

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PROGRAM RİSK YÖNETİMİNE YAPISAL TASARIM MATRİSİ
ESASLI YENİ BİR YAKLAŞIM**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Fevzi Murat SOLMAZ
(514121003)**

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı

Savunma Teknolojileri Programı

Tez Danışmanı: Y. Doç. Dr. Umut ASAN

ARALIK 2017

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 514121003 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Fevzi Murat SOLMAZ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "PROGRAM RİSK YÖNETİMİNE YAPISAL TASARIM MATRİSİ ESASLI YENİ BİR YAKLAŞIM" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

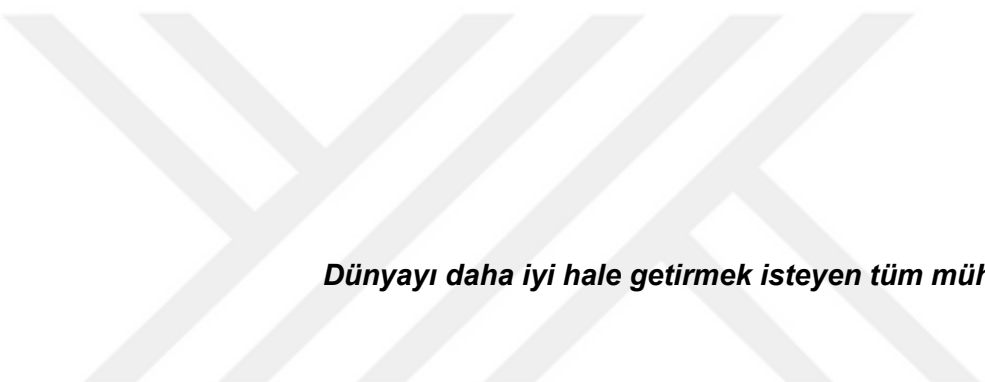
Tez Danışmanı : **Y. Doç. Dr. Umut ASAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Seçkin Polat**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Y. Doç. Dr. Çiğdem Kadaifçi
Doğuş Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Kasım 2017**
Savunma Tarihi : **13 Aralık 2017**





Dünyayı daha iyi hale getirmek isteyen tüm mühendislere,



ÖNSÖZ

Tez çalışmamı yaparken bana destek olan aileme, çalışma arkadaşlarıma, özellikle uygulama safhasında yardımlarını hiç esirgemeyen dostlarım Coşkun Yeşil, Mehmet Aziz Duman ve Yasir Tunçer'e,

Bana danışmandan çok mentör olan, kendi kendime yeni konular bulmam için beni ateşleyen saygı değer hocam Umut Asan'a yürekten teşekkürlerimi sunarım.

Kasım 2017

Fevzi Murat Solmaz
(Mühendis)



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı	2
2. PROGRAM VE PROJE YÖNETİMİ	3
2.1 Proje Yönetimi Tarihi ve Teknikleri	3
2.1.1 Gantt şeması	4
2.1.2 Çizge kuramı.....	5
2.1.3 Yöneylem araştırması	5
2.1.4 Ford Fulkerson algoritması	6
2.1.5 Kritik yol metodu (CPM - Critical path method).....	9
2.1.6 Program değerlendirme ve gözden geçirme tekniği (PERT- <i>Program evaluation and review technique</i>).....	10
2.1.7 İş kırılım yapısı (WBS – <i>Work breakdown structure</i>)	11
2.1.8 Grafik değerlendirme ve gözden geçirme tekniği (GERT – <i>Graphical evaluation and review technique</i>).....	11
2.1.9 Kısıtlar teorisi (TOC- <i>Theory of constraints</i>)	12
2.1.10 Kazanılmış değer yönetimi (EVM – <i>Earned value management</i>).....	12
2.1.11 Kritik zincir proje yönetimi (CCPM – <i>Critical chain project management</i>)	14
2.2. Program Yönetimi ve Proje Yönetimi	17
3. BELİRSİZLİK.....	19
3.1 Ürün Geliştirmede Belirsizlik.....	19
3.1.1 Ürün geliştirmede belirsizlik kaynakları	20
4. RİSK.....	25
4.1 Risk Yönetimi	26
4.1.1 Risk planlama	29
4.1.2 Risk tanımlama modelleri.....	31
4.1.3 Risk analizi	32
4.1.4 Risk yanıt.....	34
4.1.5 Risk önlem stratejileri.....	35
4.1.6 Risk takip ve kontrolü	37
4.2 Risk Bağımlılığı	38
4.2.1 Hata ağacı analizi	39
4.2.2 Olay ağacı analizi	40
4.2.3 Markov analizi	40
4.2.4 Bayes ağı.....	41
4.2.5 Hedef risk modeli	41
4.3 Ardıl (<i>Posterior</i>) Risk	42

5. ÖNERİLEN YÖNTEM.....	49
5.1 Yapısal Tasarım Matrisi (DSM/YTM).....	50
5.2 Bileşen Bazlı YTM.....	52
5.3 Organizasyon Bazlı YTM	55
5.4 Aktivite Bazlı YTM.....	58
5.5 Parametre Bazlı YTM.....	65
5.6 YTM Çıktısı	65
5.7 Alan Haritalama Matrisi (DMM/AHM)	66
6. VAKA ÇALIŞMASI.....	71
6.1 Kapsamın Belirlenmesi	73
6.2 Ölçüm Aracının Belirlenmesi.....	74
6.3 Katılımcıların Belirlenmesi.....	74
6.4 Soruların Oluşturulması ve İlk Tur Sorularının Sorulması.....	75
6.5 Sonuçların Alınıp Yanıtların Derlenmesi.....	75
6.6 İkinci Tur Anket Sorularının Oluşturulup Sorulması.....	77
6.7 İkinci Tur Sonuçlarının Alınıp Yanıtların Derlenmesi	79
6.8 Üçüncü Tur Açık Toplu Görüşme Yapılması ve Tartışma	83
6.9 Sonuçların Derlenerek Matrise Aktarımı - Vakada YTM	87
6.10 Bileşen Bazlı YTM Çözümü ve Risk Yönetimi Yorumu	87
6.11 Organizasyon Bazlı YTM ve Yorumu	88
6.12 Bileşen Bazlı YTM ve Organizasyon YTM.....	89
6.13 Alan Haritalama Matris Yorumu	90
7. SONUÇ VE TARTIŞMA	93
7.1 Yönetimsel Çıkarımlar	94
7.2 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler.....	94
KAYNAKLAR	97
ÖZGEÇMİŞ.....	103

KISALTMALAR

DFMEA	: Design Failure Mode and Effect Analysis
SWOT	: Strength-Weakness-Opportunity-Threat
SEI	: The Software Engineering Institute
PMI	: Project Management Institute
IAPPM	: International Association of Project and Program Management
CPM	: Critical Path Method
PERT	: Program Evaluation and Review Technique
WBS	: Work Breakdown Structure
DoD	: Department of Defense
M	: Million
USD	: United States Dollar
MS	: Microsoft
PD	: Planlanan Değer
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
KD	: Kazanılmış Değer
GM	: Gerçekleşen Maliyet
TL	: Türk Lirası
KDY	: Kazanılmış Değer Yönetimi
EVM	: Earned Value Management
CCPM	: Critical Chain Project Management
FMCEA	: Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis
FMEA	: Failure Mode Effects Analysis



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1: Proje yönetim adımları.....	28
Çizelge 4.2: Proje risk yönetim adımları (PMBOK, 2008).	29
Çizelge 4.3: Risk etki ölçeği (PMBOK, 2008).....	30
Çizelge 4.4: Risk yaklaşım/analiz odağı (Zhang & Fan, 2013).....	37
Çizelge 4.5: Bağımlılık analiz teknikleri (Kwan & Leung, 2011).	42
Çizelge 4.6: Ardıl riskte risk yanıt stratejisi (Kwan & Leung, 2011).	46
Çizelge 4.7: Ardıl riskte fırsat yanıt stratejisi (Kwan & Leung, 2011).	46
Çizelge 4.8: Risk değişimi/aksiyon (Kwan & Leung, 2011).	47
Çizelge 5.1: Etkileşim sınıflandırması (Pimmler & Eppinger, 1994)	53
Çizelge 5.2: Boyutsal etkileşim aralıkları..	53
Çizelge 5.3: YTM ile AHM'nin karşılaştırması görülmektedir.....	68



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Tezin ilerleyişi.....	2
Şekil 2.1: Gantt şeması (Clark, 1922).....	4
Şekil 2.2: Örnek bir çizge.	5
Şekil 2.3: Şebeke akış.....	6
Şekil 2.4: Şebeke dağıtım.	7
Şekil 2.5: s-a-c-t yol.	8
Şekil 2.6: Gidiş-dönüş.	9
Şekil 2.7: Uzay görevi için fırlatma stokastik ağ örneği (Pritzker, 1966).	11
Şekil 2.8: Uzay görev simülasyon örneği (Pritzker, 1966).	12
Şekil 2.9: KDY için örnek analiz.	13
Şekil 2.10: İş süreleri.....	15
Şekil 2.11: Önceliklendirme uygulanmadığında.....	15
Şekil 2.12: Önceliklendirme uygulandığında.....	16
Şekil 3.1: Planlama belirsizlik etmenleri (Browning, 1998a).....	21
Şekil 4.1: Risk yönetim sonuçları (Smith, 1999).	26
Şekil 4.2: Karar ağacı örneği.....	33
Şekil 4.3: Tampon rezerv takip grafiği (Marris, 2016).	38
Şekil 4.4: Markov bağımlılık yaklaşımı.	41
Şekil 4.5: Ardıl risk yanıt matrisi (Kwan & Leung, 2011).	44
Şekil 4.6: Sürücü risk öngörüsü.....	45
Şekil 4.7: Ardıl risk ile risk öngörüsü.....	45
Şekil 5.1: YTM süreci (Eppinger & Browning, 2012).	50
Şekil 5.2: Bağımlılık gösterimi.	51
Şekil 5.3: Köşegen üstü okuma.....	51
Şekil 5.4: Köşegen altı okuma.....	52
Şekil 5.5: YTM sınıflandırma (Browning, 2001).	52
Şekil 5.6: Klima-havalandırma bileşen bazlı YTM (Browning, 2001).	54
Şekil 5.7: Klima-havalandırma düzenlenmiş YTM (Browning, 2001).	55
Şekil 5.8: V8 motor tasarımında organizasyon bazlı YTM'nin ham hali (Eppinger & Browning, 2012).	57
Şekil 5.9: V8 motor tasarımında organizasyon bazlı YTM'nin düzenlenmiş hali (Eppinger & Browning, 2012).	57
Şekil 5.10: Aktivite bazlı YTM ham hali (Eppinger & Browning, 2012).	59
Şekil 5.11: Aktivite bazlı YTM düzenlenmiş hali (Eppinger & Browning, 2012).	59
Şekil 5.12: YTM'de bağıntı ilişkisi ve yönü.....	61
Şekil 5.13: Akış şemasında bağıntı ilişkisi ve yönü.....	61
Şekil 5.14: İHA tasarım aşaması aktivite bazlı YTM.	63
Şekil 5.15: Yeniden çalışma olasılığı ve etkilerinin YTM'de gösterimi.	64
Şekil 5.16: Kritik yol iterasyonunda paralel çalışma yapıldığında (Eppinger & Browning, 2012).	64
Şekil 5.17: İterasyon bilgi yönleri açıklamaları.	64
Şekil 5.18: YTM ve AHM matris alternatifleri.	69
Şekil 6.1: Vaka uygulamasının akış şeması.	72
Şekil 6.2: Vaka çalışmasındaki program değişiklik kapsamı.	73

Şekil 6.3: Delfi birinci tur açık uçlu soruları.....	75
Şekil 6.4: Delfi 2.tur soru Google anketinin soru mimarisi.	78
Şekil 6.5: Soruların Google ankette görünümü.	78
Şekil 6.6: 4-10 ikilisinin 1.bölüm 1. soru yanıtı.	79
Şekil 6.7: 4-10 ikilisinin 2.bölüm 1. soru yanıtı.	80
Şekil 6.8: 4-10 ikilisinin 2.bölüm 2. soru yanıtı.	80
Şekil 6.9: 4-10 ikilisinin 2.bölüm 3. soru yanıtı.	81
Şekil 6.10: Minitab ardından çıkan yeterlilik testi sonuçları.	82
Şekil 6.11: Ölçek yeterlilik testi.	83
Şekil 6.12: 3.tur görüşmesi için oluşturulan ham YTM.....	84
Şekil 6.13: 3.tur görüşmesine götürülen YTM.	84
Şekil 6.14: Bağınıtı şiddetleri dahil edilince YTM.....	85
Şekil 6.15: 3.tur görüşmeleri sonucu oluşan tasarım kuralları ve varsayımlar.	88
Şekil 6.16: Vaka 5-6-1 için yapılan 1,5 YTM.	89
Şekil 6.17: Program hedefleri YTM'si.....	90
Şekil 6.18: Vaka YTM ve AHM son çıktısı ardından birleştirilen fizibilite alan haritalaması.	91



PROGRAM RİSK YÖNETİMİNE YAPISAL TASARIM MATRİSİ ESASLI YENİ BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Risk, hayat döngüsünde karşılaşılan, hayat akışındaki karar düğümlerinde belirleyici rol oynayan bir olgu olmuştur. İnsan tarafından bu durum yönetilmek istenmiş ve akışlar planlanmaya başlamıştır. Nerede ne yapılacağını veya yapılabileceği görüldüğünde, daha tahmin edilebilir bir hayat örgüsüne girilmiştir. Ancak hayatta değişenler, çevredeki durumları değiştirmeye devam etmiştir. Sosyal etki alanındaki her konunun hesap edilemediğini görülmüştür. Şimdi bir ürün ya da hizmet çıkarmak için proje ve programlarda düşünüldüğünde, ortada birbirini tanımadan, yaptıklarıyla birbirlerini etkileyen bir grup görülür. Bu grup kısıtlar fanusu içine kapatılıp, bütçe, zaman ve içerik olarak da sınırlandırıldığında yapı daha kaotik bir görünüme gelmektedir. Proje ve programların yönetildiği bu düzen içinde belirsizlik kaynaklı, risk yönetiminin sivriltilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

Hızlı tüketim toplumuna dönüştürülen sosyal hayat, çevresel etkileşimi de hızlandırmış, yeni hizmet ve ürünlerin daha çabuk eskidiği bir ürün hayat döngüsü oluşmuştur. Bu döngü, beraberinde ürün geliştirme süreçlerini etkilemiş, uygun maliyette ve hedef zamanda ürünü karşılamak için riski daha agresif yönetilmeye ve risk kaynakları da görünür hale getirilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda riskler tanımlanarak, ihtimalleri de hesaba katılarak risk rezervleri eklenmiş ve bu risk rezervleri kullanılarak yönetilmeye çalışılmıştır. Bununla beraber yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Reaktif düzenin, noktasal çözümün yetmediği, etkileşim içindeki büyük bir organizma gibi gözüken ürün geliştirme süreci için yeni bakış açılarının gerekliliği oluşmuştur.

Yapılan bu tez çalışmasında yapısal tasarım matris tekniği kullanılarak, program fizibilite aşamasında proaktif yaklaşımla, riskleri görünür kılınmış. Bütünsel bakış ile bağıntıların etkileşimini beraber gösteren bir yapı oluşturulmuş ve yöntemsel olarak ortaya konmuştur. Yöntem bir otomotiv şirketinde vaka çalışması kapsamında uzman doğrulaması ile denenmiştir. Belirlenen kapsamda Delfi tekniği ile nitel risk tanımlaması, nicel yapıda matematiksel olarak test edilmiş ve oluşturulan uzlaşma platformunda katılımcıların tartışması ile görselleştirilerek, sentezlenmiştir. Kullanılan “yapısal tasarım matrisi” ile oluşan çıktılar kendi arasındaki etkileşimlerin de gösterildiği, alan haritalama matrisine adıyla dönüştürülmüştür. Ürün mimarisinde risklerin etkileşimi ile ortaya çıkan ardıl risk ise, yine bu görsel şablonda çözümlenmiştir. Modülerliğin sağladığı avantaj ile ardıl risk çözümü üzerine gidilerek alınan sonuçlar matriste gösterilmiştir.

Çıkan sonuçların verileri yorumlanarak, modüler yapıdaki bir görsel şablonda program yönetimi için, yönetsel çıkarımları ve gelecek için önerileri sunulmuştur.



A NEW APPROACH TO PROGRAM RISK MANAGEMENT BASED ON DESIGN STRUCTURAL MATRIX

SUMMARY

Risk has become a phenomenon that plays a decisive role in the decision nodes in the flow of life encountered in the life cycle. Human was wanted to manage this situation and the flows started to be planned. When it is seen where or what can be done or done, a more predictable life pattern is entered. However, those who have changed in life have continued to change the circumstances in the world. It has been seen that every subject in the social domain cannot be accounted for. When we think about projects and programs to produce a product or service now, there is a group that interacts with each other without knowing each other. When this group of constraints is closed into the bell glass, and limited by budget, time, and content, the structure becomes more chaotic. In this system where projects and programs are managed, it is necessary to emphasize risk management, which is caused by uncertainty.

The social life transformed into a fast consumer society has accelerated environmental interaction, and a product life cycle has emerged that is faster than new services and products. People of this society change the products rapidly and get bored of the services quickly that, people in the product development cycle feels the pressure for early launch in a limited budget. Industry evolved itself according to demand of the consumers. Product life cycle has affected the product development process, and at an affordable cost, it has been attempted to manage the risk more aggressively and to make the risk sources visible to meet the product at the target time. In this context, risk reserves have been added and risk margins have been tried to be managed by defining the risks and probabilities. Therefore, new approaches have been developed. The need for new perspectives has arisen for the product development process, which seems to be a large organism in interaction with the reactive view, where point solution is not enough.

Projects in which different disciplined teams are involved in product development are aimed at changing managers' and employees' point of view to situations and events, with the aim of negotiating and reconciling ideas during the feasibility stage. In order to create a new perspective, the history of the project management techniques applied in the programs was examined first. In this stage, chronologically, examples from the Gantt scheme used at the beginning of the 20th century to the critical chain project management were searched. Product development projects were selected as focused application area and the effects of uncertainty in these projects were examined in the literature. As a consequence of uncertainty, risks and opportunities emerged at the later stages of the project and turned into risk management in the context of literature review. When the risk management steps are examined, it has been noticed that the reactive viewpoint and independent consideration of each risk do not prevent the emergence of new risks at the later stages of the project. Subsequently, the risk dependencies in the projects and the actions taken for these conditions were examined, risk responses to the successor risk effect (which is called "posterior risk" in literature) and risk prevention strategies were evaluated.

Posterior risks have been found to be single, or interrelated, engineering, environmental, or project-related. If risk dependency is not followed in the program management environment, only the risks between the same categories will be examined and the interaction between the different risk groups will be ignored. On the other hand, the risk dependency account gives the project team the opportunity to show the interaction with other projects. For this reason, the risk should be based not only on its own influence but also on its indirect impact and posterior risk for project risk management. Program management may establish a management level overhead to establish inter-project communication, but employee level risk dependencies require a more effective explanation for implementation.

Hence, dependency analysis models were searched. Tree based analysis, Markov analysis, Bayesian network and goal risk model were reviewed as common techniques for risk dependency management. All of the techniques mentioned work for the resolution of conditional probability risks. The risk of conditional probability will be examined in the next sub-section. The technical model to be elaborated in the thesis method aims to cover the deficiencies of the dependency analysis models mentioned in the literature. In thesis the proposed method should also address and display risk dependencies. It has been argued that when the targeted different perspective of the selected design structural matrix (DSM) is searched in the literature, it can be used for posterior risk solutions. As a result, different practices in the industry have been examined and it has been decided to implement it in a case.

In the thesis case study, there is an automotive company producing heavy commercial vehicles. It is aimed that the vehicle's competitive position will have been protected by adding the weight reduction and fuel economy advantages that will create new option features as this automotive company will create variants in the heavy commercial vehicle platform. The goal of the platform program is to identify the posterior risks of the use of the design structural matrix and the domain mapping matrix (DMM) and the modularity to be provided by this use, in accordance with the risk management steps. The design structural matrix technique is used and the risks are visualized by proactive approach in the program feasibility stage. A structure that shows the interaction between the holistic view and the relativism has been created and presented methodically. The method has been tried with expert validation under the case study in an automotive company. In the specified scope, qualitative risk identification with Delphi technique was mathematically tested in the quantitative structure and synthesized by visualizing it with the compromise of participants' discussion on the created reconciliation platform. The output of the "design structural matrix" used is transformed into the "domain mapping matrix", where the interactions between the outputs are also shown. The posterior risk arising from the interaction of risks in the product architecture has also been resolved in this visual template. The advantages obtained from the modularity and posterior risk solutions are shown in the matrix.

The diagram formed by DSM has become a matrix of meaning for practitioners. It does not provide a solution for every problem, but it can be used for risk response strategy application by visual method. It can help to improve it continuously. Complexity management is provided by the external and internal information interaction provided by the DSM method. When the system becomes more understandable and open to development in the new case, it is possible to identify component-based risks in the product architecture and create risk response strategies.

The biggest difference is that the posterior risk is managed and eliminated with the modularity provided. The interdependent components are poured into visual diagrams in DSMs, common components intersecting in rework and modular groups caused by iterations are evaluated with prepared preliminary studies and risk

mitigation strategies are applied by solving them with the added design rules. The design rules defined by the created DMM are made visible on the project target. This result can be said to be modular grouping, design simplification and risk response generation. This has made the iterations predictable. In addition, a reconciliation platform between departments was established in the feasibility stage. Interactions were shown on a component and target basis. Scope priorities were identified by determining the necessary assumptions and design rules.

By commenting on the results of the results, managerial implications and future proposals for program management have been presented in a visual template in a modular structure. It has been seen that the most important condition for increasing the number of opportunities caught is the experience and choice of the expert group when this method goes a step further and more minimal risks are detected. In addition, a holistic view of the capabilities and behaviors of people working on projects may be studied in the future, suggesting changes in project organization structures, even in company management, after new applications are made. For the continual improvement proposal, it is possible to work on benefit only, without considering the risk. It has been shown that this method can be combined with more than one subject.





1. GİRİŞ

Çağlardır devam eden projeler döngüsünde, insanoğlunun temel problemi, belirlenen teslim hedeflerinin sağlanması olmuştur. Projelere piramitlerin inşasında kölelik sistemi ile kaynak sağlanmış, kimi zaman Çin seddi gibi kaynak yetkinliği ve proje büyüklüğü nedeniyle yüzyıllar sürmüş, kimi zaman da projelerde Versay Sarayı'nın yapımında olduğu gibi yüklüce ek maliyetlere girilmiştir. Çoğu zaman ise bunların tamamı yaşanmıştır. Son yüzyılda özellikle sanayi devrimlerinin, savaşların ve kısıtların etkisiyle proje ve program yönetimi gelişmiş; verimlilik, ürün, bütçe, pazar döngüsü gibi yeni terimlerle, kısıtlar projelerin temeli olmaya başlamıştır. Bu kısıtlarla proje yönetimi şekillenmiş, teori ve uygulamalarla genişlemiş, farklı teknikler ortaya çıkmıştır. Uygulama süreçlerinin yönetimi olarak başlangıçta önemli olsa da, hızın ve mali dengenin önem kazandığı ilerleyen yıllarda, projelerin fizibilite aşamasının değeri git gide artmış projenin yapılması veya yapılmamasının gerekliliği ile yapılırsa olacaklar tahmin edilmeye çalışılmıştır. Teknikler, kısıtlar çerçevesi içinde kalarak hedefe ulaşmak için belirsizliklerin tanımlanması yönetilebilir hale getirilmesini sağlamıştır. Belirsizlikler risk ve fırsat başlıkları altında tanımlanarak proje yönetimi altındaki risk yönetimi bölümünde değerlendirilmiştir.

Proje için risk gerçekleşme ihtimali olan problemdir (APM, 1997). Bu problem ise proje içerisindeki üçlü sac ayağında bütçeyi, kapsamı ve zaman hedefini etkileyebilmektedir. Bu etkiye neden olan riskler, direkt etkiye sahip olabileceği gibi, kendileri arasındaki etkileşimle ortaya çıkan koşullu olasılıkla, ardıl risklere de neden olmaktadır. Bu nedenle riske karşı rezervleri yanıt olarak oluşmuş ve proje yönetimi altında bir alt başlık haline gelmiştir. Proje risk yönetimi ile ilgili farklı risk rezerv yaklaşımları, riske bağımsız bakış açısı ile konuya noktasal ve reaktif yanıtla bakmaktadır (PMBOK, 2008). Bu risk yönetim anlayışı da bütçe ve zaman olarak projeye mali etkiler oluşturmaktadır. Yöneticinin tanımlanmamış ya da gözden kaçırılmış riskler olabileceğini düşünerek eklediği rezervler ise, matematik analizi yapılmamış varsayımlar nedeniyle ileride yetersiz kalabilmekte veya gereksiz yere maliyet ya da süre eklenmesine neden olmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışması ile proje fizibilite aşamasında; uzlaşma ve fikir alışverişi ortamlarını oluşturan bir çözüm hedefi ile ürün geliştirme proje risk yönetiminde, yöneticiyi ve çalışma ekibini yönlendirici şekilde, olay ve durum örgülerine bakış açısını; bağımsızdan etkisele, reaktiften proaktife, noktasaldan bütünsel dönüştiren uygulanabilir bir yöntem ortaya koymak hedeflenmektedir. Proje kısıtlarında zaman, bütçe ve kapsam kısıtları altında risk tanımlamada verimli bir görsel haritalama oluşturulup kaynak ve kapsam yönetimi için yöntemsel bir çıktı çalışılacak ve oluşturduğu etki incelenecektir.

Çalışmanın geri kalan bölümlerinde öncelikle proje yönetiminde belirsizlik, risk ve risk bağımlılığı mantığı anlatılacak, ardından metot çalışması için yapısal tasarım matrisi (*Design structure matrix*), risklerin çoklu etkileşimi içinse alan haritalama matrisi (*Domain mapping matrix*) kullanılacaktır. 1970'lerde ortaya konan ve 90'larda dünyada endüstri uygulamaları yapılmaya başlanmıştır. Risk yönetiminde yapısal tasarım matrisinin kullanımını öneren yeni yaklaşımı geliştirirken mevcut literatürde önerilen yöntemler ve uygulamaları incelenmiştir. Neticesinde önerilen yeni yaklaşım bir otomotiv şirketinde uygulanmış ve sınanmıştır. Çalışma, ürün geliştirme sürecinde fizibilite fazında uygulanmıştır. Vakada karmaşık bir platform iyileştirme sürecinde kapsam etkileşimini ortaya koymak, fırsatları yakalamak ve çıkan haritalama ile iyileştirmeleri göstermek hedeflenmiştir. Şekil 1.1'de görüldüğü üzere tezin ilerleyişi proje ve program yönetiminin tanımı ve tarihsel ilerleyişi, ürün geliştirmede belirsizlik, projede risk ve risk yönetimi, risk bağımlılığının literatür anlatımı ve aksiyon planları, yöntem tanıtımı yapısal tasarım matrisi ve alan haritalama matrislerinin tanımı ve literatürdeki uygulama örneklerinin gösterilmesi ile devam edecektir. Vaka çalışmasında ise otomotiv sektöründeki kompleks platform değişikliklerinde yöntemsel uygulamayı ve çıktıların incelemesi detaylandırılacak, yönetsel etkileri ile gelecek çalışmalar için öneriler sunulacaktır.



Şekil 1.1: Tezin ilerleyişi.

2. PROGRAM VE PROJE YÖNETİMİ

Proje dardan genişe birden çok tanımı olan bir kavramdır. Yaklaşım ve kısıtların da belirleyici olduğu bu tanımlara literatürde bakıldığında en dikkat çeken birkaçı verilmiştir. Proje; sonu ve başlangıcı, girdisi ve çıktısı olan özgün ürün, hizmet veya sonuç üreten görev ve işlerin uygulandığı tek seferlik geçici aktivitedir (PMBOK, 2008). Bir başka tanıma göre proje; insan, malzeme ve finansal kaynakların özgün yolla organize edildiği, zaman ve maliyet kısıtları içinde verilen özgün içeriğin üstlenildiği, birleştirici, faydalı değişikliğin nitel ve nicel hedeflerle başarıldığı çalışma veya girişimdir (Turner, 1992).

Program ise tek başına yönetmenin sinerji kaybı doğuracağı, birbiriyle bağlantılı projelerin koordineli bir şekilde yönetimi için tek çatı altında toplanmasıdır (PMBOK, 2008). Yani program birden çok projenin bir arada yürütüldüğü daha gelişmiş bir sistemdir. Birden fazla proje ve birden fazla ürünün faydasını içinde bulundurur. Uluslararası Proje ve Program Yönetimi Birliği'ne (IAPPM) göre program yönetimi, belirli bir yöntem veya ürün döngüsüne göre kesişen iş hedeflerine sahip projelerin veya çalışma alanlarının yönetiminin aktif süreci olarak tanımlanır. Özellikle sıkı entegrasyon, yakın iletişim ve programın kaynaklarının ve önceliklerinin üzerinde kontrole odaklanır.

Proje yönetimi ise müşteri isteklerine göre kişiler tarafından planın, organizasyonun, kritik aşama ve çıktıların kontrolü ile uygulaması ve kaynakların merkezi bir yönetim ile yapılmasıdır.

2.1 Proje Yönetimi Tarihi ve Teknikleri

Çoklu disiplin ve aktivitenin yönetiminde kullanılan proje yönetimi, etimolojik olarak bakıldığında, proje kelimesinin Latince “pro” ve “jectum” kelimelerinin birleşmesi ile oluşmuştur. “Pro” ön, ileri, “jectum” ise fırlatmak, çıkarmak anlamındadır (Benek, 2017). Yönetim ise Türkçe’de “yön” ve “etmek” sözcüklerinin birleşmesiyle oluşmuştur ve hedef göstermek anlamındadır. Yani proje yönetimi etimolojik olarak ileri gitmek için hedef belirtmek anlamına gelmektedir.

Proje yönetimi tarihte yapılmış büyük projelerden piramitler ve Çin Seddi'nin yapımında kullanılmıştır. Basit olarak yapılmışlara değinilirse, M.Ö 2570 yıllarında yapılan piramitlerde, üçgen yapının prizmanın her yüzünden sorumlu bir yönetici bulunmaktadır ve bu yöneticiler yapının tamamlanma yüzdesini kontrol edip denetlemişlerdir. M.Ö 208 yılında tamamlanan Çin Seddi'nde ise projede kaynak yönetimi kullanılmış ve iş gücü askerler, halk ve suçlular olarak üç kategoriye ayrılıp çalıştırılmışlardır.

Bu basit yaklaşımlardan sonra asıl proje yönetimi 20. yy başlarında ortaya konmaya başlamıştır. Teknikler kronolojik olarak irdelenecektir.

2.1.1 Gantt şeması

Modern zamanda proje yönetimi 1903'te Henry Gantt'ın yayınladığı makale ve önerdiği çubuk diyagramı ile başlar. Gantt şeması olarak da bilinen bu yöntemde ana iki unsur şunlardır. (Gantt, 1903)

1. Çalışan kaydı: Her işçinin ne yapması gerektiğini ve ne yaptığını gösteren veriler.
2. Günlük çalışma dengesi: Yapılan çalışmanın miktarını ve yapılması gereken ortalamayı gösterir.

Bu şema işi programlayıp kaydetme yöntemidir. 1940'lara kadar bu yöntem üzerinden uygulamalar yapılmıştır. Şema I. Dünya Savaşı'nda İngilizler tarafından donanma gemisi inşasında ve Büyük Buhran döneminde istihdamı arttırmak için yapılan ABD'deki altyapı çalışmalarından Hoover barajı inşaatında kullanılmıştır. Askeriyede Şekil 2.1'de görüldüğü gibi, Amerikan topçu General William Crozier tarafından kendi topçuluk departmanında kullanılmıştır. 1941'de İkinci Dünya Savaşı'nda da Manhattan projesi kapsamında uygulanmıştır (Kwak, 2003).

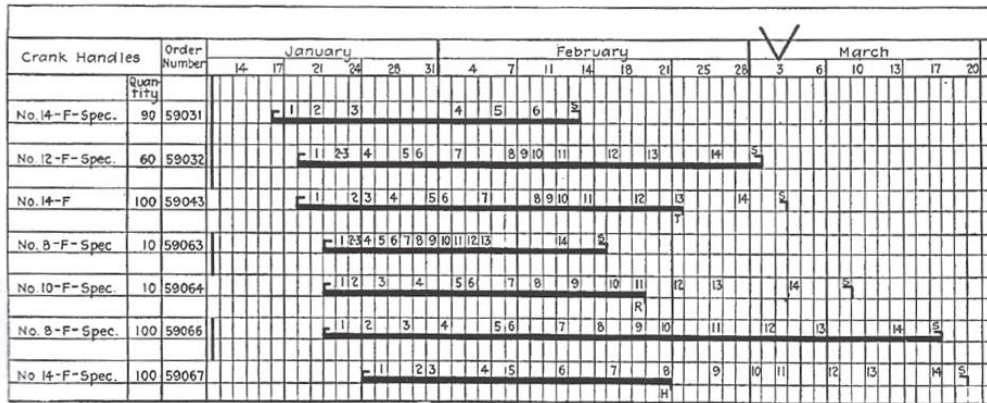
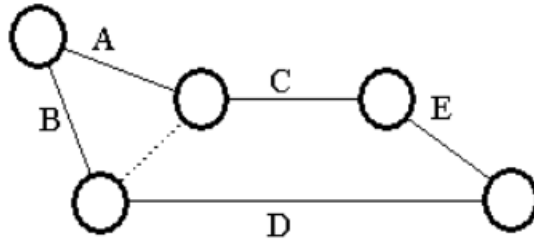


FIGURE 24. A GANTT PROGRESS CHART USED IN A PLANT WHICH MANUFACTURES ON ORDER

Şekil 2.1: Gantt şeması (Clark, 1922).

2.1.2 Çizge kuramı

Çizge kuramının tarihsel örgüsü 1736 yılında ilk kez Leonhard Euler tarafından çözümlenen, Königsberg' in yedi köprüsü problemi ile başlamıştır (Bondy & Murty, 1982). Teorem 1936'da Denes König tarafından kitaplaştırılmıştır (Tutte, 2001). Olaylar çember şeklinde düğüm ile aralarındaki bağlantı çizgeleri ise kenar olarak tanımlanır. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi çizge kuramı düğüm ve kenarlar arasındaki bağlantıyı göstermektedir. Çizge kuramı planlama ve yöneylem çalışmalarına temel oluşturmuştur.



Şekil 2.2: Örnek bir çizge.

2.1.3 Yöneylem araştırması

1940'larda II. Dünya Savaşı'nın başlamasının ardından Atlantik'te Nazi denizaltı ablukası ile karşılaşan İngiltere ana karası, kendine yetecek ve savaş sanayini besleyecek lojistik kargo gemilerinin yüküne erişemediği için yüzyıllardır çekmediği kaynak darboğazına girmiştir. Bu arka planda İngilizler yöneylem araştırmasını ilk kez kurgulamaya başlamışlardır (1945). Operasyon koordinasyonunun yürütülmesindeki karmaşık sorunlara, matematik modellemesi, istatistik, algoritma ve çizge kuramı gibi bilimsel yöntemler uygulanmıştır. Yöneylem araştırması ile verimli madde akışı, kaynak optimizasyonu, veri işleme gibi konularda ilerleme kaydedilmiştir.

Savaşta nakliye gemileri U-botlar tarafından batırılırken ülkenin elinde her nakliye filosunu koruyacak derecede yeterli eskort savaş gemisi bulunmadığından, Patrick Blackett ve ekibi yaptığı çalışmalar sonucunda geniş konvoylar ve fazla eskort ile lojistiğin yapılmasını önermiştir (Gannon, 2010). Bu sayede hızlı gelen küçük gemi-az sayılı konvoyların yük handikabını azaltacak büyük konvoylar sayesinde konvoy sefer sayısını azaltıp, büyük ama hantal gemilerin olduğu filolara daha fazla savaş gemisi verebilmişlerdir. Uygulama ardından Alman kurt sürüsü taktiği etkisini kaybetmeye başlamış ve müttefikler İngiltere'yi hammadde ile etkin bir şekilde beslemeye devam edebilmişlerdir. Bu uygulamadan da görüldüğü üzere yöneylem

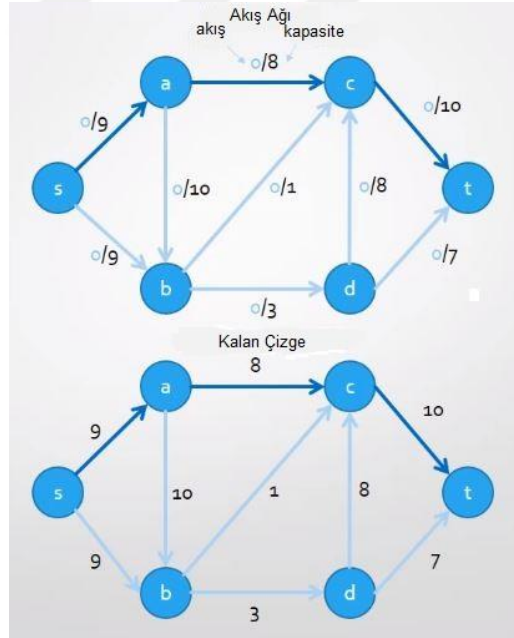
araştırması, kısıt ve kaynak problemi sonucunda, verim ve dengeleme çözümü sağlamıştır.

2.1.4 Ford Fulkerson algoritması

Birçok problem Euler tarafından bulunan çizge kuramı üzerinden çözümlenmektedir. 1956'da Ford ve Fulkerson çizgelerdeki akış problemi için alternatif yolların bulunmasını özelleştirmiştir (1956). Bu algoritmanın amacı düğümler arasındaki akışı, düğümler arasındaki akış kapasitelerinden çıkararak çözmek ve kalan kapasitenin alternatif yollar için kullanılmasını sağlamaktır.

Herhangi bir başlangıç noktasından hedef noktasına olan azami akışı belirlemek için kullanılmaktadır. Günlük hayattaki önemi çok büyük olan bu algoritmanın kullanıldığı bazı yerler; elektrik devreleri, bilgisayar ağ sistemlerinin optimizasyonu, trafik akışını yönlendirmesi, elektrik, su ve atık su akışını yönlendirmesi olarak örneklendirilebilir.

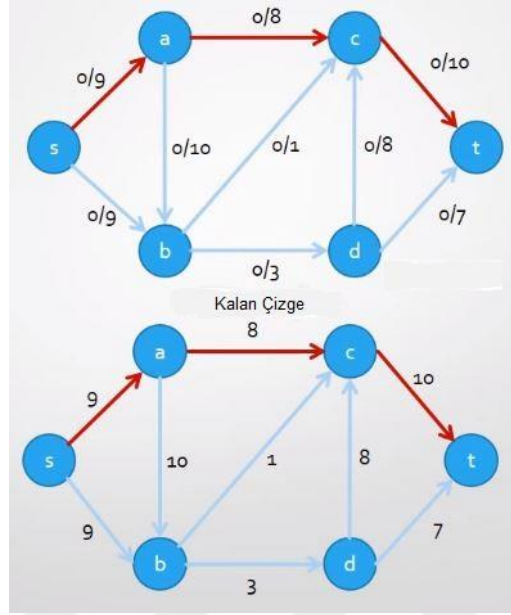
Bu algoritmayı su dağıtım şebekeleri için simule ettiğimizde karşımıza Şekil 2.3'teki gibi bir örnek çıkmaktadır. Mantiğın anlaşılması için Şekil 2.3'teki örneğin alternatif yollarından biri üzerinden algoritma açıklanacaktır. Şekil 2.3'te görüleceği gibi oklar üzerinde soluk görünen o anki yol üzerinde bulunan su miktarını, koyu renkli rakamlar ise yolun kapasitesini belirtmektedir.



Şekil 2.3: Şebeke akış.

Yani s noktasından a noktasına maksimum dokuz birim su gönderilebilir. Soluk rengin 0 olması şuan yol üzerinde bir akış bulunmadığını göstermektedir. Aynı

şekilde, a-c yolunun kapasitesi sekiz birimdir ve bu yol üzerinde de henüz bir akış yoktur.



Şekil 2.4: Şebeke dağıtım.

Kalan çizge belirlenirken güncel çizge baz alınır. Şuan ki güncel çizgede s-a kapasitesinin 9 birim olduğu ancak henüz bir akış olmadığı görülmektedir. Bu yüzden s-a yolunun kapasitesi $9-0 = 9$ (kapasite – akan değer) birimdir ve herhangi bir akış olmadığı için a noktasından s noktasına dönüş yolu 0 birimdir. Aynı şekilde s noktasından b noktasına herhangi bir akış yoktur ve yolun kapasitesi 9 birimdir. Bu sebepten dolayı s noktasından b noktasına giden yolun değeri $9-0 = 9$, b noktasından s noktasına dönen yolun değeri 0 birimdir. Aynı şekilde a-c yolu incelendiğinde yolun kapasitesinin sekiz olduğu ve yol üzerinde bir akış olmadığı tespit edilir. Bu sebepten ötürü a-c değeri sekiz, c-a değeri 0 birimdir. Bu şekilde tüm noktaların gidiş ve dönüş değerleri belirlenir. Algoritmanın bir sonraki adımında kalan çizge üzerinde, başlangıç noktasından bitiş noktasına ulaşan herhangi bir yol aranmaktadır. Bunu mümkün kılan birden fazla yol vardır. Bunlardan bazıları:

$$s \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow t$$

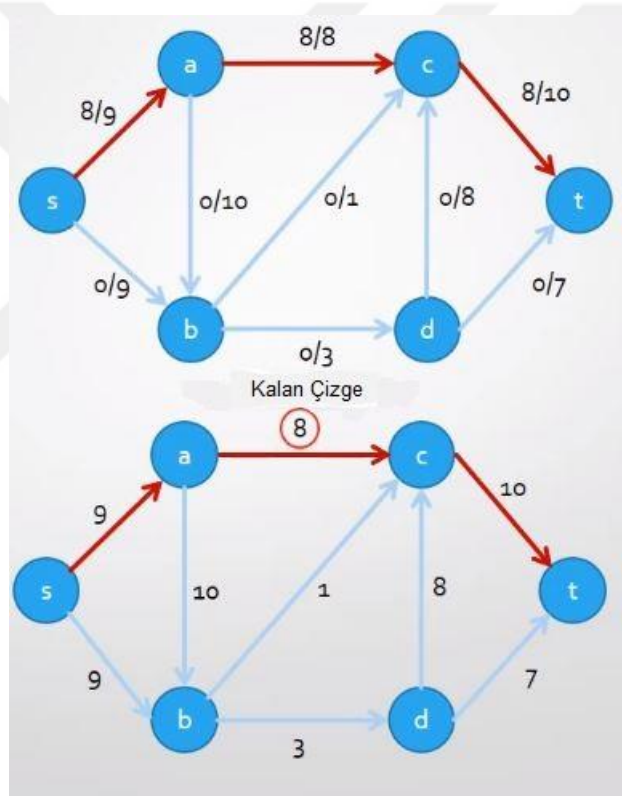
$$s \rightarrow b \rightarrow d \rightarrow t$$

$$s \rightarrow a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow t$$

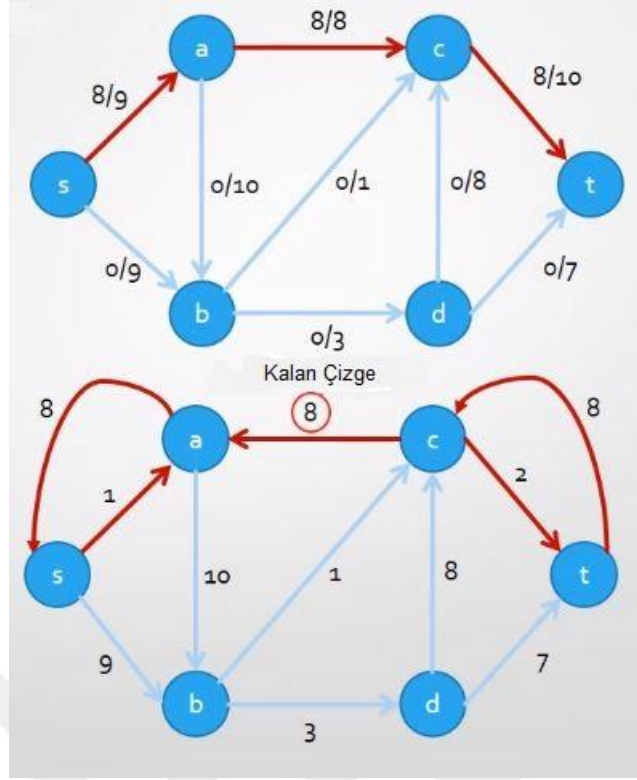
Bu yollardan herhangi birisi seçilir ve seçilen yolun maksimum kapasitesi belirlenir. Seçilen bu yolun kapasitesi yol üzerindeki en düşük kapasiteye eşittir.

Şekil 2.5'te görülen $s \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow t$ yolu seçildiğinde, bu yolun kapasitesi $\min\{9, 8, 10\} = 8$ birimdir. Bir sonraki adımda başlangıç çizgesi yenilenir ve seçilen yoldaki akış

değerleri güncellenir. Bir sonraki adıma geçmeden önce güncellenen çizgeye ait yeni bir kalan çizge oluşturulur. Şekil 2.6'da oluşturulan çizgede $s \rightarrow a \rightarrow c \rightarrow t$ yoluna ait gidiş ve dönüş değerleri güncellenir. s - a yolunun kapasitesi 9 birimdi ve yol üzerinde herhangi bir akış yoktur. Bir önceki adımda bu yol üzerinden bitiş noktasına 8 birimlik bir akış sağlanmıştır. Bu sebepten ötürü s - a yolunun yeni akış değeri 8, kapasite değeri ise $9-8 = 1$ birim olmuştur. Aynı şekilde a - c ve c - t yollarının değerleri de güncellenmelidir. Güncellenen çizgede bu yola 8 birimlik akış kazandırıldığı için kalan çizgede a - c yolunun yeni kapasitesi $8-8 = 0$ birim ve akış değeri 8 birimdir. Başlangıçta belirtildiği üzere değeri 0 birim olan yolun çizilmesi mecburi olmadığından sadece iki nokta arasındaki akış 8 birim olarak gösterilmiştir. Son olarak, güncellenen c - t yolunun yeni değerleri ise $10-8 = 2$ birimlik kapasite ve 8 birimlik akıştır.



Şekil 2.5: s-a-c-t yol.



Şekil 2.6: Gidiş-dönüş.

Bu örnekte görüldüğü gibi bu yöntemle çıkan metot, kaynak ve kısıt yönetiminde durum analizi yapılarak, kaynak dengelemesi ve ek yatırım gibi kararlar desteklenmektedir.

2.1.5 Kritik yol metodu (CPM - Critical path method)

Kritik yol metodu (KYM) proje yöneticisine proje takviminde gecikme yaşanmaması için hangi aktivitelere ekstra çaba harcaması gerektiğini belirten, zaman planlaması için kullanılan matematik bazlı bir algoritmadır (Kelly & Walker, 1959). Kritik yol aktivitelerin erken ve geç başlama zamanları aynı olan tüm düğüm noktalarını bağlayan yoldur (PMBOK, 2008). Kritik yol çıkartılırken bilinmesi gereken beş temel unsurdan en erken başlama zamanı, bir aktivitenin kendisinden önce gerçekleşen aktivitelerin tamamlanması koşuluyla başlayabileceği en erken zaman değerini göstermektedir. En erken bitiş zamanı ise, en erken başlama zamanına aktivite süresinin eklenmesiyle bulunan zaman değeridir. Bir aktivitenin, kendisinden sonra gelen aktivitelerin tümünün gerçekleşmesini sağlayacak ve proje zamanını değiştirmeyecek şekilde başlatılabileceği en geç zaman değeri ise en geç başlama zamanı olarak adlandırılırken, üzerine aktivite süresinin eklenmesiyle de en geç bitiş zamanı elde edilmektedir. Eğer bir olay veya işlemin zamansal konumunun proje

süresinde herhangi bir değişikliğe yol açmadan değiştirilebileceği zaman aralığı varsa da bu aralık gevşeme payı olarak tanımlanmaktadır.

Her projede başlangıç ve bitiş arasında en az bir kritik yol bulunurken, kritik yoldaki sürelerin toplamı ile de proje süresi bulunmaktadır. Kaynak dengeleme erken başlama ve bitiş tarihleri ile geç başlama ve bitiş tarihlerinin karşılaştırılmasıyla kritik yol üzerinde olmayan gevşek zamanlı aktiviteden kaynak aktarımı yapılabilir. Matematiksel açıdan karmaşık olarak değerlendirilmezken özellikle aktivite bazlı proje planları için uygun bir takip metodu olarak bilinmektedir (Kelly & Walker, 1959).

Kritik yol metodunun handikapları ise kaynak kısıtına ve bağımlılığına dikkat edilmeden, kısıtlar zaman değişkeni üzerinden ağ diyagramı oluşturulmasıdır. Kurulması için öncelik ilişkilerine ihtiyaç duymakta, öncelik belirlemede subjektif çıkarımlar göz önünde tutulduğu için, öznel yorumlanmaktadır. Ayrıca kritik yola odaklanmak diğer aktivitelerin göz ardı edilmesine sebep olabilmektedir. Öte yandan, Monte Carlo gibi analizlerle geçmiş veriler işlenerek öznel yorumlamalar nicel analizle ile desteklenebilmektedir.

Yöntem Dupont şirketi çalışanları tarafından bulunmuştur. Bu yöntem bakım için kimyasal tesislerin kapatılma süreçlerindeki karmaşıklıkların üzerine gidip çözüme kavuşturmak için ve bakım yapıldıktan sonra tesisi yeniden başlatmak için tasarlanmıştır. Yöntem 1950'ler sonunda proje modelleme tekniği olarak geliştirilmiştir (Kelly & Walker, 1959).

2.1.6 Program değerlendirme ve gözden geçirme tekniği (PERT- *Program evaluation and review technique*)

PERT (PDGGT) yöntemi Amerika Birleşik Devletleri Savunma bakanlığının Donanma Özel Projeler Dairesi tarafından, soğuk savaş sırasında mobil olarak satıhtan atılabilen füze projesinde (Polaris) ilk kez kullanılmaya başlanmıştır (Malcolm, Roseboom, & Clark, 1959). Dupont'tan bağımsız yapılan bir çalışma olsa da, PERT'in KYM'den amaç olarak farkı görünmemektedir. PERT yöntemi, KYM gibi projeyi tamamlamak için ilgili görevleri analiz etmek, özellikle her görev için ne kadar zaman gerekli olduğunu ve bütün projeyi tamamlamak için gerekli olan minimum zamanı belirlemek ve tanımlamak için kullanılmaktadır. PERT iyimser ve kötümser süreler ile ortalama süreyi dikkate alarak, merkezi limit kuramına göre normal dağılımını varsayar. Bu sayede projenin tamamlanma süresi için olasılık belirtilebilir.

2.1.7 İş kırılım yapısı (WBS – Work breakdown structure)

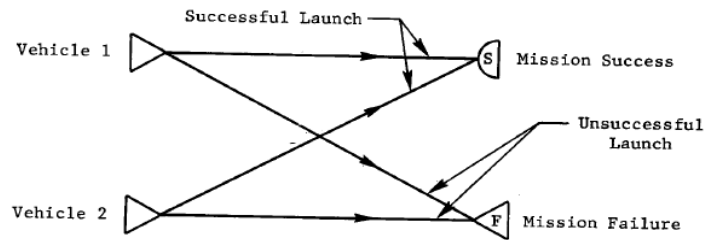
İş kırılım yapısı (İKY), Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı (Department of Defense, DoD) tarafından, Polaris mobil denizaltısından fırlatılan balistik füze projesinin bir parçası olarak oluşturulmuştur (DOD, 1963). Proje tamamlandıktan sonra, DOD tarafından kullanılan iş kırılım yapısı yayınlanmış, bundan sonra bu boyut ve bu kapsamda üretilecek projelerde bu iş yapısının takip edilmesi istenmiş ve MIL-STD-881 standardı altında 1968 yılında duyurulmuştur (DoD, 1968). Kırılım yapısı ayrıntılı bir hiyerarşik ağaç yapısına sahip olan proje tanımını faaliyetler üzerinden yapan bir araçtır. Ürün çıktıları proje yönetiminde sık tercih edilen ve yazılım programlarında (Örneğin MS Project) en çok kullanılan araçlardan biri olmuştur.

2.1.8 Grafik değerlendirme ve gözden geçirme tekniği (GERT – Graphical evaluation and review technique)

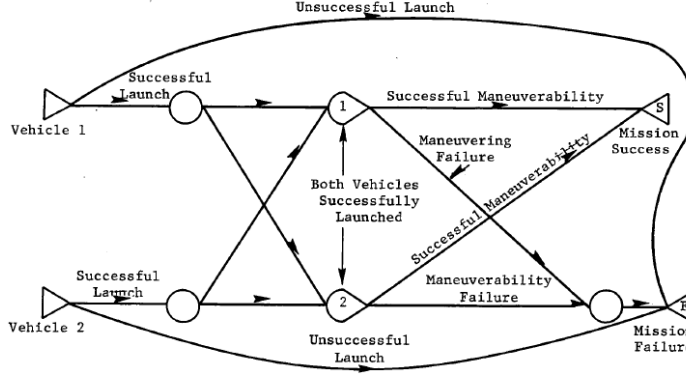
Stokastik yapıları ağların analiz tekniğidir. KYM ve PDGGT teknikleri üzerine geliştirilmiştir. Teknik, Alan Pritsker (1966) tarafından tanımlanmıştır. Teknik görevler arasında döngülere izin veren, PERT ve CPM tekniklerinin ana limitlerini adresleyen GERT'in (GDGT) temel beş adımı aşağıdaki gibidir. (Pritsker, 1966)

1. Problemin ya da sistemin nitel tanımının ağ formuna sokulması.
2. Ağdaki her yol ile ilgili gerekli verinin toplanması,
3. İki düğüm arasında tek yol için eşdeğer fonksiyonun elde edilmesi,
4. Belirlenen fonksiyonun ağda iki performans ölçütüne dönüştürülmesidir,
 - a. Düğümdeki olasılık
 - b. Ağ ile ilişkili zamanın moment yaratan fonksiyonu
5. İlk dört adıma göre çıkarım yapılmasıdır.

GERT yaklaşımında sistem ya da proje karmaşıklaştıkça matematik simülasyon ihtiyacı duyulmaktadır. Bu nedenle karmaşık projelerde kullanımı nadirdir. Şekil 2.7 ve Şekil 2.8'de bir uzay görevinde sadece fırlatma ve manevra görevleri için hazırlanmış ağlar görülmektedir.



Şekil 2.7: Uzay görevi için fırlatma stokastik ağ örneği (Pritsker, 1966).



Şekil 2.8: Uzay görev simülasyon örneği (Pritzker, 1966).

2.1.9 Kısıtlar teorisi (TOC- *Theory of constraints*)

Goldratt (1984) tarafından *The Goal* kitabı ile tanıtılan bir yönetim felsefesi ve tekniğidir. Bir sistemi zincir olarak düşünürsek, sistemin en zayıf halkası kadar güçlü olduğunu dile getirir. Darboğaz teorisinin akıcı ve gelişmiş bir versiyonudur. Kısıtlar teorisinin proje yönetimi uygulaması kritik zincir proje yönetimidir ve 2.1.11 başlığında daha detaylı anlatılacaktır.

2.1.10 Kazanılmış değer yönetimi (EVM – *Earned value management*)

Kazanılmış değer yönetimi (KDY), proje yönetimi ve maliyetlendirme mühendisliğinin bir kolu olarak ortaya çıkmıştır. Amerikan Savunma Bakanlığı projelerinde maliyet/zaman kontrol sistem kriterleri 60'larda belirlenmiş ve bu kriterler teknik analizlerde kullanılmış, ancak 80'lerin sonu ve 90'ların başında proje yöneticileri tarafından kullanılan ana yöntemlerden biri haline gelmiştir. 1987'de PMI'nın PMBOK kitabına alınmıştır. 1991'de A-12 projesi için kazanılmış değer analizini simülasyonunu yapan bir yazılımın sonuçlarının etkisiyle, proje Savunma Bakanlığı tarafından iptal edilmiştir (Abba, 2000).

Projenin olması gereken yere göre nerede olduğunu belirlemek için kullanılan matematiksel bir analizdir. Maliyet ve zaman performans kontrolünde proje yönetimi içinde kullanılır. Risk kontrol ve takibi için nümerik geri bildirim bu sayede alınır. Geleceğin kestirimi ve tahmin edilmesi için de geçmiş rapor sonuçları incelenerek yine matematiksel çalışma ile plan güncellenebilir ya da gelecekteki fırsatlar öngörülerek risk yanıt çalışması veya fırsat ihtimalini güçlendiren ek çalışmalar yapılabilir. Kazanılmış değer analizinde süre ve maliyet analizi için aşağıdaki üç temel değer üzerinden ölçümler yapılır (PMBOK, 2008):

1. Planlanan Değer (PD): Proje başında maliyetlenen işin planlanan değeri
2. Kazanılmış Değer (KD): Planlanan iş sonunda gerçekleşen değeri

3. Gerçekleşen Maliyet (GM): Gerçekleşen iş değerinin maliyeti

Projenin zaman çizelgesindeki yerini veya maliyet performans endeksini de belli süre aralıklarında takip etmek gerekir. Örnek olarak 3 günde 3000 adet L köşebent yapacak bir atölyenin 6000 TL toplam harcaması olacağı hesaplanmıştır. Birinci gün sonunda 750 adet üretilmiş ve 1800 TL harcanmıştır. Buna göre planlama nasıl yapılmalı, durum nedir ve alternatifler nelerdir diye Şekil 2.9 incelendiğinde, zamana göre, kazanılmış değer, planlanan değer altında yani zaman planının gerisinde, gerçekleşen değer de kazanılmış değer üstünde olduğu için bütçenin üstünde ve aşmış durumdadır. Üretimin devam edeceği 2. ve 3. günler için ilk senaryoda ilenirirse 1. gündeki mali yük taşınır ancak 2. ve 3. günler kendi planlarına uygun tamamlanmaktadır. Bu durumda 6.000 TL başlangıç mali planına sahip proje 6.300 TL'ye tamamlanabilir. İkinci senaryoda maliyet sapması devam ederse, tamamlanma için gerekli maliyet birinci günün maliyet performans endeksine bölünerek tamamlanma maliyeti bulunmaktadır. Başlangıç mali planını aşan proje için gereksinim 7.221 TL'ye çıkmaktadır. Üçüncü senaryoda hem mali performans, hem zaman performansı aynı şekilde devam ederse Tahmini tamamlanma maliyeti (TTM) 11.429 TL'ye çıkacaktır.

	1. gün	2. gün	3. gün
Planlanan	1000 adet	1000 adet	1000 adet
Adet ve Maliyet	2000 TL	2000 TL	2000 TL
Planlanan Değer (PD)	2000 TL	2000 TL	2000 TL
Kazanılmış Değer (KD)	1500 TL	4000 TL	
Gerçekleşen Değer (GM)	1800 TL		
Zaman Çizelge Varyansı (ZÇV)	=KD-PD =1500-2000 -500 < 0	<u>Senaryo 1</u> Tamamlanma için gerekli maliyet TGM: 4000+(2000-1500) = 4500 TL Tahmini tamamlanma maliyeti TTM: TGM + GM = 6300 TL	
Zaman Çizelge Perfor. Endeksi (ZÇPE)	=KD/PD 0,75 < 1	<u>Senaryo 2</u> Tamamlanma için gerekli maliyet TGM: 4000+(2000-1500) / MPE = 5421 TL Tahmini tamamlanma maliyeti TTM: TGM + GM = 7221 TL	
Maliyet Varyansı (MV)	=KD-GM =1500-1800 -300 < 0	<u>Senaryo 3</u> Tamamlanma için gerekli maliyet TGM: 4000+(500) / (MPExZÇPE) = 9629 TL Tahmini tamamlanma maliyeti TTM: TGM + GM = 11429 TL	
Maliyet Performans Endeksi (MPE)	=KD/GM 0,83 < 1		

Şekil 2.9: KDY için örnek analiz.

Görüldüğü gibi durumu görmek ve geleceğe bakmak için hem mali anlamda hem zaman anlamında proje yönetimine farklılık kazandıran bir sistem vardır. Başlangıç maliyetine bitirmek için kalan sürede çıkılması gereken performans verimi bulunabilmekte ve önlem çalışması yapılabilmektedir. Ancak çalışma reaktif bir yapıdadır, sonucun görülmesine binaen yeni plan yapılabilmektedir.

2.1.11 Kritik zincir proje yönetimi (CCPM – *Critical chain project management*)

Kritik zincir proje yönetimi (KZPY) 90'larda Kritik Zincir kitabının çıkarılmasıyla ortaya çıkan bir tekniktir. Yöntem yine Eliyahu Goldratt tarafından ortaya atılan kısıtlar teorisine dayanır (Goldratt, Critical Chain, 1997). Yöntemin çıkış noktası projelerdeki şikayetlerin kök nedenlerine inince ortaya çıkmıştır. Goldratt, termindeki hedef tarihlerin tutturulamaması, kapsama çok fazla değişikliğin proje esnasında eklenmesi ve değişiklikler planlansa dahi, ihtiyaç duyulduğunda yeterli kaynağın uygun olmadığını ve kaynak yönetiminin proje yönetimine etki ettiğini görmüştür.

Geleneksel proje yönetiminde aktivitelerin süre tahminleri alınarak ilerlenir. Ancak her aktiviteye ekip tarafından bir güvenlik etkisi (Murphy Kanunu) eklenmektedir. Buna kişiye verilen görev sayısının da artırılması eklendiğinde aşağıdaki üç durum tetiklenmiştir (Critical Chain, 2017).

- Öğrenci Sendromu
- Parkinson Yasası
- İş Kaydırma durumları.

Bu durumlar projenin planlama aşamasında yeterli zaman ve ek güvenlik kısmı eklense bile Murphy etkisiyle problemlerin ortaya çıkmasına ve planı desteklememesine neden olmaktadır. Öğrenci sendromu verilen işin planlanan başlama zamanında başlamaması, verilen sürenin sıkıştırılarak yapılmaya çalışılmasıdır. Parkinson yasası, verilen işin zamana yayılmasıdır. Verilen süre için ne tanımlanırsa tanımlansın, kişi o süre içinde işi bitirmektedir. İş kaydırma ise çoklu görev nedeniyle işlerin verildiği kaynağın her konuya aynı anda bakarak hiçbir görevi zamanında bitirememesi ve kaliteli teslimde sorunlara yol açmasıdır.

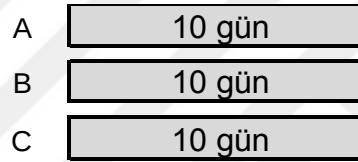
Geleneksel bakışta kritik yol metodu, PDGGT, Gantt gibi teknikler, suistimal edilen, kötü yönetim ya da belirsizlik kaygısıyla eklenen güvenlik sürelerini karşılayamaz. Kritik zincir metodu ise projeyi kaliteli şekilde tamamlamak için verilen sürenin tamamını çalışana vermez ve bu payı kendisi yönetir.

Kritik zincir proje yönetimi, değişkenliğin proaktif yönetim fırsatı olarak sunulmaktadır. Projedeki her görevin zamanında bitişi yerine tüm projenin

zamanında bitimine odaklanan bir yöntemdir. Goldratt kritik zincirde, kritik yoldan farklı olarak, önemli olan görev/aktivite değil, bunu yapan kaynaktır demektedir. Kısıtlar teorisiyle birleştiği nokta değişkenin temelidir. Değişkenler ise işlemi yapan insan,işlemci vb. kaynaklar olarak tanımlanır.

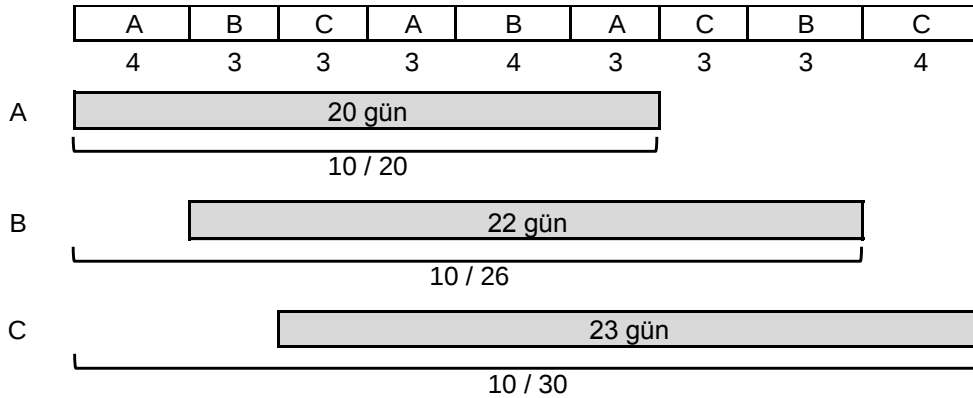
Yöntem iş bağımlı değil, kaynak bağımlı olarak tanımlanır. Ekip işi verilen sürede değil olabildiğince hızlı yapmaktadır. Metafor ile anlatılırsa, iş sahibi bayrak yarışındaki baton sahibidir ve kimse ona batonu teslim edene kadar değmemektedir. Bu aslında çoklu görevin (*multitasking*) ortadan kalktığı yapıdır. Kritik zincir proje yönetiminde kaynağa verilen çoklu görev şunu göstermiştir. Aynı kaynağın paralel farklı işlerle çalışması iş önceliklendirmesi olmadığında verimsizlik oluşturmaktadır.

Örnek olarak Şekil 2.10'daki gibi 10 günde bitebilecek 3 iş olduğu varsayalım. Bir önceliklendirme yapılmadığı takdirde, kaynak sırayla her işin belli bir kısmını yaparak ilerlemektedir.

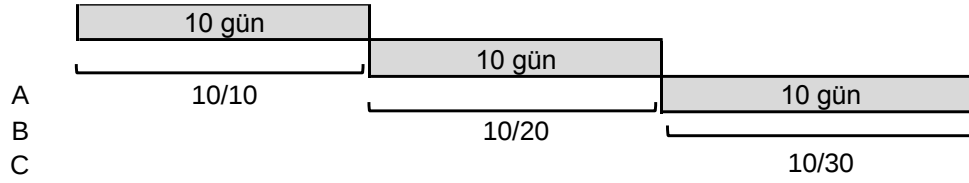


Şekil 2.10: İş süreleri.

Şekil 2.11'de görüldüğü gibi bu duruma görevlerin birbiriyle ilgisiz olması halinde kaynağın, uyum sağlama gücü de eklenebilir. Bu durum gecikmeler artmasına neden olup, verimliliği düşürebilmektedir. Projede belirtilen kritik kaynak, iş kaydırarak çalışma yaparsa Şekil 2.11'de belirtildiği gibi projenin gecikme riski ortaya çıkabilir. A,B ve C aktiviteleri önceliklendirme yapılmazsa, sırasıyla 20.,26. ve 30. günler bitecekken, Şekil 2.12'deki gibi iş bittikçe diğerine başlanırsa bu sefer A işi 10., B işi 20. ve C işi 30. gün bitecektir.



Şekil 2.11: Önceliklendirme uygulanmadığında.



Şekil 2.12: Önceliklendirme uygulandığında.

Risk yönetimi ile ilişkisine bakacak olursak, beklenmedik gecikmelerin riskli olarak görülen aktivitelerin olduğu noktalara tampon (*buffer*) yerleştirilir. Projede gecikme riski belirlendiğinde tampon süre kullanılır.

Öğrenci sendromu, çoklu görev ve Parkinson yasasını nedenler olarak düşünürsek, proje yöneticisi ekipten aktivitelerin tahmini sürelerini alıp ve bunun belli bir yüzdesini tampon rezerve aktararak kalanını ekibe vermektedir. Bu ayırım kritik zincirde %50-%50 olarak önerilirken proje yöneticisine göre değişebilmektedir. Ekibin verdiği süreler göre teslim tarihi değişmemektedir ancak ekibin elindeki süre azaltılmaktadır. Amaç ekibin yetiştirmek için başka görev almasını engellemek, öğrenci sendromu ve Parkinson yasasının işleyişini durdurmaktır. Tampon kaynaklar üç gruba ayrılır (Goldratt, Critical Chain, 1997).

- Proje tamponu: Yöntemin amacı işlerin zamanında değil, projenin zamanında bitmesidir. Proje tamponu, proje sonundaki son iş ile tamamlanma tarihi arasına eklenir. Bağımlı işler gecikmelere yol açsa da tampondan tüketmekte ve bitiş tarihini değiştirmemektir. Toplam kenara ayrılan tamponun %50'si proje tamponu olarak önerilmektedir.
- Besleyen tampon: Kritik zincire paralel devam eden işin, zamanında başlaması için ve süreci etkilememesi için eklenen tampondur.
- Kaynak tamponu: Kritik zincirdeki işler için uygun insan ve yeteneklerin ihtiyaç duyulduğunda proje içine kaydırılmasıdır.

Tampon sürelerin iyi yönetimi, projenin zaman ve kaynak bazında hedefi yakalanacak. Ortaya çıkan gecikme nedenlerini de görünür kılınacaktır.

Tampon yönetimi yanı sıra projeye adanmışlık, dürüst ve doğru iletişim, stratejik yönetim önemlidir. Projenin görünürlüğünün, net durum takibine imkan vermesi, ekibe projede şeffaflık farkındalığı verip, bayrak yarışı anlayışını güçlendirmektedir.

Kullanım alanlarının bulunduğu endüstriler oldukça gelişmiştir. Lily ilaç sanayinde (Novaces, 2017), Boeing ve Lockheed Martin havacılık ve savunmada, Northrop Grumman gemi inşa ve savunmada (Companies Using Theory of Constraints Methods, 2017), Mazda otomotivde (Mazda Case Study, 2017) ve Japon hükümeti (Novaces, 2017) kamu projelerinde tekniği kullanan kurum ve kuruluşlardan sadece

bir kaçıdır. Kritik zincir şu ana kadar taranan kompleks proje yönetim şekilleri arasındaki en kaynağa dayalı ve planlı rezerv yönetiminin yapıldığı teknik olarak görülmektedir.

2.2 Program Yönetimi ve Proje Yönetimi

Program ve proje yönetimi hem yönetsel hem de kavramsal farklılıklara sahiptir. Bu farklardan kritik olanları şunlardır.

- Proje başı ve sonu olan bir kereliğine olan olaylar iken program sürekli olmaya meyillidir.
- Projede kompleks ve birden çok aktivite yönetilir. Programda birden çok proje yönetilir.
- Programlar organizasyonun finansal takvimine girerler; program yöneticisi takvime göre finansal sonuçları açıklamakla yükümlüdür. Proje yöneticisinin yılın çeyrek aralıklarında bir bildirim yapmasına gerek yoktur. O proje bütçesinden sorumludur.
- Programda portföy ve platform yönetimi olduğu için üst kurul ve yönetimle yoğun olarak iletişime girilir. Program yöneticisi kurula çıkıp hesap verirken anlaşmazlıkları hafifletir. Proje yönetiminde ise taleplerin denetimi program yöneticisinde olup üst yönetim denetimi düşük yoğunluktadır.
- Projelerde direkt bütçelerle çalışılır. Projenin finansal yönetimi verilen bütçe kısıtına göre çalışıp hedefi sağlamakla yükümlüdür. Programda ise organizasyonun finansal sonuçlarına etki eden gelir ve maliyetler üzerine yoğunlaşılır. Bütçe planı, yönetimi ve kontrolü program sahibindedir.
- Projeler resmi bir değişim yönetimi sürecine sahiptir. Programdaki değişimin yönetimi ise daha zordur çünkü organizasyonun stratejisi ile hareket eder.
- Projede iletişim daha çok iç ekip içinde kalır. Dış müşteriye (üst yönetim olabilir) proje hedef ve beklentileri ile aksiyon planları sunulmaktadır. Programda ise paydaşlarla bağ kurulur. Projelerde yapılanlar program şemsiyesi altında paydaşlara aktarılır.

Belirtilen yedi maddenin ürün ve portföy yönetiminde kullanımı vardır. Son ürün yönetiminde, ürün geliştirmede en iyi örneklerden biri otomotiv sektörüdür. Farklı birçok sistemin geliştirilip, üretildiği bu son ürün aslında birçok projenin yürütüldüğü bir program çatısı altında kalmaktadır. Örnek verilecek olursa, bir araç sınıfında kullanılan lastik boyutuna yeni alternatif oluşturmak bir projedir. Ancak o araç sınıfındaki şasi platformunun otonom araç üretimi için modüler hale getirilmesi bir

şirket stratejisidir ve yüksek bir bütçe gerektirir. Bu platform değişikliğinde araç alt gövde, kabin, elektrik mimarisi ve kalibrasyonu gibi çok sayıda sistemde değişiklikler yapmak gerekecektir. Program yönetiminin bakışı, proje yönetimine göre daha geniş açıdır. Program yönetimindeki bu geniş açı projelerle gelen belirsizliklerin yönetimini gerektirir. Ürün geliştirme süreçleri programlar açısından incelendiğinde içinde değişkeni yüksek birden fazla proje barındırması nedeniyle yüksek sayıda belirsizliğe maruz kalabilmektedir. Bu nedenle çalışma ürün geliştirme özelinde yapılan literatür taraması ile devam ettirilecektir.

Proje yönetim tekniklerinin tarihçesi incelendiğinde yapısal tasarım matrisinin ortaya çıkışı 70'li yıllara dayanmaktadır. Ancak aynen kısıtlar teorisinde olduğu gibi bu yöntemin de endüstri uygulamaları ilerleyen zamanlarda yapılmıştır. Endüstri uygulamaları 90'lı yıllarda kritik zincir proje yönetiminin uygulama yılları ile aynı dönemdedir, lakin yöntem proje planlama ve yönetiminde sadece zaman ve kaynak yönetimi için uygulanmadığından daha geniş bir yelpazede değerlendirilmiştir. Yöntem tarihçede belirtilen tekniklerde olmayan faaliyet etkileşimleri, kaynakların faaliyetlerle bağlantısı gibi karmaşık karşılaştıra yönlendirilmiştir. Proje yönetiminin alt maddeleri olan kapsam yönetimi, entegrasyon yönetimi, zaman yönetimi, maliyet yönetimi, insan kaynağı yönetimi, iletişim yönetimi ve risk yönetimi gibi adımlarda kullanılabilir görsel bir şema olmuştur. Bölüm 5.1'de yöntem hakkında detay verilmiştir.

3. BELİRSİZLİK

Belirsizlik ara ve nihai hedeflere ulaşmak için yapılan planlarda sonucunu kesin bilmediğimiz değişkenliğin bulunduğu durumlar olmaktadır. Örneğin, kısıtlı bir bütçeyi on yıl üstü tecrübedeki çalışanlarla uygulamak istediğinizde en fazla beş yıllık tecrübedeki çalışanlarla uygulamaya göre daha erken bitirmenizin bir garantisi yoktur çünkü sayısız parametre olasılık içindedir ve tecrübe-zaman ilişkisine etkisini anlamak için daha fazla bilgiyi bilmemiz gerekmektedir. İşte bu durumu oluşturan aslında belirsizliklerdir. Nassim Nicholas Taleb Kara Kuğu kitabında bilmedikleriniz, bildiklerinizden çok daha önemlidir diyerek belirsizliğe dikkat çekmiştir (Taleb, 2007). Belirsizlik, belirginlik ve kesinliğin olmadığı, maliyet, süre veya kalite ile ilişkilidir. Belirsizlik veri, detay, çalışma ve kısıt varsayımları, organizasyon yapısı veya proje dahilinde çalışanlar dolayısıyla olasılık dahilindedir. Belirsizliklere bakılarak alınan kararlar proje risk yönetiminde genelde hem tehdit hem de fırsatları kapsamaktadır. Kısıtlı kaynak ve sürede hedefe ulaşmak için yapılan çalışmada aktiviteler birbiriyle doğrudan ya da dolaylı ilintilidir. Belirsizlik ürün hayat döngüsünde, belirginlik ve kesinliğin olmadığı, maliyet, süre veya kalite ile ilişkilendirilir. Belirsizlik veri, detay, proje çeşidi, kısıt ve varsayım, organizasyon yapısı ve proje çalışanları kaynaklı olabilmektedir. 3.1’de ürün geliştirme projelerindeki belirsizlik işlenecektir.

3.1 Ürün Geliştirmede Belirsizlik

Ürün geliştirmeyi inceledikten sonra, risk yönetimine bakılacak olursa öncelik, tanımlamaların yapılabilmesidir.

Kompleks sistemler birçok farklı alt modülün birleştiği karmaşık yapılar olması sebebiyle, bu sistemlerin geliştirilmesi ve yönetimi, aslında bir belirsizlik azaltma ve risk yönetim uygulamasıdır (Browning, 1998a). Ürün geliştirme, karmaşıklığın derecesi ile doğru orantılı olarak risk içermektedir. Bu riskin kaynağı bir kaynağı da belirsizlikler olarak tanımlanmıştır. Belirsizliğin negatif sonucu olan riskin daha net anlaşılması ürün geliştirme sürecini planlama yönünden iyileştirme için temel oluşturmaktadır.

3.1.1 Ürün geliştirmede belirsizlik kaynakları

Daha önce bahsedildiği üzere program, projelerin yönetildiği, bütçe, maliyet ve planlamanın kontrol edildiği yapı iken, projelerdeki tasarım ise pazarın ve müşterinin talebini karşılayacak ürünün hedefe ulaşması için geçirilen süreçtir. Ürün geliştirme gibi karmaşık sistemlerde risk yönetiminin maliyeti için ayrılan kaynak, beklenmedik durum rezervi ve yönetim rezervinden oluşur. Bu kaynakların azaltılması ise risklerin yönetilebilecek şekilde tanımına ve risk yanıt planlarının uygulanmasına bağlıdır. Belirsizlik bilinmezliği, risk ise kayıp ya da kazanç olasılığıdır. Bilinmeyenin olasılığa etkisi, belirsizliğin risk üzerine etkisi gibi düşünölmelidir. Belirsizlik kaynaklı riskler ise ürün geliştirmede riskler beş kategoride riskin negatif sonucu olan kayıp için aşağıdaki tanımlanmıştır (Browning, 1998a).

- Ürün Geliştirme Riski: İstenen kalitede tasarımın sağlanamama belirsizliği
- Planlama Riski: Hedefi istenen sürede devreye alınamama belirsizliği
- Geliştirme Maliyet Riski: Verilen bütçede istenen kabul edilebilir tasarımın alınamama belirsizliği
- Teknoloji Riski: İstenen teknoloji kabiliyetinin üründen alınamama belirsizliği
- Pazar Riski: Tasarlanan ürünün pazar tarafından beklendiği gibi karşılanamama belirsizliği olarak tanımlanabilir.

Amaç bilinmeyen risk üzerindeki etkisini tanımlamaktır. Çalışma ürün geliştirme ve ürün geliştirmede planlama üzerine detaylandırılarak devam edecektir.

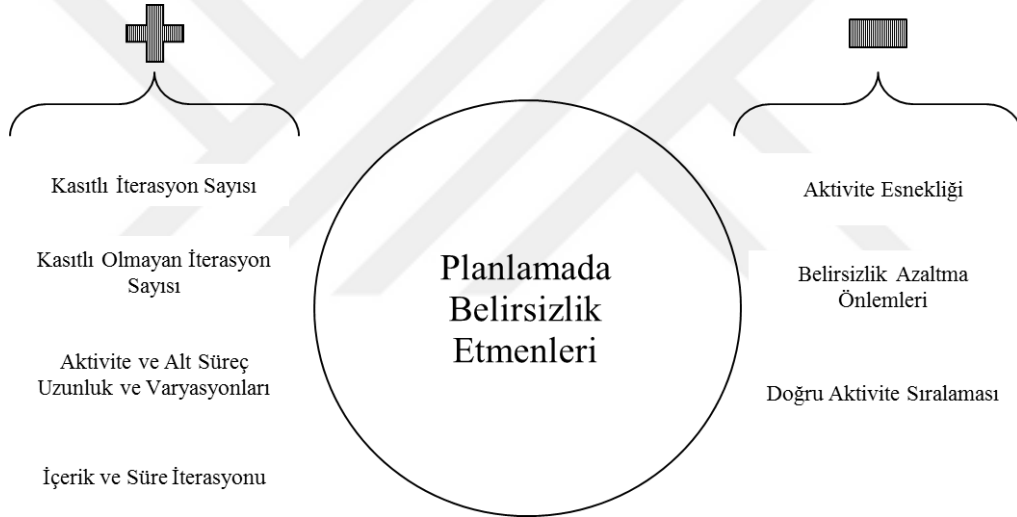
3.1.1.1 Ürün geliştirme projelerinde planlama belirsizlik kaynakları

Ürün geliştirmede belirsizlik kaynaklı planlama riskini incelersek, kabul edilemeyecek proje süreleri ve sonuçlarının olasılığından oluştuğu görölmektedir. Başlangıçta tanımlanan riskler ile matematiksel olarak planlanan süre ve maliyetlere, bilinmeyen risk kaynaklı oluşacak süre ve maliyetin eklenmesi ile toplam maliyet ve süre proje sonunda ortaya çıkar. Toplam risk ile matematiksel olarak tanımlanan risk arasındaki varyasyon belirsizlik kaynaklı planlama riskidir. Proje içindeki belirsizlik olasılığı ve sayısı arttıkça planlamadaki belirsizlik artmakta, bu da projeyi etkilemektedir. Ürün geliştirme sürecinde, belirsizlik azaltma bizim tanımlama ve risk yanıtı adımlarımızı oluşturmaktadır. Planlama risk nedenlerini belirlemek için üç yaklaşım önerilmektedir. (Browning, 1998a).

1. Literatüre danışarak başkalarının planlama belirsizliği ve değişikliğini gösterme yaklaşımlarını uygulamak,
2. Yönetici ve sistem mühendisleri ile görüşerek geçmiş projelerdeki risk nedenlerini anlamaya çalışmak,

3. Sistem mühendisleri ve yöneticilere Delfi (uzman görüşlerinin anonim toplanmasıdır) anketi yapılarak, yeni bakışlarla risk kaynakları ve bunların nedenlerini doğrulamaktır.

Faktörlerin etkisi maddesel (tek faktörü değişken tutup, kalanları sabit tutarak) olarak düşünülürse faktör etkileri görülebilir. Ancak bu durum dinamik bir model olduğunda, geri bildirimleri kapsamaz. Sadece ileri yönlü etkileri gösterir. Şekil 3.1’de belirsizlik etmenleri (kaynakları) planlama için incelenmiştir. Neden – sonuç ilişkisine göre pozitif ve negatif gösterimlerde, pozitif belirsizliğin arttığı, negatif ise belirsizliğin azaldığı başlıkları göstermektedir. Ürün geliştirmede Şekil 3.1’e bakacak olursak iterasyon sayısındaki artışın belirsizlik sayısındaki artış nedeniyle olduğu gösterilmiştir. Ürün geliştirme geleneğinde iterasyon tasarım döngüsü içinde kabul edilen bir durumdur. Elektronik sektöründeki projelerin ortalama %33’ü iterasyon kaynaklıdır (Osborne, 1993).



Şekil 3.1: Planlama belirsizlik etmenleri (Browning, 1998a).

İterasyon planlama belirsizliğindeki ana faktörlerden biridir. Ancak iterasyonları da iki başlık altında incelemek gereklidir. Kasıtlı iterasyon, istenen sonuçları almak için birbirine bağlı aktivitelerdeki tasarım süreçlerinde izin verilen iterasyonlardır. Bunlar öngörülen olarak belirlenmiş ve zaman, bütçe rezervi ilave edilmiştir. Örnek olarak 400 kg taşıması istenen köşebendin aynı zamanda 4kg’ı geçmemesinin istenmesi verilebilir. İlk olarak tasarımın 400 kg’a dayanıklı olarak yapılıp ardından tasarımı ağırlığını azaltmak için hedef yakalanana kadar revize edilir.

Kasıtlı olmayan iterasyon ise yeni bilgi, yeni keşfedilen parametreler, dizayn hedeflerindeki hatalar, sürece geç entegre edilen bilgiler gibi nedenlerden ötürü ortaya çıkan iterasyonlardır.

Kasıtlı iterasyonlar

Kasıtlı iterasyonların planlama belirsizliğine etkisine bakacak olursak, dört ana etmenle karşılaşmaktayız. Bunlar performans belirsizliği, iterasyon verimliliği, aktivitelerin bağıllık derecesi ve yönetim kararlarıdır. Performans belirsizliği, ekibin hedeflenen değere ulaşması için yapılan uygulamalar sonucu ortaya çıkan, varsayım yapılmaması için kabul edilen iterasyonlarla gelen süre ve iş yükü belirsizliğidir. İterasyon verimliliği, her iterasyonda tasarım kalitesi artıp, performanstaki boşluk kapanıyorsa söz konusudur. Ancak tasarım limite geldiğinde gerçekleşen iterasyonlar sadece yük getirir. Aktivite bağıllık derecesine göre, birbirine yüksek bağımlılık içeren aksiyon sayısındaki artış, hedefe ulaşmayı yavaşlatır (Clark & Fujimoto, 1991). Dizayn problemlerinde bu durum tavuk-yumurta ilişkisine örnektir. Son olarak da Bazı yöneticiler ürün performansını önemsemeden proje başında dizayn iterasyonlarının sayısını planlar (Bell, 1987). Burada belirsizlik iterasyon sayısının tahminiyle ilişkilidir. Eğer olakattan azı kabul edilmişse planda olmayan ek bütçe ve ek işgücü gerekliliği oluşur. Fazlası kabul edilirse gereksiz kullanımla da fırsat maliyeti kaybedilmiş olur.

Kasıtlı olmayan iterasyonlar

Kasıtlı olmayan iterasyonlar da beş ana kaynağa dayanır. Bunlar, performans belirsizliği, sıralama kalitesi, iletişim, koordinasyon ve süreç integrasyon kalitesi, dizayn gereksinimlerinin kalitesi ve tasarım hatalarıdır.

- Performans belirsizliği: Performans nedenli oluşması istenmeyen iterasyonlar aktiviteler arası bilgi akış sıralamasındaki hatalar, kritik yoldaki uzun alt süreçlerden çıkan veriler, yeniden çalışmalar sonucu oluşan parametre değişiklikleri nedeniyle ortaya çıkmaktadır.
- Aktivite sıralama kalitesi: Sıralı bir süreçte en hayati kısım bilgi akışıdır. Bilgi planlanan zamanda kullanılır. Geç gelişi yeniden çalışma ve iterasyonlara neden olabilir. Aktivitelerin bitimiyle beraber güncellenmiş bilgiler, bağlı olunan diğer aktiviteye verilir. Kalitesi düşük olan bir planlamada sadece aktivite sıralama hataları, istenmeyen iterasyonlara neden olabilir. Süreçlerin uzunluğu ve bağlı olan alt süreçler de bu durumu oluşturabilir. Riskin büyük olduğu yerler “uzun süreli” aktivitelerdir (Browning, Sources of Schedule Risk in Complex System Development, 1998a).
- İletişim, koordinasyon ve entegrasyon kalitesi: Bilginin doğru yer, doğru zaman ve doğru şablonda iletimi, optimum bilgi akışının isteridir. (Browning,

1996) Bilginin doğru organizasyonu ve akışı ne kadar sorunsuz ilerlerse kontrol noktalarındaki kararlarda belirsizlik o kadar azalır.

- Dizayn gereksinim kalitesi: Yetersiz tanımlamalar yeni iterasyonlara bunlar da gecikmelere yol açabilir (Mello, 2001). Karmaşık talep ve gereksinimler, bir maddenin veya parametrenin kaçırılması ihtimalini arttırır. Eksik Tasarım Hata Türleri ve Etkileri Analizi (DFMEA) ve tanımlama ileriki safhalarda yeni bilgiyi getirir. Yeniden çalışma ve plansız iş yükü artar.
- Dizayn hataları: Hata istemeden yapılan, istenmeyen iterasyon kaynağıdır. Beraberinde yeniden çalışma getirir. Proje büyüüp karmaşıklaştıkça problem artmaktadır. Yapılar, fonksiyon ve alt süreçlere bölündüğünde ise artan kişi ve grup sayısı müthiş bir akış ve bilgi aktarımını zaruri hale getirmektedir. Kapsam ve proje süresindeki iterasyonlar ve değişiklikler ise proje faaliyetlerinin, ekiplerin, çoklu projeler üzerinde etkisini arttıracaktır. Aynı ekiplerin farklı projeler için çalışması durumunda oluşan karmaşık tasarım iterasyonlarına neden olur. Düşündüğümüzden daha karmaşık bir işmiş cümlesini sarf etmemek için sistem mimarisi anlaşılmalı, sistem karmaşıklığı belirlenmeli, rolleri tanımlanmalıdır (Rechtin, 1992).

Aktivite esnekliğini de sağlamak proje için avantajdır. Darboğazda olan uzun süreli aktiviteler ve organizasyonun tepki ataleti esnekliği kısıtlar (Clark & Fujimoto, 1991). Etkili entegrasyon için beklenmedik değişimlere çabuk tepki verecek bir ekip gereklidir. Bunun için de bağlı ve bağımlı olduğu ekip, aktiviteleri yakından bilmeli ve konuya teknik olarak haiz olmalı ve yönlendirmelidir. Yönetmel seviyede ise yöneticiler belirsizlikleri tanımlama, değerlendirme, analiz ve azaltma faaliyetleri alması projenin risk yönetiminde de önemli bir yer tutar.

Özetle iterasyon oluşturunca eksik tanım, kaynak yetersizliği, aktivite sıralama hataları, faaliyet bağımlılıkları, koordinasyon problemi ve dizayn yetersizliği ile organizasyon ataleti ve öznel yönetim kararları projeye belirsizlikler getirirken, aktivite esnekliği, doğru sıralama ve ekiplerin iletişim koordinasyonu belirsizliği azaltan etmenlerdir. Pozitif etki yaratan eylemler standart hale getirilmeli, arttırılmalı ve uygulanmalıdır.

Tezde önerilen yaklaşımda, başlangıç kısıtlarının ve gereksinimlerin belirlenmesinin, tasarım kalitesine etki edecektir. Ekiplerin ve sistem bileşenlerinin birbirine bilgi aktarımının sağlanmasının iletişim ve koordinasyonu sağlayacaktır. Tasarım fazında birbirine döngü içinde birden fazla bilgi verecek sistemlerin tanımlanarak iterasyon kaynaklı tasarım hatalarının ve performans belirsizliğinin azaltılacaktır. Faaliyet ve bileşenlerin süre içindeki başlangıçta sıralanarak, sıralama kalitesinin arttırılacağı

amaçlanarak kasıtlı olmayan iterasyon nedenlerinin tamamına çözüm yolu önerilecektir.



4. RİSK

Risk sayısız farklı şekillerde açıklanmaya çalışılmıştır. Tüm içeriği kapsayıcı ve tatmin edici tek tanım bir yoktur. Bir tanıma göre tehlike, kötü sonuç ihtimali, kayıp ya da aksi tesadüflerin ortaya çıkması olarak tanımlamıştır (Oxford Living Dictionaries, 2017). Başka bir tanıma göre risk ölçülebilir, kayıp ya da beklentinin karşılanamama ihtimali olarak belirtilmiştir (McNeil, Frey, & Embrechts, 2005). Türk Dil Kurumu (TDK) iktisadi bilimler sözlüğünde (2017) ise risk, iktisadi karar birimlerinin verecekleri kararlar sonucunda ortaya çıkacak getiriye olumsuz etkileyebilecek olayların gerçekleşme olasılığı olarak tanımlanmıştır.

Proje Yönetim Enstitüsü'ne (*Project Management Institute – PMI*) (2000) göre risk, ortaya çıktığında proje hedefine pozitif veya negatif etki eden belirsiz olay veya durumdur.

Proje Yönetim Derneği (*Association for Project Management – APM*) (1997) ise proje başarısına etki edecek belirsiz olay veya durum olarak tanımlamaktadır.

Risk, projenin üçlü sac ayağı olan bütçe, içerik ve süre ile doğrudan ilintilidir.

Riskin iki değişkeni vardır. Olasılık(P), etki (I)

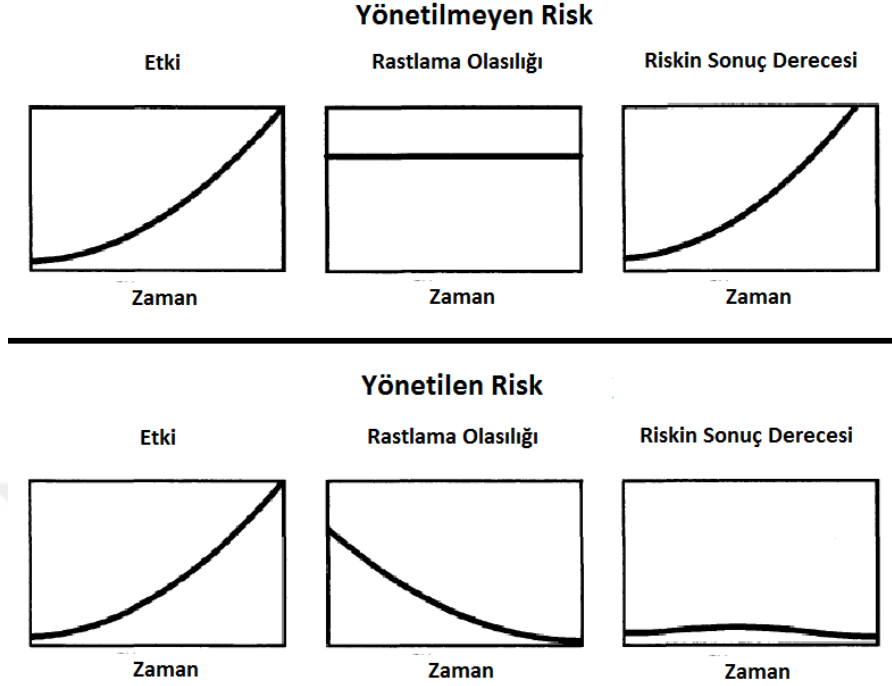
t anında risk $R_{(t)} = \{R1, R2, R3, \dots Rn\}$,

$$R_{(t)} = P_{(t)} \cdot I_{(t)} \quad 0 < P_x < 1 \quad I_{(t)} \neq 0$$

Burada R riski tanımlamaktadır. Kahkönen (2001) bu durumda riskin tersi olan durumu inceleyerek riskin “fırsat” etkisini de belirtir. Etki $I_x > 0$ durumu riski, etki $I_x < 0$ durumu ise fırsat olarak belirtilmiştir. Risk bölümünde tablolarda etkinin gösterildiği karşılık, bu etki tanımına göre belirtilmiştir.

Projede bu çeşitli kombinasyonlara göre risk ve fırsatın önem ve büyüklük dereceleri belirlenmektedir. Risk ve zaman paranın iki karşı yüzü gibidir. Eğer gelecek olmasaydı, risk de olmazdı. Zaman riske evrilir ve risk doğası gereği gelecekteki değerlendirme vaktiyle şekillenir (Bernstein, 1996). Bu, riskin zaman bağımlılığını ortaya koyar. Şekil 4.1’de görüleceği üzere, erken safhada dikkat edilmeyen riskler, sonuçların zaman eğrisi ile birlikte etkisini arttırabilir. Riskin yönetimi ise ortaya çıkma ve etki değerlerine karşı hazırlanmayı sağlar. Hazırlık safhasında

kaybedeceğiniz süre aslında yeri doldurulması zor kayıplardan alıkoyabilmektedir. Bunun için de risk planlanmalı ve tanımlanmalıdır.



Şekil 4.1: Risk yönetim sonuçları (Smith, 1999).

4.1 Risk Yönetimi

Her işin bir uygulayıcısı varsa ve atanmalıysa, aynı durum risk için de yapılmalıdır. Bu da her uygulama planıyla birlikte risk yönetim planının yapılmasını da gerekli kılmaktadır.

Günümüzde proje süreleri ürünlerin de değişim hızının artması ve ürün hayat döngüsünün azalmasıyla, kısalma trendine girmiştir. Kullandığımız telefon, araba, bilgisayar, televizyon gibi ekonomik ömrünü tamamlamadan sırf kullanıcıların keyfi sebepleriyle gelişmiş modelle değiştirdiği ürünler bu gruba örnektir. Ürünün pazara girme hızı kritikləştikçe proje süreleri kısalmakta, bu da risk yönetimini gerekli kıldığı kadar, yeni teknolojiler çalışıldığı için, yeni belirsizliklerin eklenerek ve parametreleri arttırarak süreci zorlaştırmaktadır. Bunun nedeni bir taraftan da reaksiyon için gerekli zamanın kısalmasıdır. Devreye almayı erteletecek maliyet ve kalite riskleri, bu risklerin önceden görülmesini ve aksiyon planlarının geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Projeyi öteleyebilecek konulara odaklanılırsa kapsayıcı risk yönetimi de doğal yoldan süreci takip etmelidir. Verimli risk yönetiminde planlama proaktifliğe bağlıdır.

Proaktiflik eğer kaynak kısıtlı ise, risklerin nerelerde efor ve zaman israfına yol açtığıının belirlenmesini sağlar.

Risk yönetimi yakın çağda modern temelleri atılmış ve “20.yy’ın en önemli inovasyonlarından biri” (Steinherr, 1998) olarak tanımlansa da M.Ö 1800’lü yıllarda uygulandığı, Hammurabi Kanunları çevirilerinden anlaşılmıştır. Kanun mahsul kıtlığında ürün ekimi için alternatif getirilmesini önermiş ve finansal olarak rezerv ayrılması ile risk yönetilmiştir (Dunbar, 2000).

II. Dünya Savaşı’ndan sonra risk yönetimi hakkında kitaplar basılmıştır. İlk kitaplar mühendislik ve teknolojik risk odaklıdır (Mehr & Hedges, 1963). 50’lilerin sonları ve 60’lar itibariyle pazar riski, finansal riskler ile şirket kaynaklı riskler ağırlık kazanmıştır. Sigortacılık ve bankacılık sektörlerinde risk yönetimleri 70’li yıllar itibariyle gelişmiş, risk yönetiminden sorumlu risk yöneticileri atanmıştır (Dionne, 2013). Dış etkilere duyarlı finans sektöründe manipüle eden olayları engellemek ve şirketlerin elinde olmayan risk parametrelerini, kara kuğu (olasılığı çok düşük ama etkisi yüksek) etkilerini düzenlemek için regülasyonlar getirilmiştir. Bu durumun ürün geliştirmede karşılığını ileride inceleyeceğimiz matris yapısındaki kural ve varsayımlar olarak görebiliriz. Ürün geliştirmede risk yönetimi, proje ile ilgili iç ve dış belirsizliklerin hem nitel ve hem de nicel değerlendirmeleri yapılarak tanımlanıp, negatif olanların aktif bir şekilde önlem planlarıyla bertaraf edildiği ya da ortaya çıkmasını engelleyici tedbirlerin alındığı, fırsat yaratabileceklerin değerinin güçlendirildiği çok disiplinli yönetim biçimi olmaktadır. Risk yönetimi için yapılan ölçümlerde de risk olabilir. Ölçme riski verilebilecek örneklerden biridir. Eğer risk tanımı için veri, hatalı toplanır veya işlenirse karşılaşılabilecek sorunlar güvenilirlik problemi oluşur. Bu nedenle veri kaynağından toplanmalı ve sapmayı düşürmek için veri ve örneklem havuzu genişletilmelidir. Tabi bu zamanla yarışan bir ürün geliştirme projesinde, Parkinson yasasındaki gibi zamana yayılarak değil, sistematik ve bir zaman cetveline göre yapılmalıdır. PMBOK (2008) kitabında belirtildiği gibi proje yönetimi beş aşaması ve on alt başlığı vardır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1: Proje yönetim aşamaları (PMBOK, 2008).

	Proje Paydaş Yönetimi	Proje Entegrasyon Yönetimi	Proje Kapsam Yönetimi	Proje Zaman Yönetimi	Proje Maliyet Yönetimi	Proje Kalite Yönetimi	Proje İnsan Kaynağı Yönetimi	Proje İletişim Yönetimi	Proje Risk Yönetimi	Proje Tedarik Yönetimi
Başlatma	Paydaşların belirlenmesi	Proje başlatma belgesinin geliştirilmesi								
Planlama	Paydaş yönetiminin planlanması	Proje yönetimi planının geliştirilmesi	Kapsam yönetiminin planlanması Gereksinimlerin toplanması Kapsamın tanımlanması İş kırılım yapısının oluşturulması	Zaman çizelgesi yönetiminin planlanması Aktivitelerin sıralanması Aktivite kaynaklarının tahminlenmesi Zaman çizelgesinin geliştirilmesi	Maliyetlerin planlanması maliyetlerin tahminlenmesi Bütçenin belirlenmesi	İnsan kaynakları yönetiminin planlanması	İnsan kaynaklarını yönetiminin planlanması	İletişim yönetiminin planlanması	Risk yönetiminin planlanması Risklerin tanımlanması Niteliksel risk analizinin yapılması Risk yanıtlarının planlanması	Tedarik yönetiminin planlanması
Yürütme / Uygulama	Paydaş katılımının yönetilmesi	Proje çalışmasının yönlendirilmesi ve yönetilmesi				Kalite güvencesinin sağlanması	Proje ekibinin oluşturulması Proje ekibinin geliştirilmesi Proje ekibinin yönetilmesi	İletişimin yönetilmesi		Tedariklerin yürütülmesi
Takip ve Kontrol	Paydaş katılımının kontrolü	Proje çalışmasının izlenmesi ve kontrolü Entegre değişiklik kontrolünün gerçekleştirilmesi	Kapsamın onaylanması Kapsamın kontrolü	Zaman çizelge kontrolü	Maliyetlerin kontrolü	Kalitenin kontrolü		İletişimin kontrolü	Risk kontrolü	Tedariklerin kontrolü
Kapatma		Proje ya da fazın kapatılması								Tedariklerin kapatılması

Risk yönetim süreçleri ise planlama, tanımlama, analiz, risk yanıtı ve risk kontrolüdür (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2: Proje risk yönetim aşamaları (PMBOK, 2008).

Proje Risk Yönetimi		
Girdiler	Araçlar ve Teknikler	Çıktılar
Risk Yönetiminin Planlanması		
Proje yönetim planı	Analitik teknikler	Risk yönetim planı
Proje başlatma belgesi	Uzman görüşü	
Paydaş listesi	Toplantılar	
Çevresel işletme faktörleri		
Organizasyonel süreç varlıkları		
Risklerin Tanımlanması		
Risk yönetim planı	Belgelerin gözden geçirilmesi	Risk listesi
Maliyet yönetim planı	Bilgi toplama teknikleri	
Zaman çizelgesi yönetim planı	Kontrol listesi analizi	
Kalite yönetim planı	Varsayım analizi	
İK yönetim planı	Şema çizim teknikleri	
Kapsam temel çizgisi	SWOT analizi	
Aktivite maliyet tahminleri	Uzman görüşü	
Aktivite süre tahminleri		
Paydaş listesi		
Proje belgeleri		
Tedarik belgeleri		
Çevresel işletme faktörleri		
Organizasyonel süreç varlıkları		
Niteliksel Risk Analizinin Yapılması		
Risk yönetim planı	Risk olasılığı ve etkisi değerlendirmesi	Proje belgeleri güncellemeleri
Kapsam temel çizgisi	Olasılık ve etki matrisi	
Risk listesi	Risk veri kalitesi değerlendirmesi	
Çevresel işletme faktörleri	Risk sınıflandırma	
Organizasyonel süreç varlıkları	Risk aciliyeti değerlendirmesi	
	Uzman görüşü	
Niceliksel Risk Analizinin Yapılması		
Risk Yönetim Planı	Veri toplama ve temsil teknikleri	Proje belgeleri güncellemeleri
Maliyet yönetim planı	Niceliksel risk analizi ve modelleme teknikleri	
Zaman çizelgesi yönetim planı	Uzman görüşü	
Risk listesi		
Çevresel işletme faktörleri		
Organizasyonel süreç varlıkları		
Risk Yanıtlarının Planlanması		
Risk yönetim planı	Olumsuz risklere ya da tehditlere yönelik stratejiler	Proje yönetim planı
Risk listesi	Olumlu risklere ya da fırsatlara yönelik stratejiler	Proje belgeleri güncellemeleri
	Beklenmedik durum yanıtı stratejileri	
	Uzman görüşü	
Risklerin Kontrolü		
Proje yönetim planı	Riskin yeniden değerlendirilmesi	Çalışma performans bilgileri
Risk listesi	Risk denetimleri	Proje yönetim planı
Çalışma performans verileri	Varyans ve trend analizi	Proje belgeleri güncellemeleri
Çalışma performans raporları	Teknik performans ölçümü	OSV güncellemeleri
	Yedek analizi	Değişiklik talepleri
	Toplantılar	

4.1.1 Risk planlama

Askeriyede operasyon ve hareketler planlanan tek seferliğe mahsus bir hedef için kaynak harcanan çalışmalardır. II. Dünya Savaşı'nda Amerikan batı cephesi komutanlarından George Patton da risk hakkında şunu söylemiştir. "Hesaplanmış riskler alın. Aceleci olmakla arasında epeyce fark var." Risk yönetiminin ilk adımı proje faaliyetlerinin risk planlama sürecidir. Risk yönetim aktivitelerinde kaynak ve

zaman etkili kullanımı açısından önemlidir. Bu sayede üzerinde anlaşmaya varılan esaslar değerlendirilip, projenin erken safhasında uygulanmalıdır.

Planlama safhası, projenin içeriği, maliyeti, zaman planı, iletişim yönetimi ve çevresel faktörlerini, organizasyonun sahip olduğu tecrübelerini ve karar verme otoritelerini veri kaynağı olarak kullanır.

Risk yönetim planı, proje için risk yönetim aktivitelerinin nasıl yürütüleceğini tanımlar. Daha önce belirtildiği üzere proje risk yönetimi; plan, tanım, analiz, önlem ve takip-kontrol olarak beş başlıkta işlenir (PMBOK, 2008). Fark edileceği üzere risk döngü adımları da proje adımları ile benzerlik göstermektedir. Burada temel fark başlatmanın yerine planın gelmesidir. Planlama rol ve sorumluluklar ile yönetim süreçlerinin olduğu aşamadır. Tanımlama kısmında risk tanımlanır ardından analiz edilir ve buna göre risk yanıt planı çıkarılır. Takip ve kontrol kısımları, uygulama ve takip-kontrol bölümleri ile benzer niteliktedirler. Buradan şu sonucu çıkarabiliriz. Belirsizlik zamandan etkilenen bir değişken, risk yönetimi de proje yönetimi gibi sürekli bir süreçtir.

Etki ölçeği çizelgesi proje başında çıkarılır ve bir eşik eğrisi belirlenir. Yönetim toleransı ile uzman görüşü ile onaylanır, bu sınırla risk eşiği yüksek olan maddeler için proaktif risk planı belirlenir (PMBOK, 2008). Bu plan tek seferlik olmamalıdır. Değişkenler proje süresince değiştikçe güncellenmelidir. Aktif risk yönetimi ile Çizelge 4.3'te sola kayma, eşik değer altına inme ve sorunları çözme sağlanırken, yeni gelen maddelerin de tabloya eklenip takibi sağlanır. Risk yönetiminde anahtar, olasılığın kontrolüdür. Olasılığın düşürülmesi ise ilerlemenin bir göstergesidir (Smith, 1999).

Çizelge 4.3: Risk etki ölçeği (PMBOK, 2008).

Ana Proje Hedeflerinde Riskin Etki Ölçeği Tanımı					
Proje Hedefi	Sayısal Ölçek				
	Çok Düşük / .05	Düşük / .10	Orta Dereceli / .20	Yüksek / .40	Çok Yüksek / .80
Maliyet	Önemsiz maliyet artışı	<%10 maliyet artışı	%10-20 maliyet artışı	%20-40 maliyet artışı	>%40 maliyet artışı
Zaman	Önemsiz zaman artışı	<%5 süre ötelemesi	%5-10 süre ötelemesi	%10-20 süre artışı	>%20 süre artışı
İçerik	İçeriğin hemen hemen farkedilemeyecek düzeyde azalması	İçerikte ikinci alanlar etkilenmiş	Ana içerik alanları etkilenmiş	Proje sponsoru için kabul edilemez içerik düşümü	Proje ürünü etkisiz olarak işlevsiz
Kalite	Kalitenin hemen hemen farkedilemeyecek düzeyde azalması	Sadece çok talep gören uygulamalar etkilenmiş	Kalite düşümü için sponsor onayı gerekli	Proje sponsoru için kabul edilemez kalite düşümü	Proje ürünü etkisiz olarak işlevsiz

Risk planlama safhasında şu kritik temel konular sağlanmış olmalıdır: Risk toleransları belirlenmeli; yöntem, risk şablonları, proje geçmiş verilerine erişim,

organizasyonda dil birliğin ve risk tanımlarının proje hedefleriyle bağlantısı sağlanmalıdır.

4.1.2 Risk tanımlama modelleri

Tabiatı gereği bir veriyi analiz etmeden önce tanımlamak gerekir. Bu konuyla ilgili Niccolo Machiavelli şu cümleyi kurmuştur. “Bilge insan mantıklı bir gerekçeye dayandırarak geleceği görmek isterse bunun için önce geçmişinden ders çıkarmalıdır (Machiavelli, 1532).”

General George Patton (Maxwell, 2002) ise “Savaşta bir karar vermeden önce kaygılarınıza danışın. O an hayal edebileceğiniz her riski dinleyin. Tüm vakaları ve riskleri topladıktan sonra kararınızı verin ve ilerleyin.” demiştir. Her yapılan hata, yanlış ve insan kaygısı değerlendirmeye değer risk yönetimi için bir veri oluşturmaktadır. Risklerin tanımlanması, projeyi etkileyebilecek risklerin belirlenmesi ve belgelenmesi sürecidir. Bu süreç tekrarlıdır, çünkü proje yaşam döngüsünde yeni riskler ileri safhalarda ortaya çıkabilir ya da fark edilebilir.

Proje risk tanımında kullanılan ana veri ve teknikler, önceki projelerden çıkarılmış dersler, çalışan kişi tecrübeleri ve bilgileri, analitik araçlardır. Bunlar, geçmiş proje belgelerinin değerlendirilmesi, bilgi toplama teknikleri, (beyin fırtınası, Delfi tekniği, mülakat ve kök neden analizi) kontrol liste analizi, varsayım analizi, diyagram teknikleri, SWOT analizi ve uzman görüşü olarak belirtilebilir. Tanımlarda yeni ve farklı riskler ile karşılaşılırsa bunlar da analiz için kaydedilir. Aşağıda yöneticiler tarafından sık kullanılan üç analitik araç özetlenmiştir.

SWOT Analizi, projede organizasyonun, sürecin, tekniğin, çalışanların ya da durumların güçlü (*Strengths*) ve zayıf (*Weaknesses*) yönlerini belirlemek, iç ve dış çevreden kaynaklanan fırsat (*Opportunities*) ve tehditleri (*Threats*) saptamak için kullanılan 1960’larda Harvard Üniversitesi profesörleri tarafından geliştirilmiş stratejik bir tekniktir.

Kısıt ve varsayımlar analizi, kısıt ve varsayımların proje adımları ve iş kırılım yapısı ile ilişkilendirilerek projeye etkisini sorgulamakta ve ana risklerin tanımlanmasını sağlamaktadır. Proje kabul ve varsayımları belirlenmişse uygulanması oldukça kolaydır ancak varsayımlar alınan kararın gelecekteki belirsizliğidir. Varsayımlar olaylarla ilgili kanılardan yola çıkarak belirlendiği için potansiyel risktir ve eğer yanlışsa tehdit oluşturmaktadır (Hillson, 2002). Kısıtlar ise proje hedefleri için belirlenen limit olduğu için kısıtlarla oynayarak fırsatlar oluşturulabilir. Kısaca analiz, objektif verinin sübjektif karar ile uygulamasıdır (Bartlett, 2004).

Güç alan analizi, stratejik karar vermede kullanılan proje hedeflerine pozitif ve negatif etkileri tanımlamak için kullanılan bir etki diyagram analizidir (Hillson, 2002). Sürükleyici ve kısıtlayıcı güçlerin odak ve hedeflere etkisi tablo üzerinde belirlenir. Risk tanımındaki başarı faktörleri proje hedefleriyle bağlantılı, sıklıkla tekrar edilen, çalışır risk bildirim yapısı ile gelen güvenilir kaynak ve doğrulamalardır.

Risk tanımları sonucunda nitel ve nicel analiz için veri oluşturulmaktadır.

4.1.3 Risk analizi

Risk tanımından sonra gelen analiz kısmı ise nitel ve nicel risk analizleri olarak iki başlık altında toplanır (PMBOK, 2008).

1. Nitel risk analiz: Risklerin olasılığı ve etkisinin değerlendirilmesi ve birleştirilmesi için önceliklendirme sürecidir. Organizasyonlar proje performansını artırmak için yüksek öncelikli risklere odaklanabilirler.

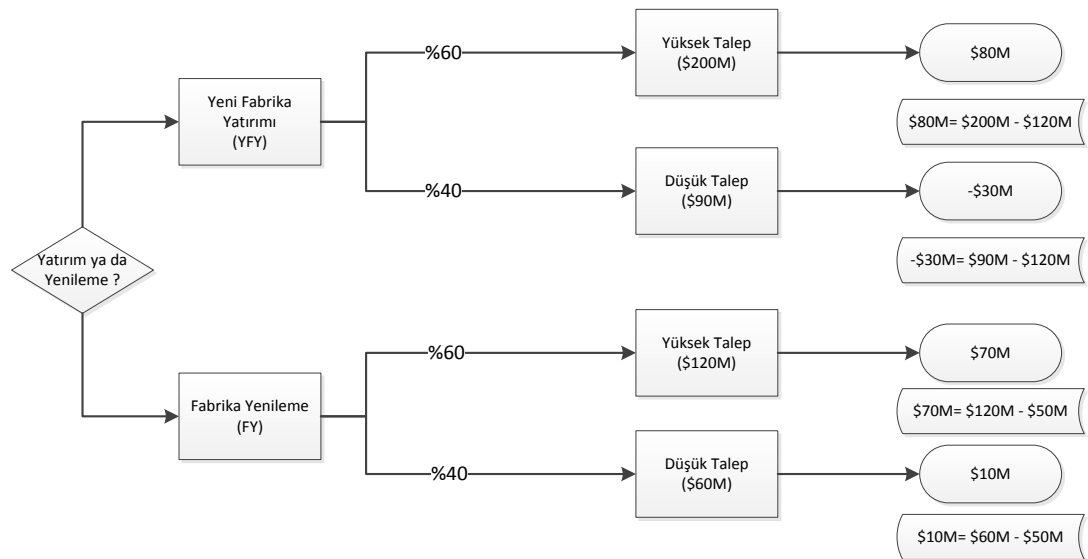
Proje, başlatma, planlama, uygulama, takip-kontrol ve kapatma olmak üzere beş süreç grubunda incelenirken, PMI'ya göre proje süreçleri beş kısıt içinde dengelenmektedir. Bunlar kapsam (içerik), kalite, zaman planı, bütçe ve kaynaktır. Bu kısıtlar belli hedeflere yönelik oluşturulmuşlardır ve birbirleri ile bağlantılıdır. Nitel analiz hızlı ve risk yanıtları için öncelik belirlemede, maliyete etki eden bir bakıştır. Uygulama için risk verileri, yönetim planı, proje hedefi, geçmiş risk veri tabanı ve benzer projelerden faydalanılmaktadır.

PMI'ya (PMBOK, 2008) göre nitel analizde kullanılan araçlar risk olasılık değerlendirmesi, olasılık ve etki matrisi, risk veri kalite değerlendirmesi, risk kategorizasyonu, risk aciliyeti ve uzman kararıdır. Risk olasılık değerlendirmesi, tanımlanmış risklerin toplantı ve görüşmelerde değerlendirilmesidir. Risk ve etkileri, risk yönetim planındaki tanıma göre derecelendirilir. Olasılık ve etki matrisinde, her risk ortaya çıkma olasılığı ve hedefe etkisine göre derecelendirilir. Belirlenen eşik değerlere göre yüksek, orta, düşük olarak derecelendirilir. Risk veri kalite değerlendirilmesi nitel analizin güvenilir olması için kesin ve tarafsız veriye ihtiyaç vardır. Analiz risk verisinin risk yönetimi için uygunluğunu değerlendirir. Eğer veri kalitesi kabul edilebilir değilse daha yüksek kalitede (belirsizliği düşük) veri gerekir. Risk kategorileştirme, risk kaynağına göre, projede etki ettiği iş döküm yapısı bölgesine göre veya proje fazına göre kategorilendirilir. Riskleri gruplamak etkili önlemeyi geliştirir. Risk aciliyeti, risk sıralaması ve önem derecesi kısa vadeli önlem gerektiren konularda kullanılan nitel bir değerlendirmedir. Son olarak uzman kararı

ise, olasılık ve etki matrisine göre uzman görüşlerinin analizidir. Çalıştaylar, mülakat görüşmeleri ve toplantılarda spesifik risk konuları masaya yatırılır.

2. Nicel analizi: Tüm proje hedefleri için tanımlanan riskin sayısal analiz sürecidir. Nitel analizin önceliklendirdiği projenin taleplerine, potansiyel ve gerçek anlamda etki eden risklere uygulanır. Risklere teker teker veya toplu etkisine bakar. Uygulama için risk verileri, yönetim planı, bütçe ve zaman planı, geçmiş risk veri tabanı ve benzer projelerden faydalanır (PMBOK, 2008).

Nicel risk analiz ve modelleme tekniklerine örnek olarak, duyarlılık analizi, finansal anlamda beklenen parasal değer analizi, hata modu etki ve kritik analizi (*Failure Mode, Effects and Critically Analysis – FMCEA*), hata modu etki analizi (*Failure Mode Effects Analysis – FMEA*) ve karar ağacı diyagramları kullanılır. FMEA ve FMCEA özellikle dizayn ve ürün geliştirmede kullanılan nicel bir tekniktir. FMEA riski tanımlamak, etkilerini belirlemek için kullanılırken, FMCEA ise riski kritik eder ve riskleri olasılık ve kritikliğine göre sıralar. Duyarlılık analizinde amaç, hangi riskin projeye en yüksek potansiyel etkiyi yaptığını belirlemektir. Bunun için de risklerin etki ettiği parametrelerin değişkenleri belirlenir. Bir değişken değiştirilirken diğer değişkenler sabit tutularak o değişkene etki eden risklerin ortaya çıkardıkları incelenir. Parasal değer analizi, olasılıkların olduğu senaryolarda ortalama çıktı değerini olasılık öngörülerine göre hesaplar ki bu öngörüler nitel analizde belirlenmiştir. Şekil 4.2’de PMI kitabından (PMBOK, 2008) alınan örnek bir karar ağacı görülmektedir. Bu vakada ilgili şirket, talep artışının yaşandığı bir ortamda yeni fabrika yatırımı ile verimliliğin arttırılacağı fabrika yenileme kararı arasında kalmıştır.



Şekil 4.2: Karar ağacı örneği.

Pazar riskinin olduğu bu finansal yükte, yeni fabrika yatırımı 120M USD iken fabrika yenileme 50M USD'dir. Bu yatırımın dönüşü için kapasiteyi doldurucu üretim gerekmektedir. İlk seçimde yapıldığında iki koşul ile karşılaşılr. %60 olasılıkla yüksek pazar talebi beklenmektedir. Bu 200M USD'lik bir geri dönüş demektir. %40'lık düşük pazar talebi gerçekleşirse ise 90M USD'lik bir geri dönüş beklenmektedir. Bunu beklenen parasal değere çevrilecek olursa, ilk koşulda 80M'luk bir kazanç, ikinci koşulda ise 30M'luk bir zarar öngörüsü hesaplanmıştır.

Fabrika yenileme söz konusu olursa ise bu durum yapılan hesaplarla yüksek talepte 70M'luk kazanç, düşük talepte ise 10M'luk bir kazanç öngörüsü getirmektedir.

Parasal değeri analizinde tüm senaryoların beklenen değerlerine bakılarak seçim yapılır. Olasılıklar kullanılarak işleme döküldüğünde yeni fabrika yatırımında 36M USD'lik bir değeri öngörülürken, fabrika yenilemede bu 46M USD'lik bir değere tekabül eder. Riskler olasılığa dökölüp hesaplandığında karar vermeye veya risk yanıt planı için nicel analizin çalışılmasına uygun hale gelir :

$$36M USD = 0.6 \times (80M USD) + 0.4 \times (-30M USD)$$

$$46M USD = 0.6 \times (70M USD) + 0.4 \times (10M USD)$$

Risk analizinde nitel bakış ile riskler önceliklendirilir, nitel risk trendleri belirlenir. Nicel analiz ile olasılıklar değerlendirilir, nicel analiz sonuçlarına göre trendler tekrar incelenir. Analiz safhasından sonra önleme planı safhasına geçilir.

4.1.4 Risk yanıt

Risk yanıtlarının planlanması, proje hedeflerinin karşı karşıya olduğu tehditleri azaltmaya, fırsatları ise geliştirmeye yönelik eylemler sürecidir. Risk yönetim planlama safhasında projede çalışanların rol ve sorumlulukları, zaman planları, risk eşik değerleri belirlenip yüksek, orta ve düşük olarak değerlendirir. Bu verilere göre tanımlanarak özel risk yanıt planları belirlenir. Nicel analizde negatif etkili tehditlere dört strateji belirlenmiştir. Bunlar, önleme, aktarım, hafifletme ve kabullenmedir.

Önlemede amaç proje yönetim planını değiştirerek tehdidi ortadan kaldırmaktır. Proje yöneticisi risk etkisinden kaçmak için hedefi etkilerden izole edebilir ya da tehlike altındaysa değiştirebilir. En radikal karar ise projenin komple kapatılmasıdır. Aktarımda risk, onu yönetip çözebilecek üçüncü bir gruba aktarılır. Hafifletme ise, erken önlem planı ile risk olasılığının düşürülmesidir. Süreç karmaşıklığı azaltılıp, varsayım ve belirsizlikleri yok edici tedbirler alınmalıdır. Bu bir ürün geliştirme projesi ise test sayısı artırılabilir, prototip ara ürün üretilebilir ya da ön veri toplama

yapılabilir. Olasılığı düşüremediği noktalarda riskin bağlı olduğu yerleri hedef alır ve yedekleme ile risk şiddetini düşürür. Kabul, aksiyon alınmayan bir stratejidir. Burada iki farklı yaklaşım söz konusudur. Bunlar hiçbir şey yapmadan planı korumak veya beklenmedik durum için tampon zaman, para ve ek kaynak eklemektir.

Pozitif etkili fırsatlarda ise yine dört strateji vardı. Bunlar faydalanma, paylaşım, geliştirme ve kabuldür. Faydalanmada, amaç olan strateji olumlu risk belirsizliğinin gerçekleşmesinin sağlanması, olumlu fırsatın ortaya çıkartılmasıdır. En yetenekli kaynakların zaman ve maliyet azaltma üzerine çalıştırılması sağlanır. Paylaşma, fırsatı yakalayıp maksimum faydayı sağlayacak üçüncü gruba sorumluluğu vermektir.

Geliştirmede, pozitif etkinin artırılması amaçlanır ve bu strateji tanımlanan etken parametreleri mümkün olan en büyük dereceye yükselterek ortaya çıkma ihtimalini arttırmak üstüne kurulmuştur. Kabulde ise bu sefer avantajı kabul edip, fazladan aktif bir hamlede bulunulmadan gerçekleşmesi beklenmektedir.

Önlem planları, durumsallık (tesadüf) olayların gerçekleşmesi düşünülerek, kalan riskler ve ikincil riskler için gerekli rezervin belirlenmesini sağlar (PMBOK, 2008).

4.1.5 Risk önlem stratejileri

Ekibin önlem planı önden tanımlı durumlar içindir ancak yeterli uyarının alınmadığı planlar için durumsallık (tesadüf) planı yapılmalı, ara aşamalar ve yüksek öncelikli tedarikçiler belirlenip takip edilmelidir.

İş ölçeği ve iş süreçlerinin artmasıyla karmaşıklık artar. Durumsallık (*contingency*) kavramı ise bu nedenle faaliyet ve maliyeti artırır. Karmaşıklığın artması projede sadece çalışan sayısını, bu da iletişim maliyetlerini arttıracaktır. (Metcalf Kuralı) Bu durum iletişim kaynak düğümü artması, çalışan sirkülasyonu ile birleşerek, belirsizlikleri ve dolayısıyla risk getirecektir.

Durumsallık teorisi 60'lı ve 70'li yıllarda gelişmiş ve amacı B Planını arka planda tutmak olmuş, başarısızın yerini yeni planla doldurmuştur.

Belirsizlik artışı daha fazla bilgi ve iletişim koordinasyonu gerektirir. Bu da proje grubunun büyümesi anlamına gelir. Ancak projenin merkezi yönetimini zorlaştırır. Belirsizliği azaltmanın yolu aynı işi tekrarlamaktır. İş sürecinde varyansı kaldırmaktır. Bu durum ise ürün geliştirmeye ters bir durumdur çünkü inovasyonu düşürür.

Organizasyon büyümesi karmaşıklığı arttıracığı için, organizasyon matrisinin de bölünme adaptasyonuna neden olur. Bu durumun ürün geliştirme proje karşılığı ise

modüler yapı ve dizayndır. Yapısal bağımlılık ve dizayn matrisleri ile olumsuzluk kavramındaki problemin çözümüne ileriki safhalarda değinilecektir.

Literatürden risk yanıt yaklaşımlarına baktığımızda risk yanıt yaklaşımları dört başlık altında değerlendirilmektedir (Zhang & Fan, 2013). Bunlar bölgesel, ödünleşim/dengeleme, iş döküm yapısı ve optimizasyon modelleridir. Literatürde bölgesel yaklaşımda ilgili bulunan seçili iki kriter düşey ve yatay eksenlerde haritalanır. Bu iki kriter ağırlıklı ihtimal dahilinde olan dolaylı ve çevresel proje riskleridir (Datta & Mukherjee, 2001). Kapsamı ise projeye özel ölçülebilir ve kontrol edilebilir risklerdir (Miller & Lessard, 2001). İki kriter farklı değerlere göre iki eksenli grafikte çoklu bölgeler oluşturur. Böylece uygun strateji grafik bölgelerine göre seçilir. İki değişken kriter ile oluşturulmuş bu iki boyutlu bölgesel yaklaşım riske müdahale için tahmin stratejilerinde kullanılır (Hatefi, Seyedhoseini, & Noori, 2007). Bu yöntemin sınırı iki kriter üzerinden risk değerlendirmesi yapmasıdır.

İkinci yaklaşım ödünleşim yaklaşımıdır. Bu yaklaşım projenin hedef gerekliliklerini ve yöneticilerin maliyet, başarı olasılığı, iş gücü kaybı, süre, kalite gibi konulardaki öznel seçimlerini ele alan bir risk müdahale yöntemidir. Burada risk stratejileri sınır kuralına göre öncelik etkinliğine göre (Kujawski, 2002), Pareto analizine (nedenlerin %20'sinin sonucun %80'ine etkisi) göre veya karar vericinin seçimine göre belirlenir (Klein, 1993). Ancak bu yaklaşımlar da iki faktörü dikkate alır ya da bazı nitel konularda ödünler verir.

İş kırılım yapısı yaklaşımı tek tabanlı risk yönetimi ve proje yönetim süreci yaklaşımı olarak addedilir. Risk yanıt stratejisi proje iş döküm yapısındaki aktiviteler üzerindendir. Aktivite analiz edildiğinde risk belirlenmişse aktivite ile alakalı önleme yöntemleri uygulanır. Ancak bu düzende riske bakış açısı tek boyutludur. Bu nedenle risk yanıtının işe yarayıp yaramayacağı belirsizdir (Zhang & Fan, 2013).

Optimizasyon modeli, otomotivin ürün geliştirmesinde de uygulanan, sorunu çözmek için seçilen risk yanıtı stratejisini matematiksel modele dökme yaklaşımıdır. Bu modelde genel olarak hedef sadece risk yanıtını sağlamak değil bunu kısıtlara bağlı olarak minimum maliyetle gerçekleştirmektir. Bunun için önleme kombinasyonları üzerinden çalışılır. Risklerin sonucunda kabul edilebilir kayıplar olabilir ve bu durum bütçeye bakılarak kararlaştırılır (Ben-David & Raz, 2001). Analiz odakları özetlenirse Çizelge 4.4'teki gibi uyarlanmıştır.

Çizelge 4.4: Risk yaklaşım/analiz odağı (Zhang & Fan, 2013'den uyarlanmıştır).

Risk Yaklaşımı	Analiz Odağı	Yazar
Bölgesel Yaklaşım	Projeye etkiyen çevresel ve dolaylı risklere bütünsel bakış	Datta ve Mukherjee (2001)
	Kontrol edilebilir risklerin boyutu ve projeye özel risklerin derecelendirilmesi	Miller ve Lessard (2001)
Ödünleşim / Dengeleme Yaklaşımı	Verilen proje bütçesi ile başarı olasılığı ve başarı için proje bütçe gereksinimi	Kujawski (2002)
	Risk önlem strateji maliyeti ve strateji ile ilişkili iş gücü kaybı oranı	Haimes (2005)
	Proje süresine olan belirsizlik, maliyet ve kalite	Klein (1993)
Optimizasyon Model Yaklaşımı	Proje içeriği, risk olayları ve risk düşürme aksiyonları	Ben-David and Raz (2001)
	Risk hafifletme için iş paketleri arasındaki etkileşimin incelenmesi	Ben-David et al. (2002)

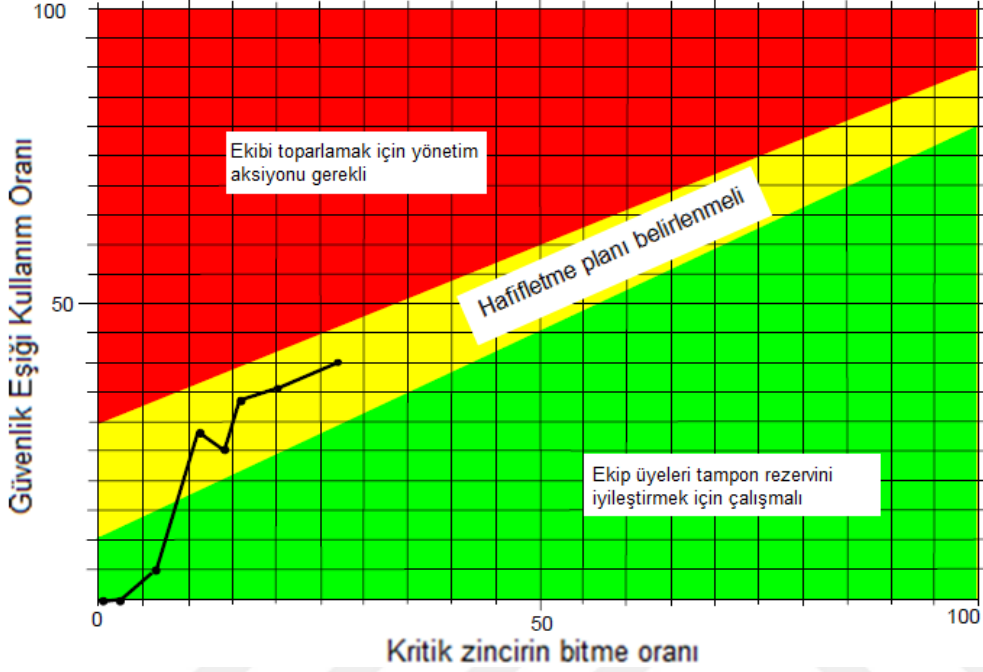
4.1.6 Risk takip ve kontrolü

Risk takip ve kontrolü, önlem planı eyleme döküldükten sonra proje sağlığı için büyük önem taşımaktadır. Proaktif yaklaşımların reaktif yaklaşımlara göre daha az yıkıcı etkiyle karşılandığı projelerde, riskler ara aşamalarda tekrar değerlendirilip varsayımlara uygunluğu Şekil 4.3'teki gibi takip edilir. Şekilde kullanılan yöntem kritik zincir proje yönetim metodudur. Metotta proje yöneticisi tarafından yönetilen rezerv, proje paydaşlarıyla kullanım oranına göre görüşülmektedir. Yeşil bölge aslında tamponun zamana göre optimumda kullanılan kısmıdır. Bu durumda ekip hep yeşil bölgede kalmak isteyeceği için, fırsatlardan ve geliştirme yanıtları ile etki etmeye çalışılmalıdır. Öte yandan sarı bölgede ise yeşil bölgeye geçiş için risklerde hafifletme aksiyonları alınırken, kırmızı bölgeye girildiğinde tüm paydaşlardan projenin sağlığı için risk önlem planlarının uygulanması gerekirse risklerin aktarılması istenmektedir. En kötü durumda ise risk kabul edilip rezerv eklenerek projenin etkilenmesi kabul edilmektedir. Rapor ve denetimlerle rutin proje değerlendirmeleri risk durumunun güncel kalmasını sağlar. Risk takip ve kontrolü, plan, önlem planı, iletişim planı, ek risk tanım ve analizleri ile beslenir. Değerlendirme tekniklerinde kazanılan değer analizi ile bütçe ve takvimde potansiyel sapmalar tahmin edilir. Bunun dışında yeniden risk değerlendirmesi, risk denetimleri, teknik performans metrikleri ve rezerv analizi kullanılır. Bu safhaya göre planlardaki son durumlar güncellenmektedir (PMBOK, 2008).

Rezerv analizi projenin durumsallık değerlerine göre projeye tampon olarak eklenmiş zaman ve finansal provizyonun takibidir.

Tez çalışmasındaki yöntem, risk yönetim aşamaları dışına çıkmadan, aşamaların uygulama keskinliğini arttıracak şekilde, şemayla görsel bir matris ortaya koymaktadır. Vaka çalışma uygulamasında, tanımlamada Delfi tekniği, nicel

analizde uzman görüşü alınmıştır. Risk yanıtlarından riskler için önleme ve hafifletme, fırsatlar için faydalanma ve geliştirme kullanılmıştır. Risk önlem stratejilerinden ise, bölgesel yaklaşım ve optimizasyon (iyileştirme) model yaklaşımları kullanılmıştır. Takip ve kontrol ise matrisin sürekli güncellenmesi ile şema üzerinden takip edilebilecektir.



Şekil 4.3: Tampon rezerv takip grafiği (Marris, 2016).

4.2 Risk Bağımlılığı

Riskler, aynı kaynakları gibi değişken etkilere sahiptir. Bir riskin gerçekleşmesi ya da etkisi bağıl olarak farklı bir aktivite, organizasyon ya da bileşeni etkileyebilmektedir. Risk yönetiminde bu durumun da göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Klasik risk analizlerini incelediğimizde riskler arasındaki bağımlılığı iyi adresleyemediği fark edilmiştir. Risk tanımında belirlenen değerlerin analizini fırsat ve tehdit etkilerine de bakılarak bağımsız değerlendirildiği, değişken sabitleyerek bu ölçümler ve ardından gerekli güncellemelerin ilerleyen safhalarda ortaya çıkan yeni karar anlarında yapılmaya mecbur kılındığı görülmektedir. Ancak risk yönetimi aynı proje yönetimi gibi değişkenlerden etkilenen bir yapıdır. Bu durum, belirsizliklerin tamamen ortaya çıkarılamamasına bağlanabilir. Belirsizlikler, projedeki değişken sayısı ile doğru orantılıdır. Değişken sayısının artışı belirsizlik sayısını, o da mutlaka yeni riskleri ve ortaya çıkma ihtimalini arttıracaktır. Değişken sayısı artışı ile bağımlı veya bağımsız aktivite sayısında da artış görülebilir.

Faaliyet esaslı proje yönetiminde birbirine bağımlı faaliyetler aslında kendi risklerini de birbirine bağımlı hale getirirler. Buna risk bağımlılığı denmektedir.

Risklerin takibi ve raporlanmasındaki asıl amaç “Tanımlanan risklerde herhangi bir değişiklik oldu mu?” “Uygulanan planların etkisi ne oldu?” “Uygulama performansı nedir?” gibi sorulara cevap almaktır. Hem bunu raporlamak, hem de kök neden analizi için Paynter çizelgesi uygulanabilir.

Risk kontrolü ise yapılan takip ve raporlamaya göre yeniden analiz etme, alternatif risk yanıt planları oluşturmayı periyodik olarak sağlanması ve uygun kararları risk yanıtlarıyla uygulanmasıdır.

Proje riskleri her zaman bağımsız değildir. Projelerde nasıl aktiviteler bağımlı oluyorsa bu aktivitelerin risk etkileri de birbirine bağımlı olur. Bu durum da risk bağımlılığını adresleme ihtiyacını ortaya çıkarır. Bununla ilgili bağımlılık analiz modelleri oluşturulmuştur. En bilinenleri olay ve hata ağacı analizi, Markov analizi, Bayes ağları ve hedef risk modelidir (Kwan & Leung, 2011).

4.2.1 Hata ağacı analizi

1962’de Bell laboratuvarlarında kıtalararası balistik füze projesinde kullanılmak üzere oluşturulmuş risk analiz metodudur (Ericson, 1999). Bu model istenmeyen, önceden tanımlanmış olayların ihtimal dahilindeki nedenlerini ortaya koyan grafiksel bir gösterimdir. Sistem ve sistem bileşenleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Aven, 1992). Riski azaltacak yolları görselleştirip belirlemek, sistemlerin nasıl hata vereceğini anlamak için tümdengelim mantığı ile çalışan bir analizdir.

Analiz sürecinde önce istenmeyen durum tanımlanır. Olayın birincil nedenleri çözülür. Çözüm basit nedenler ortaya çıkana kadar devam eder. Bu sırada çizilen hata ağacı ise ilişkileri gösterir. Model sonuçlanmış durumda hata analizi ya da başa gelebilecek olası senaryoların sebeplerini araştırır. Bu sebeple yöntem “geriye doğru düşünme” tekniği olarak bilinmektedir. Bu teknikle sistemdeki zayıflıklar belirlenebilmekte, tasarımın güvenilirliği ve güvenliği değerlendirilebilmekte, insan hataları tanımlanabilmekte, hataların önceliklendirilmesi sağlanabilmekte ve sisteme verimli geliştirmeler önerilebilmektedir.

Ancak, uzun süreli ve yetenekli analiste ihtiyaç duyan, her başlatıcı hatayı ve döngüsel olayları yakalayamayan, tek vakaya bağımlı bir metottur.

4.2.2 Olay ağacı analizi

İstenmeyen bir olayın olası neticelerini gösteren bir metottur. Hata ağacı analiz modelinin büyük olmasından ötürü olay bazında olasılıkların incelendiği benzer bir grafik gösterimdir.

Metotta önce sistem ardından kaza senaryoları tanımlanır. Bu durumu başlatıcı olaylardan orta dereceli olaylara kadar diyagram çizilir, olasılıklar hesaplanır ve değerlendirilir. Ardından risk yanıtları belirlenip, belgelendirilir. Neden sonuç ilişkisi görselleştirilmiş, kompleks sistemler anlaşılır ve değerlendirilebilir hale getirilmiştir.

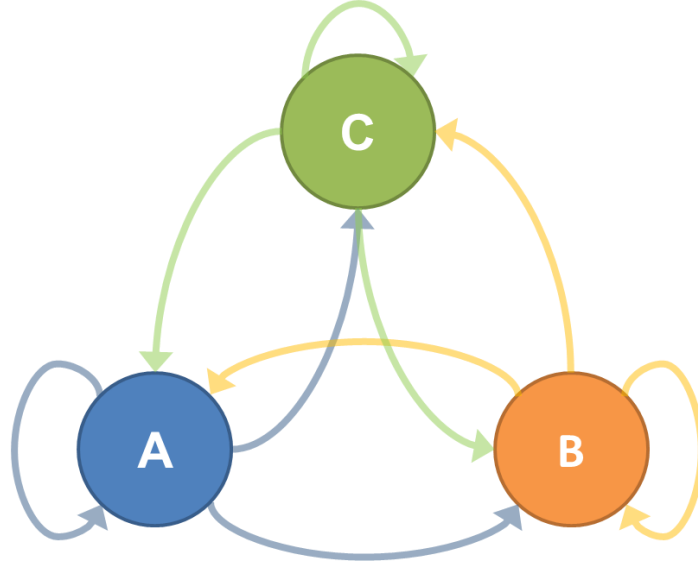
Ancak sadece bir olay için yapılabilir, analiste bağımlıdır. Sistem bağıntı yapısı zor anlaşılan bir metottur. Uygulama için tecrübe ve eğitim gerekir. Her yol için kaybın düzeyi, daha fazla analiz yapılmadan ayırt edilemeyebilir (Ericson C. A., 2005). Olay ağacı ve hata ağacı neden sonuç içerisinde ilişkiyi belirtirken en büyük handikaplarından biri de döngüyü göstermemesidir. Bu durum kabul edilebilir risk tanımı altında riski devam ettirmektedir.

4.2.3 Markov analizi

Sistemin güvenilirliğini ve uygunluğunu ölçen bir matematiksel metottur (IEC 61165, 2006). Markov analizinde her durumun öz kendi halinde kalma ve bağlı olduğu diğer aktivitelere gitme eğilimi olasılık üzerinden belirtilmektedir. Örneğin A,B,C üç farklı aktivite olsun ve bu aktivitelere A ve B birbiri ile bağımlı C ise B'ye bağımlı olsun. Bunu bağımlılık karşılaştırmasında çizerken durum $A \leftrightarrow B \rightarrow C$ şeklinde gösterilmektedir. (A ve B karşılıklı olarak bağımlı, C ise B'ye bağımlı durumdadır.

Şekil 4.4'te görüldüğü üzere sistemde birbirleriyle etkileşimde olan üçlü iş örgüsünde 9 tane yol ve bunların olasılığı vardır. Bu durum döngünün de hesaba katıldığı bir risk analizidir. Çıkan olasılıklara göre güvenilirlik ve uygunluk test edilir.

Markov bu durumu tek ve çok yönlü geçiş dışında, kendi konumunda kalmayı da ekleyerek proje aktivitelerinde tekrarlanan iş etkisini de ortaya koymuştur.



Şekil 4.4: Markov bağımlılık yaklaşımı.

4.2.4 Bayes ağı

Birbiriyle koşulsal bağımlılıklara sahip rassal değişkenleri dönüşsüz yani döngü belirtmeden ifade eder (Kwan & Leung, 2011). Değişkenler arasındaki olasılıksal bağımlılığı niteliksel olarak düğümler arasındaki neden-sonuç ilişkisiyle gösterir. Bayes ağları uzman görüşünün olduğu alanlardaki belirsizlik durumlarını gösterir. Nitel olarak incelediğinde olaylar arasında neden/etki bağlantısını, nicel olarak baktığında da çevredeki komşu maddelere dağılımı ortaya koyar.

4.2.5 Hedef risk modeli

Tropos hedef modelinin genişletilmiş halidir olarak tanımlanmaktadır. Bir hedefin diğer hedeflere etkisinin modellenmesini yapar. Hedef, olay ve uygulama fazlarından oluşur. Hedefler, alt hedeflere ayrılarak oluşturulan bir ağda hedefi etkileyen sağlayıcılar tespit edilir, tanımlanır ve analiz edilir.

Konu ile ilgili özet Çizelge 4.5'te belirtilmiştir (Kwan & Leung, 2011).

Çizelge 4.5: Bağımlılık analiz teknikleri (Kwan & Leung, 2011).

Değişik Bağımlılık Analiz Modellerinin Özetleri		
Model ve Teknikler	Karakteristik	Uygulamalar
Karar Ağacı Analizi	-Döngüsüz ağaç yapısı -Nitel ve nicel analiz	İstenmeyen durumların muhtemel nedenlerinin analizi
Markov Analizi	-Matematiksel metot -Yönetilen grafik yapısı	Sistemin güvenilirlik ve uygulunun analizi
Bayes Ağı	-Nitel ve nicel analizler -Yönetilen döngüsüz grafik	Farklı bileşenler arasındaki bağımlılığın açık şekilde ortaya konarak belirsizliklerin yönetimi
Hedef Risk Modeli	-Yönetilen grafik yapısı -Nitel analiz	Paydaş hedefleri arasındaki riskin bağıntıları ile modellenmesi

Belirtilen tekniklerin tamamı koşullu olasılık kaynaklı risklerin çözümü için çalışmaktadır. Koşullu olasılığın oluşturduğu risk sonraki alt başlıkta incelenecektir. Tezin yönteminde detaylandırılacak olan teknik model ise literatürde belirtilen bağımlılık analiz modellerinin açıklarını kapamayı hedeflemektedir.

4.3 Ardıl (*Posterior*) Risk

Yukarıda anlatılan modeller bağımlılık ilişkilerini farklı disiplinlerle sağlamaya çalışmıştır ama hiçbirisi, döngüsel yapıyı, hem nitel hem nicel analizi ve entegre risk yönetim tekniklerini bir arada sağlayamamaktadır.

Riskin bağımlılığının gösterimine gelinirse, tanımlanmış A ve B aktivitelerinin riskleri R_a ve R_b olarak tanımlanmış olsun. Eğer R_a 'nın ortaya çıkması R_b 'yi etkiliyorsa $R_a \rightarrow R_b$ 'ye şeklinde gösterilir. R_b 'nin R_a ile risk bağımlılığı ilişkisi olduğunu gösterilmektedir. R_b bağımlı risk ya da R_a 'nın risk ardılı iken, R_a ise R_b 'nin risk öncülüdür. Buradaki ilişki önceki anlatımlarda belirtildiği gibi A aktivitesinden B aktivitesine ya da hem A hem de B karşılıklı etkileşimde olabilmektedir. $R_b = P_b \times I_b$ olarak belirtilebiliyordu, lakin bir riskin gerçekleşmesinin R_a diğer bağımlı olan riske ve bileşenlerine (P_b, I_b) de etkisi mevcuttur. Bu riske “ardıl risk” denir (Kwan & Leung, 2011).

R_b üzerinden bu etki okunursa, $R_b^+ > R_b$ ise bağımlılık etkisi olumsuz, $R_b^+ < R_b$ ise bağımlılık etkisi olumludur. Burada R_b^+ ardıl risktir. $|R_b - R_b^+|$ = bağımlılık etki derecesidir. R_a risk öncülü, R_b üzerinde $R_a \rightarrow R_b$ 'ye olacak şekilde etki risk bağımlılık değeri (D) olan D_{ab} veya çarpan (DM) olarak DM_{ab} bırakır. Bu da aşağıdaki gibi gösterilir.

$$R_b^{+a} = f(P_b + a, I_b) = f(P_b + D_{ab}, I_b) \text{ ya da}$$

$$R_b^{+a} = f(P_b DM_{ab}, I_b)$$

Burada R_b^{+a} , R_b 'nin risk ardılıdır. Projedeki risk bağımlılığını göstermek içinse risk bağımlılık çizgesi (RBÇ) kullanılır. Bu yönlü tanımda düğümler riskleri bağıntılar ise riskler arasındaki bağımlılığı temsil eder. İki risk bağımlılık zinciri söz konusudur. Bunlar ardıl bağımlılık zinciri (ABZ) ve öncül bağımlılık zinciridir (ÖBZ). RBÇ'deki belirli düğümün tüm ardıl ve öncüllerinin saptanmasına yardımcı olabilirler. ABZ ve ÖBZ kısmi risklerin ardıl ve öncüllerini gösteren yönlü döngüsüz çizgelerdir.

RBÇ ise t anındaki proje risk bağımlılık profilini (N, D) fonksiyonları ile gösterir. N risk bağımlılığına sahip düğüm sayısıyken, D düğümler arasındaki risk bağımlılığı ilişkisini gösteren bağıntılardır.

Risk Ardıl Sayısı (*Number of Direct Successor*), R_x riski gerçekleştiğinde etkilenen toplam riskler iken, Risk Öncül Sayısı (*Number of Direct Predecessor*) ise R_x riskini etkileyen toplam risklerdir.

Gösterimi ise, $NDS(R_x) = |Succ(R_x)|$; $NDP(R_x) = |Pred(R_x)|$ şeklindedir. Bir bağımsız projede toplam risk öncül sayısı ve toplam risk ardıl sayısı birbirine eşittir.

Bağımlılıkları tanımlamak için NDS ve NDP metrik, ardıl risk sayıları ve öncül risk sayılarıdır. Bu ikili kısmi risk bağımlılığını iki farklı bağıl noktadan ölçer. Toplam risk bağımlılık sayımı (*Total Risk Dependency Count*) ve risk bağımlılık endeksi (*Risk Dependency Index*) ise projenin bağımlılık seviyesini ölçer (Kwan & Leung, 2011).

Tüm projedeki riskleri t anında, Z alalım.

$$TRDC(Z) = \sum_{i=1}^n NDS(R_i) = \sum_{i=1}^n NDP(R_i)$$

$$RDI(Z) = \frac{TRDC(Z)}{n(n-1)}$$

Burada $TRDC$ $0 \leq TRDC < (n(n-1))$ ve $R(t) = \{R_1, R_2, R_3, \dots, R_n\}$. Bu durum birden fazla paralel proje varsa buradaki riskler diğer projelere etki ediyorsa değişecektir. Projeye has etkilenen risk sayısı ve etkileyen risk sayılarına bakıldığında sayı aynı çıkmayacak ve etkilenen risk sayısı fazla çıkacaktır. Ancak tüm projeler tek gibi düşünülüp tüm riskler kapsama alınırsa yine bu toplamalar eşitliği aynı kalacaktır.

Toplam risk bağımlılığını hesaplarken paralel projelerin de etkisini almak için risk ardıl sayılarına dikkat etmek daha doğru bir sonuç verecektir. (Kwan & Leung, 2011)

Geleneksel bakışta proje riskleri önem veya aciliyete göre değerlendirilir. Bu şekilde organizasyon risklerle başa çıkabilmek için kaynaklarını önceliklendirebilir ve planlayabilir. Eğer risk bağımlılığı artarsa, bu etki edilen risklerin ortaya çıkma ihtimalini de arttıracaktır. Bu durumda ana hedeflerden biri de aradaki bu bağımlılığı kesmektir. Risk bağımlılık endeksi yüksekse, projedeki riskler arasındaki bağımlılık sayısı da fazladır. Bu durumda risk bağımlılık yanıt planları ile ortaya çıkma olasılıklarını düşürülmesi ana hedef olmalıdır.

Her risk bağımlılığı önlenemese de önceliklendirme ve aksiyon alma konusunda Şekil 4.5'teki matris ile durum özetlenebilir.

$Etki > 0$	Risk Etkisini Düşür	Kaçın
	İzle	Olasılığı Düşür
$Etki < 0$	Gözümden Geçir	Fırsat Etkisini Arttır
	Olasılığı Arttır	Faydalan

Ardıl Risk Olasılığı

Şekil 4.5: Ardıl risk yanıt matrisi (Kwan & Leung, 2011).

Risklerin kendi risk dereceleri dışında dolaylı etki ile üzerindeki dereceler değişebilir. Bu durumda da verilecek olan risk yanıtları ve öncelikler değişecektir. Ardıl risk bakışı özellikle birbiri ile alakalı maddeleri daha doğru değerlendirmemizi sağlayan bir yapıdır. Hiç öncelik vermeyeceğimiz bir durumu öncelikli hale getirirken, yüksek öncelikli bir riski ise dolaylı etkeninde oluşan fırsatı arttırarak risk düşürülebilir. Belirsizlikler iki sonuç doğurur, bunlardan biri fırsat diğeri de risk olarak belirtilmiştir. Bunların gerçekleşmesi de fayda ve sorunu oluşturur. Risklerin yanıtları dışında risk bağımlılıklarının da yanıtları vardır. Bu yanıtların önceliklendirilmesi Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7 ile özetlenmektedir. (Kwan & Leung, 2011).

Projede risk bağımlılığı kurgusal bir örnekle özetlemek için Akdeniz turu için araç kiralama örneği verilecektir. Yapılacak olan turun kısıtı sürücünün uzun yol ve dağ yolunda sürüş tecrübesinin düşük olması şeklinde belirtilmiştir. Araç kiralama iki seçim vardır, ya yerel firmadan, ya da ticari olarak ülke geneline yayılmış marka bir firmadan alım yapılacaktır. Marka firmanın, yerel firmaya göre güvenilirliğinin yüksek olduğu verilerle hem kullanıcılar hem de örnekte seçilen kiralayacaklar tarafından bilinmektedir. Sürücü kiralayacak kişidir. Sürücü kendi risk toleranslarını bilmektedir. Tanımladığı risk araç donanımı kaynaklı sorunlardır. Risklerin gerçekleşme

olasılığını Şekil 4.6'da görüldüğü gibi kiralayacağı firma seçimine bağlamıştır. Yerel firma seçimi riskin gerçekleşme olasılığını arttırmakta, marka firma ise azaltmaktadır. Risk tanımlamada öngörmediği çevresel faktörler ise dolaylı yoldan etkileyen ardıl riskleri oluşturmaktadır. Araç donanımı kaynaklı sorunlu sürüş riskinde Şekil 4.7'de görüleceği gibi mıcır yol riski artırıcı, asfalt yol ise fırsatı artırıcı ardıl risklerdir. Yol tipinin aracın sürüş dinamiği ve sistemlerine zarar verici ardıl risk etkisi mevcuttur.



Şekil 4.6 Sürücü risk öngörüsü.



Şekil 4.7 Ardıl risk ile risk öngörüsü.

Çizelge 4.6 ve 4.7'de gösterildiği gibi risk ve risk bağımlılığı birbirinden ayrı düşünülmemektedir. Riskin ve bağımlılığın nedenleri ve oluşan değişimler birbiri ile alakalı görüldüğü için proje döngüsünde bu durum ve değişim sürekli devam etmektedir. Değişim şekilleri, nedenleri ve duruma göre alınacak aksiyon planları, risk ve fırsat için farklılık göstermektedir. Hareket planı ilgili başlığın altında Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de anlatılmaktadır. (Kwan ve Leung, 2011)

Çizelge 4.6: Ardıl riskte risk yanıt stratejisi (Kwan & Leung, 2011).

Başlangıç Risk Derecesi	Ardıl Risk Derecesi	Yanıt Stratejisi	Yanıt Önceliği	Durum ve Hareket Planı
Risk ($I > 0$)				
Yüksek	Orta	Geliştir	Orta	Bağımlılık etkisi olumlu, risk derecesi azalmakta. Etkinin artması için bağımlılık geliştirilmeli
Yüksek	Düşük	Gözardı Et	Düşük	Bağımlılık etkisi olumlu, risk derecesi azaltılmış. Herhangi bir aksiyona ihtiyaç yok
Orta	Yüksek	İzle	Orta	Bağımlılık etkisi düşük ama olumsuz. Etki yaratacak bir aksiyon dikkate alınmalı
Orta	Düşük	Geliştir	Düşük	Bağımlılık etkisi olumlu ve riski azaltmış durumda. Bağımlılığın geliştirilmesine odaklanılmalı
Düşük	Yüksek	Düşür	Yüksek	Bağımlılık etkisi yüksek ve olumsuz. Harekete geçilerek bağımlılık düşürülmeli
Düşük	Orta	İzle	Orta	Bağımlılık etkisi düşük ama olumsuz. Etki yaratacak bir aksiyon dikkate alınmalı

Çizelge 4.7: Ardıl riskte fırsat yanıt stratejisi (Kwan & Leung, 2011).

Başlangıç Risk Derecesi	Ardıl Risk Derecesi	Yanıt Stratejisi	Yanıt Önceliği	Durum ve Hareket Planı
Fırsat ($I < 0$)				
Yüksek	Orta	İzle	Orta	Bağımlılık etkisi düşük ama olumsuz. Etki yaratacak bir aksiyon dikkate alınmalı
Yüksek	Düşük	Düşür	Yüksek	Bağımlılık etkisi olumsuz, fırsat derecesi azaltılmış. Harekete geçilerek bağımlılık düşürülmeli
Orta	Yüksek	Geliştir	Düşük	Bağımlılık etkisi düşük ve olumsuz. Bağımlılığın geliştirilmesine odaklanılmalı
Orta	Düşük	İzle	Orta	Bağımlılık etkisi düşük ama olumsuz. Etki yaratacak bir aksiyon dikkate alınmalı
Düşük	Yüksek	Gözardı Et	Düşük	Bağımlılık etkisi olumlu, fırsat derecesi azaltılmış. Herhangi bir aksiyona ihtiyaç yok
Düşük	Orta	Geliştir	Orta	Bağımlılık etkisi olumlu ve fırsat arttırılmış durumda. Bağımlılığın geliştirilmesine odaklanılmalı

Sürücü tarafından Çizelge 4.6 kullanılarak durum incelenseydi, yerel firmadan araç kiraladığında başlangıç risk derecesi yüksek olarak tanımlanacak, asfalt yolda giderken sorun çıkma olasılığının düştüğü görülerek asfalt yolda araç kullanmaya devam edilecekti. Çizelge 4.6'da bu durum için verilen yanıt stratejisi birinci satırda görüldüğü gibi geliştir stratejisidir. Ardıl riskin etkisi olumlu olduğu için risk derecesi azalmakta ve tanımlanan bağımlılığın devamı için gerekli eylem planı uygulanmalıdır.

Çizelge 4.8'den de anlaşılacağı üzere, gibi bu analiz için projedeki toplam risk takip edilmeli ve etkileyen risk bağımlılıkları belirtilmelidir. Projedeki toplam risk ve ardıl riskin hesabı, nedenlere göre değişiklik gösterecek, bu da tedbirleri değiştirecektir.

Çizelge 4.8: Risk değişimi/aksiyon (Kwan & Leung, 2011).

Projede Risklerin Değişim Şekilleri	Değişiklik Nedenleri	Değişim Sonrası Alınacak Aksiyonlar
Yeni risklerin tanımlanması	- Proje kapsam, bütçe veya zaman planındaki değişimler - Risklerin eksik belirlenmesi	Yeni riskin analiz edilip diğer riskler ile etkileşimi incelenir ve bağımlılıkları tanımlanır
Risklerin etki ve olasılığının değişmesi	- Risk yanıtları ile harekete geçilmesi - Risk öncülünün oluşması	Risk öncüllerinin değişiminin ardıl riske etkisi tekrar hesaplanır
Bulunan risklerin kalkması	- Risk yanıtları ile harekete geçilmesi - Riskin gerçekleşmesi - Risk kaynağının proje kapsamından çıkması	Eğer risk ortadan kalkarsa risk öncülü ve ardılı da beraberinde kalkar
Projede Risk Bağımlılıklarının Değişim Şekilleri	Değişiklik Nedenleri	Değişim Sonrası Alınacak Aksiyonlar
Yeni risk bağımlılıklarının eklenmesi	- Yeni risklerin tanımlanması	Bağımlılık etkileri ile beraber ardıl risk etkisi hesaplanır ve gerekli risk yanıt çalışması yapılır
Risk bağımlılık etkisinin değişmesi	- Risk bağımlılığı için harekete geçim	Risk öncüllerinin değişiminin ardıl riske etkisi tekrar hesaplanır
Bulunan risk bağımlılıklarının kalması	- İlgili riskin ortadan kalkması - Risk bağımlılığı için harekete geçilmesi	Risk bağımlılığının kalkması riski orijinal etki değerine getirir. Bundan sonra yapılacak risk yanıtını uygulamaktır

RS^+ 'i toplam ardıl risk, R_x bağımsız riskler ve R_x^+ ardıl risk olduğunda toplam, t anında aşağıdaki gibi formülize edilir (Kwan & Leung, 2011).

$$RS^+(t) = \sum_{x=1}^m R_x + \sum_{x=m+1}^n R_x^+$$

Ardıl riskin büyüklüğü projenin bağımlılık etkisini yorumlamak için kullanılabilir. Ardıl risk, mühendislik, çevresel ya da proje kaynaklı tekil ya da birbiriyle ilintili olarak oluşabilir. Program yönetimi ortamında risk bağımlılığı takip edilmezse sadece aynı kategoriler arasındaki riskler incelenmiş olup farklı risk grupları arasındaki etkileşim göz ardı edilmiş olur. Öte yandan risk bağımlılığının hesabı proje ekibine diğer projelerle etkileşimi de gösterme fırsatını oluşturur. Bu nedenle riski sadece kendi etkisiyle değil, dolaylı etkisi ve ardıl riski ile de takip etmek proje risk yönetimi için esas olmalıdır. Program yönetimi, projeler arası iletişimi kurmak için yönetim seviyesinde üst görüşme yapısı kursa da, çalışan seviyesinde risk bağımlılıkların uygulama için daha etkin anlatımı gereklidir.

Riskin bağımsız düşünülmemeyeceği görüldüğüne göre, önerilecek yöntemin de risk bağımlılıklarını adreslemesi ve göstermesi gerekmektedir. Yapısal tasarım matrisi ve alan haritalama matrisi ile matrisi oluşan maddeler arasındaki ilişkiler gösterilebilmektedir. Bu ilişkilerin hangi başlıklar altında olacağını matris tiplerine göre yöntem uygulayıcı belirlemektedir. Beşinci bölümde yapısal tasarım matrisi içinde maddeler arasındaki bilgi akışı görülebilirken, alan haritalama matrisi altında

yapısal tasarım matrislerinin birbirleriyle olan bağıntısı anlatılmaktadır. Altıncı bölümde ise alan haritalama matrisi oluşturulduğunda proje bileşenleri ile proje hedefleri arasındaki bağıntı tanımlanmakta ve eksikliğin proje hedeflerine etkisi gösterilmektedir.



5. ÖNERİLEN YÖNTEM

Çalışmada ürün geliştirme sürecinde program ve proje yönetimi tekniklerini, bu süreçte ortaya çıkan belirsizlikleri ve kaynaklarını tanımladık. Belirsizliğin risk etkisini, riskin yönetimini ve bağımlılığı arasındaki ilişki belirtildi. Bu bölümde ise projelerde karşılaşılan zaman, bütçe, içerik ve kalitede negatif etkisi olan riskleri öngörerek ortadan kaldırmak amacıyla literatürde “*design structure matrix*” (DSM) yani yapısal tasarım matrisi (YTM) olarak bilinen, çalışmada nesnel haritalama olarak da tanımladığımız yöntemle yeni proaktif bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yöntemin temel amacı karmaşık bir sistemi basit, kompakt ve görsel bir yolla temsil etmek; tasarım, organizasyon ve faaliyetlerdeki riskleri tanımlamak ve arasındaki bağıntıları belirleyerek bilgi akışını görünür kılmak, buna göre de yapıyı mümkün olduğunca modülerleştirmektedir.

Bu görünürlük risk tanımı, yönetimi ve durum görünürlüğü açısından proje yönetim ekibine yol göstermekte, beklenmedik durumu hesaplanabilir, anlaşılır, uygulanabilir ve iletişime açık hale getirmektedir. Her proje ürünün farklı fonksiyonuna veya fiziksel parçasına odaklanır. Ürün karmaşıklığı, kaynak kıtlığı, projenin eş zamanlı birbirini izleyen veya üst üste binen faaliyetler nedeniyle proje içindeki çalışanlar, müşteriler ve imalatçılar arasındaki çok büyük bir bilgi alış veriş ihtiyacı oluşturur. Von Hippel (1990) ürün geliştirme karakterini görev ve işlerin bölümlere ayrımı, problemin tanımı, bağımlılıkların ürün mimarisine etkisinin ekip ve insanlar tarafından organizasyonu olarak tanımlamaktadır. Bu tanımlara göre, ürün geliştirme problem çözerek belirsizlik azaltma süreci olarak görülebilir. Belirsizliğin en can alıcı konusu alıcının, hangi bilgiye, neden ve ne zaman ihtiyacı olduğunu ve diğer kişilerle bu bilgiyi paylaşma yollarını bulması ve anlamasıdır. Eğer bilgi ihtiyaç duyulduğunda yoksa, bu durum belirsizliği arttıracak şekilde varsayımların yapılmasına yol açacaktır. Varsayıma göre çalışmayı yaptığınızda, varsayımın doğruluğunu test etmek zorundasınız. Eğer yapılan varsayımı bilinmiyorsa, problemle karşılaşmıştır. Eğer yapılan varsayımın farkına varılmamışsa, büyük bir problem yığını ile karşılaşmıştır (Danilovic & Sandkull, 2005). Problemleri ve riskleri yönetebilmek amacıyla YTM metodu ile proje ve program yönetiminde oluşturulacak görsel bir haritalama, süreçlerin iyileştirilmesinde yardımcı olabilir.

5.1 Yapısal Tasarım Matrisi (DSM/YTM)

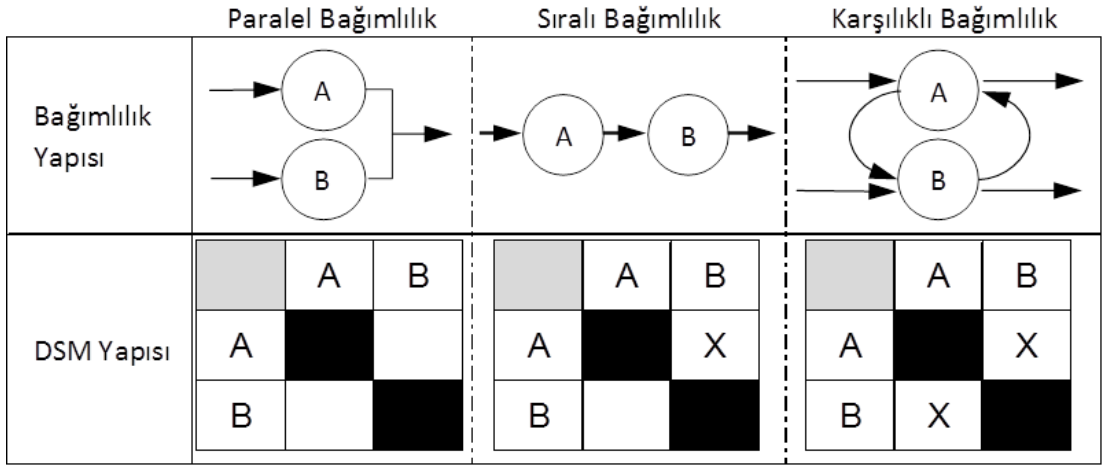
YTM ile ilgili çalışmalar çizge kuramında yönlü çizgelerde düğümler arası bağımlılık gösterimlerine dayandırılrsa da günümüz tasarım değişkenleri ağını temsil eden kare matris gösterimi Donald Steward tarafından 1970'lerde ortaya konmuştur (Eppinger & Browning, 2012). Yöntem ile büyük sistem problemlerinin minimum iterasyonla çözümü amaçlanmış, durum görünürlüğü ile efektif mühendislik planlamaları, tahmin ve varsayım noktaları, iterasyonların nasıl değerlendirileceği ve iş sırasında bilgi akışının nasıl olacağı ile ilgili zemin hazırlanmıştır (Steward, 1981). MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) ekibi Steward'ın çalışma odağını süreç, organizasyon ve ürün mimarisi üzerine geliştirerek 90'larda metodun otomotiv, elektronik ve uzay endüstrilerinde proje uygulamalarını yapmıştır (Eppinger, Whitney, Smith, & Gebala, 1994). Bu metot otomotivde General Motors (Joseph A. Donndelinger), havacılık ve uzayda Lockheed Martin (Browning, 2000) ve NASA (Brady, 2002), gemi inşaatta Amerikan Donanması (Browning, 2013) ve elektronik sektöründe Intel tarafından kullanılmıştır (Eppinger & Browning, 2012).

Tasarımın, sürecin, insanların, ürünün yönetilebildiği bu yöntemde sağlanan görünürlükle risklerin önüne geçerek risk yanıtlarını proaktif bir yapıya geçirmek mümkün olacaktır. YTM, süreçlerdeki potansiyel iterasyonların görsel olarak gösterimine izin verecektir (Browning, 1998b). Karmaşık bir sistemi modellemek klasik yöntemde parçalara ayırmak, alt aktiviteler arasındaki ilişkiyi belgelemek ve harici veriler ile çıktılarının etkisini belirlemekten geçer. YTM ise ayırma ve entegre etme modelini getirir. Şekil 5.1'de genel haritanın görülebildiği bu yöntemde ilgili bağımlılıkları ve varsayım noktalarını görmek daha kolay olacağı için geliştirme ve risk yanıtlarının organizasyonu da geliştirme kısmında yapılabilir.



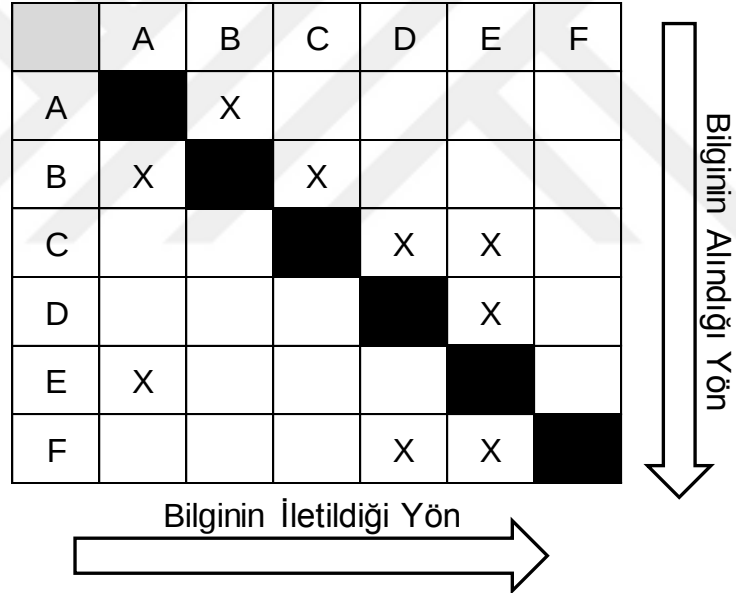
Şekil 5.1: YTM süreci (Eppinger & Browning, 2012).

YTM'nin kare matris yapıda tanımlayıcı satır ve sütunları vardır. Kritik yol metodu gibi gelenekselleşmiş proje yönetim tekniklerinde gösterilen akış şemasından farklılıklar gösterir (Şekil 5.2). Gösterimi görsel olarak anlatılacak olursa iş ve faaliyetlerde üç tip bağımlılık mevcuttur. Bunlar Şekil 5.2'de birincideki gibi paralel, ikincideki gibi sıralı ya da üçüncüdeki gibi birbirleriyle bağımlı olabilir.



Şekil 5.2: Bağımlılık gösterimi.

$n \times n$ matris yapısının okunuşu literatürde iki farklı şekilde gösterilmiştir. Şekil 5.3'te satırda bilginin sağlandığı, sütunda ise bağımlı olduğu karşılıklar görülmektedir. Amaç "X"lerin tamamının köşegen üstüne alınmasıdır.



Şekil 5.3: Köşegen üstü okuma.

Şekil 5.4'te ise satırın bağımlılığı yani bilginin alındığı yönü, sütunun ise bilginin iletildiği sağlayan yönü olduğu gösterimdir. Amaç "X"lerin tamamının köşegen altına alınmasıdır. YTM Şekil 5.3'te ya da Şekil 5.4'teki haliyle de kullanılabilir

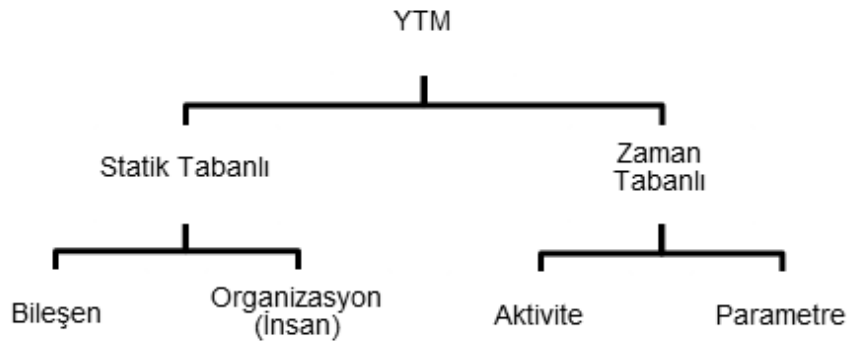
	A	B	C	D	E	F
A		X			X	
B	X					
C		X				
D			X			X
E			X	X		X
F						

Bilginin Alındığı Yön

Bilginin İletildiği Yön

Şekil 5.4: Köşegen altı okuma.

YTM kendini iki farklı tipte kullanılabilir. Bunlar statik ve zaman tabanlı gösterimlerdir. Statik YTM genelde kümelenmiş algoritmaları analiz eder. Bunlar zamana göre sıralanan maddeler değildir. Bileşen ve organizasyon tabanlı gösterimler bu alt kategoriye girer. Zaman tabanlı ise satırların ve sütunların sıralanışı zaman akışını gösterir. Öncül aktiviteler ve ardıl aktiviteler sıralama algoritması ile analiz edilir. Aktivite ve parametre bazlı gösterim, bu gösterimin alt sınıflarıdır. (Şekil 5.5)



Şekil 5.5: YTM sınıflandırma (Browning, 2001).

5.2. Bileşen Bazlı YTM

Ürün mimarisi fonksiyonel bileşenlerin bir ürün veya ürün ailesi için fiziksel yığınlar halinde birleştirilme işlemidir. İş kırılım yapısında alt iş ve tasarlanacak parçalar arasındaki ilişki modellenir. Altıncı bölümdeki vaka çalışmasında uygulanan YTM'dir.

Yığınlar arasındaki fonksiyonel iletişim iyi tanımlanmalıdır. Riski de anlatırken bahsettiğimiz gibi projenin, aktivitenin ya da ürün tasarımdan öncelik, sistem bileşenlerinde ara yüz ve etkileşimlerin gösterilebilmesidir. Karmaşıklığı yönetebilmek için ayrıştırma ve görünür hale getirme, süreci ve entegrasyonu kolaylaştırır. Sistem mühendisliğinde ürün bileşen mimarisi bu süreç dört aşamada incelenir (Pimmler & Eppinger, 1994).

1. Sistem bileşenlere ayrılır.
2. Bileşenlerin birleşimi ve etkileşimi belirlenir ve belgelenir.
3. Kümeleme ile bileşenlerin yeniden entegrasyonu analiz edilir.
4. Ortak tasarım fırsatları ve sinerji ile modüler optimizasyon yapılabilir.

Kompleks sistemlerin geliştirilmesinde inovatif yaklaşımın sağlanmasında bileşen bazlı YTM kolaylık getirir. Etkileşimlerin sınıflandırılmasında yardımcı olur. Etkileşim Çizelge 5.1’de dört başlıkta özetlenmiştir.

Çizelge 5.1: Etkileşim sınıflandırması (Pimmler & Eppinger, 1994).

Bileşen Etkileşim Sınıflandırması	
Konumsal Yakınlık:	Fiziksel boşluk, hizalama ve uyumun bakıldığı, iki bileşen arasındaki yakınlık ve uyum gerek duyulduğu etkileşim
Enerji Transferi:	İki bileşen arasında enerji transferi ve değişiminin gerek duyulduğu etkileşim
Bilgi Akışı:	İki bileşen arasındaki veri ve sinyale gerek duyulduğu etkileşim
Malzeme Akışı:	Bileşen arasındaki malzeme etkileşimi

Bir ölçek ile etkileşim derecelendirilir. Bileşen etkileşimlerinin basit gruplandırılması dışında, boyutsal/konumsal etkileşim [-2,2] aralığında, beş değer ile derecelendirilir. Derecelendirme teknik sistem şemaları ve yapısal diyagramları değerlendirerek yapılır. (Çizelge 5.2)

Çizelge 5.2: Boyutsal etkileşim aralıkları.

Boyutsal Etkileşim Sınıflandırma Örnek Şablonu	
Gerekli +2	Yakınlık fonksiyonluk için gerekli
İstenen +1	Yakınlık yararlı ama fonksiyonelliği etkisi yok
Nötr 0	Yakınlığın bir etkisi yok
İstenmeyen -1	Yakınlık olumsuz etkilere neden olabilir ama fonksiyonelliği engellemiyor
Zararlı -2	Yakınlık fonksiyonelliği etkileyecek

Matris oluşturulduktan sonra entegrasyon analizi veya kümeleme dediğimiz teknik ile küme içinde bileşenlerin etkileşimini arttırıp kümeler arasındaki etkileşimi azaltmak için satır ve sütun değişiklikleri matriste tekrar sıralanır (Clark & Baldwin, 2000).

Ayrıca bu sayede sistem (tasarım) büyük kümelere bölünmüş olup çalışma gruplarında ortak yönetilebilir hale getirilir. Kümeleme aşaması, matriste birbiriyle karşılıklı bağımlılığı olan maddelerin, matris köşegeni çevresinde toplanmasıdır. Satır ve sütunların yerleri değiştirilerek yapılmaktadır. Yeri değiştirilen satırın yeni yerinin, sütun karşılığı ile aynı sırada olmasına dikkat edilmelidir. Örneğin, üçüncü satır birinci satıra taşınacaksa, üçüncü sütun da birinci sütuna taşınmalıdır (Browning, 2001). Kümeleme analizi sonrası analiz edilebilir ara yüz haline gelir ve sorun görülen yer incelenebilir ve çözüm için yoğunlaşılabilir. Buna rağmen bu yöntem her problem için kullanılabilecek bir şema değildir ve çoğunlukla küçük veya seyrek matrislerde daha etkilidir. Bunun sebebi sistem büyüdükçe haritanın hazırlanması için daha tecrübeli ve uzman bir gruba ihtiyaç duyulmasıdır.

Şekil 5.6'da belirtilen örnekte satır bilgi iletimi, sütun ise bilgi alımı olarak gösterilmiştir. Klima ve havalandırma sisteminin bileşen etkileşimleri YTM öncesi (Şekil 5.6) ve sonrası (Şekil 5.7) gösterilmiştir (Pimmler & Eppinger, 1994). Birbirileri ile dağınık olarak etkileşimde olan bileşen gruplarının ortak etkileşimde olanları sıralama ve gruplama teknikleriyle düzenlenmiştir. Oluşan yeni yapıda ortak çalışan üç modüler yapı oluşmuştur.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Radyatör	1	1	X								
Motor Fanı	2	X	2		X						
Isıtma Ünitesi	3			3							X
Soğutucu	4		X		4	X		X			
Kompresör	5				X	5		X	X		
Evaporetör Kutusu	6						6				X
Evaporetör	7				X	X		7	X		
Akü	8					X		X	8		
Havalandırma Kontroleri	9									9	X
Havalandırma Motoru	10			X			X	X		X	10

Şekil 5.6: Klima-havalandırma bileşen bazlı YTM (Browning, 2001).

		1	2	4	5	8	7	3	10	9	6
Radyatör	1	1	X								
Motor Fanı	2	X	2	X							
Soğutucu	4		X	4	X		X				
Kompresör	5			X	5	X	X				
Akü	8				X	8	X				
Evaporetör	7			X	X	X	7		X		
Isıtma Ünitesi	3							3	X		
Havalandırma Motoru	10						X	X	10	X	X
Havalandırma Kontroleri	9								X	9	
Evaporetör Kutusu	6								X		6

Şekil 5.7: Klima-havalandırma düzenlenmiş YTM (Browning, 2001).

Yöntem basit de olsa ayrıştırma ve entegrasyondan sonra özellikle küme yerleşimleri konusundaki alternatif bakış açıları sağlanmıştır. Ürün yerleşim mimarisi ile ilgili inovasyonu gösterim bir rasyonellik belirtir. Ayrıca bu yöntem ürün modüler tasarımını kolaylaştırır. Ürün platformlarını ve diğer ürün olanaklarını sağlar ürün geliştirme için avantajlı yaklaşımlar getirir (Rushton & Zakarian, 2000).

5.3 Organizasyon Bazlı YTM

Kompleks projeler ve sistemler çeşitli grup ve ekipler arasındaki bilgi alışverişine ihtiyaç duyar. İnsanlar ve gruplar arasındaki ilişkiler organizasyona katma değer sağlar. Organizasyondaki arayüzlerin daha iyi anlaşılması uygun entegrasyon mekanizmalarının geliştirilmesine yardım eder. Çalışma metodu aşağıdaki gibidir (Browning, 2001):

1. Organizasyon fonksiyonu rol ve görevlere göre ekiplere ayrıştırılır.
2. Ekipler arasındaki etkileşim ve entegrasyon tanımlanır.
3. Ekipler kümelenir.

İlk olarak ekiplerin ürün bileşenleri ve alt sistemlere göre haritalanmasına yardımcı olur çünkü organizasyon mimarisi aslında ürün mimarisinin aynası olarak çalışır.

İkinci adımda organizasyondaki üyelerle ilgili mümkün olduğunca çok bilgiye ihtiyaç duyulur. Her ekibin bilgi aldığı ve bilgi verdiği ekipler işlenir. Bu etkileşimlerin sıklığı

da belirlenerek bağımlılık oranı elde edilir. Tüm bu bilgilere göre YTM satır ve sütunları doldurulur.

Matrisler hem bilgi sağlayıcı hem bilgi alıcı gözüyle doldurulup sonrasında karşılaştırılarak farklılıklar ve çelişkiler belirlenir. Bu durum giderilerek mutabakatın olduğu matrisler oluşturulur. Eğer organizasyonel ara yüzler dikkatli tanımlanmazsa, ekipler birbirinden haber alması gerektiğini kaçırabilir, aktiviteler planlanmasına rağmen kaynak doğru tahminlenemediğinden ek sorun ve maliyetler getirebilir. Bilgi bağımlılığına ek olarak sorumluluk, muhasebe, danışmanlık ve yükümlülüğün de bağımlılık seviyelerinde belirlendiği bir yapı oluşmaktadır (Thomas & Worren, 2000). V8 motor geliştirme süreci literatür uygulamalarında organizasyonel YTM için incelenmiştir (Eppinger & McCord, 2012).

Ekipler arasındaki bağlantıyı bilgi iletimi satır, sütunu bilgi alımı sütun olacak şekilde, “▪” bağımlılık seviyesi düşük, “○” bağımlılık seviyesi orta ve “●” bağımlılık seviyesi yüksek olarak göstermektedir. Şekil 5.8’deki matris incelenirse, grup iletişimi gereksiniminin düşünülenden daha karmaşık olduğu ve bilgi akışının gereklilikleri görünmektedir. Emme manifoldu (K) ve silindir kafasından (B) sorumlu ekiplerin ikiden fazla gruba yakın temasta oldukları, H, S, T, U ve V ekiplerinin ise her ekipten bilgi ve geri bildirim aldıklarını görüyoruz. B ve K ekiplerinin motorun alt bileşenlerinden sorumlu ekipken, birden fazla gruba bilgi alıp vermesi, bileşenin hem dahili, hem harici olarak etki alanına sahip olmasından kaynaklı iken, H, S, T ve U ise motorun çalışması ve hareketin izlenmesi için gerekli olan elektromekanik ekiplerdir. Bu durum, tüm motorla alakalı olduğundan alt bileşenlerdeki değişimler de bu nedenle bu ekipleri etkilemektedir. V ekibinin ise motorun fabrika montajı ile alakalı olduğundan, tasarımın imal edilebilirliğe uygun olduğunu denetleyen ve uygulayan ekip olarak kapsayıcı olduğu görünmektedir.

Bu bilgiler ışığında, ekipler arasından iletişim organize edildiğinde ortaya çıkan Şekil 5.9’da görülen düzenlenmiş matriste, faaliyetlerini yapacak ekiplerin birbirine bağımlılığı dört kümede toplanırken bazı ekiplerin büyümesi gerektiği gösterilmiş, B ve K ekipleri yeniden organize edilerek ikiye bölünmüş ve iki ayrı çalışma grubuna destek vermeye başlamıştır. Bu ekipler kümelerde B1-B2 ve K1-K2 olarak gösterilmiştir. Hangi ekiplerin kendi arasında, hangi ekiplerin genel bilgi akışından etkilendiği gösterilmiştir. H, S, T, U ve V genel bilgiden beslendiği için dört ana çalışma grubunun dışında matrisin en altına getirilerek entegre bilgiyi kullandıkları organizasyonda farklı bir yere konmuştur.

Ekipler		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
Motor Bloğu	A	A	●	●	●	▪	●	▪	●	●	●	▪	▪	▪				Q	R		●		●	○
Silindir Kafası	B	●	B	●	○		▪		●	▪	●	●	●	▪		○	○	▪		○		▪	●	
Kam Mili	C	●	●	C	▪		▪			○	▪	▪								▪		▪	○	
Piston	D	●	●	○	D	○	○	▪		○	○	▪					○			▪			●	
Piston Kolu	E	○	▪		●	E	●			○	▪												○	
Krankşaft	F	●	○	▪	●	●	F	●	○	●										○	▪		○	
Volan	G	▪					●	G		▪												○	○	
Yardımcı Tahrir Sistemi	H	●	●	▪			○		H	▪	●	●	○	○	○	●	●	●	▪	▪	▪	▪	○	
Yağlama	I	●	▪	○	○	▪	○	▪		I	▪		▪								▪		○	●
Soğutma	J	●	●	○	○				●	○	J	○		▪	▪		▪	▪				▪	○	
Emme Manifoldu	K	○	●	▪					●	▪	●	K	●	●	○	○	●	●	●	○	○		●	
Egzoz	L	▪	●						▪	▪	▪	●	L	●	▪	●	○			○	○	▪	○	
Egzoz Gazı Geriçeşvrimi	M	▪	○						▪		▪	●	●	M		▪	▪	▪		▪	●	▪	○	
Hava Filtresi	N		▪						●			●	▪		N	●	▪	●						
AİR	O	▪							●		▪	○	●	▪	○	○		▪			○	▪	○	
Yakıt Sistemi	P								○	▪	●		▪	▪	▪		P	▪	▪				○	○
Venturi Boğazı	Q							○		○	●			○	●	▪	○	Q	●	▪	●		○	
EVAP	R											▪					○	●		R		○	▪	
Kontak	S	●	●	●	▪		●	●	○	▪	▪	○	●	▪			●	▪		S	●	●	●	
Motor Kontrol Modülü	T	▪	▪	▪			○	▪	▪	▪	●	○	▪		○	○	●	○	●	●	T	●	○	
Elektrik Sistemi	U	●	▪	○	▪		▪	○	▪	○	▪	▪	●	▪		▪	○		▪	●	●	U	●	
Motor Montaj	V	●	●	○	●	○	●	○	○	●	○	●	○	○		○	●	○	▪	●	○	●	V	

Şekil 5.8: V8 motor tasarımında organizasyonel bazlı YTM'nin ham hali (Eppinger & Browning, 2012).

Ekipler		F	G	E	D	I	A	C	B1	K1	J	P	N	Q	R	B2	K2	O	L	M	H	S	T	U	V
Krankşaft	F	F	●	●	●	●	●	■	○	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	■	○	○	○	○
Volan	G	●	G	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○	○	○
Piston Kolu	E	●	■	E	●	○	○	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○	○	○
Piston	D	○	■	○	D	○	○	○	●	■	○	○	○	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	●
Yağlama	I	○	■	■	○	I	●	○	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○	●
Motor Bloğu	A	●	■	■	●	●	A	●	●	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	●	●	○	○	○
Kam Mili	C	■	■	■	■	○	○	C	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○
Silindir Kafası	B1	■	■	■	○	■	●	●	B1	●	●	■	■	■	■	■	■	■	■	■	●	○	■	●	●
Emme Manifoldu	K1	■	■	■	■	○	○	○	■	K1	●	■	■	■	■	■	■	■	■	■	●	○	○	○	●
Soğutma	J	■	■	■	○	○	○	○	○	○	J	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○	○
Yakıt Sistemi	P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	P	■	■	■	○	●	■	■	■	○	○	○	○	○
Hava Filtresi	N	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	N	■	■	■	○	○	■	■	○	○	○	○	○
Venturi Boğazı	Q	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	●	Q	●	○	○	■	○	○	■	●	○	○	○
EVAP	R	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	■	■	R	■	■	■	■	■	○	○	○	○	○
Silindir Kafası	B2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○	■	■	B2	●	○	○	●	■	○	○	○	●
Emme Manifoldu	K2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○	○	○	○	K2	○	○	●	○	○	○	○	●
AIR	O	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Egzoz	L	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○	■	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Egzoz Gazı Geriçeşvrimi	M	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Yardımcı Tahrir Sistemi	H	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	H	■	■	○	○
Kontak	S	●	●	■	■	■	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	S	○	○	○
Motor Kontrol Modülü	T	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	T	○	○
Elektrik Sistemi	U	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Motor Montaj	V	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	V

Şekil 5.9: V8 motor tasarımında organizasyon bazlı YTM'nin düzenlenmiş hali (Eppinger & Browning, 2012).

Organizasyon bileşenleri ve ilişkilerini tanımlamak için YTM efektif bir gösterim aracıdır. Organizasyonel YTM kümeleme yaklaşımı ile entegrasyon analizini yaparken ekip hedefleri tanımlama ve güncellemelerde bulunulabilir. Alternatif organizasyonel yapı ve bakış açıları platform için iletişime açmış olur. Birbirinden ayrı ekiplerin yapılanları öğrenmesini, ortak farkındalığın artmasını teşvik eder.

Ekiplerin olması gereken etkileşimlerindeki algılama farklılıklarını ortaya koyar. Bilgi alıcı ve sağlayıcıları matriste haritalayarak oluşturduğu farkındalıkla aktivite planındaki bilgi akışı riskini yönetilebilir kılar ve azaltır. Ayrıca ekiplerin eleman sayısı ihtiyacı görülebilir ve iş yükü dağılımı düzenlenir. Son olarak, çoklu görev dağılımı ile etkileşim kanal sayısının artması da engellenebilir.

5.4 Aktivite Bazlı YTM

Kompleks ürün geliştirmedeki proses yapısı ve mimarisi süreç verimliliğini etkiler (Browning & Eppinger, 2001). Bu nedenle süreç iyileştirmede ilk öncelik süreci anlamaktır. Süreci modelleyebilmek için süreçleri ayırma ve entegre etme yöntemleri kullanılır. Süreci yalınlaştırmak için katma değer sağlamayan süreçler kaldırılmalı, süreçte etkileşim kanalları düzenlenmelidir.

Ürün dizayn sürecinde analiz, karar, test ve değerlendirme gibi faaliyetler bulunur. Yumurta-tavuk ilişkisi dediğimiz birbirine bağlı iteratif tasarım çözümleri nitelik bakımından ürün geliştirme karakterinde mevcuttur. Bu tip iterasyonlar bilgiye bağımlı faaliyetlerdir. Hatalı bilgi akışı süreçte yeniden çalışmalara yol açar. Sadece hatalı bilgi akışı değil doğru bilginin doğru zamanda gelmemesi süreç sıralamasına etki edebilir, gecikmelere neden olur. Planlayıcılar hangi aktivitenin ne ürettiğini ve neye bağlı olduğunu bilirlerse hangi bilginin yardımcı olacağını ve istenmeyen iterasyonları azaltmayı sağlayacağını görebilmiş, yeniden çalışmanın oluşturacağı zaman riskinin değerini de azaltmış olacaklardır.

Aktivite bazlı YTM zaman tabanlı, kısa ve görsel bir formatla bu tip risklerin soruna dönüşmeden önce anlaşılmasını sağlar. Özellikle geri bildirim gerektiren iterasyonların ve tasarım sürecindeki bağlı aktivitelerin gösteriminde KYM ve PDGGT tekniklerinin veremediğini sağlar. Aktiviteler arasındaki bilgi tabanlı veri/çıktı ilişkisini matriste bağımlılık yapısı olarak belirtir. Matris yeniden düzenlendiğinde YTM gelişmiş bir süreç mimarisi önerebilir. Böylece bilgi doğru zamanda doğru yere sağlanarak iterasyon minimize edilir. İki aşama ile modellendikten sonra analiz edilir. Metot aşağıdaki sıralama ile ilerler:

- Süreç aktivitelere ayrılır ve kronolojik olarak sıralanır
- Aktiviteler arasındaki bilgi akışı belgelendirilir.
- Bilgi akışı aktiviteler arasında ileri yönde olacak şekilde sıralanır ve analiz edilir.

Şekil 5.10'da verilen nxn matriste satır bilgi alımı, sütun ise bilgi iletimini göstermektedir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Teklif	1																								
Kontrat Değerlendirmesi	1	2				1																			
Kontrol A		1	3																						
Tasarım Çalışması			1	4																					
Müşteri Onayı/Siparişi				1	5																				
Kontrol B					1	6																			
Tasarım Mühendisliği			1	1			7			1															
C-Prototipler						1	8																		
Prototip Testi							1	9																	
Kalıplara Başlama			1						1	10															
Kontrol C										1	11														
Kalıp Tasarımı											1	12		1											
Kalıp Üretimi			1			1		1				1	13												
Montaj										1				14											
Paket										1					15										
Kalıptan İlk Parçalar					1							1				16									
Üretim															1	17		1							
Son Test			1					1								1	18								
Müşteri Onayı																	1	19							
Ürün Onayı												1						1	20						
Kontrol D				1				1						1					1	21					
İlk Seriden Ürün																				1	22	1			
İlk Teslim																					1	23			
Proje Özeti																							1	24	
Kontrol E																								1	25

Şekil 5.10: Aktivite bazlı YTM ham hali (Eppinger & Browning, 2012).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Teklif	1																								
Kontrat Değerlendirmesi	1	2				1																			
Kontrol A		1	3																						
Tasarım Çalışması			1	4																					
Müşteri Onayı/Siparişi				1	5																				
Kontrol B					1	6																			
Tasarım Mühendisliği			1	1			7			1															
C-Prototipler							1	8																	
Prototip Testi								1	9																
Kalıplara Başlama			1						1	10															
Kontrol C										1	11														
Montaj											1	14													
Paket											1		15												
Kalıp Tasarımı											1	1		12											
Kalıp Üretimi			1				1		1					1	13										
Kalıptan İlk Parçalar						1									1	16									
Üretim															1	17		1							
Son Test				1					1							1	18								
Müşteri Onayı																	1	19							
Ürün Onayı														1					1	20					
Kontrol D					1				1				1							1	21				
İlk Seriden Ürün																					1	22	1		
İlk Teslim																						1	23		
Proje Özeti																							1	24	
Kontrol E																								1	25

Şekil 5.11: Aktivite bazlı YTM düzenlenmiş hali (Eppinger & Browning, 2012).

Bu matriste köşegenin üzerinde bulunma zaman olarak önce yapılan aktiviteye geri bildirim vermektir. Bu durumdan mümkün olduğunda kurtulmak ana gayedir. Matriste aktivite sıralaması Şekil 5.11'de görüldüğü gibi tekrar düzenlenerek geribildirim gerekliliği azaltılmış, iterasyonun yapılacağı noktadaki aktiviler sarı ile gösterilmiştir. Bu durumda iterasyon da yapılırsa öncesinde bir varsayım yapılmalıdır. Planlayıcının sürecindeki işaret sayısı fazla ise bu varsayım yapma gerekliliği ile beraber riski getirir. Proje planlayıcıları varsayımlardan sakınarak riski en aza indirmek için çalışmalıdır. Bağımlı blokların çözümü için toplama, ayırma, koparma yöntemleri uygulanabilir.

Toplama, köşegende istenmeyen yerdeki işaretlerin azaltılması ve matrisin sadeleştirilmesi için iki ya da daha fazla aktivite tek aktivite olarak toplanır. Bunu yapmak modelin kullanışlılığını düşürür. Konu takipten çıkarılarak sorun ortada bırakılmış olur.

Ayırma, kümelenmiş olan grup ayrılarak alt düzey aktivitelerin de kırımları oluşturulur. Bu suretle tekrar sıralanan yapıdaki varsayım (geri dönüş gerekliliği olan kısım) ortadan kaldırılır.

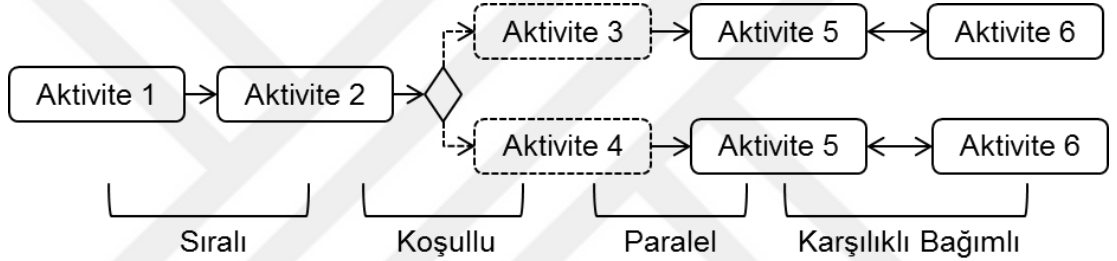
Koparma, Steward (1981) tarafından belirtilmiş olup, geri bildirim önleme için en az zararın öngörüldüğü bağılıklar için varsayımın önerilmesidir. Bu sayede işaret matristen geçici olarak kalkar. Ardından blok tekrar parçalara ayrılır. Hala köşegen altında/üstünde işaret varsa tekrar en az etki edecek olandan başlayarak varsayım yapılır. Bu süreç hiç geri bildirim ihtiyacı bırakılmayana kadar devam eder. Browning (1998c) YTM dinamik simülasyonu ile yapıda olan maliyet ve zaman riskini farklı süreç mimarileri için ölçmüş ve minimum iterasyonun proje süresini her zaman minimuma indirmedığını bulmuştur. Öncelik görünürlüğü sağlamaktır. Sütunlardan aşağı inerek aktivitelerin hangi bilgiye ihtiyaç duyduğunu, satırlara bakarak da aktivitelerin bilgi sağladıklarını görürüz. Bu bize ara yüz yönetiminde geribildirim gerekliliklerini ve bağılı olarak potansiyel iterasyonları gösterir. İterasyon gereklilikleri görülmeden proje planlayıcıları aktiviteleri paralel çalışma olarak planlayabilir ya da erken başlatabilir. Bu durum öngörülmeyen ek iterasyonlara ve ilave termin süresine neden olur.

Öte yandan YTM sadece bir süreç akışını gösterir, her akış yolu alternatifini gösteremez. Bu problem ilave sembollerin eklenmesi ile çözülmüştür. Şekil 5.12'deki örneği inceleyecek olursak “◇” karar sembolü olarak sürece koşul getirmiştir. 1'den 6'ya 2 üzerinden ilerecek olursak okuma matris üstünden 1'den 2'ye, 2'den 3 veya 4'e, 3'ten veya 4'ten 5'e ilerlerken, 5 ve 6 arasında karşılıklı bağımlılık nedeniyle bir

iterasyon oluşmaktadır. Şekil 5.13'teki akış diyagramı ile sadece aktivite 2 üzerinden aktivite 6'ya olan iki farklı akış gösterilmiştir.

	1	2	3	4	5	6
Aktivite 1		●		●	●	●
Aktivite 2		↓	◇	◇		X
Aktivite 3			→		●	
Aktivite 4				→	●	●
Aktivite 5					↓	●
Aktivite 6					↑	←

Şekil 5.12: YTM'de bağıntı ilişkisi ve yönü.



Şekil 5.13: Akış şemasında bağıntı ilişkisi ve yönü.

Bu gösterim bir çözümdür ancak aktivite sayısı arttıkça, yapıyı sadelikten kompleks bir hale sürükler ve çözümü için matematiksel modelleme gerekir.

İkinci olarak projelerde paralel yapılan çalışmalar ve üst üste getirilmiş aktiviteler YTM'de gantt tablosu kadar açık gösterilmez. Gantt tablosu aynı anda olan aktivitelerin gösterimindeki en iyi metotlardan biridir. YTM, Gantt tablosu oluşturmak için kullanılabilir. Matris y eksenini, zaman fonksiyonu x eksenini olarak düşünüldüğünde aktivite süreleri x ekseninde gösterilerek tablo elde edilir. (Kähkönen, Tanhuanpää, & Leino, 1997)

Süreç mimarisi ile ilgili Boeing firmasında yapılan çalışmada aktivite bazlı YTM daha ileri götürülerek, risk yönetimi için bir araca evrilmiştir. Çalışma sonucunda aktiviteler arasındaki bağımlılığa bakılarak, yeniden çalışma ihtimali ve bunun yarattığı zaman ve maliyet riski, çıktı olarak sunulmuştur. Çalışma 1997 yılında yapılmış, bilgiler Boeing çalışanlarının katkısıyla konsept ve ön dizayn aktivitelerindeki uzmanlıklarına göre tanımlanmıştır (Browning, 2012). Veri, yüz-yüze görüşme ve anket formları ile toplanmıştır. İlk model ve sonuçlar, doğrulama ve

kalibrasyon için gelen ek verilerle Boeing çalışanlarıyla değerlendirilmiştir. Katılımcıların bir ya da birden fazla aktivite ile ilgili uzmanlığının olduğu bir süreç modeli oluşturuluyor.

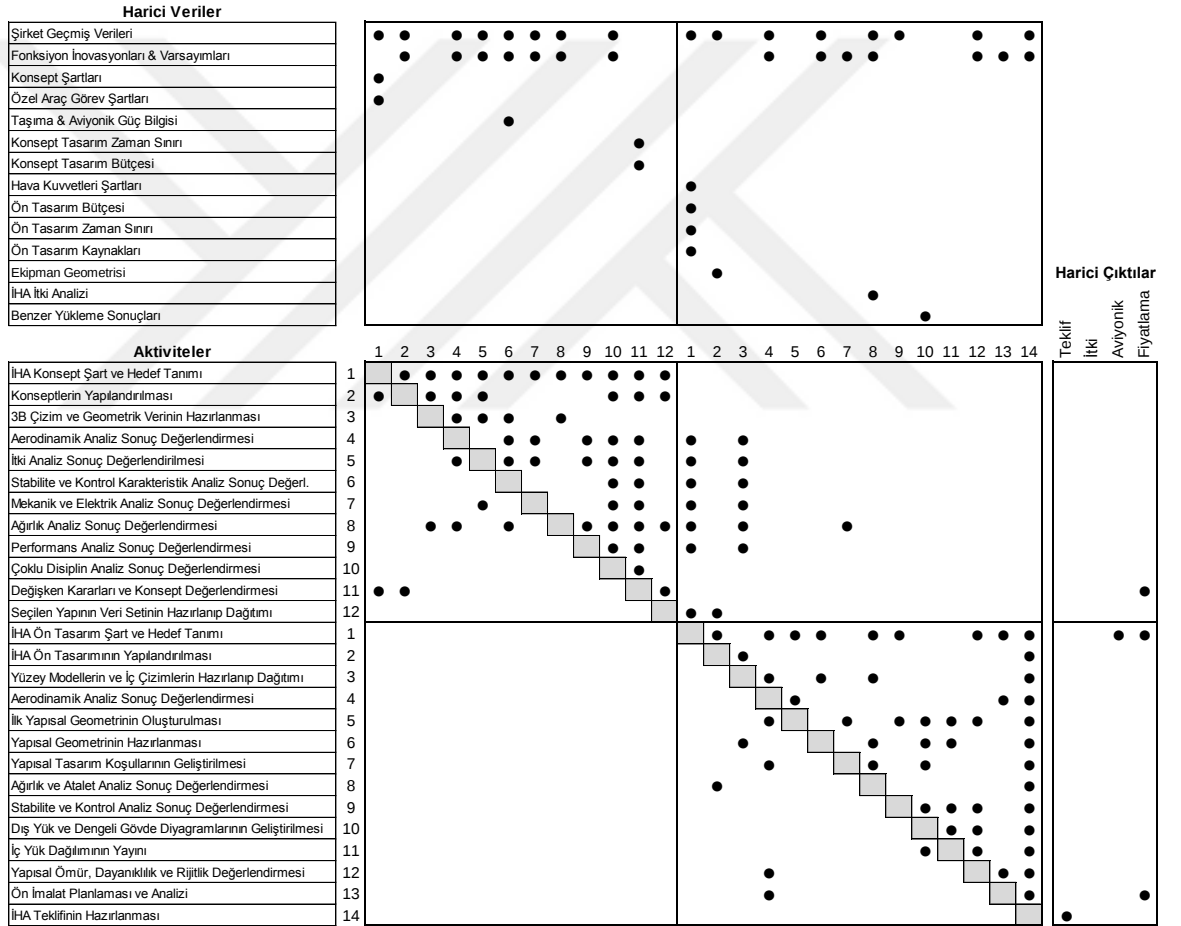
Modelde konsept ve ön tasarım aktiviteleri aşamalarında kullanılan harici girdiler yukarıda, harici çıktılar ise sağ tarafta gösterilmiştir (Şekil 5.14). Model matrisinde satırlar bilginin iletildiği yönü, sütunlar ise bilginin alındığı yönü belirtmektedir. Oluşan tablo incelendiğinde konsept tasarım ve ön tasarım kendi içerisinde iterasyonlara sahipken ön tasarımdan, konsept tasarıma dönüşler yoktur. Ön tasarım konsept tasarımdan 1, 2, 3 ve 7. aktiviteler için veri almaktadır. Çoklu süreç yapı matrislerinde süreçler arasında karşılıklı geçiş olmaması yeniden çalışma ve riskin probleme dönüşme ihtimallerini düşürmektedir.

Çalışmada Şekil 5.15'te bu sefer ön tasarım sürecindeki aktiviteler için ek veri toplanmıştır. Bu sayısal tabloda matris gösteriminde sütunlar bilginin iletildiği satırlar ise bilginin alındığı yön olarak belirtilmiştir. Sayısal değerler yeniden çalışma ihtimallerini göstermektedir. Örnek verilirse, aktivite 9'un çıktısı aktivite 2'nin %20 ihtimalle tekrar çalışmasına neden olabilir. İhtimaller haricinde yeniden çalışmanın etkisi de belirlenmelidir. Yeniden çalışma gerektiğinde aktivitedeki işin tamamı yeniden yapılmayabilir. Bu da aynı çalışmada yeniden çalışma etki matrisi ile gösterilmiştir.

Ürün geliştirme süreçlerinde belirginlik ve kesinliğin olmadığı kısımları maliyet, zaman ve kalite ile ilişkilendirmiş, bu durumun sebep yönlendiricilerini de çalışan, organizasyon yapısı, kısıt ve varsayımlar olarak nitelemiştik. Bunun sonucu ise aktivitelerde yapılan yeniden çalışmalardır. Örneklendirecek olursak, 1000 birimlik iş ve 50 kişilik kaynağımız olsun. Verimliliği iş başına 2 kişi/ay olarak belirlersek normal şartlar altında işin 10 ayda bitmesi gerekmektedir. Ancak iş gücü harcaması iş bitene kadar daha fazla olmaktadır. Bunun nedeni yapılan yeniden işler ve plansız iterasyonlardır. Bu vakanın hata kaynakları belirsizlik bölümünde de anlatıldığı gibi çalışan tecrübesizliği, teknik belirsizlik ve kompleksiteler ya da YTM bölümünde dikkat çekildiği üzere tamamen doğru iş yapılmış olmasına rağmen hatalı öncül iş çalışması, teknoloji ve müşteri varsayımlarındaki hatalar olabilir. Uygulamadaki bu riski yok etmek içinse ortaya çıkmamış yeniden çalışma alanlarını belirleyerek süreç ayarlamasının yapılması, proje zaman ve maliyet tablosuna yeniden çalışma işlerinin işlenmesi ve takibinin sağlanması gereklidir.

Bu nedenle Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'teki tablolarda YTM metodu ile bağımlı aktiviteler belirlenmiş, yeniden çalışma ihtimalleri ve etki katsayıları çıkarılarak

proaktif haritalama yapılmış ve kullanılacak ek süre ve maliyet tamponunun program yöneticisinin elinde olması sağlanmıştır. Çalışan kaynağın öğrenme katsayısı da hesaba katılarak yeniden yapılan işin süre ve maliyet etkisinin yüzdesel katsayısı da hesaba katılmıştır. Şekil 5.15 tablosunda 9. aktivitenin çıktısı 2. maddeyi %20 ihtimalle tekrar çalışmaya yönlendirecekken, bunun etkisi 2 numaralı aktivitenin %10'luk kadarının tekrar yapılması olacaktır ve yüzde 10'luk kısmı yaparken gerekli olan süre öğrenme eğrisinden çıkan yüzdeye göre önceki çalışmanın %20'si kadar zaman ve maliyet gerektirecektir. Matris bağıntıları gösterirken aslında 2 ve üstü derecede yeniden çalışma ihtimallerini de göstermektedir. Çünkü 2'deki tekrar eden bir olayın çıktısı 3'te, 3'ün çıktısı 4'te olacak şekilde yeniden çalışma döngüsünde bir domino etkisi de oluşturabilir.

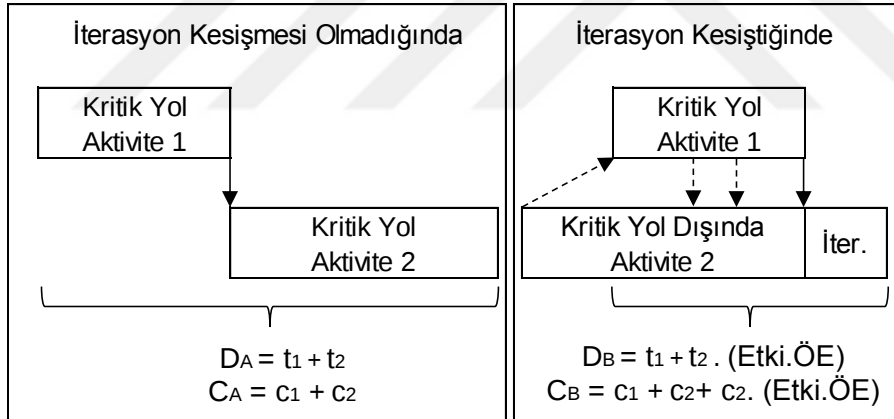


Şekil 5.14: İHA tasarım aşaması aktivite bazlı YTM.

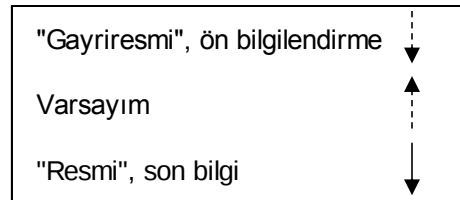
DSM Yeniden Çalışma Olasılığı														DSM Yeniden Çalışma Etkileri (Impact)														Süre			Maliyet			ÖE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Min.	Olası	Maks.	Min.	Olası	Maks.	
1														1														1,9	2	3	8,6	9,0	13,5	35%
2	.4													.5													4,75	5	6,75	5,3	5,6	9,8	20%	
3		.5													.3												2,66	2,8	4,2	3,0	3,2	4,7	60%	
4	.3		.5											.4		.8											9	10	12,5	6,8	7,5	9,4	33%	
5	.4	.5												.1	.1												14,25	15	26,25	128,3	135,0	236,3	40%	
6	.1													.1													9	10	11	10,1	11,3	12,4	100%	
7	.4													.5		.3											7,2	8	10	10,8	12,0	15,0	35%	
8																.5											4,75	5	8,75	8,9	9,4	16,4	100%	
9	.4	.5	.5											.3	.3												18	20	22	20,3	22,5	24,8	25%	
10														.1													9,5	10	17,5	21,4	22,5	39,4	50%	
11														.5	.5	.5											14,25	15	26,25	21,4	22,5	39,4	75%	
12	.4													.5													13,5	15	18,75	40,5	45,0	56,3	30%	
13	.5													.9													30	32,5	36	213,8	231,6	256,5	28%	
14	.3	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.4	.5	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8	4,5	5	6,25	20,3	22,5	28,1	70%	

Şekil 5.15: Yeniden çalışma olasılığı ve etkilerinin YTM'de gösterimi.

Şekil 5.15'te 14 adıma göre Monte Carlo analizi yapıldığında projenin ön tasarım aşaması 630K\$ bütçe ve 130 gün zaman sınırını aşma ihtimalleri %51 bütçe için, %67 ise süre için belirlenmiştir. Bu durumda iyileştirme yapılmak istendiğinde bilgi akış ve etki yönlenlerine göre değişiklikler yapılmıştır. Şekil 5.15'te matriste yeniden çalışma etkisi değer olarak en fazla 13. aktivite görünmektedir. 13. aktivitenin tekrarının yönetiminin proje etkisi çalışmasına bakarsak, D_i :süre C_i :maliyet t : aktivite süresi c :aktivite maliyeti alınırsa 13. aktivitenin kritik yolunda 5. adımla olan ilişkisi Şekil 5.16'daki gibi çıkmaktadır.



Şekil 5.16: Kritik yol iterasyonunda paralel çalışma yapıldığında (Eppinger & Browning, 2012).



Şekil 5.17: İterasyon bilgi yönleri açıklamaları.

Ancak 13 yeniden çalışma kaygısını sadece 5. adım kaynaklı yaşamaktadır. O zaman 13'ün yeri Şekil 5.15'teki YTM matrisindeki gibi düzenlenir, 5. adımda

varsayım yapıp süreç paralel başlatılırsa ilişki Şekil 5.16'daki konuma gelerek 13'ün toplam süre etkisi düşürülmüş, ancak iterasyon ihtimali artırılmıştır. Şekil 5.17'de iterasyon bilgi yönleri görülmektedir. İterasyon ise %28'lik bir maliyet ve süre gereksinimi duyacağı için ilk konuma göre düzeltmeler yaratmıştır. Uygulama makalesinde yapılan Monte Carlo analizinde bu yüzdeler süre için %67'den %7'ye düşerek bir iyileşme gösterirken, maliyet içinse %51'den %61'e çıkmıştır. Bu sonuçlara göre $C_B > C_A$ olurken $D_B < D_A$ konumuna gelmiştir. Proje ekibi zaman sınırını kaçırma ihtimalini aslında risk bağımlılıklarına bakarak teşhis etmiş ve ekstra maliyeti göze alarak süre gereksiniminde ciddi bir iyileşme sağlamıştır.

5.5 Parametre Bazlı YTM

Parametre bazlı yaklaşımda aktivite bazlıda olduğu gibi değerlendirme test ve koordinasyon gerektirirken parametre analizi yalnızca fiziksel ilişkisi belgeler. Zaman bazlıdır, çok değişkenli ve disiplinler arası tasarı optimizasyonunda analiz ve iterasyon süreçlerinin sıralamasında kümeleme ve sıralama metoduyla kullanılır.

5.6 YTM Çıktısı

Yaklaşım, ortak tasarım düşüncesini, bileşenler ve bunların sürecine girerek fırsatların yakalanmasını ve başarılı bir inovasyonu mümkün kılabilir. Müşteri taleplerinin doğru tanımı ile pazar riskinde iyileşme saptayabilir. Metodun detayında anlatılan ayırma ve matrisle tanımlama bölümünde verimli beyin fırtınası ile yaratıcılığı uygulanabilir kılabilir, ihtimaller oluşturarak içinden projeye en uygun olanı yüksek güven düzeyinde seçebilir. Teknoloji riskine bu sayede başta yanıt oluşturmak mümkün olabilir. Aktiviteleri sıralama tekniği ile varsayım karmaşıklığı sadeleştirilebilir. Ekip koordinasyon ve integrasyonundaki kalitesizlik çevresel etkilerin bilgi akışının tamamlanması ve nesnel haritalama ile görülebilir. Bağımlılıkların elenmesiyle yapı modüler ve sürdürülebilir bir hale gelir. Modülerlik, çalışma gruplarının oluşturulmasıyla sağlanır. Ürün, süreç, organizasyon ve tasarımda sağlanan bu optimizasyon riskin finansal etkisi için ayrılan kısmını azaltır, yeniden yapılan işler ve itersayonu minimize ederek bütçe ve zaman bazında iyileşme getirir. Görsel matris, yapıya müdahale esnekliği sağlar.

5.7 Alan Haritalama Matrisi (DMM/AHM)

Çoklu projelerde ve karmaşık ürün geliştirmede belirsizlik yönetimi ve ortak bağımlılıkların belirlenmesi değişken ve veri sayısının artması nedeniyle zorludur. Projede YTM ile bağımlılık etkilerine bakışın ardından, alanlar arasındaki etkileşime de bakılması ilerleyen safhalarda yeni modeller olarak literatüre girmiştir (Maurer, 2007). Çoklu projelerde karmaşıklık üç başlık altında toplanmıştır (Danilovic & Sandkull, 2005). Bunlar ürünün fonksiyonelliği, seçilen teknolojiler ve proje dahilindeki çalışanlardır. Bu değişimler; varsayımlar, ön bilgi ve araştırmalar ile seçilebilir ancak aynı zamanda proje, ürün mimarisi ve organizasyonel olarak yönetilmelidirler. Örneğin otomotiv endüstrisinde bir proje kamyon şasisi ile alakalıyken, diğeri motorla, öbürü ise yürüyen aksamla alakalı olup, öte yandan aracın elektronik, yazılım ve kalibrasyonuna da çalışılabilir. Farklı fonksiyonlar ve ihtiyaçlar olmasına rağmen her proje toplam ürün için yapılmaktadır. Sonunda müşterinin görmek istediği, teknik özelliklere göre tamamlanmış araç hedeflenmektedir. Yönetimin sorumluluğu, bu ara projelerin uyumlu bir şekilde yürütülmesi ve ara ürünlerin zamanında tesliminin sağlanıp ürün geliştirmenin organize edilmesidir. Bu durum bilgi alanlarının belirtilen karmaşıklık kesişimleri için oluşturulmasını gerekli kılar. Alan matrisleri; ne tip bağımlılıklar olduğunu, kimin kime bağımlı olduğunu, bilgi veya çalışma önceliğini, ihtiyaç zamanını, kimin çözeceğini gösteren bir yapı oluşturur. Bu sayede; iletişim kanallarını, hangi alanda bileşenini etkiledikleri, önem derecesini, bilgi akışını, dolaylı risk etkilerini görebiliriz.

Alan, YTM modellerinde sistem maddeleri arasında gösterilen bölgedir. AHM, iki YTM'nin karşılaştırıldığı dikdörtgen haritalama matrisidir. YTM'nin 90'lar ve 2000'lerde geliştirilmesi ile oluşmuştur. Eppinger (2001) ve Browning (2001) bu alanda birçok vaka çalışması yapmıştır. Çalışmalar üç farklı bakış açısı doğurmuştur (Eppinger & Browning, 2012):

1. 1,5 boyutta YTM: bu yapıya 1,5 denmesinin sebebi, bir YTM ile bu YTM'nin etkileşiminden oluşmasıdır. YTM ile diğer küçük YTM arasındaki ilişkisini gösterir. Örneğin, bileşen bazlı matriste işi yapan ekibin yazılması ya da aktivite bazlı matriste kişi atamasının yapılmasıdır.
2. Alan haritalama matrisi (AHM): İki alan arasındaki etkileşimi gösterir. Kesişim haritası kendi içinde YTM gibi birbiri arasındaki bağıntıyı değil sadece iki YTM arasındaki etkiyi gösterir.

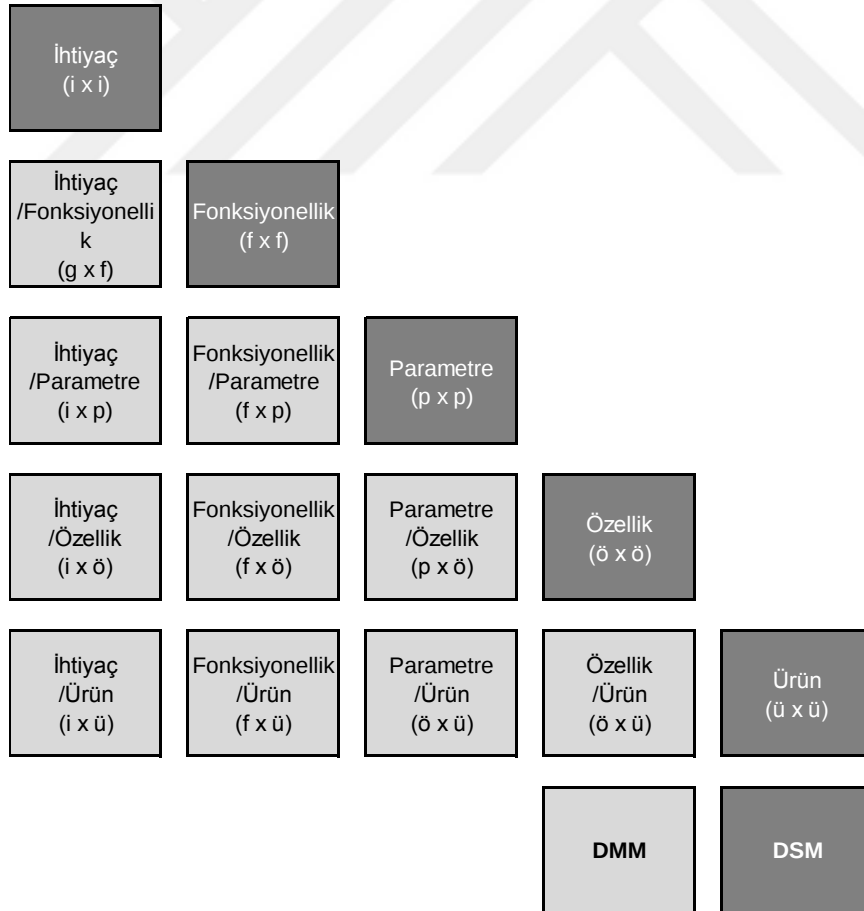
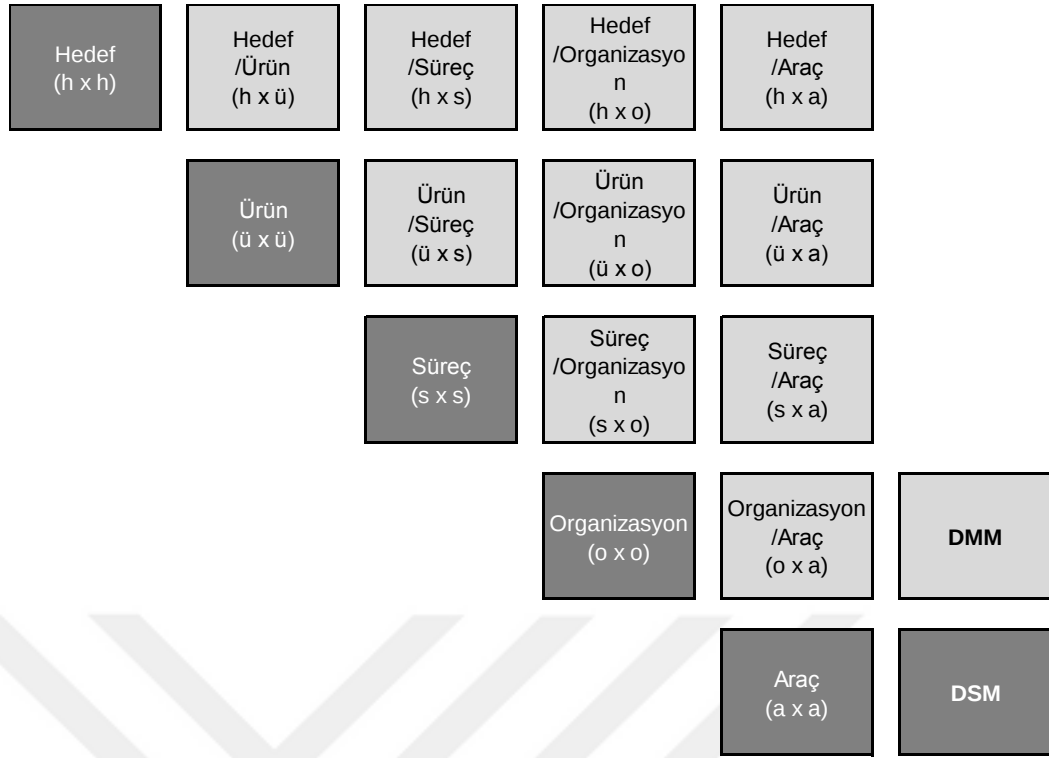
3. Çoklu alan matrisi (*Multi Domain Matrice-MDM*): İki ya da daha çok YTM arasındaki ilişkiyi gösteren çoklu sistem modelidir. Karmaşık projelerde ve ürün tasarımlarında tercih edilir. Alan haritalamayı şematize edersek Şekil 5.18'deki gibi olmaktadır.

YTM ve AHM arasındaki farklılık Çizelge 5.3'te gösterilmiştir (Browning, 2001). Karşılaştırma gösterim, boyut, ayırma şekli, analiz çıktısı, görselleştirilen bağımlılıklar, matrislerle ilgili anahtar kelimeler ve yapılan analizlerin odağı başlıklarında toplanmıştır. En büyük fark YTM'de diyagonal çevresinde ayırma işlemi varken, AHM'de böyle bir ayırma işleminin olmamasıdır. Ana gaye, YTM'ler arasındaki ilişkiyi göstermektir.



Çizelge 5.3: YTM ile AHM'nin karşılaştırması görülmektedir.

	Tasarım Yapı Matrisi (Design Structure Matrix (DSM))		Alan Haritalama Matrisi (Domain Mapping Matrice (DMM))
	Sıralama Analizi	Kümeleme Analizi	
Gösterim	Kare matris	Kare matris	Dörtgen matris
Boyut	Tek alan	Tek alan	İki alan
Ayırma işlemi	Diyagonalleştirme	Diyagonal boyunca kümeleme	
Sonuç, analiz çıktısı	Bileşenlerin, aktivitelerin, bilginin akışı ve sıralanması	Bileşenlerin kümelenmesi	Bileşenlerin kümelenmesi
Görselleştirilen bağımlılıklar	Paralel bileşenler	Bileşen ve yığınların	Bileşen ve yığınların
	Sıralanmış bileşenler	kümelenmesi	kümelenmesi
	Geribildirim ve dönüşler, bileşenlerin döngüsü	Kümelerin etkileşimi	Kümelerin etkileşimi
		Hiyerarşik yapı	Hiyerarşik yapı
Anahtar kelimeler	Öncül	Kümeleme	Kümeleme
	Ardıl	Hiyerarşi	Hiyerarşi
	Geribildirim ve döngüler	Etkileşim	Etkileşim
		Bağlantı noktaları	Bağlantı noktaları
Analizin odağı	Görev	Parametreler	Bileşen/organizasyon
	Aktivite	Bileşenler	Proje/organizasyon yapısı
	Bilgi akışı	İnsan/Organizasyon	Fonksiyonellik/ürün mimarisi
	Teslimat akışı	Bilgi akışı	Bilgi akışı



Şekil 5.18: YTM ve AHM matris alternatifleri.



6. VAKA ÇALIŞMASI

Vaka çalışması, bir otomotiv firmasındaki problemleri risk yönetim adımlarına uygun şekilde, yapısal tasarım matrisinin ve alan haritalama matrisinin kullanımını ve bu kullanım ile sağlanacak modülerlik ile ardıl risklerin tanımlanmasını hedeflemiştir. Program yönetimi ekibi tarafından belirlenen problemler alınmıştır. Proje karmaşıklıkları ve problemleri dikkate alındığında literatürde belirtilen yöntemlerin uygulanabileceği öngörülmüştür. Otuz yedi hafta süren çalışma adımları kısaca aşağıda maddelenmiştir. Detayları alt başlıklar altında incelenecektir. Çalışma, akış diyagramına (Şekil 6.1) göre otuz yedi haftada uygulanmıştır.

- Problemlerin yaşandığı bir program dikkate alınarak, kapsamı belirlenmiştir.
- Kapsamla ilgili iletilecek görüş, tecrübe ve öznel değerlendirmelerin birleşiminin değerlendirilmesi amacıyla, sonraki adımlardaki nitel analiz ve nicel analize de uygun ölçüm aracı olarak Delfi tekniği seçilmiştir. Tekniğe uygun şekilde üç turda yapılacak geri bildirim alımı planlanmıştır.
- Kapsamdaki sistemlere göre uygun uzman grubu belirlenmiştir.
- Seçilen Delfi tekniği yapılacak üç turluk aşamalarda ilki için, açık uçlu sorular oluşturulmuştur.
- İlk turda alınan geri bildirimler nicel analiz ile doğrulanmış, doğrulanamayanlarla birlikte ilk yapısal tasarım matrisi oluşturulmuş ve üçüncü turdaki uzlaşma görüşmesi yapılmıştır.
- Vakadaki bileşenler yapısal tasarım matrisi üzerinden görüşülmüş ve matris çözümü yapılmıştır.
- Ortaya çıkan YTM ile bileşenler arasındaki risk bağımlılığı yorumlanmıştır.
- Organizasyondaki ekip bazlı YTM, programdaki iki proje ikilisinde uygulanmış ve önerilen ön çalışma ile bileşen bazlı YTM'de iyileştirme sağlanmıştır.
- Program hedefleri için oluşturulan YTM ile proje bileşenleri YTM'si birleştirilerek, bir alan haritalama matrisi oluşturulmuş ve çoklu projelerde risk yorumlanmıştır.
- Çıkan sonuçlarla yönetsel çıkarımlar sunulmuş, gelecek çalışmaları için öneriler verilmiştir.



Şekil 6.1: Vaka uygulamasının akış şeması.

Çalışmada ele alınan projede, ağır ticari araç platformunda varyant çeşitliliği oluşturacak şekilde opsiyon özelliklerinin sunulması, ağırlık ve yakıt ekonomisi avantajlarının araca eklenerek rekabetçi konumunu koruması amaçlanmıştır. Bu çerçevede bütçe ve zaman kaynağı kısıtlı verilen projede kapsamı yakalayarak kaliteli ürün sağlaması için her türlü yeniden çalışmayı bertaraf edici şekilde, riskleri kaldırmayı hedefleyerek, buna yardımcı nesnel haritalama yöntemi ile proaktif bir yaklaşım oluşturmak ve fırsatların da görülebileceği bir araca ihtiyaç duyulmuştur. Çalışma etki alanı projede ön fizibilite çalışma kısmıdır. Pazarlamanın talebiyle başlayan ürün geliştirmenin ön çalışmasıyla devam eden safha bu bölümdür.

Çalışma başında proje ile ilgili problemler 8 maddede özetlenebilir:

- Otomotivdeki karmaşık ürün geliştirme projelerinde riskin kapsam, maliyet ve zamana göre belirlenme yetersizliği
- Faaliyetlerin, bileşenlerin veya ekiplerin görev bazında birbirine bağımlılıklarının ve etkileşimlerinin öngörülen proje adımıyla uygun belirlenememesi
- Ekipler arasındaki iletişim ve koordinasyon problemleri
- Paydaşların aktivite ve işlerini sıralama kalitesizliği
- Planlama aşamasında belirsizlik ve risk kaynaklarının farklı projelere etkisinin belirlenmemesi
- Ürün geliştirme departmanı içinde kasıtlı olmayan iterasyonların oluşması

- Geçmiş projelerde çıkarılan derslerin çözümlerinin verimli şekilde diğer projelere uygulanamaması
- Beklenmedik risk durumunda tek kişiye bağlı karar ve matematikleşmeyen varsayımlar kaynaklı iterasyonlar

Problemlere çözüm için fizibilite kısmında oluşturulacak nesnel haritalamada YTM kullanılacaktır. Kompakt bir yolla karmaşık bir sistemi tanımlamak, bu yolla bilgi akışlarını ve bağıntıları göstermek ve modülerlik fırsatlarını uygulamak hedeflenmektedir. Teknik değişiklik kapsamına, bileşen bazlı YTM ile bakılacak, iteratif bağımlı çiftlerden ikisine de ekip bazlı YTM uygulanarak, bileşen bazlı YTM ile 1,5 YTM olarak birleştirilecek birleştirilecektir. Proje hedefleri ayrı bir YTM'de incelenip, bileşen YTM'si ile beraber alan haritalama matrisi oluşturulacak, yorumlanacak ve öneriler sunulacaktır.

6.1 Kapsamın Belirlenmesi

Program amacına göre değişiklik kapsamı, pazarlama talepleri ile başlamış, araç mühendisliğinin, fizibilite ve araç mimarisi ekiplerinin çalışmaları ile değişecek bileşenler ve etkilenen ekipler çıkarılmış ve o ekiplerin de ön fizibilite çalışması ardından listelenmiştir. Kapsam içeriği ağırlık azaltma ve yakıt ekonomisi iyileştirme özelinde hafif jant tasarımı, şanzımanın şasi askı stratejisinin değişimi, hava tüplerinin çelikten alüminyuma döndürülmesi, 5. teker ve yeni şasi tasarım ve bağlantı noktalarındaki değişikliklerden oluşmaktadır. Yeni özellik ve varyant içinse yeni 12 hızlı otomatik şanzıman, entegre yakıt-üre tankı, kompozit akü tablası, dönme barı braket dizaynı, yeni ön aks tasarımı ve tam havalı süspansiyon sistemleri değişimi bulunmaktadır. Değişiklik havuzu anket ve sorularda, Şekil 6.2'de sayı etiketiyle kullanılmıştır.

Değişiklik Havuzu

- 1 Alüminyum Hava Tüpleri
- 2 Entegre SCR ve Yakıt Tankı Tasarımı
- 3 Hafif Jant Tasarımı
- 4 Kompozit Akü Tablası
- 5 D-Mount Bağlama Stratejisi
- 6 Yeni 12 vitesli Otomatik Şanzıman Uygulaması
- 7 Yeni 5. Teker
- 8 Yeni Anti-Roll Bar Braket Dizaynı
- 9 Yeni Ön Aks Dizaynı
- 10 Yeni Şasi Bağlantı Noktaları
- 11 Yeni Şasi Tasarımı
- 12 Yeni Tam Havalı Süspansiyon Tasarımı

Şekil 6.2: Vaka çalışmasındaki program değişiklik kapsamı.

Platformdaki bu ana değişikliklerin birden fazla bileşen ve ekibin ortaklaşa çalışması ile gereken modülerliğin sağlanması, kısıtlı bütçe ve kısıtlı zamanda tamamlanması gerekmektedir. Ürün geliştirmede belirsizlik bölümünde belirtilen aktivite sıralaması, iletişim koordinasyon kalitesi ve iş performansındaki belirsizlikler önden tanımlanmalıdır. Bunun için de projelere özgü değişimlerin getirdiğı bileşen ve ekip bağıntılarındaki değişkenlik ölçülmeli, risk tanımı, analizi ve yanıt planları bu bilgilere göre yapılmalıdır.

Uygulamada belirtilen YTM metodu ile kompleks ürün geliştirme projelerinde teknik ve organizasyonel riski belirlemeye yönelik faydalı kapsam etkileşimini aktaracak bir çalışma yapılmıştır.

6.2 Ölçüm Aracının Belirlenmesi

Nitel analizi için Delfi metodu seçilmiştir. İsmi Eski Yunan'daki, Yunanlı bir kahinin yaşadığı tapınaktan alan teknik, bilimsel çalışmalarda 1950'lerden beri kullanılmaktadır (Woudenberg, 1991). Delfi tekniğı, katılımı gizlilik ilkesi sayesinde katılımcıların soruları baskı altında kalmadan cevaplamasını sağlarken, sorulan sorulara gelen cevaplara göre, ikinci turda bu geri bildirimlere göre yeni sorular yöneltilir sorular ve kontrollü geri besleme yapılması sağlanabilir. Ayrıca çalışmada kullanılmasının bir başka nedeni ise grup tepkisinin istatistiksel analize uygunluğudur (Şahin, 2001). Ölçüm aracı ile alınan cevapların nicel analizde matematiksel anlamlandırılması yapılacaktır. Delfi metodunda minimum 7 katılımcı olmalıdır. İdeal grup büyüklüğü ise 10-20 uzman olarak önerilmektedir (Şahin, 2001). Çalışma kapsamında, üç turluk Delfi nitel analiz tekniğı kullanılmış, sadece son turda literatürde yazmayan şekilde açık görüşmeye gidilmiş ve uzlaşmanın oluşmadığı bazı maddeler açık tartışmaya götürülmüştür.

6.3 Katılımcıların Belirlenmesi

Tanımlama kısmında proje tecrübesi, şirket kıdemi ve teorik üstünlüğü olacak şekilde programda şasi, motor aktarma organları, elektrik, kalite, araç mühendisliği, proje yönetimi departmanlarından ve çekirdek mühendislik ekipleri arasından, 4 ila 10 yıl şirket tecrübesi aynı şirkette olan ekip lideri, kıdemli mühendis seviyesinde, yüksek lisans ve doktora tahsili de olan toplamda 15 kişilik bir gruptan bilgi alınmıştır.

6.4. Soruların Oluşturulması ve İlk Tur Sorularının Sorulması

Literatür uygulamalarında görülen yüz yüze görüşme, anket ve grup çalışmaları proje grubu çalışanları ile yapılmıştır. Bu düzenden hareketle Delfi tekniği uygulanmıştır. İlk turda Şekil 6.3'te görülen Delfi soruları açık uçlu 6 soru gruba sunulmuş ve yazılı cevapların kapsam değişiklik havuzuna göre verilmesi istenmiştir.

Delphi Soruları
Proje içeriği dikkate alındığında hangi başlıkların ilişkili olduğunu düşünüyorsunuz?
Birinci soruda ilişkili olduğunu düşündüğünüz başlıkların birbirleriyle olan risk bağımlılığını* açıklayınız.
Birinci soruda ilişkili olduğunu düşündüğünüz başlıklarda birbirinden etkilenen ekipler hangileridir?
Hangi değişikliklerin bir arada yapılmasını gerekli görüyorsunuz?
Proje başında hangi başlıklar için varsayıma ihtiyaç vardır? Belirtmek istediğiniz varsayımları açıklayınız.
Proje değişikliklerinde görev alacak ekipleri ve değişiklik bileşenlerini düşündüğünüzde belirsizlikler ve riskler nelerdir?

Şekil 6.3: Delfi birinci tur açık uçlu soruları.

Sorular risk ve etkileşimleri tanımlamak için sorulmuş, yönlendirici ve anlaşılabilir basitlikte sorulardır. İlk iki soru kapsam bileşenlerinin ilişki yapısı ve bağımlılığına, dördüncü soru bu belirtilen bağıntılarda ortak çalışma ve sinerjinin yakalanabileceği gruplara, üçüncü soru ilişkili bileşenlerde çalışması düşünülen ekiplerin belirlenmesine, beşinci soruda farklı bakış açılarından görülen varsayımlara dair geri bildirim alınması hedeflenmiştir. Altıncı ve son soru ise katılımcıların risk ve belirsizlikleri öznel olarak değerlendirmesi amacıyla sorulmuştur.

6.5. Sonuçların Alınıp Yanıtların Derlenmesi

Farklı departmanlardaki öznel açıklamalar altıncı soru için incelendiğinde, dört başlık altında toplanabilecek ortak geri bildirimler görülmüştür. Bunlar iletişim, organizasyon, varsayım ve veri akışında çıkabilecek riskler, belirsizlikler veya sorunlar olarak yorumlanmıştır. Verilen yanıtlar vaka başındaki sekiz problemle uyumluluk göstermektedir.

İletişim için;

- Araç ve güç grubu projeleri entegrasyonunda çok başlılık

- Ekip gereksinim/çıkar çatışmaları
- Tüm ekip üyelerinin işi aynı seviyede sahiplenmemesi
- Ekip uyumluluk problemi
- İletişim ve koordinasyon eksiği
- Organizasyon için;
- Ekiplerin bağımsız çalışma istekleri
- Ortak çalışma-ortak mimari stratejisinin uygulanamaması
- Sistem yerine parça bazlı tasarım anlayışı
- Projelerin birbirinden ayrı zamanda yapılması

Varsayım için;

- Pazar/rakip bilgi eksiği
- Rekabetçi hedeflerin doğru tespit edilmemesi
- Müşteri beklentisi
- Müşteri kullanım şartları
- Benchmark yetersizliği
- Sabit kapsam parametrelerinin belirlenememesi
- Aynı kalacak sistem varsayımı

Veri akışı için;

- Süreç ve operasyonel protokollerdeki eksiklik
- Öğrenilmiş bilgi/derslerin projeye akmaması
- Verilen alt hedeflerin çakışması
- Bağlı tasarımlar için yanlış girdiler
- Veri arşivi ve yayılmasında bilgi kaybolması
- Bilgi eksiği

Başlıkları altında belirtilmiştir. Bu başlıkların getireceği potansiyel sonuçlar ise yapılan literatür taraması ve katılımcılarla yapılan görüşmeler sonrasında aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Yeniden çalışma
2. Ürün kalite problemi
3. Bütçe ve zaman aşımı
4. Çok fonksiyonlu tasarım fırsatının kaybı
5. Pazar ve müşteri ihtiyaçlarını tam karşılamayan ürün
6. Program içindeki organizasyon bazlı sinerjinin kaybolması
7. Gelecek projeler için veri kaybı
8. Geçmiş projelerdeki hataların tekrarı
9. Modülerliğin kaybolması

9. Modülerliğin kaybolması
10. Teknik sapmaların alınması
11. Mühendislik optimizasyon sorunları
12. Ek sistem eklenmesi/çıkarılmasına bağlı yeni çalışma grubu ve projeler

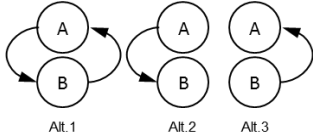
Uygulama kapsam bileşenlerinden hareketle, bileşen bazlı matris üzerine geliştirilmeye devam edilecektir. Bu çerçevede çok fonksiyonlu tasarım fırsatlarının görülmesi, modülerliğin sağlanması, optimizasyon için bağımlı bileşenlerin belirlenmesi ve ek sistem eklenmesi/çıkarılması durumunda değişiklikleri gösterecek bir haritanın oluşması hedeflenmektedir. Bu haritanın yorumu ve buna göre yapılacak risk yanıt planlarının da, yeniden çalışma, bütçe ve zaman aşımı, proje içi ve sonrası için veri akış problemleri ile teknik sapma alanlarına çözümler getirebileceği düşünülmektedir.

Birinci ve ikinci sorulara gelen cevaplar, ikili bağıntılar halinde, belirtilen ekipler ise, seçenek havuzu olarak ikinci tur anket sorularında görülecektir.

6.6 İkinci Tur Anket Sorularının Oluşturulup Sorulması

İkinci tur soruları oluşurken açık uçlu etkileşimler ankette yorumlama kolaylığı için 48 ikiliye çevrilmiştir. Bu sayede farklı departmandan kişilerin yorumları diğer katılımcılara da sorulup yorumların detaylanması sağlanmıştır. İkiliye dönüştürülen tüm cevaplar katılımcılar tarafından değerlendirilip farklı fikirlere dair yorum yapmaları hedeflenmiştir. Sonuç çıktı ile amaçlanan, buluştukları ortak paydayı görebilmek ve matematiksel olarak anlamlandırılabilir verileri elde etmektir. Anket ikilileri oluşturulması ile açık uçlu soruda ortaya çıkabilecek derleyen kaynaklı hatalar da teyit edilebilecektir.

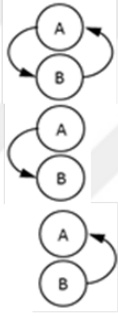
Ankette soru mimarisi iki aşamalı soru ekseninde gelişmektedir. Öncelik bağıntı durumunun öngörüsüdür. Bağıntı durumu var ise ikinci aşamada katılımcı üç soru ile karşılaşmaktadır. Bu sorular bağıntının yönünü, şiddetini ve etkileşimdeki ekipleri belirlemek içindir. Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'te katılımcılara Google anket üzerinden sorulan soru şablonları görülmektedir. Bu şablon içinde 48 tane ikili oluşturulmuştur.

Bakılacak Kategori	Alt Kategori	Açıklama
bağıntı durumu	vardır yoktur	1 ve 0 ayrımı yapılır
varsa	karşılıklı mıdır? tek yönlü müdür? tek yönse 1'den 4'e ya da 4'ten 1'e	
bağıntı seviyesi	$1 \leq x < 3$ düşük $\circ$ $3 \leq x < 5$ normal $\cdot$ $5 \leq x < 7$ yüksek $\bullet$	Yapılacak derecelendirmeye göre matristeki kümeleme gruplarının bağımlılıkları derecelendirilir
çalışan ekipler	ekip isimleri	Etkileşim içindeki ekiplerin belirlenmesi

Şekil 6.4: Delfi 2.tur soru Google anketinin soru mimarisi.

A-B ikilisi için Bölüm.1.Soru.1
1 ile 2 değişikliklerinin bağlantısı var mı?
Seçenekler VAR → A-B ikilisi için Bölüm 2'ye yönlendirilir.
YOK → sonraki a-b ikilisi için Bölüm.1.Soru.1'e yönlendirilir

A-B ikilisi için Bölüm.2.Soru.1
Sizce bağlantı yönü nedir?
Seçenekler KARŞILIKLI
A'den B'ye
B'den A'e



A-B ikilisi için Bölüm.2.Soru.2
Sizce etkileşim seviyesi nedir? (1-7 aralığında seçim)
1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6 = 7

A-B ikilisi için Bölüm.2.Soru.3
Sizce hangi ekip veya ekipler bu etkileşim içinde yer alır? (1'den fazla seçim yapılabilir)
chs = ptae = eese = vd = diğer (toplamda 24 seçenek)

Şekil 6.5: Soruların Google ankette görünümü.

Anketin uzunluğu sebebiyle, cevapların kalitesini arttırmak ve değerlendirmenin sağlıklı ve doğru yapılmasını sağlamak amacıyla anket üç parçaya ayrılmıştır. Soruların yanıt havuzunda ilk anketi 11 kişi, ikinci anketi 9 kişi, üçüncü anketi ise 7 kişi cevaplamıştır. Delfi metodunun gerektirdiği en az yedi katılımcı kısıtı sağlandığı için çalışmaya devam edilmiştir.

6.7 İkinci Tur Sonuçlarının Alınıp Yanıtların Derlenmesi

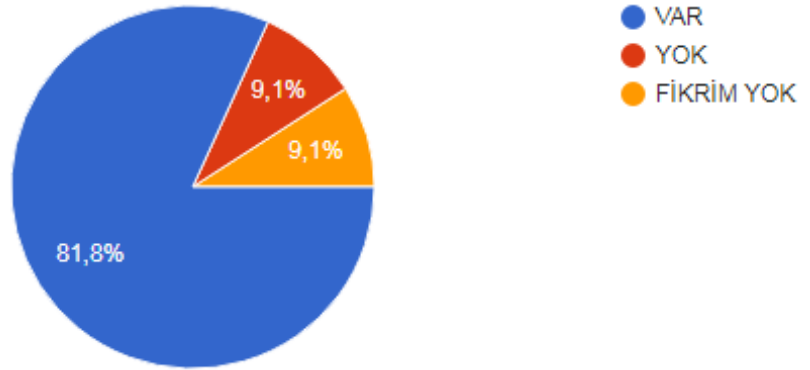
Anket cevapları derlenip sonuçlarına göre, önce bağıntının 1 ve 0 ayrımı incelenmiştir (Şekil 6.10). Bu amaçla Minitab 2017’de yapılan “*power and sample size*” testleri sonucunda bağıntı yüzdelerinin yeterliliği incelenmiştir. Aranılan anlamlı baskınlıktır. Katılım grubu 48 ikiliden 22’sine bağıntı var, 24’üne bağıntı yok, 1’ine fikrim yok cevabı vermiş. Birinde ise sonuç eşit çıkmıştır. Anket sorularında fikrim yok cevabının olduğu ikili, hatalı soru olarak belirlenmiştir. Kalan 47 ikili için verilen yanıtlar katılımcı seviyesindeki cevapların yüzdesine göre Minitab programında değerlendirildiğinde 20 maddede yüzde farkında anlamlı baskınlık görülmemiştir.

27 maddede var/yok cevaplarındaki baskınlık anlamlı görülmüştür. Bağıntı var cevaplarının tamamı ve bağıntı yok cevaplarında yeterli baskınlık oluşmayan toplam 31 madde için 2. bölümün 2. sorusu incelenmiştir.

Yanıtlarda örnekler her soru için ayrı ayrı ele alınıp Excel programında değerlendirilmiştir. (4-10) Akü Tablası ve Yeni Şasi Bağlantı Noktaları (10) için soruların cevapları Şekil 6.6, Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’de verilen örneklerde görülmektedir.

4 ve 10 değişikliklerinin bağıntısı var mı?

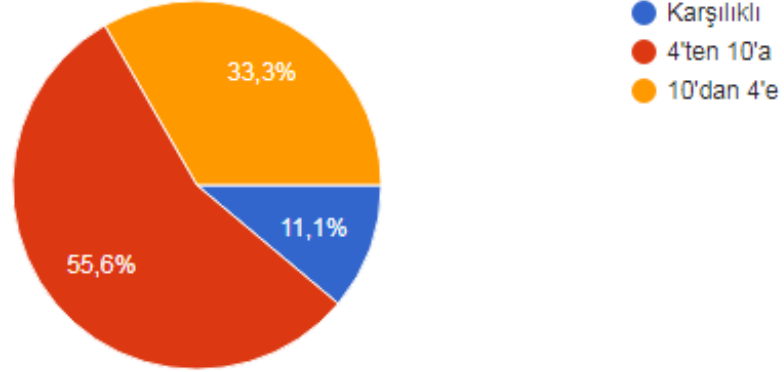
11 yanıt



Şekil 6.6: 4-10 ikilisinin 1.bölüm 1. soru yanıtı.

Sizce bağıntı yönü nedir?

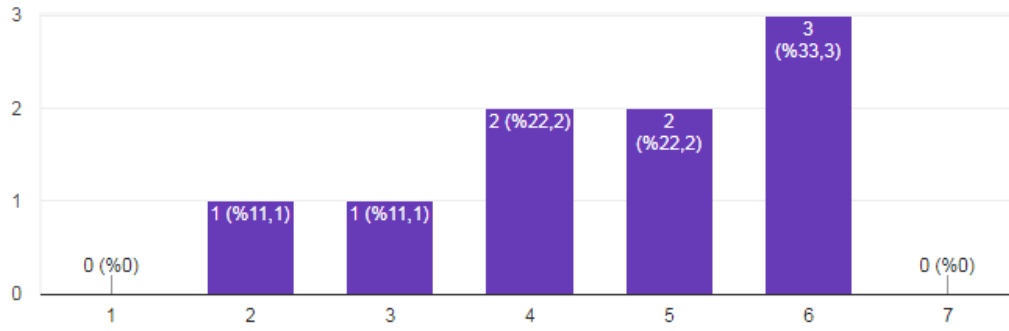
9 yanıt



Şekil 6.7: 4-10 ikilisinin 2.bölüm 1. soru yanıtı.

Sizce etkileşim seviyesi nedir?

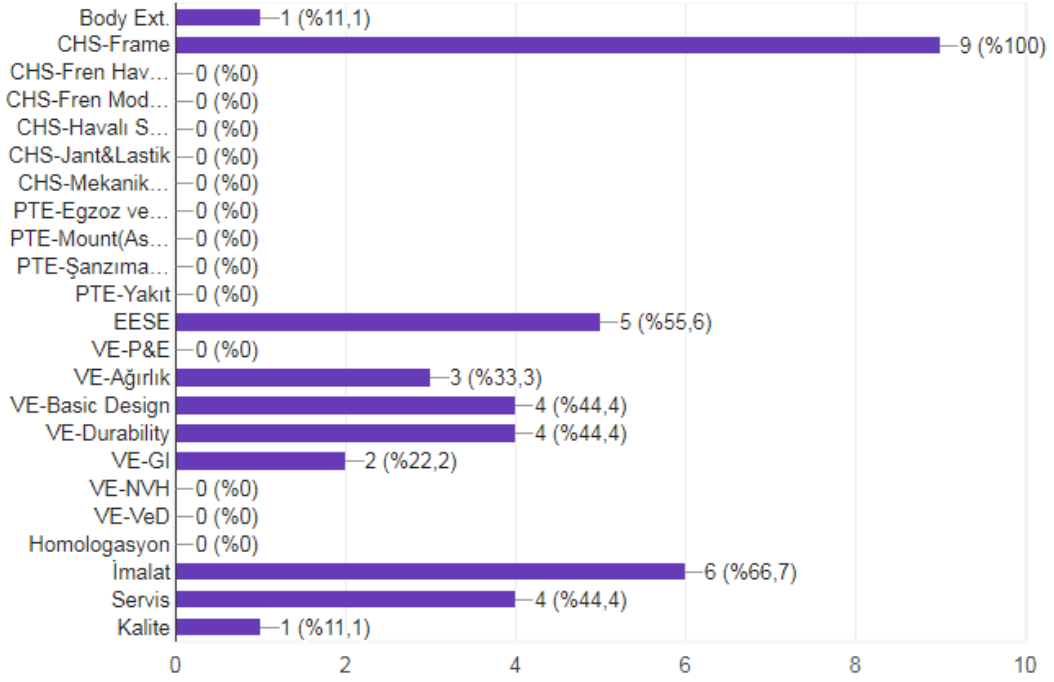
9 yanıt



Şekil 6.8: 4-10 ikilisinin 2.bölüm 2. soru yanıtı.

Sizce hangi ekip veya ekipler bu etkileşim içinde yer alır?

9 yanıt



Şekil 6.9: 4-10 ikilisinin 2.bölüm 3. soru yanıtı.

Şekil 6.6'de sorulan soru ile değişiklik ikilileri arasında bağıntı olup olmadığı incelenmiştir. Bu soruya “var” yanıtı verilirse, katılımcı ikinci bölümde üç soru ile daha karşılaşmıştır. Şekil 6.7'de bağıntının yönü sorularak, etkileşim belirlenmiştir. Şekil 6.8'de belirtilen etkileşimin şiddeti Likert ölçeğinde incelenmiş ve bağıntı seviyesi belirlenmiştir. Şekil 6.9'da ise çoktan seçmeli olarak bu etkileşimde çalışacak ekiplerin seçilmesi istenmiştir. Bu sayede bileşen matrisi dışında, gerekirse organizasyon bazlı YTM'nin de yapılabilmesi için de gerekli bilgiler alınmıştır. Elde edilen ikililerin bilgileri, nicel analizde işlenmesi için veri sağlamıştır. Minitab 2017'de yapılan “*power and sample size*” testi ile çıkan yüzdelerin baskın kabul edilmesi için gerekli katılımcı sayıları ölçülmüş. Eğer “var” ve “yok” arasındaki fark test edildiğinde cevaplayan kişi sayısı ya da daha azı çıkmışsa değer yeterli kabul edilmiştir. Şekil 6.10'daki dördüncü kolonda bu durum Minitab yeterlilik başlığı altında gösterilmiştir. Şekil 6.11'de ise, bağıntıların “*power and sample size*” testi yeterli değil çıkanlar ile bağıntı “var” ve “yeterli” olan değerler alınarak Likert şiddetleri incelenmiştir. Bu kadar geniş bir örneklemin alınmasının sebebi sonucu yeterli değil olanların da üçüncü turdaki görüşmeye götürüleceği için, göz ardı edilmemesidir.

Soru İkilisi	Bağıntı	Yüzdelere	Minitab	Soru İkilisi	Bağıntı	Yüzdelere	Minitab
	Var/Yok	Var-Yok	Yeterlilik		Var/Yok	Var-Yok	Yeterlilik
1 ile 2	YOK	36-54	Yeterli Değil	6 ile 11	VAR	56-44	Yeterli Değil
1 ile 4	Eşit	45-45	Yeterli Değil	6 ile 12	YOK	0-100	Yeterli
1 ile 5	YOK	18-54	Yeterli Değil	7 ile 10	VAR	89-0	Yeterli
1 ile 6	YOK	45-54	Yeterli Değil	7 ile 11	VAR	67-33	Yeterli Değil
1 ile 10	VAR	75-18	Yeterli	7 ile 12	YOK	33-67	Yeterli Değil
1 ile 11	VAR	64-36	Yeterli Değil	8 ile 9	YOK	33-44	Yeterli Değil
1 ile 12	VAR	72-27	Yeterli	8 ile 10	VAR	44-33	Yeterli Değil
2 ile 4	VAR	72-9	Yeterli	8 ile 11	VAR	56-33	Yeterli Değil
2 ile 5	Fikrim Yok	27-18	İncelenmedi	8 ile 12	VAR	67-33	Yeterli Değil
2 ile 10	VAR	63-18	Yeterli	9 ile 10	VAR	57-28	Yeterli Değil
2 ile 11	VAR	54-27	Yeterli Değil	9 ile 11	VAR	57-42	Yeterli Değil
2 ile 12	YOK	9-81	Yeterli	9 ile 12	YOK	42-57	Yeterli Değil
3 ile 9	YOK	45-54	Yeterli Değil	10 ile 11	VAR	85-0	Yeterli
4 ile 1	YOK	36-64	Yeterli Değil	10 ile 12	VAR	71-14	Yeterli
4 ile 5	YOK	9-63	Yeterli	11 ile 12	VAR	71-28	Yeterli Değil
4 ile 10	VAR	81-9	Yeterli	4 ile 12	YOK	0-100	Yeterli
4 ile 11	VAR	72-18	Yeterli	3 ile 8	YOK	0-100	Yeterli
5 ile 6	VAR	78-11	Yeterli	3 ile 10	YOK	0-86	Yeterli
5 ile 10	VAR	89-0	Yeterli	3 ile 11	YOK	0-100	Yeterli
5 ile 11	VAR	100-0	Yeterli	3 ile 12	YOK	14-71	Yeterli
5 ile 12	YOK	0-89	Yeterli	7 ile 9	YOK	14-86	Yeterli
6 ile 8	YOK	11-89	Yeterli	4 ile 9	YOK	0-100	Yeterli
6 ile 9	YOK	11-78	Yeterli	4 ile 6	YOK	14-86	Yeterli
6 ile 10	YOK	33-44	Yeterli Değil	2 ile 6	YOK	29-71	Yeterli

Şekil 6.10: Minitab ardından çıkan yeterlilik testi sonuçları.

Ölçek diyagramları Şekil 6.11’de incelenmiştir. Bu incelemede, ortalama, standart sapma, minimum, 1. dörde bölen, ortanca, 3. dörde bölen ve maksimum değerlerine bakılmıştır. Katılımcı sayısı düşük olduğu ve bu durumun sonuçları kırılgan yapması nedeniyle, medyan değerleri kullanılmıştır. Bu sefer katılımcı sayısı soruyu cevaplayan kişi kadar gösterilmiştir. Sayının düşüklüğü sebebiyle bağıntılar çoğunluğun belirttiği karşılıklı etkileşim yönünde önerilmiş ve 3.turda görüşler alınmıştır.

Soru İkilisi	Bağıntı	Yüzdeler	Minitab	Katılımcı	Median	Bağıntı Şiddeti
	Var/Yok	Var-Yok	Yeterlilik	Sayısı		
1 ile 2	YOK	36-54	Yeterli Değil	4	4	▪
1 ile 4	Eşit	45-45	Yeterli Değil	5	3	▪
1 ile 6	YOK	45-54	Yeterli Değil	5	4	▪
1 ile 10	VAR	75-18	Yeterli	8	5	●
1 ile 11	VAR	64-36	Yeterli Değil	7	4	▪
1 ile 12	VAR	72-27	Yeterli	8	4,5	▪
2 ile 4	VAR	72-9	Yeterli	8	5	●
2 ile 10	VAR	63-18	Yeterli	7	4	▪
2 ile 11	VAR	54-27	Yeterli Değil	6	4,5	▪
3 ile 9	YOK	45-54	Yeterli Değil	3	4	▪
4 ile 1	YOK	36-64	Yeterli Değil	4	5	●
4 ile 10	VAR	81-9	Yeterli	9	5	●
4 ile 11	VAR	72-18	Yeterli	8	5	●
5 ile 6	VAR	78-11	Yeterli	7	6	●
5 ile 10	VAR	89-0	Yeterli	8	5	●
5 ile 11	VAR	100-0	Yeterli	9	5	●
6 ile 10	YOK	33-44	Yeterli Değil	3	5	●
6 ile 11	VAR	56-44	Yeterli Değil	5	6	●
7 ile 10	VAR	89-0	Yeterli	8	5	●
7 ile 11	VAR	67-33	Yeterli Değil	6	5	●
7 ile 12	YOK	33-67	Yeterli Değil	3	5	●
8 ile 9	YOK	33-44	Yeterli Değil	3	3	▪
8 ile 10	VAR	44-33	Yeterli Değil	4	5,5	●
8 ile 11	VAR	56-33	Yeterli Değil	5	6	●
8 ile 12	VAR	67-33	Yeterli Değil	6	6	●
9 ile 10	VAR	57-28	Yeterli Değil	4	5	●
9 ile 11	VAR	57-42	Yeterli Değil	4	6	●
9 ile 12	YOK	42-57	Yeterli Değil	3	7	●
10 ile 11	VAR	85-0	Yeterli	6	7	●
10 ile 12	VAR	71-14	Yeterli	5	6	●
11 ile 12	VAR	71-28	Yeterli Değil	5	6	●

Şekil 6.11: Ölçek yeterlilik testi.

6.8 Üçüncü Tur Açık Toplu Görüşme Yapılması ve Tartışma

Üçüncü tur öncesinde edinilen geri bildirimlere göre bileşen bazlı matris Şekil 6.12’de gösterildiği gibi oluşmuştur. Bu matriste Y bağıntı yok ama sonuç yeterli değil, X ancak sarı tabanlı olanlar bağıntı var ama sonuç yeterli değil anlamında

iken, sadece X'ler yeterli ve bağıntı varı temsil etmektedir. Kümeleme ve sıralama öncesinde matris Şekil 6.12'deki gibi oluşmuştur.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	Y		Y		Y				x	x	x
2	Y	2		x						x	x	
3			3						Y			
4	Y	x		4						x	x	
5					5	x				x	x	
6	Y				x	6			Y	x		
7							7			x	x	Y
8								8	Y	x	x	x
9			Y					Y	9	x	x	Y
10	x	x		x	x	Y	x	x	x	10	x	x
11	x	x		x	x	x	x	x	x	x	11	x
12	x						Y	x	Y	x	x	12

Şekil 6.12: 3.tur görüşmesi için oluşturulan ham YTM.

Şekil 6.13'te yapılan düzenleme ile 3,5 ve 6. bileşenler yukarı, 12. bileşen 9 ile 10.bileşenlerin arasına, 7 ise 12 ile 10'un arasına yerleşmiştir. İlk aşamada 10 ve 11. bileşenler ana gövdeyi oluşturduğu için diğer bileşenler ile genel bağımlıdır. Jant hariç kalan tüm bileşenler şasiye ve bağlantı noktalarına bağlanmakta ve boyutsal etkileşime girmektedir. Karşılıklı eşleşen ikilileri köşegen çevresinde modüler kareler oluşturacak şekilde sıralamak esastır. Köşegen üstü bir matris olduğu için matris üstünde kalan bileşenler göz ardı edilir. Hem kümeleme dışında, hem de diyagonal altında kalan bileşenler ise yok edilmeye çalışılır.

	3	5	6	1	2	4	8	9	12	7	10	11
3	3							Y				
5		5	x								x	x
6		x	6	Y							Y	x
1			Y	1	Y	Y			x		x	x
2				Y	2	x					x	x
4				Y	x	4					x	x
8							8	Y	x		x	x
9	Y						Y	9	Y		x	x
12				x			x	Y	12	Y	x	x
7								Y	7		x	x
10		x	Y	x	x	x	x	x	x	10	x	
11		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	11

Şekil 6.13: 3.tur görüşmesine götürülen YTM.

Uzlaşma görüşmesi öncesinde gösterilen matris Şekil 6.14'teki gibidir. Kümeleme ve sıralama sonrası matriste köşegen altı yeniden çalışmaları, noktalar bağıntı şiddetlerini, kareler çalışma gruplarını, matris tabanı ise sürekli kontrol gruplarını belirtir. Amaç köşegen altında kalan ve plansız iterasyonlara neden olabilecek

bağıntıları ortadan kaldırmak, çalışma gruplarının ortaklıklarını azaltmak ve şiddeti düşürmektir.

	3	5	6	1	2	4	8	9	12	7	10	11
3	3							•				
5		5	•								•	•
6		•	6	•							•	•
1			•	1	•	•			•		•	•
2				•	2	•					•	•
4				•	•	4					•	•
8							8	•	•		•	•
9	•						•	9	•		•	•
12				•			•	•	12	•	•	•
7									•	7	•	•
10		•	•	•	•	•	•	•	•	•	10	•
11		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	11

Şekil 6.14: Bağıntı şiddetleri dahil edilince YTM.

Şekil 6.14'teki çerçeveye göre 3. tur görüşmesine gidilmiş ve yüz yüze toplantı şeklinde elde edilen fikirler sonuçlara göre değerlendirilmiştir. Öncelikle 3 ile 9 ve 1 ile 12 arasındaki bağıntıların köşegenin altında kalması sebebiyle yeniden çalışmalara neden olacak ve sistem optimizasyonunda bağıntılar nedeniyle diğer bileşenler de etkilenecektir.

3 ile 9 incelendiğinde bileşenler arasındaki etkileşimin sürekli değil varsayıma dayandığı ekip tarafından belirtilmiştir. Eğer varsayımda hata olursa bu karşılıklı bir etkileşime neden olacaktır. Eğer ön aks kapasite talebi başta doğru belirlenirse ön tasarımlar bu kapasiteye yapılacağı için 3'ün 9'dan bilgi beklemesine gerek olmayacaktır. 9 ise, düşük ön aks ağırlık yüküne göre jant tasarımı yapılırsa bu aşırı mühendisliğe gidilip gereğinden ağır bir ön aks çıkaracak ve aracın ağırlık taşıma kapasitesini, darboğaz en güçsüz sisteme göre bakıldığı için gereksiz yere düşürecektir. Ardından yine tasarım iyileştirmeye gidilmek zorunda kalınacaktır.

1 ve 12 incelendiğinde ise havalı süspansiyon ve gereksinimi olan hava tüpleri ve devreleri arasında etkileşim göz önünde olacaktır. Etkileşim malzeme (hava) ile olmaktadır. Burada geri dönüşü önleyecek bir varsayım için hava kullanım gerekliliğinin belirlenmesi bu ikilinin belirsizliğinin kaybolmasını ve bağımsız çalışmalarını sağlayacaktır. Sürüş yüksekliği de 12'yi etkileyen bir etmendir. Pazarlama sürüş yükseklik talebini doğru belirterek 5. teker yüksekliği konusunda kısıt çerçevesini çizmelidir.

Matris oluşup çözüldüğünde görülen 4 ortak çalışma grubu vardır. Bunlar 5-6, 6-1, 1-2-4, 8-9-12 ve 12-7'dir. Bu çalışma gruplarında 6,1 ve 12 iki grupta bulunmaktadır. Bu bileşenler bağlı olduğu grupların darboğazıdır ve grupların ortak kısıtına göre tasarlanması gereklidir.

5 ve 6 yeni şanzıman ve onun askı sistemini ele alır. Şanzımanın tasarım mimarisinde taşınması sadece motora bağlanarak ya da hem motora bağlanıp, hem de şasiye asılarak sağlanır. Yeni strateji ile gelecek askı sisteminde şasiye bağlanacak şanzıman üstünde askı sistemi için yer, şasi üstünde ise bağlantı noktaları belirlenmelidir. Şanzıman üç bölümden oluşmaktadır. Askı sisteminin bağlanacağı destek taşıyıcı elemanların yeri şanzıman üstünden alınacaktır. Bu da şanzıman ile askı sistemi arasındaki karşılıklı etkileşimin olduğu kısımdır. Askı sisteminin malzemesi belirlenecek yere göre değişecektir. Yer belirlenmesi ise boyutsal etkileşime örnektir. Eğer şanzıman üstü bağlantı yeri belli olursa bu şanzımanın şasi bağlantı noktası ve şasi tasarımı ile ilgili ilişkisini bitirecektir. Kalan kısımda önemli olan artık askı sisteminin şasi üstüne bağlanması olacaktır. Bu durum da 5 ve 6'nın 10 ve 11 numara ile ilişkisinde gösterilmektedir.

6 ve 1'de etkileşim malzeme üzerindendir. Şanzımanın acil durumlarda ihtiyaç duyduğu hava, manevra yapılabilmesi için bağımsız hava tüpünden sağlanır. Hava tüpünü şanzımana bağlayan doğrudan hava hattı mevcuttur. Şanzıman manevra için gerekli hava miktarını belirtirken, Tüp bileşeni de hava hatlarının tasarımı nedeniyle şanzımanla doğrudan ancak düşük şiddetli bir ilişkiye sahiptir. Şanzıman eğer ihtiyacı olan havayı yardımcı hava tüpü sistemlerinden alabilirse, şanzımana özel hava tüpü ihtiyacı ortadan kalkacaktır. Bu sayede aradaki etkileşime proje içinde gerek kalmaz. Matrise bakarak fark edilen fırsat geliştirilebilir. Varsayım ve ilk girdiler kısmında belirtilen şanzıman hava tüpü silinmesi için, şanzıman ve fren ekiplerinin ortak çalışması ve oluşturulacak bağımsız yeni hava hatları mimarisi ardından ön fonksiyonelliğin ölçülmesi şarttır.

1, 2 ve 4 üçlü bir bileşen grubudur. Boyutsal ve geometrik olarak hava tüpleri, yakıt tankları ve akü tablası şasinin yanına asılan sistemlerdir. Boyutlarının ve fiziksel yerlerinin değişmesi birbirleri arasındaki etkileşimi tetiklemektedir. Yakıt tankı hacminin büyümesi yanındaki hava tüpleri ve akü tablasının yerlerinin değişmesine neden olacaktır. Hava tüplerinin bazıları ise akü tablasına bağlanacak şekilde yer değiştirebilir. Bu fırsatı yakalamak için fren ekibi, şasi ekibi ve elektrik ekibi bileşenleri ortak modüler bir sistem olarak tasarlayabilir. Yine yakıt askı braketini ortaklaşa kullanarak hava tüpü şasiye paketlenir. Hava tüpünün bu bağlanma fırsatları, yakıt tankı ve akü tablası ile düşük şiddetli bir etkileşim getirirken, yakıt tankının büyüyerek akü tablasını yerinden etmesi arada şiddetli bir etkileşimi getirmekte, akü tablası şasinin uzatılmasına neden olacağı için de hem şasi, hem de bağlantı noktaları ile geri bildirim içinde çalışmak zorundadır. Bu çalışmadaki belirsizliklerin ve etkileşimlerin şiddetini düşürmek içinse, kullanılacak entegre üre

yakıt tankı için hacim ve üre tüketim miktarlarının belli olması ve aküye bağlanacak hava tüpü stratejisinin de netleşmiş olması gereklidir.

8, 9, 12 üçlüsü tam havalı süspansiyon, dönme barı braketi ve ön aks dizayn bileşenlerinden oluşur. Aracın ön kısmı ve düzenidir. Modülerliğin etkisini parça sayısında azalma ve ortak fonksiyonel çalışma olarak gösterecek bu grupta, titreşim genlikleri, ön gruba gelecek ağırlık dağılımları önemlidir. Özellikle aracı ağırlık taşıma kapasitesine göre değişecek bu parametreler için ürünü tanımlama büyük önem taşır. Bu ön bilgilerin geldiği varsayıldığında, 8 ve 9 arasında düşük, 8 ve 12 ile 9 ve 12 arasında yüksek şiddette bir etkileşim görülür. Bu grup için araç mühendisliği ve hedefleri doğru belirlenirse planlı iterasyonlarla modüler sistem tasarımı elde edilir. Ayrıca bu üç bileşen de sonunda şasiye bağlanacağı için şasi tasarımı ile düşük, şasi bağlantı noktaları ile arasında yüksek şiddetli bağlantı olacaktır.

12 ve 7'de ise etkileşimin yine 3 ve 9'da olduğu gibi başlangıç varsayımı ile alakalı olduğu belirtilmiştir. Buna göre 5. teker yüksekliği ile aracın ağırlık dağılımına göre 5. tekerin konumu belirlenebilir. Buna göre de havalı süspansiyonda inilecek sürüş yüksekliği tasarımı çalışılır. Bu bilgilere göre proje kalanında ilgili bileşen ekiplerinin iterasyon yapmasına gerek olmayacaktır. 5. teker şasiye bağlanacağı için bağlantı noktası ve tasarım bazında etkileşime devam edecektir.

Şasi genişliğinin proje başında çerçeve olarak belirlenmesi ve diğer bileşenlerdeki ön bilgilere göre azalacak belirsizlikler tasarım ve bağlantı noktaları üzerindeki şiddetli etkileşimi de azaltacaktır.

6.9 Sonuçların Derlenerek Matrise Aktarımı Vakada YTM

Buna göre eklenen varsayımlar, ön çalışmalar ve kabul edilen tasarım kuralları ile problemli görülen karşılıklı bağımlılığı kırılmış, kontrolsüz boşta olan bileşen bağıntıları yok edilmiş ve risk şiddeti bağıntı şiddeti ile paralel olarak azalmıştır.

6.10 Bileşen Bazlı YTM Çözümü ve Risk Yönetimi Yorumu

Yeni durumda YTM'nin çözülmüş hali Şekil 6.15'teki gibi görülmektedir. Gözle görülür sadeleşme, doğru ön bilgi gereksiniminin öğrenilerek planlanması ile gelmiştir. Bu ön bilgiler fizibilite çalışmasında doğru bir şekilde sağlanırsa, bileşen etkileşiminin düşeceği ve risk bağımlılığının azalacağı söylenebilir.

YTM ile yapılan matris çalışmasında farklı departmanlardan katılımcılarla yapılan beyin fırtınası ve sonundaki ortak çıktı ile modüler bir program tasarım fırsatı ve

koordinasyonu test edilmiş olur. Görsele dönüştürülen bu yapı ile program içindeki projeler nesnel bir haritaya aktarılmış olur. Bileşen bazlı YTM'de risk bağımlılıkları ve etkileşimleri görünür hale gelmiştir. Modülerlik fonksiyonelliği, belirsizlikler ise tasarım kurallarını ortaya çıkarmıştır. Risk tanımları optimizasyon sorunları ve bileşen etkileşimi için tanımlanmış, analiz edilmiş ve risk yanıtları eklenen varsayımları ve ön bilgiyi temin etmek için planlanabilir hale gelmiştir.

	Hafif Jant Tasarımı	Yeni 5. Teker	D-Mount Bağlama Stratejisi	Yeni 12 vitesli Otomatik Şanzıman Uygulaması	Alüminyum Hava Tüpleri	Entegre SCR ve Yakıt Tankı Tasarımı	Kompozit Akü Tablası	Yeni Anti-Roll Bar Braket Dizaynı	Yeni Ön Aks Dizaynı	Yeni Tam Havalı Süspansiyon Tasarımı	Yeni Şasi Bağlantı Noktaları	Yeni Şasi Tasarımı
5. Teker Yüksekliği										X		
Ön Aks Taşıma Kapasitesi (Ağırlık Dağılımı)	X							X		X		
Havalı Süspansiyon Hava Kullanımı		X			X					X		
Titreşim Genliği								X		X		
Şanzıman Askı (mount) Noktalarının Yeri											X	X
Üre Tüketim Değeri						X						
Yakıt Tankı Hacim Talebi						X						
Şasi Genişlik Bandı											X	X
Akü Tablasına Hava Tüpü Bağlama Stratejisi					X		X					
Şanzıman Hava İhtiyacının Ortak Sistemden Karşılansması				X	X							

	3	7	5	6	1	2	4	8	9	12	10	11
Hafif Jant Tasarımı	3											
Yeni 5. Teker		7									•	•
D-Mount Bağlama Stratejisi			5	•							•	•
Yeni 12 vitesli Otomatik Şanzıman Uygulaması			•	6							•	•
Alüminyum Hava Tüpleri					1	•	•				•	•
Entegre SCR ve Yakıt Tankı Tasarımı					•	2	•				•	•
Kompozit Akü Tablası					•	•	4				•	•
Yeni Anti-Roll Bar Braket Dizaynı								8	•	•	•	•
Yeni Ön Aks Dizaynı								•	9	•	•	•
Yeni Tam Havalı Süspansiyon Tasarımı								•	•	12	•	•
Yeni Şasi Bağlantı Noktaları		•			•	•	•	•	•	•	10	•
Yeni Şasi Tasarımı		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	11

Şekil 6.15: 3.tur görüşmeleri sonucu oluşan tasarım kuralları ve varsayımlar.

6.11 Organizasyon Bazlı YTM ve Yorumu

Organizasyon bazlı YTM, bileşen bazlı YTM için belirlenen varsayımlar ve ön çalışmalar için kullanılmıştır. 6 ve 1 arasındaki ilişki incelendiğinde şanzımanın duyduğu hava bağımlılığının özel tanktan ortak sisteme kaydırılması için öncelikle hangi ekiplerin bu konuya çalıştığına bakılması gerekmektedir. Bunun için ikinci anketteki ikinci bölüm üçüncü soru kullanılmıştır. 5 – 6 ve 1 – 6 etkileşiminin kesişimi

bize 1 – 6'nın ortak çalışma grubunu Şekil 6.16'da vermiştir. Bu ekipler şanzıman ve vites ekibi, şasi ekibi, fren hava sistemleri ekipleridir. Bu ekiplerin senaryo bazlı ortak çalışmaları sonucunda ortaya çıkan yeni hava hattı mimarisi Şekil 6.15'te öneri olarak sunulmuştur.

Çalışmada yaşanan eksiklik ise bu ekiplerin birbirine olan bağımlılığının anket içinde bazı bileşenler için detaylı gösterilememesidir. Bu sebeple üzerinde uzlaşmaya varılan bir matris ortaya çıkmamıştır. Ancak bileşen bazlı matris ile organizasyonel etkiler için ön gereklilikler görülmüştür. Bileşenlerle ilgili ekiplerin etkileşim ve şiddeti için fikirler vermektedir. Ürün mimarisi ile organizasyon ekiplerinin bağıntısı 6 ve 1 arasındaki bağıntıda görülmüştür. Bunlar aynı zamanda parametre ve aktivite bazlı bileşenler için de geçerlidir. Bileşenlerin geliştirme safhaları aktivite bazlı YTM'de, yapılan ürün tanımı ise parametreleri belirtir. Bunlar ağırlık, yakıt tüketimi vb değişkenler olabilir.

6.12 Bileşen Bazlı YTM ve Organizasyon YTM

YTM'den AHM'ye geçiş için 1,5 boyutta YTM örneği kullanılmış Şekil 6.16'da gösterilmiştir. 6 – 1 ve 5 – 6 arasındaki ortak çalışma kümesi bu çalışma ile görünür hale gelmiştir. Şasi, fren hava sistemleri ve şanzıman & vites ekipleri fiziki parça dizayn ekipleri iken, araç mimarisi ve geometrik entegrasyon araçtaki yerini ve diğer parçalarla boyutsal etkileşimini incelemekte, imalat ekibi montaj edilebilirliğine, ağırlık ve dayanım ekipleri getirdiği ağırlık avantajı ve ömür dayanımına, homologasyon ekibi teknik servis uygunluğuna, kalite ekibi ise müşteriden gelen kalite şikayetlerine de çözüm bulacak veya olan durumu kötüleştirmeyecek bir tasarım olmasını bu her iki için de ortakta kontrol etmektedir.

	5	6	1	Şasi Sistemi	Fren Hava Sistemleri	Fren Modülasyon	Havali Süspansiyon	Şanzıman ve Vites	Araç Mimarisi	Geo.Entegrasyon	İmalat	Ağırlık	Dayanım	Homologasyon	Kalite	Askı Sistemleri	Yakıt	EESE	NVH	Servis	Perf. ve Yakıt Eko.	Araç Dinamiği
D-Mount Bağlama Stratejisi	5	•														x	x	x	x	x	x	x
Yeni 12 vitesli Otomatik Şanzıman Uygulaması	•	6	•	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x							
Alüminyum Hava Tüpleri		•	1			x	x															

Şekil 6.16: Vaka 5-6-1 için yapılan 1,5 YTM.

Bu matrise bakılarak iki proje üzerinde ortak çalışan ekiplerin iş yükleri incelenip, hafifletme yapılabilir. Bileşen bazlı matriste otomatik şanzımana özel hava tüpünün silinme çalışması ile ortak çalışacak ekiplerin tamamı projenin geri kalanında

rahatlayacaktır. Ancak bunun için yine bir ön çalışma ile hava hattı mimarisi yardımcı hava tankları ile ortaklaşmalıdır. Bunun için de çalışacak ekipler, tasarımda çalışan ortak ekipler olmuştur.

6.13 Alan Haritalama Matris Yorumu

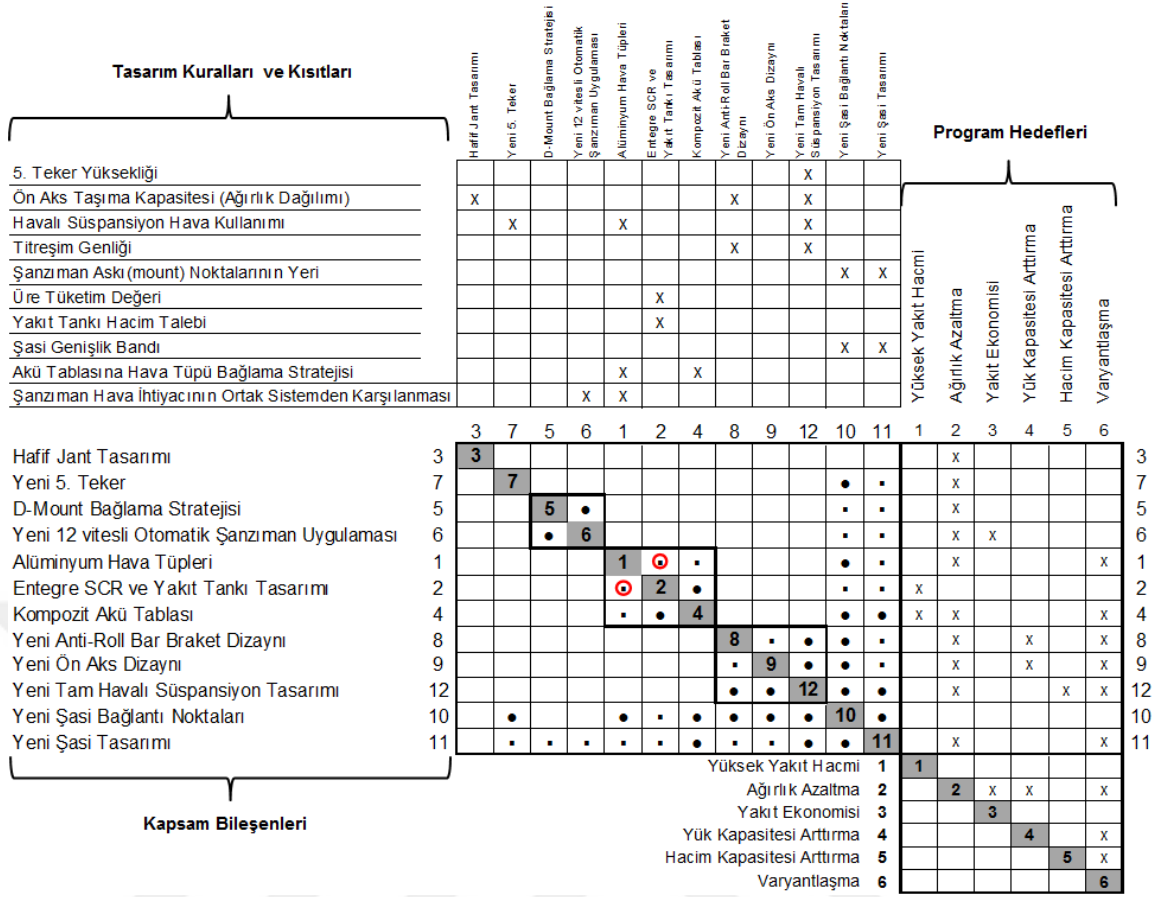
Projede beklentiler ve yapılanlar arasındaki bağıntıyı ölçmek için AHM kullanılmıştır. İhtiyaçlar x Bileşenler matrisleri Şekil 6.18'deki AHM ile görülebilir hale gelmiştir. Metodun amaçlarından biri olan takip, görünürlük ve etkileşimi farklı alanlar arasında sağlamak hedeflenmiştir. AHM'de, alınan aksiyonların karşılıkları;

1. Yüksek yakıt hacmi
2. Ağırlık azaltma
3. Yakıt ekonomisi
4. Yük kapasite arttırımı
5. Hacim kapasite arttırımı
6. Varyantlaşma (Çeşitlendirme)

alanlarında aranmıştır. Önce ihtiyaç matrisi çözümü yapılmış, Şekil 6.17 ardından matrisler birleştirilerek İhtiyaç x Bileşen AHM'si oluşmuştur. Matrise bakıldığında, çalışmalar ağırlık azaltma ve varyantlaşma üzerine yoğunlaşmış, yük kapasitesi yüksek araç ve hacim kapasitesi yüksek araç bu çalışma sonunda ortaya çıkmıştır. Değişikliklerden sadece şasi bağlantı noktaları hedeflenen ihtiyaçlarla eşleşmese de bileşen bazlı matriste görüldüğü üzere, modülerlik için etkilidir.

		Yüksek Yakıt Hacmi	Ağırlık Azaltma	Yakıt Ekonomisi	Yük Kapasitesi Arttırma	Hacim Kapasitesi Arttırma	Varyantlaşma
		1	2	3	4	5	6
Yüksek Yakıt Hacmi	1	1					
Ağırlık Azaltma	2		2	x	x		x
Yakıt Ekonomisi	3			3			
Yük Kapasitesi Arttırma	4				4		x
Hacim Kapasitesi Arttırma	5					5	x
Varyantlaşma	6						6

Şekil 6.17: Program hedefleri YTM'si.



Şekil 6.18: Vaka YTM ve AHM son çıktısı ardından birleştirilen fizibilite alan haritalaması.



7. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tezde amaçlanan proaktivite, bütünsel ve etkisel bakış, yöntemde belirtilen dört YTM tipi içinden bileşen bazlı matris ile sağlanmış, parametre ve ekip bazlı matrislerle de bütünleşik alan haritalamalar oluşturulmuştur. YTM metodunun ayırma ve entegrasyon analizlerinin sağladığı harici ve dahili bilgi etkileşimi ile karmaşıklık yönetimi sağlanmış ve modülerlik fırsatları matriste gruplama yönteminin uygulanması ile değerlendirilmiştir. Yeni durumda sistem daha anlaşılabilir ve geliştirmeye açık hale gelirken, ürün mimarisinde bileşen etkileşimi bazlı risklerin tanımlanmasına ve risk yanıt stratejilerinin oluşturulmasına olanak sağlanmıştır.

Risk yanıt stratejisinde önleme ve hafifletme stratejileri için uygun altyapı YTM ve AHM'ler ile sunulur hale getirilmiştir. Proje risk yönetiminde yaklaşım;

- Reaktiften proaktife,
- Noktasaldan bütünsel,
- Bağımsız bakıştan etkisel bakışa evrilmiştir.

En büyük yaratılan fark ise ardıl riskin sağlanan modülerlik ile yönetilip, bertaraf edilmesidir. Birbirine bağımlı bileşenler YTM'lerde görsel şemaya dökülmüş. Şemada köşegen altında görülen bileşenlerin neden olacağı yeniden çalışmalar ve modüler grupların ortaklaşa kullandığı bileşenler, hazırlanan ön çalışmalar ile değerlendirilmiş ve eklenen tasarım kuralları ile çözülerek riske önleme ile hafifletme stratejileri uygulanmıştır. Oluşturulan AHM ile belirlenen tasarım kurallarının, proje hedefi üzerindeki etkisi görünür kılınmış ve malzeme değişim fırsatı ile ağırlık azaltma için bir geliştirme, ortak hava kullanımı ile de yakalanan fırsata faydalanma stratejisi uygulanmıştır. Bu sonuca modüler gruplama ile tasarım yalınlaştırılması ve risk yanıtı oluşturulması denilebilir. Bu durum iterasyonları öngörülebilir hale getirmiştir. Ayrıca fizibilite aşamasında departmanlar arası uzlaşma platformu oluşturulmuştur. Etkileşimler bileşen ve hedef bazlı gösterilmiştir. Gerekli varsayım ve tasarım kuralları belirlenerek kapsam öncelikleri görülmüştür.

Uygulamada yaşanan eksiklikler ise çıktıyı detaylandırarak yapıda şirket ön verisinin olmaması ve katılımcıların riskin gerçekleşme olasılığı gibi detay konuları hiç çalışmamış olmalarıdır. Ekip katılımında gönüllülük usulü katılım olduğu için yaşanan aksaklıklar, çalışma metodunun şirket proje yönetimi protokolleri içinde

olmaması ve uzmanlık havuzunun da detaylandırılmamış olması çalışma kısıtları arasında gösterilebilir. Çalışma sonunda konu hakkında öneriler oluşmuştur. Katılım sorununu çözmek için, fizibilite çalışmalarına özel uzman 8 kişilik bir kadro oluşturulması ve yıllık hedef içinde ölçülmesi; şirket proje yönetim süreçlerine girerken proje müdürü ve mühendislik direktörünün de desteğinin alınması; uzmanlık sisteminin çalışmayı yönlendirecek detayda oluşturularak uzman grubunun yetenek havuzunda seçilmesi önerilmiştir.

Uygulamada öğrenilen, kapsam belirlenirken sorular ve görüşmeler için hazırlanan değişiklik havuzundaki genel tanımlardır. Çıkan sonuçta detay eksiklerine neden olmuştur. 10 ve 11. adımlardan tanımlar genel olduğu için tüm uzmanlar etkileşimin olacağı yönde görüş bildirmiştir. Ancak şasi tasarımı ve yeni bağlantı noktalarının alt detaylandırılması yapılmadığı için burada oluşturulacak modüler tasarım fırsatları kaçırılmıştır.

7.1 Yönetmel Çıkarımlar

YTM'nin oluşturduğu şema, uygulayıcılar için bir anlamlandırma matrisi olmuştur. Her soruna çözüm üretmemektedir ancak görsel yöntemiyle risk yanıt stratejisi uygulaması için kullanılabilir. Sürekli iyileştirmeye yardımcı olabilir.

Yöntem, proje yönetim tekniklerine bakılırsa kritik zincir proje yönetimi ile birbirini tamamlayan bir yapı olarak görünmektedir. Kritik zincirde proje yönetim ekiplerinin takibinde olan tampon rezerv, ekibe verilen uygun koşullardaki süre limitleri YTM ile öncesinde risk tanımlamalar yapılarak belirlenebilir ve uygulama ekipleri arasında da tampon rezervin kullanımını düşürecek risk yanıtları proaktif olarak proje başlangıç ve planlama aşamalarında belirlenebilir. Yani kritik zincir proje yönetiminde varsayımlar, kabul altına alınarak, reaktif tampon bütçe ve zaman ile yönetilirken, YTM analizi ile tampon miktarının da azaltılması veya ek aktivite gereksinimlerinin belirtilmesi sağlanacaktır.

7.2 Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Bu metodun bir adım öteye daha gitmesi, daha minimal riskler tespit edilirken, yakalanan fırsat sayısının da artması için en önemli koşul uzman grubunun tecrübesi ve seçimidir. Kurumlarda uzman gruplarının tecrübesi kısıtken, seçimi ise değildir. Seçimin daha iyi hale getirilmesi için mutlaka uzman yetenek havuzlarının oluşması metodu uygulayacak ekip için avantaj yaratacaktır. Bunun için katılımcı

yetenek havuzuna bağlı olan organizasyon odaklı YTM ile insan davranışlarının birleştirilmesi ve insanların yetenek puanlarına göre aktivite ve görevlerin planlanması gelecek çalışmalarda incelenebilecek konulardır. Davranışın ve yeteneğin bütünsel bakışa etkisi gelecekte çalışılarak, proje organizasyon yapılarında, hatta şirket yönetimlerinde yapılacak uygulamalar ardından değişiklik nerileri oluşturulabilir. Sürekli iyileştirme nerileri için sadece riski göz önünde bulundurmadan, fayda özelinde de çalışma yapılabilir.

Öte yandan, karar verme ve davranış biliminin etkilediği pazarlama sektöründe yapılacak bir çalışma metot, ürün-talep alan haritalamalarını sağlayabilir. Müşterinin sesi ile gelen verilerle, ihtiyaçların operasyonel tanımları birleştirilebilir.





KAYNAKLAR

- Abba, W. F.** (2000). How earned value got to primetime. *Project Management Institute Annual Seminars & Symposium*. Houston: Project Management Institute.
- APM.** (1997). *Project risk analysis and management (PRAM) guide*. The Association for Project Management.
- Aven, T.** (1992). Reliability and Risk Analysis. *Applied Science*.
- Bartlett, J.** (2004). *Project Risk Analysis and Management Guide*. APM Publishing Limited.
- Bell, T. E.** (1987). Performance engineering: doing it "later" on large projects. *CMG Transactions*, 75-81.
- Ben-David, I., & Raz, T.** (2001). An integrated approach for risk response development in project planning. *Journal of the Operational Research Society*, 14-25.
- Benek, Ö.** (2017). *Proje Yönetiminin Tarihi Gelişimi*. <https://omurbenek.com/2013/12/04/proje-yonetiminin-tarihi-gelisimi-3/> adresinden alınmıştır
- Bernstein, P. L.** (1996). *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk*. New York: John Wiley and Sons.
- Bondy, J. A., & Murty, U. S.** (1982). Graph Theory with Applications. L. Euler içinde, *Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis* (s. 51). Elsevier Science Publishing.
- Brady, T. K.** (2002). *Utilization of Dependency Structure Matrix Analysis to Assess Implementation of NASA's Complex Technical Projects*. Massachusetts: MIT.
- Browning, T. R.** (1996). Multi-Team Integration: Interdependence and Integrative Mechanisms. *Sixth Annual International Symposium of INCOSE*. Boston.
- Browning, T. R.** (1998a). Sources of Schedule Risk in Complex System Development. *Eight Annual International Symposium of INCOSE*. Vancouver.
- Browning, T. R.** (1998b). Use of Dependency Structure Matrices for Product Development Cycle Time Reduction. *Fifth ISPE International Conference on Concurrent Engineering*. Tokyo.
- Browning, T. R.** (1998c). *Modeling and analyzing cost, schedule and performance in complex system product development*. MIT.
- Browning, T. R.** (2000). *Using the Design Structure Matrix (DSM) for Process*. Fort Worth: Lockheed Martin Aeronautics Company.

- Browning, T. R.** (2001). Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 292-306.
- Browning, T. R.** (2012). Boeing UCAV Design Process Modeling and Simulation. T. R. Browning, & S. D. Eppinger içinde, *Design Structure Matrix Methods and Applications* (s. 179-186). The MIT Press.
- Browning, T. R.** (2013). *Design Structure Matrix (DSM) Methods and Applications for Naval Ship Design*. Office of Naval Research.
- Browning, T. R., & Eppinger, S. D.** (2001). *Modeling impacts of process architecture on cost and schedule risk in product development*. Forth Worth: Lockheed Martin Aeronautics.
- Clark, K., & Baldwin, C. Y.** (2000). *Design Rules: The power of modularity*. MIT Press.
- Clark, K., & Fujimoto, T.** (1991). *Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*. Harvard Business School Press.
- Clark, W.** (1922). *The Gantt Chart: A Working Tool of Management*. NY: Ronald Press.
- Companies Using Theory of Constraints Methods.** (2017, Mart). CCPM Consulting: <http://ccpmconsulting.com/companies-theory-constraints-methods/> adresinden alınmıştır
- Critical Chain.** (2017). March 2017 tarihinde Goldratt UK: http://www.goldratt.co.uk/resources/critical_chain/ adresinden alındı
- Danilovic, M., & Sandkull, B.** (2005). The use of dependence structure matrix and domain mapping matrix in managing uncertainty in multiple project situations. *International Journal of Project Management*, 193-203.
- Datta, S., & Mukherjee, S.** (2001). Developing a risk management matrix for effective project planning-an empirical study. *Project Management Journal*, 45-57.
- Dionne, G.** (2013). Risk Management: History, Definition and Critique. *Risk Management and Insurance Review*, 147-166.
- DOD.** (1963). *Preliminary Issue Supplement No.1 to DOD and NASA GUIDE PERT COST Output Reports*. Department of Defense.
- DoD, U.** (1968). MIL-STD-881. *DEPARTMENT OF DEFENSE STANDARD: WORK BREAKDOWN STRUCTURES (WBS) FOR DEFENSE MATERIEL ITEMS*. Department of Defense.
- Dunbar, N.** (2000). *Inventing Money: The Story of Long-Term Capital Management and the Legends Behind It*. Wiley.
- Eppinger, D. S., & Browning, R. T.** (2012). *Design Structure Matrix Methods and Applications*. Massachusetts: The MIT Press.
- Eppinger, S. D., & Salminen, V.** (2001). Patterns of Product Development Interactions. *International Conference on Engineering Design*. Glasgow.
- Eppinger, S. D., Whitney, D. E., Smith, R. P., & Gebala, D. A.** (1994). A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development. *Research in Engineering Design*, 1-13.

- Eppinger, S., & McCord, K.** (2012). General Motors Powertrain VB Engine Development. S. Eppinger, & T. R. Browning içinde, *Design Structure Matrix Methods and Applications* (s. 94-98).
- Ericson, C.** (1999). Fault Tree Analysis - A History. *Seventeenth International System Safety Conference*. Seattle: The Boeing Company.
- Ericson, C. A.** (2005). *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. John Wiley & Sons.
- Ford Jr, L. R., & Fulkerson, D. R.** (1956). Maximal Flow Through a Network.
- Gannon, M.** (2010). *Black May: The Epic Story of the Allies' Defeat of the German U-Boats in May 1943*. Naval Institute Press.
- Gantt, H.** (1903). *A graphical daily balance in manufacture*.
- Goldratt, E. M.** (1984). *The Goal*. The North River Press.
- Goldratt, E. M.** (1997). *Critical Chain*. The North River Press.
- Hatefi, M., Seyedhoseini, S. M., & Noori, S.** (2007). RISK RESPONSE ACTIONS SELECTION. *The International Journal of Applied Management and Technology*, 385-408.
- Hillson, D.** (2002). Extending the risk process to manage opportunities. *International Journal of Project Management*.
- Hippel, E. v.** (1990). Task Partitioning: An Innovation Process Variable. *Research Policy*, 407-418.
- IEC 61165.** (2006). *Application of Markov technique*. International Electrotechnical Commission.
- Joseph A. Donndelinger.** (tarih yok). *Information Flow and Decision-Making in Advanced Vehicle Development*. General Motors Research & Development Center.
- Kähkönen, K.** (2001). Integration of risk and opportunity thinking in projects. *Fourth European Project Management Conference*.
- Kähkönen, K., Tanhuanpää, V. P., & Leino, S.** (1997). *Design process analysis, optimization and management*. VTT Building Technology.
- Kelly, J. E., & Walker, M. R.** (1959). Critical-Path Planning and Scheduling. *AFIPS Joint Computer Conferences* (s. 160-173). Boston: Association for Computing Machinery.
- Klein, J. H.** (1993). Modelling Risk Trade-Off. *Journal of the Operational Research Society*, 445-460.
- Kujawski, E.** (2002). Selection of technical risk responses for efficient contingencies. *Systems Engineering*, 194-212.
- Kwak, Y. H.** (2003). *Brief History of Project Management*.
- Kwan, T. W., & Leung, H. K.** (2011). A Risk Management Methodology for Project Risk Dependencies. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 635-648.
- Machiavelli, N.** (1532). *Il Principe*.
- Malcolm, D. G., Roseboom, J. H., & Clark, C. E.** (1959). *Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation*. Washington D.C: US Navy.

- Marris, P.** (2016, Mayıs 12). *Critical Chain Project Management*. Paris, Fransa: Marris Consulting.
- Maurer, M.** (2007). *Structural Awareness in Complex Product Design*. Münih: Technischen Universität München.
- Maxwell, J. C.** (2002). *Your Road Map For Success: You Can Get There from Here*.
- Mazda Case Study.** (2017, Mart). Novaces: <http://www.novaces.com/mazda-ccpm.php> adresinden alınmıştır
- McNeil, A. J., Frey, R., & Embrechts, P.** (2005). *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools*. New Jersey: Princeton University Press.
- Mehr, R. I., & Hedges, B. A.** (1963). *Risk management in the business enterprise*.
- Mello, S.** (2001). Right Process, Right Product. *Research-Technology Management*, 52-58.
- Miller, R., & Lessard, D.** (2001). Understanding and managing risks in large engineering projects. *International Journal of Project Management*, 437-443.
- Novaces.** (2017, Mart). *About Critical Chain Management*. Novaces Web site: <http://www.novaces.com/about-critical-chain.php> adresinden alınmıştır
- (1945). *Origins of operational research in army*. London: The National Archives.
- Osborne, S. M.** (1993). *Product development cycle time characterization through modeling of process iteration*. dspace@MIT: <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/12381/29263603-MIT.pdf?sequence=2> adresinden alınmıştır
- Oxford Living Dictionaries.** (2017). [oxforddictionaries.com: https://en.oxforddictionaries.com/definition/risk](https://en.oxforddictionaries.com/definition/risk) adresinden alınmıştır
- Pimmler, T. U., & Eppinger, S. D.** (1994). Integration Analysis of Product Decompositions. *ASME Sixth International Conference on Design Theory and Methodology*. Minneapolis.
- PMBOK. (2008).** Project Management Institute.
- Pritzker, A.** (1966). *GERT: Graphical Evaluation and Review Technique*. Santa Monica: The Rand Corporation.
- Project Management Institute.** (2000). *A guide to the project management body of knowledge*. Project Management Institute.
- Rechtin, E.** (1992). The art of systems architecting. *IEEE Spectrum*, 66-69.
- Rushton, G., & Zakarian, A.** (2000). Modular vehicle architectures: A systems approach. *Tenth Annual International Symposium of INCOSE*, (s. 29-35).
- Smith, P. G.** (1999). Managing Risk as Product Development Schedules Shrink. *Research Technology Management*, 25-32.
- Steinherr, A.** (1998). *Derivatives the wild beast of finance: a path to effective globalisation*. Wiley.
- Steward, D. V.** (1981). The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71-74.

- Şahin, A. E.** (2001). EGITIM ARAŞTIRMALARINDA DELPHI TEKNİĞİ VE KULLANIMI. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 215-220.
- Taleb, N. N.** (2007). *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. Random House.
- TDK.** (2017, Mart). *Büyük Türkçe Sözlük*. Türk Dil Kurumu: http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.5a0656929f97c3.07515001 adresinden alınmıştır
- Thomas, R. J., & Worren, N.** (2000). Applying the dependency structure matrix to high-level organizational architectures. *Second MIT Design Structure Matrix Workshop*. Massachusetts.
- Turner, J. R.** (1992). *The Handbook of Project Based Management: Improving Processes for Achieving Your Strategic Objectives*. New York: McGraw-Hill.
- Tutte, W. T.** (2001). *Graph Theory*. Cambridge University Press.
- Woudenberg, F.** (1991). An evaluation of Delphi. *Technological Forecasting and Social Change*, 131-150.
- Zhang, Y., & Fan, Z.-P.** (2013). An optimization method for selecting project risk. *International Journal of Project Management*, 412-422.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Fevzi Murat Solmaz
Doğum Tarihi ve Yeri : 23.06.1990 - İstanbul
E-posta : fmuratsolmaz@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans : 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği
Yüksek lisans : 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Savunma Teknolojileri Programı