

Hayat Sigortalarında Bulanık Risk Sınıflandırma

Ayşen APAYDIN¹ Furkan BAŞER^{2*}, Nuray GÜNERİ TOSUNOĞLU²

¹Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, 06100-Tandoğan, Ankara

²Gazi Üniversitesi, TTEF, Bilgisayar Uyg. Eğt. Bölümü, 06830-Gölbaşı, Ankara

Özet: : Sigortalanan riskin benzer özelliklerine, hasar üretme ihtimaline ve bu hasarların büyüklüğüne göre kategorize etme işlemi olarak ifade edilebilecek risk sınıflandırma aktüerya biliminin temel konularından biridir. Hayat sigortalarında poliçe sahipleri, klasik hayat tabloları kullanılarak ve genellikle az sayıdaki risk karakteristiklerine göre sınıflandırılmakta ve birçok diğer bulanık risk faktörleri göz ardı edilmektedir. Klasik kümeleme algoritmaları, her bir nesnenin bir kümeye kesin sınırlar ile ait olduğu düşüncesine göre oluşturulur. Ancak nesnelerin ait olabileceği sınıfların sınırları her zaman kesin olarak tanımlanamayabilir. Bu gibi durumlarda ve çoklu karmaşık risk karakteristikleri mevcut ise bulanık küme metodolojisi, sistemi en iyi temsil edecek bir model oluşturmak üzere etkili bir yöntem sağlamaktadır. Bu çalışmada, hayat sigortalarında bireyleri, bulanık kümeler ile tanımlanacak kardiyovasküler risk faktörlerine göre sınıflandırmak ve her bir birey için hayat tabloları ile belirlenmiş primlere bir risk yükleme oranı tahmin etmek üzere bulanık çıkarım sistemleri kullanılacaktır. Bu amaçla, imtiyazlı risk grubu, normal risk grubu, standart olmayan risk grubu ve kabul edilemez risk grubu biçiminde bir sınıflandırma kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sigorta, Hayat sigortası, Risk sınıflandırma, Bulanık mantık, Bulanık çıkarım sistemleri

Fuzzy Risk Classification in Life Insurance

Abstract: Risk classification, which can be defined as categorizing insured risks according to their probability of generating claims and according to the size of those claims, is one of the most important topics in actuarial science. Traditionally, life insurance policyholders are classified by using classical mortality tables and generally according to limited number of risk characteristics, many other risk factors are ignored. Conventional clustering algorithms are organized in contemplation of the fact that objects are either in the set or not. However, the boundaries of each class are not always sharply defined. In these circumstances, fuzzy set methodology provides a convenient way for constructing a model that represents system more accurately since it allows integrating multiple fuzzy or non-fuzzy factors in the evaluation and classification of risks. In this paper, we investigate an alternative method of classifying risks in life insurance, based on the concept of fuzzy inference systems. We differentiate policyholders on the basis of their cardiovascular risk characteristics and estimate risk loading ratio to obtain gross premiums paid by the insured. Four categories of group are considered: preferred risk, normal risk, substandard risk and unacceptable risk.

Key words: Insurance; Life insurance; Risk classification; Fuzzy logic; Fuzzy inference systems.

*fbaser@gazi.edu.tr

Giriş

Aktüerya bilimi, belirsizlik durumunda sigorta prim ve rezervlerini tespit etmek amacıyla her türlü risk ölçüm ve hesaplamalarını kapsamaktadır. Başta enflasyon olmak üzere ekonomik etkiler, sigorta şirketindeki üretimin niteliği ve kapasitesi, mevzuat, sosyal ve politik etkenler, şirketin risk kabul politikaları, poliçe ve ürün özellikleri gibi belirsizliği artıracak yönde gelişen birçok iç ve dış faktörün etkisinden dolayı hesaplamalar daha karmaşık ve uzmanlık düzeyinde analiz gerektiren bir olgu haline gelmektedir. Bu nedenle, önemli ölçüde öznel yargılar gerektiren, bilginin yetersiz ve belirsiz olduğu problemlerin modellenmesinde bulanık teori uygun ve elverişli bir araç haline gelmektedir.

Bulanık mantığın sigorta araştırmalarına temel teşkil edecek çok sayıda potansiyel uygulama alanı mevcuttur. Klasik aktüeryal metodolojiler genel anlamda olasılık modelleri üzerine kurulmuş ve çoğunlukla sigorta şirketinin katı düzenlemeleri ile kullanılmıştır. Son yıllarda kısıtlayıcı şartların azalması ve küresel rekabet bu alanda esnek hesaplama yöntemlerini içeren yeni metodolojilerin kullanımına kapılarını açmıştır [1].

Bulanık küme metodolojisinin aktüerya bilimine doğrudan uygulandığı ilk çalışma DeWit [2] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, sigortalama öznel bir durum olarak değerlendirilmiş ve sigortalama sürecinde, olasılık teorisi ile tam anlamıyla açıklanamayan bir belirsizliğin hakim olduğu vurgulanmıştır. Bulanık uzman sistemlerin, bireysel sigortalama problemlerine uygulanabileceği gösterilmiştir. O zamandan beri bulanık mantığın, risk sınıflandırma, sigortalama, yükümlülükler tahmini, bugünkü ve gelecek değer hesabı, poliçe değerlendirme, varlık tahsisi, yatırımlar ve nakit akışı konularında uygulamaları dikkate değer gelişmeler göstermiştir.

Lemaire [3], hayat sigortalarında imtiyazlı poliçe sahibi için bir esnek tanımlama geliştirmek amacıyla bulanık uzman sistemlerini kullanmıştır. Çalışmanın sigortalama literatürüne üç farklı katkısı vardır. Bunlardan ilki, sürekli üyelik fonksiyonlarının kullanılmış olması; ikincisi, Hamacher ve Yager operatörleri kullanılarak bulanık kümelerde arakesit operatörünün tanımının genişletilmiş olması; üçüncüsü ise minimum operatörü ile bir karar kuralını sadeleştirmek amacıyla α – kesimin nasıl uygulanacağını gösterilmiş olmasıdır.

Young [4], grup sağlık sigortası için model seçim sürecinde bulanık uzman sistemleri kullanmıştır. İlk olarak tek plan sigortalama ele alınmış daha sonra çalışma çoklu seçeneikli planlar için genişletilmiştir. Tek plan durumunda, son iki yılda gruptaki yaş ve cinsiyet faktörlerinin değişim özellikleri, grup büyüklüğünün değişimi, gruptaki sigorta miktarı ve kapsamında çalışanların oranı, prim miktarlarının içinde çalışan ve işverenlerin oranı gibi bazı bulanık girdi özellikleri ele alınmıştır.

Sigortalama, sigortalanabilir risklerin seçimi ve sınıflandırılması sürecidir. Hayat sigortalarında; özel şartlar, durumlar ve primler gibi sigorta poliçesi öğelerinin sigortalanana riske uygunluğu sigorta şirketi ve sigortalanana açısından büyük öneme sahiptir. Sigortacı, mevcut risklere uygun prim oranlarında mümkün olduğunca çok sigorta başvurusu kabul ederek prim gelirlerini maksimize etme arayışı içerisindedir. Her bir bireyin ortak havuzda birbirlerinden farklı bulanık risk karakteristikleri mevcuttur [3, 5, 6].

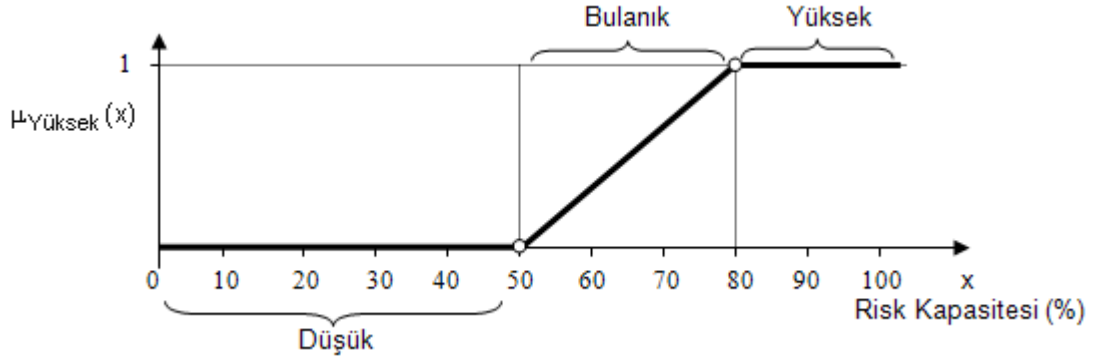
Bu çalışmada, hayat sigortalarında bireyleri, bulanık kümeler ile tanımlanacak sistolik kan basıncı ve kolesterol düzeyi, obezite ve sigara alışkanlığı biçiminde belirlenen kardiyovasküler risk faktörlerine göre sınıflandırmak üzere bulanık çıkarım sistemleri kullanılacaktır. Bu amaçla, imtiyazlı risk grubu, normal risk grubu, standart olmayan risk grubu ve kabul edilemez risk grubu biçiminde bir sınıflandırma kullanılacak ve bulanık çıkarım sistemleri sonucunda kesin çıktı değeri olarak bir risk yükleme oranı elde edilecektir.

Bulanık Mantık

Bulanık mantık, temelleri Aristo mantığına dayanan ikili mantık sistemine karşı geliştirilen ve günlük hayatta karşılaşılan değişkenlere üyelik dereceleri atayarak olayların hangi oranlarda gerçekleştiğini belirlemeye çalışan bir çoklu mantık sistemidir. Başlıca yardımı belirsiz bilgiyi temsil edebilme yeteneğidir.

Bulanık mantığın geçerli olduğu durumlardan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi, ikincisi ise insan kavrayış ve yargısına gerek duyan durumlardır. İnsan düşüncesinde sayısal olmasa bile belirsizlik, yararlı bir bilgi kaynağıdır. Bu tür bilgi kaynaklarının, olayların incelenmesinde özgün bir biçimde kullanılmasına bulanık mantık ilkeleri yardımcı olmaktadır [7].

Bulanık mantığın önemli bir parçası olan sözel değişkenler; değerleri, kelimeler ve cümleler ile tanımlanan değişkenler biçiminde ifade edilir. Örneğin, risk kapasitesi hem $[0, 100\%]$ aralığında değişen bir sayısal değer olarak hem de yüksek, çok yüksek vb. gibi değerler alan bir sözel değişken olarak ele alınabilir. Burada tanımlanan her bir sözel değer, $X = [0, 100\%]$ evrensel kümesinde yer alan bir bulanık alt kümenin etiketi olarak yorumlanabilir. Bulanık kümeler, kümedeki her bir elemana sıfır ile bir arasında değişen üyelik derecesi atayan bir üyelik fonksiyonu ile karakterize edilirler. Söz konusu fonksiyon evrensel kümenin elemanlarını belirli bir aralıktaki reel sayılara karşılık getirerek elemanlar arasındaki derecelendirmeyi gerçekleştirmektedir. Bulanık küme teorisinin üyelikten, üye olmamaya dereceli geçişi ifade etmesindeki yeteneği, belirsizliğin ölçülmesinde güçlü ve anlamlı araçları sunmakta ve doğal dilde ifade edilen belirsiz kavramların anlamlı bir şekilde temsilini de vermektedir. Şekil 1 ile verilen, yüksek risk kapasiteli müşterilere ilişkin bir bulanık küme örneğinde, risk kapasitesi %50 ve %50'den düşük olan kişilere üyelik derecesi sıfır, risk kapasitesi %80 ve %80'den yüksek olan kişilere üyelik derecesi bir olarak atanmıştır. (50%, 80%) arasında değişen risk kapasitesi için üyelik derecesi ise bulanıktır.



Şekil 1. Yüksek risk kapasiteli müşterilere ilişkin bir bulanık küme örneği

Bulanık kümeler

Kümeler, temel matematik ve mantık kavramlarının esaslarını teşkil etmektedir. İncelenen bir olayın veya verilen bir problemin sonucunda ulaşılabilirliği mümkün olabilirlikler topluluğuna küme ve bu kümeyi oluşturan nesnelere ise kümenin elemanları adı verilmektedir. Üzerinde çalışılan kümelerin her birini alt küme olarak kabul eden ve en geniş küme olan evrensel kümedeki nesnelere ortak özelliklerine göre bir araya getirilmesi işlemi geleneksel küme yaklaşımı olarak değerlendirilir. Geleneksel küme teorisinde kesin sınırlı küme kavramı kullanılır. Bu kavram bir nesnenin, bir kümenin elemanı olması ya da olmaması gibi iki seçeneğe dayanmaktadır.

Bir çeşit çok değerli küme kuramı olan bulanık küme kuramı, belirsizliğin bir çeşit formüle edilmesidir. Fakat işlemleri, diğer küme kuramlarından farklılıklar gösterir. Kümedeki her bir birey, klasik çift değerli küme kuramlarında olduğu gibi üye ya da üye değil olarak değil, bir dereceye kadar üye olarak görülür.

Bulanık kümelerde üyelik dereceleri arasındaki geçiş yumuşak ve sürekli bir şekilde olmaktadır. Öğeler bulanık kümeye kısmi derecede aittir. Bulanık kümelerde; klasik kümelerdeki karakteristik fonksiyon, $\mu_A : X \rightarrow \{0, 1\}$, yerini üyelik fonksiyonuna bırakır. Bu da; $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$ biçiminde gösterilir.

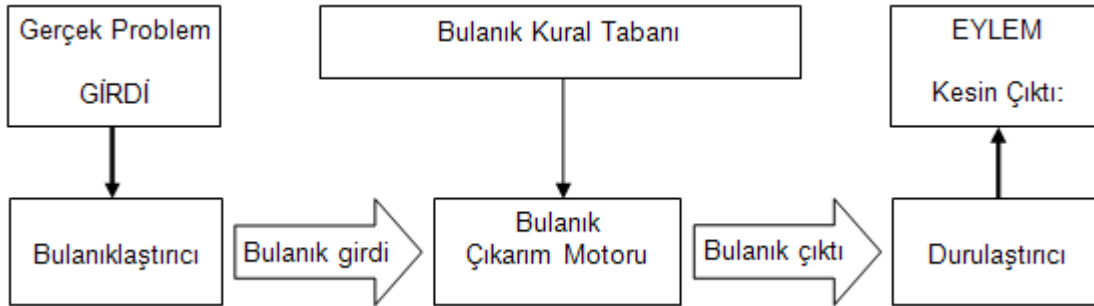
Bulanık küme değişik üyelik derecesinde öğeleri olan bir topluluktur. Klasik küme teorisindeki siyah-beyaz ikili üyelik kavramını kısmi üyelik kavramına genelleştirir. Burada “0” değeri üye olmamayı, “1” değeri tam üye olmayı belirtirken (0, 1) aralığındaki değerlerde kısmi üyelik kavramına karşılık gelir.

Bulanık küme, bir nesne ve bu nesnenin ilgili kümeye üyelik derecesini gösteren $A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$ şeklindeki sıralı çiftlerle ifade edilir. Eğer X kümesi, $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ şeklinde kesikli bir küme ise, bir bulanık A kümesi, $A = \{\sum \mu_A(x_i) / x_i\}$ olarak gösterilir. Bulanık kümenin sürekli olması durumunda gösterim, $A = \{\int \mu_A(x_i) / x_i\}$ biçiminde olacaktır [7].

Bulanık çıkarım sistemi

Klasik matematiksel modellerle kesin sayısal işleme yalnızca parametreler ve girdiler doğru olarak bilindiği zaman yapılabilir. Bu çok rastlanan bir durum olmadığından, uygulamada sadece verileri değil aynı zamanda bununla ilgili belirsizliği de yeterince işleyebilen bir modelleme çatısı gerekir. Stokastik yaklaşım, belirsizliği değerlendirmede klasik bir yoldur. Bununla beraber tüm belirsizlik tipleri de rasgelelik çatısı içerisinde değerlendirilemez. Bulanık mantık ve bulanık küme teorisi bu konuda bir alternatif önermektedir [7].

Sözel bilgilerin sayısal hale getirilip, bilgisayarlar ve algoritmalar tarafından algılanarak hesaplamaların yapılabilmesi için bulanık sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bulanık çıkarım sistemi; bulanık küme teorisi, bulanık eğer-ise kuralları ve bulanık mantık kavramlarına dayanan bir hesaplama sistemidir. Bu mantık prosedürü, tüm kurallardan kümelenen bilgilere dayanan çıktı değerlerini türetir [8, 9]. Şekil 2’de bir bulanık çıkarım sisteminin genel yapısı görülmektedir.



Şekil 2. Bulanık çıkarım sisteminin genel yapısı

Şekil 2’de görülen bulanık sistemin bileşenleri aşağıda tanımlanmıştır [9].

Genel bilgi tabanı birimi, incelenecek olayın etkilendiği girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki sayısal ve/veya sözel tüm bilgileri içeren bileşendir.

Bulanıklaştırma arayüzü, kesin girdi değerlerini bulanık değerlere çevirir. Bunun için girdi değerlerini alır, girdi değişken aralığının uygun evrensel kümeye dönüştürülmesini sağlar ve girdi verilerini uygun sözel değerlere (bulanık kümeler) dönüştürür.

Bulanık kural tabanı birimi, veri tabanında girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal eğer-ise türünde yazılabilen kuralların tümünü içeren bileşendir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm bulanık küme bağlantıları düşünülür. Böylece her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar.

A_i, B_i ve C_i bulanık alt kümelerinin üyelik fonksiyonları sırasıyla $\mu_{A_i}, \mu_{B_i}, \mu_{C_i}$ olsun. Genel bir bulanık eğer-ise kuralı;

K_i : Eğer "x A_i dir" ve "y B_i dir" ise, "z C_i dir" $i = 1, 2, \dots, n$ (1)

biçiminde oluşturulur. "Eğer" ile "ise" kelimeleri arasında bulunan kısma öncül veya ön şartlar, "ise" kelimesinden sonra gelen kısımda soncul veya çıkarım adı verilir.

Bulanık çıkarım motoru birimi, bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsini bir arada toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını sağlayan işlemler topluluğunu içeren bileşendir. Her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.

Durulaştırma arayüzü, bulanık işlemler sonucu elde edilen bulanık çıkarım sonuçlarını kesin sayısal çıktı değerlerine dönüştüren bileşendir.

Çıktı birimi, bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru aracılığı ile etkileşimi sonucunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirten birimdir.

Bulanık eğer-ise kuralları ve kümeleme yöntemlerinin farklı çeşitleri, farklı çıkarım sistemlerinin oluşmasını sağlamaktadır. Sonuç biçimine göre genel olarak üç tip kurala dayalı bulanık model ayırt edilmektedir. Bunlar sözel bulanık model (Mamdani yöntemi), bulanık bağıntısal model ve Takagi Sugeno Kang modelidir. Sözel bulanık modelde, hem öncül hem de soncul bulanık önermedir. Bulanık bağıntısal model, sözel bulanık modelin öncül ile soncul arasındaki terimler bulanık bağıntı olacak şekilde genelleştirilmiş biçimdir. Takagi Sugeno Kang bulanık modelinde ise öncül bulanık önerme ve soncul da kesin fonksiyondur [7].

Mamdani yöntemi, bulanık içirme işlemcisi olarak EK işlemcisini, bileşke işlemcisi olarak da EB-EK'yı kullanır. Bulanık kurallar (1) ile verildiği gibi olsun.

Girdi verisi $x = x_0$ ve $y = y_0$ gibi bir kesin sayı olduğunda A_i ve B_i eşleşme derecesi sırasıyla $\mu_{A_i}(x_0)$ ve $\mu_{B_i}(y_0)$ dir. Bundan dolayı, K_i kuralının eşleşme derecesi;

$$\alpha_i = \mu_{A_i}(x_0) \wedge \mu_{B_i}(y_0) \quad (2)$$

dir. C'_i , K_i kuralının sonucu olduğunda;

$$\mu_{C'_i}(z) = \alpha_i \wedge \mu_{C_i}(z) \quad (3)$$

dir ve toplam sonuç C' bireysel denetim kurallarından türer;

$$\mu_{C'}(z) = \bigvee_{i=1}^n [\alpha_i \wedge \mu_{C_i}(z)] \quad (4)$$

$$C' = \bigcup_{i=1}^n C'_i \quad (5)$$

Hayat Sigortalarında Risk Sınıflandırma

Risk seçim ve sınıflandırmada amaç

Sigorta şirketleri müşterilerine yani poliçe sahiplerine, mevcut veya gelecekte ortaya çıkabilecek talepleri için ödeme taahhüdünde bulunurlar ve müşteriler de bu taahhütlerin zamanında ve düzgün şekilde karşılanmasını beklerler. Ancak sigortacılık temelde bir risk işi olduğu için, önceden öngörülemeyen risklerin ortaya çıkması durumunda şirketlerin kaynakları yükümlülüklerini karşılamada yetersiz kalabilmektedir. İşte bu nedenle, poliçe sahiplerinin menfaatlerini korumak amacıyla, sigorta şirketlerinin mali yapılarının yeterince güçlü olması gerekmektedir.

Sigorta planlarında, poliçe sahiplerinin farklı sınıfları arasında adaleti koruyabilmek amacıyla; her bir sigortalanan birey müşterek fona maruz kalabileceği risklere ilişkin kayıplar ölçüsünde katkıda bulunurlar. Eğer bir bireye mevcut katkısından daha az ödeme yapmasına izin verilirse, bu diğer bireylerin ödemelerinin aşırı yüklenmesine neden olur. Bu aşamada

sigorta şirketinin görevi, mevcut riski dikkatli bir biçimde sınıflandırmak ve poliçe sahiplerine adaletli prim borcu yüklemektir. Genel olarak; risk seçim ve sınıflandırmanın amacı, hem sigorta şirketi hem de sigortalanan açısından kabul edilebilir prim oranlarının belirlenmesi biçiminde açıklanabilir [6].

Hayat riskini etkileyen faktörler

Poliçe sahipleri arasında prim oranları açısından adaletli olmak ve sigorta planının mali yeterliliğinin sürdürülebilmesi amacıyla; risk sınıflandırma sürecinde sigorta şirketi, hayat riskini etkileyen bazı faktörlerin üzerinde önemle durması gerekmektedir. Bu faktörler doğrultusunda sağlanan bilgiler, sigorta şirketine mevcut riskin büyüklüğünün ve kapsamının belirlenmesinde yardımcı olacaktır. Bu faktörlerden önemlileri sigorta başvurusu yapan bireylerin yaşı, fiziksel yapısı, aileden gelen özellikleri, sağlık özgeçmişi, mesleği, alışkanlıkları ve cinsiyeti olarak verilebilir [6, 10].

Klasik sınıflandırma yöntemleri

Hayat sigortalarında bireylerin mevcut sigortalama bilgilerinin toplanmasının ardından; veriler değerlendirilmeli ve başvuru sahibinin standart risk grubu olarak kabul edilip edilemeyeceği, kabul edilebilir fakat standart olmayan risk grubunda yer alması gerektiği veya sigorta başvurusunun tamamıyla red edilmesi gerektiği kararlarını verebilmek üzere risk sınıflandırma yöntemleri geliştirilmiştir. Sigorta şirketleri tarafından kullanılan risk değerlendirme ve sınıflandırma sistemleri,

- Hayat riskini etkileyen her bir faktörün etkisini doğru ölçmeli,
- Birbirleri ile ilişkili veya çelişen faktörlerin birlikte etkilerini değerlendirmeli,
- Yansız sonuçlar üretmeli,
- Basit ve kullanışlı olmalıdır [6].

Yargısal derecelendirme yöntemi. Yargısal derecelendirme yöntemini kullanan sigorta şirketi tıbbi, aktüeryal veya ilgili diğer alanlarda uzman kişilerin birlikte vereceği yargılarına bağlıdır. Bu yöntem, bir risk faktörü olduğunda ve sadece bireylerin standart risk grubuna dahil edilmesi veya başvurunun tamamıyla red edilmesi kararlarını vermek üzere kullanışlı bir yöntemdir. Bazıları birbirleri ile çelişen çoklu karmaşık risk faktörleri olduğunda standart olmayan risk sınıflandırmasının da kullanılması gereklidir. Yargısal derecelendirme yönteminin bu gibi zayıf yönlerinin olması nedeniyle sayısal derecelendirme sistemi önerilmiştir.

Sayısal derecelendirme sistemi. Sayısal derecelendirme sistemi, hayat riskine etki eden birçok faktörün riskin kompozisyonuna dahil edilmesi ve bu faktörlerin istatistiksel incelemeler doğrultusunda belirlenmesi prensibine dayalı bir yöntemdir. Bu plana göre 100% (baz değeri), fiziksel, manevi olarak ve finansal açıdan sağlam bireylerin içerildiği standart veya normal risk grubunu temsil etmektedir. Bu yöntemde, belirlenen faktörlerin bireyin hayat riskine muhtemel etkileri borç ve alacak biçiminde sisteme kaydedilir. Her bir faktörün etkilerine ilişkin bu kaydedilen değerler, bazı risk karakteristikleri ve bilgileri açısından benzer özelliklere sahip gruplar içinde ölüm oranı incelemeleri neticesinde yargısal olarak belirlenir. Böylece başvuranlar için genellikle 75-500 arasında bir dağılım meydana gelir. Bu dağılımda 75-125 arasında kalan kişiler sigortalanan riskin kabul edilebilir limitleri içerisinde kaldığı varsayılarak sözleşme yapılır.

Derecelendirme yapıldıktan sonra sigorta başvurularının sigorta maliyetlerinin saptanması için oranlar belirlenir. Bu oranların, işletmenin sigortalamayı kabul ettiği riskten doğacak zararları ödemeye yetecek kadar yüksek olması gerekir. Fiyatın gerektiğinden çok yüksek tutulması da talebi azaltarak, büyük sayılar kanununun işlemesine yeterli sayıda birimin bir araya getirilememesi sonucunu doğurur. Böylece riskin olası değerinin gerçek değerine yakın olarak tahmin edilmesi şansı azalır [10].

Örneğin, 35 yaşında bir kişi 30 yıllık karma hayat sigortasına başvursun. Sigorta şirketinin elde ettiği bilgilere göre kişinin boy uzunluğu 175 cm ve ağırlığı 93 kg; belirli zaman aralıklarında kaydedilen üç sistolik kan basıncı düzeyinin ortalaması 178 mm Hg ve kişinin aileden gelebilecek kalıtsal bir hastalığı olmasın. Sayısal derecelendirme sistemine göre; verilen örnek için elde edilebilecek bir sonuç Tablo 1 ile gösterilmiştir. 160 değeri, sigorta başvurusu

yapan birey için beklenen ölüm oranının, standart veya normal risk grubu için belirlenen ölüm oranından %60 daha fazla olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Sayısal derecelendirme sistemi örneği

Faktör	Baz Değeri: 100%	
Aşırı kilo	+ 25	
Aileden gelen özellikler: İyi		- 5
Sistolik kan basıncı: Yüksek	+ 50	
Sigorta planı: 30 yıllık karma hayat sigortası		- 10
Toplam	+ 75	- 15
Derece	160	

Sayısal derecelendirme sisteminde sınıflandırma, riskin homojen olduğu varsayımı ile yapılır. Fakat gerçekte risk heterojendir ve hayat riskine etki eden sadece birkaç faktör ile sınıflandırma yapıldığında, riskin diğer birçok karakteristiği göz ardı edilmektedir. Oysa sigorta şirketi aynı riskle karşı karşıya bulunan, çok sayıda benzer nitelikte birimi bir araya getirerek, onlar için teker teker belirsiz olan hasar olasılığını tahmin edilebilir duruma getirmek istemektedir. Bu düşünce büyük sayılar kanunundan kaynaklanmaktadır [10, 11].

Ayrıca, bu yöntemde yer alan problemlerden biride hayat riskini etkileyen birçok risk faktörünün esasında bulanık olmasıdır. Sigorta başvurusu yapan bireyleri cinsiyet ve medeni durumlarına göre sınıflandırmak oldukça basittir; fakat bireyleri sağlık durumu gibi diğer değişkenlere göre kesin sınırlar ile bir gruba dahil etmek doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Örneğin, sistolik kan basıncı 160 mm Hg'den yüksek olan bireyleri standart olmayan risk grubunda sınıflandırırken, 159 mm Hg kan basıncına sahip bireylerin standart risk grubu olarak değerlendirilmesi risk yönetiminin başarısız bir biçimde yürütülmesine yol açacaktır.

Bulanık Çıkarım Sistemleri ile Risk Sınıflandırma

Sigorta işletmeleri kendilerine gönderilen başvuru formlarını inceler, sağlık denetimi sonuçlarını aldıktan sonra sırasıyla seçim, ayırım ve derecelendirme işlemlerini yaparlar. Başvuru formlarındaki bilgilere ve sağlık denetimi raporunun sonuçlarına göre yapılan bu değerlendirmelere göre, sigorta için başvuran kişi kabul veya reddedilir. Başvuruda bulunan bütün birimlerin aynı oranda ölüm riski ile karşı karşıya buldukları söylenemez.

Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de, kardiyovasküler hastalıklar ölüm nedenleri arasında ilk sırada yer almaktadır [12]. Sigara alışkanlığı, yüksek kolesterol düzeyi, hipertansiyon ve obezite kardiyovasküler hastalıklar ile ilişkili oldukları genel olarak kabul edilmiş risk faktörleridir [13]. Kadın ve erkekler arasında, kardiyovasküler hastalık gelişimi açısından, en önemli risk faktörü, sigara tüketimidir. İçilen sigara sayısı ile risk arasında doza bağımlı olan çok açık bir ilişki vardır [14].

Sigorta planlarında primler toplamı, riskin olası değerinden az olursa sigorta şirketi böyle bir durumda zararla karşı karşıya kalabilir. Bu zarar olasılığını ortadan kaldırmak veya minimuma düşürmek amacıyla net primlere bir güvence payı (safety margin) eklenilmektedir. İşletme giderleri ve kâr payları ile güvence paylarının net primlere eklenmesiyle saptanan ödentiye brüt prim denilir.

Hayat sigortasında standart riske karşı sigortalanan kişilerden, ayrı yaş ve cinsiyette bulunmaları koşuluyla sabit oranda primler alınmaktadır. Eğer sigorta işletmesi standardın altında riskle karşı karşıya bulunan kişileri de sigortalamak yoluna giderse, bu kez daha yüksek oranlarda primler alırlar. Eğer (P) ile her sigortalıdan alınan net tek prim ve (C) ile güvence payı gösterilirse, sigortalıdan alınan brüt prim;

$$P' = P + C$$

(6)

biçiminde yazılabilir [6, 10].

Bu çalışmada, imtiyazlı risk grubu, normal risk grubu, standart olmayan risk grubu ve kabul edilemez (yüksek) risk grubu biçiminde bir sınıflandırma kullanılacak ve bulanık çıkarım sistemleri sonucunda kesin çıktı değeri olarak bir risk yüklemesi elde edilecektir. Bu amaçla, net tek prim ile orantılı olarak belirlenen bir risk yüklemesi sonucunda elde edilecek brüt prim;

$$P' = P + \frac{\lambda(n)}{100} P \quad (7)$$

biçiminde hesaplanacaktır. Burada, $\lambda(n)$, n. nci bireye ilişkin risk yükleme oranını (%) göstermektedir. Bu bağlamda, sigorta şirketinin sigortalılardan alacakları primler belirlenirken; kardiyovasküler hastalıklar yönünden yüksek riske sahip bireyler pozitif risk yüklemesi ($\lambda > 0$) ile düşük riske sahip bireyler ise negatif risk yüklemesi ($\lambda < 0$) ile müşterek fona katkıda bulunmalıdırlar. Yani sağlıklı bireylerin ödeyeceği primlerde indirim yapılmalıdır.

Model

Bu çalışmada, eldeki girdiye karşılık olarak gelen çıktı değerinin belirlenmesi amacıyla, kural tabanlı bilginin modellenme şekline göre; sözel bulanık modelde denilen Mamdani yöntemi kullanılacaktır. Bulanık işlemler sonucu elde edilen bulanık çıkarım sonuçlarını kesin sayısal çıktı değerlerine dönüştürmek amacıyla ise; yaygın olarak kullanılan Sentroid yöntemi (Ağırlık merkezi yöntemi) uygulanacaktır.

Hayat sigortalarında bireyleri, sistolik kan basıncı ve kolesterol düzeyi, beden kitle indeksi ve günlük ortalama sigara tüketimi biçiminde belirlenen kardiyovasküler risk faktörlerine göre sınıflandırmak üzere her bir girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin bulanık alt kümeler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. Obezitenin saptanmasında en çok kullanılan ve bilinen yöntem Beden Kitle İndeksi (BKİ)'dir. BKİ, Vücut Ağırlığı (kg) / Boy² (m²) ile hesaplanır [14].

Sistolik Kan Basıncı (mm Hg):

$A = \{A_1, A_2, A_3, A_4\} = \{\text{Optimal, Normal, Yüksek, Hipertansiyon}\}$

Kolesterol Düzeyi (mg/dl):

$B = \{B_1, B_2, B_3\} = \{\text{Normal, Orta, Yüksek}\}$

Beden Kitle İndeksi (kg/m²):

$C = \{C_1, C_2, C_3, C_4\} = \{\text{Normal, Hafif Kilolu, Kilolu, Tehlikeli Kilolu}\}$

Günlük Ortalama Sigara Tüketimi (adet):

$D = \{D_1, D_2, D_3\} = \{\text{Düşük, Normal, Yüksek}\}$

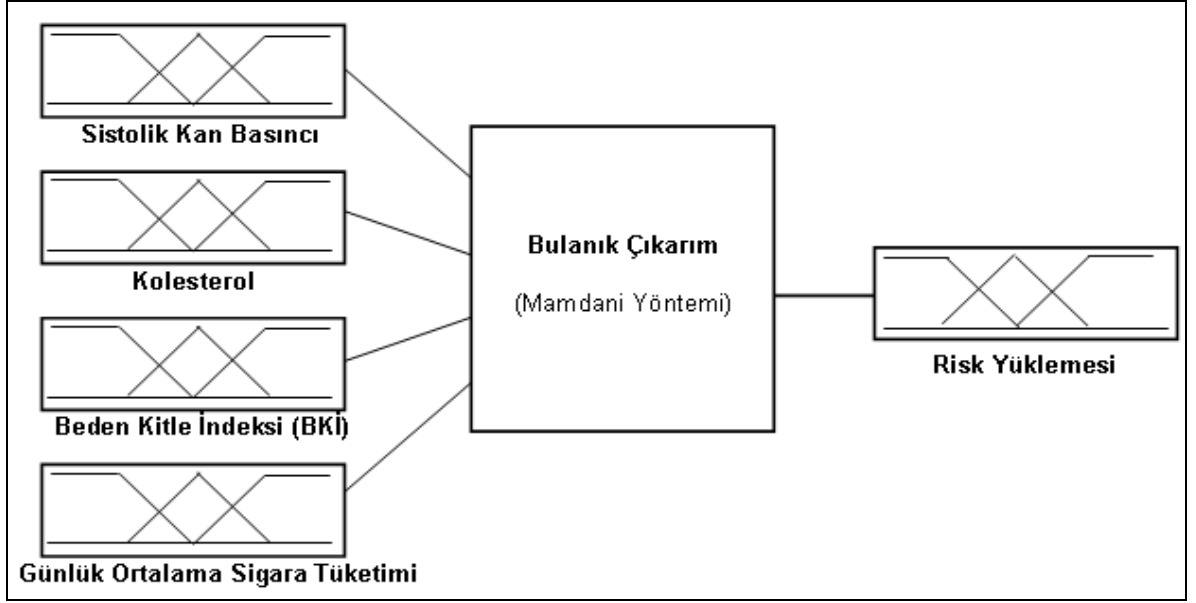
Risk Yüklemesi (%):

$R = \{R_1, R_2, R_3, R_4\} = \{\text{İmtiyazlı, Normal, Standart Olmayan, Yüksek veya Kabul}$

Edilemez}

Sistolik kan basıncı, kolesterol düzeyi, beden kitle indeksi, sigara tüketimi girdileri ve risk yüklemesi çıktısı için belirlenen sözel değişkenlere ilişkin üyelik fonksiyonları uzman desteği alınarak belirlenmiş ve analitik olarak Şekil 4 ile verilmiştir.

Oluşturulan bulanık model, girdi – çıktı değişkenleri ve bulanık kuralların grafiksel olarak tasarlanabileceği Matlab programında, Bulanık Mantık Araç Kutusu (Fuzzy Logic Toolbox) kullanılarak değerlendirilmiştir. Modelin grafiksel yapısı Şekil 3 ile verilmiştir. Bulanık eğer – ise kurallarının belirlenmesinde girdiler ile çıktı arasında olabilecek tüm bulanık küme bağlantıları düşünülmüş ve toplam 144 kural tanımlanmıştır.



Şekil 3. Matlab programı ile oluşturulan risk sınıflandırma modelinin yapısı

Uygulama

i. Sistolik kan basıncı 135 mm Hg, kolesterol düzeyi 230 mg/dl, beden kitle indeksi 29 kg/m² ve sigara içmeyen bir bireye ilişkin;

$x = x(x_1, x_2, x_3, x_4) = x(135, 230, 29, 0)$ girdisi için bulanık kural tabanında yer alan 144 kural arasından aktif olan 8 kural aşağıda verilmiştir.

Kural 1: Bireyin *sistolik kan basıncı* normal ve *kolesterol düzeyi* orta ve *beden kitle indeksi* hafif kilolu ve *günlük ortalama sigara tüketimi* düşük ise *risk yüklemesi* imtiyazlıdır.

Kural 2: Bireyin *sistolik kan basıncı* normal ve *kolesterol düzeyi* orta ve *beden kitle indeksi* kilolu ve *günlük ortalama sigara tüketimi* düşük ise *risk yüklemesi* normaldir.

Kural 3: Bireyin *sistolik kan basıncı* normal ve *kolesterol düzeyi* yüksek ve *beden kitle indeksi* hafif kilolu ve *günlük ortalama sigara tüketimi* düşük ise *risk yüklemesi* normaldir.

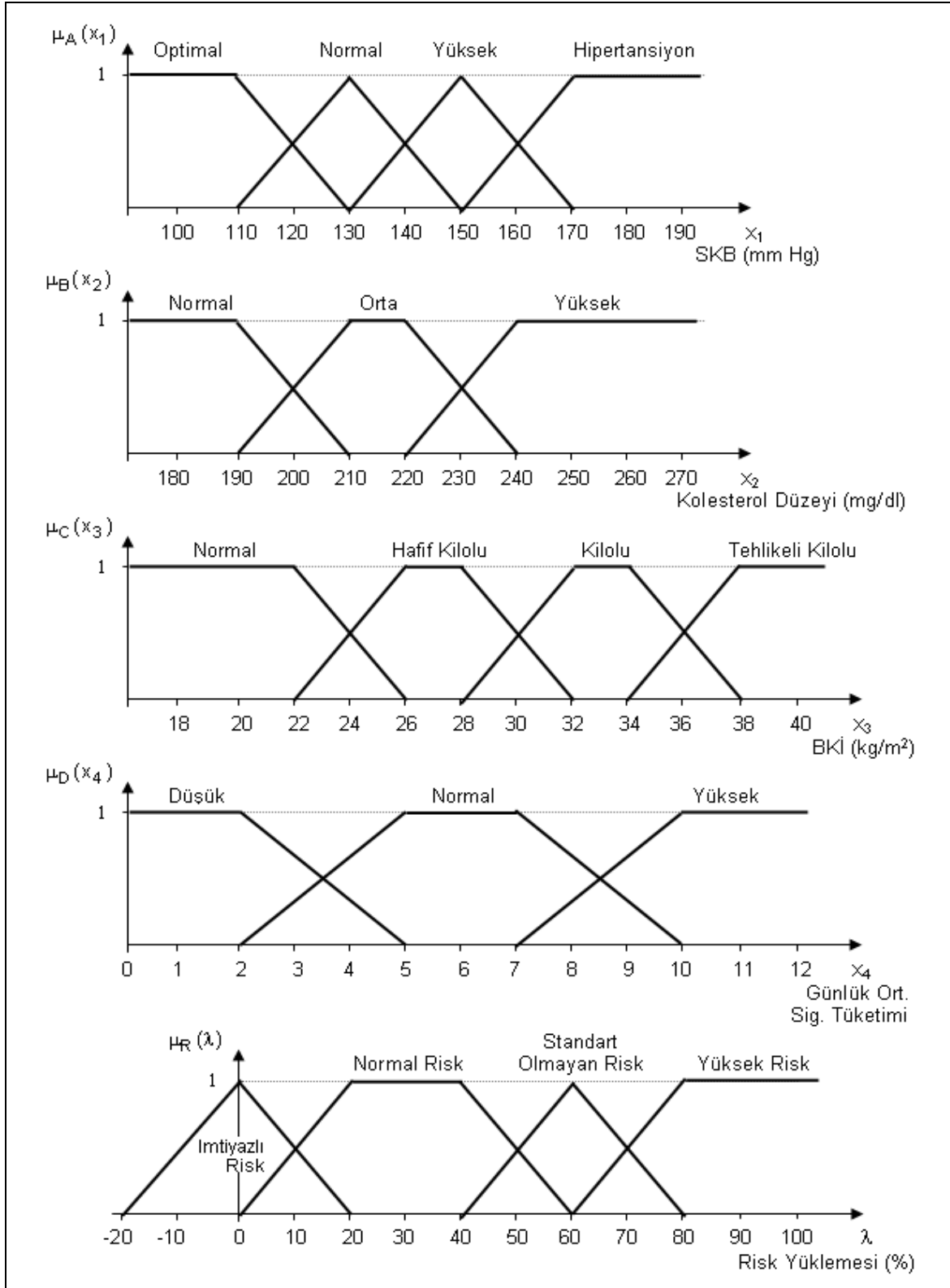
Kural 4: Bireyin *sistolik kan basıncı* normal ve *kolesterol düzeyi* yüksek ve *beden kitle indeksi* kilolu ve *günlük ortalama sigara tüketimi* düşük ise *risk yüklemesi* normaldir.

Kural 5: Bireyin *sistolik kan basıncı* yüksek ve *kolesterol düzeyi* orta ve *beden kitle indeksi* hafif kilolu ve *günlük ortalama sigara tüketimi* düşük ise *risk yüklemesi* normaldir.

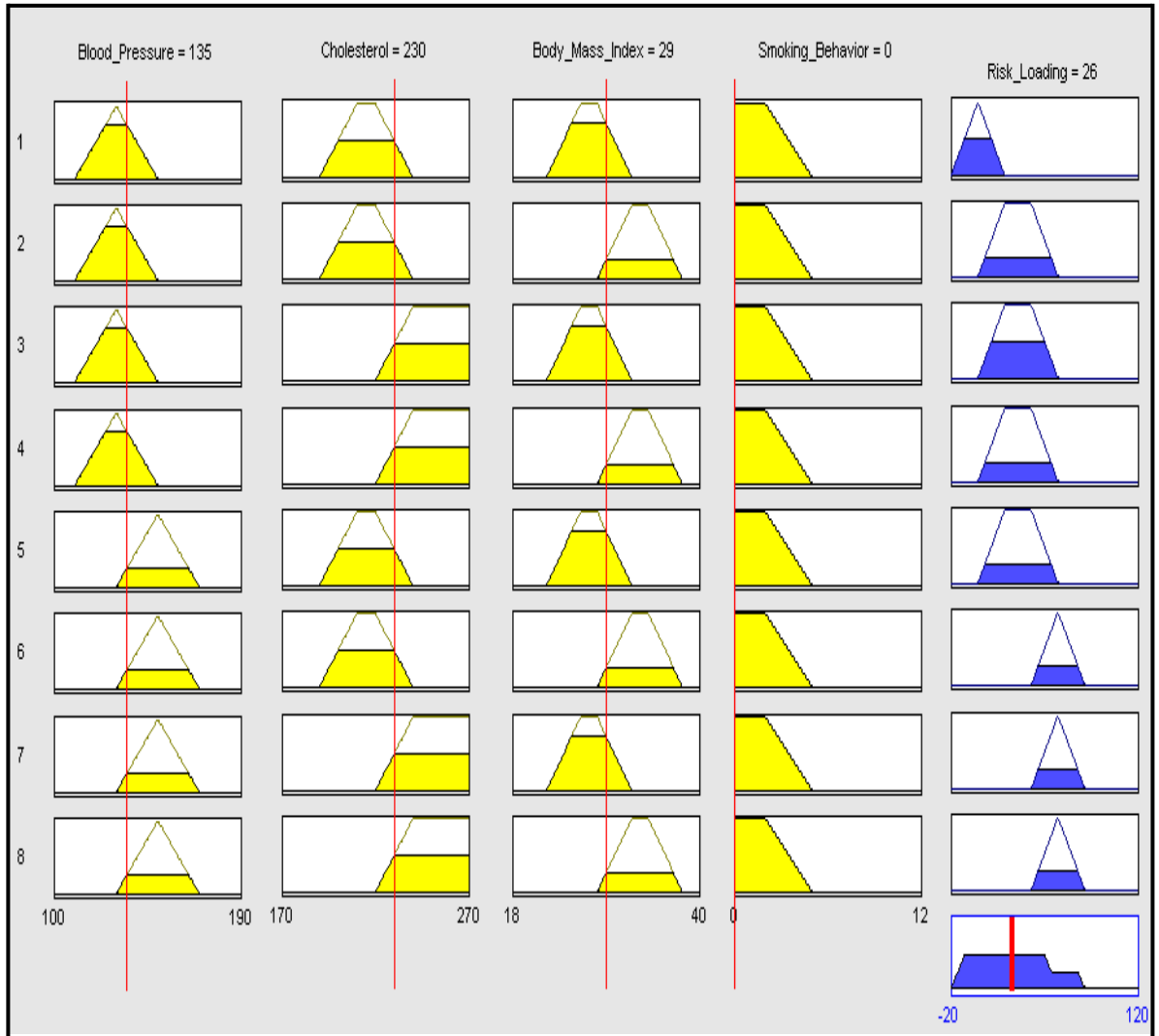
Kural 6: Bireyin *sistolik kan basıncı* yüksek ve *kolesterol düzeyi* orta ve *beden kitle indeksi* kilolu ve *günlük ortalama sigara tüketimi* düşük ise *risk yüklemesi* standart olmayandır.

Kural 7: Bireyin *sistolik kan basıncı* yüksek ve *kolesterol düzeyi* yüksek ve *beden kitle indeksi* hafif kilolu ve *günlük ortalama sigara tüketimi* düşük ise *risk yüklemesi* standart olmayandır.

Kural 8: Bireyin *sistolik kan basıncı* yüksek ve *kolesterol düzeyi* yüksek ve *beden kitle indeksi* kilolu ve *günlük ortalama sigara tüketimi* düşük ise *risk yüklemesi* standart olmayandır.



Şekil 4. Bulanık alt kümelere ilişkin üyelik fonksiyonları



Şekil 5. $x(135,230,29,0)$ girdisi için bulanık kural tabanı

Kural tabanında bilginin modellenmesinde Mamdani yöntemi ve durulaştırma yöntemi olarak da Sentroid yöntemi kullanıldığında elde edilen Matlab programı çıktısı Şekil 5'de görüldüğü gibidir. Buna göre; sigorta başvurusu yapan bireyler arasında, sistolik kan basıncı 135 mm Hg, kolesterol düzeyi 230 mg/dl, beden kitle indeksi 29 kg/m^2 ve sigara içmeyen bir kişi için belirlenen risk yüklemesi (λ) %26'dır. Elde edilen bu sonuca göre, birey için belirlenecek brüt prim;

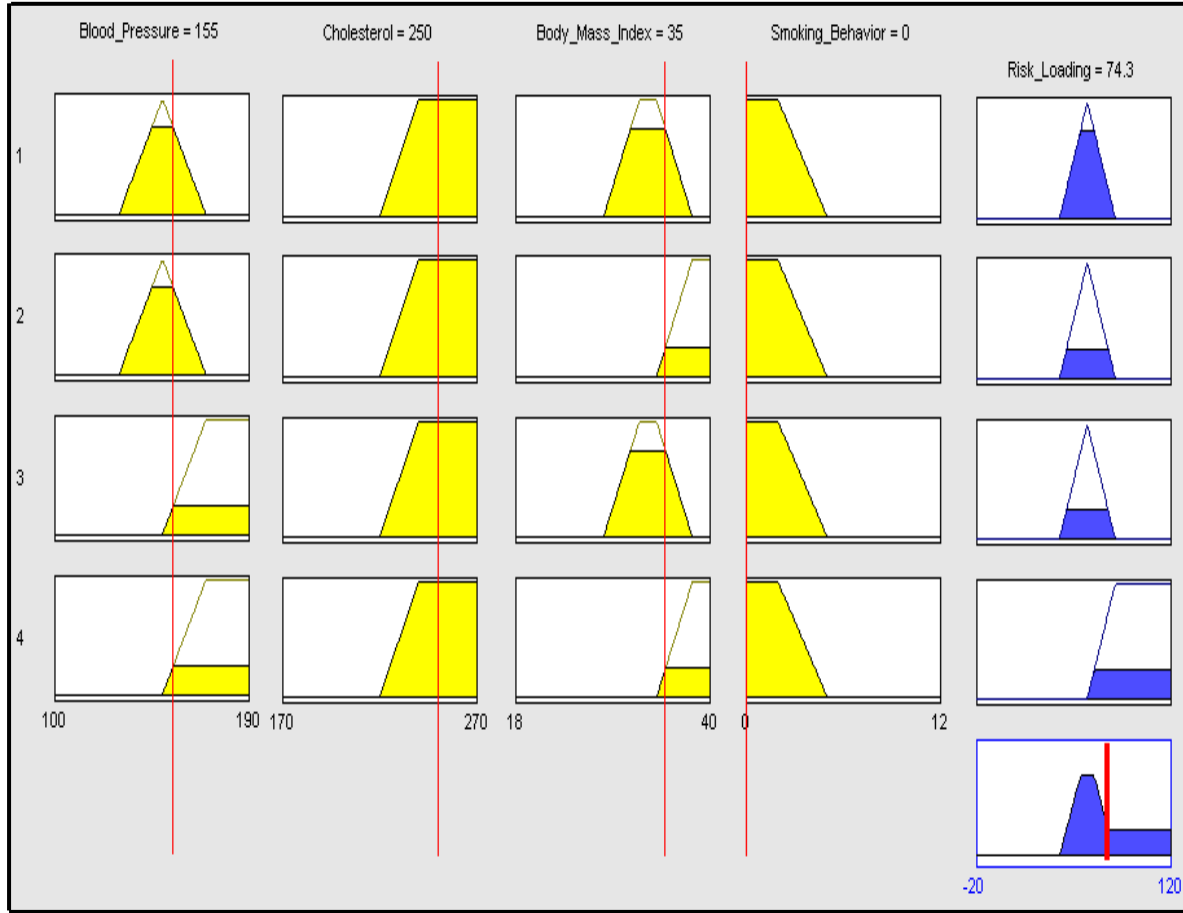
$$P' = P + \frac{26}{100}P$$

biçiminde olacaktır.

ii. Sistolik kan basıncı 155 mm Hg, kolesterol düzeyi 250 mg/dl, beden kitle indeksi 35 kg/m^2 ve sigara içmeyen bir bireye ilişkin;

$$x = x(x_1, x_2, x_3, x_4) = x(155, 250, 35, 0)$$

girdisi için bulanık kural tabanında yer alan kurallar arasından aktif olan 4 kural aşağıda verilmiştir.



Şekil 6. $x(155,250,35,0)$ girdisi için bulanık kural tabanı

Kural 1: Bireyin sistolik kan basıncı yüksek ve kolesterol düzeyi yüksek ve beden kitle indeksi kilolu ve günlük ortalama sigara tüketimi düşük ise risk yüklemesi standart olmayandır.

Kural 2: Bireyin sistolik kan basıncı yüksek ve kolesterol düzeyi yüksek ve beden kitle indeksi tehlikeli kilolu ve günlük ortalama sigara tüketimi düşük ise risk yüklemesi standart olmayandır.

Kural 3: Bireyin sistolik kan basıncı hipertansiyon ve kolesterol düzeyi yüksek ve beden kitle indeksi kilolu ve günlük ortalama sigara tüketimi düşük ise risk yüklemesi yüksektir.

Kural 4: Bireyin sistolik kan basıncı hipertansiyon ve kolesterol düzeyi yüksek ve beden kitle indeksi kilolu ve günlük ortalama sigara tüketimi düşük ise risk yüklemesi yüksektir.

Şekil 6 ile verilen Matlab programı çıktısına göre sigorta başvurusu yapan bireyler arasından, sistolik kan basıncı 155 mm Hg, kolesterol düzeyi 250 mg/dl, beden kitle indeksi 35 kg/m² ve sigara içmeyen bir kişi için risk yüklemesi (λ) %74.3 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuca göre, birey için belirlenecek brüt prim;

$$P' = P + \frac{74.3}{100}P \text{ biçiminde olacaktır.}$$

Sonuç ve Öneriler

Hayat sigortalarında klasik risk sınıflandırma yöntemlerine göre bireyler, hayat tabloları kullanılarak ve genellikle az sayıda risk faktörlerine göre sınıflandırılmakta ve birçok diğer bulanık risk karakteristikleri göz ardı edilmektedir. Sigorta planlarında, poliçe sahiplerinin farklı sınıfları arasında adaletin korunması ve her bir sigortalanan

bireyin, müşterek fona maruz kalabileceği risklere ilişkin kayıplar ölçüsünde katkıda bulunması; hem sigortalanan hem de sigorta şirketi açısından öneme sahiptir. Bu nedenle risk seçim ve sınıflandırma problemi aktüerya biliminin temel konularından biridir.

Bu çalışmada, hayat sigortalarında risk seçim ve sınıflandırma sürecinde bulanık sistem modellemenin bir uygulaması yapılmıştır. Bu doğrultuda, ölüm nedenleri arasında ilk sırada yer alan kardiyovasküler hastalık riskini artıran faktörler belirlenmiş ve poliçe sahipleri bu risk faktörlerine göre sınıflandırılmıştır. Bu amaçla; imtiyazlı risk grubu, normal veya kabul edilebilir risk grubu, standart olmayan risk grubu ve kabul edilemez risk grubu biçiminde bir sınıflandırma kullanılmıştır.

Sigortada, özellikle nitel durumlar ile karakterize edilen alanlarda matematiksel modellere ihtiyaç duyulduğundan dolayı; risk sınıflandırma problemlerinde bulanık çıkarım sistemlerinin kullanılması büyük yarar sağlayacaktır. Bu yöntem ile bulanıklıktan kaynaklanan belirsizliğinde değerlendirilmesiyle; hayat riskini etkileyen her bir faktörün etkisini doğru ölçen, birbirleri ile ilişkili veya çelişen faktörlerin birlikte etkileri değerlendirebilen bir model geliştirilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Ostaszewski, K. M., **An Investigation into Possible Applications of Fuzzy Set Methods in Actuarial Science**, The Society of Actuaries, Schaumburg (1993).
- [2] DeWit, G.W., **Underwriting and uncertainty**, Insurance Mathematics and Economics, 1, 277–285 (1982).
- [3] Lemaire, J., **Fuzzy Insurance**, Astin Bulletin, 20, 33-56 (1990).
- [4] Young, V.R., **The application of fuzzy sets to group health underwriting**, Trans. Soc. Actuaries, 45, 551–590 (1993).
- [5] Derrig, R. A., Ostaszewski, K. M., **Fuzzy Sets Methodologies in Actuarial Science, Practical Applications of Fuzzy Technologies**, Zimmerman, H. J. (ed.), Kluwer Academic Publishers, Boston (1999).
- [6] Huebner, S. S., Black, K., **Life Insurance**, Prentice-Hall, New Jersey (1976).
- [7] Baykal, N., Beyan T., **Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler**, Bıçaklar Kitabevi, Ankara (2004).
- [8] Bojadziev, G., Bojadziev, M., **Fuzzy Logic for Business, Finance and Management**, World Scientific, London (2007).
- [9] Şen, Z., **Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri**, Bilge Kültür Sanat, İstanbul (2001).
- [10] Özdemir, A., **Hayat Sigortası: Teori ve Türkiye’de Uygulama**, A. Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, Ankara (1980).
- [11] Horgby, P.-J., **Risk Classification by Fuzzy Inference**, The Geneva Papers on Risk and Insurance, 23, 63-82 (1998).
- [12] Onat, A., **Risk factors and cardiovascular disease in Turkey**, Atherosclerosis, 156, 1-10 (2001).
- [13] Dikmenoğlu, N., **Kardiyovasküler hastalıklarda sigara ve kolesterol kadar önemli bir risk faktörü: kan akışkanlığı**, Hacettepe Tıp Dergisi, 37, 93–97 (2006).

- [14] Samur, G., Yıldız, E., **Obezite ve Kardiyovasküler Hastalıklar / Hipertansiyon**, Klasmat Matbaacılık, Ankara (2008).