

YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TRAFİK KAZALARINI ETKİLEYEN YOL FAKTÖRLERİNİN
DENEY TASARIMI İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sinan PESEN

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Programı**

HAZİRAN 2018

YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TARAFİK KAZALARINI ETKİLEYEN YOL FAKTÖRLERİNİN
DENEY TASARIMI İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sinan PESEN
(145109001)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

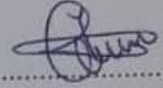
Endüstri Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Hikmet ERBIYIK
İkinci Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Yavuz DELİCE**

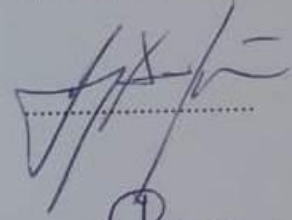
HAZİRAN 2018

YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 145109001 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Sinan PESEN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ **TRAFİK KAZALARINI ETKİLEYEN YOL FAKTÖRLERİNİN DENEY TASARIMI İLE İNCELENMESİ** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

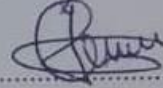
Tez Danışmanı : **Dr. Öğrt. Üyesi Hikmet ERBIYIK**
Yalova Üniversitesi



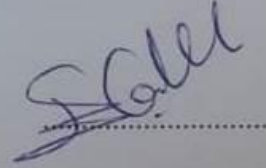
Eş Danışman : **Dr. Öğrt. Üyesi Yavuz DELİCE**
Yalova Üniversitesi



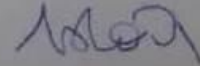
Jüri Üyeleri : **Dr. Öğrt. Üyesi Hikmet ERBIYIK**
Yalova Üniversitesi



Dr. Öğrt. Üyesi Eyüp ÇALIK
Yalova Üniversitesi



Doç. Dr. Orhan KOÇAK
İstanbul Üniversitesi



Teslim Tarihi : 17 Mayıs 2018
Savunma Tarihi : 19 Haziran 2018



Hazırlamış olduğum bu yüksek lisans tezimi eşime ithaf ediyorum.





ÖNSÖZ

Bu çalışmada başta danışman hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Hikmet ERBIYIK 'a konu seçimi bilgisiyle önümü açması, Doç. Dr. Eray CAN 'a yönlendirmeleri ve destekleriyle, problemin seçimi verilerin hem teminin hem de irdelenmesinde desteklerinden dolayı Dr. Öğr. Üyesi Yavuz DELİCE 'ye, tezin bir çok aşamasında yönlendirme ve destekleriyle Sayın Dr. Ziya GÜNAY'a, coğrafi bilgi sistemleri konusunda Araştırma Görevlisi İsmail ADALIOĞLU 'na, analiz programındaki destekleriyle Sayın Tülay TEK'e ve de her aşamasında desteğini eksik etmeyen sevgili eşim ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2018

Sinan PESEN
(Endüstri Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
2. TRAFİK KAZALALARI	3
2.1 Kaza.....	3
2.2 Neden Trafik Kazaları	3
2.3 Trafik Kazalarına Etki Eden Faktörler	4
2.4 Litaratürde Trafik Kazaları.....	5
3. DENEY TASARIMI	13
3.1 Deney Tasarımının Tanımı.....	13
3.2 Deney Tasarımı Gelişim Süreci	15
3.3 Literatürde Deney Tasarımı	16
3.4 Deney Tasarımının Amaçları ve Kazanımları.....	25
3.5 Deney Tasarımının Uygulama Alanları	27
3.6 Deney Tasarımında Temel Kavramlar	29
3.7 Deney Tasarımı Temel İlkeleri	29
3.8 Deney Tasarımının Uygulanması Süreci.....	30
4. DENEY TASARIMI UYGULAMA YÖNTEMLERİ	37
4.1 Klasik Metotlar ile Deney Tasarımı	37
4.2 İstatistiksel Metodolojiler ile Deney Tasarımı	38
4.2.1 Tek faktörlü deney	38
4.2.2 Çok faktörlü deney.....	38
4.2.3 Tam faktöriyel deney tasarımı	38
4.2.4 Kesirli faktöriyel deney tasarımı.....	42
4.2.5 Taguchi metodu.....	43
5. UYGULAMA	45
5.1 Kazalarda Deney Tasarımı Uygulaması.....	46
5.2 Tam Faktöriyel Deney Tasarımı Uygulaması	52
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMALAR

ABD	: Ana Bilim Dalı
AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Süreci)
ANOVA	: Analysis of Variance (Varyans Analizi)
BAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DBQ	: Sürücü Davranışı Sorgu Listesi
DOE	: Design of Experiments
EGO	: Emniyet Genel Müdürlüğü
FMEA	: Hata Türleri ve Etki Analizi
GIS	: Geographic Information Systems
GNSS	: Global Navigation Satellite System
K.K.T.C.	: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
KBS	: Kent Bilgi Sistemleri
KO	: Kareler Ortalaması
KOD	: Deneme Kareler Ortalaması
KOH	: Hata Kareler Ortalaması
KT	: Kareler Toplamı
KTD	: Deneme Kareler Toplamı
KTH	: Hata Kareler Toplamı
KTG	: Genel Kareler Toplamı
ML	: Maximum Likelihood
MML	: Modified Maximum Likelihood
OFAT	: The one factor at a time method
sd	: Serbestlik Derecesi
SPC	: Statistical Process Control (İstatistiksel Proses Kontrol)
SPSS	: Statistical Package for the Social Science
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UML	: Birleşik Model Dili
USA	: Amerika Birleşmiş Milletleri
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü



ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1: Örnek tam faktöriyel deney tasarım tablosu.....	39
Çizelge 5.1: Kaza yol faktörleri ve deney seviyeleri.....	47
Çizelge 5.2: DOE sonuç / analiz tablosu	49
Çizelge 5.3: Deney model özeti.....	50
Çizelge 5.4: DOE Revize sonuç / analiz tablosu	53
Çizelge 5.5: Tam Faktöriyel Deney model özeti.....	54





ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1: Üç temel yöntemin kalite yönetimine katkısı.....	14
Şekil 3.2: Genel Süreç Modeli.....	31
Şekil 3.3: Bilimsel çalışmalarda istatistiksel girdi düzeyi.....	32
Şekil 3.4: Deney tasarımının uygulanma süreci	33
Şekil 4.1: Klasik metotlar ile deney tasarımı ve ölçümlenmesi.....	37
Şekil 4.2: 2^3 Faktöriyel Tasarım	39
Şekil 4.3: 2^3 Faktöriyel Tasarımlarda Ana Etkiler ve Etkileşimler	41
Şekil 5.1: Kaza Etki Faktörleri Paroto Grafiği	51
Şekil 5.2: Dot-Plot (Nokta Grafiği) Faktör seviyesi – kaza düzeyi.....	52
Şekil 5.3: Etkili faktör seviyesi - kaza aralığı.....	53
Şekil 5.4: Kaza - Ana Etki Grafikleri (Tekil Faktör için).....	54
Şekil 5.5: Kaza - İkili parametre Etkileşim Grafikleri.....	55



TRAFİK KAZALARINI ETKİLEYEN YOL FAKTÖRLERİNİN DENEY TASARIMI İLE İNCELENMESİ

ÖZET

İnsanlığın varoluşundan itibaren ihtiyaçlar ya da arzular için ulaşım, kaçınılmaz bir gereksinim olmuştur. Bu amaçla insanlar başta yayan olmak üzere, hayvanlardan ve çeşitli icatlar ile mekanik ve elektronik yapılarda araçlar kullanmıştır. Geçmişte alanların genişliği ve yerleşimin dağınık olmasıyla herhangi bir düzende olmayan ulaşım şekilleri yerleşik hayat ve şehirleşmelerin etkisiyle bir düzen ve güzergâhlar bütününe kullanılması kaçınılmaz kılınmıştır. Bunu yerleşim alanlarının amaçlar doğrultusunda bölümlenmesi, inşaatı ve yolların oluşumu izlemiştir. Yollar ve araçların kullanımı ise ulaşım ağlarını ortaya çıkarmıştır. Günümüzde demiryolu, havayolu, deniz yolu ve karayolu olmak üzere, pek çok ulaşım ağı insanların kullanımında iken, bunların oluşturacağı yoğunluk da trafik olarak ifade edilebilir. Bilhassa ulaşım ağlarındaki artış özellikle tek bir alana yığılmanın ve kargaşanın önlenmesine yönelik önemli bir gereksinimdir.

Dünyada ve ülkemizde ulaşım ağlarının geliştirme çabaları her ne kadar mevcutsa da, gelişen ülkeler ve artan nüfusla birlikte ulaşım ağları yeterli olmadığı söylenebilir. Bu yetersizliğe ulaşım ağının yapısı, çevre ve insan faktörünün katılımıyla ulaşımda çeşitli problemler de ortaya çıkmaktadır. Bu problemlerin başında ise trafik kazaları gelmektedir.

Trafik kazaları hem bireyler hem de kitleler üstünde derin etkilere sahiptir. Kazalar yaralanma, ölüm ve çokça maddi zararlar ile sonuçlanarak; insanlar üzerinde fiziksel tahribatlar yaratırken, ülke ekonomisine de büyük maliyetler yüklemektedir.

Özellikle şehirleşmenin, plansız kentleşmenin, hatalı ulaşım projelerinin artışı, trafik kazalarını ve ne tür önlemler ile çözülebileceği sorusunu ön plana çıkarmaktadır. Tüm bu olumsuz uygulama ve sonuçlar dikkate alınarak, trafik kazalarını etkileyen faktörlerin neler olduğu, ne seviyede ve ne yönde etkilediği ve ne tür önlemler ile çözülebileceği soruları ön planda iken; çözüm araştırmaları hem uygulama sahalarında hem de akademik açıdan üzerinde ilginin sürekli taze olduğu problemler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu kapsamda çalışmamızda Çorum ilimizde 3 döneme ait kaza verileri ve ArcGIS Coğrafi Bilgi Sisteminin(CBS)den elde edilen veriler Deney Tasarımı yaklaşımı ile Minitab programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu noktada yola bağlı çevresel etkiler üzerinde durularak, kazalara olan etki düzeyi araştırılmış ve kazalara etkileyen yol faktörleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İstatistiksel Deney tasarımı, faktöryel tasarım, kaza analizi, yol faktörleri



INVESTIGATION OF ROAD FACTORS AFFECTING TRAFFIC ACCIDENTS BY DESIGN OF EXPERIMENT APPROACH

SUMMARY

Since the mankind's existence, transportation for needs or desires has become an inevitable necessity. For this purpose, people have used tools in the mechanical and electronic structures, especially in animals, animals and in various inventions. In the past, due to the widespread nature of the area and the disorganization of the settlements, there has been inevitable use of a whole sequence and routes with the influence of established forms of life and urbanization. This is followed by the division of the settlement areas in the direction of their purpose, the construction and the formation of roads. The use of roads and vehicles reveals transport networks. Today, many transportation networks, such as railway, airway, sea road and highway, are used by people, and the density they will create can be expressed as traffic. In particular, the increase in transport networks is an important necessity for the accumulation of a single area and the prevention of turmoil.

Although there are efforts to improve the transportation networks in the world and our country, it can be said that the developing nations and the increasing population together with the transportation networks are not enough. Various problems arise in the transportation due to the nature of transportation network, environment and human factor. Traffic accidents are at the top of these problems. Traffic accidents have profound effects on both individuals and masses. Accidents resulted in injury, death and much material damage; while it creates physical damage on people, it also incurs huge costs on the country's economy.

Especially, urbanization, unplanned urbanization, increase of erroneous transportation projects, traffic accidents and what kind of measures can be solved poses a question. With all these negative applications and results taken into account, questions about what factors affect traffic accidents, what level and direction they affect, and what kind of measures can be solved are preliminary; The researches of the solution are confronted as problems that are always fresh in the application fields as well as in the academic aspect.

In this context, the data obtained from the accident data and ArcGIS geographical information system (GIS) of 3 cycles in Çorum in our province were analyzed by Minitab program comparing design approach method. At this point, the impact level of the accident was investigated and the Road Factors Influencing the Accident were evaluated.

Key Words: Statistical Experimental design, factorial design, accident analysis, road factors.



1. GİRİŞ

Canlıların varoluşundan itibaren daima bir hedef doğrultusunda ulaşım ihtiyacı vardır. Zaman geçtikçe aynı alanların kullanımı sıklık ve insanların peyda olmasıyla da karmaşıklığın düzeyi artmıştır. Zira insan varlığı boyunca doğan ihtiyaçları için çözümler üretirken beraberinde sorunları da doğurmuştur. Bunun en bariz örneğini benzer zaman dilimlerinde aynı alanların kullanıldığı yollarda görmekteyiz. Elbette ki bu yollardan demir, deniz ve hava yolları mevcutsa da yoğunluk hali hazırda kara yollarındadır. Yoğunluğun kara yollarında olması hasebiyle de dikkat ve çalışmalar karayollarının üzerinde yoğunlaşmaktadır. Karayollarına olan ilgi yaygınlaştırma ve geliştirilmesi yönünde olduğu gibi, yolların kullanımı ve gelecek konusunda doğan eksiklikler, gereksinimler kusurlara yönelik de olmaktadır.

Yıllar geçtikçe nüfusun artışı, göçler ve yeni yerleşim alanlarına olan gereksinim, yük ve yolcu taşınmasında ulaşım ağlarının artırılması, geliştirilmesi, alternatiflendirilmesi ve hataların mevcudiyetine binaen düzeltme zaruriyetini doğurmuştur. Yalnızca yapısındaki bozuklukların düzeltilmesi değil, temelde yapılan hataların da kullanım esnasında keşfiyle çözümüne dair araştırma ve çalışmaların yoğunlaştığı söylenebilir. Elbette ki maksat, en iyi koşulların eldesiyle uzun ömürlü, rahat kullanım sağlayan, güvenli ulaşım yollarının tesisidir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada bir çok üretim ve hizmet alanında kullanımda olan ve süreçlerin gelişiminde büyük katkı elde edilen deney tasarımının, pek de alışık olunmayan bir konu olarak, trafik kazalarına etki ettiği düşünülen yol faktörlerinin kazalarla ilişkisi ve ne düzeyde etkili olduğu üzerine incelemede bulunulmak istenmiştir. Bilhassa deney tasarımının kullanımı, bu konuda farklı yaklaşımlar ve konu üzerine çalışanlara farklı bir bakış açısı katması beklenmektedir.



2. TRAFİK KAZALARI

2.1 Kaza

İncelenen konu itibariyle öncelikle bazı ifadelerin tanımlanmasında fayda var ki, bunların başında kaza geliyor.

Kaza, istenmeyen bir olayın gerçekleşmesi olarak ifade edilirken; 4 çeşit kaza türü olduğu söylenebilir. Bunlar içerikleri ve oluş yerleri itibariyle:

- İş kazaları,
- Ev kazaları,
- Spor kazaları ve
- Trafik kazalarıdır.

Sıralanan kazalardan trafik kazası, seyahat ederken gerçekleşen en az bir aracın yer aldığı ölümlerle, yaralanmayla veya maddi hasarla sonuç bulmuş durumlardır (Polat, 1996: 20).

2.2 Neden Trafik Kazaları

Neredeyse araçların icadından bu yana yaşanan kazalar her dönem ilgi ve çözüm aranan bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün 2010 yılında yayınladığı istatistiklere göre; dünyada bir yılda ortalama 1.240.000 insan trafik kazalarında yaşamını yitirmektedir. Trafik kazalarından kaynaklanan zarar ise yıllık ortalama \$518 milyarı bulmaktadır (World Health Organization, 2013: 4).

Ayrıca kara yolunda meydana gelen trafik kazaları, dünyada yaşanan ölüm sebeplerinin yaklaşık %2,1'ini kapsamaktadır. Ölüm sebeplerine göre oluşan sıralamada ise trafik kazalarının 2030 yılında 7. sırada yer alacağı öngörülmektedir. Bu sıralama neticesi hassasiyetle göz önünde bulundurulması gereken bir sıralamadır (Global Status Report On Road Safety, 2015: 10). Ayrıca aynı döneme ait projeksiyonda, 13 - 14 yaş arasındaki ölümlerin nedenleri sıralamasında trafik kazalarının ilk sırada olacağı öngörülmüştür (M.Özçelik, 2013). Dolayısıyla bu

durumun bir ülke neslinin yok oluşu ve gelişiminin durmasına, belki de gerilemesine kadar sonuçlar doğurabileceği söylenebilir.

Ülkemizde karayolları, yük taşımacılığında 89,8 % oranında kullanılırken, yolcu taşımacılığında 89,2 % oranında kullanılmaktadır. Son otuz yılda hızlı, planlamadan uzak kentleşme ve hatalı ulaşım uygulamaları nedeniyle; trafik kazaları ülkemizin sürekli güncelliğini koruyan problemlerinden biri olarak karşımızda durmaktadır (Saplıoğlu ve Karaşahin, 2005).

2006-2016 yılları arasında TÜİK verilerine göre; Türkiye’de her yıl trafik kazaları sonucu kaza yerinde ortalama 4.000 kişi, kaza sonrası (trafik kazasında yaralanıp sağlık kuruluşlarına sevk edilenlerden kazanın sebep ve tesiriyle otuz gün içinde ölenler) ortalama 3.750 kişi olmak üzere toplam 7.750 civarında kişi hayatını kaybederken, 240.000 civarında kişi de yaralanma ve sakat kalma ile karşı karşıya kalmaktadır (TÜİK, 2016). Trafik kazaları sonucu ölümler ve yaralanmalar kişiler ve aileler üzerinde çok büyük olumsuz etkilere sebep olmakla birlikte, kabul edilemez yüksek rakamlar ulusal ekonomilerde de önemli kayıplara sebep olmaktadır.

Örneğin “Ülkemizde trafik kazaları ve yol açtığı maddi zararlara bakıldığında; 2000 yılında gerçekleşen trafik kazaları bile 6 milyar 256 milyon dolayında bir değere mal olup, bu kayba karşılık 7.785 km yol inşası ya da 4.668.571 kişi asgari ücretle (2017 yılı asgari ücreti baz alınarak) çalıştırılabilirdi.” (E. Karadayı, 2001).

Tüm bu bilgiler ışığında hem devletin ilgili kurumları, hem özel sektör iştirakleri hem de akademik çevrelerce, çözümleri için trafik kazaları ve nedenleri üzerine yoğun bir mesai harcadığı savunulabilir.

2.3 Trafik Kazalarına Etki Eden Faktörler

Literatürde trafik kazaları çok farklı açılardan incelemeye tabi tutulduğu görülmektedir. Örneğin Özçelik (2013), çalışmasında Ankara’da şehir içi otobüs kazalarını analiz ederek bölge risklerini araştırmış, kazalarda etkili ana ve alt faktörleri irdeleyerek ve çok ölçütlü bir bulanık AHP karar modeli önermiştir. Sonucunda ise, insan faktörünün kaza oluşumunda büyük öneme sahip olduğu vurgusuyla, sürücü eğitim sürelerinin artırılması, çalışma sürelerinin azaltılmasıyla trafik kurallarına daha fazla riayet edileceğini ve kaza riskinin düşürülebileceğini öne sürmüştür.

Yine Ankara şehiriçi kazalarının analizine yönelik Yıldırım ve Özcan (2015) tarafından yapılan çalışmada, 2008-2010 yıllarında Ankara'da gerçekleşen kaza tutanaklarına dayanarak risk analizi yapılmış, kaza noktalarının tespitinde Google.Maps ile entegre işleyen yapay sinir ağı modeli oluşturulmuş. Matlab te Levenberg-Marquardt algoritmasıyla eğitim ve test süreçlerine tabi tutulan veriler kullanılarak model önerisinde bulunulmuştur.

Geymen ve Dedeoğlu (2016), Coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak trafik kazalarının azaltılmasına yönelik Kahramanmaraş ili özelinde bir çalışma gerçekleştirirken, kara tutanaklarından yararlanarak ArcGIS ve CBS kullanılmıştır.

2.4 Literatürde Trafik Kazaları

Motorlu taşıtların insan kullanımına başlaması, araçların ve kullanıcıların artması; trafik güvenliği gereksinimi de beraberinde zorunlu kılmıştır (Tortum ve diğ., 2012).

Trafik kazalarının enaza indirgenmesi amaçlı her yıl onlarca araştırma yapılmakta ve sonucunda belirlenen kaza sebeplerine yönelik çözümler türetilmektedir. Kazaların nedenlerinin ivedilikle ve doğru tespiti, çözümünde ve önleyici tedbirlerin alınmasında büyük öneme sahiptir (Mandloi and Gupta, 2003; Tuncuk, 2004).

Karayolu güvenliğinin sağlanması sürecinin planlanmasında, ileriye dönük doğru bir kaza tahmin modellemesi gerekmektedir. Kullanılan modellerin uygunluğu; kaza raporlarının güvenilir olmasına, kaza etki eden parametrelerin doğru belirlenmesi ve seçilen istatistikî analiz yöntemi başarısına bağlıdır. Literatürde çeşitli yaklaşımlar ve analizler mevcut olup, bağlı olarak farklı kaza tahmin modelleri geliştirilmiştir.

Bu doğrultuda kullanılanlardan biri de Kent / Coğrafi Bilgi Sistemi (KBS veya CBS)dir ki, kaza sebeplerinin belirlenmesi ve önlenmesine yönelik stratejik planlama geliştirilmesinde katkı sağlayan sistemlerdir.

Kent Bilgi Sistemleri (KBS), kent bilgilerinin derlenerek veri ilişkileriyle analizine imkan verip, kentin sosyo-ekonomik, kültürel ve benzeri konularda gelişimin sağlanmasına kullanılan bilgi sistemi uygulamasıdır (Bensghir ve Akay, 2006).

CBS ise, konum temelli gözlemlerden çıkarılan bilgilerin derlendiği, depo edildiği ve analizine imkan vererek kullanıcıya sunan sistem bütünüdür (Foote and Lynch 1996; Geymen ve Yomralıoğlu, 2006).

Trafik kazalarının analizine yönelik yapılan çalışmalar aslında 1960 yılında tamamlanmıştır. Sonrasında ise araştırmacılar kaza tahmin modellemesine yönelmişlerdir. Bu modellerden en eski bilinen Smeed Kanunu 1938 yılına ait 20 ayrı ülkeden temin edilen veri yardımıyla ölüm - araç sayısı - nüfus arasındaki ilişki irdelenmiştir (Smeed, 1949). Andreassen (1985) ise, Smeed'in modelinde kullanılan verilerin tek yıla ait olup, herhangi zaman serisi ihtiva etmediğini ve modelde sabit ve üstel değerlerin ülkeler için farklılık arz edebileceğinden tüm ülkelere uygulanmasının mümkün olmadığını ifade etmiş, başka bir model önerisinde bulunmuştur. Partyka (1984) da çalışma ve nüfus verilerine dayanarak kaza tahminine yönelik bir modeli önermiştir. Modelde model parametreleri; çalışan sayısı, çalışabilir durumda ancak işsiz kişi sayısı ile çalışmak istemeyen kişi sayıları olarak kullanmıştır.

Dinesh and Bawa (1984) çalışmasında, ölümlü kazaların Hindistan'ın Delhi kenti özelinde incelemişlerdir. 1984'de Delhi'nin diğer kentlerden ayrılarak kazaların %80'ni kadarının yayalar, çift tekerlekli araçlar ve otobüslerden kaynaklı ve geri kalan motorlu taşıtların ölümler üzerinde daha düşük etkisi olduğunu belirtmiştir. Mekky (1985) de gelişim sürecindeki ülkelere taşıt artışının ölüm oranlarına etkisini analiz etmiş ve sanayileşmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkelere nazaran araç başına ölümler ile motorlu araç sayıları arasındaki ilişkinin beklenenin aksine ters orantılı olduğunu tespit etmiştir.

Zegeer (1987) trafiğin, yol geometrisinin ve arazi yapısının kaza oluşumu üzerinde etkili parametreler olduğunu savunmuş ve bu parametre verilerini kullanarak kaza tahmin modelini geliştirmiştir. Akgüngör ile Yıldız (2007) kısmi faktöriyel metodu kullanarak Zeeger'in modelinde yer alan parametre duyarlılıklarını incelemiş ve yıl bazlı günlük ortalama trafiğin modeldeki en etkili parametre olduğunu sonucuna varmıştır.

Akgüngör ile Doğan (2008) çalışmalarında, 1985-2005 yılları arası nüfusu, aracı, kazalanma, yaralı ile ölü sayısı verileri ile Türkiye'de kullanılabilir Smeed Benzeşim Modeli geliştirmişlerdir. Yine Akgüngör ile Doğan (2010) diğer bir çalışmada, 1986-2005 yılları arası veriler ile İzmir'de yaşana kazalara yönelik regresyon analiz, yapay sinir ağı ve genetik algoritma yöntemleri ile trafik kazası tahmin modelini geliştirmişlerdir.

Chipman ve diğ. (1992), sürücü araç kullanma süresiyle kaza riski ile bunun sürücü yaşıyla cinsiyeti arasındaki ilişkiyi incelemiş ve uzun süre araç kullanan genç erkek sürücü ile yaşlı kadın sürücüleri karşılaştırılmıştır. Genç erkek sürücü daha fazla kaza riskinin olduğu savunulmuştur. Ayrıca 60 yaşı ve üstünde sürücülerde araç kullanma süreleri artması sonucu kaza riski de benzer oranda arttığı düşünülmektedir.

Mason (1992), çalışmasıyla eğitim önemine vurgu yapmıştır. Öfkeli ve agresif sürüş, hızlı araç kullanımı, hatalı sollama, yakın takip vb. davranışların sürücü ve sürücü adayının eğitimiyle azaltılabileceği öngörmüştür.

Özkan ve diğ. (2006), hata, ihlal ve unutkanlık ile kazaya sebebiyet arasındaki ilişkiyi incelemiştir. 1656 sürücü ile yapılan araştırmada 50 maddeli Sürücü Davranışı Sorgu Listesinin (DBQ) 24 maddelik kısa versiyonu kullanılmıştır. Analiz sonucu kadın ve kendini kötü sürücü olarak addedenlerin daha çok unutkanlık hatası, erkek ve kendini kötü sürücü addedenlerin ise daha çok hata yaptığını bulunmuştur. Kendini sürücülüğünü çok iyi görenlerin, genç ve uzun dönem araba kullanmış sürücüler ihlal gerçekleştirdiğini bildirenleri oluşturmuştur.

Kalyoncuoğlu (1999), 5.500 'ün üzerinde sürücü ile yaptığı çalışmada trafik güvenliğini etkileyen sürücü davranışlarını irdelenmiş ve sürücüye bağlı kazaların azaltılması için gerekli tedbirleri ortaya koymuştur. Çalışma ile riske girme eğiliminin belirlenmesi amaçlı gerçekleştirilen deneylerle kaza potansiyelli sürücüleri belirlenmenin mümkün olduğu savunulmaktadır. Böylece yüksek kaza riski barındıran sürücü ya da adaylarının tespiti ve gerekli tedbirlerin alınması sağlanabilmektedir. Bununla birlikte alkol alarak araç kullanması sonucu trafik kazasına yol açmış sürücünün kişisel ve de sosyal uyum seviyesinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Tekinsav (2000) tarafından sürücü davranışlarının irdelendiği çalışmada, sapkın sürücü davranışları değerlendirilmiş ve bu davranışlar ile öfke ile kaza sorumluluğu arasında ilişki araştırılmıştır. Araştırma sonucu risk barındıran sürücüye dair anlamlı altı değişken öngörülmüştür. Bu değişkenler alkollü araç kullanımı, yetersiz tecrübe, zayıf kural uyumu veya önemsiz görme, sürücü yeteneklerine aşırı güven, sürücü stresi ile hata oranının yüksek oluşudur.

Chliaoutakis ve diğ.(1999), faktör analizi ile lojistik regresyon metotlarını kullanarak Atinalı genç sürücü yaşam tarzının yol kazalarına etkisini araştırılmıştır.

Kalyoncuoğlu (1999), trafik güvenliğini etkileyen sürücü davranışlarını irdelemiş ve sürücüye bağlı faktörlerin trafik kazalarının azaltılmasında alınması gerekli tedbirleri belirlemiştir.

Özgüven (1997), trafik kazalarındaki etkenlerden insan faktöründe sürücülerden ticari şoförler özelinde incelemelerde bulunmuştur. Çalışma ile, farklı seviyelerde trafik kazası yapmış araç kullanıcıları ile kaza yapmamış araç kullanıcılarını ailevi, kişisel ve psikolojik yönden ve çalışma koşullarının trafik kazalarına ne yönde etken olduğunu araştırılmıştır. Ticari araç kullanıcılarının ailevi, kişisel, sosyoekonomik durumları ile psikolojik ve mesleki durumlarını ve sorunlarını belirlemek, böylece şoförlerin eğitimleri, yasal hakları ve yaşam koşullarında pozitif katkı sağlama amaçlı 5.000 ticari araç şoförü ile araştırma yapılmıştır.

Bu çalışmada verilerin eldesinde ArcMaps kullanılırken, literatürde de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS/KBS) teknolojilerinden faydalanılarak trafik kazalarının önlenmesine yönelik de birçok yerli ve yabancı çalışma bulunmaktadır (Camkesen, 1998; Korkmaz, 2005; Söylemezoğlu, 2006; Mirasyedi, 2006; Bek, 2007; Çiçek, 2007; Özgan, 2008; Erdoğan ve diğ., 2008; Tortum ve diğ., 2012).

Geymen ve Dedeoğlu (2016), Kahramanmaraş ili üzerinde Coğrafi Bilgi Sistemin (CBS)den yararlanarak, kaza gerçekleşme zamanı ve arazi yapısına göre incelenmiş ve kazaların azaltılmasına yönelik kaza oluşumuna neden olan sebepler CBS ortamında analize tabi tutulmuştur.

Gündoğdu (2010) tarafından, Adana kent merkezi kazalarını Emniyet Genel Müdürlüğü kaza tutanaklarını da dikkate alınarak kaza şekli, haftanın hangi günü, mevsim, hava sıcaklığı, tatil günü ve saat dilimi üzerinden incelenmiş ve CBS sistemi yoğun kaza oluşum noktalarının belirlenmesinde etkinliği test edilmiştir.

Çodur ve diğ.(2013), Erzurum çevre yolunda gerçekleşen kaza verilerini kullanarak kaza etkenleri ve aralarındaki etkileşimini dikkate alan Genellenmiş Lineer Regresyon ile oluşturulan model ile faktörlerinin etki düzeyi de ortaya koymuştur.

Yalçın'ın (2015) Osmaniye ilinde vuku bulan karayolu kazaları türüne bağlı Ağ-Çekirdek Yoğunluk Tahmin Yöntemi ve ArcMAP - SANET aracı kullanılarak

mekânsal analiz yapılmıştır. Kazalar arasında yandan çarpmalar ve yayaların karıştığı kazaların ilk iki sırayı aldığı tespit edilmiştir.

Ertunç ve Çay (2013) yılında yapmış olduğu çalışmada CBS yardımıyla Antalya İl Merkezi'nde 2009 ve 2010 yıllarında meydana gelen ölümlü-yaralanmalı karayolu kavşak kazalarının istatistiksel değerlendirmelerini yaparak kazaların hangi faktörlerden etkilendiği belirlenmiştir.

Gündoğdu (2010) yılında yapmış olduğu çalışmada Adana ili şehir merkezinde meydana gelen kazalar Emniyet Genel Müdürlüğünden temin edilen kaza tutanakları incelenerek trafik kazalarının yoğun olduğu bölgeler CBS kullanılarak tespit edilmiştir. Trafik kaza tespit tutanaklarında yer alan bilgiler kullanılarak CBS'nin kaza analizinde etkinliği ortaya konarak Çekirdek Kestirimi Yöntemi ile kaza yoğunluk tahmini yapılmıştır. Erdoğan (2008) yaptığı çalışmada; Afyonkarahisar şehrinde 1996-2006 yıllarında meydana gelen kazaları CBS kullanarak kazaların olduğu kara noktaların belirlenmesinde, Poison testi ve Kernel Density Analiz metodunu kullanmıştır. Analizler sonucunda kazaların yaz ve kış aylarında fazla olmakla beraber ölümlü sonuçlananların ise genelde geceleri meydana geldiği tespit edilmiştir. Özgan (2008) tarafından yapılan çalışmada ise, kazaya karışan araç tipleri ve kazaların oluş şekli ile kaza sonuçları arasındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Elde edilen veriler tablo haline getirilmiş ve Statistical Package for the Social Science (SPSS) programı kullanılarak çoklu lineer regresyon analizleri yapılmıştır. Araç tipi ile ölümlü kazalar arasındaki ilişkide, 0.49 ilişki düzeyiyle kamyonet birinci sırada ve 0.43 ile kamyon ikinci sırada yer alırken 0.21 ile otobüs son sırada yer almıştır.

Karayolu trafik kazalarında AHP yöntemi kullanılan çalışmalar:

Uyar ve diğ. (2003), AHP yöntemi ile trafik güvenliğinde etken faktörleri ele alarak, göreceli öncelikleri ortaya koymuştur.

Hermans ve diğ. (2008), yol güvenliğinde önde gelen ağırlık metotlarını (faktör analizi, AHP, bütçe tahsisi, veri zarflama analizi ve eşit ağırlık) ele alarak, metotların avantajları ile dezavantajlarını karşılaştırmıştır.

Bayar (2010), İstanbul Boğazı çevresinde yaşanmış kaza nedenleri üzerine Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (fuzzy-AHP) ile Hata Türleri ve Etki Analizi (FMEA) kullanarak, kent sakinleri ve çevre için Boğaz trafiğinin yarattığı riskleri irdelemiştir.

Akademik yazınlarda trafik kazalarıyla ilgili farklı çalışmalar olmakla birlikte, Özçelik (2013), toplu taşıma araçlarının değerlendirmeye alındığı çalışmalara pek rastlanmadığını, BAHP yönteminin ise mevcut olmadığını savunmaktadır. Buna dayanarak Özçelik, çalışmasında toplu taşıma araçlarından otobüslerin karıştığı trafik kazalarını BAHP ve veri madenciliği yöntemleriyle inceleyerek, EGO Müdürlüğünden personeller ile oluşturulan ekip ile yapılan çalışma sonucunda, sürücü ile yaya/yolcunun trafikteki kaza riskini yükselten faktörler olduğunu belirtmiştir.

Yıldırım ve Özcan da (2015) Ankarada yaşanan kent içi karayolu kazaları üzerine yaptıkları çalışmada, bu kazaların azaltılması amaçlı Ankara EGO (Emniyet Müdürlüğü) 'dan temin edilen kaza tutanaklarından yola çıkarak riskli bölgelerin belirlenmesinde geliştirilen yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir. Böylelikle yol, hava ve araç durumu dikkate alınarak hedef noktaya gidişte kullanılacak yollardaki riskleri şoförlerin bilgisine sunarak alternatif güzergah seçimine imkan verilmiştir.

Serhat (2011), kent içi ulaşım ağlarını incelediği çalışmasında, önce yol ve çevre özelliklerini ardından bunlara trafik hacmini etkileyen verileri ekleyerek iki veri seti ile trafik kazalarını faktör analizi ile değerlendirmeye tabi tutmuştur. İlk veri setinin %71 ikinci veri setinin ise %75 oranında problemi açıkladığını tespit etmiştir.

K.K.T.C.'de Şafaklı ve Kaya (2015) tarafından trafik kazalarına dair yapılan incelemede, dikkate alınan polis raporlarının sadece sürücü kusurlarına yoğunlaşmasına karşın, kazaların aslında bir çoğunun yol güvenliği temelli olduğu, büyük oranda 08.30– 12.30 ve 00.00–07.00 aralığında yoğunlaştığı, kaza yapanların çoğunun lise mezunu olması sebebiyle kazaların eğitimsizliğe bağlanamayacağına ek olarak da 27-35 yaş arası sürücülerin kaza yapımında önde olması hasebiyle de kazaları en çok gençlerin yaptığının iddia edilemeyeceği savunulmuştur.

Çelebi (2014), Kocaeli Belediyesi tarafından hazırlanmış kaza tutanaklarını dayanak aldığı çalışmasında 2013 yılında kayda geçmiş 3259 kaza sebebi ve mekan dağılımlarını inceleyerek kazaların önlenmesine dair öneriler sunmuştur.

Kartal ve diğ. (2011), 2000-2006 aralığında Yozgat, Sivas ve Kayseri illerinde yaralanmalı ve ölümlü toplam 2100 civarı kazayı inceledikleri çalışmalarında, kazaya karışan iki aracın sürücülerinin öldüğü kazalarda yolcu ölümlerinin az, ancak

yaralanma oranının fazla, bölünmemiş yolda yaşanan kazaların bölünmüşlere nazaran fazla olduğu tespit edilmiştir.

Alp ve Engin (2011), karayolu kazalarının neden ve sonuçları arasında ilişki AHP, TOPSİS yöntemleri ile analiz edilmiştir. Nedenlerin sonuçlar üzerine anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirtilirken, etkenlerden alkol, aşırı hız kazalarda öne çıkmıştır. Ayrıca kazalarda alkol varlığı ölüm oranını arttırdığı da öne sürülmüştür.

Oralhan ve Göktolga (2017), trafik kazalarında risk faktörleri etkisini inceledikleri çalışmalarında, beş yıllık periyotta oluşan trafik kazalarını etkileyen faktörler incelenmiş. Yirmiüç faktörle alt değişken, ki-kare ile lojistik regresyon modeliyle analiz edilmiştir. Her iki model analizinde eğitim seviyesi, hava koşulları, periyot, zemin koşulu, tek veya çift yön oluşu, güzergah, geçitler, kaza oluş saati ve yeri, trafik kazalarının insanın zarar görmesine veya ölmesinde anlamlı sonuçlar verdiği savunulmuştur.

Bektaş ve Hınıs (2008) çalışmasında Aksaray özelinde trafik kazalarında etki faktörlerini incelemiştir. 15 adet olan faktörlerin lojistik regresyon ile analiziyle mevsim, saat, yolun kaplama cinsi, yolun kuru veya ıslak oluşu, araç şoförü yaşı ve tecrübesi öne çıkmıştır.

Çodur ve diğ. (2013), yapmış olduğu çalışmada, karayolu güvenliğinin sağlanmasında kazalara neden olan faktörlerin incelenmesi ve Genelleştirilmiş Lineer Regresyon tekniği ile kaza tahmin modelinin oluşturulması hedeflenmiştir.

Farklı yaklaşımlar ve araştırmalar ile trafik kazalarının oluşumuna sürücü, yaya, yolcu, araç, yol durumu, çevre vb. gibi birçok farklı kaynağın sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

Karayolunun fiziksel özellikleri, yolun arazi yapısına uygunluğu, sürücü davranışları, kullanılan araca ve çevreye has faktörler, trafik kazalarının oluşumunda pay sahibi başlıca faktörler olarak sıralanabilir (Bilim, 2006; Özgün, 2007).

Bunlardan her ne kadar istatistik verilerine yansıyan en büyük faktör insan olsa da, bu sonuca götüren verilerin görüşler ve yine, insan yargılarına dayandığı unutulmamalıdır. Ayrıca üretim gibi seyahati de bir süreç olarak ifade edecek olursak, hataların en aza indirgenmesinde de insan faktörünün etkisini minimize etmenin, dolayısıyla insan dışı faktörlerin en iyilenmesi temel alınmalıdır. Zira yola bağlı faktörler (daralıp-genişleyen yollar ve şerit sayısı, bağlantı yolları, şehir için

toplu taşıma araçlarının varlığı vb.) özellikle sürücüyü zorlamaktadır. Bu bakış açısıyla çalışmamızda, trafik kazalarının önlenmesinde, öncelik yol faktörlerinin kazalara etki oranlarının analizine verilmiştir. Ayrıca T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü verilerine göre, trafik kazalarının yaklaşık %76 'sı yerleşim yeri içerisinde olduğu görülmektedir (Trafik Kazaları Özeti, 2011). Çalışmamızda, Trafik kazalarının yoğunlukla yerleşim yerlerinin içerisinde olması bağlamında, Çorum ilimiz içerisinde 3 farklı dönemde yaşanan trafik kazaları verisi kullanılmıştır.

Ulusal ve uluslararası hem trafik kazalarının azaltılmasına yönelik, hem de deney tasarımı ele alınan çalışma mevcut olmakla birlikte, çalışmamız kazalara etki eden ana unsurlardan yol faktörlerinin deney tasarımı yaklaşımı ile incelenmesi yönünden farklılaştığı söylenebilir.

3. DENEY TASARIMI

3.1 Deney Tasarımının Tanımı

Bulduğumuz çağda gelişen teknolojiler ile tüketici / kullanıcı bilinci de sürekli gelişmektedir. Bu durumda üretim işletmeleri mamulleri kullanıcıların / müşterilerin beklentilerini karşılayacak düzeyde, hatta beklentileri aşabilecek şekilde sunmak için imkânlarını zorlamak durumunda. Müşteri / kullanıcı beklentilerini karşılayacak, kalitesi artmış ve düşük maliyetli ürünler arz etmek için sarf edilen uğraş, kalitenin ne kadar önemli olduğunun göstergesidir. Bu doğrultuda da, firmalar buldukları sektör içerisinde varlıklarının devamlılığı için kalitelerinin sürdürülebilir ve de gelişime açık olması elzemdir (Demir, 2004).

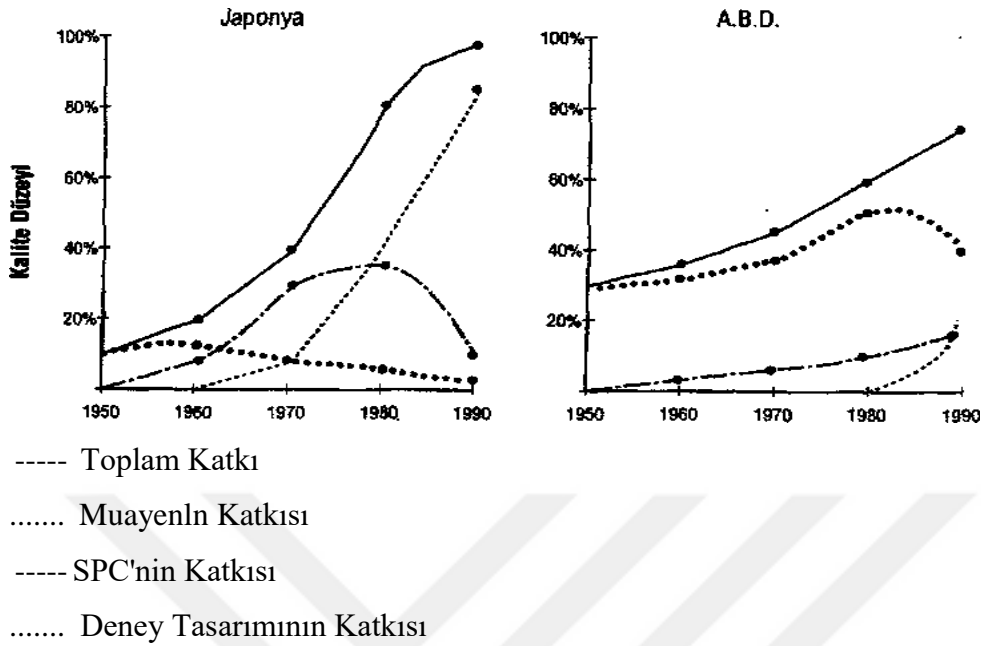
Yönetim biçimlerinden toplam kalite yönetimi tekniklerinden biri olan, İstatistiksel deney tasarımı, ürün ve süreç parametrelerinin / faktörlerinin birbiriyle ve çıktıya etkilerini değerlendirirken, bu faktörlerin seviyelerini tespit ederek en düşük maliyet, en yüksek verim / üretim, minimum fire / sapma, maksimum memnuniyet gibi müşteri / kullanıcı beklentilerini karşılayacak hedeflerle, optimum süreç faktör seviyeleri yakalamayı amaçlanmaktadır.

Kalitenin de her alanda gelişim, bütünleşik çerçevede büyük önem kazandığı bu dönemde; düşük maliyet, kalitenin ve sürecin eniyilemesi birincil amaç haline geldiği aşikârdır. Bu yüzden istatistiksel deney tasarımı teknikleri farklı sektör ve alanlarda yaygın kullanım imkânı bulmuştur.

Kalite kavramı son yirmi yıla kadar sadece ürün için tanımlanmışken; günümüzde, hayatımızın her alanında kullandığımız bir kavram haline gelmiştir.

Motorola firmasının kalite grubundan K. Bhothe, Amerika ve Japonya'da, "geleneksel muayene", "istatistiksel proses kontrol (statistical process control-SPC)" ve "deney tasarımı" yöntemlerinin kalite gelişimine olan katkısını 1950-1990 dönemi için değerlendirmiştir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi Japonya'da kalite ilerlemesine en büyük katkıyı, 1970'den sonra deney tasarımı sağlamıştır. Japonya'da, yılda bir milyondan fazla istatistiksel olarak tasarlanmış deneyin uygulandığı söylenmektedir. 1980 başlarında Genichi Taguchi Amerika'da verdiği seminerler sonrası, deney tasarımı eğitimi - uygulaması hızla yaygınlaşmış. Bugün dünyanın hemen her yerinde deney tasarımı eğitimleri verilirken, üretim ve daha birçok alanda

uygulanmaktadır (Şirvancı, 1997).



Şekil 3.1: Dört temel yöntemin kalite yönetimine katkısı (1950-1990) (Şirvancı, 1997)

Tasarlanmış deneyler, endüstride ürün kalitesini etkileyen proses veya ürün değişkenlerini sistematik olarak araştırmak için kullanılabilir. Ürün kalitesini etkileyen proses koşullarını ve ürün bileşenlerini belirledikten sonra, bir ürünün üretilebilirliğini, güvenilirliğini, kalitesini ve saha performansını artırmak için iyileştirme çabalarına yön verebilirsiniz. (7. Design of Experiments All Topics). Bu amaçla da denemelere / deneylere başvururuz.

Deney, bir konuda bilinmeyen veya araştırmacıların ilgisine masha olan bilgiyi ortaya çıkarmak, mevcut bilgileri ispatı amaçlı çalışmalar olarak tariflenir.

Literatürde de deney aynı zamanda testtir. Bir süreç yada sistemin girdilerinde değişiklikler yapılarak çıktılarının gözlenmesi ve analiz edilmesidir.

Deney tasarımı ise, yapılacak deney ile çıktının etkilemesi olası bağımsız değişkenlerin sistematik değişikliklerle (manüple edilerek), bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri nasıl etkileneceğini inceleyen ve bu doğrultuda kurgulanmış yöntem olarak tariflenebilir.

Bir başka ifadeyle, deney tasarımı süreç performansını geliştirmek amacıyla, süreçte

etkili faktörlerde değişiklik yaparak, süreç çıktısındaki değişkenliğin gözlemlenmesi ve yorumudur.

Süreç, belirli bir çıktı (ürün veya hizmet) elde etmek için birbirleriyle etkileşim halinde bulunan makine, malzeme, metot ve insan gibi kaynakların kullanıldığı faaliyetler dizisi olarak tanımlanabilir. Faktörler diğer adıyla deney değişkenleri ise deney sonucunu etkileyen kontrol edilebilen veya edilemeyen değişkenlerdir.

Süreçte bazı etki faktörlerine istenilen yönde değer verilebilir ve süreç boyunca bu değer stabil kalabilir. Bu tür faktörler kontrol edilebilenlerdir ki, kullanılan malzeme cinsi, makine ayarları, üretim yöntemi vb. kontrol edilebilen faktörlerdir. Ortam nem seviyesi, sıcaklık vb. çevresel faktörler ölçülebilse de, süreç işleyişi sırasında sabit tutulması fazlasıyla zor ya da mümkün değildir. Bu tip süreçteki mevcudiyetine ve seviyesine müdahale edemediğimiz parametreler ise kontrol edilemeyen faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.2 Deney Tasarımı Gelişim Süreci

Deney tasarımı, ilk olarak tarımla biyoloji üzerine çalışmalarda uygulanmış. 1918-1940 arasında tarım uygulamaları üzerinde, çeşitli gübreler ve kullanım oranları, iklim koşulları ile sulama düzeylerinin ürüne olan etkisini belirlemek amacıyla istatistikçi Sir R. A. Fisher tarafından kullanılmış. Fisher, verilerinin analizinde kullanılan “varyans analizi” (ANOVA) yönteminin de geliştircisidir. İlk sanayi uygulamaları ise 1930 'larda İngiltere’de yün ve tekstil üretiminde karşılaşılrken, bu sektörleri ilaç ve kimya sanayi takip etmiştir. Bu ilk uygulamalara Box ve Wilson ‘un “Cevap Yüzeyleri (Response Surfaces)” ile kimya sektöründe rastlamaktayız. Buna karşın Deney Tasarımı 1970 lere kadar sınırlı bir gelişim kat etmiştir (Montgomery, 1991).

1970'lere gelindiğinde, W. Edwards Deming'in Japonya'da, kalite ve verimlilik geliştirme felsefesi ve yöntemleri hakkında verdiği konferanslar ile Japon istatistikçilerin ilgisini çekmiş ve Japon sanayide kullanımı başlanmış. Endüstride kullanılması, düşük maliyet yüksek kalite ürün eldesini mümkün kılmış.

Amerika ise deney tasarımını, 1980'lerde Japon kalitesini araştırırken fark etmiş. O dönem Japonya'da Dr. Genichi Taguchi Sağlam (Robust) Parametre Tasarımı – Sağlam Süreçler ile karşımıza çıkmakta ve sürükleyiciliğiyle, deney tasarımı yoğun

şekilde kullanılmaktaydı. Taguchi, üretimde başarılı uygulamaları ile yöntemin üretim sanayide kabulünü sağlamış (Şirvancı, 1997). 1970 – 1990 arası benzer şekilde farklı sektör uygulamalarını görürken, 1990 lardan günümüze ise, sağlam süreçler için cevap yüzeyi araştırmaları öne çıkmış.

Deney tasarımı konusunda literatürde öne çıkan diğer bilim insanları ise G. E.P. Box, F. Yates, W. G. Hunter, R.C. Bose, R. H. Myers, J. S. Hunter, O. Kempthome ve W. G. Cochran sıralabilir (Demir, 2004)

3.3 Literatürde Deney Tasarımı

2005 yılında yazılmış “Kalite Geliştirmede Deney Tasarımı ve Taguchi Yöntemi” başlığı altında, kalite geliştirme çalışmalarında yer alan temel kavramlar hakkında incelemelerde bulunulmuş. Ayrıca, Taguchi felsefesinin, Deming yönetim prensipleri ile batıda yaygın rastlanılan felsefe ve metodlara uyumu incelenmiştir (Kaya, 2005). Bunun dışında;

Dervişoğlu ve Muluk (2007), klasik çok etkenli Tasarım ile Taguchi metodolojisinin kıyaslamasını yaptıkları çalışmalarında bulunan sonuçlar aynı çıkmaktadır. Taguchi tasarımın kolaylığı sağlamakta ve sapmaların kolayca keşfine imkân vermekte. Böylelikle hangi bileşenlerinin göz ardı edilebileceği belirlenebilmekte. Bu da klasik yöntem nazaran az sapmayla tahmin eldesine imkân vermektedir. Bununla birlikte bir tekstil tesisinde deney tasarımı ile art işleminin yıkama ile sürtmeye karşı renk haslığı üstündeki etkisini incelediği araştırmasında Demir (2004) ise, art işleminin önemli ve anlamlı bir etkiye sahip olmadığı sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde Köksal ve diğ. (1998), tekstilin boyama sürecinde sağlam (robust) tasarımı ele almışlar. Boyamada parametrelerin optimum değerlerini belirleyerek hedeflenen rengin enaz renk kombinasyonları ile sağlanmasında deneysel tasarımı uygulamışlardır. Çok amaçlı eniyileme şeklinde formüle ettikleri boyamanın sağlam tasarımını, Explore programını kullanarak ile çözülmüştür. Ancak elde edilen sonuçların deney sonuçlarıyla örtüşmediğini tespit edilmiş. Bu doğrultuda uyumsuzluk kaynağı araştırılarak çözüm önerilerde bulunulmuş.

Kale (2001), deney planlaması yanıt yüzeyi (response surfaces) uygulamasını ele aldığı çalışmada, ipliğin boyama standardını etkileyen faktörleri incelemiştir. İplik boyama sonrası ağırlığı, boya oranı, PH değeri, katılan su miktarı ile boyama metodu

olmak üzere beş faktör, merkezi bileşik düzen yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş. Öktem ve diğ. (1998), iki çeşit boya maddesiyle (reaktif ve direkt) ürün haslık, görünüm ve tutum karakteristiklerini iyileştirmek için boyaların fiksator ile yumuşatıcı etkilerini incelemiştir. Kimyasalların yıkama, sürtme ve ışık haslığı üzerine etkisi gözlemlenmiştir. Yumuşatıcı etkisi kumaş dökümlülük seviyesi dikkate alınarak belirlenmiştir. Deneylerle yaş sürtme haslığının düşük durumunda iyi haslık seviyesine ulaşabilmede fiksator kullanım gereği ve fiksatorün yüksek konsantrasyonu işlemlerde etkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Micheal ve diğ. (2001), çalışmalarında pamuklu örme ürünlerin iki çeşit örme yöntemiyle (çözümlü ve atkı örme) ve üç örme tipinin (interlock, jarse ve rib) boya tutma ile ışık haslığına etkisini incelemiştir. Çalışma sonucu örme tipi önemsenmeden çözümlü metodun atkılı metoda göre boya tuma yeteneğinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Işık haslığına göre incelediğinde atkılı örme metodu daha başarılı haslık değerlerine ulaşılmıştır. Öte yandan, örme tipi dikkate alınarak, ürün boya tutuculuğu incelediğinde interlockun en yüksek boya hapsetme sağladığı takiben jarse ve rib olduğu gözlemlenmiştir. Işık haslığıyla değerlendirildiğinde en uygun haslık değerleri önce interlock, ardından rib ve jarse örmenin verdiği görülmüştür.

Zervent ve diğ. (2002), tekstilde terbiye işlemi sırasında oluşan hatalar üzerine çalışmıştır. Çukurova'da kumaş üretimi yapan bir işletmenin 3 ayrı ihracat ürünü üzerine yaptığı çalışmada en yüksek hatanın terbiye işleminden kaynaklı olduğu gözlemlenmiştir.

Jordan (2001), tekstil ürün kalitesini geliştirilmeyi ele almıştır. Tekstil ürünlerinde sıklıkla yaşanan sorunlardan renk kalitesine yoğunlaşmıştır. Renk kalitesi problemini, istatistiksel teknik ve ölçüm sistemleriyle boyamaya etkileyen değişkenleri tanımlayarak, üretici - tüketici anlaşmazlıklarının bir sistem oluşturulmasıyla ortadan kalkacağını savunmuş ve öneriler sunmuştur.

Bayar (2001), sulu çözeltilerde absorpsiyonla bor giderimi üzerine uyguladığı deney tasarımı çalışmasında bir tesisi atık suyun ihtiva ettiği borun, çevre zararından dolayı, uzaklaştırılması için yapılan deneylerde 20 °C de maksimum giderimin sağlandığı savunulmaktadır. Bu amaçla basorban türü, sıcaklık ve PH değerinin etkisi incelenmiştir.

Öztop (2007), alüminyum ekstrüzyon sürecini deney tasarımında Taguchi

yöntemiyle iyileştirmesine yönelik yaptığı çalışmada, süreç için büyük öneme sahip kalıp kılavuz mesafesi, ekstrüzyon oranı – hızı, bitey sıcaklığı ile kalıp ömrünü bi anlamda belirleyen zımba kuvveti, kalıp yüzeyinin sıcaklığı ve profil sıcaklığı üzerine etki düzeylerini ele almış. Minitab programındaki analizlerde profil sıcaklığında ekstrüzyon hızı, yüzey basıncı ve zımba kuvvetinde ise kılavuz mesafesinin en yüksek etkiye sahip parametre olduğunu tespit etmiştir.

Şanyılmaz (2006), bir üretim işletmesinde bıçaklı sigorta buşonları üzerinde oluşan çatlamanın çözümünde L8 ortogonal dizisi ile oluşturulan deney tasarımı konfigürasyonu ile Taguchi metodu uygulanmış. Analizle buşon gövdesi basınca mukavemetini en yüksek kılan faktör düzeyleri belirlenmiş ve Tam Faktöriyel DOE ile teyit edilmiştir.

Eğri (2008), deney tasarımının uygulanarak en iyilemelerin amaçlandığı çalışmaları irdelemiştir. Tezde daha önce yayınlanmış OFAT çalışma verileri Deney Tasarımında Enküçük Kareler Metoduyla analize tabi tutulmuş ve yaklaşık %11 seviyesinde daha başarılı sonuçlar aldığı savunulmuştur. Tayhan (2009) farklı bir sektör olan, bir askeri fabrikanın yaktığı üç farklı kimyasal miktarının Taguchi yöntemiyle maksimizasyonu üzerine çalışmıştır. Amaca uygun faktör, seviyeleri ve ortogonal dizisi belirlenmiş ve deney üçer kez tekrarlanmıştır. Analizde Minitab ve hesap tablo analizi kullanılarak optimum değer sağlanacağı düşünülmüş, doğrulama deneyi ile de tahminden daha yüksek bir değere ulaşılmıştır. L9 ortogonal dizi ile de yapılan gözlemlerle önerilen kombinasyonun %18 artış sağlayarak doğrulama deneyindeki sonuçlar ile analizlerle tutarlılığı desteklenmiştir. Akalın'ın (2009) ise, Beton performansını maksimize ve maliyetini ise minimize etme amaçlı Deney Tasarımından yararlanılmış. D-optimal tasarım ile betondaki kimyasal karışım oranının optimizasyonu ile harç deney sonuçlarının benzer etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın son aşamasında yüksek dayanıklı beton için optimum faktör aralıkları belirlenmekle birlikte, teknik ve maliyet açısından da beton sektöründe kullanımı önerilmiştir.

Zümrüt (2009) çalışmasında, son yıllarda yoğunlaşan implant uygulamasında temel ve kaplama malzemeleri ile bunların seviyesine bağlı hasta vücuduna uyumunda etki düzeylerini tam faktöriyel DOE tekniğiyle plazma serpmeye ile deneyler tasarlanmıştır.

Elde edilen hidroksiapatit seviyeleri ANOVA ile Regrasyon teslerine tabi tutulmuş. Çalışma ile titanyum malzemedan yapılmış implant üzerine uygulanan hidroksiapatit içeriğindeki TiO₂ tozu kaplama mukavemetinde olumlu tesire sahip olduğu görülürken, en etkili parametreler TiO₂ yüzdesi, ardından ise sprej mesafesi olarak belirlenmiştir.

Çakal (2010) araştırmasında, sac kesiminde toleransın dışına çıkılmasıyla ilgili kalitenin geliştirilmesi için deney tasarımı kullanmış. Çalışma ile ideal tezgâh parametreleri ile etki faktörleri ve faktörler arasındaki etkileşimi belirlemiştir. Deneyler dikkate alındığında; kalınlık en yüksek etkiye sahip faktör iken akım faktörüyle olan etkileşiminin anlam düzeyi yüksek olduğu savunulurken, tek başına etkisi düşük görülmüş. Bununla birlikte hız artışı kesimi tolerans dışına çekerken; sac tipinin kesimde etkiye sahip olmadığı belirtilmiştir. Sonuç olarak deney tasarımı ile yapılan değişiklikler standart sapmada düşüş görülmüştür.

Çiftçi AYTEKİN (2010), üç bölümden oluşan ve kalite kavramları, deney tasarımı iyileştirme ve Taguchi yöntemiyle ilgili bilgiler verdiği çalışmasında, robotlu gaz altı kaynak işleme üzerine uygulamada bulunmuş. Taguchi yöntemi kullanılarak yapılması gereken deney sayısı düşürüldüğü, dolayısıyla zaman ve maliyet faydası sağlandığı belirtilirken; çalışmada ANOVA kullanılarak faktörlerin ve bu faktörlerin farklı seviyelerinin yol açtığı değişimin ölçülmesi ile belirlenen faktör – seviye kombinasyonu sayesinde makine ayarlarına müdahale gereği kalmadığı savunulmaktadır.

Kendir (2010) standart bölünmüş parseller tasarımı örneklerle ele aldığı çalışmasında, buğday verimini arttırmaya yönelik problem üzerine ön bitki uygulaması ve çeşitlik düzeylerde gübre dozu kullanarak varyans ve anlamlılık analizine tabi tutmuş. Araştırma ile gübre dozunun buğday verimiyle paralellik izlediği, ön bitki olarak mercimek ve nohut kullanımının tarlayı nadasa bırakmakla eşdeğer olduğu, ardışık dönemlerde buğday yetiştiriminin ise verimde önemli derecede düşüşe sebep olduğu sonucuna varılmış.

Karadaş (2010) tezinde, verdiği kalite –deney tasarımı ilişkisi, tarihçesi, çeşitleri ile ilgili ön bilgilerin ışığında, beyaz eşya imalatından çamaşır makinesi parçalarından tamburun içerisinde döndüğü rulman boyutlarında tolerans dışı boyutlara sebep olan faktörler ve etkileri araştırılmış. Küçük ve büyük çapta tolerans altı problemlerinde

ütüleme basıncının en yüksek etkiye sahip olduğu görülmüş. Küçük çap tolerans altında, malzeme sıcaklığı tek başına zayıf etkiye sahipken; enjeksiyon hızıyla ikili etkileşimi dikkate alındığında, etkin olabilmekte. Büyük çap tolerans altında, enjeksiyon hızı ile malzeme sıcaklığı tekil olarak etkisiz, ikili etkileşimleri dikkate alındığında ise etkin olduğu görülmüş. Minitab ile yapılan analiz sonucunda çap daralmasını minimize edecek optimum faktör seviyeleri belirlenmiş.

Akdoğan (2011) tezinde, ilerleyen tür Tip I grup sansürlü örneklem konu edinmiş. Wu ve dig. (2008) in metodlarını kullanılarak, bazı dağılımlar için optimal yaşam testi yapmak için birim sayısını, aralık sayısını ve bu aralıkların uzunluk parametrelerinin en yüksek olasılıkla tahmin edicinin asimptotik varyans-kovaryans matrisinde D-Optimalliği sağlayabilecek şekilde tasarlamış. Her dağılımla ilgili sayısal örnekler ortaya konurken, duyarlılık analizi yapılmış. Pareto, Burr XII, Bathtub-Shape, Burr Tip III, Logistic dağılımlarında deney bütçesinin artışıyla varyans, test birimleri ve bağılı olarak maliyetlerdeki artış ilişkisi ortaya konulmuştur.

Kolay (2011) deney tasarımı ve bloklamayı incelemiştir. Wu, Sun, Chen'in optimal blok yapısı kataloğunda yer alan tasarımlardan yararlanılarak; optimal blok yapısı tespitinde kendi en iyi yöntemini ortaya koymuştur.

Efendioğlu (2013) çalışmasında, Polimer Membran Elektrolit Yakıt Hücreleri'nin performansında etkili faktörler belirlenerek yapılan optimizasyon çalışmasında bir deney tasarım yöntemi olan 2k Faktöriyel Tasarımı ile Yanıt Yüzey Yöntemleri ele alınarak, Design - Expert program ile analizler yapılmış. "Güç Yoğunluğu" üzerinde en etkili "Oran" faktörü olarak ortaya konulurken, yakıt pil hücresinde optimum koşullar sağlanarak enerji üretiminin maksimizasyonu amaç edinilmiştir.

Azimli (2013) çalışmasında Birleşik Model Dili (UML) vasıtasıyla model tasarımı ile veri tabanı oluşturulması DOEexpert geliştirilerek kimya sektöründe uygulaması hedeflenmiş. Taguchi ile Regresyon analizi, pencere profili ve ürün reçetesi optimizasyonunda kullanılmıştır.

Kumaş (2011) çalışmasında, deney tasarımı genel olarak incelenirken; tam faktöriyel ve kesirli faktöriyel deneyler ile bunların özel hali doymuş tasarımlarla merkezi kompozit tasarımlar, endüstrideki uygulama problemleri ele alınmış. Tam faktöriyel tasarımlar tüm faktör kombinasyonlarını ele almayı sağlarken faktör sayısının az olması beklendiği, kesirli faktöriyel deneylerin faktör sayısı fazla olmasıyla zamanla

maliyet yönünden daha etkili olduğu, kompozit tasarımların ise tam faktöriyel deneylere alternatif olabileceği örnekler ile irdelenmiştir.

Karşlıoğlu (2013), tesisat bağlantılarında kullanılan PVC malzemelerde yaşanan firelerin azaltılmasına yönelik enjeksiyon sürecinde firelerde etken olduğu düşünülen faktörler ve düzeyler tanımlanarak, çalışmada deney tasarımı çeşitlerinden Plackett-Burman ile 27 faktörün etkisi iki düzey ve çift tekrar ile kontrol edilmiş ve Minitab programıyla elde edilen analiz sonuçları irdelenmiştir. Fire üzerine 7 üretim üzerine 6 etkili faktörün optimum düzeyleri belirlenmiş ve bu parametre ayarlarıyla fireni azalırken üretimin arttığı gözlemlenmiştir.

Aytekin (2014), fotolitografi prosesinde ultraviyole sertleştirilmenin aşınmaya karşı rezist direnci etkileyen faktör ve etkilerini tam faktöriyel deney tasarımı ile araştırmış. Deneyleri takiben değer ANOVA'ya (varyans analizine) tabi tutulmuş ve son sıcaklık (0C) ve pişirme süresi (sn) ile (0C/sn) eğim'in etkilerinin ve optimum değerlerinin tespiti sağlanmıştır.

Aydın (2013) tezinde tek ve çift yönlü ANOVA da kayıp gözlem tahmini üzerine çalışılmış. Bunun için Maximum Likelihood (ML) ile Modified Maximum Likelihood (MML) kullanılarak kayıp gözlem tahmin edicileri bulunmuş. Ayrıca Monte-Carlo simülasyonu ile elde edilen sonuçlar kıyaslanmış ve literatürden iki data yığını ile örnek analiz yapılmıştır.

Çelebi (2015) yer karolarının kompozisyonlarının hazırlanmasında hızlı pişirmenin su emme ve küçülme oranı, ham ve pişirilmiş karo mukavemete etkisi araştırılmış, çeşitli seviyelerde elde edilen değerler Minitab programı ile anlyze tabi tutulmuş ve ana faktörler etkili bulunurken, etkileşim faktörlerinin etkisi anlamlı görülmemiştir.

Ramiar (2015), ürün kalitesini geliştirmeye yönelik deney tasarımıyla ele aldığı örnekte, ağır araçların beklenenden erken bozulmasına sebep olduğu yol kaplamasının güçlendirilmesi ve dolayısıyla maliyetlerin azaltılması amacıyla, 6 faktörle Taguchi metodu kullanılarak kaplama performansı yükseltilmeye çalışılmıştır.

Sağol (2015) deney tasarımı metodlarından yararlanarak min. kül oranının eldesinde; linyitlerin flotasyonu kalitesini dolayısıyla yanma verimini etkileyen toplayıcı ve köpürtücü miktarı, hava akış hızı ile katı oranı faktörlerini inceleyerek, optimizasyonunu amaçlanmıştır.

Kaya (2005), kalite felsefesinin öncülerinden Deming ve Taguchi kalite hususunda getirdiği yenilikleri mercek altına almıştır.

Şişman (2015) ise deney tasarımı vasıtasıyla, Global Navigation Satellite System (GNSS) GNNS kullanımı ile konum belirlemeye etkili faktörlerin sevieleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Çiftçi (2008), deney tasarımı metodlarından Taguchi yi kullandığı çalışmasında robotlu gazaltı kaynak işleminde kontrol dışı faktörlerin minimizasyonu amaçlanmıştır.

Çandar ve diğ. (2012), ASJ kesme parametrelerinin farklı seviyelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini deney tasarımı yöntemlerinden Taguchi'yi kullanarak optimum değerlerin tespiti sağlanmaya çalışılmıştır.

Kırış ve diğ. (2007) motor hava aralığının hata adedinin üretim hacmindeki payının yüksek olmasından hareketle, yüksek enerji tüketimi ile düşük voltajda motor zor devreye girmesine veya girememesine etkileyen en önemli faktörlerin stator diklik ile iç çap ölçüleri olduğu belirlenirken; yapılan deneyler ve analizler ile iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur.

Gever ve diğ. (2014) tasarımında ele aldığı bir ürünün deney tasarımında 2^k çarpımsal ve Taguchi metodlarının kıyasını yapmış, %99 güven seviyesinde test ile tüm etkenlerin 1. Seviyede minimumu yakaladığı önerilen değişikliğin ise maliyetleri mevcut sisteme nazaran düşüremediği gözlemlenmiştir.

Balyalı ve diğ. (2013) zorlu hava koşullarında mekanik aksamaların partikül erezyonunun azaltılmasına yönelik cam fiber takviyeli polyster matrisli kompozit malzemelerin erozif aşınma davranışına partikül çarpma açısının, partikül püskürtme basıncının, partikül boyutunun ve nozul-numune arası mesafenin etkisini Taguchi deney tasarımı kullanarak ele almış, püskürtme basıncının en yüksek etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir.

Savaşkan ve diğ. (2004) matkap ucu performansını eniyilemek adına deney tasarımından yararlanılmış. Yegâne etkili olduğu savunulan kesme ve ilerleme hızı ile kaplama türü faktörleri dikkate alınmıştır.

Turgut ve Dikici (2011), eşanjörlerinde ısı transferine, farklı özelliklerdeki, pervaneli türbulatorlerin etkisini Taguchi yöntemi ile incelemiş ve türbulator bıçak açısı, pervane çapı ve farklı montaj mesafelerinin optimum değerlerini araştırmıştır.

Uslu (2017) çalışmasında, etki kombinasyonları ile etkileşim düzeylerini faktör sayıları, hem faktöriyel tasarım hem de Taguchi metodu ile ele almıştır.

Baynal ve diğ. (2011) çalışmalarında okuma hızına etki eden kontrol edilebilir ve edilemeyen faktörleri belirleyerek, tam faktöriyel deney tasarımı ile elde edilen sonuçları Design Expert programı ile analiz edilmiş. Sonucunda okuma tipi ile yazı boyutu en yüksek etkiye sahip faktörler olduğu, ayrıca çevresel gürültünün düzenli veya düzensiz (aritmik) olmasının arasında anlamlı fark tespiti ile aritmik seslere maruz kalan okuyucunun daha yüksek okuma seviyesine erişebildiği görülmüş. Buna karşın; gözlüklü olup olmaması ile kadın ya da erkek olması arasında anlamlı fark tespit edilmemiş. Dolayısıyla faktörlerden okuyucunun gözlüklü olması veya cinsiyeti okuma hızına etkisi düşük bulunmuştur.

Alsayed ve Hamdan (2011) çalışmalarında, 3D yazıcılarda VORTEX tüpünün performansını etkileyen geometrik parametrelerin soğutma / ısıtma yükü ve çıkış sıcaklığı üzerindeki etkisini ortaya koymuş. Çalışmada, kütle fraksiyonu ve meme açısı olmak üzere temel iki faktör üzerine yoğunlaşmıştır.

Öztürk ve Kaya (2008), %40 ofsetli çarpışma testine tabi tutulan araç ön tamponu ile darbe emicinin enerji tutumu incelenmiş. Bunun için oluşturulan non lineer sonlu eleman modeline göre Ls-Dyna kullanılarak elde edilen sonuçlar, deney tasarımından faydalanılarak oluşturulan tasarım fonksiyonu ile total ağırlığın enküçüklenmesi için boyutların eniyilenmesi hedeflenmiş. Sonuçta darbe emici üzerinde bulunan burkulma başlangıç alan adedinin enerji absorpsiyon düzeyi üzerine önemli etkisi görülmez iken, en yüksek tepki kuvvetinde azaltma yarattığı tespit edilmiştir.

Olgun ve Özdemir (2013) eğitim sektöründe müşteri ihtiyaçlarından hareketle müşteri memnuniyetine etki eden kalite faktörleri ve önceliklerinin tespiti amacıyla, öncelikle Önem-Memnuniyet Modeli'ne göre ardından Taguchi Deney Tasarımı'ndan yararlanılarak ikinci bir anket farklı öğrenci örneklem kümelerine düzenlenmiş. Böylelikle ivedilikle iyileştirme gereği duyulan, dört faktör belirlenmiştir.

Katmer ve Karataş (2012) çalışmasında polistiren (PS) malzeme ile üretilen düz parçalarda kalıntı gerilmesine, plastik enjeksiyon parametrelerinin etkisini deney tasarımı ile araştırmış. Etki faktörleri olarak kalıp sıcaklığı, enjeksiyon basıncı ile sıcaklığı, ütüleme basıncı ile ütüleme ve soğutma süresileri seçilmiş ve Taguchi L27 ortogonal deney tasarımı dağılımı uygulanmış. Çalışma ile kalıntı gerilmesinin artışında sıralı olarak en fazla enjeksiyon basıncının artışı, kalıp sıcaklığının düşüşü ve de ütüleme süresinin yükselmesinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Karşlıoğlu vd. (2015) PVC bağlantı elemanlarında fireyi düşürme amaçlı yaptıkları çalışmada, Plackett-Burman deney tasarımı ile elde edilen değerlerden hareketle fireye yol açan faktörler ve düzeyleri belirlenmiş ve Minitab programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Akman ve Özkan (2011) tavlama fırınında yapılacak yassı çelik üretiminde ürün kalitesini etkilecek parametreleri tespiti ve optimum parametre düzeylerini belirlemek için deney tasarımından ve analizinde Minitab programından yararlanmıştır. İkili etkileşim anlam düzeyinin varyans analiz sonuçlarına nazaran çok düşük olduğu ve inceleme dışında tutulabileceği, en yüksek etkiye sahip olan faktörler ise bobin sarım gergisi ile ısıtma sıcaklığı olduğu görülmüştür.

Baynal ve Aksu (2009) Shainin Yöntemi ile temel etki faktörlerinin (soğuk pembe, pembe, kırmızı) tespiti ile diğerlerinin elemine ederek çıktı değişkenliği azaltılması, dolayısıyla tam faktöriyel tasarımdan net sonuç eledeğini hedeflemiştir. Bunun için önce değişkenler araştırılmış ve tahmini değerleri hesaplanmış. Akabinde iyi – kötü seviye eliminasyonu ile en yüksek etkiye sahip faktörler tam faktöriyel deney matrislerinden de yararlanılarak optimum seviyeler belirlenmeye çalışılmıştır.

Erdem ve diğ. (2010) çalışmalarında plastik parçalarda yaşanabilen çarpılma probleminin çözümü için, işin en başı olan, kalıp üretim safhasında ele almış. Ürün tasarımı yolluk sayısı, ölçüleri ve tasarımı parametreleri dikkate alın çalışmada, test için iki farklı malzeme, Taguchi ortogonal dizi, sinyal-gürültü seviyesi ile varyans analizi ile elde edilen optimum değerler sayesinde çarpılma problemi ortadan kaldırılmaya çalışılmış.

Salkım (2012) elektro manyetik kuramından yola çıktığı tez çalışmasında Taguchi metodunu kullanarak (mikroserit yama ve doğrusal anten) anten tasarım problemlerine çözüm aramıştır.

Boran ve Baynal (2004) deney tasarımının Taguchi metodolijisini alüminyum profillerde yapılan toz boya uygulamasında film kalınlığı ile darbe direnci parametreleri özelinde kullanmış ve optimum değerlere ulaşmaya çalışmıştır.

Aytaç ve diğ. (2016), ince film kaplama aşınma etkileşimi üzerine bir uygulamada Taguchi ile Klasik deneylemeleri kıyaslamış. Aynı optimum değerleri vermelerine karşın az sayıda deney yapılarak elde edilen sonuçlar ile zaman, maliyet kazancına vurgu yapılmıştır.

Yıldırım (2011) çamaşır makinesi modeli kalite karakteristiklerinin en iyilenmesi probleminde Taguchi yöntemini ve Minitab programı kullanarak, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleriyle elde edilen optimum faktör seviyelerinin kıyaslamasını gerçekleştirmiştir.

Hasgöl (2011), gıda sektöründe ısıl işlem sırasında ürün ağırlığını etkileyen faktörleri ve optimum seviyelerini araştırmış. Ortalama ve grafik analizlerinde Minitab ve faktör etkileri ile varyans analizlerinde Design Expert programından faydalanılan çalışmada, en etkili faktörlerin de pişirme süresi ve sıcaklığı ile fan hızı olduğunu tespit etmiştir.

Deney tasarımı son yıllarda sanayi sektörü başta olmak üzere daha birçok alanda sıklıkla kullanılmakta olan bir kalite iyileştirme tekniğidir. Deney tasarım teknikleri bilhassa yeni ürün geliştirme, üretim proseslerinin geliştirilmesi ve süreç iyileştirme gibi mühendislik çalışmalarında önemli bir yer edinmektedir.

3.4 Deney Tasarımının Amaçları ve Kazanımları

Deney Tasarımının en temel amaçlarından biri deney hatalarının minimuma indirgemek olarak ifade edilse de, genel anlamda deney tasarımının amacı, bir sürecin davranışlarıyla ilgili bilgi toplayarak, kalite karakteristiklerine etkileyen faktörleri tespit etmek ve süreç kalitesini iyileştirmek adına hangi faktörlerin ne seviyede olma gerektiğinin tespitidir. Bu sayede, beklenen süreç performansın eldesi için optimum faktör düzeyleri belirlenmiş, süreç kalitesi yükseltilmiş olur. Bir başka deyişle önemsiz faktörlerin etkisinin önemli faktör etkilerinden ayrıştırılarak önemli parametrelerin optimum değerlerinin eldesi olduğu söylenebilir (Krottmaier, 1994).

Bu doğrultuda süreç işleyişi hakkında bilgi edinerek, çıktı karakteristiğinde etkili faktörlerin neler olduğunu bulmak ile iyileştirilebilmesi amaçlı hangi faktörlerin

optimum düzeylerinin ne olacağını tayin etmektir. Bu sayede süreçten beklenen çıktı düzeyinin eniyilenmesinde optimum faktör düzeyleri bulunmuş ve ilgili sürecin kalite düzeyi yükseltilmiş olacaktır.

Deney tasarımı süreç geliştirmede ve mevcut bir sürecin performansını iyileştirmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, bir ürün veya sürecin kontrol edilemeyen dış etkenlere karşı arzu edilen performansı göstermesi olarak tanımlanan robust (sağlam) tasarımların geliştirilmesinde istatistiksel deney tasarımı yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Montgomery, 1991).

Deney tasarımında amaçlar şu şekilde özetlenebilir (Montgomery, 1991):

1. Test edilen değişkenlerden (faktörlerden) etkili olanlarını belirlemek
2. Hedef değişken üzerinde en etkili faktörlerin tespiti,
3. Bağımlı değişkenlerin, bağımlı değişken üzerindeki etkisini görmek,
4. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi sayısal analiz yapılabilir hale getirmek,
5. Ana etkenlerin etkilerini görmenin yanısıra, etkileşimlerin etkilerini de tespiti
6. Hedef değişkeni istenilen seviyeye en fazla yakınsayan kontrol faktörlerini belirlemek,
7. Hedef değişken değişkenliğini en küçükleyecek kontrol faktörlerini belirlemek,
8. Kontrol edilemeyen faktör etkisini minimize edecek kontrol faktörlerini belirlemek.
9. Zamanla kazanılmış hangi bilginin doğru hangi bilginin yanlış olduğunu kanıtlamak,
10. Gerekli bilgileri en az kaynak kullanarak tespit etmek,
11. En uygun sonuçları tespit etmek ve proses ayarlarını bu noktaya çekmek,

Deney Tasarımının Yararları

Deney tasarımından sağlananlar süreçte iyileşme, performansın gelişimi, ürün devreye alma ve / veya mevcut ürün özelliklerinin geliştirilmesi şeklinde sıralanabilir. Deney tasarımı yöntemleri ile proses değişkenlikleri minimize indirilirken, süreç veya üründe gelişim beklenir (Demir, 2004).

Deney tasarımı sağlanan faydaların bazıları:

- Proses çıktılarında iyileşme
- Nominal veya hedef değer etrafındaki değişkenlikte azalma
- Süreç iyileştirme sürelerinde azalma
- Toplam maliyet düşüşü

Süreç geliştirmede ise aşağıdaki katkıların sağlandığı öne sürülebilir (Montgomery, 1991):

1. Çıktı miktarı artış,
2. Süreçteki değişkenliğinde azalma,
3. Süreç tasarım / gelişim süresinde düşüş,
4. Maliyetlerde azalma.

3.5 Deney Tasarımının Uygulama Alanları

Deney tasarımı süreç davranışlar, işleyişi hakkında doneler toplarken; birçok konuda faydalanılmaktadır. Özellikle üretim ve hizmet alanlarında süreç iyileştirme ve performans gelişiminde kullanılmakta olup, yeni süreçlerin tasarımında da kullanılabilir. Yöntem özellikle mühendislikte, imalat süreçlerinin performansının geliştirilmesinde kullanılan ve kritik öneme sahip bir kalite iyileştirme tekniğidir. Ayrıca deney tasarımı yeni süreçlerin geliştirilmesinde de kullanılmaktadır.

Tasarımcıya birçok fayda ve kolaylık sağlayan deney tasarımı aşağıda sıralandığı şekilde de birçok farklı alanda kullanıma sahiptir (Bayar, 2001):

- a) Genel olarak;
 - Aynı anda birden fazla faktör etkisinin araştırılmasında,
 - Faktörler arasında etki kontrolünde,
 - Güvenilirlik seviyesi ve kalitede etkili faktörlerin tespitinde,
 - Deneyde daha fazla bilgi ediniminde,
 - Proje kaynak ayrılması ya da satın alma alternatifinin kıyasında,
 - Süreç işleyişi veya ürün fonksiyonunu ortaya koyacak hipotetik model oluşturulmasında
- b) Mamul ya da Süreç tasarımında;
 - Uygun maliyette mamul veya süreç tasarımında,

- Optimum / en sağlam (robust) mamul ve süreç tasarımında,
- Kalite karakteristiklerinin değişkenliklerinin azaltılarak iyileştirilmesinde,
- Prototip ve en uygun tasarım geliştirilmesi için harcanacak zamanın düşürülmesinde,
- c) İmalat alanında;
 - Süreç ve ürün kalitesinin geliştirilmesinde,
 - İmalat sistemi, prosedür ve uygun makine tercihinde,
 - Spesifikasyonların tespitinde,
 - Süreç çıktılarının geliştirilmesinde,
- d) Ölçümle testlerde;
 - Laboratuvar yeterlilikleri, ekipmanların ve prosedürlerin mukayesesinde,
 - Ölçüm hatasının tespitinde,
 - Değişkenliğe sebep kaynak tespitinde,
 - Deney sonuçlarında etken kontrol edilebilen faktörlerin tespitinde,
- e) Servis sistemlerinde;
 - Alternatiflerin (Yerleşim, pazarlama planı vb.) mukayesesinde,
 - Tedarikçi seçiminde,
 - Yeni teçhizat değerlendirilmesinde,

Deney tasarımı teknikleri, mühendislik tasarımında da:

1. Temel tasarım konfigürasyonunun geliştirilmesi ve alternatif karşılaştırılmasında,
2. Alternatif malzeme seçiminde,
3. Sağlam (robust) ürün / süreç eldesinde ihtiyaç duyulan tasarım parametrelerinin tespitinde,
4. Ürün / süreç performansını etkileyen temel tasarım parametrelerinin tespitinde yaygın olarak uygulanmaktadır (Montgomery, 1991).

3.6 Deney Tasarımında Temel Kavramlar

Deney tasarımında yer alan temel kavramlar ise şöyledir:

Kalite (çıktı -response-yanıt) değişkeni: Deney tasarımıyla üzerindeki etkiler incelenen değişkendir. Kalite (çıktı) değişkeni süreçte iyileştirme hedefi olan

değişkendir ve y ile gösterilir.

Faktör: Tasarlanan deneyin çıktı değişkeni üzerinde etkili, kontrol edilebilen ya da edilemeyen değişken(ler) faktör olarak adlandırılır. Faktör, sıcaklık değişkeni, süre gibi ölçülebilir niceliksel değişkenler olabileceği gibi, farklı tezgâhların, farklı operatörlerin farklı tedarikçilerin etkileri gibi niteliksel değişkenler de olabilir.

Seviye (Faktör Düzeyi): Kalite değişkenini etkileyen faktörlerin deney sırasında alabileceği farklı değerler faktör seviyeleridir. Deney tasarımında, sistematik olarak süreci etkileyen faktörler değiştirilerek, elde edilen çıktı değişkenliği değerlendirilir.

Deneme (Treatment): Bir deney tasarımında yer alan faktörlerin düzeylerinin bileşimidir.

3.7 Deney Tasarımı Temel İlkeleri

İstatistiksel deney tasarımı başarısı toplanan verilerin doğruluğuna / güvenilirliğine bağlıdır. Bu yönde verilerin nasıl toplanacağı, her deneme için kaç gözlem yapılacağı vb. kararların tasarım başında belirlenmesi gerekir. Ayrıca verilerin birbirinden bağımsızlığı ve istatistiksel yorum yapabilmeye yeterli sayıda olması önem arz eder. Deney tasarımında, bu koşulların sağlanmasında üç prensip kabul edilir: tekrarlama, rassallık, bloklama.

Tekrarlama, bir konfigürasyon için birden fazla deney yapılması iken, iki özelliğe sahiptir. İlki tasarımcının deney hatasını tahmin etmesine izin vermesi, ikinci ise eğer örnek ortalaması bir faktörün etkisini tahmin etmekte kullanılıyorsa, tekrarlama deneyi yapanın bu etkiyi net ve doğru elde etmesini sağlar. Ayrıca tekrar sayısı çoğaldıkça çıkan sonuçların doğruluğu da artmış olacaktır.

Rassallık tüm istatistiksel metodlarda olduğu gibi deney tasarımının da temelini oluşturur. Deneyde yer alacak personel, malzemenin ve deney sırasının rastgele olması rassallık olarak tanımlanır. Amaç ise, araştırılan faktör(ler) haricinde süreçte etkili faktörler varsa bunların etkisini olabildiğince azaltmaktır.

Bir deneyde verilerin homojen sınıflandırılmış her bir parçası bir blok ifade eder. **Bloklama**, deneyde hassasiyeti ve doğruluk oranını arttırmada kullanılan bir yoldur. Bloklamada Her blokta yapılan denemeler o blok bazlı değerlendirilir. Böylece üzerinde çalışılan faktör(ler) dışında süreçte etkili diğer faktörün etkisi elenerek

sadece çalışılan faktör(ler)in sürece etkisi bulunabilir. Bloklamada genellikle makine, kimyasal oranları gibi süreçte etkili değişkenler kullanılmaktadır. Örneğin farklı makine performansının deney tasarımı vasıtasıyla irdelendiği bir deneyde, makine operatörleri arasında farklılığın, deney tasarım aşamasında operatörlerin bloklama değişkeni kabulüyle deney sonucuna etkisi azaltılmış olacaktır.

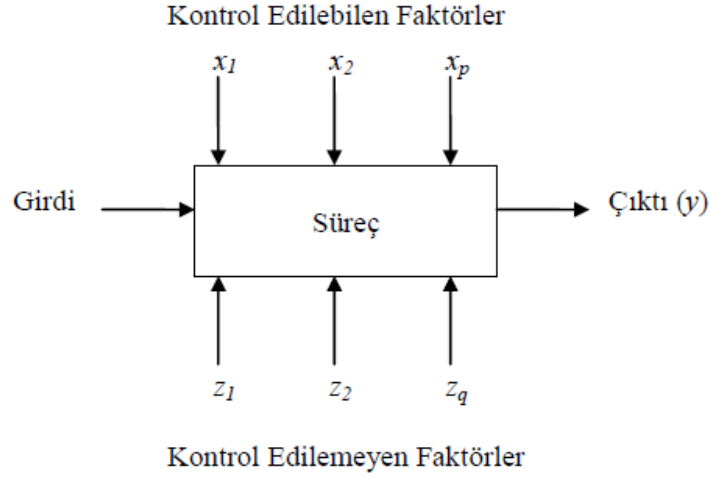
3.8 Deney Tasarımının Uygulanması Süreci

Uygulanacak bir deney tasarımı öncesi bir planlama ve bu planlama aşamasında da kontrol listesinin oluşumu büyük önem arz eder.

Deney tasarımında planında oluşturulacak kontrol listesinin adımları da bir bütünlük içerisinde olmalıdır. Bu adımları özetlemek gerekirse;

1. Deneyin amaç ve hedeflerinin belirlenmesi
2. Bütün değişkenlerin tanımlanması
 - a. Deney üniteleri
 - b. Kontrol edilebilir faktörler
 - c. Kontrol edilemeyen faktörler
 - d. Bloklama işlemleri
3. Uygulamada deney ünitelerinin ayrımı için kural oluşturulması
4. Deney ölçü birimlerinin belirlenmesi
5. Pilot bir uygulama yapılması
6. Pilot uygulama dikkate alınarak model oluşturulması
7. Analiz için sınırların belirlenmesi
8. Gerekli gözlem sayısının hesaplanması
9. Gözden geçirme ile gerekli ise revizyon işlemleri

Herhangi bir süreç veya sistemin performansını ölçmede kullanılan deney tasarımına ait bir süreç ve bileşenleri genel olarak Şekil 3.2 deki gibi gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Genel Süreç Modeli (Montgomery, 1991).

Bu parametreler makine, malzeme, yöntem insan kaynakları vb. girdiler olabilir.

Parametreler iki farklı yolla deneyi etkileyebilir. Zira bunlar ya uygulayıcı tarafından kontrolü mümkün olan malzeme cinsi, karışım oranları gibi parametrelerle, ya da kontrolü uygulayıcı elinde olmayan veya müdahale edemediği nem, ortam sıcaklığı gibi bağımsız değişkenler aracılığıyla etki sağlar.

Şekil 3.2’de x_1 , x_2 , x_p kontrol edilebilen parametreler iken, z_1 , z_2 , z_q kontrol edilemeyen parametrelerdir.

Süreç içerisinde en çok;

- y çıktısını en çok hangi parametre etkilemektedir,
- y çıktısı en az / en çok veya nominal değerde istendiğinde x parametrelerinin seviyeleri ne olmalıdır
- Kontrol edilemeyen z_1 , z_2 , z_q parametrelerinin en küçüklenmesini sağlayacak (kontrol edilebilir parametrelerin (x) seviyeleri hangi düzeyde olmalı

sorularına cevap aranmaktadır.

Deneyisel çalışmalarda fazla sayıda deney gerçekleştirilir. Deneyler laboratuvar veya klinik ortamda, pilot veya tam uygulama şeklinde olabilir.

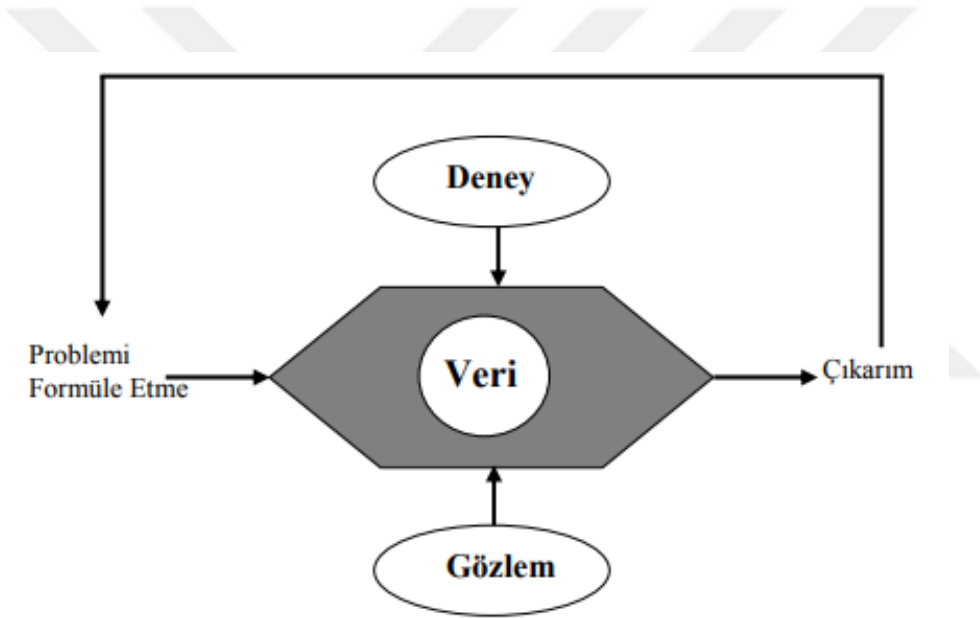
Tasarım için;

- Toplam deney sayısını düşürmek,
- Tasarımcının formülasyonunda yer alan değişikliklerin eş zamanlı uygulanması,
- Uygun deney stratejisinin benimsenmesi

iyi tasarlanmış deneyler doğru veri eldesini doğrudan sağlayacaktır. Bunu tasarımı sağlamak içinse şu sorulara cevaplayacak şekilde olmalıdır:

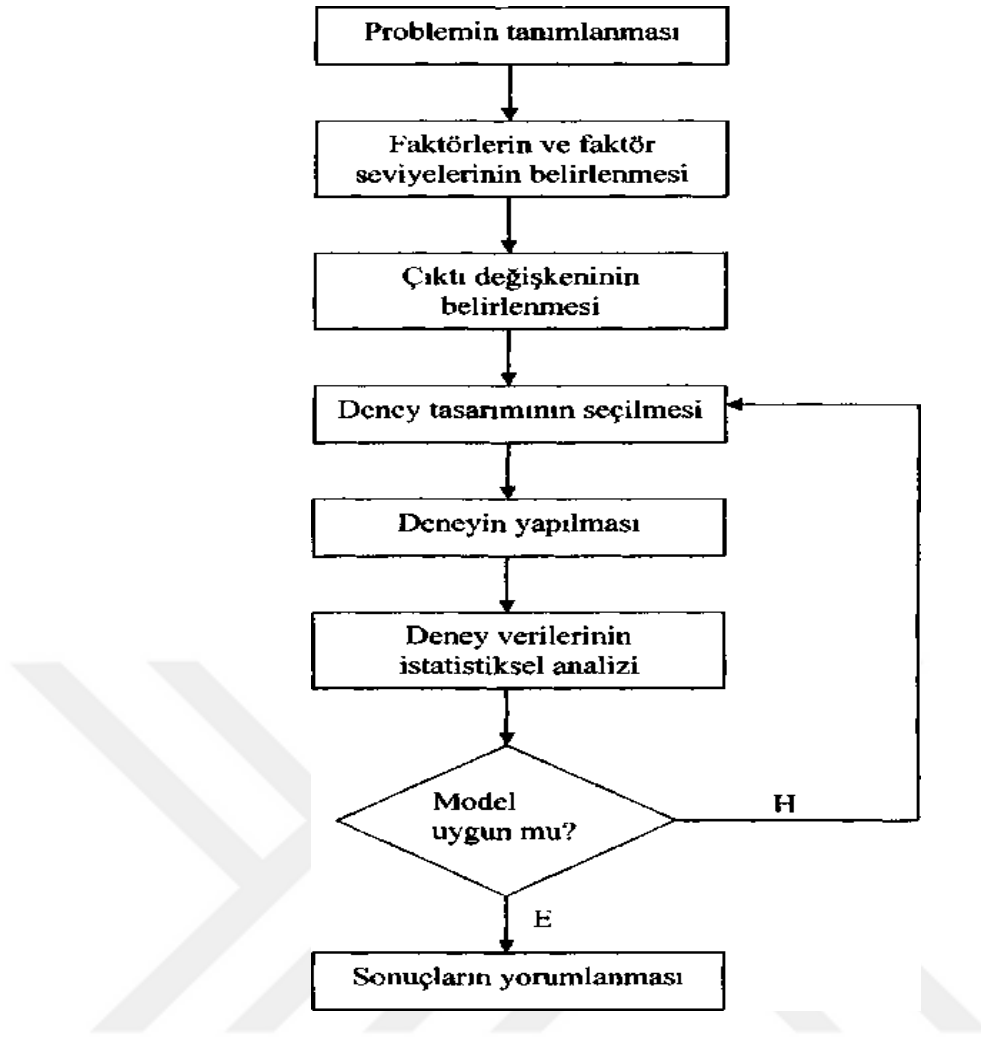
- Sonuç ve parametre etkisi hesaplanabiliyor mu?
- Sonucu etkileyen kaç parametre mevcut?
- Kaç parametre eş zamanlı hesaplamaya katılmalı?
- Deneyin kaç kez tekrarı gerekmektedir?
- Kullanılacak veri analiz türü / türleri ne olmalıdır?
- Etki faktörlerinin seviye farklarının önemi ne düzeydedir?

Veriler deney veya gözlemlerin sonucu elde edilmekte olmasına karşın aralarındaki fark gözlemde değişkenlere etkinin söz konusu olmamasıdır.



Şekil 3.3: Bilimsel çalışmalarda istatistiksel girdi düzeyi (Mason ve diğ., 2003).

Deney tasarımı uygulanma şeması Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4: Deney tasarımının uygulanma süreci (Demir, 2004).

(¹) Deney tasarımı uygulama aşamasında ilk adım problem tanımı, tarifidir. Bu aşamada deney amacıyla ilişkili bilgiler toplanır, deney amacı açık şekilde tanımlanır. Ele alınacak süreçle ilgili birimlerden bilgilerin alınması çok önemlidir. Problemin net bir biçimde ifadesi, sorunun tam anlamıyla anlaşılmasını sağlarken, problem çözümüne de katkı sunar.

Sonraki adım (²) süreç çıktılarına etkileyen faktörler ile faktörlerin seviyeleri belirlenmeli. Bu aşamada faktörlerin hangi seviyede deneme yapılacağı, böylelikle faktörler kontrolünün ne şekilde sağlanabileceği ve ölçüleceği belirlenir.

Faktör seviyelerin belirlenmesini takiben (³) süreci açıklayacak çıktı değişkeni tespiti yapılmalı. Çıktı değişkenin tespitinde, çıktı değişkeni süreç hakkında ihtiyaç duyulan bilgilerin alınabildiğinden emin olunmalı.

Dördüncü aşamada (⁴) problemin amacına uygun olarak kullanılacak deney tasarım tekniği belirlenir. Tasarım seçim süreci örnek büyüklüğü (tekrar sayısı) tespiti, deney

test sıralarının belirlenmesi, bloklama yapılabilirliğinin tespiti ve rassallık kısıtlarını barındırır. Deney tasarımı seçimindeki en önemli kriter deney amacı. Deney tasarımı tekniği, deneyin amacına bağlı belirlenir.

Uygulama tekniği de belirlenmesini takiben ⁽⁵⁾ seçili deney tasarımı doğrultusunda deneyler yapılır. Deneyin yapılması aşamasındaki en önemli nokta deneyin planlanan çerçevede yürütülüp yürütülmediğinin gözlemlenmesidir. Bu aşamada yapılacak olan deney hataları deneyin geçerliliğini yitirmesine neden olur. İyi bir planlama deneyin başarısı açısından çok önemlidir.

Deneyler yapıldıktan sonra ⁽⁶⁾ deney verileri objektif sonuçlar eldesi için istatistiksel olarak değerlendirilir. Veri analizi birçok paket program kullanılmaktadır (SAS, SPSS, MINITAB vb.). Verilerin yorumunda kullanılan yegâne teknik ise varyans analizidir. Varyans analizi ile etki faktörlerinin cevap değişkeni üzerine etkisi olup olmadığı belirlenir. Varyans analizinin doğruluğu kullanılan model uygunluğuna bağlıdır. O sebepten model uygunluk kontrolü amacıyla hata analizi yapılmalıdır.

Veri analizleri de tamamlandıktan sonra deneyci istatistiksel sonuçları yorumlar. Yorumlama için grafik yöntemler faydalı olacaktır. Deney sonuçlarının geçerliliğinin teyidini yapmak için uygunluk testleri de yapılır.

Bütün aşamalar geçildikten sonra, ele alınan süreçle ilgili yol gösterici doneler temin edilmiş olur.

Baray ve Sarı 'nın (2006) Montgomery'ye göre belirttiği Deney Tasarımının Aşamaları ise şu şekildedir:

1. Problem Tanımı
2. Faktör ve Faktör Düzeylerinin Seçimi
3. Yanıt Değişkeninin belirlenmesi
4. Deneyin Tasarlanması
5. Deneylerin Yapılması
6. İstatistiksel veri Analizi
7. Sonuç ve öneriler

Başka bir araştırma da ise Deney tasarımının ana basamakları:

- (1) Faktör(lerin) ve etkileşimlerin belirlenmesi,
- (2) Her faktör için seviyelerin belirlenmesi,
- (3) Uygun orthogonal matris seçimi,

- (4) Faktörler ile etkileşimlerin orthogonal matris sütunlarına yerleştirilmesi,
 - (5) Deneilerin gerçekleştirilmesi,
 - (6) Veri analizi ve optimal seviyelerin tespiti, ve
 - (7) Doğrulama deneyinin yapılmasıdır
- şeklinde değerlendirmiştir.





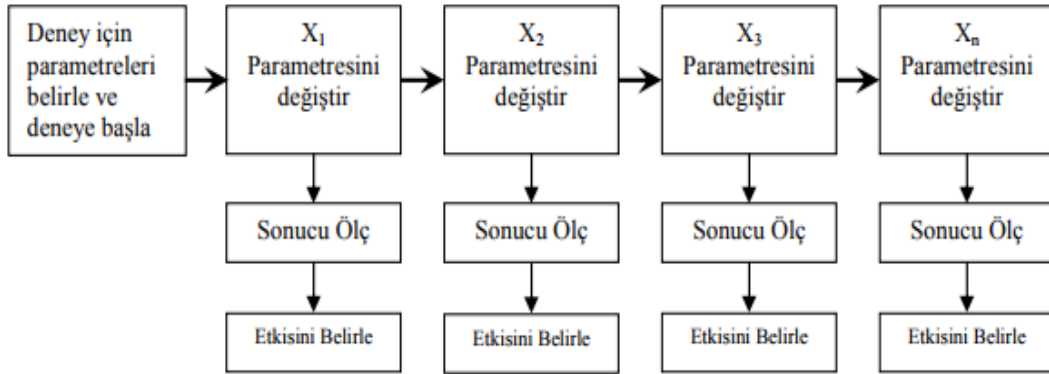
4. DENEY TASARIMI UYGULAMA YÖNTEMLERİ

Uygulamada çok çeşitli deney tasarım yöntemleri olmakla birlikte, en bilinenleri veya kullanım sıklığı dikkate alındığında bir kaç şü şekilde sıralamak mümkündür:

4.1 Klasik Metotlar ile Deney Tasarımı

Geleneksel yöntemlerle yapılan deney tasarımı çalışmalarında, parametreler her seferinde biri değiştirilirken bağımsız parametreler sabit tutulur. Bu şekilde değiştirilen parametrenin sistem çıktısına etkisi araştırılmış olacaktır.

Şekil 4.1’de gösterildiği gibi bir süreç iyileştirmede, bir problemin çözümünde ya da ürün tasarımında ilk parametreden başlamak üzere, diğer parametreler sabit tutulur ve o tek parametredeki değişimin çıktıya etkisi araştırılır.



Şekil 4.1: Klasik metotlar ile deney tasarımı ve ölçümlenmesi (Gökçe ve Taşgetiren, 2011).

Yalnız klasik metotta kontrol edilemeyen faktörlerin dikkate alınmadığı da unutulmamalıdır.

4.2 İstatistiksel Metodolojiler ile Deney Tasarımı

4.2.1 Tek Faktörlü Deney

Her seferinde tek faktör üzerinde değişiklik yapılarak süreç veya çıktıya etkisi kontrol edilir. Ele alınan faktör çıktı üzerinde etkili değilse diğer faktör etki kontrolüne geçilir. Deneyde etkili faktör sayısı birden fazlaysa, diğer faktörler etkisiz kabul edilir. Böylelikle farklı faktörler arasındaki etkileşim incelenir. Her faktörün ayrı ayrı çıktıya etkisi araştırıldığından deney sayısı ve maliyetleri yükselmektedir (Taylan, 2009).

4.2.2 Çok Faktörlü Deney

Çok faktörlü deney tasarımında farklı iki yaklaşım vardır (Taylan, 2009):

1. Yaklaşım: Her deneyde incelen dışındaki faktörler sabit tutularak, yalnız bir faktör düzeyinde değişiklik yapılmaktadır. Bu yaklaşımla iki faktörün arasındaki etkileşimi tespit etmek mümkün değildir.
2. Yaklaşım: Tüm faktör seviyeleri aynı anda değiştirilir. Bu yaklaşımda ise her faktörün ayrı ayrı süreç / çıktı üzerinde etkisi var olup olmadığının tespiti pek de olası değildir. Yalnızca tüm faktörlerin düşük ve yüksek seviyeleri mukayese edildiğinden faktörlerin birlikte olan etkisinden söz etmek mümkündür.

4.2.3 Tam Faktöriyel Deney Tasarımı

Performansa, bir başka ifadeyle sonuç çıktısına, iki veya daha fazla etki eden faktörün mevcudiyetinde kullanılan bir yöntemdir. Ancak 5 faktöre kadar olan tasarımlarda kullanımı tavsiye edilmektedir. Tam faktöriyel deney tasarımında faktörlerin tekil veya birlikte süreç çıktısına etkilerini belirlemek için a^k kadar deney yapımına ihtiyaç bulunmaktadır. Burada;

a: Faktör düzey sayısını (a=2, 3, 4, 5)

k: İlgilenilen faktör sayısı

Örneğin bir iyileştirme probleminde 3 parametre (P_1, P_2, P_3) ve her birinin 2 seviyesi için yapılacak deney sayısı, $2^3 = 8$ adet olmalıdır. Çizelge 4.1'de her bir seviye ve parametre için yapılan deneyleri görmekteyiz.

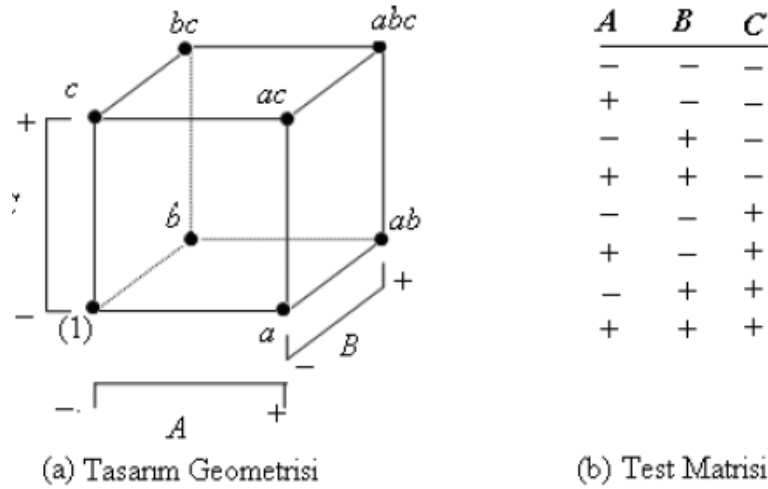
Çizelge 4.1: Örnek tam faktöriyel deney tasarım tablosu.

Deney Sayısı	Parametre ve seviyeleri			Sonuç
	P ₁	P ₂	P ₃	
1	1	1	1	S ₁
2	1	1	2	S ₂
3	1	2	2	S ₃
4	1	2	1	S ₄
5	2	1	1	S ₅
6	2	1	2	S ₆
7	2	2	1	S ₇
8	2	2	2	S ₈

Çizelge 4.1'deki örneğe göre her bir parametrenin etkisi ve birbirleri ile olan etkileşimi araştırıldığında basit olarak ortaya şöyle bir denklem ortaya çıkar (Lazic, 2004).

$$\begin{aligned}
 E_{X1} &= (S_1 + S_2 + S_3 + S_4) / 4 - (S_5 + S_6 + S_7 + S_8) / 4 \\
 E_{X2} &= (S_1 + S_2 + S_5 + S_6) / 4 - (S_3 + S_4 + S_7 + S_8) / 4 \\
 E_{X3} &= (S_1 + S_4 + S_5 + S_7) / 4 - (S_2 + S_3 + S_6 + S_8) / 4 \\
 E_{X1X2} &= (S_1 + S_2 + S_7 + S_8) / 4 - (S_3 + S_4 + S_5 + S_6) / 4 \\
 E_{X1X3} &= (S_1 + S_4 + S_6 + S_8) / 4 - (S_2 + S_3 + S_5 + S_7) / 4 \\
 E_{X2X3} &= (S_1 + S_3 + S_5 + S_8) / 4 - (S_2 + S_4 + S_6 + S_7) / 4 \\
 E_{X1X2X3} &= (S_2 + S_4 + S_5 + S_8) / 4 - (S_1 + S_3 + S_6 + S_7) / 4
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Böyle bir örnek tasarım geometrisi de, Şekil 4.2'da görüldüğü gibi, küp şeklinde olmakla birlikte her bir deneme küp köşe noktaları olarak karşımıza çıkar (Montgomery, 2005 c: 574, Myers ve Montgomery, 2002: 100):



Şekil 4.2: 2³ Faktöriyel Tasarım (Hasgül, 2011).

Bu tasarım A, B, C ana etkileri, AB, AC, BC ikili faktör etkileşimlerini ve ABC üçlü faktör etkileşimini tahmine imkân verir. Modeli ise denklem(4.2)'deki şekilde açıklayabiliriz:

$$y = \mu + A + B + C + AB + AC + BC + ABC + \varepsilon \quad (4.2)$$

Burada da

μ : genel ortalama ve ε , $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ ile gösterilen rassal hata bileşenidir.

A faktörünün ana etkisinin tahmini için önce kübün sağ tarafındaki değerlerin yani "yüksek" düzeyine ilişkin değerlerin ortalaması alınır ve sol taraftaki değerlerin ortalaması bundan çıkarılır (Montgomery, 2005: 576):

$$A = \bar{y}_{A^+} - \bar{y}_{A^-} = \frac{1}{4n} [a + ab + ac + abc - b - c - bc - (1)] \quad (4.3)$$

Aynı şekilde B ile C faktör etkilerinin tahmini:

$$B = \bar{y}_{B^+} - \bar{y}_{B^-} = \frac{1}{4n} [b + ab + bc + abc - a - c - ac - (1)] \quad (4.4)$$

$$C = \bar{y}_{C^+} - \bar{y}_{C^-} = \frac{1}{4n} [c + ac + bc + abc - a - b - ab - (1)] \quad (4.5)$$

AB etkileşiminin tahmininde C faktörünün "yüksek" ve "düşük" düzeylerine ilişkin elde edilen değerlerin ortalamalarının farkı değerlendirilmektedir.

C faktörü "düşük" düzeyi ele alınırken:

$$AB(C^-) = \frac{1}{2n} [ab - b] - \frac{1}{2n} [a - (1)] \quad (4.6)$$

C faktörü "yüksek" düzeyi ele alınırken:

$$AB(C^+) = \frac{1}{2n} [abc - bc] - \frac{1}{2n} [ac - c] \quad (4.7)$$

AB etkileşiminin etkisi bu iki bileşenin ortalaması ile (kübün köşegen yüzeylerinin dikkate alınması ile)

$$AB = \frac{1}{4n} [ab + (1) + abc + c - b - a - bc - ac] \quad (4.8)$$

AC ve BC etkileşimleri benzer şekilde tahmin edilmektedir:

$$AC = \frac{1}{4n} [ac + (1) + abc + b - a - c - ab - bc] \quad (4.9)$$

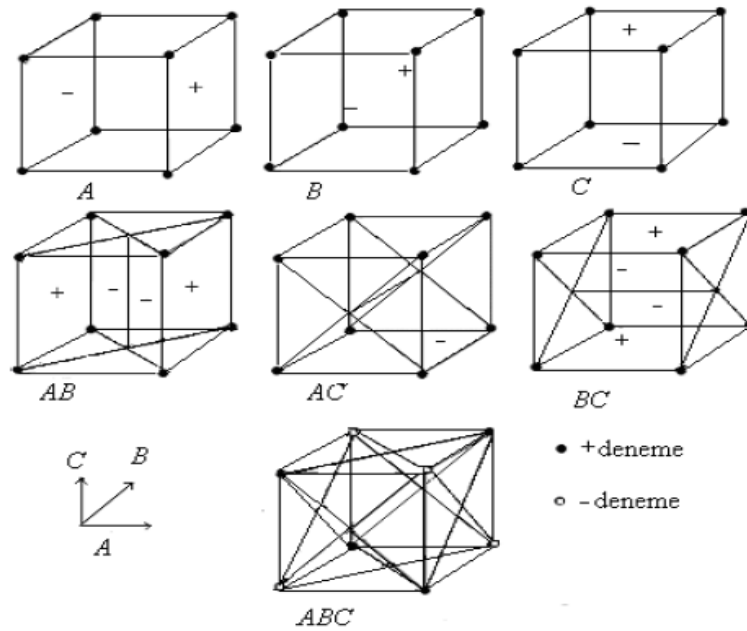
$$AB = \frac{1}{4n} [bc + (1) + abc + a - b - c - ab - ac] \quad (4.10)$$

ABC etkisi ise C faktörünün iki düzeyinin ortalamasının AB etkileşimi ortalama farkı ile tahmin edilmektedir.

$$ABC = \frac{1}{4n} \{ [abc - bc] - [ac - c] - [ab - b] - [a - (1)] \}$$

$$ABC = \frac{1}{4n} [abc - bc - ac + c - ab + b + a - (1)] \quad (4.11)$$

Ana etkiler ve etkileşimler için elde edilen bu bağıntıları gösteren grafik Şekil 4.3'te verilmektedir (Box, Hunter ve Hunter, 2005: 312; Myers ve Montgomery, 2002):



Şekil 4.3: 2^3 Faktöriyel Tasarımlarda Ana Etkiler ve Etkileşimler.

Bağıntıların da hesaplanması sonucu, etkilerin kareler toplamı denklem(4.12)'de verilmekte olan formülle elde edilmektedir (Montgomery, 2005c: 577):

$$KT = \frac{(\text{bağıntı})^2}{n 2^2} \quad (4.12)$$

Bilimsel çerçevede deney tasarımının içermesi gereken üç prensip; deney bloklama, rassal bir sıra izlenmesi ve tekrarıdır (Hinkelmann ve Kempthorne, 2005).

Deney sayısının belirlenmesinde ise şu yaklaşımlar izlenebilir (Bayar, 2001):

1. Süreç hakkında uygulayıcının sahip olduğu bilgi / tecrübe doğrultusunda faktörlerin muhtemel etki düzeyleri seçilerek deneyler yapılabilir
2. Faktör seviyeleri rassal belirlenebilir
3. Sabit, rassal etkiler bir arada değerlendirilebilir.

Tam Faktöriyel deney tasarımında kullanılan bloklama ile kontrol edilemeyen hataların deneye tesirini önlemektir. Deneyde oluşabilecek sapma ve hataların önlemek içinse; deney rastgele yapılırken, geriye dönük kontroller ile düzeltmeler gerçekleştirilebilir.

Tam faktöriyel deney tasarımının, her bir parametrenin yapılan deneye etkisini bulmak amacıyla, ANOVA (Varyasyon Analizi) ve regresyon analizi kullanılmaktadır. Böylelikle deney sırasında farklılıkların kaynağı herhangi bir değişiklik yapılmadan bulunmasına destek verir (Breyfogle, 2003).

Varyans analizinin gerçekleştirilebilmesi için minimum üç deney tekrarı ihtiyacı vardır.

Tam faktöriyel deney tasarımı tüm parametre ve seviyelerinin kombinasyonları birer birer testiyle deney maliyeti yükseltirken büyük zaman kaybı yaratmaktadır. Maksimum maliyet ve zaman kaybına da bu tür tasarımlarda rastlamaktayız.

Tasarımda deneyle edinilecek verilerle sarf edilen zaman ve maliyet arasındaki ilişki büyük öneme sahiptir. Bu noktada diğer tasarım yöntemlerine yönelimin söz konusu olduğu söylenebilir.

4.2.4 Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı

Parametrelerin sayısı arttıkça, tam faktöriyel tasarımın tamamlanması çok zahmetli olabilir. Kesirli faktöriyel tasarım fikri tam faktöriyel deneylerin yalnızca bir alt kümesini çalıştırmaktır. Bunu yapmakla birlikte, ana etkiler ve etkileşim etkileri hakkında bazı bilgiler hakkında oldukça iyi bilgi sağlamak hala mümkündür. Kesirli faktöriyel örnek büyüklüğü, tam faktöriyel bir buçuk ya da dörtte biri kadar olabilir. Kesirli faktöriyel numuneler, özellikle dengeli ve ortogonal olması gereken

şekilde seçilmelidir. Dengeli olarak, örnek alanın, her bir faktörün her bir seviyesi için aynı sayıda numuneye sahip olacağı şekilde yapıldığı anlamına gelir.

Kesirli faktöriyel deney tasarımı genel itibariyle performans veya sistem çıktılarına etki eden faktörlerin 5'ten çok olduğunda tercih edildiği söylenebilir. Zira tam faktöriyel deney tasarımı faktör sayısının artışıyla zaman, iş gücü, malzeme gibi maliyet kalemleri yükseltmesiyle etkin ve ekonomik olmayan deneysel çalışmalar olabilir. Kesirli faktöriyel deney tasarımlarına bakıldığında ise zamandan kazanım sağladığı gibi maliyetin düşüşüne de zemin yaratmaktadır. Bu amaçla faktörlerin etkisinin tespiti için daha az deney yapımı tercih edilir. Kesirli faktöriyel deney tasarımında gerekli deney sayısı ise;

a^{k-p} ile hesaplanır. Burada;

a : Faktör seviye sayısı,

k : İlgilenilen faktör adedi

p : bağımsız jeneratör olarak ifade edilebilir.

P=1 için $\frac{1}{2}$ kesirli faktöriyel tasarım, p=2 için $\frac{1}{4}$, p=3 içinse $\frac{1}{8}$ Kesirli faktöriyel tasarım olarak adlandırılır (Bayar, 2001).

Zamanla maliyetten kazanım adına deney sayısı orantılı düşürülerek kesirli faktöriye deney tasarımı oluşturulur. Örneğin 6 faktörlü ve 2 seviyeli ele alınan problemde tam faktöriyel deney tasarımıyla $2^6 = 64$ adet deney yapımı gerekirken, bu sayının kesri olan 64, 32 ya da $\frac{1}{8}$ yani 16 deneyle de yapılabilir. Deney sayısı araştırmacının tercihiyle orantılı olarak kesirli oranı azaltılabilir (Gökçe ve Taşgetiren, 2009).

4.2.5 Taguchi Metodu

Taguchi metodu, parametre, sistem ve tolerans tasarımı temelli kurulmuş optimizasyon metodudur. Sıklıkla, kalite sistemlerinde toplanan dataların, istatistiksel analizinde yararlanılır. Taguchi'nin deney tasarım metodu, farklı faktörlerin, farklı düzeyleri arasında ideal kombinasyonu belirlemekte oldukça başarılı bir metottur (Güral, 2003).

Önceki maddelerde sıralandığı gibi deney tasarımı üzerine farklı çalışma yöntemleri mevcutsa da, bunlar arasında özellikle en göze çarpanı Dr. Genichi Taguchi'nin 90'lı yıllarda ortaya çıkardığı Taguchi metodudur.

Taguchi çalışmalarıyla, az sayıda testle daha başarılı sonuçlar elde edecek ortogonal dizileri oluşturmuştur. Ortogonal dizinler, gerçekleştirilen deney tasarımı uygulamalarının her seferinde faktör düzeylerini tek tek değiştirmek yerine, seviyelerin aynı anda değişimini öngörmektedir. Böylelikle tek deneyde çoklu faktör ve düzey etkisi ölçölmektedir.

Taguchi yöntemi ile birlikte, genellikle tarım, kimya ve elektronik alanlarında kullanılan deney tasarımı teknikleri son dönemlerde üretim sektöründe de ilgi görmeye başlamıştır. Taguchi yöntemi, deney tasarımına yöntem olarak önemli bir yenilik getirmemesine rağmen, sanayi uygulamalarına yeni fikirler getirmiş ve başarılı uygulamaları sayesinde üretim sektöründe kabul edilmeye başlanmıştır.

Taguchi yönteminin asıl amacı, kontrol edilebilen faktörlerin düzenlenmesiyle maliyetle zaman yönünden efektif, kontrol edilemeyen faktör etkisine duyarsız mamöl ve süreç tasarımı oluşturmaktır.

Bunun dışında bazı deney tasarım yollarını sıralamak gerekirse;

- a) Aşamalı bölümlendirme,
- b) İki yönlü bölümlendirme,
- c) Rastgele tam blok tasarımı (*Randomized complete block design*),
- d) Latin kareler (Latin Square) tasarımı,
- e) ift düzeyli çok etmenli tasarımlar,
- f) Üç seviyeli tasarımlar,
- g) Değiştirmeli tasarımlar,
- h) Rastgele bölüntüler deney tasarımı

5. UYGULAMA

Çağımızda hem bulunduğu sektörde tutunma hem de rekabet yeteneklerini geliştirerek daha büyük paylar elde edebilme doğrultusunda maliyetin minimize edilerek müşteri beklentilerini karşılayacak düzeyde ve üst seviyede kaliteli ürün üretmek büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla farklı araştırma ve geliştirme çabalarında bulunmaktadır. Bu doğrultuda son çeyrek asırda istatistiksel deney tasarımı hiç de azımsanmayacak kullanım düzeylerine ulaştığı savunulabilir.

Genel olarak Deney Tasarımı, ele alınan problemde sürecin işleyişi hakkında veri toplanarak, kalite karakteristiklerine etki eden faktörleri / parametreleri ele alarak kalitenin geliştirilmesi için gerekli düzeyleri belirlemeyi amaçlayan istatistiksel yöntemlerden sadece biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu metodoloji kullanılarak prosese / sürece etki eden karakteristiklerin eniyilenmesi için optimum faktör düzeyleri tespit edilerek total süreç kalitesi de geliştirilmiş olmaktadır.

Tüm bunlar dikkate alındığında daha önce farklı metodlar ve etkenlerle ele alınmış olan trafik kazalarına etki eden faktörlerden yol faktörleri deney tasarımı yaklaşımıyla irdelenmeye çalışılmıştır.

Bu kapsamda Çorum iline ait birden fazla (üç) dönemi / yılı (2011, 2012, 2015) kapsayan ölümlü ve yaralanmalı kazaların oluş yeri ve sayısı ve ARGİS programı aracılığıyla yola ait özellikleri içeren veriler edinilmiştir ve deney tasarımında uyarlanabilir hale getirilmeye çalışılmıştır.

Problemin detaylarına bakıldığında Dünya’da ve ülkemizde her yıl binler düzeyinde kaza ve maalesef sonucunda ölümler gerçekleşmektedir. Elbette ki çoğu araştırmada, özellikle polis raporları da dikkate alınarak, kazanın en temel sebebi insan faktörü karşımıza çıksa da, insanın hata yapmasına sebep verebilecek veya araç kullanımını zorlaştırıcı “yapana değil bir kez de yaptırana bakmalı” sözünden de yola çıkarak, yol faktörleri de göz ardı edilmemelidir.

Çalışmamızda Çorum ilinde 2011, 2012, 2015 yıllarına ait 3 dönemi kapsayan geçmiş kaza verileri derlenmiş ve kullanılmıştır. Analiz yapımında tüm yolların

çalışmaya katılımı büyük vakit ve çalışmanın çıkış noktasına aykırı olabileceği düşüncesiyle de, kazaların yaşandığı yollar ve bu yolların ArcGIS Coğrafi Bilgi Sistemin(CBS)den elde edilen özellikleri kullanılmıştır. ArcGIS Coğrafi Bilgi Sistemin(CBS) den yol özelliklerinden;

- Yolun Türü (Bulvar, Cadde, Sokak)
- Yol uzunluğu,
- Şerit sayısı,
- Ortalama araç sayısı,
- Yolun hız değeri,
- Yol genişlikleri,
- Parklanma durumu (izni),
- Tek veya çift yönlü oluşu,
- Toplu taşıma aracının yoğunluğu

elde edilirken; bunlardan özellikle başta bağımlı değişken olan yol genişliği ve ortalama araç sayısı ile yol uzunluğu ve yolun türü göz ardı edilerek; oluşturulacak deney tasarımının çözümlenmesinde şerit sayısı, parklanma, yönler, hız, toplu taşıma düzeyleri olmak üzere 5 faktör (şerit sayısı, parklanma, yönler, hız ve toplu taşıma) ve bunların farklı seviyeleri dikkate alınmıştır.

5.1 Kazalarda Deney Tasarımı Uygulaması

Geleneksel / klasik deney tasarımında faktör sayısı ve her biri için alınan düzeylerinin teker teker değiştirilerek tamamının denenmesi için 108 deney gerekirken, tam faktöriyel deney tasarımı uygulamada dikkate alınarak, Minitab 17 paket programı aracılığıyla yapılan analiz için oluşturulan tasarımla 36 deney ile analizin yapılabildiği söylenebilir.

Ele alınan faktörler ve seviyeleri şu şekildedir:

Şerit Sayısı	= 1, 2, 3	adet
Parklanma	= Var (1), Yok (0),	
Yönler	= Tek (1), Çift (2),	
Hız	= 30, 50, 70	km
Toplu taşıma	= 0, 7, 14	adet

Minitab'te yapılan tasarım ve deney faktör düzeyleri ise aşağıdaki tabloda örneklenmiştir.

Çizelge 5.1: Kaza yol faktörleri ve deney seviyeleri.

Deney No	Şerit sayısı (adet)	Parklanma (VAR/YOK)	Yönler (TEK/ÇİFT)	HIZ (km)	Toplu Taşıma (adet)	KAZA (adet)
7	1	YOK	TEK	70	0	15
8	3	YOK	ÇİFT	30	0	1
9	1	VAR	ÇİFT	70	14	100
10	2	VAR	TEK	50	7	22
11	1	VAR	ÇİFT	30	14	20
12	1	VAR	TEK	70	14	150
13	3	YOK	ÇİFT	70	14	10
14	1	VAR	ÇİFT	30	0	8
15	1	YOK	ÇİFT	30	14	5
16	3	YOK	TEK	30	0	1
17	3	VAR	TEK	70	14	60
18	3	YOK	ÇİFT	70	0	4
19	3	VAR	ÇİFT	30	0	3
20	3	YOK	ÇİFT	30	14	2
21	1	YOK	ÇİFT	30	0	2
22	1	YOK	TEK	30	14	8
23	1	YOK	TEK	30	0	3
24	1	YOK	ÇİFT	70	14	25
25	1	VAR	ÇİFT	70	0	40
26	2	VAR	ÇİFT	50	7	22

Yukarıdaki çizelgede bir kısmı gösterilmiş ve bütünü 36 deney ile analiz edilmesi öngörölmüş deney tasarımında, farklı faktör ve seviyelerinden türetilen seçeneklerin ilişkili / faktör düzeyine bağlı yollarda yaşanan toplam kaza miktarları da tabloya eklenmiştir.

Yapılan tasarım ile ele alınan faktör düzeylerine göre şerit sayısı, parklanma, yönler, hız ve toplu taşıma olmak üzere 5 faktörün trafik kazası oluşumunda etkili olup olmadığı ve varsa bu etki düzeyi araştırılmıştır.

%95 güven düzeyinde, ilişki varlığını anlatan hipotez ise şu şekilde ifade edilebilir:

H₀ : Parametreler, Kaza oluşumunda etkisiz;

P-value > $\alpha=0,05$

H₁ : Parametreler, Kaza oluşumunda etkili;

p-value < $\alpha=0,05$

Minitab 17 paket programıyla yapılan DOE (Deney Tasarımı) analizi ile elde edilen sonuç tablosu aşağıda Çizelge 6.2 'de sunulmuştur.



Çizelge 5.2: DOE sonuç / analiz tablosu.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	32	3170083	99065	12,38	0,030
Linear	5	2048159	409632	51,18	0,004
Şerit sayısı	1	310078	310078	38,74	0,008
Parklanma	1	615440	615440	76,89	0,003
Yönler	1	62250	62250	7,78	0,068
HIE	1	750312	750312	93,74	0,002
Toplu Taşıma	1	310078	310078	38,74	0,008
2-Way Interactions	10	901072	90107	11,26	0,035
Şerit sayısı*Parklanma	1	111628	111628	13,95	0,033
Şerit sayısı*Yönler	1	12403	12403	1,55	0,302
Şerit sayısı*HIE	1	137813	137813	17,22	0,025
Şerit sayısı*Toplu Taşıma	1	56953	56953	7,12	0,076
Parklanma*Yönler	1	20306	20306	2,54	0,209
Parklanma*HIE	1	270112	270112	33,75	0,010
Parklanma*Toplu Taşıma	1	111628	111628	13,95	0,033
Yönler*HIE	1	30013	30013	3,75	0,148
Yönler*Toplu Taşıma	1	12403	12403	1,55	0,302
HIE*Toplu Taşıma	1	137813	137813	17,22	0,025
3-Way Interactions	10	178078	17808	2,22	0,277
Şerit sayısı*Parklanma*Yönler	1	4465	4465	0,56	0,509
Şerit sayısı*Parklanma*HIE	1	49612	49612	6,20	0,089
Şerit sayısı*Parklanma*Toplu Taşıma	1	20503	20503	2,56	0,208
Şerit sayısı*Yönler*HIE	1	5513	5513	0,69	0,467
Şerit sayısı*Yönler*Toplu Taşıma	1	2278	2278	0,28	0,631
Şerit sayısı*HIE*Toplu Taşıma	1	25312	25312	3,16	0,173
Parklanma*Yönler*HIE	1	10804	10804	1,35	0,329
Parklanma*Yönler*Toplu Taşıma	1	4465	4465	0,56	0,509
Parklanma*HIE*Toplu Taşıma	1	49612	49612	6,20	0,089
Yönler*HIE*Toplu Taşıma	1	5513	5513	0,69	0,467
4-Way Interactions	5	14914	2983	0,37	0,842
Şerit sayısı*Parklanma*Yönler*HIE	1	1985	1985	0,25	0,653
Şerit sayısı*Parklanma*Yönler*Toplu T.	1	820	820	0,10	0,770
Şerit sayısı*Parklanma*HIE*Toplu T.	1	9113	9113	1,14	0,364
Şerit sayısı*Yönler*HIE*Toplu Taşı.	1	1012	1012	0,13	0,746
Parklanma*Yönler*HIE*Toplu Taşıma	1	1985	1985	0,25	0,653
5-Way Interactions	1	364	364	0,05	0,845
ŞeritSayısı*Parklanma*Yönler*HIE*TopluTaşı.	1	364	364	0,05	0,845
Curvature	1	27495	27495	3,44	0,161
Error	3	24011	8004		
Total	35	3194095			

Çizelgede yer alan sonuçlar incelendiğinde;

i. Kalın font ile gösterilmiş tekil faktörlerden %95 güven seviyesindeki test sonucunda

- ✓ şerit sayısı p-value=0,008,
- ✓ parklanma p-value=0,003,
- ✓ hız p-value=0,002, ve
- ✓ toplu taşıma düzeyinin p-value=0,008,

p değerleri 0,05 'ten küçük çıkması sebebiyle bu dört faktör etkisinin anlamlı olduğu savunulur ki, çıktı değişkenimiz olan, kaza oluşumu üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

ii. Yine tabloda kalın font ile gösterilmiş ikili ilişkilerde ise; p değeri 0,05 in altında çıkan;

- ✓ Şerit sayısı*Parklanma (p-value=0,033),
- ✓ Şerit sayısı*HIZ (p-value=0,025),
- ✓ Parklanma*HIZ (p-value=0,010),
- ✓ Parklanma*Toplu Taşıma (p-value=0,033) ve
- ✓ HIZ*Toplu Taşıma (p-value=0,025)

karşılıklı etkileşimde ve kaza oranlarında etkili olduğu savunulabilir.

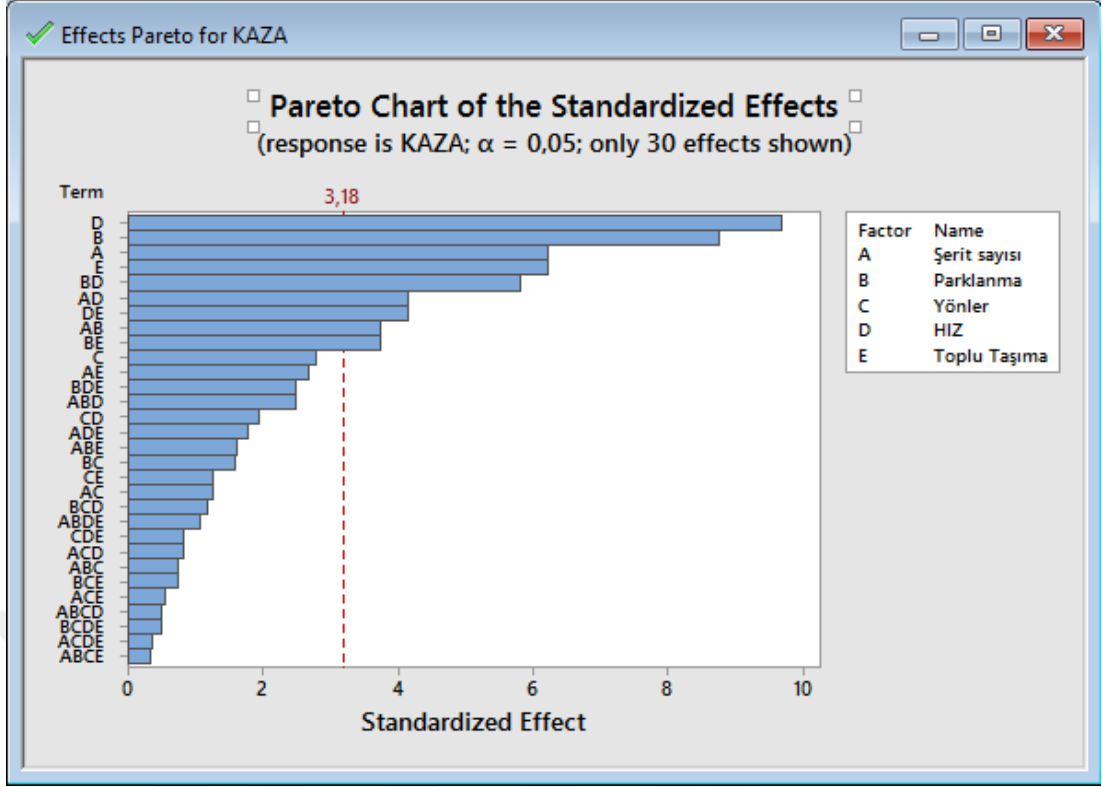
iii. Buna karşın 3 lü, 4 lü ve 5 li etkileşimlerde p değerlerinin 0,05 in altında çıkması dolayısıyla, birlikte kaza oranında etkili olduğu iddia edilememektedir.

Çizelge 5.3: Deney model özeti.

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
89,4639	99,25%	91,23%	0,00%

Tasarlanan deney modelinin özetine baktığımızda, R-sq belirleyicilik katsayısı olarak geçer ki, değeri de %99,25 çıkmıştır. Bu sonuçla modelin verilerimizin %99,25 ini temsil ettiği, örtüştüğü söylenebilir. Bu sonuç aynı zamanda girdi ve çıktıların birbiri üzerindeki etkisini oldukça iyi anlatan bir model olduğunun da göstergesidir.

Seçeneklerin standartlaştırılmış etkilerin pareto grafiği de aşağıdaki şekil 5.1 de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.1: Kaza Etki Faktörleri Paroto Grafiği.

Oluşturulan paretoda;

Faktör	Adı
A	: Şerit Sayısı,
B	: Parklanma,
C	: Yönler,
D	: Hız,
E	: Toplu taşıma düzeyini

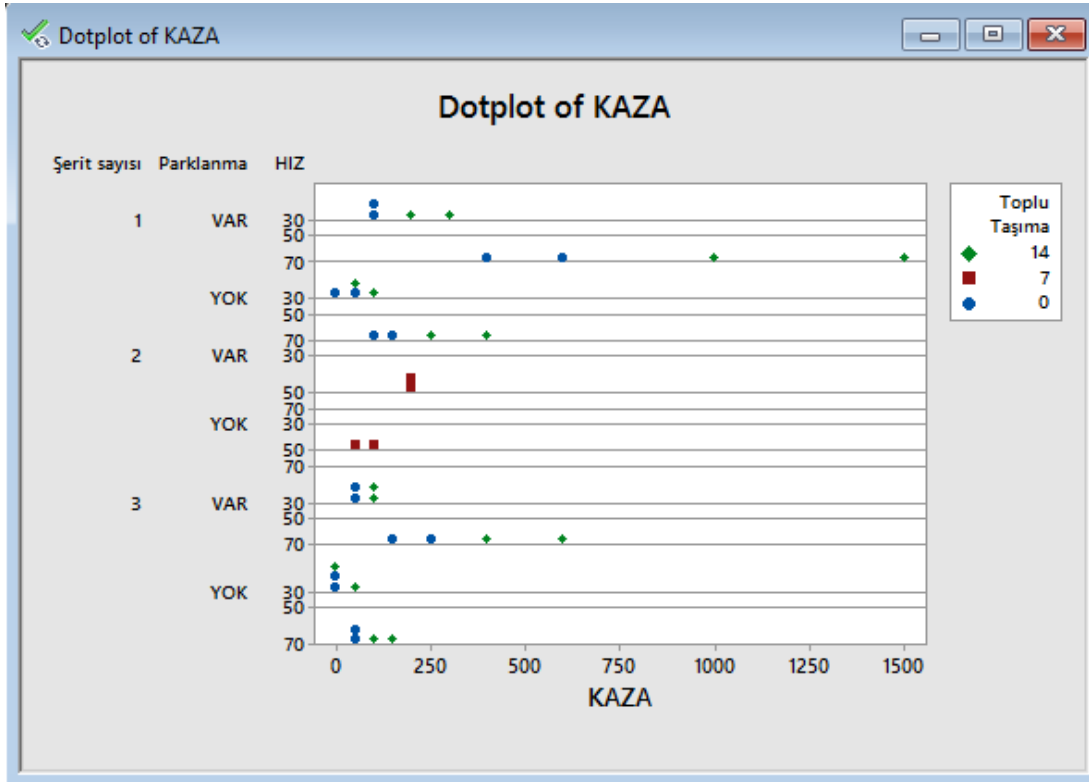
ifade ederken;

Çıkan sonuçlarda p-value (değeri) $\alpha=0,05$ 'ten düşük çıkan ve en yüksek etki düzeyine sahip D (Hız) dan başlamak üzere, kaza oluşumunda etkili olduğu belirlenen B (parklanma), A (şerit), E (toplu taşıma düzeyi), tekli faktörlere ek olarak, BD (parklanma-hız), AD (şerit-hız), DE (hız-toplu taşıma düzeyi), AB (şerit-parklanma) ve BE (parklanma-toplu taşıma düzeyi) ikili faktörlerinin de etki düzeylerine göre Şekil 5.1 'de sıralandığı gözlemlenmektedir.

Yukarıdaki pareto grafiğinde gösterilen 3,18 değeri ile kesişen sütunların ağırlıkları öncelikli olarak dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Bu faktörlerin diğer faktörlere göre önceliğe haiz olan kritik faktörler olduğu belirlenmiştir.

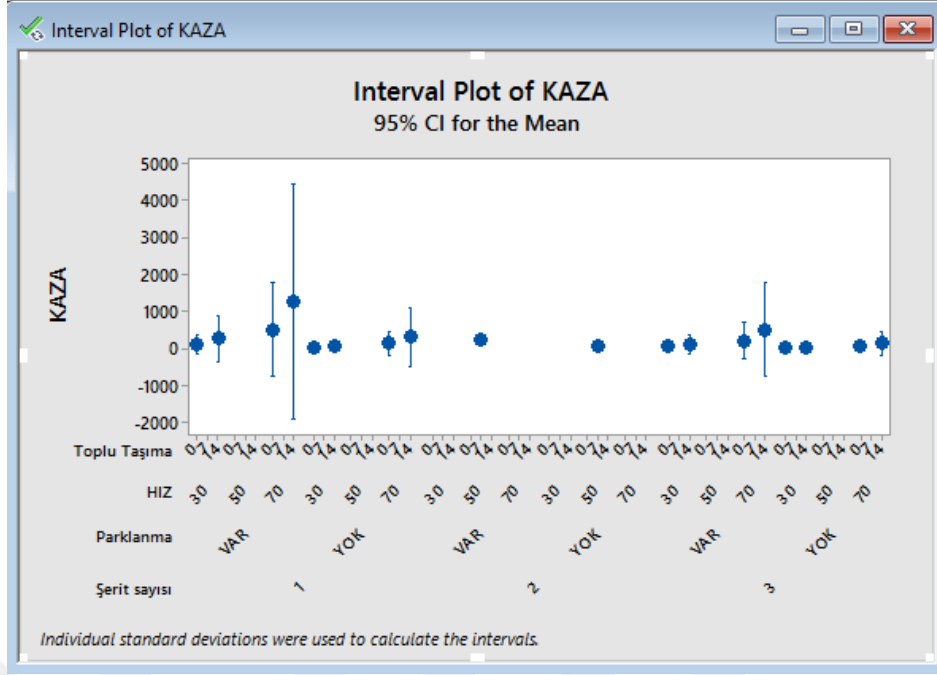
5.2 Tam Faktöriyel Tasarım:

5 faktörün yer aldığı deney tasarımında p-value (değeri) $\alpha=0,05$ 'ten büyük çıkması sonucu h_0 hipotezi reddedilemeyen, dolayısıyla etkisinin varlığı açıklanamayan üçlü, dörtlü ve beşli faktör etkileşimleri ile yine p-value (değeri) $\alpha=0,05$ 'ten büyük olması nedeniyle h_0 hipotezi reddedilemeyen, kaza oluşumunda etkisi tespit edilemeyen, “yönler” faktörü tasarımdan çıkarılarak, faktöriyel tasarım yenilenmiştir.



Şekil 5.2: Dot-Plot (Nokta Grafiği) Faktör seviyesi – kaza düzeyi.

Şekil 5.2’de Dot-Plot (Nokta Grafiği) da tasarımda yer alan faktör seviyeleri ve kaza düzeyleri nokta gösterimle grafitize edilmiştir. Bununla birlikte Şekil 5.2’de faktör seviyelerine bağlı kaza aralıkları da görülmektedir.



Şekil 5.3 : Etkili faktör seviyesi - kaza aralığı.

Yapılan yeni tasarımda “şerit sayısı”, “parklanma”, “hız” ve “toplu taşıma” parametreleri ile bunların ikilietkileşimleri dikkate alınarak elde edilen sonuçlar Çizelge 5.4 ‘te paylaşılmaktadır.

Çizelge 5.4: DOE Revize sonuç / analiz tablosu.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	16	2976726	186045	16,26	0,000
Linear	5	2048159	409632	35,81	0,000
Şerit sayısı	1	310078	310078	27,10	0,000
Parklanma	1	615440	615440	53,80	0,000
HIZ	1	750313	750313	65,58	0,000
Toplu Taşıma	1	310078	310078	27,10	0,000
2-Way Interactions	10	901072	90107	7,88	0,000
Şerit sayısı*Parklanma	1	111628	111628	9,76	0,006
Şerit sayısı*HIZ	1	137813	137813	12,05	0,003
Şerit sayısı*Toplu Taşıma	1	56953	56953	4,98	0,038
Parklanma*HIZ	1	270113	270113	23,61	0,000
Parklanma*Toplu Taşıma	1	111628	111628	9,76	0,006
HIZ*Toplu Taşıma	1	137813	137813	12,05	0,003
Curvature	1	27495	27495	2,40	0,138
Error	19	217368	11440		
Total	35	3194095			

Sonuç tablosu incelendiğinde “şerit sayısı”, “parklanma” “hız” ve “toplu taşıma” ile bunların ikili etkileşimlerinin p-value (değeri) $\alpha=0,05$ ’ten düşük çıkması sebebiyle ve öngörüldüğü üzere, h_0 hipotezi (parametrelerin Kaza oluşumunda etkisi yoktur) reddedilebilmektedir. Bu da bize dört parametre ve ikili etkileşimlerinin kaza oluşumunda etkili olduğu sonucuna götürecektir.

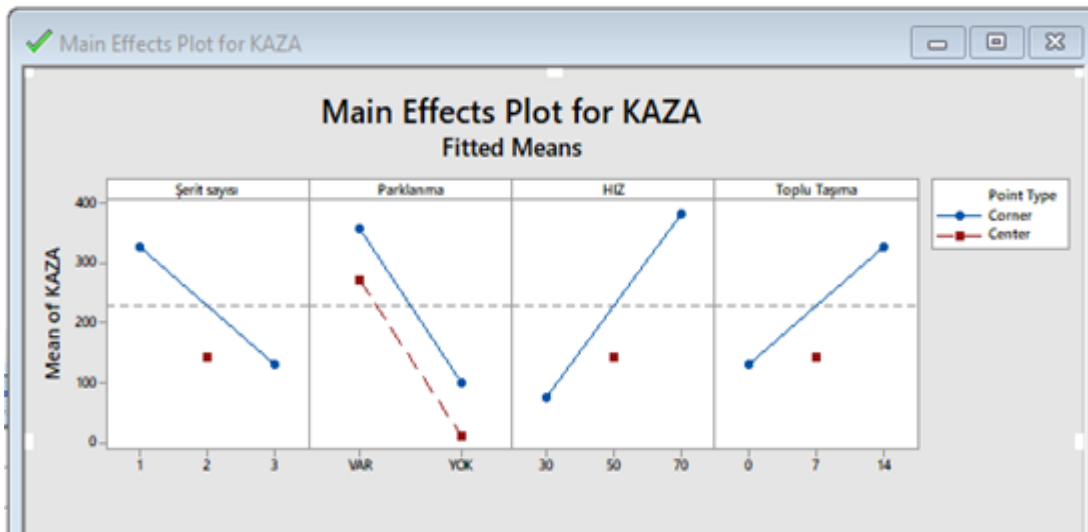
Çizelge 5.5: Revize Faktöriyel Deney model özeti.

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
106,960	93,19%	87,46%	74,94%

Revize faktöriyel deney modelinin özetine baktığımızda R-sq, belirleyicilik katsayısı olarak geçer ki, değeri de %93,19 çıkmıştır. Bu sonuçla modelin verilerimizin %93,19 ini temsil ettiği, örtüştüğü söylenebilir. Bu sonuç da aynı zamanda girdi ve çıktıların birbiri üzerindeki etkisini oldukça iyi anlatan bir model olduğunun da göstergesidir ki, kaza oluşumuna dair ortaya çıkan denklem (6.1) şu şekildedir:

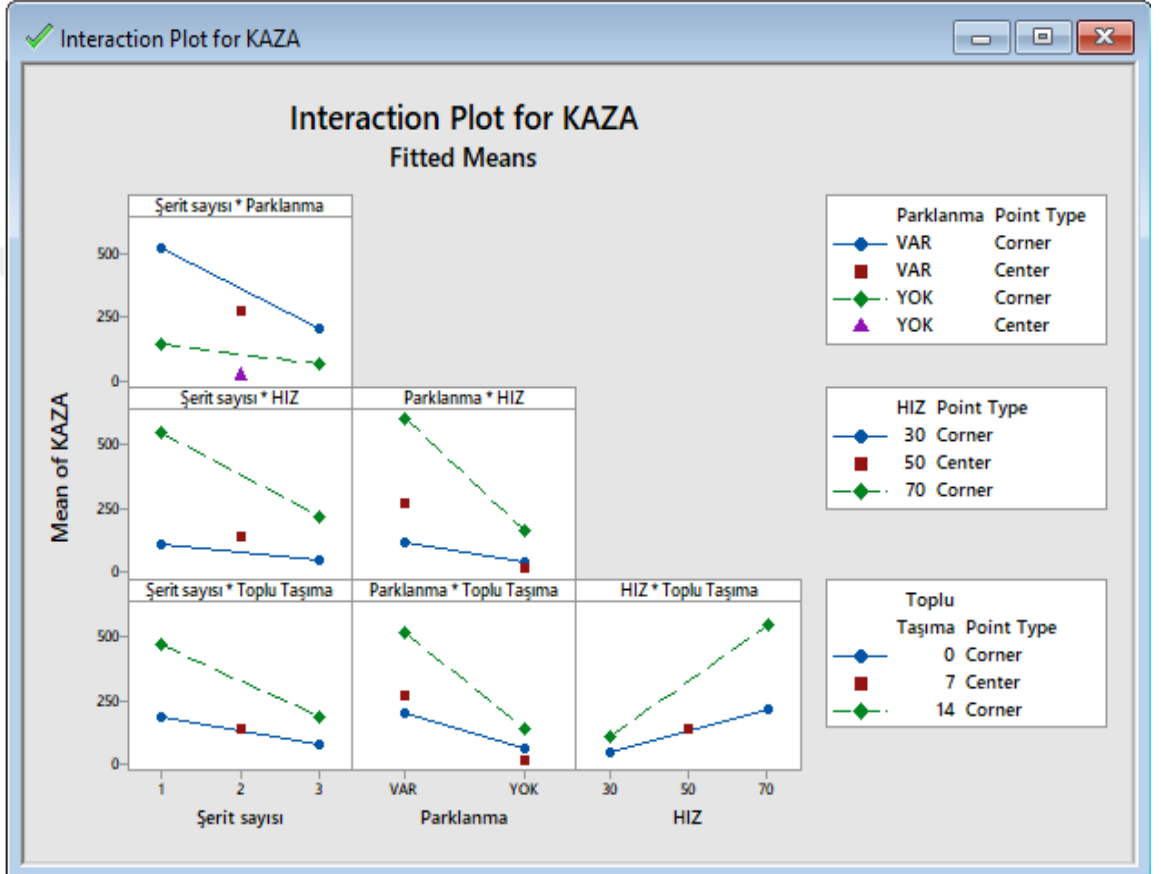
$$\begin{aligned}
 \text{KAZA} = & - 303 + 107,8 \text{ Şerit sayısı} + 39,9 \text{ Parklanma} + 10,94 \text{ HIZ} + 2,68 \text{ Toplu Taşıma} \\
 & + 59,1 \text{ Şerit sayısı} * \text{Parklanma} - 3,281 \text{ Şerit sayısı} * \text{HIZ} - 6,03 \text{ Şerit sayısı} * \text{Toplu Taşıma} \\
 & - 4,594 \text{ Parklanma} * \text{HIZ} - 8,44 \text{ Parklanma} * \text{Toplu Taşıma} + 0,469 \text{ HIZ} * \text{Toplu Taşıma} \\
 & - 87,9 \text{ Ct Pt}
 \end{aligned}
 \tag{6.1}$$

Oluşan tekli ve ikili (2-way) etkileşim grafikleri şekil 5.4 ve şekil 5.5 ‘te paylaşılmıştır.



Şekil 5.4: Kaza - Ana Etki Grafikleri (Tekil Faktör için).

Şekil 5.4 incelendiğinde ele alınan 4 faktör için her bir parametredeki artış ya da azalış ile ortaya çıkan kaza sayılarındaki değişim, ele alınan parametrelerin kaza oluşumunda etkili olduğunu grafikler ile de desteklenmektedir. Buna göre; “şerit sayısı”ndaki artışın kaza oluşumunu negatif etki ile düşürdüğü; “parklanma”nın varlığının, “hız”daki artışın ve yolda “toplu taşıma” varlığındaki / yoğunluğundaki artışın kaza oluşumunu pozitif etki ile arttırdığı savunulabilir.



Şekil 5.5: Kaza - İkili parametre Etkileşim Grafikleri

Şekil 5.5 ‘de ikili ilişki grafikleri incelendiğinde;

- Parklanma*Şerit sayısı ikili etkileşiminde parklanma varken şerit sayısındaki artış kazayı daha yüksek oranda düşürdüğü;
- Hız*Şerit sayısı ikili etkileşiminde hız arttıkça, şerit sayısındaki artış kaza oluşumunda daha büyük negatif etkiye sahip olduğu; yani yolun hızı 70 km/h iken şerit sayısının artış, yolun hızı 30 km/h olduğu durumda şerit sayısındaki artışa nazaran kaza oluşumunu daha fazla düşürmekte olduğu;

- c) Toplu Taşıma*Şerit sayısı ikili etkileşiminde toplu taşıma hattının daha çok olduğu yollarda şerit sayısının artırılması kaza oluşumunu daha fazla düşürdüğü;
- d) Parklanma*Hız ikili etkileşiminde hızın fazla olduğu yollarda parklanmaya izin verilmemesi kaza oluşumunu daha çok düşürdüğü;
- e) Parklanma*Toplu taşıma ikili etkileşiminde parklanmaya, toplu taşıma hat sayısının fazla olduğu yollarda izin verilmemesi kaza oluşumunu düşüreceği;
- f) Hız*Toplu taşıma ikili etkileşiminde hızın daha fazla olduğu yolda toplu taşıma hat sayısının azaltılması kaza oluşumunu da azaltacağı, savunulabilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hayatın bütünü fark edelim ya da fark etmeyelim neden sonuç ilişkisi içerisindedir. Kimi etkenler belirlenemezken kimi etkenlerse apaçık önümüzde durmaktadır. Hangi etkenin etkili olup olmadığı ya da ne düzeyde etkili oldu ise araştırmacıların cevap aradığı sorular olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmamızda literatürde farklı yaklaşımlar ile çözüm ve ne düzeyde ilişkiye sahip olduğu sorusunun cevabı aranan kaza etkenleri, yol faktörleri özelinde ve bu konuda daha önce denenmemiş bir metodoloji olan Deney Tasarımı (DOE) Yaklaşımı ile ele alınmıştır. Her ne kadar deney tasarımının temelinde, oluşturulan seçeneklerin verilen şekil ve sırada sınanması olsa da, gerçek hayatta yol koşullarının değiştirilerek kaza yapımının sınanması pek de olası değildir. Bu yüzden çalışmamızda Çorum ilinde 2011, 2012 ve 2015 yılları olmak üzere üç farklı dönemde gerçekleşmiş kaza verilerinden yararlanılarak bir analiz ve simülasyon gerçekleştirilmeye çalışıldığı söylenebilir. Buradaki en büyük zorluk kaza verilerinin tasarlanan deneyde olması gerekli faktör seviyelerine karşılık bir kaza verisinin her zaman elde edilememesi idi. Bu ihtimali düşürmek anlamlı sonuçlar elde etmek amacıyla; ArcGIS Coğrafi Bilgi Sistemin(CBS)den temin edilen ve diğer bağımsız değişkenlerin etkisinde olan, yolun genişliği ve yolda yer alabilen ortalama araç sayısı ile yol uzunluğu ve yolun türü (bulvar, cadde, sokak) göz ardı edilmiştir.

Buna karşılık oluşturulacak deney tasarımının çözümlenmesinde yolun şerit sayısı, parklanma durumu/varlığı, yönler, hız, toplu taşıma düzeyleri / bulunan hat sayısı olmak üzere 5 faktör ve bunların farklı seviyeleri dikkate alınmıştır.

Minitab programı ile yapılan analiz sonucunda;

Faktörlerden “şerit sayısı”, “parklanma”, “hız”, “toplu taşıma” ve bunların ikili etkileşimleri olan “şerit sayısı*parklanma”, “şerit sayısı*hız”, “parklanma*hız”, “parklanma*toplu taşıma”, “hız*toplu taşıma” p-değerinin $\alpha=0,05$ 'ten düşük olduğu, dolayısıyla kaza oluşumu üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Buna karşın yönler ve bunun ikili etkileşimleri ile tüm faktörlerin ikili, üçlü, dörtlü ve beşli etkileşimleri p-

değerinin $\alpha=0,05$ 'ten yüksek çıkması dolayısıyla H_0 hipotezinin reddi hasebiyle kaza oluşunda etkili olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ektisi olmayan faktör ve etkileşimlerinin çıkarılarak yapılan tam faktörüyel tasarım yapılarak şu sonuçlara varılmıştır:

4 faktör için her bir parametredeki artış ya da azalış ile ortaya çıkan kaza sayılarındaki değişim, ele alınan parametrelerin kaza oluşumunda etkili olduğunu grafikler ile de desteklenmektedir. Buna göre;

- “şerit sayısı” ndaki artışın kaza oluşumunu negatif etki ile düşürdüğü;
- “parklanma”nın varlığının, “hız” daki artışın ve yolda “toplu taşıma” varlığındaki / yoğunluğundaki artışın kaza oluşumunu pozitif etki ile arttırdığı

savunulabilir. İkili ilişki grafikleri incelendiğinde ise, Çorum trafik düzenlemeleri üzerine şu önerilerde bulunulabilir:

- a) Parklanma*Şerit sayısı ikili etkileşiminde parklanma varken şerit sayısındaki artış kazayı daha yüksek oranda düşürdüğü görülmüştür. Dolayısıyla şerit sayısı az olan yollarda parklanmaya izin verilmemesi ya da parklanma yapım zorunluğu mevcut yollarda ek park alanları yapılması;
- b) Hız*Şerit sayısı ikili etkileşiminde hız arttıkça, şerit sayısındaki artış ile kaza oluşumunda daha büyük negatif etkiye sahip olduğu, şerit sayısı düşük yollarda çeşitli sabit ve mobil uygulamalar ile hız sınırlarına uyumun kontrol altına alınması;
- c) Toplu Taşıma*Şerit sayısı ikili etkileşiminde toplu taşıma hattının daha çok olduğu yollarda şerit sayısının arttırılması kaza oluşumunu daha fazla düşürdüğünden hareketle, şerit sayısı düşük yollarda toplu taşıma hat sayısının düşürülmesi, mümkünse hafif raylı sistemlerin kullanım olanaklarının araştırılması;
- d) Parklanma*Hız ikili etkileşiminde hızın fazla olduğu yollarda parklanmaya izin verilmemesi kaza oluşumunu daha çok düşürdüğü dikkate alınarak, parklanma olanaklarının mümkün olduğu kadar otopark imkânlarının arttırılmasıyla buralara kaydırılması ve yoldaki parklanma seviyesinin düşürülmesi;
- e) Parklanma*Toplu taşıma ikili etkileşiminde parklanmaya, toplu taşıma hat sayısının fazla olduğu yollarda izin verilmemesi kaza oluşumunu düşüreceği

çıkarsamasıyla, toplu taşıma yoğunluğu fazla olan yollarda parklanmaya izin verilmemesi;

- f) Hız*Toplu taşıma ikili etkileşiminde hızın daha fazla olduğu yolda toplu taşıma hat sayısının azaltılması kaza oluşumunu da azaltacağı ancak toplu taşıma yoğunluğu yüksek olan yollarda araç hızını düşürücü fiziksel yol engelleri (tümsek veya sanal engel uygulamaları vb.) ile sabit ve mobil trafik kontrol uygulamaları ile hız sınırlarına uyumun sağlanması;

kaza oluşumunu düşürücektir.

Ayrıca yol / zemin üstü kayıt ve elektronik izleme sistemleri (okul-tatil, yaz-kış vb) mevsimsellik veya (işe/okula gidiş-öğle arası-iş/okul dönüş saatleri gibi) dönemsellik, kullanılarak çalışmamızda kullanılan veri havuzu genişletilerek; yapılacak benzer analizlerden hareketle ortaya çıkacak kaza modellemeleri ve ilgili düzenlemeler sayesinde kaza oluşumu azaltılabilecektir.

Sonuç olarak her ne kadar, genellikle deney tasarımı uygulamaları üretim süreçleri için daha yaygın olarak kullanılmakta ise de, deney tasarımının ulaşım sektöründe elde edilen verilerin analizleri için yeni bir uygulama alanı olarak ufuk açabileceği düşünülmüştür. Çalışmamız, başka iller için de veya kazaya etki eden diğer unsurlara da uygulanarak sonuçlar mukayese edilebileceği gibi, maliyet faktörü de dikkate alınarak gelecek projeksiyonunda yapılacak stratejik planlarda fizibilite analizlerinde yol gösterici ve değerlendirme kolaylığı sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Alp, S. ve Engin, T.,** 2011, Trafik Kazalarının Nedenleri ve Sonuçları Arasındaki İlişkinin TOSİS ve AHP Yöntemleri Kullanılarak Analizi ve Değerlendirilmesi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Yıl:10 Sayı 19, s.65-87*
- Akalin, Ö.,** 2009, “İstatistiksel Deney Tasarımı Yöntemleri ile Beton Performansı ve Maliyetinin Optimizasyonu”, Marmara Üniversitesi, Mühendislik Yönetimi ABD, Doktora Tezi
- Akdoğan, Y.,** 2011, “İlerleyen Tür Grup Sansürleme ve Optimal Deney Tasarımı”, Selçuk Üniversitesi, İstatistik ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Akgüngör, A.P., Yıldız, O.,** 2007. “Sensitivity Analysis of an Accident Prediction Model by The Fractional Factorial Method”. *Accident Analysis & Prevention*, 39(1), 63-68.
- Akgüngör, A.P., Doğan, E.,** 2008. “Smeed ve Andreassen Kaza Modellerinin Türkiye Uygulaması: Farklı Senaryo Analizleri”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(24): 821-827.
- Akgüngör, A.P., Doğan, E.,** 2010. “Farklı Yöntemler Yullanılarak Geliştirilen Trafik Kaza Tahmin Modelleri ve Analizi”. *International Journal of Engineering Research and Development*, 2(1): 16-22.
- Akman, G., Özkan, C.,** 2011“Sac İmalatında Karşılaşılan Yapışma Probleminin Deney Tasarımı ile Çözümü”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 12 (2), 187-199, 2011
- Alsayed, B., Hamdan, M.O.,** 2011. “Optimal Parametric Model for Vortex Tube Using DOE (DOE Kullanılarak Vortex Tüpü için Optimal Parametrik Model)”, *International Mechanical Engineering Congress & Exposition, Denver, Colorado, USA*
- Andreassen, D.C.,** 1985. “Linking Deaths with Vehicles and Population”. *Traffic Engineering & Control*, 26(11): 547-549.
- Aydın, D.,** 2013, “Deney Tasarımında Kayıp Gözlemlerin Dayanıklı Tahmini”, Ankara Üniversitesi, İstatistik ABD, Doktora Tezi
- Aytaç, A., İlivan, M., Öztürk, U.,** 2016. “Taguchi ve Klasik Deneysel Tasarım Yöntemlerinin Karşılaştırılması: İnce Film Kaplamaların Aşınma Davranışı”, *Electronic Journal of Vocational Colleges*
- Aytekin, F.G.,** 2014, “Fotolitografi İşleminde UV Sertleştirme Parametrelerinin Deney Tasarımı ile Eniyilenmesi”, Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi

- Azimli, P.**, 2013, “Kimya Endüstrisinde Deney Tasarımı için Bir Yazılım Çerçevesinin Geliştirilmesi”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Balyalı, H.A., Koçoğlu, H., Öztürk, A., Yıldırım, Y., Avcu, E., Fidan, S., Şahin, A.E., Sımmazçelik, T.**, 2013. “Cam Fiber Takviyeli Polyester Matrisli Kompozitlerin Erozyon Davranışlarının Taguchi Deney Tasarımı ile İncelenmesi”, II.Ulusal Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu
- Bayar, D.**, 2001, “Sulu Çözeltilerden Adsorpsiyonla Bor Giderimi ve Deney Tasarımı”, Osmangazi Üniversitesi, Kimya Mühendisliği ABD, Kimyasal Teknolojiler Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
- Bayar, N.**, 2010. “İstanbul Boğazında Deniz Trafik Güvenliğinin Risk Tabanlı Bulanık AHP ve FMEA Yöntemleri ile İncelenmesi”, FBE Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi
- Baynal, K., Aksu, B.**, 2009. “Shainin Deney Tasarımı ile Çıktı Değişkenliğinin Azaltılması ve Bir Uygulama”, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi
- Baynal, K., Gülkaç, H., Gürsoy, A., Aktel, A.**, 2011. “Okuma Hızını Etkileyen Önemli Faktörlerin Deney Tasarımı ile Optimizasyonu” , XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, 2011
- Bektaş ve Hımsı**, 2008. “Şehir içi Trafik Kazalarına Etki Eden Faktörlerin Lojistik Regresyon Modeli ile İncelenmesi:Aksaray Örneği”, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, c.23, s.3
- Bensghir TK, Akay A**, 2006. “Bir kamu politika aracı olarak coğrafi bilgi sistemleri (CBS): Türkiye’de belediyelerin CBS uygulamalarının değerlendirilmesi”, Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi, 15(1): 31-46
- Boran, S., Baynal, K.**, 2004. “ Taguchi Tekniği Tabanlı Çok Ölçütlü Yöntem ile Üretim Parametrelerinin Eniyilenmesi”, YA/EM'2004 - Yöneylem Araştırması/ Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep – Adana
- Breyfogle F., W.**, 2003. “Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods” Second Edition John Wiley & Sons, Inc. 549-570
- Box, G. E. P., Hunter, J. S., Hunter, W. G.**, 2005 .“Statistics for Experimenters”, 2nd Edition., Wiley-Interscience, New Jersey, USA
- Chaoutakis, J. E., Darviri, C., Demakakos, P. T.**, 1999. “The Impact Of Young Drivers” Lifestyle On Their Road Traffic Accident Risk In Greater Athens Area”, 31: 771-780
- Chipman, M.L., MacGregor, C.G., Smiley, A.M, Lee-Gosselin**, 1992. “The Impact Of Young Drivers” Lifestyle On Their Road Traffic Accident Risk In Greater Athens Area”, 31: 771-780
- Çakal, H. O.**, 2010, “Sac Levha Kesiminde Deney Tasarımı ile Kalite İyileştirme”, Dumlupınar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.

- Çandar, H. ve diğ.**, 2012, “ASJ Kesme İşleminde Tam Faktöriyel ile Taguchi Deney Tasarımı Yöntemlerinin Yüzey Pürüzlülüğü Tahmin Modeli Oluşturmadaki Etkileri”, 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, 04-05 Ekim 2012, Ankara, Türkiye
- Çelebi, A.**, 2014, “Konumsal Kaza Verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Analizi (Kocaeli Örneği)”, Bahçeşehir Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Çelebi, A.**, 2015, “Deney Tasarımı Yöntemi Kullanılarak Oksit Oranlarının Yer Karosu Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi”, Anadolu Üniversitesi, Seramik Mühendisliği ABD, Doktora Tezi
- Çiftçi Aytekin, A. G.**, 2008 “Robotik Gazaltı Köşe Kaynak İşleminin Taguchi Yöntemi ile Eniyilenmesi”, Akademik Fener Dergisi, s7-28
- Çiftçi Aytekin, A. G.**, 2010, “Kalite Geliştirme Sürecinde Eniyileme Problemlerine Deney Tasarımı Yönteminin Uygulanması”, Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme ABD, Doktora Tezi
- Çodur, M.Y. ve diğ.**, 2013. “Genelleştirilmiş Lineer Regresyon ile Erzurum Kuzey Çevre Yolu Kaza Tahmin Modeli” Iğdır Üniv. Fen Bilimleri Enst. Der., 3(1): 79-84
- Dervişoğlu ve Muluk**, 2007, “Taguchi Tasarımının Uygulanması ve Klasik Kesirli Çok Etkenli Tasarımla Karşılaştırılması”, Anadolu Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt/Vol.:8-Sayı/No:1: 65-78
- Demir, L.**, 2004, “İstatistiksel Deney Tasarımı Yöntemi ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulanması”, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, 2004
- Dinesh, M., Bawa, B.S.**, 1985. “An Analysis of Road Traffic Fatalities in Delhi”, India. Accident Analysis & Prevention, 17(1): 33-45.
- Efendioğlu, D.**, 2013, “PEM Yakıt Hücresi Performansının Deney Tasarımı Kullanılarak Optimizasyonu”, İstanbul Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Eğri, N.**, 2008 “Deney Tasarım Tekniği Uygulanmamış Optimizasyon Çalışmalarının İrdelenmesi, Gazi Üniversitesi, Kimya Mühendisi, Yüksek Lisans Tezi
- Erdem, İ.**, 2017, “Minitab Uygulamalı İstatistik Yöntemler”, Seçkin Fen Bilimleri Yayınları, s.261-347
- Erdem, V. ve diğ.**, 2010. “Taguchi Metodu ile Plastik Enjeksiyon Parçalarda Çarpılmanın En Aza İndirilmesi”, DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 12 Sayı: 2 sh.
- Footo EK, Lynch M**, 1996. “Geographic Information Systems as An Integrating Technology: Context, Concepts and Definations. The Geographer’s Craft Project, Department of Geograpy, University of Texas at Austin”
- Geymen, Dedeoğlu**, 2016. “Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanılarak Trafik Kazalarının Azaltılması: Kahramanmaraş İli Örneği”, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der., 6(2): 79-88

- Gever, B., Güneş, B.N., Gülel, D., Ataseven, E.B., Saatcioğlu, Ö., Bebek, Z.S.,** 2014. “Bir Üretim İşletmesinin Verileri Kullanılarak Çarpımsal Deney Tasarımı ile Taguchi Yaklaşımının Karşılaştırılması”, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt:26 Sayı: 1 Sayfa: (2-26)
- Gündoğdu,** 2010. “Coğrafi Bilgi Teknolojileri Kullanılarak Trafik Kaza Analizi: Adana Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana
- Güral, G.,** 2003. “Gazaltı Kaynağında Proses Parametrelerinin Optimizasyonu” Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi
- Hasgül, Ö.,** 2011. “Ürün ve Süreçlerin Geliştirilmesinde Deney Tasarımı : Gıda Sektöründe Bir Uygulama”, *Akademik Fener Dergisi*, s.42-67
- Jordan, D. M.,** 2001.“Color Tolerances in Textile Manufacture”, *AATCC Review*, 76-80
- Hermans, E. , Bosscheb, F. Wets, V., G. ,** 2008. “Modeling Traffic Accident Occurrence and Involvement”, *Accident Analysis & Prevention*, 40(4): 1337-1344
- Hinkelmann, K., Kempthorne, O.,** 2005 “Design and Analysis of Experiments Volume 2 Advanced Experimental Design” A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New Jersey.
- Kale, B.,** 2001“Deney Planlamasında Yanıt Yüzeyi Denemeleri ve Bir Uygulama Denemesi”, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri ABD, Yüksek Lisans Tezi, 84 s.
- Kalyoncuoğlu, G. F.,** 1999. “Sürücü Niteliklerinin Trafik Kazaları Üzerine Etkisi”, *II. Ulaşım ve Trafik Kongresi – Sergisi*, 230-238
- Kalyoncuoğlu, İ. F.,** 1999. “Türkiye’de Trafik Güvenliğine Etkin Sürücü Davranışlarının Analizi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 50-67
- Karadaş, A.,** 2010, “Sanayide Deney Tasarımı Uygulaması”, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstatistik ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Karadayı, E.,** 2001. “Yol Güvenliğinin ve Kapasitesinin Yol Geometrik Standartlarına Bağlılığının Traştırılması ve Eskişehir Bozüyük Karayolunun Bu Açından Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi.
- Karslıoğlu, Z.,** 2013, “Fire Analizinde Deney Tasarımı”, İstanbul Üniversitesi, İşletme ABD, Üretim Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Karslıoğlu, Z., Baray, A., Özçakar, N.,** 2015. “PVC Tesisat Bağlantı Parçaları Üretiminde Fire Probleminin Çözümünde Plackett-Burman Deney Tasarımı Yaklaşımı”, İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi, 79: 180-207.
- Kartal, M., Kutlar, A., Beğen, A.,** 2011, “Lojistik Regresyon Tekniği ile Trafik Kazalarını Etkileyen Risk Faktörlerinin İncelenmesi: Sivas, Kayseri, Yozgat Örneği”, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt:7, Yıl:7, Sayı:2, 7:45-68, Güz 2011.
- Katmer, Ş., Karataş, Ç.,** 2012. “Plastik Enjeksiyon Kalıplama Şartlarının Polistiren Düz Parçalardaki Kalıntı Gerilmelere Etkileri”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 27, No 3, 501-507

- Kaya, A.**, 2005, “Kalite Geliştirmede Deney Tasarımı ve Taguchi Yöntemi”, Gıda Kongresi Dergisi 30.(1), s.25-29.
- Kendir, Ü. G.**, 2010, “Bölünmüş Parseller Deney Tasarımı ve Bir Uygulama”, Gazi Üniversitesi, İstatistik, Yüksek Lisans Tezi
- Kırış, Ş., Anagün S. ve Yüzügüllü N.**, 2007. “Bir Kalite Karakteristiğinin Deney Tasarımı İle İyileştirilmesi”, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi, İzmir, Türkiye, 851-856
- Kolay, E.**, 2011, “Deney Tasarımında Optimal Blok Yapıları”, Sinop Üniversitesi, İstatistik ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Köksal, G., William, A. S. Jr, Yahya , F., Lu, J. C. and Mcgregor, R.**, 1998. “A Case Study in Off-Line Quality Control: Characterization and Optimization of Batch Dyeing Process Design”, International Journal Of Technology Management, V.16, Nos. 4/5/6, 358-382
- Krottmaier, J.**, 1994, “Optimizing Engineering Desings”, Mc. Graw. Hill Book Company, 196p.
- Kumaş, E.**, 2011, “Mühendisler İçin İstatistiksel Deney Tasarımında Hazırlık Aşaması”, Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Lazic´, Z.,R.** 2004. “Design of Experiments in Chemical Engineering A Practical Guide”, WILEY-VCH, 157-165
- Mason, J.M., Fitzpatrick, K., Seneca, D.L., Davinroy, T.B.**, 1992. “Identification of Inappropriate Driving Behaviours”, Journal of Transportation Engineering, 118-218
- Mason, R. L., Gunst, R., F., Hess J., L.**, 2003. “Statistical Design and Analysis of Experiments With Applications to Engineering and Science”, Second Edition Wiley & Sons, Inc. 549-26-27
- Mandloi D, Gupta R**, 2003. “GIS as An Aid to Identify Accident Patterns. Map India Conference”, GISdevelopment.net
- Mekky, A.**, 1985. “Effect of Rapid Increase in Motorization Levels on Road Fatality Rates in Some Rich Developing Countries”. Accident Analysis and Prevention, 17(2): 101-109.
- Mendenhall, W.**, 1968, “Introduction to Linear Models and The Design and Analysis of Experiment, Wadsworth Publishing, California, ABD
- Micheal, M.N. and Dyab, W.A.**, 2001. “Effect of Spinning Method and Knitting Type On Dyeability and Fading Kinetics”, AATCC Review, 53-56
- Montgomery, D. C.**, 1991. “Design and Analysis of Experiments”, (3rd Ed.), John Wiley Sons,649 s., 1991.
- Montgomery, D C.**, 2005 . “Design and Analysis of Experiments”, 6 th Edition; Wiley-Interscience, New York, USA
- Myers, R. H., Montgomery, D. C.**, 2002. “Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments”, 2 nd Edition.Wiley-Interscience, New York, USA

- Olgun, M. O., Özdemir, G.,** 2013. “ Önem-Memnuniyet Analizi ve Taguchi Metodu ile Eğitimde İyileştirme Önceliklerinin Belirlenmesi: Bir Uygulama Örneği”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 19, Sayı 2, S. 81-87
- Oralhan ve Göktolga,** 2017, “Risk Faktörlerinin Trafik Kazaları Üzerindeki Etkisi: Kayseri Örneği”, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt: 31 2017 Sayı: 2
- Öktem, T., Ögüt, A. ve Özkan, B.A.,** 1998. “Fiksatorlerin ve Yumuşatıcıların Renk, Tutum ve Boya Haslıkları Üzerine Etkileri”, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Yıl:8, Sayı:4, 274-283
- Özgüven, İ. E., Yıldırım, G., Akman, Y., Korkut, F., Çilingiroğlu, H.,** 1997. “Ticari Araç Şoförlerinin Nitelikleri, Sorunları ve Trafik Kazalarının Nedenleri”, Türkiye Şoförler ve Otomobilciler Federasyonu, Ankara, 1-14.
- Özkan, T., Lajunen, T., Summala, H.,** 2006. “Driver Behaviour Questionnaire: A Follow- up Study”, Accident Analysis and Prevention, 38: 386-395
- Öztop, M.,** 2007, “Taguchi Deneysel Tasarım Yöntemi ile Alüminyum Ekstrüzyon Prosesinin İyileştirilmesi”, Erciyes Üniversitesi, Makine Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Öztürk, İ., Kaya, İ.,** 2008. “Otomobil Ön Tampon Çarpışma Analizi ve Optimizasyonu”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 13, Sayı 1
- Partyka, C.,** 1984. “Simple Models of Fatality Trends Using Employment and Population Data”. Accident Analysis & Prevention, 16(3): 211-222
- Ramiar, S.,** 2015, “Using Experimental Design to Improve Product Quality and An Application (Ürün Kalitesinin İyileştirilmesi ve Deneysel Tasarım Kullanılarak Bir Uygulama)”, Dokuz Eylül University, Degree of Master of Science in Statistic.
- Sağol, E.,** 2015, “ İstatistiksel Deneysel Tasarımın Çayırhan Bölgesi Linyitlerinin Flotasyonunda Uygulanması”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği ABD, Cevher Hazırlama BD, Yüksek Lisans Tezi
- Safaklı, O.V. ve Kaya, M.,** 2015 “KKTC’de Trafik Kazaları Üzerine Bir Araştırma”, Lefke Avrupa Üniversitesi, LAÜ Sosyal Bilimler Dergisi, s.75-92, K.K.T.C.
- Salkım, S.,** 2012. “Taguchi Optimizasyon Yönteminin Anten Tasarım Problemlerine Uygulanması”, Ankara Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Serhat, A.U.,** 2011. “Kent İçi Ulaşımında Faktör Analizi ile Kaza Değerlendirmesi”, Pamukkale Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi
- Smeed, R.J.,** 1949. “Some statistics aspects of road safety Research. Journal of the Royal Statistical Society”, Series A, Part I, 112: 1-34.

- Savaşkan, M., Taptık, Y., Ürgen, M.,** 2004. “Deney Tasarımı Yöntemi ile Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu”, İTÜ Dergisi, Cilt:3, Sayı:6, 117-128
- Şanyılmaz, M.,** 2006, “Deney Tasarımı ve Kalite Geliştirme Faaliyetlerinde Taguchi Yöntemi ile Bir Uygulama”, Dumlupınar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Şenoğlu, B., Acıtaş, Ş.,** 2014, “İstatistiksel Deney Tasarımı: Sabit Etkili Modeller”, Nobel Yayınlar, Yayın No:142, Matematik/İstatistik no:3, 3.Basım, s2-38
- Şirvancı, M.,** 1997. “Kalite İçin Deney Tasarımı: Taguchi Yaklaşımı”, Literatür Yayınları, 112s.
- Şişman, Y. ve A.,** 2015. “GNNS İle Konum Belirlemede Deney Tasarımı Yaklaşımı”, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 7, No: 1
- Tayhan, D.,** 2009, “Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Turgut, E., Dikici, A.,** 2011. “Eş Eksenli Bir Isı Değiştiricisinin Tasarım Parametrelerinin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu”,6th International Advanced Technologies Symposium (IATS’11), Elazığ, 2011
- Tortum A., Çodur M.,Y., Kılınç B.,** 2012. “Modelling traffic accidents in turkey using regression analysis”. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(3): 69-78.
- U. Özçelik, M.,** 2013 “Ankara Şehir içi Otobüs Kazalarının Analizi ve Bölge Risklerinin Belirlenmesi için Çok Ölçütlü Karar Modeli”, Gazi Üniversitesi, Doktora Tezi
- Uslu, T.,** 2007, “Faktöriyel Tasarım ve Süreç Optimizasyonu”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 9, Sayı: 1
- Uyar, Y., Kurt, M., Dizdar, E. N.,** 2003. “Trafik Kazalarını Etkileyen Faktörlerin AHP Yaklaşımı ile Görelî Önlemlerinin Belirlenmesi”, *Teknoloji*, 1-2: 63-68
- Yalçın, G.,** 2015. “Kent içi Trafik Yönetimi için Trafik”, Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Cilt:2 Sayı:3, s.1-17
- Yıldırım, S.,** 2011. “Ürün Tasarımı Geliştirilmesi: Taguchi Tasarımı”, Başkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Yıldırım, U., Özcan, U.,** 2015. “ Ankara Şehir içi Trafik Kazalarının Analizi: Bir Yapay Sinir Ağı Modeli”, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 17/1 s35-63
- Zegeer, C. V., Deacon, J.A.,** 1987. “Effect of Lane Width, Shoulder Width and Shoulder Type on Highway Safety”. In State of the Art Report 6, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 1-21.
- Zervent, B., Oğulata, T.ve Bebekli, M.,** 2002. “Havlu Kumaşlar ve Terbiye İşlemlerindeki Hataların Değerlendirilmesi”, *Tekstil&Teknik*, 163-171

- Zümrüt, Z.**, 2009, “Tam Faktöriyel Deney Tasarımı Tekniği ile Hidroksiapatit Kaplı Titanyum İmplant Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerine Parametrelerin Etkisi”, İTÜ, Metalurji ve Malzeme ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Karayollarında Trafik Güvenliği Ekonomi Forumu. 1998. 10.10.2017, <https://www.egm.gov.tr/>
- Karayolları Genel Müdürlüğü internet sayfası. www.kgm.gov.tr
- Trafik istatistik yıllığı (2000). Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı. 10.10.2017, <https://www.egm.gov.tr/>
- Trafik güvenliği hakkında derlemeler ve trafik kültürü II. Ankara 2001. Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı. Ankara, 2001. 10.10.2017, <https://www.egm.gov.tr/>
- Trafik istatistik yıllığı (2011). Trafik Kazaları Özeti 2011 Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı. 10.10.2017, <https://www.kgm.gov.tr>
- Türkiye ve dünyada karayolu trafik kazaları değerlendirmeleri. Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Hizmetleri Başkanlığı. Ankara, 2001. 10.10.2017, <https://www.egm.gov.tr/>
- Ulaştırma Bakanlığı internet sayfası. www.ubak.gov.tr

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: SİNAN PESEN
Doğum Yeri ve Tarihi: SİİRT – 18.10.1983
Adres: 23 Nisan Mah. Karacaoğlan Cad. No:27 Karnur-İlnur Sitesi A-Blok D:7 Nilüfer / BURSA
E-Posta: sinanpesen@gmail.com
Lisans: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi – Endüstri Mühendisliği
Yüksek Lisans: Yalova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

02.2016 -...	İş Güvenliği Uzmanı (Class B)	Yönetim Akademisi OSGB
06.2015 - 12.2015	Üretim Mühendisi	ALBA Plastik A.Ş.
10.2009 - 08.2014	Firma Temsilcisi	EKOTEST Ltd.Şti.
01.2008 - 01.2009	Planlama Sorumlusu	PLASKAR Plastik A.Ş.
11.2006 - 01.2008	Üretim Sorumlusu	PLASKAR Plastik A.Ş.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR

Delice, Y ve diğ., 2018, Investigation of Factors Affecting Traffic Accidents by Design of Experiment Approach, IInd Urban, Environment and Healty Congress Abstract Book, s:818-819, Nevşehir

Delice, Y ve diğ., 2018, Investigation of Factors Affecting Traffic Accident by AHP, IInd Urban, Environment and Healty Congress Abstract Book, s:820-821, Nevşehir