

İnşaat Firmalarının İş Güvenliği Başarım Düzeyinin Ölçülmesine Yönelik Entropi Tabanlı Bir Model

Evren Ülkeryıldız¹, M. Emre İlal², Serdar Kale³

Özet

İnşaat eylemlerinin yer aldığı her alanda alınan kararlar sayısız başarım hedefleri içermektedir. Bu başarım hedefleri genellikle zaman, para ve teknoloji gibi kısıtlı kaynaklara yönelik talepleri içerirken aynı zamanda, beraberinde iş kazalarını da gündeme getirirler. İş kazalarının inşaat faaliyetlerinin yer aldığı yerlerde oldukça sık karşılaşılan bir durum olması iş güvenliğiyle ilgili yapılan araştırmaların sayısını giderek arttırmaktadır. Öte yandan inşaat firmalarının iş güvenliği başarım düzeylerinin ölçülmesine yönelik çalışmalarda, geliştirilen modellerin büyük bir bölümünün ölçüm sürecindeki belirsizliği ihmal ederek dikkate alınmaları gözlemlenmektedir. Entropi yaklaşımı, bir sistemdeki belirsizliği ölçmek için kullanılan yaklaşımlardan biridir. Bu çalışma inşaat firmalarının iş güvenliği başarım düzeylerinin ölçülmesine yönelik entropi tabanlı bir model sunmaktadır. Çalışma kapsamında sunulan entropi tabanlı iş güvenliği başarım modeli diğer modellerden farklı olarak bu süreçteki belirsizlikleri etkin biçimde değerlendirebilmektedir. Önerilen modelin uygulaması sayısal bir örnek ile gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: iş güvenliği, iş kazaları, entropi, başarım düzeyi, ölçme, kıyaslama

Giriş

İnşaat sektörü iş güvenliği başarım düzeyi açısından en çok eleştirilen sektörlerden biri olma özelliğini uzun bir süredir korumaktadır. İnşaat sektörünün bu olumsuz görüntüsünün iyileştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen çok sayıda bilimsel çalışmaya rağmen zaman içerisinde bu olumsuz görüntüde değişen çok fazla bir şeyin olmaması araştırmacıları geleneksel yaklaşımları sorgulamaya ve iş güvenliği başarımı konusunda yeni arayışlara yöneltmiştir. İnşaat sektöründe iş güvenliği başarım düzeyleri geleneksel olarak iş kazalarına ilişkin olarak tutulan istatistikler (iş kazalarının sayısı, iş kazası sonucu oluşan yaralanmaların ve ölümlerin sayısı) üzerine inşa edilen iş güvenliği başarım

¹ İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, İzmir. - evrenulkeryildiz@iyte.edu.tr

² İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, İzmir. - emreilal@iyte.edu.tr

³ İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, İzmir. - serdarkale@iyte.edu.tr

ölçüm modelleri yardımıyla hesaplanmış ve inşaat sektöründe yaşanan iş kazalarının bu modeller yardımıyla önlenebileceği veya en azından azaltılabileceği varsayılmıştır. Bir grup araştırmacı (Ahmad ve diğerleri, 1998; Mohammed, 2003; Fang ve diğerleri, 2004; Ng ve diğerleri, 2005), iş kazalarına ilişkin istatistiklerin doğru olmalarına rağmen ardıl göstergeler olmaları nedeniyle, iş kazalarının nasıl olduğu, nasıl önlenebileceği veya hangi yönetsel yaklaşımların izlenmesiyle azaltılabileceği konularında bilgi vermediklerini ileri sürmekte; ve inşaat sektörünün iş güvenliği başarım düzeyinin öncül göstergelerinin kullanılarak ölçülmesini önermektedirler. Bu öneri ışığında geliştirilen modellerin (Ahmad ve diğerleri, 1998; Mohammed, 2003; Fang ve diğerleri, 2004; Ng ve diğerleri, 2005) inşaat sektöründe iş güvenliği başarım düzeyinin iyileştirilmesi konusunda önemli bir kilometre taşı olarak literatürdeki yerlerini almalarına rağmen öncül göstergelerin ölçülmesi sürecinin içerdiği belirsizlik ve belirsizliğin neden olduğu güvenilirlik sorunları bu modellerde tamamen ihmal edilmiştir. Bu çalışmada iş güvenliği başarım değerlendirme sürecinde öncül göstergelerin kullanılmasının neden olduğu güvenilirlik problemlerinin giderilmesine yönelik bir model önerilmektedir.

İnşaat sektöründe iş güvenliği

İş güvenliği başarımını etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla çok sayıda bilimsel çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu bilimsel çalışmalarda iş güvenliği başarımını etkileyen faktörler yoğun bir biçimde “iş güvenliği kültürü” veya “iş güvenliği iklimi” kavramları kullanılarak incelenmiştir. “İş güvenliği kültürü” ve “iş güvenliği iklimi” üzerine yapılan tanımlamalar, ilgili boyutlar ve ölçümler bir çalışmadan diğer çalışmaya değişiklik göstermektedir (Guldenmund, 2000). Bu konuda gerçekleştirilen ilk araştırmalardan biri Zohar’a (1980) ait olup, yazar araştırmasında “iş güvenliği iklimi” terimini tercih ederek, bu terimi “çalışanların çalışma ortamları hakkında paylaştıkları temel algıların özeti” şeklinde tanımlamıştır. Kurumsal iklim kavramından devşirilen “iş güvenlik iklimi” terimi bazı araştırmacılara göre “iş güvenliği kültürünün” bir birleşeni olarak ele alınmış (Cooper, 2000; Glendon ve Stanton, 2000; Neal ve diğerleri, 2000; Choudhry ve diğerleri, 2007a) kimi araştırmacılara göre ise gerçek iş güvenliği kültürünün bir yansıması olarak yorumlanmıştır (Lee ve Harrison 2000; Flin ve diğerleri, 2000; O’Toole, 2002; Fang ve diğerleri, 2006). Sonuç olarak iş güvenliği iklimi çalışanların iş güvenliğiyle ilgili algıları ile ilişkili iken iş güvenliği kültürünün, işi güvenli yönetebilme kabiliyeti belirleyicileri ile ilintili olduğunu söylemek mümkündür (Mohamed, 2003). Her ne kadar iş güvenlik iklimi, iş güvenliği kültürünün bir ürünü olarak kabul edilse de, birçok araştırmacı için birbirlerinden farklı iki kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Mohamed, 2003). Choudhry ve diğerlerinin (2007b) yapım yönetimi literatürüne kazandırdığı iş güvenliği iklimi tanımına göre: şantiyelerde uygulanan iş güvenliği uygulamaları, süreçleri ve kurallara ilişkin iş güvenlik yönetimi sisteminin işçiler tarafından algılanışının yansıması olarak açıklanmaktadır. Ayrıca araştırmacıların çoğu (Neal ve diğerleri, 2000; Mohamed, 2002; Oliver ve diğerleri, 2002; Vredenburg, 2002; Smith ve diğerleri, 2006) şantiyelerdeki iş kazası oranının azlamasının güvenlik ikliminin gelişimine bağlı olduğu görüşündedirler. Zohar’ın (1980) iş güvenliği başarımını etkileyen faktörleri inceleyen çalışmasında iş güvenliğini etkileyen faktörler sekiz ana başlık altında toplanmış; (1) başarılı bir güvenlik eğitimi; (2) güvenlik yönetim taahhüdü; (3) iş güvenliği sorumlusunun niteliği; (4) iş güvenliği komitesinin niteliği; (5) çalışma koşullarının genel risk düzeyi; (6) iş güvenliğine ilişkin yaklaşımlar; (7) iş güvenliğine yönelik teşvikler ve destekler; (8) iş

güvenliği yönetiminin sosyal ve çalışma temposuyla ilgili etkileri boyutlarında değerlendirmiştir. Ardından Brown ve Holmes (1986) gerçekleştirdikleri araştırmada Zohar'ın (1980) önerdiği "Sekiz Faktör" modelini yeniden incelemiş ve Zohar'ın (1980) modelini (1) yönetim anlayışı, (2) yönetim eylemleri ve (3) çalışanlara ilişkin risk düzeyi olarak üç ana faktör altında yeniden yapılandırmışlardır. Daha sonraki çalışmalarda DeDobbeleer ve Beland (1991), Brown ve Holmes (1986) tarafından geliştirilen modeli inşaat firmaları bağlamında incelemiş ve şirketin yönetsel yaklaşımı ve çalışanların yaklaşımı konularını içeren ikili bir model önermişlerdir. Flin ve diğerlerinin (2000) gerçekleştirdiği çalışmada önerilen iş güvenliği başarımları modeli ise 'büyük beş' temasına dayanmakta ve bu model; (1) yönetim ve denetim, (2) güvenlik sistemi, (3) risk, (4) iş yükü ve yoğunlu ve (5) yetkinlik faktörlerinden oluşmaktadır. İnşaat firmaları bağlamında gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise bu sayı altıyı bulmakta; (1) iletişim ve destek, (2) prosedür yeterliliği, (3) çalışma baskısı, (4) kişisel koruyucu donanımlar, (5) ilişkiler ve (6) güvenlik kuralları olarak göze çarpmaktadır (Glendon ve Litherland, 2001). Mohamed (2002) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise şantiyelerde iş güvenliğini etkileyen 10 farklı boyut ileri sürülmüş ve bu boyutlar; yönetim taahhütü, iletişim, güvenlik kuralları ve prosedürleri, destekleyici bir çevre, denetleyici bir çevre, işçi katılımı, kişisel risk idraki, iş tehlikelerini değerlendirme, çalışma baskısı ve yeterliliği olarak ele alınmıştır. Ho ve Zeta'nın çalışması (2004) iş güvenliğini etkileyen faktörleri (1) davranış, (2) çevre, (3) kurum, ve (4) birey olarak dört ana grup altında toplamaktadır. Fang ve diğerlerinin (2006) iş güvenliği kavramını Hong Kong inşaat sektörü bağlamında inceleyen çalışması iş güvenliğini etkileyen en önemli 10 faktörün güvenlik tutum ve yönetim kararlılığı, güvenlik danışma ve eğitimi, yönetici ve çalışanların rolleri, risk alma davranışı, güvenlik kaynakları, güvenlik değerlendirme prosedürleri ve iş riski, hatalı güvenlik prosedürleri, işçi katılımı, çalışan katkı ve yeterliliği olduğunu bildirmektedir. Teo ve Ling'in (2006) Singapur inşaat sektörüne yönelik olarak geliştirdikleri iş güvenliği modeli (1) politika faktörü, (2) süreç faktörü, (3) personel faktörü ve (4) teşvik edici faktör gibi çekirdek bileşenleri içermektedir.

İş güvenliği başarımları değerlendirme modelleri

İnşaat firmalarının iş güvenliği başarımları düzeyini ölçmek ve değerlendirmek için çok sayıda model önerilmiştir. Önerilen iş güvenliği başarımları modellerinin zaman içerisinde tepkisel yaklaşım tabanlı iş güvenliği başarımları modellerinden önlemsel yaklaşım tabanlı (Mohammed 2003; Ng ve diğerleri 2005) iş güvenliği başarımları modellerine doğru bir gelişim süreci izlediği gözlemlenmektedir. Tepkisel yaklaşım istenmeyen davranışların (iş kazalarının) davranış-tepki, bir anlamda ödül-yaptırım esasına dayalı olarak değiştirilmesini içerir. "Deneyim Değişim Faktörü", tepkisel yaklaşım tabanlı modeller arasında en yaygın olarak bilinen ve kullanılan iş güvenliği başarımları değerlendirme yaklaşımıdır. Bu model inşaat firmalarının iş kazası kayıtlarının incelenerek yüksek iş güvenliği başarımları oranına sahip olan inşaat firmalarının düşük sigorta primi ödemesini, düşük iş güvenliği başarımları oranına sahip olan inşaat firmalarının ise yüksek sigorta primi ödemeleri ilkesine dayanmaktadır. Modelde kullanılan iş güvenliği başarımları ölçütü, iş kazasına karışan çalışanlara ödenen tazminat miktarının, benzer iş kazası sonucu ödenen tazminatlara iş kazasının niteliğinin ve sıklığının ve inşaat firmasının çalışan sayısının da dikkate alınarak oranlanması ile hesaplanmaktadır. Tepkisel yaklaşım tabanlı modeller arasında yaygın olarak kullanılan diğer bir yaklaşım ise bir yıl içerisinde ölüm, hastalan-

ma, veya bir veya birden fazla iş günü kaybına neden olan yaralanmayla sonuçlanan iş kazası sayısının firmanın her 100 çalışanına oranlanması hesaplanan "Kayıtedilebilir Olay Oranı"dır. Önlemsel yaklaşım tabanlı iş güvenliği değerlendirme modelleri, sadece ardıl göstergelere dayanan tepkisel modellerin iş güvenliği başarım düzeyini değerlendirmede yetersiz kaldığını belirterek değerlendirme sürecine öncül göstergelerin dahil edilmesi gerekliliğini ileri süren araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Önlemsel yaklaşımda, istenmeyen bir durum ya da davranış (iş kazası) gerçekleşmeden önlem alınması gerekliliği üzerinde durulur; bu yaklaşım istenmeyen durum ve davranışı önlemek için, istenen durumdan sapmaların önlenmesine yönelik eylemlerin gerçekleştirilmesini içerir. Mohamed (2003) "Dengeli Başarı Karnesi" yaklaşımı kullanarak inşaat firmalarının iş güvenliği başarım düzeylerini kıyaslamak için önlemsel yaklaşım tabanlı bir iş güvenliği başarım değerlendirme modeli önermiştir. Önerilen önlemsel yaklaşım tabanlı modelde inşaat firmalarının iş güvenliği başarımı, (1) uygulama ve izleme, (2) değerlendirme ve iletişim, (3) öğrenme ve iyileştirme, ve (4) hedef ve strateji belirlemeden oluşan dört ana başlık altında incelenmekte ve öncül göstergeler kullanılarak başarım düzeyi değerlendirilmektedir. Ng ve diğerlerinin (2005) inşaat firmalarının iş güvenliği başarım düzeyini ölçmek için geliştirdikleri önlemsel model 13 tane değerlendirme kriterinden oluşmaktadır. Modeli oluşturan değerlendirme kriterleri proje ve kurum düzeyi olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Proje düzeyinde iş güvenliği başarım değerlendirme kriterleri: (1) proje yönetim ekibinin niteliği, (2) tehdit yönetimi, (3) çalışanların bilgilendirilmesi, eğitimi ve ödüllendirilmesi, (4) iş güvenliğinin uygulanması, (5) iş kazalarının kaydedilmesi, raporlanması, ve incelenmesi, (6) acil durum yönetimi süreci, ve (7) iş güvenliği değerlendirme sürecinden oluşmaktadır. Kurum düzeyinde iş güvenliği başarım değerlendirme kriterleri: (1) idare ve yönetimin katılımı, (2) sağlık ve güvenlik eğitimi, (3) alt yüklenicilerin seçimi ve kontrolü, (4) iş güvenliğinin incelenmesi, (5) iş kazası kayıtları, ve (6) iş güvenliği ve sağlığına ilişkin yasal düzenlemeler ve yönetmeliklere uygunluğu içermektedir. Önerilen modelde değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıklarının hesaplanması; öznel olarak iş güvenliği uzmanlarına, inşaat firmalarının yöneticilerine ve proje sahiplerine uygulanan bir anket çalışması ile belirlenerek elde edilmekte, ardından belirlenen ağırlıkların firmaların değerlendirme kriterleri başarım düzeyleriyle çarpılması ile her bir inşaat firmasının ağırlıklandırılmış iş güvenliği başarım düzeyi belirlenebilmektedir. Rowlinson ve diğerleri (2008) inşaat firmalarının iş güvenliği başarım düzeylerini kıyaslamak amacıyla (1) uygulama ve süreçler, (2) projeye ilişkin hedefler, (3) insan kaynaklarının yönetimi ve (4) kurumsal yönetimden oluşan bir model önermişlerdir. Rowlinson ve diğerlerinin (2008) önermiş oldukları değerlendirme kriterlerine ilişkin yapı öznel değerlendirmelere dayanmaktadır. El-Mashaleh ve diğerleri (2010) inşaat sektöründe iş güvenliği başarım düzeyini ölçmek için Veri Zarflama Analiz yaklaşım tabanlı bir model önermişlerdir. Önerilen modelde, iş güvenliği başarım düzeyi girdi faktörlerinin çıktı faktörlerine oranlanması ve bu oranın doğrusal programlama yöntemi kullanılarak değerlendirilmesiyle hesaplanmaktadır. İş güvenliğine yönelik yapılan harcamaların firmanın tüm gelirlerine oranı modelin girdisini oluştururken, 5 farklı iş kazası türü de modelin çıktılarını oluşturmaktadır. Fang ve diğerleri (2004) inşaat firmalarının iş güvenliği başarım düzeyini değerlendirmek için doğrusal regresyon analizi tabanlı bir model önermişlerdir. Projenin özellikleri, firmanın deneyimleri, kurumsal yapı, çalışanların katılımı, iş güvenliğine ilişkin yatırımlar, çalışanlar ve yöneticileri arasındaki ilişkilerin niteliği önerilen modelin bağımsız değişkenlerini oluştururken, şantiyede yaşanan iş kazası sıklığı, çalışanların memnuniyeti, ve çalışma koşullarının denetimi faktörlerinden oluşan iş güvenliği başarım endeksi ise modelin bağımlı değişkenini oluşturmaktadır.

Yukarıdaki paragrafta bahsedilen modeller, inşaat firmalarının iş güvenliği başarımlarının ölçülmesi ve kıyaslanması konusunda önemli katkılar sağlamış olmalarına rağmen ölçme, değerlendirme ve kıyaslama süreçlerinin doğası gereği içermiş oldukları belirsizliklerin önerilen modellerde ihmal edildiği gözlenmektedir. Belirsizlik, ölçme, değerlendirme ve kıyaslama süreçlerinin, sonuçlarının doğruluğu ve güvenilirliği konusunda ciddi şüphelere neden olduğu görülmektedir. Belirsizliğin neden olduğu olumsuz etkilerinin giderilmesi veya en aza indirilmesine yönelik geliştirilen önemli yaklaşımlardan biri "Shannon'un Entropi" (1948) yaklaşımıdır.

Shannon'un (1948) Entropi Yaklaşımı

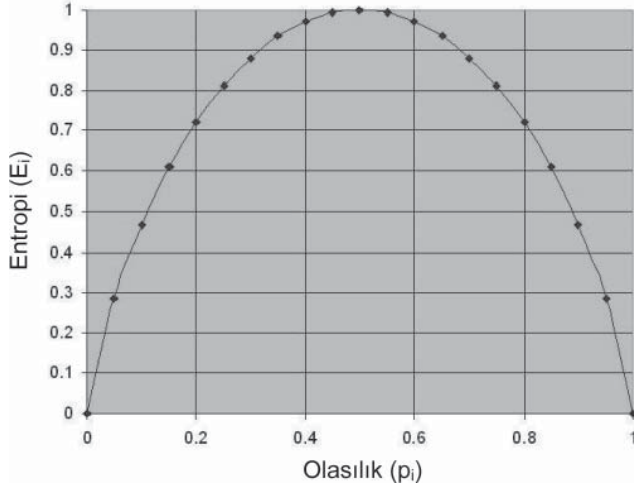
Gerçekleştirilen yeni araştırmalarda entropi kavramı 'olasılıklı mantıksal çıkarsama kuramı' olarak kabul görmekte (Solana-Ortega, 2002) ve entropi tabanlı ölçümler, işlemsel karmaşıklık ölçmede başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Sivadasan ve diğerleri, 2002). Entropi kavramının belirsizlik ölçmede bir araç olarak kullanılması Shannon'un 1948 yılında geliştirdiği enformasyon kuramına dayanmaktadır. Kuramın dayandığı temel nokta iletişim sisteminin matematiksel bir model olarak ileri sürülebilmesine ve bilginin yoğunluk yada kütle gibi fiziksel olarak ölçülebilen bir nicelik olarak düşünülmesine bağlıdır. Shannon'un (1948) ortaya attığı temel düşünce, entropi kavramı kullanılarak bilgi kapasitesinin sayısal değerle ölçülebilme olasılığı olduğudur. Entropi kavramı, fizik ve bilgi kuramı olarak iki alanda karşımıza çıkmaktadır. Fizikte, entropi maddenin halleri arasındaki enerjinin düzensizliğinin ölçülmesine karşılık gelir ve doğal olarak sürekli bir artış içerisindedir. Bilgi teorisinde entropi, veri akışı içindeki ölçülebilen bilginin değeri olarak nitelendirilmektedir. Shannon'a göre bir sistemdeki belirsizliğin azalması sistemden sağladığımız bilginin çokluğuyla ilişkilendirilebilmektedir. Shannon (1948) entropiyi (E) matematiksel olarak bazı varsayımlar üzerine şekillendirmektedir;

- (1) E_i , p_i 'de sürekli (orantılı) bir artış içerisindedir, (örneğin olasılıklardan birinde meydana gelebilecek küçük bir artış aynı oranda E_i değerinde küçük bir artışa yol açacaktır).
- (2) Şayet, bütün p_i değerleri $p_i = 1/l$ 'e eşit ise; E_i 'nin monotonik artış fonksiyonu olabilmektedir. Böylece tek bir olayın olma olasılığından öte birbirine eş olayların olma olasılıklarının fazlalığı ya da belirsizliği söz konusu olmaktadır.
- (3) İki adım arasında yapılan seçimdeki son E değeri; iki adımdaki entropi ağırlıklarının toplamı kadardır.

Böylece entropi değeri:

$$E_i = - \left(\frac{1}{\ln l} \right) \sum_{k=1}^l P_{w_{ik}} \ln P_{w_{ik}} \quad (1)$$

şeklini almaktadır. Yukarıda tanımlanan matematiksel ifade enformasyon kuramında belirsizlik, seçim ve bilgi ölçümü konularında önemli bir rol oynamakta ve E değeri $p_1, \dots, p_l$ 'e kadar olan olasılık setini içermektedir. Olasılıkları p ve $q=1-p$ olan iki olayın entropi değerlerindeki değişim şekilde 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1 - Shannon'un (1948) entropi değişim grafiği

Entropi Tabanlı İş Güvenliği Başarım Modeli

Bu çalışmada ortaya konan inşaat firmalarının iş güvenliği başarım düzeylerinin ölçülmesine yönelik model, yukarıda açıklanan entropi kuramı (Shannon, 1948), çok ölçütlü karar verme modeli olan TOPSIS (Hwang and Yoon, 1981) ve Ng ve diğerleri (2005) tarafından geliştirilen iş güvenliği başarım modeli üzerine inşaa edilmiştir ve sekiz adımdan meydana gelmektedir. İzlenen adımlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır: Adım 1; iş güvenliği başarım düzeyinin ölçülmesi için iş güvenliği değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi, Adım 2; Değerlendirme kriterleri için hiyerarşik bir yapı inşaa edilmesi, Adım 3; Değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıklarının belirlenmesi, Adım 4; İş güvenliği değerlendirme kriterlerinin başarım düzeylerinin ölçülmesi, Adım 5; Ağırlıklandırılmış iş güvenliği başarım değerinin hesaplanması, Adım 6; Pozitif ideal (+) ve negatif ideal (-) çözümlerin oluşturulması, Adım 7; Pozitif ve negatif ideal başarım düzeylerinden ayırım ölçüsünün hesaplanması, Adım 8; İdeal iş güvenliği başarım düzeyine yakınlığın hesaplanması.

Adım 1. iş güvenliği başarım düzeyinin ölçülmesi için iş güvenliği kriterlerinin belirlenmesi

İş güvenliği ve güvenlik başarım düzeyi arasındaki ilişkiyi inceleyen çok sayıda bilimsel çalışma (Mohammed 2003; Ng ve diğerleri, 2005; El-Mashaleh ve diğerleri 2010) gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmaların detaylı olarak incelenmelerinin ardından iş güvenliği başarım modellerinde hiyerarşik bir yapının yaygın olarak kullanıldığı ve bu hiyerarşide kullanılan ana değerlendirme kriterlerinin proje düzeyi (C_1) ve kurum düzeyi (C_2) olarak iki başlık altında toplandığı gözlenmektedir.

Adım 2. Değerlendirme kriterleri için hiyerarşik bir yapı oluşturulması

İş güvenliği ile güvenlik başarımları arasındaki ilişkiye ait hiyerarşik bir yapının oluşturulması, çalışmanın ikinci aşamasını oluşturmaktadır. Öncelikli olarak diğer modellerde de güvenlik başarımları düzeyini ölçmek için iki seviyeli bir yapı önerilmektedir (Ng ve diğerleri, 2005). İlk seviye proje başarımları düzeyini iki kriterle ayırmaktadır C_i ($i = 1, 2$): Proje düzeyi (C_1) ve kurum düzeyi (C_2). İkinci seviyede ise bu ana başlıklar altında alt değerlendirme kriterlerinin C_{ij} ($j = 1, 2, \dots, k$) incelenmesini içermektedir. Projeye ilişkin başarımları düzeyi kriterleri (C_1) 7 alt başlık altında toplanmaktadır. Bunlar Proje yönetimi komitesi ($C_{1,1}$), Tehdit yönetimi ($C_{1,2}$), Bilgi, eğitim ve teşvik ($C_{1,3}$), Uygulama ($C_{1,4}$), Kayıt, rapor ve inceleme ($C_{1,5}$), Acil durum süreci ($C_{1,6}$), ve iş güvenliği değerlendirmedir ($C_{1,7}$). Kuruma ilişkin başarımları düzeyi kriterleri (C_2) 6 alt başlık altında toplanmaktadır. Bunlar: İdare ve yönetimin katılımı ($C_{2,1}$), Sağlık ve güvenlik eğitimi ($C_{2,2}$), Alt yüklenicilerin seçimi ve kontrolü ($C_{2,3}$), Güvenlik değerlendirme ($C_{2,4}$), Kaza kaydı ($C_{2,5}$), Yasa, tüzük ve standartlardır ($C_{2,6}$).

Adım 3. Değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıklarının belirlenmesi

Üçüncü aşama, değerlendirmede kullanılacak ana (C_i) ve alt kriterlerin (C_{ij}) önem ağırlıklarının (W_{ij}) hesaplanmasını içermektedir. Başarımları değerlendirme alanında yapılan çalışmalarda değerlendirme sürecinde kullanılan kriterlerin değerlendirilmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Literatürde değerlendirme kriterlerinin önem derecelerinin ölçülmesinde farklı yaklaşımlar kullanılsa da en yaygın yaklaşım dilsel değişkenlerin kullanılmasıdır. Dilsel değişken, kelime veya kelime gruplarının, sayılar gibi kullanıldığı değişkenlerdir. Dilsel değişkenlerden, çok karmaşık yada iyi tanımlanamamış durumları nicel olarak ifade etmekte faydalıdır. Dilsel değişkenleri kullanarak uzmanların değerlendirme kriterleri ağırlıkları belirlenebilir. Dilsel değişkenlerin büyük oranda belirsizlik içermesi nedeniyle değerlendirme sürecinde ilgili güvenilirlik problemine neden olduğu bildirilmektedir. Bu çalışma kapsamında sunulan modelde Shannon'un (1948) entropi yöntemi kullanılarak dilsel değişkenlerin neden oldukları belirsizlik giderilme-ye çalışılarak, değerlendirme sürecinin güvenilirliği iyileştirilmiştir. Entropi yaklaşımı ile değerlendirme kriterlerinin (C_i ve C_{ij}) ağırlıkları aşağıdaki matematiksel ifadeler kullanılarak hesaplanabilir:

$$V_i = \frac{\sum_{k=1}^l w_{ik}}{l} \quad (2)$$

$$P_{w_{ik}} = \frac{w_{ik}}{\sum_{i=1}^l w_{ik}} \quad (3)$$

$$E_i = \left(\frac{-1}{\ln l} \right) \sum_{k=1}^l P_{w_{ik}} \ln P_{w_{ik}} \quad (4)$$

$$W_i = V_i * E_i / \sum_{i=1}^m V_i * E_i \quad (5)$$

Yukarıdaki matematiksel ifadelerde, V_i i'nci kriterin beklenen değeri, w_{ik} k'inci uzmanın i'nci kriterin ağırlığına ilişkin değerlendirmesi, l değerlendirmeye katılan uzman sayısı,

P_{wik} i'inci kriterin ağırlığına ilişkin yapılan değerlendirmelerin olasılıksal dağılımı, E_i i'inci kriterinin entropisi ve W_i ise i'inci kriterin önem ağırlığıdır.

Adım 4. İş güvenliği değerlendirme kriterleri başarım düzeyinin ölçülmesi

Dördüncü aşama proje ve kurum düzeyinde her bir değerlendirme kriterinin başarım düzeyinin ölçülmesidir. Bu süreç iki aşamada gerçekleştirilmektedir. İlk aşama; her bir değerlendirme kriterinin başarım düzeyini (R_{ij}) ölçmek için niteliksel göstergelerin geliştirilmesi, ikinci aşamada geliştirilen niteliksel göstergelerin Likert ölçeği kullanılarak ölçülmesidir. Her kriterin başarım (R_{ij}) düzeyinin ölçülmesinde birden çok niteliksel gösterge veya ölçüm sorusunun kullanılması başarım ölçme ve değerlendirme sürecinin güvenilirliğini artırır. Her bir alt değerlendirme kriterinin başarım düzeyi aşağıdaki matematiksel ifadeye göre hesaplanır:

$$R_{ij} = \left(\frac{1}{t}\right) * \sum_{s=1}^t r_{ij,s} \quad (6)$$

$r_{ij,s}$ ij'inci kriterin başarım düzeyini ölçen s'inci ölçüm sorusuna verilen yanıt ve t ise ölçüm sorusu sayısıdır.

Adım 5. Ağırlıklandırılmış İş Güvenliği Başarım Değerinin Hesaplanması

Bu adımda ij'inci değerlendirme kriterlerine göre iş güvenliği başarım düzeyi aşağıdaki matematiksel ifade kullanılarak hesaplanır:

$$BD_{ij} = W_{ij} * R_{ij} \quad (7)$$

Yukarıdaki matematiksel ifadede W_i i'inci kriterin ağırlığı ve R_i ise i'inci kriterin başarım değeridir.

Adım 6. Pozitif İdeal (+) ve Negatif İdeal (-) Çözümlerin Oluşturulması

Altıncı adım, iş güvenliği değerlendirme kriterlerinin ideal pozitif (BD_{ij}^+) ve ideal negatif (BD_{ij}^-) başarım düzeylerinin oluşturulmasını içerir. İdeal pozitif başarım değerini hesaplamak için değerlendirme kriterinin ölçümünde kullanılan Likert ölçeğinin en büyük başarım değeri ($\max R_{ij}$) ile kriterin ağırlık değeri (W_{ij}) çarpılır. Benzer biçimde ideal negatif başarım düzeyi oluşturmak için değerlendirme kriterinin ölçümünde kullanılan Likert ölçeğinin en küçük başarım değeri ($\min R_{ij}$) ile kriterin ağırlık değeri (W_{ij}) çarpılır.

Adım 7. Pozitif ve Negatif İdeal Başarım Düzeylerinden Ayırım Ölçüsünün Hesaplanması

Yedinci adım, ağırlıklandırılmış başarım düzeylerinin, ideal pozitif (BD_{ij}^+) ve ideal negatif (BD_{ij}^-) başarım düzeylerinden ayırımı ölçüsünün Öklit Uzaklığı yaklaşımı kullanılarak hesaplanmasını içermektedir. Pozitif ideal ve negatif ideal ayırım ölçüsü aşağıdaki matematiksel ifadeler kullanılarak hesaplanır:

$$D^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (BD_{ij} - BD_{ij}^+)^2} \quad (8)$$

$$D^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (BD_{ij} - BD_{ij}^-)^2} \quad (9)$$

Adım 8. İdeal İş Güvenliği Başarım Düzeyine Yakınlığın Hesaplanması

Son adım, hesaplanan ideal pozitif (D+) ve negatif ideal (D-) ayırım ölçülerinden yararlanılarak ideal iş güvenliği başarım düzeyine göreli yakınlığın (İGBD) hesaplanmasını içermektedir. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık değeri aşağıdaki matematiksel ifade ile hesaplanır:

$$\text{İGBD} = \frac{D^-}{D^+ + D^-} \quad (10)$$

İş Güvenliği Başarım Düzeyi (İGBD) değeri $0 \leq \text{İGBD} \leq 1$ aralığında değer alır ve $\text{İGBD} = 1$ inşaat firmasının ideal iş güvenliği başarım düzeyine sahip olduğunu, $\text{İGBD} = 0$ ise inşaat firmasının negatif ideal iş güvenliği başarım düzeyine sahip olduğunu gösterir.

Sayısal Örnek

Bu çalışma kapsamında geliştirilen entropi tabanlı iş güvenliği modelinin uygulaması sayısal bir örnek kullanılarak aşağıdaki bölümde sunulmuştur. Bu sayısal örnekte; (1) değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının (W_i ve W_{ij}) 7'li Likert ölçeği ile "1= Kesinlikle önemsiz", ve "7= kesinlikle önemli" aralığında derecelendirilerek ölçüldüğü, (2) değerlendirme kriterlerinin başarım gerçekleşme düzeylerinin Ng ve diğerleri (2005) tarafından geliştirilen göstergeler kullanılarak ölçüldüğü, (3) başarım gerçekleşme düzeylerinden (R_{ij}) iş kazası kaydının ($R_{2,6}$) algısal olarak 7'li likert ölçeği ile "1= hiç" ve "7= çok sık" aralığında derecelendirilerek ölçüldüğü ve geri kalan diğer başarım düzeylerinin (R_{ij} , $i, j \neq 2,6$) ise 7'li Likert ölçeği ile "1= kesinlikle çok zayıf" ve "7= mükemmel" aralığında ölçüldüğü, (4) değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi sürecine 10 adet iş güvenliği uzmanının (U_i , $i=10$) katıldığı, (5) iş güvenliği değerlendirme sürecine 10 inşaat firmasının (F_i , $i=10$) katıldığı varsayılmıştır. Uzmanların (U_i) iş güvenliği başarım değerlendirme sürecinde kullanılacak olan ana (C_i) ve alt (C_{ij}) kriterlerin ağırlıklarına ilişkin görüşlerinin Likert ölçeğindeki sayısal karşılıkları Tablo 1 sunulmuştur. Tablo 1'in son kolonu değerlendirme kriterlerinin (W_i ve W_{ij}) Entropi yaklaşımı kullanılarak hesaplanmış nesnel önem ağırlıklarını sunmaktadır. İnşaat firmalarının iş güvenliği başarım düzeylerine ilişkin değerlendirmeleri 3 nolu matematiksel ifade kullanılarak hesaplanmış (R_{ij}) ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 1 - İş Güvenliği Değerlendirme Kriterlerinin Ağırlıkları (W_i ve W_{ij})

Değerlendirme Kriteri	Uzman (U_i)										Ağırlık (W_i, W_{ij})
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9	U_{10}	
C_i											
C_1	5	6	7	5	6	6	5	5	6	7	0.471
C_2	5	7	6	6	7	7	7	7	7	6	0.529
C_{ij}											
$C_{1.1}$	5	4	6	7	5	6	5	4	5	6	0.157
$C_{1.2}$	6	5	5	6	6	6	6	5	5	5	0.137
$C_{1.3}$	4	6	6	5	7	5	4	6	6	7	0.139
$C_{1.4}$	7	7	7	6	6	6	7	5	7	7	0.162
$C_{1.5}$	5	8	6	7	5	5	6	6	4	5	0.141
$C_{1.6}$	6	5	7	6	5	5	7	7	7	5	0.149
$C_{1.7}$	5	6	4	6	5	5	4	5	6	6	0.114
$C_{2.1}$	4	6	4	7	6	4	5	6	5	5	0.161
$C_{2.2}$	5	7	5	7	7	5	4	5	6	6	0.177
$C_{2.3}$	6	4	6	6	3	6	5	4	4	5	0.151
$C_{2.4}$	4	5	6	7	7	4	4	5	5	5	0.161
$C_{2.5}$	6	7	6	5	7	6	6	7	7	7	0.199
$C_{2.6}$	4	6	6	4	6	4	4	4	6	5	0.152

Tablo 2 - İnşaat Firmalarının Değerlendirme Kriterlerinin Başarım Düzeyleri (R_{ij})

R_{ij}	İnşaat Firması (F_i)									
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}
$R_{1.1}$	4.800	4.700	4.800	5.600	4.800	5.200	4.600	5.400	6.000	4.800
$R_{1.2}$	5.600	5.200	6.000	5.400	5.700	5.400	5.400	4.600	4.400	5.400
$R_{1.3}$	5.600	5.900	5.800	4.600	5.200	4.900	5.200	4.000	4.200	5.200
$R_{1.4}$	5.800	5.400	5.400	5.600	5.600	5.600	3.800	4.600	3.400	5.500
$R_{1.5}$	6.200	5.600	5.400	5.600	5.700	5.700	4.800	5.600	5.400	5.900
$R_{1.6}$	5.400	4.600	4.600	4.000	4.600	4.300	5.600	5.200	6.200	4.400
$R_{1.7}$	5.200	5.400	4.200	5.000	4.900	4.900	5.600	5.400	5.600	4.800
$R_{2.1}$	5.100	6.200	4.800	4.000	5.100	4.500	4.800	5.200	5.800	4.900
$R_{2.2}$	5.800	6.600	4.200	4.200	5.300	4.700	3.800	4.600	5.600	4.600
$R_{2.3}$	4.400	6.400	4.800	5.000	4.650	4.800	4.000	4.600	5.600	4.700
$R_{2.4}$	5.800	6.200	5.600	6.200	5.900	6.100	4.000	3.600	4.200	4.700
$R_{2.5}$	5.100	6.800	5.000	5.400	5.850	5.700	3.400	4.800	5.800	5.200
$R_{2.6}$	5.400	5.200	4.400	5.000	4.850	4.900	4.000	6.000	6.000	4.600

Tablo 3 - Ağırlıklandırılmış Başarım Düzeyi (BD_{1j} ve BD_{2j}), Pozitif (+) ve Negatif (-) İdeal Çözümler ve İş Güvenliği Başarım Düzeyi (İGBD)

Başarım Düzeyi BDi	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	Pozitif İdeal	Negatif İdeal
ΣBD_{1j}	2.599	2.470	2.444	2.416	2.459	2.428	2.335	2.340	2.360	2.426	3.299	0.471
ΣBD_{2j}	2.789	3.315	2.539	2.628	2.806	2.716	2.101	2.532	2.912	2.537	3.701	0.529
ΣBD_{1j}	5.389	5.784	4.983	5.044	5.265	5.145	4.436	4.871	5.272	4.963	7.000	1.000
$BD_{1,1}$	0.355	0.347	0.355	0.414	0.355	0.384	0.340	0.399	0.444	0.355	0.518	0.074
$BD_{1,2}$	0.362	0.336	0.388	0.349	0.369	0.349	0.349	0.297	0.284	0.349	0.453	0.065
$BD_{1,3}$	0.367	0.386	0.380	0.301	0.340	0.321	0.340	0.262	0.275	0.340	0.458	0.065
$BD_{1,4}$	0.443	0.412	0.412	0.428	0.428	0.428	0.290	0.351	0.260	0.420	0.535	0.076
$BD_{1,5}$	0.413	0.373	0.360	0.373	0.380	0.380	0.320	0.373	0.360	0.393	0.466	0.067
$BD_{1,6}$	0.380	0.323	0.323	0.281	0.323	0.302	0.394	0.366	0.436	0.309	0.492	0.070
$BD_{1,7}$	0.280	0.291	0.227	0.270	0.264	0.264	0.302	0.291	0.302	0.259	0.378	0.054
$BD_{2,1}$	0.434	0.527	0.408	0.340	0.434	0.383	0.408	0.442	0.493	0.417	0.596	0.085
$BD_{2,2}$	0.541	0.616	0.392	0.392	0.495	0.439	0.355	0.429	0.523	0.429	0.653	0.093
$BD_{2,3}$	0.352	0.512	0.384	0.400	0.372	0.384	0.320	0.368	0.448	0.376	0.560	0.080
$BD_{2,4}$	0.493	0.527	0.476	0.527	0.501	0.518	0.340	0.306	0.357	0.399	0.595	0.085
$BD_{2,5}$	0.537	0.716	0.526	0.568	0.616	0.600	0.358	0.505	0.611	0.547	0.737	0.105
$BD_{2,6}$	0.433	0.417	0.353	0.401	0.389	0.393	0.321	0.481	0.481	0.369	0.561	0.080
D^+	0.474	0.376	0.592	0.583	0.497	0.539	0.775	0.630	0.531	0.587	0.000	1.688
D^-	1.238	1.384	1.125	1.153	1.214	1.180	0.959	1.097	1.233	1.117	1.688	0.000
İGBD	0.723	0.786	0.655	0.664	0.709	0.687	0.553	0.635	0.699	0.656	1.000	0.000

Değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıkları (W_i ve W_{ij}) ile başarımlar düzeyleri (R_{ij}) çarpılarak inşaat firmalarının her bir ana ve alt kritere göre ağırlıklandırılmış iş güvenliği başarımlar düzeyleri (BD_i ve BD_{ij}) hesaplanmıştır. Tablo 3 inşaat firmalarının her bir kritere göre ağırlıklandırılmış iş güvenliği başarımlar düzeyini göstermektedir. İnşaat firmalarının ağırlıklandırılmış iş güvenliği başarımlar düzeyleri kurum veya proje ölçeğinde değerlendirilebilmektedir. Kurumsal ve proje ölçeğindeki ağırlıklandırılmış başarımlar düzeylerinin toplamı bir inşaat firmasının genel iş güvenliği başarımlar değerini (İGBD) gösterir. Tablo 3 inşaat firmalarının kurumsal ve proje ölçeğindeki ağırlıklandırılmış başarımlar değerlerinin yanı sıra inşaat firmalarının genel iş güvenliği başarımlar değerlerini sunmaktadır. Tablo 3'te sunulan sonuçlar incelendiğinde F_2 nolu inşaat firmasının en yüksek genel iş güvenliği başarımlarına sahip olduğu F_7 nolu firmanın ise en düşük iş güvenliği başarımlar değerine sahip olduğu gözlenmektedir. İş güvenliği başarımlar aralığının 0 ile 1 değerleri arasında değiştiği düşünüldüğünde F_2 nolu firmanın ideal pozitif başarımlar düzeyine yakın olmasına rağmen kurumsal ve proje ölçeklerinde iyileştirmeler yapılmasının gerekli olduğu ve F_7 nolu firmada ise önemli iyileştirmeler yapılmasının zorunlu olduğu sonuçları ortaya çıkmaktadır.

Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında inşaat firmalarının iş güvenliği başarımlar düzeylerini ölçmek ve kıyaslamak için entropi tabanlı bir model önerilmektedir. Başarımlar değerlendirme ve kıyasalama süreçlerinde kullanılan öncül göstergeler, dilsel değişkenler ile ölçülmektedir. Fakat dilsel değişkenlerin önemli oranda belirsizlikler içermesi, değerlendirme sürecinde güvenilirlik problemlerine neden olmaktadır. Bu çalışmada iş güvenliği başarımlar değerlendirme sürecinde dilsel değişkenlerin kullanılmasının neden olduğu güvenilirlik problemlerinin Entropi tabanlı bir model kullanılarak giderilebileceği sayısal bir örnek ile gösterilmiştir.

Kaynaklar

- Ahmad, R.K., Gibb, A.G.F ve McCaffer, R. (1998). "Methodology to develop an effective safety performance measurement technique (SPMT)". In: Hughes, W (Ed.), 14th Annual ARCOM Conference, 9-11 September, 1998, University of Reading. Association of Researchers in Construction Management, Vol. 1, 183-191.
- Brown, R.L. ve Holmes, H. (1986). "The use of a factor analytic procedure for assessing the validity of an employee safety climate model." *Accident Analysis and Prevention*, 18(6), 455-470.
- Choudhry, R.M., Fang, D. ve Mohamed, S. (2007a). "The nature of safety culture: A survey of the state-of-the-art." *Safety Science*, 45(10), 993-1012.
- Choudhry, R.M., Fang, D. ve Mohamed, S. (2007b). "Developing a model of construction safety culture." *Journal of Management in Engineering*, 23(4), 207-212.
- Cooper, M. D. (2000). "Towards a model of safety culture." *Safety Science*, 36(2), 111-136.
- Dedobbeleer, N. ve Beland, F. (1991). "A safety climate measure for construction sites." *Journal of Safety Research*, 22(2), 97-103.

- El-Mashaleh, M.S., Rababeh, S.M. ve Hyari, K.H. (2010). "Utilizing data envelopment analysis to benchmark safety performance of construction contractors." *International Journal of Project Management*, 28(1), 61-67.
- Fang, D.P., Huang, X. Y. ve Hinze, J. (2004). "Benchmarking Studies on Construction Safety Management in China." *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(3), 424-432.
- Fang, D.P., Chen, Y. ve Wong, L. (2006). "Safety climate in construction industry: A case study in Hong Kong." *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(6), 573-584.
- Flin, R., Mearns, K., O'Connor, P. ve Bryden, R. (2000). "Measuring safety climate: Identifying the common features." *Safety Science*, 34(1-3), 177-192.
- Glendon, A. I., ve Stanton, N. A. (2000). "Perspectives on safety culture." *Safety Science*, 34(1-3), 193-214.
- Glendon, A. I., and Litherland, D. K. (2001). "Safety climate factors, group differences and safety behavior in road construction." *Safety Science*, 39(3), 157-188.
- Guldenmund, F.W., (2000). "The nature of safety culture: a review of theory and research." *Safety Science*, 34(5), 215-257.
- Ho, J.K.L. ve Zeta, K.C. (2004). "Cultural Factors and Their Significance to the Hong Kong Construction Industry", [http://158.132.155.107/oess/POSH/conferences/ANZAOHSE/ANZAOHSEProceedings/Hyperlinks/Full Proceedings/Ho & Zeta.pdf](http://158.132.155.107/oess/POSH/conferences/ANZAOHSE/ANZAOHSEProceedings/Hyperlinks/Full%20Proceedings/Ho%20&%20Zeta.pdf), 15/08/11. Erişim Tarihi: 14 Haziran 2011.
- Hwang C.L. ve Yoon K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer-Verlag, New York.
- Lee, T. ve Harrison, K. (2000). "Assessing safety culture in nuclear power stations." *Safety Science*, 34(1-3), 61-97.
- Mohamed, S. (2002). "Safety climate in construction site environments." *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(5), 375-384.
- Mohamed, S. (2003). "Scorecard approach to benchmarking organizational safety culture in construction." *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(1), 80-88.
- Neal, A., Griffin, M. A. ve Hart, P. M. (2000). "The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior." *Safety Science*, 34(1-3), 99-109.
- Ng, S.T, Cheng, K.P. ve Skitmore, R.M. (2005). "A framework for evaluating the safety performance of construction contractors." *Building and Environment*, 40(10), 1347-1355.
- Oliver, A., Cheyne, A., Tomas, J.M. ve Cox, S. (2002). "The effects of organizational and individual factors on occupational accident." *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 75(4), 473-488.
- O'Toole, M. (2002). "The relationship between employees' perceptions of safety and organizational culture." *Journal of Safety Research*, 33(2), 231-243.
- Rowlinson, S., Poon, S. W, ve Yip, B. (2008). *CII-HK Study - Safety Initiative Effectiveness in Hong Kong One Size does not Fit All*. Construction Industry Institute – Hong Kong.

http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.hku.hk/ContentPages/79070355.pdf. Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2011.

- Shannon, C. E. (1948). "A mathematical theory of communication." *Bell System Technical Journal*, 27(3), 623-656.
- Smith, G.S., Huang, Y.H., Ho, M. ve Chen, P.Y. (2006). "The relationship between safety climate and injury rates across industries: the need to adjust for injury hazards." *Accident Analysis and Prevention*, 38(3), 556-562.
- Sivadasan, S., Efstathiou, J., Frizelle, G., Shirazi, R., ve Calinescu, A. (2002). "An information-theoretic methodology for measuring the operational complexity." *International Journal of Operations and Production Management*, 22(1), 80-102.
- Solana-Ortega, A. (2002). "The information revolution is yet to come (an homage to Claude E. Shannon). In AIP Conference Proceedings, Bayesian inference and maximum entropy methods in science and engineering. Baltimore, MD, 617(1), 458-473.
- Teo, E.A.L., ve Ling, F.Y.Y., (2006). "Developing a model to measure the effectiveness of safety management systems of construction sites." *Building and Environment*, 41(11), 1584-1592.
- Vredenburg, A.G., (2002). "Organisational safety: Which management practices were most effective in reducing employee injury rates?" *Journal of Safety Research*. 33(2), 259-276
- Zhou, Q., Fang, D.P. ve Wang, X. (2008). "A method to identify strategies for the improvement of human safety behavior by considering safety climate and personal experience." *Safety Science*, 46(10), 1406-1419.
- Zohar, D. (1980). "Safety climate in industrial organizations: Theoretical and applied implications." *Journal of Applied Psychology*, 65(1), 96-102.