



Üç Yönlü Kontenjans Tablolarında Log-Linear Model ile İş Kazası Verilerinin İncelenmesi

Investigation of Work Accident Data using a Log-Linear Model for Three Way Contingency Tables

Funda Erdugan^{1*}, Ayça Hatice Türkan²

¹İstatistik Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye

²İstatistik Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye

Öz

İş kazaları temelde çalışanların sağlığını ve daha ileri boyutta hayatını etkileyen durumlar gibi algılanmaktaysa da çok boyutlu olarak etkiler ortaya koymakta, firmaların iş sürekliliğini, verimliliğini ve katma değer üretimini de sektöre uğratmaktadır. İş kazaları ve ortaya koyduğu etkiler nihayet ülke ekonomisinde hem iş gücü hem üretim hem de katma değer kaybına sebebiyet vermektedir. Bu çalışmanın amacı, 2015 yılında ülkemizde kayıt altına alınmış iş kazalarını, log-linear analiz yöntemini kullanarak sektör, cinsiyet ve iş göremezlik süresi değişkenleriyle incelemek, değişkenlerin kategorileri arasındaki bağımlılık yapılarını en iyi açıklayan istatistiksel olarak anlamlı bir model önermektir. Araştırma sonucunda üç değişkenin de iş kazası sıklığını açıkladığı saptanmıştır. Cinsiyet değişkeni için erkek çalışanlar, sektör değişkeni için inşaat sektörü, iş göremezlik değişkeni için ise 1 gün kategorisi iş kazası sıklıklarını belirleyici niteliktedir. Madencilik ve taş ocakçılığı, elektrik, gaz, buhar, su, kanalizasyon ve inşaat sektörlerinde kazalar erkek çalışanlarla, inşaat sektörü 0-4 gün iş göremezlik süreleriyle, iş göremezlik sürelerinin 0-4 gün kategorileri erkek çalışanlarla ön plana çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İş kazaları, İş sağlığı ve güvenliği, Kaza istatistikleri, Log-linear analiz

Abstract

Although work accidents are perceived as situations affecting employees' health and their lives at a more advanced level, they cause multidimensional effects and interrupt the business continuity of firms, productivity and value-added production. Work accidents and their effects finally cause loss of business power, production, and value-added. The aim of this study is to examine the work accidents recorded in our country in 2015 in terms of variables including sector, gender and incapacity duration using a log-linear analysis method and to suggest a statistically significant model that explains the dependencies among the categories of variables best. As a result of the study, it is determined that the frequency of work accident is explained by the three variables. The indicators of the frequency of work accident are determined as male employees for the variable gender, construction sector for the variable sector and 1 day category for the variable incapacity duration. In respect of variables and categories, accidents in mining and quarrying, electricity, gas, steam, water, sewage and construction sectors are remarkably seen among male employees, construction sector within 0-4 day categories of incapacity duration, and 0-4 day categories of incapacity duration among male employees.

Keywords: Work accidents, Occupational health and safety, Accident statistics, Log-linear analysis

1. Giriş

Kalite kavramı her alanda sağlanması gereken kaçınılmaz bir olgudur. Son yıllarda ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği (İSG) konusunda da kaliteyi artırmak adına bir farkındalık yaratılmaya başlanmıştır. 2012'de getirilen 6331 sayılı İSG kanunu ile şartları sağlama veya mevcut şartları iyileştirme adına somut adımlar atılmıştır. İş kazasının çeşitli tanımları

mevcut olmakla birlikte 5510 sayılı sosyal sigortalar ve genel sağlık sigortası kanununun 13. maddesinde bu kavramın tanımını açık olarak yapılmıştır. Bu maddeye göre sigortalı çalışanı yürütmekte olduğu iş nedeniyle hemen veya sonrasında bedenen veya ruhen engelli hale getiren olay iş kazası olarak tanımlanabilir.

İş kazalarının nedenleri, biçimi, sıklığı, başka ülkelerle kıyaslanması vs. çeşitli araştırmaların temel konusu olmuştur. Literatürde yer alan çalışmalardan bazıları şunlardır. Aybek vd. (2003) çalışmasında, teknik personelin iş kazası geçirme nedenleri ile kazaların önlenmesine yönelik görüşlerini

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: ferdugan@gmail.com

Funda Erdugan orcid.org/0000-0001-7199-6413

Ayça Hatice Türkan orcid.org/0000-0002-4375-9733

incelemiş ve kazalarda üç önemli faktör olarak çalışanların eğitim yetersizliği, iş yerinin düzensizliği ve çalışanların işine özen göstermemesini belirlemiştir. Baradan (2006) çalışmada Türkiye inşaat sektörünün işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından bulunduğu durum, yürürlükte olan yönetmelikler, ilgili kurumlar ve yapılan uygulamaları incelemiştir. İlhan vd. (2006) bir büyük şehirde çalışan temizlik işçilerinin sosyodemografik özellikleri ve çalışma koşulları ile iş kazaları ve meslek hastalıkları sıklığının belirlenmesine yönelik çalışmıştır. Özkan ve Emiroğlu (2006) hastane sağlık çalışanlarına hizmet veren hastane sağlık ve güvenlik komitesinin işlevlerini, hastanelerdeki tehlike ve riskleri de aydınlatarak biçimde incelemiştir. Camkurt (2007) iş kazalarının başlıca nedenleri olarak gösterilen işyeri çalışma sistemini, ergonomik yapıyı ve işyeri fiziksel faktörlerini açıklamıştır. Yılmaz (2009) küreselleşmenin iş kazası ve meslek hastalıklarına etkisini incelemiş, olumsuz etkilerini azaltmak için öneriler getirmiştir. Korkmaz (2011) çalışmada kimya sanayinde görülen iş kazaları ve meslek hastalıklarının nedenlerini belirlemeye yönelik çalışmıştır. Kapasite kullanım oranı ile kimya sanayindeki iş kazaları arasındaki ilişkiyi regresyon analizi ile incelemiş bu iki değişken arasında %10 anlamlılık düzeyinde pozitif yönlü bir ilişki olduğunu belirlemiştir. Ceylan (2011) çalışmada Türkiye genelinde meydana gelen kazaları genel kaza sıklık değeri, sürekli iş göremezlik kaza sıklık değeri, ölümlü kaza sıklık değeri gibi çeşitli kıyaslama ölçütlerini kullanarak Türkiye ile çeşitli gelişmiş ülkeleri karşılaştırmıştır. Karadeniz (2012) Dünya'da ve Türkiye'de iş kazaları ve meslek hastalıklarını sosyal koruma yönüyle birlikte değerlendirmiştir.

Yukarıda bazı örnekleri verilen ilgili literatürün çoğunda konunun daha çok tanımlayıcı istatistiklerle değerlendirildiği görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, sektör değişkeni, cinsiyet değişkeni ve iş göremezlik süresi değişkeni için üç yönlü kontenjans tablolarını oluşturup ileri istatistiksel yöntemlerden log-linear analiz yöntemini kullanarak ele alınan değişkenler ile istatistiksel açıdan anlamlı bir model oluşturmak ve yorumlamaktır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle log-linear analiz yöntemi ele alınmış, sonrasında ise modelin kullanımı SGK (Sosyal Güvenlik Kurumu) istatistik yıllıklarından elde edilen verilerle bir uygulama ile detaylı olarak açıklanmıştır.

2. Gereç ve Yöntem

Belirli bir amaç doğrultusunda içerisinde rasgelelik barındıran canlı, nesne, süreç veya olaylardan gözlem, deney, anket vs. yolu ile elde edilen değerlere istatistiksel veri denir. Elde edilen veri ile beraber kullanılan ölçeğin şekli, uygulanması

düşünülen istatistiksel analize yön veren temel öğelerin başında gelir. Veri nicel (quantitative) ve nitel (qualitative) olarak ikiye ayrılır. Kesikli nicel veya nitel değişkenler kategorik değişken olarak sınıflandırılır. Kategorik değişken nominal veya ordinal ölçme düzeyine sahiptir. Ölçüm değerleri nominal ölçek türüne sahip olan değişken düzeyleri, düzeylerin arasında birbirine göre bir sıralama, üstünlük veya belirli bir düzenin olmadığı kategorileri içerir. Ordinal ölçek türüne sahip değişkenin düzeylerinde ise bazı içsel sıralamalara sahip kategoriler mevcuttur. Kategorilerine ayrılmış değişkenlere göre toplanan verilerde, her bir hücreye (gözeye) kaç tane gözlemin düştüğü sayım yoluyla belirlenir. Bu nedenle kategorik veri, frekans verisi olarak da isimlendirilir (Özdil 2009, Howell 2010, Öztürk 2011, Çılan 2013).

Ölçümü yapılacak olan konu iki veya daha fazla kategorik değişken üzerinde çapraz sınıflandırıldığında, kategorilerin çeşitli kombinasyonları için sıklık tabloları kontenjans tablosu (olumsallık tablosu) olarak adlandırılır. Bu tablolar genellikle kategorik değişkenler arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasında kullanılır (Agresti 1990, Çılan 2013). Bir başka ifade ile bir değişkenin diğer bir değişkenin her bir seviyesinde dağılımını gösteren bir kontenjans tablosu oluşturmak yoluyla, ilgilenilen değişkenin dağılımının başka değişkenlere bağlı olup olmadığını belirlenmesinde kullanılır (Howell 2010). Binom, Poisson, Multinomial ve Çarpım-Multinomial dağılımları kontenjans tablolarının analizinde en sık kullanılan dağılımlardır (Christensen 1997). Log-linear modeller çok yönlü kontenjans tablolarında bağımlılık yapılarının analizinde kullanılan bir araçtır (Brzezinska 2013). Bu modeller hücrelerdeki frekansların değişkenlerin kategorilerine ne kadar bağlı olduklarını ortaya koyan modeller olup Poisson ve Multinomial dağılımlı veri yapısına uygundur. Kontenjans tablolarındaki sayım verilerinin Poisson dağıldığı durumda hücrelerdeki frekansların birbirinden bağımsız olduğu kabul edilirken, Multinomial dağılım durumunda ise hücrelerin birbirinden bağımsız olmadığı kabul edilmektedir (Çılan 2013). Log-linear modeller Poisson dağılımına sahip veri için genelleştirilmiş doğrusal modellerin özel bir durumudur. Log-linear analiz iki veya daha fazla değişken arasındaki koşullu ilişkinin, kontenjans tablosu içindeki hücre frekanslarının doğal logaritması alınarak analiz edildiği iki yönlü kontenjans tablolarının geliştirilmiş halidir. Bu modellerle incelenen tüm değişkenler yanıt değişkenleri olarak ele alınmaktadır. Başka bir deyişle, bağımsız ve bağımlı değişken ayrımı yapılmamaktadır. Bu nedenle, loglineer modeller yalnızca değişkenler arasındaki ilişki yapısını ortaya koyar (Jeansonne 2017).

Log-linear analizde, $I \times J \times K$ boyutlu üç yönlü kontenjans tablosunda üç değişken için doymuş model çarpım biçimin-

deki olası tüm etkileri

$$m_{ijk} = \eta \tau_i^A \tau_j^B \tau_k^C \tau_{ij}^{AB} \tau_{ik}^{AC} \tau_{jk}^{BC} \tau_{ijk}^{ABC} \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J; k = 1, \dots, K \quad (1)$$

şeklinde içerir. Burada m_{ijk} beklenen hücre frekanslarıdır. (1) ile verilen eşitliğin her iki taraftan doğal logaritması alındığında

$$\log(m_{ijk}) = \lambda + \lambda_i^A + \lambda_j^B + \lambda_k^C + \lambda_{ij}^{AB} + \lambda_{ik}^{AC} + \lambda_{jk}^{BC} + \lambda_{ijk}^{ABC} \quad (2)$$

biçiminde toplamsal eşitlik elde edilir. Burada $\log(m_{ijk})$ beklenen hücre frekansının logaritmasını, λ genel etkiyi, λ_i^A A değişkeninin i . düzeyinin etkisini, λ_j^B B değişkeninin j . düzeyinin etkisini, λ_k^C C değişkeninin k . düzeyinin etkisini, λ_{ij}^{AB} i . düzeyde A ve j . düzeyde B değişkenlerinin etkileşimini, λ_{ik}^{AC} i . düzeyde A ve k . düzeyde C değişkenlerinin etkileşimini, λ_{jk}^{BC} j . düzeyde B ve k . düzeyde C değişkenlerinin etkileşimini, λ_{ijk}^{ABC} ise i . düzeyde A , j . düzeyde B ve k . düzeyde C değişkenlerinin etkileşimini göstermektedir. Ayrıca model için

$$\begin{aligned} \sum_i \lambda_i^A &= \sum_j \lambda_j^B = \sum_k \lambda_k^C = 0 \\ \sum_i \lambda_{ij}^{AB} &= \sum_j \lambda_{ij}^{AB} = \sum_i \lambda_{ik}^{AC} = \sum_k \lambda_{ij}^{AC} = \sum_j \lambda_{jk}^{BC} = \sum_k \lambda_{jk}^{BC} = 0 \\ \sum_i \lambda_{ijk}^{ABC} &= \sum_j \lambda_{ijk}^{ABC} = \sum_k \lambda_{ijk}^{ABC} = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

kısıtları sağlanmaktadır (Agresti 1990, Olmuş ve Erbaş 2012, Brzezinska 2013).

k yönlü kontenjans tablosu için ana etki ve etkileşim terimlerinin sayısı $(2^k - 1)$ değerine eşittir. Bu ifade ise ilgilenilen değişken sayısı k arttığında veriye uyabilecek olası model sayısının da hızla artacağına işaret etmektedir. Üç yönlü bir kontenjans tablosu için ise 8 farklı olası model mevcuttur (Lawal 2003). Veriye uygun olan modeli belirlerken amaç olası tüm modeller içerisinde daha az parametreye, etkileşim terimine sahip yani doymuş modelden daha sade bir model belirlemektir. Çünkü doymuş model için gözlenen hücre frekansları ile beklenen hücre frekansları tam bir uyum içinde olacaktır.

Log-linear modelin uyum iyiliği genellikle Pearson χ^2 test istatistiği veya $G^2 = 2 \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K f_{ijk} \ln \left(\frac{f_{ijk}}{F_{ijk}} \right)$ şeklindeki G^2 olabilirlik oran istatistiği kullanılarak belirlenir. f_{ijk} üç yönlü kontenjans tablosu için gözlenen hücre sayılarını, F_{ijk} ise $E(f_{ijk})$ şeklinde beklenen hücre frekanslarını göstermektedir. Büyük G^2 değerleri, modelin veriye çok iyi uymadığını ve dolayısıyla modelin reddedilmesi gerektiğini göstermektedir. Ki-kare bağımsızlık testinde, değişkenlerin bağımsız olduğunun öne sürüldüğü H_0 hipotezinin reddedilmesi istatistiksel olarak anlamlılığa işaret eder. Ancak, çapraz tabloyu

açıklayan veriye en iyi uyuma sahip log-linear model bulmaya çalışırken, hipotezde ileri sürülen modeli kabul etmeyi bekleriz. Dolayısıyla log-linear modelde kullanılan strateji Ki-kare bağımsızlık testinden farklıdır (Brzezinska 2013). χ^2 ve G^2 test istatistikleri değerleri genellikle yakındır. Daha çok küçük hücre sayıları varlığında farklılık gösterirler (Fienberg ve Manrique Vallier 2012). Mevcut serbestlik derecelerine göre G^2 değeri daha büyükse, beklenen frekanslar gerçek hücre değerlerinden o kadar uzaklaşır (Jeansonne 2017). Model kıyaslamalarında Aitkin'in (1979) önerdiği k faktörlü modele karşı $(k - 1)$ faktörlü model etkilerinin öneminin test edildiği yöntem kullanılabilir (Lawal 2003). Bu yöntemde sd serbestlik derecesi olmak üzere $\Delta sd = sd_2 - sd_1$ için $\Delta G^2 = G_{\text{mod } ed1}^2 - G_{\text{mod } ed2}^2$ farkı incelenir. $G_{\text{mod } ed2}^2$ daha yüksek dereceye sahip modele ait olabilirlik oran test istatistiğinin değerini, $G_{\text{mod } ed1}^2$ ise iç içe geçmiş modele ait olabilirlik oran test istatistiğinin değerini göstermektedir. ΔG^2 istatistiksel anlamda önemli bulunmadığı takdirde iç içe geçmiş model doymuş modelden daha kötü değildir (Jeansonne 2017). Uyum iyiliği incelemesinde kullanılan başka bir kriter de Akaike'nin (1974) önerdiği Akaike bilgi kriteridir (Akaike's Information Criterion, AIC) ve $AIC = G^2 - 2sd$ şeklinde ifade edilir. Başka bir bilgi ölçümü ise $BIC = G^2 - sd \ln(N)$ eşitliği ile verilen Bayes bilgi kriteri (Bayesian Information Criterion, BIC) dir. En küçük AIC ve BIC değerli model en iyi model olarak belirlenir (Lawal 2003, Brzezinska 2013).

Varyans analizi ve regresyon analizinde R^2 ve R_{adj}^2 değerleri modellerin uyumunu incelemeye sıklıkla kullanılan kavramlardır. Bu ölçümler log-linear modellerde de model uyumunda kullanılır (Christensen 1997). R^2 değeri $R^2 = 1 - \frac{G^2}{G_0^2}$ eşitliği ile tanımlanır. Burada G^2 ilgili model için olabilirlik test istatistiği, G_0^2 ise bağımsız model için olabilirlik test istatistiği değeridir. Düzeltilmiş R_{adj}^2 değeri $R_{adj}^2 = 1 - \frac{G^2 / (q - r)}{G_0^2 / (q - r_0)}$ eşitliği ile elde edilir. Burada q kontenjans tablosundaki hücre sayısı, r ve r_0 ilgili modellerin serbestlik derecelerini göstermektedir (Aşan 1999).

3. Uygulama

Log-linear analiz ile veriye uyan model seçimi yönteminin ele alındığı bu çalışmanın uygulaması olarak 2015 yılında sigortalı çalışanların geçirdiği iş kazası verileri kullanılmıştır. Bu veriler Sosyal Güvenlik Kurumu'nun yayınladığı 2015 yılına ait istatistik yıllıklarından temin edilmiştir (SGK 2015).

Çizelge 1'de çalışmada kullanılan değişkenler ve kategorileri yer almaktadır. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından sunulan 2013 yılına ait İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistiklerine göre kazaların sektörel bazda dağılımı incelendiğinde en büyük payı %10,4 ile madencilik

ve taş ocakçılığı sektörü, %5,2 ile elektrik, gaz, buhar, su ve kanalizasyon sektörü, %4,3 ile inşaat sektörü ve %3,3 ile imalat sanayi sektörü almıştır (TÜİK 2013). Sektörel bazdaki bu dağılım dikkate alınarak, 2015 yılına ait verilerin incelenmesinde ekonomik faaliyet sınıflandırması için yalnızca bu dört kategori ele alınmıştır.

İlk aşamada incelenen veri için tanımlayıcı istatistikler elde edilmiştir. Cinsiyete göre sektörlerdeki iş kazaları incelendiğinde, madencilik ve taş ocakçılığı sektöründe gerçekleşen iş kazalarının %98,9'una, elektrik, gaz, buhar, su ve kanalizasyon sektöründeki kazaların 97,6%'sına, inşaat sektöründeki kazaların %99,3'üne ve imalat sanayi sektöründeki kazaların %85,5'ine erkek çalışanlar maruz kalmıştır. Sektörlere göre iş göremezlik süreleri incelendiğinde, 1 gün istirahatın en çok alındığı sektör imalat sektörüdür (%73,5), imalat sektörünü sırasıyla madencilik ve taş ocakçılığı (%16,2), inşaat (%7,9) ve elektrik, gaz, buhar, su ve kanalizasyon sektörü (%2,4) takip etmektedir. Bu sıralama iş göremezlik süresinin 2, 3 ve 4 gün olduğu durumlarda da aynıdır. Ancak 5 gün istirahatın en çok alındığı sektör imalat sektörüdür (%61,9), imalat sektörünü sırasıyla inşaat (%18,2), madencilik ve taş ocakçılığı (%16,9) ve elektrik, gaz, buhar, su ve kanalizasyon sektörü (%3) takip etmektedir. Cinsiyete göre iş göremezlik süreleri incelendiğinde, iş kazası maruziyeti yaşayan erkek çalışanların %45'i 5 gün, %2'si 4 gün, %7'si

3 gün, %5,1'i 2 gün, %3,1'i 1 gün istirahat almakta, %37,8'i istirahat almamaktadır. İş kazası maruziyeti yaşayan kadın çalışanların %36'sı 5 gün, %2,2'si 4 gün, %8,3'ü 3 gün, %6,1'i 2gün, %4,4'ü 1 gün istirahat almakta, %43'ü istirahat almamaktadır.

Çizelge 2'de, iş kazalarının, sektör (S), cinsiyet (C) ve iş göremezlik süresi (İ) değişkenlerine göre dağılımını açıklamak amacıyla oluşturulan olası log-linear modeller yer almaktadır. Tüm ana etkileri ve etkileşim terimlerini içeren doymuş model tabloda [SCİ] adıyla bulunmaktadır. Doymuş modelde, gözlenen frekanslar ile karşılık gelen beklenen frekanslar eşit olacağından modele ilişkin olabilirlik oranı G^2 değeri 0,000 olarak elde edilmiş ve modelin veriye mükemmel uyduğu görülmüştür. Bu durum beklenen bir durumdur. İlk olarak elde edilen doymuş model, anlamlı olmayan etkileri ortaya çıkararak, veriye kendisi kadar iyi uyan daha basit modellerin belirlenmesinde kılavuz rolü üstlenir (Howell 2010). Bu yüzden birinci adımda modelden "SCİ" üçlü etkileşim terimi çıkartılarak, [SC][Sİ][Cİ] ikili etkileşim terimlerini içeren model elde edilmiştir. [SC][Sİ][Cİ] modeli ile doymuş model için $\Delta G^2 = G^2_{[SC][Sİ][Cİ]} - G^2_{[SCİ]}$ farkı incelenerek olabilirlik oranı G^2 değerleri karşılaştırıldığında, $\Delta G^2 = 18,15 - 0,00 = 18,15$ ($15 - 0 = 15$ serbestlik dereceli) değeri elde edilir. $18,15 < \chi^2_{0,05;15} = 24,996$ olduğundan G^2 değerindeki düşüşün anlamlı olmadığı görülmektedir. Veriye

Çizelge 1. Değişkenler ve kategorileri.

Değişken	Düzy	Değişken	Düzy	Değişken	Düzy
Sektör (S)	Madencilik ve taş ocakçılığı=1	Cinsiyet (C)	Erkek=1	İş göremezlik süresi (İ)	0 gün=1
	Elektrik, gaz, buhar, su ve kanalizasyon=2				1 gün =2
	İnşaat=3		Kadın=2		2 gün=3
	İmalat=4				3 gün=4
			4 gün=5		
			5+ gün=6		

Çizelge 2. Olası tüm modellere ait sonuçlar.

Model	SD	Likelihood Oranı	P	Pearson Ki-Kare	P	AIC	BIC	R^2	R^2_{adj}
[S][C][İ]	38	16286,70	0,00	13981,29	0,00	16210,7	15830,88	0	0
[SC][İ]	35	5371,84	0,00	5195,14	0,00	5301,84	4952,01	0,6702	0,7463
[Sİ][C]	23	11457,62	0,00	8971,52	0,00	11411,62	11181,73	0,2965	0,7186
[S][Cİ]	33	15801,42	0,00	13339,46	0,00	15735,42	15405,58	0,0298	0,3532
[SC][Cİ]	30	4886,56	0,00	4755,91	0,00	4826,56	4526,706	0,7	0,8333
[SC][Sİ]	20	542,76	0,00	540,62	0,00	502,76	302,857	0,9667	0,9881
[Sİ][Cİ]	18	10972,34	0,00	8325,31	0,00	10936,34	10756,43	0,3263	0,7754
[SC][Sİ][Cİ]	15	18,15	0,26	17,37	0,30	-11,85	-161,777	0,9989	0,9997
[SCİ]	0	0,00	-	0,00	-	0	0	1	1

iyi uyum modelde “SCİ” üçlü etkileşim terimine gereksinim yoktur. Bu durum da en iyi modelimizi, tüm ana etkileri ve iki yönlü etkileşim terimlerini içeren [SC][Sİ][Cİ] modeli olarak güncellememizi sağlar. Bundan sonra, tüm iki yönlü etkileşim terimleri modelden çıkartılarak karşılaştırmalara devam edilmektedir. “SC”, “Sİ” ve “Cİ” iki yönlü etkileşim terimlerinin her birinin çıkarılmasının modelde anlamlı farklılık yarattığı gözlenmektedir. Bu nedenle bu terimlerin modelden çıkartılmaması gerekir. Model karşılaştırmaları için olabilirlik oranı G^2 değerlerinin elde edilmesinin yanı sıra Çizelge 2’de AIC, BIC, R^2 ve R_{adj}^2 değerlerine de yer verilmiştir. [SC][Sİ][Cİ] modeli için sunulan AIC, BIC değerlerinin en küçük, R^2 ve R_{adj}^2 değerlerinin ise en büyük olduğu görülmektedir.

Gözlenen frekanslar ile uygun görülen modele ait elde edilen beklenen frekanslar arasındaki fark yani model artıkları modelin ne kadar iyi bir model olduğunu göstermektedir (Çılan 2013). [SC][Sİ][Cİ] modelinin artıklarına bakıldığında mutlak değerce en büyük standartlaştırılmış artık 3,163 olarak bulunmuştur. Bu değer de kontenjans tablosunun hücre sayısına göre makul sınırlarda kalmaktadır. Şekil 1’de düzeltilmiş artıklara ilişkin normal olasılık grafiği verilmiştir. Bu grafikten artıkların normal dağılımdan sapma göstermediği görülmektedir. Dolayısıyla model artıkları da [SC][Sİ][Cİ] modelini desteklemektedir.

Sonuç olarak çalışılan veri grubu için en iyi model

$$\log(m_{ijk}) = Sabit + Cinsiyet + Sektör + İş göremezlik süresi + (Cinsiyet * Sektör) + (Cinsiyet * İş göremezlik süresi) + (Sektör * İş göremezlik süresi)$$

şeklinde bulunmuştur.

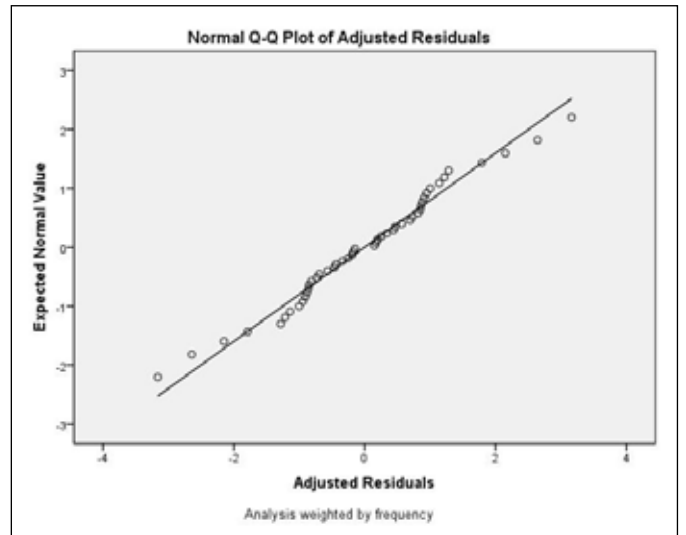
Olası tüm modellerin içinde veri ile en iyi uyuma sahip model [SC][Sİ][Cİ] olarak belirlendikten sonra, parametrelere ait tahminler Çizelge 3’te sunulmaktadır. Çizelge 3’ten görüldüğü üzere, koyu renk ile gösterilen değerler $p < 0,05$ koşulunu sağladığından bu ilişki terimleri önemlidir ve oluşturulan log-linear modelde yer almalıdır. Standartlaştırılmış parametre tahminleri, değişkenlerin düzeyleri arasındaki bağımlılık yapısını gösteren önemli bir ölçüttür (Çılan 2013). Tabloda her bir ana etki için sahip olduğu düzey sayısının 1 eksiği, etkileşim terimlerinde ise ilgili değişken düzeylerinin 1 eksiklerinin çarpım sayısı kadar parametre tahmin değerlerinin dolayısıyla standartlaştırılmış parametre tahminlerinin yer aldığı görülmektedir. Hesaplanmayan parametre tahmin değerleri, parametrelerin toplamının 0 olması kısıtından yararlanılarak bulunabilmektedir (Öncel ve Erdugan 2015). Buna göre ana etkilerden sektör değişkeninin imalat kategorisi için parametre tahmin değeri 13,143 olarak bulunmuştur.

Cinsiyet*İş göremezlik süresi ikili etkileşimleri incelenirse erkek*5+ gün iş göremezlik süresi parametre tahmin değeri 1,707 olarak, kadın*0 gün iş göremezlik süresi parametre tahmin değeri 0,439 olarak hesaplanabilir. Standartlaştırılmış parametre tahminleri dikkate alınarak ana etkiler arasında en büyük değer cinsiyet değişkeninin erkek kategorisine ait olduğu görülmektedir. Yani üç değişken arasında cinsiyet değişkeni hücre frekanslarını belirleyen en önemli faktördür. İstatistiksel açıdan anlamlı ikili etkileşim terimlerinin standartlaştırılmış parametre tahminlerine bakıldığında inşaat sektöründe gerçekleşen kazaların yine cinsiyetin erkek kategorisine bağımlı olduğu; inşaat sektöründen sonra cinsiyet değişkeninin erkek kategorisine bağımlılığının en fazla madencilik ve taş ocakçılığı sektöründe olduğu söylenebilir. İş kazasına maruz kaldığı gün çalışmaya devam edenler genelde erkek çalışanlardır. Bu durumun en fazla rastlandığı sektörler ise sırasıyla inşaat, madencilik ve taş ocakçılığı sektörleridir.

4. Sonuç ve Tartışma

Güvenli olmayan koşullar ve davranışlar her yıl binlerce çalışanın yaralanma, sakatlanma, hastalanma gibi iş göremezlik halleri ya da ölümüyle sonuçlanmaktadır. Bu yüzden yasalar oluşturma, iş güvenliği eğitimlerine verilen önemi artırma, iş yerlerinin/çalışanların denetimlerini yapma, işyerlerinde yasalara uyulmasını sağlama, uymayanlara yönelik yaptırımları artırma konuları önemlidir. Bu çalışmada iş kazası sıklığının sektör, cinsiyet ve iş göremezlik süresi değişkenlerinin kategorilerine bağımlılığı araştırılarak bu konulara fayda sağlanması amaçlanmaktadır.

2015 yılında, ülkemizde kayıt altına alınmış, sektör, cinsiyet ve iş göremezlik süresi değişkenlerine göre sınıflandırılmış



Şekil 1. Düzeltilmiş artıklar için normal olasılık grafiği.

Çizelge 3. [SC][Sİ][Cİ] modeli için parametre tahminleri.

Parametre	Tahmin	Standart Hata	Z	P	95% GüvenAralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Constant	8,565	0,014	627,940	0,000	8,538	8,591
[Cinsiyet = 1]	2,009	0,015	138,553	0,000	1,981	2,038
[IsGoremez = 1]	0,170	0,018	9,239	0,000	0,134	0,206
[IsGoremez = 2]	-2,090	0,041	-50,930	0,000	-2,170	-2,009
[IsGoremez = 3]	-1,771	0,036	-49,726	0,000	-1,841	-1,701
[IsGoremez = 4]	-1,457	0,031	-46,646	0,000	-1,518	-1,396
[IsGoremez = 5]	-2,794	0,057	-49,412	0,000	-2,905	-2,683
[Sektor = 1]	-3,849	0,064	-60,259	0,000	-3,974	-3,723
[Sektor = 2]	-4,901	0,088	-55,954	0,000	-5,073	-4,730
[Sektor = 3]	-4,393	0,069	-63,864	0,000	-4,528	-4,258
[Sektor = 1] * [Cinsiyet = 1]	2,668	0,064	41,831	0,000	2,543	2,792
[Sektor = 2] * [Cinsiyet = 1]	1,980	0,086	22,916	0,000	1,810	2,149
[Sektor = 3] * [Cinsiyet = 1]	3,286	0,068	47,985	0,000	3,152	3,420
[Cinsiyet = 1] * [IsGoremez = 1]	-0,439	0,020	-22,171	0,000	-0,478	-0,400
[Cinsiyet = 1] * [IsGoremez = 2]	-0,410	0,045	-9,171	0,000	-0,498	-0,323
[Cinsiyet = 1] * [IsGoremez = 3]	-0,303	0,038	-7,862	0,000	-0,378	-0,227
[Cinsiyet = 1] * [IsGoremez = 4]	-0,311	0,034	-9,227	0,000	-0,377	-0,245
[Cinsiyet = 1] * [IsGoremez = 5]	-0,244	0,061	-4,001	0,000	-0,363	-0,124
[Sektor = 1] * [IsGoremez = 1]	-0,426	0,017	-24,408	0,000	-,460	-0,392
[Sektor = 1] * [IsGoremez = 2]	-0,163	0,040	-4,082	0,000	-,241	-0,085
[Sektor = 1] * [IsGoremez = 3]	-0,188	0,033	-5,677	0,000	-,253	-0,123
[Sektor = 1] * [IsGoremez = 4]	-0,190	0,029	-6,566	0,000	-,247	-0,133
[Sektor = 1] * [IsGoremez = 5]	-0,012	0,049	-0,253	0,800	-,108	0,083
[Sektor = 2] * [IsGoremez = 1]	0,518	0,030	17,431	0,000	0,460	0,576
[Sektor = 2] * [IsGoremez = 2]	-0,328	0,093	-3,532	0,000	-0,509	-0,146
[Sektor = 2] * [IsGoremez = 3]	0,104	0,063	1,644	0,100	-0,020	0,228
[Sektor = 2] * [IsGoremez = 4]	0,029	0,057	0,504	0,614	-0,083	0,141
[Sektor = 2] * [IsGoremez = 5]	-0,053	0,106	-0,497	0,619	-0,260	0,155
[Sektor = 3] * [IsGoremez = 1]	0,535	0,014	38,415	0,000	0,508	0,562
[Sektor = 3] * [IsGoremez = 2]	-0,944	0,053	-17,808	0,000	-1,048	-0,840
[Sektor = 3] * [IsGoremez = 3]	-0,480	0,036	-13,360	0,000	-0,550	-0,409
[Sektor = 3] * [IsGoremez = 4]	-0,336	0,030	-11,320	0,000	-0,394	-0,278
[Sektor = 3] * [IsGoremez = 5]	-0,581	0,059	-9,829	0,000	-0,697	-0,465

iş kazası sayıları log-linear analiz yardımıyla incelendiğinde, sektör*cinsiyet, sektör*iş göremezlik süresi, cinsiyet*iş göremezlik süresi etkileşimleri önemli bulunmuştur. Diğer bir deyişle, iş kazası sıklık dağılımında cinsiyet, iş göremezlik süresi ve sektör değişkenlerinin her biri diğerleriyle ilişkilidir. Bu durumda, iş kazaları, belli bir sektörde belli bir cinsiyette ya da belli bir iş göremezlik süresiyle ön plana çıkmakta, belli bir iş göremezlik süresi belli bir cinsiyetle ön plana çıkmaktadır. Madencilik ve taş ocakçılığı, elektrik,

gaz, buhar, su, kanalizasyon ve inşaat sektörlerindeki iş kazalarının erkek çalışanlarla ilgili olduğu görülmektedir. Betimleyici istatistikler incelendiğinde de, madencilik ve taş ocakçılığı, elektrik, gaz, buhar, su, kanalizasyon ve inşaat sektörlerinde erkek çalışanlarda, iş kazasına maruziyetin daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum, bu sektörlerin büyük bir kısmının Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından belirlenen kadınların çalıştırılmayacağı ağır ve tehlikeli işler içermesiyle açıklanabilir.

Ayrıca, iş göremezlik süresi değişkeninin 0-4 gün kategorileri ile erkek çalışanlar arasında da bağımlılık olduğu görülmektedir. Sektör ve iş göremezlik süresi değişkenlerinin kategorileri arasındaki bağımlılık incelendiğinde, madencilik ve taş ocakçılığı sektörü 0-3 gün iş göremezlik süreleriyle, elektrik, gaz, buhar, su ve kanalizasyon sektörü 0-1 gün iş göremezlik süreleriyle, inşaat sektörü 0-4 gün iş göremezlik süreleriyle ön plana çıkmaktadır. Dahası değişkenlerin her birinin tek başına dağılımı da önemlidir. Çalışanların cinsiyetleri, iş göremezlik sürelerindeki ve sektörlerindeki farklılıklar iş kazası sıklığını açıklamaktadır. Cinsiyet değişkeni için erkek çalışanlar, sektör değişkeni için inşaat sektörü, iş göremezlik değişkeni için ise 1 gün kategorisi iş kazası sıklıklarında belirleyici olmaktadır.

İş kazaları olduktan sonra çözüm aramak yerine alınacak koruyucu önlemlerle kazaların önüne geçilmesi hem bireysel çıkar hem de ülkemiz ekonomisi çıkarı açısından faydalı olacaktır. Özellikle inşaat sektörü iş sağlığı ve güvenliği konusunda daha çok bilgilendirilmeli, alınacak koruyucu önlemlerle çalışanın sağlığının yanı sıra işverenin de yükünün önemli ölçüde azalacağı konusunda bilinçlenme sağlanmalıdır.

5. Kaynaklar

- Agresti, A. 1990.** Categorical data analysis, John Wiley, NY, 691 pp.
- Aitkin, M. 1979.** A simultaneous test procedure for contingency tables. *App. Stat.*, 28: 233-242.
- Akaike, H. 1974.** A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Autom. Contr.* 19(6): 716-723.
- Aşan, Z. 1999.** Çok boyutlu kontenjans tablolarında log linear ve correspondence analizinin birlikte kullanımı ve bir uygulama. *Doktora Tezi*, Osmangazi Üniversitesi 113 s.
- Aybek, A., Güvercin, Ö., Hürsitoğlu, Ç. 2003.** Teknik personelin iş kazalarının nedenleri ve önlenmesine yönelik görüşlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *KSÜ Fen ve Müh. Derg.*, 6(2): 91-100.
- Baradan, S. 2006.** Türkiye inşaat sektöründe iş güvenliğinin yeri ve gelişmiş ülkelerle kıyaslanması. *DEÜ Müh. Fak. Fen ve Müh. Derg.*, 8(1): 87-100.
- Brzezinska, J., 2013.** Model selection methods in log-linear analysis, *Acta Universitatis Lodzianis Folia Oeconom.*, 285: 107-114.
- Camkurt, MZ. 2007.** İşyeri çalışma sistemi ve işyeri fiziksel faktörlerinin iş kazaları üzerindeki etkisi. *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Derg.*, 20(6): 80-106.
- Ceylan, H. 2011.** Türkiye'deki iş kazalarının genel görünümü ve gelişmiş ülkelerle kıyaslanması. *Int. J. Eng. Res. Dev.*, 3(2): 18-24.
- Christensen, R. 1997.** Log-linear models and logistic regression, NY, Springer, 484 pp.
- Çılan, A. 2013.** Sosyal Bilimlerde Kategorik Verilerle İlişki Analizi, Pegem Akademi, 199 s.
- Fienberg, SE., Manrique-Vallier, D. 2012.** Log linear model methods, In: Keneth, R., Salini S. [eds.], *Modern Analysis of Customer Surveys*. UK: John Wiley & Sons, 217-228.
- Howell, DC. 2010.** Statistical methods for psychology. Cengage Learning, 768 pp.
- İlhan MN., Kurtcebe AÖ., Durukan E., Koşar L. 2006.** Temizlik işçilerinin sosyodemografik özellikleri ve çalışma koşulları ile iş kazası ve meslek hastalığı sıklığı. *Fırat Üniv. Sağ. Bil. Derg.*, 20(6): 433-439.
- Jeansonne, A. 2017.** Loglinear Models, <http://userwww.sfsu.edu/efc/classes/biol710/loglinear/Log%20Linear%20Models.pdf> (Erişim tarihi 2 Ocak 2017)
- Karadeniz, O. 2012.** Dünya'da ve Türkiye'de İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları ve Sosyal Koruma Yetersizliği. *Çalışma ve Toplum*, 3(34): 15-72.
- Korkmaz, O. 2011.** Türkiye kimya sanayinde işçi sağlığı ve iş güvenliği. *ZKÜ Sosyal Bil. Derg.*, 7(14): 129-144.
- Lawal, B. 2003.** Categorical data analysis with SAS and SPSS applications, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 561 pp.
- Olmuş, H., Erbaş, S. 2012.** Analysis of traffic accidents caused by drivers by using Log-linear models. *PROMET-Traffic Trans.*, 24(6): 495-504.
- Öncel, SY., Erdugan, F. 2015.** Kontenjans tablolarının analizinde log-linear modellerin kullanımı ve sigara bağımlılığı üzerine bir uygulama. *Sakarya Üniv. Fen Bil. Ens. Derg.*, 19(2): 221-235.
- Özdil, Ö. 2009.** Kurum kültürü işlevlerinin çok yönlü kontenjans tabloları ile incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi 127 s.
- Özkan, Ö., Emiroğlu, N. 2006.** Hastane sağlık çalışanlarına yönelik işçi sağlığı ve iş güvenliği hizmetleri. *CU Hemşirelik Y.O. Derg.*, 10(3): 43-51.
- Öztürk, F. 2011.** Olasılık ve İstatistiğe Giriş I. Gazi Kitabevi, Ankara 245 s.
- SGK 2015.** http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari
- TÜİK 2013.** <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=16118>
- Yılmaz, F. 2009.** Küreselleşme Sürecinde Gelişmekte Olan Ülkelerde ve Türkiye'de İş Sağlığı ve Güvenliği. *Uluslararası İnsan Bilim. Derg.*, 6(1): 45-72.