buca Education Faculty, Department of Primary Mathematics Education, Buca, İzmir/ Turkey. E-mail: serkan.narli@deu.edu.tr. Phone: +90 232 420 48 82 Fax: +90 232.420 48 95.

Some of the sub-dimension scores may be low; some of them may be high. Two students having the same total score may have different sub-dimension scores. The rough set method developed by Pawlak (1982) may provide an alternative way to examine attitude scales in this way.

Vague concepts which we may also call uncertain knowledge, have occupied human mind for centuries. According to Frege (1904), uncertain concepts are those that are related to boundary-line view. That is, an uncertain concept is the one that has some objects not only outside or inside of it but also on its boundary. Philosophers, psychologists, current computing engineers, and mathematicians have shown interest in this topic. Now we face with such questions as "How can we understand uncertain knowledge?" or "How can we formulate uncertain knowledge?"

The first successful application of uncertainty approaches is the fuzzy sets was defined by Zadeh in 1965. In this approach, membership of an element in a set is defined via a membership function. In other words, in fuzzy sets, one cannot say whether an element certainly belongs to a set or not, one can only say that an element belongs to a set at a certain degree.

Another successful uncertainty approach is the rough sets defined by Pawlak in 1982. The basic tool in Pawlak's rough sets is an equivalence relation. The lower and upper approximations are built through equivalence classes (Aktaş & Çağman, 2005). Following Pawlak's definition, other rough set theories using different algebraic structures instead of an equivalence relation are suggested (Bonikowaski, 1995; Jiashang, Congxin, & Degang, 2005; Kumar, 1993; Kuroki, 1997; Narli & Ozcelik, 2008; Pomykala & Pomykala, 1998).

After being introduced, these sets were used as a mathematical tool to extract information from incomplete or uncertain data (Pawlak, 1983, 1991, 1995). Rough set theory can be used in data reduction, detection of dependences, estimation of the importance of data, forming control algorithms from data, approximate classification of data, detection of similarities and differences within data, detection of patterns in data, and detection of cause-effect relationships (Aydoğan & Gencer 2007; Pawlak & Slowinski, 1994). Rough sets are used for these purposes as illustrated in the literature (Ananthanarayana, Murty, & Subramanian, 2002; Breault, 2001; Chan, 1998; Felix & Ushio, 1999; Hassan & Tazaki, 2003; Hassan, Tazaki, Egava, & Suyama, 2002 ;Hassanien, 2003; Kent,

1994; Jerzy, Busse, & Siddhaye, 2004; Kuasik, Kern, Kernstine, & Tseng, 2000; Li & Wang, 2003; Lin & Cercone, 1997; Narli & Ozcelik, 2010; Narli, Yorek, Sahin, & Uşak, 2010; Nings, Ziarko, Hamilton & Cercone, 1995; Pawlak, Grzymala, Slowinski, & Ziarko, 1995; Pawlak, 2000; Polkowski & Skowron, 1998a, 1998b; Yorek & Narli, 2009; Zhong & Skowron, 2000, 2001).

Biotechnology is a field which covers other fields such as biochemistry, molecular biology, genetic engineering, and microbiology (Saez, Nino, & Carretero, 2008). Biotechnology influences individuals' lives directly and indirectly (Lamanauskas & Makarskaitė-Petkevicienė, 2008). There has been discussion about the consumption of foods produced from genetics transfers among beings (Pardo, Midden, & Miller, 2002). It has become important to measure and evaluate correctly people's attitudes that determine behavior regarding issues such as application of biotechnology including organisms whose genetics were changed (Erdogan, Özel, Uşak, & Prokop, 2009). A number of researchers have conducted studies to measure different students' attitudes towards biotechnology (Chen & Raffan, 1999; Dawson & Schibeci, 2003; Lamanauskas & Makarskaitė-Petkevicienė, 2008; Özden, Uşak, Prokop, Türkoglu, & Bahar, 2008; Prokop, Lešková, Kubiátko, & Diran, 2007; Usak, Erdogan, Prokop, & Ozel, 2009).

Prokop and et al. (2007) investigated Slovakian students' knowledge about biotechnology and their attitudes towards it. They found a significantly positive correlation between attitudes and the level of knowledge, besides the students had low levels of knowledge and numerous misunderstandings. Lysaght, Rosenberger III, and Kerridge (2006) investigated 375 Australian students' attitudes towards biotechnology and pointed out the importance of placing ethics education in curriculum. Using 1116 secondary education students, Dawson and Schibeci (2003) investigated Australian students' misunderstandings regarding developments in modern biotechnology and they found that one-third of students did not understand microbiology at all or understood little.

Although biotechnology has important influences on economic and social life, there has been little research on Turkish students' knowledge and attitudes towards biotechnology (Darçın & Güven, 2008; Özden et al., 2008, Usak et al., 2009). Darçın and Güven, (2008) developed a scale to measure science pre-service teachers' attitudes towards biotechnology. Özel, Erdoğan, Uşak, and Prokop

(2009) conducted a study to measure 352 high school students' knowledge and attitude towards biotechnology and it was found out that male and older students' attitudes toward biotechnology were more positive than those of female and younger students. When Usak and et al. (2009) compared attitudes of high school with attitudes of university students towards biotechnology and knowledge, it was found out that there was no difference between two groups in terms of knowledge, but there was a significant difference in terms of attitude (attitudes of university students were more positive) Erdogan and et al. (2009) argued that previously developed scales were not appropriate for university students. Thus, they developed a new scale which consisted of sub-dimensions.

In the classic set concept, the elements of a set are definitive. In other words, an element is a member of a set or not. For example, a set consisting of odd numbers is of this type. Because a number is either or even. In our daily lives, however, we can not separate things with certain lines.

When we think of a set of young people, this set cannot be identified with certain lines as in the odd-number example. The concepts we use in our speeches are concepts whose borders cannot be easily separated. This situation forced researchers to investigate alternative set concepts. Rough set theory is the expansion of classic set theory.

Data are organized in a way that each row represents an object and each column represents a feature-value table showing a specific feature (Munakata, 1998). This table is called information table or decision table. Table 1 is an example of information table. An important point in data analysis is the investigation of relationships among features. By sense, if Q decision features set is defined by P situation features set, we can say that Q is dependent upon P (Pawlak, 1997, 1998).

### Biotechnology Attitude Scale and Rough Set Analysis

One of the most important scientific and technological developments in recent times has been biotechnology and its applications in several areas (Pardo et al., 2002). Developments in biotechnology have affected social life and resulted in many discussions (Lamanauskas & Makarskaitė-Petkevičienė, 2008). For instance, discussions on genetically modified organisms' products have continued in numerous areas. (Pardo et al., 2002, Sturgis, Cooper, & Fife-Schaw, 2005). Biotechnology raises various issues with regard to ethics, the level of acceptable risk, and usefulness of

the new products (Reiss & Straughan, 1996). Therefore, people want to be informed about science and technology to make better personal and social choices as members of the society (Usak et al., 2009).

The most effective way to inform people about biotechnology and its applications is formal education conducted in schools. As it is well known, one of the essential elements of science education is scientific literacy (Goodrum, Hackling, & Rennie, 2001). An important reason why people have anxiety is related to their lack of knowledge about biotechnology (Gunter, Kinderlerer, & Beyleveld, 1998). Thus, determining people's knowledge level and their attitudes towards biotechnology might play an important role in solving anxiety problems. This resulted in many research studies regarding this issue (Prokop et al., 2007; Lamanauskas & Makarskaitė-Petkevičienė, 2008; Usak et al., 2009).

Of all these studies, one study focused on developing a new attitude scale aimed at measuring students' attitudes towards biotechnology (Erdogan et al., 2009). The current study used this five-point likert type scale which is made up of 7 factors and 28 items. This study is a descriptive survey research. These studies are conducted in order to enlighten a given situation, to evaluate the standards and to reveal relationships between events (Çepni, 2009, p. 64). The model aims to describe a completed or continuing situation. The basis of the research is to define the event, the individual or the object, which is the issue of the research, as it is within its own context (Karasar, 2008, p. 77).

Students were classified into 5 groups ranging from very low to very high based on their sub-dimension and total attitude scores. Since the instrument was five point likert type scale, value of group extent was calculated by dividing 4 by 5  $4/5=0,8$ .

### Study's Rough Set Analysis

When case features as a whole in the Table were taken into account 4, R equivalence relation (indiscernibility relation) separates IU students' set into equivalence class:

$$IU/R = \{\{x_1, x_2, x_3\}, \{x_4, x_5, x_6\}, \{x_7, x_8, x_9\}, \{x_{10}, x_{11}, x_{12}\}, \{x_{13}, x_{14}, x_{15}\}, \{x_{16}, x_{17}, x_{18}\}, \{x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}\}, \{x_{25}, x_{26}, x_{27}\}, \{x_{28}, x_{29}, x_{30}\}, \{x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}\}, \{x_{37}, x_{38}, x_{39}\}, \{x_{40}, x_{41}, x_{42}\}, \{x_{43}, x_{44}, x_{45}\}, \{x_{46}, x_{47}, x_{48}\}, \{x_{49}, x_{50}, x_{51}\}, \{x_{52}, x_{53}, x_{54}\}, \{x_{55}, x_{56}, x_{57}\}, \{x_{58}, x_{59}, x_{60}\}\}.$$

Based on the total attitude scores, four groups existed in the current study: ranging from high, moderate, low, to very low. We failed to identify

any student with a very high attitude score. For the analysis, we identified students within each level who belong to or might belong to a certain group and calculated low and high approach sets as shown below. :

$\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$  is a set on which students' scores are high. This set's low and high approach was calculated as it was written below:

$$R_{low}(H) = \bigcup_{a \in U} \{ R(a) : R(a) \subset H \} = \{x_1, x_2, x_3\} \cup \{x_4, x_5, x_6\} = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}.$$

$$R^{up}(H) = \bigcup_{a \in U} \{ R(a) : R(a) \cap H \neq \emptyset \} = \{x_1, x_2, x_3\} \cup \{x_4, x_5, x_6\} = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}.$$

The set of students with moderate levels of attitudes and low and high approach set is as follows:

$$\text{Moderate} = \{x_7, x_8, \dots, x_{33}\}.$$

$$R_{low}(M) = \bigcup_{a \in U} \{ R(a) : R(a) \subset M \} = \{x_7, x_8, x_9\} \cup \{x_{10}, x_{11}, x_{12}\} \cup \{x_{13}, x_{14}, x_{15}\} \cup \{x_{16}, x_{17}, x_{18}\} \cup \{x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}\} \cup \{x_{25}, x_{26}, x_{27}\} \cup \{x_{28}, x_{29}, x_{30}\} = \{x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{28}, x_{29}, x_{30}\}.$$

$$R^{up}(M) = \bigcup_{a \in U} \{ R(a) : R(a) \cap M \neq \emptyset \} = \{x_7, x_8, x_9\} \cup \{x_{10}, x_{11}, x_{12}\} \cup \{x_{13}, x_{14}, x_{15}\} \cup \{x_{16}, x_{17}, x_{18}\} \cup \{x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}\} \cup \{x_{25}, x_{26}, x_{27}\} \cup \{x_{28}, x_{29}, x_{30}\} \cup \{x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}\} \cup \{x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{28}, x_{29}, x_{30}, x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}\}.$$

The set  $\{x_{34}, x_{35}, \dots, x_{57}\}$  of students with low levels of attitudes and low and high approach set are as follows:

$$R_{low}(L) = \bigcup_{a \in U} \{ R(a) : R(a) \subset L \} = \{x_{37}, x_{38}, x_{39}\} \cup \{x_{40}, x_{41}, x_{42}\} \cup \{x_{43}, x_{44}, x_{45}\} \cup \{x_{46}, x_{47}, x_{48}\} \cup \{x_{49}, x_{50}, x_{51}\} \cup \{x_{52}, x_{53}, x_{54}\} \cup \{x_{55}, x_{56}, x_{57}\} = \{x_{37}, x_{38}, x_{39}, x_{40}, x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44}, x_{45}, x_{46}, x_{47}, x_{48}, x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{55}, x_{56}, x_{57}\}.$$

$$R^{up}(L) = \bigcup_{a \in U} \{ R(a) : R(a) \cap L \neq \emptyset \} = \{x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}\} \cup \{x_{37}, x_{38}, x_{39}\} \cup \{x_{40}, x_{41}, x_{42}\} \cup \{x_{43}, x_{44}, x_{45}\} \cup \{x_{46}, x_{47}, x_{48}\} \cup \{x_{49}, x_{50}, x_{51}\} \cup \{x_{52}, x_{53}, x_{54}\} \cup \{x_{55}, x_{56}, x_{57}\} = \{x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}, x_{36}, x_{37}, x_{38}, x_{39}, x_{40}, x_{41}, x_{42}, x_{43}, x_{44}, x_{45}, x_{46}, x_{47}, x_{48}, x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52}, x_{53}, x_{54}, x_{55}, x_{56}, x_{57}\}.$$

The students who belong to a very low level attitude set are the elements of the  $\{x_{58}, x_{59}, x_{60}\}$  set. This set's low and high approach set is as follows:

$$R_{low}(VL) = \bigcup_{a \in U} \{ R(a) : R(a) \subset VL \} = \{x_{58}, x_{59}, x_{60}\}.$$

$$R^{up}(VL) = \bigcup_{a \in U} \{ R(a) : R(a) \cap VL \neq \emptyset \} = \{x_{58}, x_{59}, x_{60}\}.$$

In the current study, when considering  $P = \{F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7\}$ , F4, F2, F1 sub-dimensions might be discarded.  $\{F1, F2, F3, F5, F6, F7\}$ ,  $\{F1, F3, F4, F5, F6, F7\}$ , and  $\{F2, F3, F4, F5, F6, F7\}$  are P's

reduced feature sets. Thus,

$$\text{Red}(P) = \{ \{F1, F2, F3, F5, F6, F7\}, \{F1, F3, F4, F5, F6, F7\}, \{F2, F3, F4, F5, F6, F7\} \},$$

$$\text{Core}(P) = \bigcap \text{Red}(P) = \{F3, F5, F6, F7\}$$

is calculated.

As a result, F F3, F5, F6, and F7 sub-dimensions can be regarded as indispensable sub-dimensions of the instrument.

### Discussion

Whether they are quantitative or qualitative, statistical methods such as descriptive statistics, t-test, ANOVA/MANOVA, correlation and regression are commonly used in educational research (Hsu, 2005). These methods aim at evaluating individuals' features in studies regarding education. By nature, individuals' behaviors are multidimensional and complicated (Loslever & Lepoutre, 2004). From this perspective, it can be argued that the individuals' behavior and their features can not be categorized with certain lines. Similarly, since attitude does not have a physical component, it is not easy to measure it.

The use of alternative concepts such as fuzzy set and rough set has increased dramatically in recent years in evaluating uncertain expressions. These concepts have received attention in education as well (Yorek & Narli, 2009). Rough sets are used in areas such as artificial intelligence, machine learning, pattern recognition, decision support systems, expert systems, data analysis, and data mining. Offering a new approach to evaluating towards a biotechnology attitude scale, the current study discussed rough set approach in evaluating quantitative data. The analysis of total attitude scores revealed four groups. Of all these groups, the students who had very high and very low attitudes indicated exact set; whereas those who had moderate and low attitudes indicated rough set. This suggests that those who have moderate attitudes might actually have low attitudes and those who have low attitudes have potentially moderate attitudes. Moreover, sub-dimensions (Public awareness of GMO-F3, Ecological impact of genetic engineering-F6, Ethics of genetic modifications-F5, Use of genetic engineering in human medicine-F7) collectively accounted for high variance in total score, thus they can be viewed as indispensable factors of the scale. There are a number of inconsistencies among attitudes, which may have resulted from a lack of knowledge. (Özel et al., 2009). Thus, it can be said

that students may face concepts under high sub-dimensions more frequently and be affected more by them. Even though people forget what they have learned about a topic, they do not forget their attitude and tendency (Stodolsky, Salk, & Glaessnes, 1991). Narli (2010) reported similar results in his study on evaluating a mathematics attitude scale of Fennema-Sherman using rough set method. The studies of Yorek and Narli (2009) and Narli et al. (2010) revealed more explanatory results about the use of rough set method in education. It seems impossible to find these results using other statistical methods. From this perspective, analysis of rough set possesses a number of advantages.

Since its introduction by Pawlak in 1982, the use of set rough has received a great deal of attention in different fields such as mathematical morphology, genetics algorithm, artificial intelligence, Petri web, decision tables, probability, pharmaceutical industry, industry, engineering, control systems, and social science. The use of this method may provide new insights into analysis of data regarding human behavior, attitude, performance, and beliefs.

## References/Kaynakça

- Aktaş, H. ve Çağman, N. (2005). Bulanık ve yaklaşımlı kümeler. *Çankaya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Journal of Arts and Sciences*, 3, 13-25.
- Allport, G. (1956). *The nature of prejudice*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Ananthanarayana, V. S., Murty, M. N., & Subramanian, D. K., (2002). Tree structure for efficient data mining using rough sets. *Pattern Recognition Letters*, 24, 851-862.
- Anderson, L. W. (1988). *Psychological testing* (7th. Ed). New Jersey: Prentice Hall.
- Arul, M. J. (2002). *Measurement of attitudes*. Retrieved 27 May 2004 from <http://www.geocities.com/arulmj/atti2-b.html>.
- Aydın, E. K. ve Gencer, C. (2007). Veri madenciliği problemlerinde kaba küme yaklaşımı kullanılarak sınıflandırma amaçlı yapılmış olan çalışmalar. *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 17-32.
- Baron, R. A., & Byrne, D. (1977). *Understanding human interaction* (2nd ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Bogardus, E. S. (1947). Changes in racial distance. *International Journal of Attitude and Opinion Research*, 1, 55-62.
- Bonikowaski, Z. (1995). *Algebraic structures of rough sets, Rough sets, Fuzzy sets and Knowledge Discovery*. Berlin: Springer-Verlag.
- Breault, J. L., (2001). *Data mining diabetic databases: Are rough sets a useful addition*. Paper presented at the Proc. 33rd Symposium on the Interface, Computing Science and Statistics, Fairfax, VA.
- Caine, G., & Caine, R. N. (1994). *Making connections. Teaching and the human brain*. Menlo Park, California: Addison-Wesley Publishing Company
- Chan, C. C. (1998). A rough set approach to attribute generalization in data mining. *Journal of Information Sciences*, 107, 169-176.
- Chen, S. Y., & Raffan, J. (1999). Biotechnology: Student's knowledge and attitudes in the UK and Taiwan. *Journal of Biological Education*, 34, 17-23.
- Çepni, S. (2007). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş* (3. bs). Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- Darçın, E. S., & Güven, T. (2008). Development of an attitude measure oriented to biotechnology for the pre-service science teachers. *Journal of Turkish Science Education* 5 (3), 72-81.
- Dawson, V., Schibeci, R. (2003). Western Australian school students' understanding of biotechnology. *International Journal of Science Education* 25 (1), 57-69.
- Erdogan, M., Özel, M., Uşak, M., & Prokop, P. (2009). Development and validation of an instrument to measure university students' biotechnology attitude. *Journal of Science Education and Technology*, 18, 255-264.
- Eren, E. (2001). *Örgütsel davranış ve yönetim psikolojisi* (gen. 7. bs). İstanbul: Beta Yayınları.
- Felix, R., & Ushio, T., (1999). Rule induction from inconsistent and incomplete data using rough sets. *IEEE International Conference on Systems*, 5, 154-158.
- Frege, G. (1904). Grundgesetze der arithmetik (Basic principles of arithmetic). In P. T. Geach & M. Black (Eds.), *Selections from the Philosophical Writings of Gotlob Frege* (pp. 656-666). Oxford: Blackwell.
- Goodrum, D., Hackling, M., & Rennie, L. (2001) *The status and quality of teaching and learning of science in Australian schools. Research report. Training and Youth Affairs*. Retrieved April 14 2010 from <http://www.dest.gov.au/NR/rdonlyres/5DF3591E-DA7C-4CBD-A96C-CE404B552EB4/1546/sciencereport.pdf>.
- Gunter, B., Kinderlerer, J., & Beyleveld, D. (1998). Teenagers and biotechnology: A survey of understanding and opinion in Britain. *Studies in Science Education*, 32, 81-112.
- Hassan, Y., Tazaki, E., Egava, S., & Suyama, K. (2002). Rough neural classifier system, *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 5, 470-475.
- Hassan, Y., & Tazaki, E. (2003). Induction of knowledge using evolutionary rough set theory. *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 34, 617-643.
- Hassanien, A. E. (2003). Intelligent data analysis of breast cancer based on rough set theory. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 12 (4), 465-479.
- Hsu, C. H. (2005). Joint modelling of recurrence and progression of adenomas: a latent variable approach. *Statistical Modelling* 5, 210-215.
- Jerzy, W., Busse, G., & Siddhaye, S. (2004). Rough set approaches to rule induction from incomplete data. *Uncertainty in Knowledge-Based Systems*, 2, 923-930.
- Jiashang, J., Congxin, W., & Degang, C. (2005). The product structure of fuzzy rough sets on a group and the rough T- fuzzy group. *Information Sciences*, 175 (1-2), 97-107.
- Karasar, N. (2008). *Bilimsel araştırma yöntemi* (18. bs). Ankara: Nobel.
- Kent, R. E. (1994). Rough concept analysis, rough sets, fuzzy sets knowledge discovery. In W. P. Ziarko & B. Alta (Eds.), *Proceeding of the international workshop on rough sets, knowledge, discovery* (pp. 248-255). Canada: Springer-Verlag.



- Krech, D., & Crutchfield, R. S. (1980). *Sosyal psikoloji: Teori ve problemler* (çev. E. Güngör; 3. bs). İstanbul: İstanbul Üniversitesi ve Ötügen Yayınları.
- Kusiak, A., Kern, J. A., Kernstine, K. H., & Tseng, T. L. (2000). Autonomous decision-making: A data mining approach. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 4, 274-284.
- Kumar, R. (1993). *Fuzzy algebra I*. University of Delhi, Publ. Division.
- Kuroki, N. (1997). Rough ideals in semigroups. *Information Science*, 100, 139-163.
- Lackney, J. (1998). *Design principles based on brain-based learning research*. Retrieved May 30, 2009 from <http://www.designshare.com/Research/BrainBasedLearn98.htm>.
- Lamanuskas, V., & Makarskaitė-Petkevičienė, R. (2008). Lithuanian university students' knowledge of biotechnology and their attitudes to the taught subject. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 4 (3), 269-277.
- Li, R., & Wang, Z. (2003). Mining classification rules using rough sets and neural networks. *Computing, Artificial Intelligence and Information Technology*, 157, 439-448.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.
- Lin, T. Y., & Cercone, N. (1997). *Rough sets and data mining*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Loslever, P., & Lepoutre, F. X. (2004). Analysis of objective and subjective data using fuzzy coding and multiple correspondence analysis: Principle and example in a sitting posture study. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5 (5), 425-443.
- Lysaght, T., Rosenberger III, P. J., & Kerridge, I. (2006). Australian undergraduate biotechnology student attitudes towards the teaching of ethics. *International Journal of Science Education*, 28 (10), 1225-1239.
- Munakata, Y. (1998). *Fundamentals of the new artificial intelligence: Beyond traditional paradigms*. New York: Springer-Verlag.
- Narli, S. (2010). An alternative evaluation method for likert type attitude scales: Rough set data analysis. *Scientific research and Essays*, 5 (6), 519-528.
- Narli, S., & Ozcelik, A. (2008). On generalizing rough set theory via using a fitler. *International Journal of Computational and Mathematical Sciences*, 2-3, 149-152.
- Narli, S., & Ozcelik, Z. A. (2010). Data mining in topology education: Rough set data analysis. *International Journal of the Physical Sciences*, 5 (9), 1428-1437.
- Narli, S., Yorek, N., Sahin, M., & Uşak, M. (2010). Can We Make Definite Categorization of Student Attitudes? A Rough Set Approach to Investigate Students' Implicit Attitudinal Typologies Toward Living Things. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 456-469.
- Nings, S., Ziarko, W. P., Hamilton, J., & Cercone, N. (1995). Using rough sets as tools for knowledge discovery. In U. M. Fayyad & R. Uthurusamy (Eds.), *KDD'95 Proceedings first international conference on knowledge discovery data mining* (pp. 263-268). Montreal, Canada: AAAI.
- Özden, M., Uşak, M., Prokop, P., Türkoglu, A., & Bahar, M. (2008). Student teachers' knowledge of and attitudes toward chemical hormone usage in biotechnology. *African Journal of Biotechnology*, 7 (21), 3892-3899.
- Özel, M., Erdoğan, M., Uşak, M., Prokop, P. (2009). Attitudes Regarding Biotechnology applications. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 9, 321-328.
- Pardo, R., Midden, C., Miller, J. D. (2002). Attitudes toward biotechnology in the European Union. *Journal of Biotechnology*, 98, 9-24.
- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer and Information Science*, 11, 341-356.
- Pawlak, Z. (1983). Rough classification. *International Journal of Human-Computer Studies*, 51, 369-383.
- Pawlak, Z. (1991). *Rough sets-theoretical aspect of reasoning about data*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Pawlak, Z. (1995). Vagueness and uncertainty: A rough set perspective. *Computational Intelligence*, 11, 277-232.
- Pawlak, Z. (1997). *Sets, Fuzzy sets and Rough Sets*. Retrieved January 15 2011 from <http://grammars.grlmc.com/GRLMC/reports/rep29.doc>.
- Pawlak, Z. (1998). Rough set theory and its applications to data analysis. *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 29, 661-688.
- Pawlak, Z. (2000). Rough sets, decision algorithms and bayes theorem. *European Journal of Operational Research*, 136, 181-189.
- Pawlak, Z., Grzymala-Busse J., Slowinski, R., & Ziarko, W. (1995). Rough sets. *Communications of the ACM*, 38 (11), 89-95.
- Pawlak, Z., & Slowinski, R. (1994). Rough set approach to multi-attribute decision analysis. *European Journal of Operational Research*, 72, 443-459.
- Polkowski, L., & Skowron, A. (1998a). Rough sets in knowledge discovery (vols. 1-2). In Kacprzyk, J. (series ed.) *Studies in Fuzziness and Soft Computing Series*. Heidelberg: Physica-Verlag/Springer-Verlag.
- Polkowski, L., & Skowron, A. (1998b). Rough sets and current trends in computing. In R. Goebel, J. Siekmann, & W. Wahlster (Eds.), *Lecture notes in artificial intelligence series* (pp. 57-64). Heidelberg/Berlin: Springer-Verlag.
- Pomykala, J., & Pomykala, J. A. (1988) The stone algebra of rough sets. *Bulletin of the Polish Academy Science, Mathematics*, 36, 495-508.
- Prokop, P., Lešková, A., Kubiátko, M., & Diran, C. (2007). Slovakian students' knowledge of and attitudes toward biotechnology. *International Journal of Science Education*, 29 (7), 895-907.
- Reiss, M., & Straughan, R. (1996). *Public understanding of genetic engineering: What can education do? Improving nature? The science and ethics of genetic engineering*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Saez, M. J., Nino, A. G., & Carretero, A. (2008). Matching society values: Students' views of biotechnology. *International Journal of Science Education*, 30 (2), 167-183.
- Stodolsky, S. S., Salk, S., & Glaessner, B. (1991). Student views about learning math and social sciences. *American Educational Research Journal*, 28 (1), 89-116.
- Sturgis, P., Cooper, H., Fife-Schaw, C. (2005). Attitudes to biotechnology: Estimating the opinions of a better-informed public. *New Genetics & Society*, 24 (1), 31-56.

Tavşancıl, E. (2006). *Tutumların ölçülmesi ve SPSS ile veri analizi*. Ankara: Nobel Yayınları.

Thurstone, L. L. (1929). Theory of attitude measurement. *Psychological Bulletin*, 36, 222-241.

Thurstone, L. L. (1967). Attitudes can be measured, readings in attitude theory and measurement. In M. Fishbein (Ed.), (pp. 77-89). New York: John Wiley&Sons, Inc.

Usak, M., Erdogan, M., Prokop, P., & Ozel, M. (2009). High school and university students' knowledge and attitudes regarding biotechnology: A Turkish experience. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 37 (2),123-130.

Yorek, N., & Narli, S. (2009). Modeling of cognitive structure of uncertain scientific concepts using fuzzy-rough sets and intuitionistic fuzzy sets: Example of the life concept. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 17(5), 747-769.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.

Zhong, N., & Showron, A. (2000). Rough sets in KDD: Tutorial notes. *Bulletin of International Rough Set Society*, 4 (1/2), 7-42.

Zhong, N., & Skowron, A. (2001). A rough set-based knowledge discovery process. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 11, 603-619.