

SAVUNMA VE HAVACILIK SEKTÖRÜNDE YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME PROJELERİNİN RİSK ANALİZİ

Necmi KARA*
TUSAŞ/Ankara

Sezer KORKMAZ†
Gazi Üniversitesi/Ankara

ÖZET

Proje risklerini belirlemek ve azaltmak, projelerin başarısı açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, yeni ürün geliştirme projelerindeki risklerin sayısal olarak ifade edilmesi ve analizinin yapılması için Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) yaklaşımının genişletilerek uyarlanması amaçlanmıştır. Bu yeni tekniğe proje risk FMEA adı verilmiştir (RFMEA). Yapısı gereği diğer sektörlerden bir çok farklılık gösteren savunma ve havacılık sanayiinde yeni ürün geliştirme aşamaları belirtildikten sonra, bu aşamaların barındırdığı riskleri ortaya koymak için RFMEA yönteminin kullanılabileceği gösterilmeye çalışılmıştır. Bunun için derinlemesine mülakat yapılarak bir risk matrisi oluşturulmuş, tedbir alınması gereken kritik risklerin RFMEA yoluyla belirlenebileceği gösterilmiş ve bu risklerle ilgili çıkarımlar yapılmıştır.

*Uçak Mühendisi, E-Posta: nkara@tai.com.tr

†Prof. Dr., İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, sezerk@gazi.edu.tr

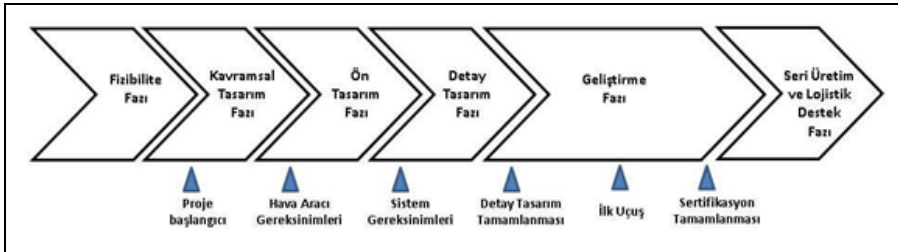
GİRİŞ

Savunma ve havacılık sektöründe bir uçak geliştirme projesi için risk faktörlerini sayısal olarak ifade etmek, bu suretle kıyaslama yapmak ve risklerin projenin seyrine bağlı olarak etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan bu çalışmada teorik model oluşturulurken yöntem olarak sistem mühendisliğinin kullandığı V diyagramından yararlanılmış, bu suretle sektördeki ürün geliştirme aşamalarının ve bu aşamalarındaki risklerin kolayca anlaşılması hedeflenmiştir. Savunma ve havacılık projeleri için geçerli olan bu çalışmada tanımlanan risklerin ürün geliştirme projelerinin erken aşamalarında dikkate alınması, proje süresi, maliyeti ve performansını olumsuz etkileyebilecek bu yüksek risk faktörlerinin indirgenmesini sağlayacaktır.

Çalışmada savunma ve havacılık sektöründe ürün geliştirme süreci irdelenmiş, ayrıca hata türleri ve etkileri analizi yapılarak bir hava aracının geliştirilmesi sürecindeki risklerle ilgili çıkarımlarda bulunulmuştur.

SAVUNMA VE HAVACILIK SEKTÖRÜNDE YENİ ÜRÜN

Savunma ve havacılık sanayiinde ürün geliştirme süreci Şekil 1’de örneği görüldüğü gibi, ürün yaşam döngüsünü belirli zaman dilimlerine bölen ve bu zaman dilimleri içinde yapılan işleri ve ürünün geçtiği aşamaları belirten ürün fazlarından oluşmaktadır



Şekil 1: Bir savunma sanayii projesinde ürün fazları

Süreç şu şekilde ilerlemektedir: ‘Önerilen mühendislik projeleri hakkında, uygulamaya karar vermeden önce ek bilgi sağlamak üzere, mevcut

teknikler kullanılarak inceleme yapılması' olarak tanımlanan fizibilite etüdünden sonra sözleşme imzalanır ve tasarım aşaması başlar. Yetenek gerektiren analitik bir işlem olan tasarım fazı genellikle kavramsal tasarım, ön tasarım ve detay tasarım aşamalarında ilerler. Ürün geliştirme projelerinde seri üretim öncesi prototip gerçekleştirme süreci, dönüştürme faaliyeti olarak da tanımlanabilir. Üretim dokümanlarının doğruluk oranı, atölyedeki problemlere çözüm bulma sürelerinin kısaltılması, mühendislik değişikliklerinin atölyeye yansıtılma doğruluğu ve hızının artırılması, takım tasarım ve imalatında kalite oranının artırılması, depodan malzeme transfer hızının artırılması, parça imalat hızının ve ilk seferde doğru yapma oranının artırılması projenin başarısında önemli rol oynamaktadır. Sertifikasyon, kalifikasyon, idame edilebilirlik, bakım gibi faaliyetler de paralel olarak devam eder. Prototip aşamasının başarısına bağlı olarak seri üretim ve lojistik destek çalışmaları ile işlem devam eder.

UYGULAMA

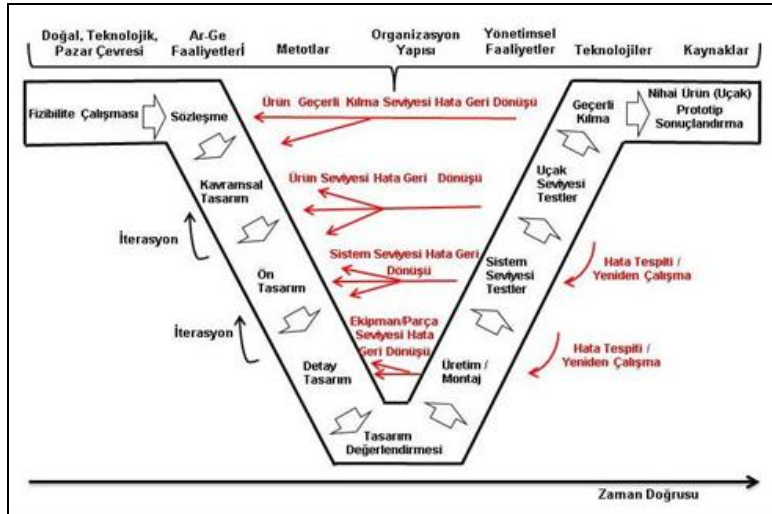
Bu araştırmada, savunma ve havacılık sektöründe yeni ürün geliştirme sürecindeki riskleri ve bunların özelliklerini öngörmek için Proje Risk Hata Türü ve Etkileri Analizi (RFMEA) yöntemin uygulanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, sektördeki ilgili 30 uzman kişi ile derinlemesine mülakatlar yapılmıştır. Mülakatlar sonucunda elde edilen veriler nümerik hale getirilerek tablolandırılmıştır. Risk matrisi olarak adlandırdığımız bu çizelgedeki nümerik verilerden yola çıkılarak, pareto, regresyon ve korelasyon istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak sürecin riskleri değerlendirilmiştir.

Aşağıdaki Çizelge 1'de risk matrisinin fizibilite aşaması için, proje maliyeti bazında oluşturulmuş kısmı görülmektedir. Ürün geliştirmenin bütün fazları için proje süresi, maliyeti ve ürün teknik özellikleri bazında bu çizelge oluşturulmuştur.

Çizelge 1: Risk matrisinden bir bölüm

Projenin Aşaması	BAŞLANGIÇ RISK ANALİZİ					PROGRAM MALİYETİ				
	Fonksiyonlar / Gereksinimler veya Süreç Adımları	Alt Süreçler	Risk Numarası	Potansiyel Hata/Risk Konu Başlıkları	Potansiyel Hata/Risk Etkisi Konu Başlıkları	Şiddet (S)	Gercekleşme Sıklığı (O)	Risk Skoru (RS)	Saplanabilirlik (D)	RPN (S*O*D)
1	Fizibilite çalışması, sözleşme ve alt sözleşmelerin yapılması.	Müşteri/kullanıcının istek ve ihtiyacının belirlenmesi.	1	Uygun olmayan müşteri/kullanıcı istekleri.	Pazar, talep, maliyet, kalifikasyon	7	5	35	5	175
1			2	Müşteri isteklerinde çelişki.	Talep, maliyet, kalifikasyon, zaman	6	6	36	6	216
1			3	Karşılanamayacak müşteri / kullanıcı istekleri.	Talep, maliyet, kalifikasyon, zaman	5	4	20	6	120
1		Gerekli kabiliyet ve kapasitenin tanımlanması ve temin edilebilirliğinin garanti edilmesi.	4	İşletmeler arasında iş paylaşımının yapılması.	Kapasite kullanımı, yatırım tekrarı maliye artışı.	7	5	35	6	210
1			5	Altyapı ve yatırımın belirlenmesi.	Bütçe, zaman ve teknik özellikler hedeflerinden sapma.	8	4	32	6	192
1			6	Gerekli altyapı ve tesisin mevcutiyeti.	Eksik veya yanlış iş sonuçları, maliyet, teknik yetersizlikler.	5	3	15	6	90

Çalışmada, sistem geliştirmede kullanılan ve ürün geliştirmeyi oluşturan süreçleri, bunların arasındaki hem sıralı, hem de bütüncü ilişkiliyi gösteren V model esas alınmıştır.



Şekil 2: Araştırmanın teorik modeli

RFMEA süreci hata modlarını gerçekleşme sıklığı (O), önem (S) ve tespit edilebilirlik (D) için değerlendirmektedir. Aşağıdaki eşitlikte görüldüğü gibi, bu değerlerin çarpımı risk öncelik numarasını (RPN) vermektedir[6].

$$RPN = O * S * D \quad (1)$$

Riskin gerçekleşme ihtimali ile öneminin çarpımı ise, risk skorudur (RS).

$$RS = O * S \quad (2)$$

Bu durumda RPN değeri aşağıdaki şekilde gösterilebilir:

$$RPN = R * S * D \quad (3)$$

RFMEA içerisindeki her bir risk için 1 ile 9 arasında değişen gerçekleşme ihtimali, etki ve tespit değerleri tahsis edilmiştir. Etki değeri; zaman, maliyet ve teknik performans için ayrı ayrı değerlendirilmektedir.

Çizelge 2: Etki Değeri Kılavuzu

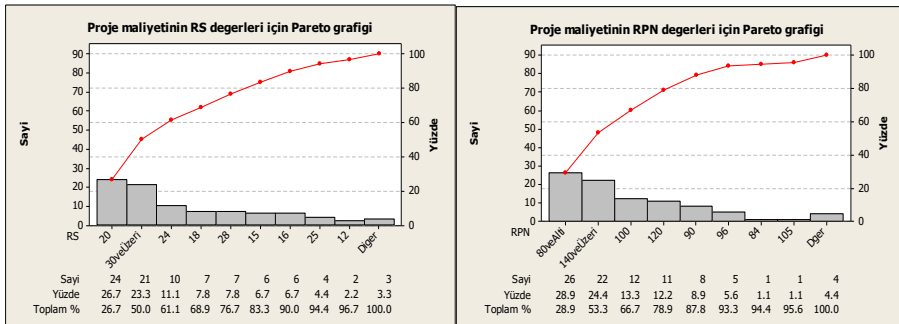
9 veya 10	Takvim	Ana dönüm noktalarına etkisi var. Kritik patikalara etkisi > %20 .
	Maliyet	Toplam proje maliyet artışı > %20 .
	Teknik	Kapsam üzerindeki etkisi nihai ürünü kullanılmaz duruma getirir.
7 veya 8	Takvim	Ana dönüm noktalarına etkisi var. Kritik patikalara etkisi %10 - %20 .
	Maliyet	Toplam proje maliyet artışı %10 - %20 .
	Teknik	Kapsam üzerindeki etkisi projenin çıktısını değiştirir ve ürünü müşteri için kullanılmaz duruma getirebilir.
5 veya 6	Takvim	Kritik patikalara etkisi %5 - %10 .
	Maliyet	Toplam proje maliyet artışı %5- %10 .
	Teknik	Kapsam üzerindeki etkisi projenin çıktısını değiştirir ve müşteri onayı gerektirir.
3 veya 4	Takvim	Kritik patikalara etkisi < %5 .
	Maliyet	Toplam proje maliyet artışı < %5
	Teknik	Kapsama etkisi küçük fakat işletme içinde, belki de müşteri nezdinde de değişiklik onayı gerektirir.
1 veya 2	Takvim	Etkisi önemsiz .
	Maliyet	Proje maliyet artışı önemsiz .
	Teknik	Farkedilebilir değişiklikler değil .

Çalışmamızda, anket sonucu oluşturduğumuz çizelgedeki kritik RPN ve RS değerleri belirlenerek pareto analizi yapılmıştır. Erken safhada bir cevap planı gerektiren başlangıç risk setlerini belirlemek için iki kritik değer kesişimini bulmak gerekmektedir. Başlangıç risk cevap planı için hem risk skoru, hem de risk öncelik sayısını kritik değerlerin üzerinde olan risk olaylarına öncelik verilir. Risk skoru ve risk öncelik sayısı değerinin her biri ayrı ama ilgili amaca hizmet ettiğinden, her ikisi de değerlendirilmelidir. Kritik riskler belirlendikten sonra, kaçınma, transfer etme, azaltma, kabullenme ve buna uygun cevap planlarını dokümanete etme gibi risk cevap stratejileri düşünülmektedir.

Cevap planını takiben son adım, RS ve RPN değerlerini yeniden hesaplamaktır. Risk; maliyet, zaman ve teknik kategorilerde değerlendirilebilir. Yeniden hesaplanan RPN değeri kritik değerin altına indirilemezse cevap planı tekrar düzeltilmeli, saptama metotları iyileştirilmeli veya risk kabul edilmelidir.

VERİLERİN ANALİZİ

Risk matrisindeki verilerin değerlendirilmesinde pareto ve regresyon analizleri yapılmıştır. Pareto analizinde ilk adım olarak program takvimi, program maliyeti ve ürün teknik özellikleri için RS pareto grafikleri, ikinci adım olarak ise RPN pareto grafikleri oluşturulmuş olup, aşağıdaki Şekil 3'te proje maliyeti için bu grafikler görülmektedir.



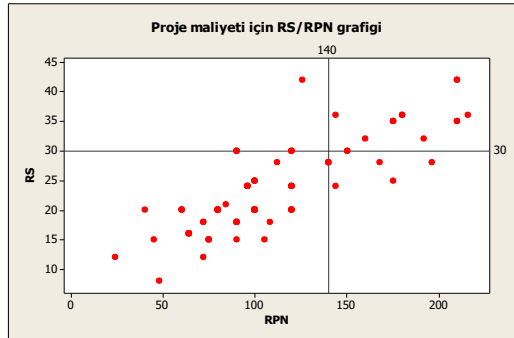
Şekil 3: Proje maliyeti risk skorları (RS) ve risk öncelik sayıları (RPN)

Diyagramlarda proje takvimi için yüzde 26,7'lik dilimde, program maliyeti için yüzde 23,3'lük dilimde, ürün teknik özellikleri için yüzde 42,2'lik dilimde RS değeri 30 ve üzeri olan riskler bulunmaktadır. O nedenle her üçü için başlangıç aşaması kritik RS değeri olarak 30 seçilmesi uygun görülmüştür. Aynı değerlendirme yöntemi ile kritik RPN değeri olarak program takvimi ve program maliyeti için 140, ürün teknik özellikleri için ise 150 seçilmesi uygun görülmüştür (Çizelge 3).

Çizelge 3: Seçilen kritik RS/RPN değerleri

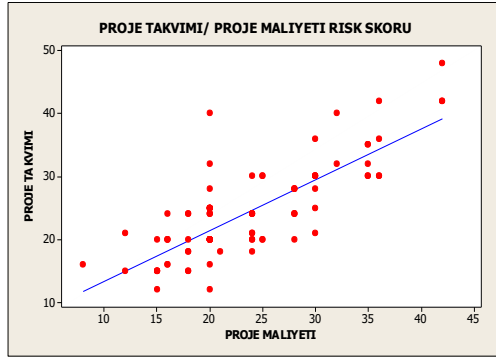
	Risk Skoru (RS)	Risk Öncelik Sayısı (RPN)
Takvim	30	140
Maliyet	30	140
Teknik	30	150

Kritik değerlerin atanmasından sonra, proje takvimi, proje maliyeti ve ürün teknik performansı için dağılım grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4). Kritik değerlerin üzerindeki riskler bu grafiklerde sağ üst köşededir (Örneğin müşteri veya kullanıcı isteklerinin belirlenmesi, projede görev alacak işletmeler arasındaki iş paylaşımı, altyapı ve yatırımın belirlenmesi, gerekli uzmanlık ve insan kaynağı, projenin takvimlendirilmesi, tasarım ve üretim organizasyon yapısı, Ar-Ge faaliyetleri, gereksinimlerin belirlenmesi, yapısal tasarım faaliyetleri, yazılım faaliyetleri ve prototip üretimi).



Şekil 4: Proje maliyeti için RS/RPN grafiği

Çalışmanın bu bölümünde, risk matrisinde tanımlanmış olan RS ve RPN değerleri ile ilgili korelasyon grafikleri ve çizelgeleri elde edilmiştir. Şekil 5'te, proje takvimi ile proje maliyeti arasında risk skoru açısından ortaya çıkan ilişki görülmektedir.



Şekil 5: Proje takvimi /Proje maliyeti grafiği

Aşağıdaki Çizelge 4'te ise, RS ve RPN değerlerinde korelasyon katsayıları görülmektedir.

Çizelge 4: Risk Skoru (RS) ve Risk Öncelik Sayısı (RPN) Korelasyon Çizelgesi

Risk Skoru (RS)			
	Ürün Teknik Özellikleri	Proje Takvimi (Zaman)	Proje Maliyeti
Pearson Korelasyon Katsayısı	1	0.638	0.668
Ürün Teknik Özellikleri			
Proje Takvimi (Zaman)	0.638	1	0.793
Proje Maliyeti	0.668	0.793	1
Risk Öncelik Sayısı (RPN)			
	Ürün Teknik Özellikleri	Proje Takvimi (Zaman)	Proje Maliyeti
Pearson Korelasyon Katsayısı	1	0.645	0.682
Ürün Teknik Özellikleri			
Proje Takvimi (Zaman)	0.645	1	0.892
Proje Maliyeti	0.682	0.892	1

Çizelge 4'e göre proje takviminin riskleri ile ürünün teknik performans riskleri arasındaki ilişki zayıftır. Pearson korelasyon katsayısı RS için 0.638, RPN için ise 0.645 çıkmaktadır. Aynı şekilde proje maliyetinin riskleri ile ürünün teknik performans riskleri arasındaki ilişki de zayıftır. Korelasyon katsayısı RS için 0.668, RPN için ise 0.682 çıkmaktadır. Proje takviminin riskleri ile proje maliyetinin riskleri arasında ise daha güçlü bir ilişki vardır. Bu ilişki için Pearson korelasyon katsayısı RS için 0.793, RPN için ise 0.892 çıkmaktadır.

Yukarıdakine benzer yöntemle, projenin ilerleme aşaması ile RS ve RPN arasındaki ilişki araştırılarak aşağıdaki Çizelge 5 oluşturulmuştur.

Çizelge 5: Proje aşaması/RS ve Proje aşaması/RPN korelasyonu

Risk Skoru (RS)			
	Ürün Teknik Özellikleri	Proje Takvimi (Zaman)	Proje Maliyeti
Pearson Korelasyon Katsayısı	-0.086	-0.135	-0.328
Ürün geliştirme projesinin aşaması			
Risk Öncelik Sayısı (RPN)			
	Ürün Teknik Özellikleri	Proje Takvimi (Zaman)	Proje Maliyeti
Pearson Korelasyon Katsayısı	-0.213	-0.325	-0.433
Ürün Geliştirme Projesinin Aşaması			

Çizelge 5'e göre, projenin aşaması ile proje takviminin, maliyetinin ve ürünün teknik performans risk skorları arasında ters yönde bir korelasyon vardır. Proje ilerledikçe risk skoru azalmaktadır. Bu azalma proje maliyetinde -0.328, proje takviminde -0.135 ve ürünün teknik özelliklerinde -0.086 olarak elde edilmektedir. Projenin aşaması ile proje takviminin, maliyetinin ve ürünün teknik performans risk öncelik sayıları arasında ters yönde bir korelasyon vardır. Proje ilerledikçe risk öncelik sayısı azalmaktadır. Bu azalma proje maliyetinde -0.433, proje takviminde -0.325

ve ürünün teknik özelliklerinde -0.213 olarak elde edilmektedir. Korelasyon katsayısı düşük çıksa da ilişki negatif yönde olduğu için ürün geliştirme projelerinin başlangıç aşamalarında alınan kararların oluşturduğu risk ve hataların daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışmanın bu kısmında son olarak projenin ilerleme aşaması ile risklerin saptanabilirliği arasındaki ilişki araştırılmış ve projenin ilerleme aşaması ile proje maliyetinin saptanabilirlik değeri arasındaki korelasyon katsayısı - 0.196 bulunmuştur.

Çizelge 6: Proje aşaması/risk saptanabilirlik (D) korelasyonu

Risk Saptanabilirlik Değeri (D)			
	Ürün Teknik Özellikleri	Proje Takvimi (Zaman)	Proje Maliyeti
Pearson Korelasyon Katsayısı			
Ürün Geliştirme Projesinin Aşaması	-0.196	-0.305	-0.262

SONUÇ

Yaptığımız çalışmada RFMEA yöntemini kullanarak aşağıdaki sonuçlara varmak mümkün olmuştur:

Yeni ürün geliştirme projelerinin başlangıç aşamasında verilen kararların yüksek risk potansiyeli taşıdığı görülmektedir. Örneğin, müşteri veya kullanıcının istek ve ihtiyaçlarının belirlenmesinde, karşılanması zor, çelişkili isteklerin iyi yönetilememesi, ürün geliştirme projesinin başarı şansını azaltmaktadır. Kullanıcı ve alt yüklenicilerin yeni ürün geliştirme sürecine katılmasını sağlamak için, ihtiyaçların esnek olarak tanımlandığı ve aşamalı olarak gerçekleştirildiği evrimsel tedarik sisteminin uygulanmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Bir başka sonuç da, projenin ilerleme aşaması ile risk saptanabilirliğinin ters orantılı olduğu, yani başlangıç aşamasındaki risklerinin saptanmasının daha zor, prototip üretimi gibi ileri aşamalardakilerin daha kolay olduğu şeklindedir.

Ayrıca, sektördeki ürün geliştirme projelerinde karşılaşılan bazı riskler yüksek olsa bile, risk cevabı hazırlama işleminin ertelenebileceği anlaşılmaktadır. Bunun sebebi, bu risklerin tespit edilmesinin ve dolayısı ile gerekli önlemlerin alınmasının nispeten kolay oluşudur. Son olarak, ürün geliştirme projelerinin takvim (proje süresi) riski ile maliyet riski arasında güçlü bir etkileşim olduğu görülmektedir. Projeler öngörülenden daha uzun sürdüğü takdirde, her türlü maliyet de artacaktır.

Bu çıkarımlar, RFMEA'nın, savunma ve havacılık sanayiindeki ürün geliştirme projelerinin barındırdığı önemli risklerin ve bunlarla ilgili korelasyonların belirlenmesinde kullanılabilecek mantıklı sonuçlar veren gelişmiş ve basit bir araç olduğunu göstermektedir. Standart FMEA yöntemine tespit edilebilirlik değerinin eklenmesi sayesinde, daha iyi bir risk önceliklendirme yapmak mümkün olmaktadır. O nedenle, savunma ve havacılık sanayiindeki projelerin risk yönetiminde kullanılması önerilmektedir.

Kaynaklar

[Carbone, T.A., Tippet, D.D. 2004], Project Risk Management Using the Project Risk FMEA, Page 30.

[Department of Defense, 1995], MIL-STD-1521B, P.16 Technical Reviews and Audits for Systems, Equipments and Computer Software, USA,

[Department of Defense, 2011], Incose Systems Engineering Handbook, A guide for system life cycle processes and activities, V.3.2.2, Page 27.

[Groover, P. M., 2010], Fundamentals of modern manufacturing, Fourth Edition, USA: John Wiley and Sons, Inc., Page 20.

[Kerzner, H., 2009], Project Management, A System Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, Tenth Edition, New York: John Wiley and Sons, Inc., Page 22.

[OECD, TÜBİTAK, 2002] Frascati Kılavuzu, Araştırma ve Deneysel Geliştirme Taramaları İçin Önerilen Standart Uygulama, Sayfa 32.

[Tekin, M., 2004], Üretim yönetimi, 5.Baskı, Konya: Eğitim Kitabevi

ÖZGEÇMİŞ

Necmi KARA

1965 Gümüşhane doğumludur. 1986 yılında İTÜ Uçak Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. İşletme dalında yüksek lisans yapmıştır. 1987-1989 yılları arasında 1.Hava İkmal ve Bakım merkezinde, 1989-1991 yılları arasında Kırklareli Cam fabrikasında bakım mühendisi olarak çalışmıştır. 1991 yılından bu yana TAI'de İmalat Mühendisliği bölümünde görev yapmakta olup İngilizce ve Almanca bilmektedir. Evli ve üç çocuk babasıdır.

Prof.Dr. Sezer KORKMAZ

Lisans eğitimini 1984 yılında Gazi Üniversitesi, Mesleki Eğitim Fakültesi, Teknoloji Eğitimi bölümü, Ticaret Eğitimi Ana Bilim Dalında tamamladı. 1988 yılında Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Anabilim Dalında Yüksek Lisans derecesini aldı. 1990 yılında İngiltere'de Manchester University, Bolton Institute of Higher Education Kurumunda, Dünya Bankası/YÖK II. Endüstriyel Eğitim Projesi, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Program ve Öğretim Metotları konusunda 9 aylık eğitim programına katıldı. 1995 yılında Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Dalında Doktora Derecesi alan Sezer KORKMAZ, 1996 yılında Yardımcı Doçent, 28 Kasım 2000 tarihinde Üretim Yönetimi ve Pazarlama Ana Bilim Dalı Doçenti oldu. 2006 tarihinde Profesör olan Sezer KORKMAZ'ın Uluslararası ve Ulusal Hakemli dergilerde yayımlanmış 27 adet makale çalışması mevcuttur. İki kitabı, bir kitap editörlüğü ve 3 kitapta da bölüm yazarlığı bulunan ve ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildirileri de mevcut olan Sezer KORKMAZ, pek çok projede de proje danışmanı ve katılımcı olarak çalışmıştır. Sezer KORKMAZ, halihazırda Gazi Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.