

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PROJE KARMAŞIKLIĞININ ÖLÇÜMLENMESİNE YÖNELİK BİR MODEL
ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi GÜRELER GÖNEN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PROJE KARMAŞIKLIĞININ ÖLÇÜMLENMESİNE YÖNELİK BİR MODEL
ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi GÜRELER GÖNEN

(507141209)

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayberk SOYER

HAZİRAN 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507141209 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ezgi GÜRELER GÖNEN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “Proje Karmaşıklığının Ölçümlemesine Yönelik Bir Model Önerisi” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Ayberk SOYER**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ayberk SOYER**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Umut ASAN

İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem KADAIÇI

Doğuş Üniversitesi

Teslim Tarihi : **3 Mayıs 2019**

Savunma Tarihi : **14 Haziran 2019**



ÖNSÖZ

Projelerde karmaşıklık yönetiminin ölçümlenmesi, proje yönetimi üzerinde önemli derecede etkisi olan ve projelerin daha etkin bir şekilde yönetilerek başarılı olmasına katkı sağlayacak önemli bir fonksiyondur. Bu çalışmada literatürde bu konuda yapılmış birçok araştırma ve uygulama incelenmiş, elde edilen karmaşıklık yönetim modelleri ile ilgili detaylı bilgi verilmiş ve yeni bir proje karmaşıklık ölçümleme modeli sunulmuştur.

Sürecin tamamında bana yol gösteren ve destek veren, bilgi ve tecrübeleri ile çalışmama ışık tutan, karmaşıklığın ölçümlenmesi konusunda farkındalığım ve bilgimin artmasını ve dolayısıyla proje yönetimi konusunda kendimi geliştirmemi sağlayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ayberk SOYER'e;

Okul ve çalışma hayatını birlikte bir uyum içinde devam ettirebilmem için desteğini esirgemeyen yöneticim Sayın Taner ADALATSEVER'e, gerçekleştirdiğim uygulamada değerli fikirleri ile bana destek olan sevgili Başak KURTARAN'a ve bu süreçte gösterdikleri hoşgörü için değerli çalışma arkadaşlarıma;

Çalışmam boyunca her zaman yanımda olan, beni cesaretlendiren ve manevi destek veren; bu süreci öğrenerek, aynı zamanda da eğlenerek geçirmemi sağlayan sevgili eşim Halil Emre GÖNEN'e;

Beni yetiştiren ve bu günlere gelmemi sağlayan, daima bana inanan ve hiç bir zaman desteğini esirgemeyen sevgili anneme, babama ve her zaman yanımda olan kardeşlerime teşekkürlerimi sunuyorum.

Mayıs 2019

Ezgi GÜRELER GÖNEN
(Endüstri Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. PROJE KARMAŞIKLIĞI	3
2.1. Proje Yönetimi ve Karmaşıklık Kavramı ile İlişkisi.....	3
2.2. Proje Karmaşıklığı Kavramının Tanımlanması	6
2.3. Proje Karmaşıklığı Kavramının Ölçülenmesi	14
3. PROJE KARMAŞIKLIĞI ÇERÇEVESİ İLE PROJE KARMAŞIKLIĞININ ÖLÇÜMLENMESİ.....	61
3.1. Proje Karmaşıklığı Ölçümleme Çerçevesi	61
3.1.1. Operasyonel karmaşıklık.....	63
3.1.2. Yönetimsel karmaşıklık.....	65
3.1.3. Organizasyonel karmaşıklık.....	67
3.1.4. Çevresel karmaşıklık.....	69
4. DİJİTAL BANKACILIK PROJELERİNDE PROJE KARMAŞIKLIĞININ ÖLÇÜMLENMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA	73
4.1. Metodoloji	73
4.1.1. Analitik ağ süreci	75
4.1.1.1. Model kurulumu ve problem yapılandırması.....	79
4.1.1.2. İkili karşılaştırma matrisi ve öncelik vektörleri	79
4.1.1.3. Süpermatris oluşturma	79
4.1.1.4. En iyi alternatifin seçilmesi.....	80
4.2. Uygulama	80
4.2.1. Veri toplama.....	81
4.2.2. Veri analizi	82
4.2.3. Sonuçlar ve değerlendirme.....	84
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR	93
EKLER.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	109



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Literatürde yer alan karmaşıklık tanımları.	8
Çizelge 2.2: Arıtılmış proje karmaşıklığı çerçevesi (Vidal ve diğ, 2011a).	23
Çizelge 2.3: Rollerin değerlendirilmesi için Crawford-Ishikura Faktör Tablosu (GAPPS, 2007).	26
Çizelge 2.4: İnşaat Sektörü Enstitüsü'ne göre bazı önemli karmaşıklık faktörleri ve ilişkili göstergeler (Dao ve diğ, 2016a).	27
Çizelge 2.5: Proje karmaşıklığına katkı sağlayan faktörler (Bosch-Rekvelde ve diğ, 2011).	30
Çizelge 2.6: Proje karmaşıklığına katkı sağlayan faktörler (Bosch-Rekvelde ve diğ, 2011).	33
Çizelge 2.7: TOE karmaşıklık çerçevesi alt boyutları (Bosch-Rekvelde ve diğ, 2011).	36
Çizelge 2.8: TOE karmaşıklık çerçevesi (Bosch-Rekvelde ve diğ, 2011).	36
Çizelge 2.9: Karmaşıklığın boyutları ve değişkenleri (Gerald ve diğ, 2011).	45
Çizelge 2.10: Karmaşıklık faktörleri için belirlenen yönetsel cevaplar (Maylor ve Turner, 2017).	54
Çizelge 2.11: Yapısal ve dinamik karmaşıklık elementleri örnekleri (Maylor ve diğ, 2008).	56
Çizelge 2.12: Haritalandırma Karmaşıklık Aracı için baz matris (Remington ve Pollack, 2007).	59
Çizelge 4.1: Proje karmaşıklığının ölçülenmesine yönelik çalışmalarda kullanılan yöntem ve araçlar	76
Çizelge 4.2: Karşılaştırmalı Proje Karmaşıklık Seviyeleri.	86
Çizelge 4.3: Temel Boyutların Önem Seviyeleri.	88
Çizelge 4.4: Alternatif Projelerin Karmaşıklık Seviyeleri.	88
Çizelge A.1: Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri Tablosu.	98



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Karmaşık bir projenin karakteristikleri (Remington ve Pollack, 2007).	9
Şekil 2.2: Karmaşıklığının boyutları ve alt boyutları (Williams, 1999).	11
Şekil 2.3: Görev ve Organizasyon ölçüm modeline göre proje karmaşıklığını etkileyen faktörler (Lu ve diğ, 2015).	18
Şekil 2.4: PCAM aracının kullanılabileceği proje zaman çizelgesi (Dao ve diğ, 2016a).	28
Şekil 2.5: Karmaşıklık ölçüm metodolojisi (Dao ve diğ., 2017).	29
Şekil 2.6: Karmaşıklık ölçüm hiyerarşisi (Dao ve diğ., 2017).	30
Şekil 2.7: Proje karmaşıklığı modeline ilişkin yol diyagramı (Qureshi ve Kang, 2014).	41
Şekil 2.8: Proje karmaşıklığı modeline ilişkin revize yol diyagramı (Qureshi ve Kang, 2014).	42
Şekil 2.9: Karmaşıklık çerçevelerinin tarihi gelişimi (Geraldı ve diğ, 2011).	44
Şekil 2.10: Karmaşıklık çerçevelerinin tarihi gelişimi (Maylor ve Turner, 2017). ...	50
Şekil 2.11: Karmaşıklık yönetimi süreç akışı (Maylor ve Turner, 2017).	53
Şekil 2.12: Karmaşıklık faktörleri (Maylor ve Turner, 2017).	54
Şekil 2.13: Algılanan yönetsel karmaşıklık boyutları (Maylor ve diğ, 2008).	56
Şekil 2.14: Projenin herhangi bir fazı başında oluşturulan karmaşıklık değerlendirme haritası (Remington ve Pollack, 2007).	60
Şekil 3.1: Proje karmaşıklığı ekosistemi.	61
Şekil 3.2: Proje karmaşıklığı çerçevesi.	63
Şekil 4.1: Super Decisions Yazılımı Üzerinde Karmaşıklık Boyutlarının Tanımlanması.	83
Şekil 4.2: Super Decisions Yazılımı Üzerinde İlişkilerin Tanımlanması.	85



PROJE KARMAŞIKLIĞININ ÖLÇÜMLENMESİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ

ÖZET

Karmaşıklık, etkileşim halinde bulunan çok sayıda ögeye sahip olmak şeklinde ifade edilmektedir. Proje karmaşıklığı ise proje sisteminde yer alan tüm elemanlar ve bunlar arasındaki ilişkiler ve bağımlılıklar olarak tanımlanabilir.

Proje yönetimi; proje entegrasyon yönetimi, kapsam yönetimi, zaman yönetimi, maliyet yönetimi, kalite yönetimi, insan kaynağı yönetimi, iletişim yönetimi, tedarik yönetimi ve risk yönetimi konularına odaklanmaktadır. Proje karmaşıklığı bu başlıkların hiçbiri altında değerlendirilemeyen; ancak projelerin başarılı bir şekilde yönetilmesi ve sonuçlanmasında önemli bir etkiye sahip olan farklı bir konudur. Dolayısıyla proje karmaşıklığının, farklı birçok açıdan değerlendirilmesi gereken bir proje yönetim boyutu olarak düşünülmesi ve proje yönetim sürecinde mutlaka dikkate alınması gerekmektedir.

Proje karmaşıklığının yönetilebilir hale gelmesi için proje sisteminde karmaşıklık yaratacak her bir faktörün ve etkilerinin net olarak tanımlanması ve ölçülmesi gerekmektedir. Tanımlanan faktörlerin etkin ve kolay bir şekilde ölçümlenebilmesi ancak faktörlerin sistematik bir şekilde bir araya getirilmesi yolu ile mümkün olmaktadır. Ayrıca bütünsel açıdan bakıldığında, bu yaklaşım, ilk bakışta tespit edilemeyen faktörlerin de ortaya çıkarılmasını mümkün hale getirmektedir. Bu sebeple proje karmaşıklığının ölçülmesine yönelik oluşturulmuş çerçeveler ve bu çerçevelerde yer alan boyutlar, proje karmaşıklığının tanımlanması ve ölçülmesi için kritiktir.

Bir projenin karmaşık olup olmadığına karar vermek başlı başına karmaşık bir konudur. Proje karmaşıklığı birçok farklı aksiyon ve durumun birbiriyle etkileşiminden meydana gelir, dolayısıyla etkilerinin değerlendirilmesi oldukça zordur. Karmaşıklık için sayısal bir ölçek ihtiyacı yok gibi görünse de projenin hangi kısımlarında karmaşıklığın yer aldığını tanımlamak proje başarısında ciddi bir etki yaratacaktır.

Karmaşıklığı tanımlarken “karmaşıklık”, “belirsizlik”, “risk” ve “zorluk” kavramlarını doğru bir şekilde tanımlamak ve ayırt etmek, gerçek karmaşıklık konularını belirleyebilmek için önemli bir ihtiyaçtır. Belirsizlik, sahip olunan limitli bilgi sebebiyle tahmin edilemeyen durumlardır. Risk ise, gerçekleşme olasılığı istatistiksel olarak belirlenebilen, gerçekleştiği durumda getireceği etkiler tahmin edilebilen faktörlerdir. Benzer bir diğer kavram ise zorluktur; zorluk anlaşılması, analiz etmesi ya da başa çıkması kolay olmayan faktörler için kullanılan bir kavramdır. Karmaşıklık kavramı bu üç faktörle de ilişkili, ancak üçünden de farklı bir kavramdır. Belirsizlik bilinmeyenlere, risk bilinmeyenlerle ilgili olumsuz sonuçlara odaklanırken, zorluk proje hedeflerine ulaşmadaki engellere odaklanır. Karmaşıklık ise projede var olan veya projeyi etkileyen, bilinen veya bilinmeyen durumlar, elemanlar, faktörler ve

bunlar arasındaki ilişki ve bağımlılıklara odaklanır. Belirsizlik, risk ve zorluk, karmaşıklık yaratabilecek faktörlerdir.

Karmaşıklığın ölçülmesi için genel yaklaşım, onu meydana getiren faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin göstergelere dayandırılarak ölçülmesi yönündedir. Karmaşıklığın doğru bir şekilde ölçülmesi kadar verimli bir şekilde ölçülmesi de önemlidir. Doğru bir ölçüm için kritik olan husus faktörlerin doğru bir şekilde belirlenmesidir. Verimliliğin sağlanabilmesi için ise belirlenen faktörlerin ilişkili gruplar altında birleştirilmesi esastır. Literatürde yer alan kaynakların hemen hepsinde karmaşıklık faktörleri, araştırmacının bakış açısı ve araştırma yapılan sektörlere göre benzer ancak farklılıklar içerecek şekilde gruplandırılmıştır. Bu yöntemle çalışmaların daha sistematik ilerlemesi ve faktörlerin daha kolay anlaşılması hedeflenmiştir.

Projelerde karmaşıklığı oluşturan temel boyutlar ve alt boyutlar oluşturulduktan sonra her bir boyut ve alt boyut ile ilişkili faktörler belirlenir. Bu faktörlerin ölçülmesi genellikle mümkün değildir. Faktörleri ölçümlemek ancak ve ancak faktörlerle ilişkilendirilebilecek göstergelerin belirlenmesi ile sağlanabilecektir. Göstergelerin belirlenmesiyle proje karmaşıklığı ölçümlenebilir hale gelir.

Proje karmaşıklığının ölçülmesi için literatürde mülakat, çalıştay, karmaşıklık haritalandırma aracı, CIFTER proje karmaşıklık ölçüm aracı, simülasyon modeli, Delfi metodu, analitik hiyerarşi prosesi, yapısal eşitlik modellemesi, PCAM - proje karmaşıklığı değerlendirme ve yönetme aracı, CAT - karmaşıklık değerlendirme aracı, anket ve istatistiksel analiz gibi yöntem ve araçlar kullanılmıştır. Bu sayede projelerde daha karmaşık olan faktörler daha az karmaşık olan faktörlerden ayırt edilir. Tanımlanan ve önem derecesi belirlenen karmaşıklık faktörlerine uygun yönetim stratejilerinin uygulanması, ilgili değişkenlerin sebep olabileceği düşük proje performansının gerçekleşme olasılığının azaltılması konusunda organizasyonlara yardımcı olacaktır.

Bir projedeki karmaşıklığın uygun bir şekilde yönetilebilmesi için mümkün olan en erken aşamada tanımlanması çok önemlidir. Proje başlamadan önce karmaşıklığın ölçülmesi, kritik karmaşıklık faktörlerinin ve bu faktörlerin olasılık ve etkilerinin ortaya konmasını sağlar. Proje karmaşıklığını etkileyen faktörler ve olası etkiler belirlendikten sonra, proaktif bir proje yönetimi yaklaşımı ile uygun proje yönetim stratejileri geliştirilebilir ve proje karmaşıklığı ile başa çıkılabilir. Bu sayede, projenin başında, başarılı bir karmaşıklık yönetimi için gerekli önlemlerin alınması sağlanır. Bunun yanı sıra, proje karmaşıklığının daha iyi anlaşılmasını sağlamak adına proje gelişim sürecinin tüm evrelerinde karmaşıklığı ölçmek ve karmaşıklığı yönetmek için stratejiler belirlemek; projelerin etkin ve ekonomik bir şekilde planlanması, uygulanması ve yönetilmesine olanak sağlayacaktır.

Bu çalışma projelerde karmaşıklığın ölçülmesine yönelik yeni bir model oluşturarak proje yönetim süreçlerine katkı sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında proje karmaşıklığı ile ilgili literatürde yer alan araştırmalar incelenmiş, proje karmaşıklığına yönelik yapılan tanımlar, proje karmaşıklığını etkileyen faktörler ve bu faktörlere yönelik yapılan sınıflandırmalar, oluşturulan boyutlar, karmaşıklık ölçüm araçları ve proje karmaşıklığı ölçülmesine yönelik uygulamalar araştırılmış ve proje karmaşıklığının ölçülmesine yönelik yeni bir model önerisi sunulmuştur. Sunulan model, dijital bankacılık projelerinde karmaşıklığın ölçülmesine yönelik bir uygulamada kullanılmıştır. Uygulama ile ele alınan projelerin karmaşılaşmasına en çok katkı sağlayan temel faktörler ve alt faktörler belirlenmiş ve projelerin karmaşıklık seviyeleri kıyaslanmıştır. Projeyi

yönetmeyi karmaşık hale getiren unsurların ne olduğunu anlamak ve proje yönetimi için ortak bir anlayış sağlamak, hem akademik çalışmalara hem de proje uygulayıcılarına projeleri yönetmeyi karmaşıklaştıran unsurların nasıl yönetileceği konusunda yardımcı olacaktır.





A PROPOSAL FOR MEASURING PROJECT COMPLEXITY

SUMMARY

Complexity is defined as the state of having a lot of items that interact with each other. Project complexity, on the other hand, can be defined as the sum of all elements in a project ecosystem and their relations and dependencies with each other.

Project management is primarily focused on project integration management, scope management, time management, cost management, quality management, human resources management, communication management, supply management, and finally risk management subjects. Project complexity, however, does not belong to any of the aforementioned subjects, but has a crucial role in managing and finalizing the projects. Therefore, project complexity should be evaluated based on many different dimensions and it must be considered in the project management process.

In order to manage project complexity, each and every factor, and their direct or indirect effects that could cause a complication, needs to be clearly defined and measured. Only by gathering the defined factors systematically one can measure them effectively and easily. Furthermore, by looking at the big picture, some factors that cannot be recognized at first sight can be revealed. For this reason, frameworks that are created to measure project complexity and the dimensions in these frameworks are of great importance in defining and measuring the project complexity.

Deciding whether a project is complex or not is a complex task on its own. Project complexity is caused by many different actions and states that interact with each other, which results in a difficult evaluation process. Even though it seems like there is no need for a quantitative scale for project complexity, describing where complexity is in a project is very critical for a project to succeed.

When describing complexity, an important requirement in finding the true complexity subjects, is the ability to identify “complexity”, “ambiguity”, “risk” and “difficulty” in a correct manner. Ambiguity is defined as unpredictable situations and consequences due to limited knowledge. Risk, on the other hand, is a factor, whose probability of occurrence can be statistically defined and the consequences that come along can be predicted. A similar concept is difficulty, which can be defined as factors that are hard to understand, analyze or deal with. Complexity is related to all three of these factors, but it is as well different from these factors. Ambiguity focuses on uncertainties, risk focuses on negative consequences of these uncertainties and difficulty focuses on the obstacles while reaching to the goal of the project. Complexity focuses on the known or unknown elements that are in the project and known and unknown factors that affects the project and their relations with as well as dependencies to each other.

General approach to measure complexity is identifying the factors that generate complexity and measuring these based on indicators. Measuring complexity effectively is just as important as measuring it correctly. The key to correct measuring is the identification of the factors correctly. Unifying the factors under the related

groups are necessary to provide effectiveness. Almost in every resource in the literature, complexity factors are grouped differently based on the researcher's perspective and the related sector. Making the factors easy to understand and carrying out the research systematically is the main goal of this approach.

After identifying the main dimensions and sub-dimensions that generate complexity in projects, factors related to main and sub-dimensions are defined. Measuring these factors is not possible generally. Only by determining the indicators that are related to these factors, one can measure these factors. By only determining the indicators, project complexity becomes a measurable value.

In the literature, different tools and methods were used for measuring the project complexity, such as, interviews, workshops, Mapping Complexity Tool, CITER Project Complexity Measurement Tool, System Dynamics Simulation Model, ProjectSim Simulation Software, Delphi Method, Analytic Hierarchy Process, Analytic Network Process, Structural Equation Modelling, PCAM – Project Complexity Assessment and Management Tool, CAT – Complexity Assessment Tool, Survey and Statistical Analysis. Thanks to measuring complexity, more complex factors can be differentiated from less complex ones. Applying the correct management strategies to the factors whose definitions and importance are known, helps the organizations to reduce the possibility of realization the low project performance caused by the complex factors.

In order to manage project complexity adequately, defining it on the early stages is of high importance. Measuring project complexity before the project begins provides the critical factors, their probabilities, and effects. After the factors that generate project and their possible effects is determined, a suitable strategy could be provided by a proactive project management approach and project complexity could be dealt with. Through this, necessary precautions are taken to successfully manage the complexity. Measuring project complexity and establishing strategies to manage project complexity ensures us to plan, manage, and apply projects effectively and economically, not just at the beginning but in every stage of the project development process.

This study aims to contribute to the complexity measurement by proposing a new model. In the scope of work, studies in the literature are explored, the definitions which were made for the project complexity, the factors which effect the project complexity and classifications which were done for these factors, created dimensions, complexity measurement tools and applications were investigated. After that, a new model for measuring project complexity was provided. According to this new model, main dimensions that affect project complexity are decided as operational complexity, managerial complexity, organizational complexity and environmental complexity. Operational complexity includes the work based complexity factors such as the difficulty of achieving goals or priorities between work pieces. Managerial complexity includes human related factors of projects such as relations between team members or dependencies between tasks. Organizational complexity uses organizational factor as base, such as organization's strategy, technologies which the organization have, organizational structure, etc. On the other hand, environmental complexity effects projects from outside of the project's organization. It includes the micro environment factors from the perspective of stakeholders, customers, partners, suppliers such as number of stakeholders, emergent technologies, competition, etc. and macro environment factors such as of governmental issues, laws, climate, economic conditions of the country or the world. Number of sources, interactions between

sources, unpredictable weather conditions, uncertainty, etc. are the examples for environmental complexity factors. This model was used to measure complexity in digital banking projects. Factors and sub factors of model are dependent variables and affect each other. So, ANP is used to mark the dependencies between variables of model. After collecting data, thanks to Super Decisions Software Program, the data is evaluated. Due to the application, the main factors and sub-factors which contribute to the complexity of projects were determined and complication levels of the projects are compared. The most important main complexity dimension is managerial complexity according to results. It represents the human related complexity such as personal calendars, convergent tasks, human relations, etc. Environmental complexity, operational complexity and organizational complexity dimensions follow managerial complexity, respectively. Results also show the importance of sub factors for each main dimension. So; operational newness, variability and uncertainty is the most important complexity factor for the operational complexity, which refers to uncertainties in scope, uncertainties in objectives of the project, uncertainties in methods, procedures, lack of know-how, scope changes, demand changes, new technologies, new technics, etc. Operational variety and size follows it. Managerial risks are the most important complexity factor for the managerial complexity, which refer to the human related things that could affect project negatively. Managerial newness, variability and uncertainty follows it. Organizational newness, variability and uncertainty is the most important complexity factor for the organizational complexity, which refers to the uncertainties in vision, mission, organizational objectives, performance measurement, change in technologies, processes or new organizational structure. Organizational variety and size follows it. Environmental risks are the most important complexity factor for the environmental complexity, which refer to the environment related things that could affect project negatively. Environmental variety and size, environmental relationships and interactions, environmental changeability and uncertainty follow environmental risks with the same points.

Complexity is important for not only the project execution process, but also the strategic choices, process choices, decision of required managerial capacity, decision of required managerial ability, problem definition, etc. To discover and understand the things that make complex to manage projects' complexity and ensuring a common language for it, will help both academicians and project practitioners to get how to manage the complex projects.



1. GİRİŞ

Proje, bir probleme çözüm bulmak ya da bir fırsatı değerlendirmek amacıyla değişim yaratmayı hedefleyen, belirli bir zaman hedefi ve belirli bir bütçe dâhilinde gerçekleştirilen çalışmadır. Her projenin bir hedefi ya da hedefleri vardır. Gelişen ve değişen dünyada çağa ayak uydurmak ve rekabette yer alabilmek için projeleri etkin bir şekilde yönetmek gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Proje yönetimi, projenin kaynakları ve kısıtları dâhilinde mümkün olan en iyi çıktıları sunabilmek, yüksek kaliteli ürün ve hizmet sağlayabilmek için oldukça kritiktir. Başarılı bir proje yönetimi içinse projenin açıkça bilinen elemanlarının yönetimi kadar, risk, belirsizlik gibi kolay öngörülemez ancak projenin hedeflerine ulaşmasında önemli rol oynayan faktörlerin de yönetilmesi gerekmektedir. Proje karmaşıklığı da projelerin başarılı ya da başarısız sonuçlanmasında etkin bir rol oynayan ve hedeflerin zamanında gerçekleştirilmesi için mutlaka özel olarak yönetilmesi gereken bir faktördür.

Proje karmaşıklığı proje hedeflerini başarma konusunda önemli zorluklara yol açabileceğinden, proje yönetimi sürecinde oldukça kritiktir. Bu sebeple proje yönetiminde yer alan her bireyin proje karmaşıklığının ne olduğu ve elemanlarının nasıl tanımlanacağı, ölçümleneceği ve yönetileceğini anlaması çok önemlidir.

Proje karmaşıklığının belirlenmesi ve ölçülmesi konusunda yapılan çalışmalar, karmaşıklık ile ilgili konuları adresleyebilme hususunda insanların kabiliyetlerini artıracak modeller ve yöntemler önermekte ve proje yönetiminde rol alan bireylerin zaman, maliyet ve kapsam ile ilgili konulardaki rollerine dikkat çekmektedir. Proje karmaşıklığının tanımlanması ve büyüklüğünün belirlenmesi, projenin başarılı bir şekilde tamamlanması için engel teşkil edebilecek önemli bir faktöre yönelik önlemler alınmasına fırsat sunar. Özellikle erken aşamalardan itibaren yapılan karmaşıklık ölçümleri; projelerde uygun stratejiler ile ilerlemek, en elverişli yöntem ve araçları tercih etmek, en doğru tecrübe ve yetkinlikteki çalışanlarla süreci yürütmek veya çalışanları ihtiyaçlar doğrultusunda eğitimlerle destekleyerek yetkinleştirmek aracılığıyla projelerde başarıya ulaşılmasında etkin rol oynar.

Proje karmaşıklığını ölçümlemek için mevcut bir takım yöntemler olmasına rağmen her yöntemin limitleri vardır ve proje karmaşıklığını kendi kriterlerine göre değerlendirir. Öte yandan, karmaşıklık ölçülenmesi için oluşturulan modellerin hemen hepsi sektör bağımsızdır; her sektörde gerçekleştirilen her tipte proje için kullanılmaya uygundur. Bunun anlamı, proje karmaşıklığı ile ilgili çalışmalarda ortak bir dil yakalamanın mümkün olmasıdır. Bu da, mevcut çalışmalarda belirlenmiş proje karmaşıklık faktörlerini ve ortaya konmuş çerçeveleri sentezlemeye uygun bir ortam sağlamaktadır. Bu sayede proje karmaşıklığının ölçülenmesine yönelik literatürde yer alan kaynakların çok büyük bir kısmı konu ile ilgili çalışmalara girdi teşkil edebilmektedir.

Bu çalışmada literatürde proje karmaşıklığını tanımlamak ve ölçümlemek için yapılan akademik araştırmalar incelenmiş ve proje karmaşıklığını etkileyen temel faktörleri ölçmeye yönelik yeni bir çerçeve oluşturulmuştur. Oluşturulan çerçeve dijital bankacılık projelerinde yapılan bir uygulama ile proje karmaşıklığının ölçülenmesinde kullanılmıştır.

2. PROJE KARMAŞIKLIĞI

2.1. Proje Yönetimi ve Karmaşıklık Kavramı ile İlişkisi

Organizasyonlar gerçekleştirdikleri işleri projeler veya rutin operasyonlar aracılığıyla gerçekleştirmektedir. Aslında operasyonlar ve projeler, insanlar tarafından gerçekleştirilmesi, sınırlı kaynaklara sahip olması, planlanması, uygulanması, kontrol altında tutulması gibi birçok ortak karakteristiğe sahiptir. Aralarındaki temel fark ise operasyonların sürekli ve tekrarlı olması karşılığında projelerin geçici ve tek olmalarıdır. Bu bakımdan proje, tek ve özel bir ürün ya da hizmet oluşturmak amacıyla geçici süreli sarf edilen çabadır (PMI Standards Committee, 2004). Projeler genellikle organizasyonların stratejik planlarını başarabilmeleri için kullanılırlar. Organizasyonların tüm seviyelerinde yer alabilir; tek bir insan ya da binlerce insan tarafından gerçekleştirilebilir; birkaç hafta ya da yıllarca sürebilir; organizasyonunun tek bir birimi ya da birden fazla organizasyonu içerebilirler. Tüm bu sebeplerden dolayı projelerin dikkatli bir şekilde yönetilmeleri gerekmektedir.

Proje yönetimi, projenin gerekliliklerinin yerine getirilmesi için projenin aktivitelerine çeşitli bilgi, yetkinlik, araç ve tekniklerin uygulanmasını gerektirir (PMI Standards Committee, 2004). Cerdeiral ve Santos (2019) projelerde kalite ve performans hedeflerinin başarılması için ve kusurlar, zaman çizelgeleri, kaynaklar, maliyet kısıtları ile ilgili hedeflere ulaşılabilmesi için proje yönetimine ihtiyaç duyulduğunu vurgulamıştır. Proje yönetimi başlangıç, planlama, uygulama, kontrol ve kapanış süreçlerinin başarılı bir şekilde gerçekleşmesini sağlar. Projelerde genellikle kapsam, zaman, maliyet ve kalite, vb. rekabete yönelik talepler, farklı beklentileri ve ihtiyaçları olan paydaşlar ve tanımlanan gereklilikler/hedefler üzerine çalışılır.

PMBOK'a göre (2004) proje yönetimi dokuz farklı sürecin yönetilmesine odaklanmaktadır (PMI Standards Committee, 2004):

- **Proje entegrasyon yönetimi:** Projenin çeşitli elementlerinin düzgün bir şekilde koordine edilmesini sağlayacak proje yönetim sürecini tanımlar.

- **Proje kapsam yönetimi:** Projeyi başarılı bir şekilde tamamlamak için gerekli olan tüm işlerin ve sadece “gerekli olan” işlerin proje dâhilinde tutulmasını sağlayacak proje yönetim sürecini tanımlar.
- **Proje zaman yönetimi:** Projenin zamanında tamamlanmasını sağlayacak proje yönetim sürecini tanımlar.
- **Proje maliyet yönetimi:** Projenin, sunulan bütçe ile tamamlanmasını sağlayacak proje yönetim sürecini tanımlar.
- **Proje kalite yönetimi:** Projede amaçlanan ihtiyaçların tatmin edici bir şekilde giderilmesini sağlayacak proje yönetim sürecini tanımlar.
- **Proje insan kaynağı yönetimi:** Projeye dâhil olan insanların en etkili şekilde kullanılmasını sağlayacak proje yönetim sürecini tanımlar.
- **Proje iletişim yönetimi:** Proje bilgisinin zamanında ve uygun şekilde üretilmesini, toplanmasını, yayılmasını, depolanmasını ve son haline getirilmesini (düzenlenmesini) sağlayacak proje yönetim sürecini tanımlar.
- **Proje risk yönetimi:** Proje risklerinin tanımlanması, analiz edilmesi ve cevap oluşturulması konuları ile ilgili proje yönetim sürecini tanımlar.
- **Proje tedarik yönetimi:** Proje ile ilgili organizasyon dışından sağlanan araç ve hizmetlerin edinilmesi ile ilgili proje yönetim sürecini tanımlar.

Bu temel süreçlerin yanında literatürde proje yönetimini içeren hemen hemen tüm kaynaklarda yer alan farklı kavramlar yer almaktadır: karmaşıklık, zorluk, belirsizlik, vb. Bahsedilen kavramlar genellikle birbirleri ile karıştırılmakta ve birbirleri yerine kullanılmaktadır; ancak doğru bir yönetim için bu kavramların birbirinden ayrıştırılması gerekmektedir. *Karmaşıklık*, birden fazla farklı öge ve bunların ilişkilerinden kaynaklanan bir olgudur. *Belirsizlik*, birçok sonucun gerçekleşebileceği durumlarda sahip olunan limitli bilgi sebebiyle sonucun öngörülememesi durumudur. *Proje zorluğu* ise proje takımının uzmanlığına dayalı bir kavramdır. Belirsizliğin risk doğurması sebebiyle belirsizlik yönetimi, proje yönetiminde genellikle proje risk yönetimi altında dikkate alınmaktadır. Proje zorluğu, proje yönetiminin her sürecini etkileyebilecek, proje başarısı için önemli bir faktördür. *Karmaşıklığın*, risk, belirsizlik ya da zorluk kavramlarından farklı bir kavram olması sebebiyle, karmaşıklığın projeleri etkileyen farklı bir faktör olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

PMBOK’a göre (2004) proje yönetimindeki birçok süreç doğası gereği sıralıdır (PMI Standards Committee, 2004). Ancak, Bertelsen (2004)’e göre projelerin doğasında

sıralanmışlık ve doğrusallık olduğu algısı temel bir hatadır. Bu bakış açısı baz alınarak, projelerin, karmaşıklık düzeyleri arttıkça, doğrusal olmayan bir düzende dinamik olarak algılanmaları gerekir.

Karmaşıklık bir risk kaynağı olarak tanımlanabileceği gibi bir fırsat kaynağı olarak da tanımlanabilir. Proje risk yönetimi, bilinmeyen olayların veya bilinen olayların bilinmeyen sonuçlarının, proje üzerindeki etkilerini ölçmeye çalışır. Proje karmaşıklığı ise projenin bilinen karakteristiklerine ve bunların birbirlerini nasıl etkilediklerine odaklanır. Proje karmaşıklığı ile ilgili doğru yönetim stratejilerinin kurulabilmesi, karmaşıklık kavramı ile risk ve belirsizlik kavramlarının doğru ayrıştırılması ile doğrudan ilişkilidir (Lu ve diğ, 2015).

Baccarini (1996) yaptığı çalışmada gözlemlerine göre proje yöneticilerinin, proje yönetimi ile ilgili konular hakkında tartışırken genellikle projelerini “basit” ya da “karmaşık” şeklinde tanımladıklarını ifade etmiş ve bu gözlemden hareketle, karmaşıklık konusunun, proje yönetiminde bir fark yarattığı çıkarımında bulunmuştur. Karmaşık projeler basit projelere göre daha üst seviye bir yönetime ihtiyaç duyarlar. Bu sebeple sıradan projeler için geliştirilmiş geleneksel proje yönetim teknikleri karmaşık projeler için yetersiz kalacaktır. Tüm bu söylemler sonucu proje yönetiminin karmaşıklık yönetimi ile ilişkili olduğu sonucuna varılabilir. Baccarini (1996) proje yönetimi sürecinde karmaşıklık yönetiminin önemli olduğunu şu gerekçelerle açıklamıştır: Proje karmaşıklığı,

- Planlama, koordinasyon ve kontrol gerekliliklerinin belirlenmesinde etkilidir.
- Büyük projelerde hedeflerin açıkça görülmesini engeller.
- Uygun proje organizasyon şeklinin seçilmesi için önemli bir ölçüttür.
- Proje girdilerinin belirlenmesinde rol oynar. Örneğin, proje yönetiminde rol alacak kişilerin deneyim gereksinimleri karmaşıklık seviyesine göre farklılık gösterebilir.
- Uygun proje tedarik anlaşmalarının seçiminde bir ölçüt olarak kabul edilebilir.
- Projenin zaman, maliyet ve kalite hedeflerine etki eder. Proje karmaşıklığı arttıkça proje için gerekli zaman ve maliyet artacaktır.

Her proje kendine özgüdür, çünkü mutlaka hedef, kaynak ve çevre parametrelerinden en az bir tanesi farklılık gösterir. Bu durum, proje yönetimini daha da karmaşık hale getirmektedir. Proje karmaşıklığı durmadan büyümekte ve modern proje yönetimini

desteklemek için daha iyi anlaşılmalı ve ölçümlenmeye ihtiyaç duymaktadır (Vidal ve diğ., 2011a). Proje karmaşıklığının doğru bir şekilde belirlenmesi, ölçümlenmesi ve yönetilmesi, başarılı bir proje yönetimine büyük oranda katkı sağlayacaktır.

2.2. Proje Karmaşıklığı Kavramının Tanımlanması

Sözlük tanımına göre karmaşıklık, içinde farklı türden birçok öge bulunan bir kavramdır. Literatürde sıkça kullanılan tanımlar ise en basit haliyle karmaşıklığı “etkileşim halinde bulunan çok sayıda ögeye sahip olma karakteristiği” şeklinde açıklamaktadır. Ancak araştırma konusu olarak ele alındığında karmaşıklık kavramı için yapılan bu tanım yetersiz kalmaktadır. Birçok bilim insanı karmaşıklığı kendi alanlarına göre farklı şekillerde tanımlamış ve mutabık kalınan bir tanım henüz ortaya çıkmamıştır.

Karmaşıklık teorisi genellikle, özel bir alanda (doğa bilimi, biyoloji, ekosistem, bilgisayar bilimi, insan toplumu, finansal pazar, vb.) sistemin ne kadar karmaşık olduğunu tanımlar ve sistemdeki elemanlar arasındaki etkileşimi inceler (Dao ve diğ., 2017). Karmaşıklık teorisi ile ilgili önerilen çok fazla sayıda tanım olmasına rağmen, genel olarak kabul gören bir tanım henüz bulunmamaktadır (Chu ve diğ., 2003). Dao ve diğ. (2017) yılında yaptıkları çalışmada literatüre göre tüm projelere uygulanabilecek standart bir karmaşıklık tanımı olmadığını belirtmiştir.

Standart bir tanım olmadığı sürece, karmaşıklık, sonuçları tahmin edilemeyen, detayları tam olarak anlaşılamayan ya da bunlar dışında normal dışı olarak algılanan sayısız durumdan birini içeren projeler için, kapsamlı bir faktör olarak algılanır. Proje uzmanları ve takımları bir projenin karmaşık olup olmadığını sezgileri ile hissedebilirler. Ancak karmaşıklığın sebepleri çok çeşitli olabilir ve takımın/kişilerin deneyimleri, kaynakların elverişliliği, paydaşların düşünceleri ve objektif ya da sübjektif farklı birçok kaynağa bağlı olabilir. Ek olarak, karmaşıklık algısı birçok proje faktörü ile şiddetlenebilir ve aktif olarak yönetilemediği durumlarda proje çıktılarında negatif etkilere sebep olabilir. Tüm bunları adreslemek için proje karmaşıklığı sadece projenin fiziksel özellikleri (malzemenin türü, malzemelerin miktarı, sistemlerin sayısı, tesis teknolojisi, vb.) ile değil, proje yönetimi ile ilgili konularla da (proje takımı ara yüzleri, lojistik, izinler, vb.) ilişkili olarak tanımlanmalıdır. Bu doğrultuda Dao ve diğ. (2016b) proje karmaşıklığının, değişkenler ve ara yüzler arasındaki ilişkilerin

derecesi ve bu ilişkilerin öngörülebilirlik ve işlevsellik üzerindeki önemli etkisi olduğunu ifade etmişlerdir.

Cicmil ve diğ. (2009) karmaşıklığı “planlama ve kontrol uygulamalarının kararlaştırılmasına yardımcı olan, amaç ve hedeflerin tanımlanmasını engelleyen bir faktör ya da projenin zaman, maliyet ve kalitesini etkileyen bir faktör” olarak tanımlamışlardır. Wood ve Ashton (2015) ise proje karmaşıklığını “proje çıktılarını başarmak için alınan standart cevapları/aksiyonları etkileyen faktör veya faktörlerin birleşimi” olarak tanımlamıştır. Vidal ve diğ. (2011a) proje karmaşıklığını “proje sistemi ile ilgili kabul edilebilir bir bütünlükte bilgi verilmiş olsa dahi, projenin tüm hareketlerinin anlaşılmasını, öngörülmesini ve kontrol altında tutulmasını zorlaştıran bir özellik” olarak tanımlamış ve karmaşıklığı değerlendirmenin önemini altını çizmişlerdir. Xia ve Chan (2012), proje karmaşıklığı kavramını projenin birbirine bağlı kısımlarından kaynaklanan doğal proje özelliği olarak; Brockmann ve Grimscheid (2007) ise karar verme noktalarındaki bolluğun (fonksiyonlardaki farklılık), ilişkililiğin ve sıralı etkilerin derecesi olarak tanımlamıştır.

Lu ve diğ. (2015) karmaşıklığın tanımlaması zor olan, ancak ölçülmesi daha da zor olan bir kavram olduğunu ifade etmiştir. Karmaşıklığı tanımlanması zor bir kavram yapan en temel unsur, aslında karmaşıklığı oluşturan kavramların da açıklanması, tahmin edilmesi ve ölçülmesinin zor olmasıdır. Dao ve diğ. (2017) proje karmaşıklığını oluşturan elemanların tanımlanmasının önemini vurgulamış, proje karmaşıklığını “proje elemanlarının tanımlanma derecesi, proje elemanları arasındaki ilişkiler ve proje kararları üzerindeki önemli etkiler” şeklinde ifade etmiştir. Literatürde yer alan başlıca karmaşıklık tanımları Çizelge 2.1’de yer almaktadır.

Reminton ve Pollack (2007), karmaşık bir projenin, karmaşık uyarlanabilen bir sistem olduğunu belirtmiş ve karmaşık bir projenin temel özelliklerini Şekil 2.1’deki gibi özetlemiştir: hiyerarşi, iletişim, kontrol, aniden belirme, faz geçişleri, doğrusal olmama, adapte olabilirlik ve önceki durumlara bağımlılık konusunda hassasiyet. Bu özellikler, sistemlerin karmaşık olması sebebiyle ortaya çıkmaktadır ya da bu özelliklerin ortaya çıkması sistemleri karmaşıklaştırmaktadır. Kişiler, süreçler ve sistemler arasındaki hiyerarşinin fazla ya da az olması, sistemdeki elemanlar arası veya sistem ile çevredeki elemanlar arası bilgi akışı ve iletişim karmaşıklığını etkiler. Kontrol, sistemi bir arada tutan unsur olup; sistemlerin varlığının ve sistemdeki ilişkilerin stabil olması, kontrol sayesinde mümkün olmaktadır. Bu sebeple, kontrol

seviyesi karmaşıklık üzerinde son derece etkilidir. Benzer şekilde, bir sistemin karmaşık olması da sistemin kontrol edilebilirliğini etkilemektedir.

Çizelge 2.1: Literatürde yer alan karmaşıklık tanımları.

	Kaynak	Tanım
1996	Baccarini	Etkileşim halinde bulunan çok sayıda ögeye sahip olma karakteristiği
1996	Gidado	Birleştirilmesi gereken çok sayıda farklı sisteme sahip olmak ya da elemanlar arası çok sayıda ara yüz bulundurmak
1999	Williams	İlişkili bir çok kısımdan oluşan bir yapı ve bu yapıyı etkileyen belirsizlikler
2006	Lucas	Birbirleri ile birçok farklı şekilde etkileşim halinde olan elemanlardan oluşan bir bütün
2007	Brockmann ve Grimscheid	Karar verme noktalarındaki bolluğun, ilişkililiğin ve sıralı etkilerin derecesi
2007	Remington ve Pollack	Projeyi yönetmeyi veya proje çıktılarını tahmin etmeyi zorlaştıran bir proje karakteristiği
2009	Cicmil ve diğ.	Planlama ve kontrol uygulamalarının kararlaştırılmasına yardımcı olan, amaç ve hedeflerin tanımlanmasını engelleyen bir faktör ya da projenin zaman, maliyet ve kalitesini etkileyen bir faktör
2011	Bosch-Rekvelde ve diğ.	Projelerdeki yapısal ve dinamik elemanlar ve bunlar arasındaki ilişkiler
2011a	Vidal ve diğ.	Proje sistemi ile ilgili kabul edilebilir bir bütünlükte bilgi verilmiş olsa dahi projenin tüm hareketlerinin anlaşılmasını, öngörülmesini ve kontrol altında tutulmasını zorlaştıran bir özellik
2012	Xia ve Chan	Projenin birbirine bağlı kısımlarından kaynaklanan doğal karakteristikleri
2015	Wood ve Ashton	Proje çıktılarını başarmak için alınan standart cevap / aksiyonları etkileyen faktör veya faktörlerin birleşimi
2015	Lu ve diğ.	Birçok çeşitli ilişkili parçalardan oluşan ve "dinamik" ve "aniden beliren" gibi özellikleri barındıran faktör
2016b	Dao ve diğ.	Değişkenler ve ara yüzler arasındaki ilişkilerin derecesi ve bu ilişkilerin öngörülebilirlik ve işlevsellik üzerindeki önemli etkisi
2017	Dao ve diğ.	Proje elemanlarının tanımlanma derecesi, proje elemanları arasındaki ilişkiler ve proje kararları üzerindeki önemli etkiler

Sistemlerin farklı seviyelerinde, farklı elementlerin etkileşimi ile farklı özellikler ortaya çıkmakta; bu durum da sistemlerin karmaşılaşmasına sebep olabilmektedir. Ya da tam ters ifade ile karmaşık sistemlerde, sistemlerin farklı seviyelerinde, farklı elementlerin etkileşimi ile farklı özellikler ortaya çıkabilmektedir. Karmaşık bir sistem, değişen durumlara bir cevap olarak aniden form değiştirebilir. Bu durum, faz

geçişlerini tetikleyebilir. Doğrusal olmama karakteristiği, olumlu geribildirim sayesinde meydana gelen değişikliklerdir ve bu bakımdan kontrol karakteristiğinin tersi gibi düşünülebilir. Özellikle tasarım projelerinde doğrusal olmayan durumların sebep olduğu olumlu geribildirimler ile değişen proje süreçleri olabilmektedir. Bu durum karmaşık projelerde çok olasıdır ve karmaşıklığın bir karakteristiği olarak ifade edilmiştir. Karmaşık sistemler, çevredeki değişimlere cevap verirken, hayatta kalmak, değişimlerden fırsat yaratmak ve kendilerini geliştirmek için yüksek adaptasyon yeteneğine sahip olmalıdır. Önceki durumlara bağımlılık konusunda hassasiyet özelliği ise Dr. Edward Lorenz’in çalışmalarında adı geçen ‘kelebek etkisi’ kavramı ile anlatılmış, bir sistemin başlangıç verilerinin sonuçlar üzerinde ne kadar büyük ve tahmin edilemeyecek etkiler doğurabileceğini belirten özelliktir (Reminton ve Pollack, 2007).



Şekil 2.1: Karmaşık bir projenin karakteristikleri (Remington ve Pollack, 2007).

Geraldi ve diğ. (2011)’ne göre karmaşık denen şey, doğası gereği zamanla değişmektedir ve proje yaşam döngüsü boyunca görece olarak uzun dönemlerde değişmesi beklenen bir durumdur. Karmaşık bir sistemdeki birçok bağımsız eleman sürekli etkileşim halindedirler ve kendiliğinden organize/yeniden organize olarak, zamanla yapıların karmaşıklığını artırmaktadırlar (Dao ve diğ, 2017).

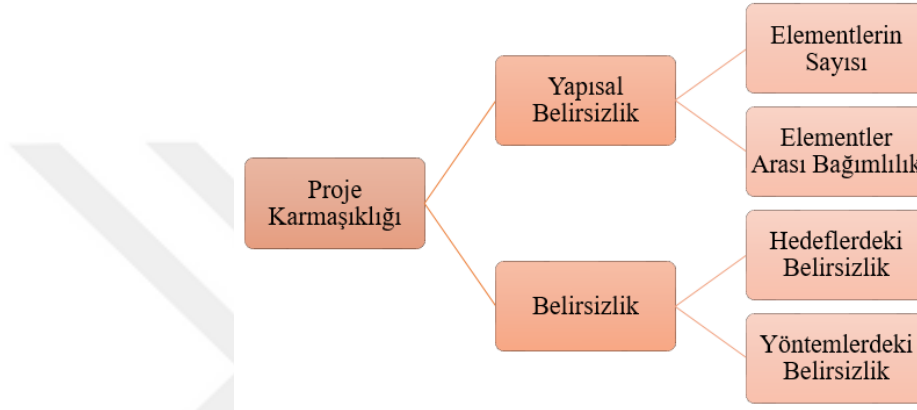
Baccarini (1996)’nin yaptığı “etkileşim halinde bulunan çok sayıda ögeye sahip olma karakteristiği” tanımı aslında karmaşıklık kavramı ile ilgili iki temel noktayı

vurgulamaktadır: çeşitli ögeler ve bunların etkileşimi. Baccarini (1996) yaptığı çalışmada karmaşıklık ile ilgili iki temel noktaya değinmiş ve bunları “ilişkili çeşitli birçok kısım içermek” ve “karışık, girift, anlaşılması güç” olmak şeklinde ifade etmiştir. İlişkili çeşitli birçok kısım içermek kapsamında proje karmaşıklığı “farklılaştırma” ve “bağımlılık” ya da “bağlantısallık” kavramları ile işlevselleştirilebilir (Baccarini, 1996). Burada farklılaştırma, görevler, uzmanlar, bileşenler, vb. çeşitli elemanların ayrıştırılması; bağımlılık ise bu bileşenler arasındaki bağlantının boyutu şeklinde tanımlanabilir. Karışık, girift, anlaşılması güç olmak kapsamında ise karmaşıklık kavramı geniş bir çerçevede farklı şekillerde yorumlanabilir (zorluk, belirsizlik, vb.).

Karmaşıklıkta belirsizlik ve dinamizm hâkimdir (Baccarini, 1996; Geraldi ve Adlbrecht, 2007). Belirsizlik, birçok sonucun gerçekleşebileceği durumlarda sahip olunan limitli bilgi veya olası sonuca ilişkin duyulan şüphe olarak tanımlanmaktadır. Ne olacağı kestirilemeyen durumlar bir araya geldiğinde karmaşık bir hal alması kaçınılmazdır. Dinamizm ise davranışların canlı ve hareketli olması anlamına gelmektedir. Sürekli değişen, hareket halinde olan bir sistemde akışı yakalamak, sistemin büyüklüğü gibi etkenler de göz önüne alındığında oldukça zordur. Bosch-Rekveltd ve diğ. (2011) yapısal karmaşıklık kavramının belirsizlik kavramı ile ilişkisini Turner ve Cochrane (1993)’nin söylemi ile desteklemişlerdir. Hedefler ve yöntemler kavramı projeleri, proje hedeflerinin iyi tanımlanmış ya da belirsiz olması ve bu hedefleri başaracak yöntemlerin iyi tanımlanmış ya da belirsiz olması şeklinde ayırmaktadır. Williams (1999) bir projenin karmaşıklığına belirsizliğin eklendiğini varsaymış ve bu sebeple de belirsizliğin proje karmaşıklığının bir boyutu olduğunu savunmuştur.

Belirsizliği tanımlamanın farklı yolları bulunmaktadır. Yönetimde belirsizlik ifade edilirken genellikle çeşitlilik (herhangi bir olayın olasılığı) ya da gerçek belirsizlikten (bilgi eksikliği, mevcut ya da gelecek durum için anlaşılmaya varılamaması ya da muğlaklık) bahsedilir. Proje yönetiminde ise projenin hedefleri ve yöntemlerindeki belirsizlikten bahsedilir ve belirsizlik tahmin edilemezlik derecesi olarak değerlendirilir (varyasyon/farklılık, öngörülen belirsizlik, öngörülemeyen belirsizlik ve kaos). Hedeflerdeki muğlaklık, karmaşıklığın en iyi bilinen sebebidir (Geraldi ve diğ, 2011).

Williams (1999), proje karmaşıklığında temel noktanın belirsizlik olduğunu vurgulamış, karmaşıklık boyutları olarak; yapısal karmaşıklık (öğelerin bağımsızlığı ve sayısı) ve belirsizlik (yöntemlerin ve hedeflerin belirsizliği) boyutlarına değinmiştir. Williams (1999)’ın belirlediği karmaşıklık temel boyutları ve alt boyutları Şekil 2.2’de gösterilmektedir. Tasarım, üretim gibi alanlardaki projelerde proje çıktısı olan “ürün”, proje karmaşıklığının en büyük kaynağıdır. Bu sebeple Williams (1999) projenin yapısal karmaşıklığını araştırmak için odak noktasına proje karmaşıklığını etkileyen “ürün karmaşıklığı” alınarak ölçekler tanımlanması gerektiğini belirtmiştir.



Şekil 2.2: Karmaşıklığın boyutları ve alt boyutları (Williams, 1999).

Dao ve diğ. (2017)’ne göre proje karmaşıklığı sıklıkla iki proje kavramı ile ilişkili bir faktör olarak algılanır: proje zorluğu ve proje riski. Bu iki faktör, projelerin nasıl yönetildiğini ve uygulandığını geniş ölçüde etkiler (Dao ve diğ, 2016b). Genel anlamda, proje zorluğu proje takımının uzmanlığı ve deneyimine dayalı bir kavramken, proje riskleri projenin özellikleri ile ilgilidir. Wood ve Ashton (2015)’a göre karmaşık kelimesi, anlaşılması, analiz etmesi ya da başa çıkması “zor” olmaktan ziyade, birkaç kısımdan oluşan şey olarak açıklanmaktadır. Bu yolla zorluk ve karmaşıklık kavramlarının birbirinden farklı olduğu vurgulanmaktadır. Proje karmaşıklığı, proje zorluğunun temelidir. Projeyi tamamlamayı zorlaştırır ve proje risklerini kontrol altında tutmak için özel bir çaba gerektirir (Dao ve diğ, 2016b).

Proje zorluğu projenin hedeflerine ulaşmasının ne kadar güç olduğuna odaklanır. Baccarini (1996) yaptığı çalışmada karmaşıklık kavramının proje zorluğu ile ilişkilendirilebileceğini belirterek, Wozniak (1993)’ın proje karmaşıklığını projenin kritikliği, projenin görünebilirliği ve izlenebilirliği, kapsam tanımının netliği, vb. dokuz farklı zorluk faktörü ile açıkladığını ifade etmiştir.

Risk kavramı, karmaşıklığı tanımlarken açıklanması gereken önemli bir kavramdır. Proje riski projenin bilinmeyenleri ile ilgili belirsizliklere odaklanır. Belirsiz bir durum proje üzerinde olumlu ya da olumsuz etkiye sahip olabilir. Risk, belirsizlik giderildiğinde ortaya çıkacak sonuçların istenmeyen bir etki yaratma durumudur. Cameron ve Raman (2005) riski, herhangi bir olaya ait zarar veya kayıpların değişkenlik ve olasılıklarını ifade eden bir kavram olarak tanımlamıştır. Tanımlardan da görülebileceği üzere risk muhtemel bir olumsuz sonucun gerçekleşme olasılığı ile ilgili ve ölçülebilir bir kavramken, belirsizlik direkt sonuçla ilgilidir. Yönetmel anlamda ise risk bir kişi veya kurumun hedeflerini gerçekleştirmesini engelleyebilecek herhangi bir durumun ortaya çıkma olasılığı ve ortaya çıktığı durumda yaratacağı etki şeklinde tanımlanabilir.

Belirsizlik, olasılık dağılımı gerçekte bilinmeyen bir olayın gerçekleşme ihtimalidir. Bu, belirsizliğin getireceği bir olay ile ilgili, olayın gerçekleşebileceği bilgisi dışında çok az şey bilindiği anlamına gelmektedir. Risk ise, sonucu ya da olası sonuçları istatistiksel olasılıklara dayanılarak tahmin edilebilen faktörlerdir. Dolayısıyla, belirsizlik ile ilgili hiçbir bilgi yokken, risk ile ilgili belirli bir bilgi vardır (Wood ve Ashton, 2015).

Zor proje hedefleri, proje takımını daha karmaşık olan yöntemleri seçmeye itebilir. Bu noktada, karmaşıklık ve risk kavramları birbirinden ayrılmaktadır. Örneğin, yeniden sıralanan işler, alternatif ortaklıklar, farklı tedarik stratejileri, hammaddelerin birden fazla kaynağı olması gibi durumlar proje risk profilini hiç etkilemezken, karmaşıklık profilini değiştirebilir. Bazı riskler, projelerde daha karmaşık yaklaşımların kullanılması sonucu azaltılabilir (Dao ve diğ, 2016b). Ayrıca, proje karmaşıklığı, benimsenen proje yaklaşımına göre zamanla artabilir ya da azalabilir.

Karmaşıklık, belirsizlik ve risk kavramları çoğu zaman birbiri ile karıştırılmaktadır. Proje karmaşıklığından doğan sorunların üstesinden gelebilmek için, doğru stratejiler tanımlamak ve belirlemek, karmaşıklık ile risk ve belirsizliği ayırt etmek gerekmektedir (Kermanshachi ve diğ, 2016). Literatürde bu üç kavram arasında ne tip bir bağ olduğu henüz net bir şekilde ortaya konamamıştır. Bazı bilim insanları belirsizlik ve risk kavramlarının karmaşıklık üzerinde etkili olduğunu öne sürerken, bazıları ise tam tersi görüşe sahiptir. Birçok çalışmada belirsizlik, karmaşıklığı etkileyen en önemli değişkenlerden biri olarak düşünülmektedir. Hatta bazı çalışmalar,

proje karmaşıklığı ile ilgili çalışmalarda amaçlanan şeyi proje riskini azaltmak olarak belirtilmiştir (Kermanshachi ve diğ, 2016).

Proje yöneticileri için karmaşıklıkla başa çıkmak, karmaşıklığa kişisel ya da organizasyonel nasıl bir cevap ile gidileceğine karar vermek, önemli bir ihtiyaçtır. Akademik anlamda bakıldığında, araştırmalar bu konuda iki farklı akıma yönelmiştir: “projelerdeki karmaşıklık” ve “projelerin karmaşıklığı” (Cicmil ve diğ, 2009). İlk akım, çeşitli karmaşıklık teorileri ile projeleri incelemekte ve genel anlamda projelerdeki karmaşıklığı tanımlamayı amaçlamaktadır. İkinci akım ise projeler özelinde, karmaşık projelerin karakteristiklerini tanımlamayı, kişilerin ve organizasyonların karmaşıklıkla nasıl başa çıkacağını belirlemeyi hedeflemektedir.

Gidado (1996) inşaat sektöründe yaptığı çalışmada sektör uzmanları ile yaptığı görüşmelerde karmaşıklığı “birleştirilmesi gereken çok sayıda farklı sisteme sahip olmak ya da elemanlar arası çok sayıda ara yüz bulundurmak” şeklinde tanımlamıştır. Bununla birlikte proje karmaşıklığının iki yönü olduğunu ileri sürmüştür:

- **Yönetmel taraf,** iş ile ilgili çok sayıdaki kısmın, iş akışı şekline gelmesi için nasıl bir araya getirileceğinin planlanmasıdır.
- **Operasyon ve teknoloji tarafı** ise işin kısımlarının uygulanmasının zorluğu ya da teknik anlaşılmalıklardır. Çalışılan çevre ve kullanılan kaynaklar ile ilgili sorunlar, operasyonel ve teknoloji karmaşıklığının kaynağı olabilir.

Gidado (1996) proje karmaşıklığının, proje hedefleri ile bağlantılı olarak planlanan iş akışlarının uygulanmasındaki zorluğun bir ölçüsü olduğunu savunmuş ve karmaşıklığın proje başarısı üzerindeki etkisini etkileyen faktörleri projenin doğasından gelen karmaşıklık, teknoloji sayısı, sıralamaların katılığı, çakışan fazlar ve organizasyonel karmaşıklık olarak sıralamıştır.

Lucas (2006)’a göre karmaşık bir sistem, birbirleri ile birçok farklı şekilde etkileşim halinde olan elemanlardan oluşan bir bütündür. Lucas (2006) sistemleri dört farklı karmaşıklık seviyesine ayırmıştır:

- Zamanla değişmeyen ve sabitlenmiş sistemler için “Statik Karmaşıklık”
- Zamansal ve mekânsal faktörlere göre değişen sistemler için “Dinamik Karmaşıklık”
- Zamansal ve mekânsal faktörlere göre değişen ve zamanla başkalaşan sistemler için “Evrimsel Karmaşıklık”

- İnsanlar gibi açık sistemlerin yaratıcı değişiklikleriyle, makinalar gibi kapalı sistemlerin kısıtlarının birleşimi olan sistemler için “Kendini Örgütleyen Karmaşıklık”.

Proje karmaşıklığı hakkında farklı alanlarda farklı tanımlar yapılmış olsa da proje yönetimi bakış açısıyla yapılan tüm değerlendirmeler dikkate alındığında proje karmaşıklığı; “birbirleri ile ilişki derecesi yüksek olan çok sayıda öge barındırmak” şeklinde tanımlanabilir. Proje karmaşıklığı; farklı birçok boyut açısından ayrı ayrı değerlendirilmesi gereken, her bir boyut için faktörlerin ve etkilerinin net olarak tanımlanmasının kritik olduğu bir proje kavramı olarak değerlendirilmelidir.

2.3. Proje Karmaşıklığı Kavramının Ölçülmesi

Proje karmaşıklığının etkin bir şekilde yönetilmesi için proje karmaşıklığının tanımlanması önemli bir adımdır. Karmaşıklık daha önce bahsedildiği gibi birçok etkenden meydana gelen soyut bir kavramdır. Dolayısıyla belirli bir proje için karmaşıklık tanımı yapılırken ilk adım olarak karmaşıklığı oluşturan etkenlerin, bileşenlerin (elemanların) ve özelliklerin ortaya konması gerekmektedir. Bu kavramların ölçülmesi genellikle mümkün değildir. Kavramların ölçülmesini mümkün hale getirmek, ancak bu kavramlarla ilişkilendirilebilecek göstergelerin belirlenmesi ile mümkün olacaktır. Belirlenen göstergeler proje karmaşıklığının ölçülmesi ve değerlendirilmesini sağlayacaktır. Proje karmaşıklığının somutlaştırılmasının zorluğu kabul edilmiş bir gerçektir. Bu sebeple çok sayıda çalışma proje karmaşıklığı ile ilişkili faktörleri ya da bakış açılarını tanımlamaya odaklanmış ve bu faktörleri ölçmek için proje karmaşıklığını nitel olarak tanımlayacak çerçeveler oluşturmuştur (Xia ve Chan, 2012). Lu ve diğ. (2015) proje karmaşıklığının ölçülmesine yönelik araştırmaların kısıtlı olduğunu ve birçok çalışmanın proje karmaşıklığı ile ilgili sadece kavramsal bir çerçeve oluşturmaya odaklandığını ifade etmiştir.

Projelerde karmaşıklığın tanımlanması; karmaşıklıkla ilgili en önemli faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörleri yansıtabilecek göstergelerin oluşturulması süreçlerini içermelidir. Wood ve Ashton (2015)’a göre, karmaşıklıkla ilgili herhangi bir ölçek seçilmeden önce projeyi karmaşıklaştıran faktörlerin tanımlanması esastır. Dao ve diğ. (2017) proje karmaşıklığının keşfedilmesi ve değerlendirilmesinin ancak iki spesifik hedef ile gerçekleştirilebileceğini belirtmiştir:

- Karmaşıklığın ve bileşenlerinin tanımlanması
- Proje karmaşıklığının ölçüsü olan karmaşıklık göstergelerinin öneminin tanımlanması ve test edilmesi

Farklı türdeki karmaşıklıklar, farklı yönetim metotlarına ihtiyaç duyarlar (Remington ve Pollack, 2007). Farklı türdeki karmaşıklıkların tanımlanması, projeyi yönetmek için en uygun araç ve yöntemlerin belirlenmesine olanak sağlayacağından başarılı bir proje yönetimi için oldukça önemlidir. Daha önce bahsedildiği üzere Baccarini (1996) proje karmaşıklığını “birçok çeşitli ilişkili parçalardan oluşmak” olarak tanımlamış ve “farklılaştırma” ve “bağımlılık” açısından ele alınarak işlevselleştirilebileceğini belirtmiştir. Bu tanım, proje yönetimi süreci ile ilgili herhangi bir proje boyutu için uyarlanabilir. Örneğin, organizasyon, teknoloji, çevre, bilgi, karar verme ve sistemler. Dolayısıyla, proje karmaşıklığından bahsedilirken işaret edilen karmaşıklık tipinin net bir şekilde ifade edilmesi önemlidir (Baccarini, 1996).

Belirsizlik, risk kavramından daha çok karmaşıklık kavramı ile ilişkilendirildiği için, bazı akademisyenler belirsizliği proje karmaşıklığının boyutları arasında kabul etmektedir (Dao ve diğ., 2017). Williams (1999) bu akademisyenlerin başında gelmektedir. Lebcir ve Choudrie (2011)’de belirsizliği proje karmaşıklığını etkileyen faktörlerden biri olarak tanıtmış ve hedeflerdeki belirsizlik (uygulamanın başında projenin zayıf bir şekilde tanımlanması) ile yöntemdeki belirsizlik (proje hedeflerinin nasıl başarılacağı konusunda bilgi eksikliği) olarak iki önemli boyutu olduğunu belirtmiştir.

Qureshi ve Kang (2015) proje karmaşıklığının çeşitli formlarda olduğunu ve sosyal, teknolojik, çevresel ve organizasyonel bakış açılarıyla anlaşılabilirliğini belirtmiştir. Maylor ve diğ. (2008) yaptığı çalışmada proje karmaşıklığını yönetsel karmaşıklık olarak ele almış ve elemanlarını misyon, organizasyon, çıktılar, paydaşlar ve takım olarak gruplandırmıştır. Remington ve Pollack (2007) proje karmaşıklığını etkileyen faktörleri dört başlık altında toplamıştır: yapısal karmaşıklık, teknik karmaşıklık, yön ile ilgili karmaşıklık ve geçici karmaşıklık. Brockmann ve Girmscheid (2007) karmaşıklığı temelde dört kategoride incelemiştir: görev, toplum, kültür ve genel (operasyon ve kavrama) karmaşıklık. Dao ve diğ. (2016a)’ne göre projenin bileşenlerinin sayısı, her bir bileşenin aktiflik derecesi, bileşenler arasındaki etkileşimin derecesi (veya projedeki ara yüzler) ve proje ile proje dışındaki varlıkların etkileşimi, proje karmaşıklığını yaratan başlıca etkenlerdir. Vidal ve Marle (2008)

yaptıkları çalışmada proje karmaşıklığının değişkenlerini dört boyut altında sınıflandırmışlardır: proje ölçeği, proje elementlerinin ayrıştırılması, proje elementleri arasındaki etkileşim ve dış (çevresel) faktörler ile etkileşim. Lu ve diğ. (2015) proje karmaşıklığının görev ve organizasyon olmak üzere iki boyutu olduğunu dile getirmiştir. Bosch-Rekvelde ve diğ. (2011) ise proje karmaşıklığı ile ilgili, belirledikleri 50 faktörü içeren ve bu faktörleri teknik, organizasyonel ve çevresel olmak üzere üç ailede toplandığı TOE (Technical-Organizational-Environmental: Teknik-Organizasyonel-Çevresel) çerçevesini sunmuşlardır.

Baccarini (1996) projenin karmaşıklığını etkileyen faktörlerin iki temel boyutta gruplanabileceğini belirtmiştir: organizasyonel karmaşıklık ve teknolojik karmaşıklık. Proje karmaşıklığının işlevselleştirilmesinin ancak onu oluşturan parçaların farklılaştırma ve bağımlılık açısından ele alınmasıyla mümkün olduğunu belirten Baccarini (1996), belirttiği iki temel boyutu, farklılaştırma ve bağımlılık açısından ayrı ayrı değerlendirmiştir.

Baccarini (1996)'ye göre organizasyonel yapının fonksiyonları; iletişim ve raporlama açısından ilişkilerin tanımlanması, karar verme için yetki ve sorumlulukların dağıtılması ve görevlerin dağıtılmasıdır. Bunlar, organizasyonel karmaşıklığa sebep olan ve incelenmesi gereken temel fonksiyonlardır. Burada bahsedilen fonksiyonlar sadece projenin bağlı olduğu organizasyon için değil, danışman, dış kaynak, vb. kullanıldığı durumlarda, bu organizasyonlar için de geçerlidir. Baccarini (1996) organizasyonel karmaşıklık boyutunu farklılaştırma ve bağımlılık açılarından ele almıştır. Karmaşık bir organizasyon yapısı farklılaşmış bölümler içermektedir ve daha fazla farklılaşma daha karmaşık bir organizasyon anlamına gelmektedir. Farklılaştırma da dikey ve yatay olarak iki boyutta ele alınmaktadır. Dikey farklılaştırma organizasyonun hiyerarşik yapısının derinliği ile ilgilidir. Yatay farklılaştırma ise aynı seviyedeki departman ve görevler ile ilgilidir. İşgücünün eşit bölünebildiği, nitelik gerektirmeyen yapısal görevler ve uzmanlık gerektiren görevler, tüm bu görevlerin yapısı, özellikle uzmanlık gerektiren işlerin sayısı, gerektirdiği bilgi, eğitim, tecrübe ihtiyacı, araçlar, teknikler, vb. görev kaynaklı unsurlar, organizasyonel karmaşıklığı etkilemektedir. Ayrıca çalışanların zaman ve mekân bakımından farklı şekillerde çalışıyor olması da karmaşıklığı artırmaktadır. Bağımlılık açısından bakıldığında ise operasyonel iç bağımlılıklar ve projenin organizasyonel elemanları arasındaki

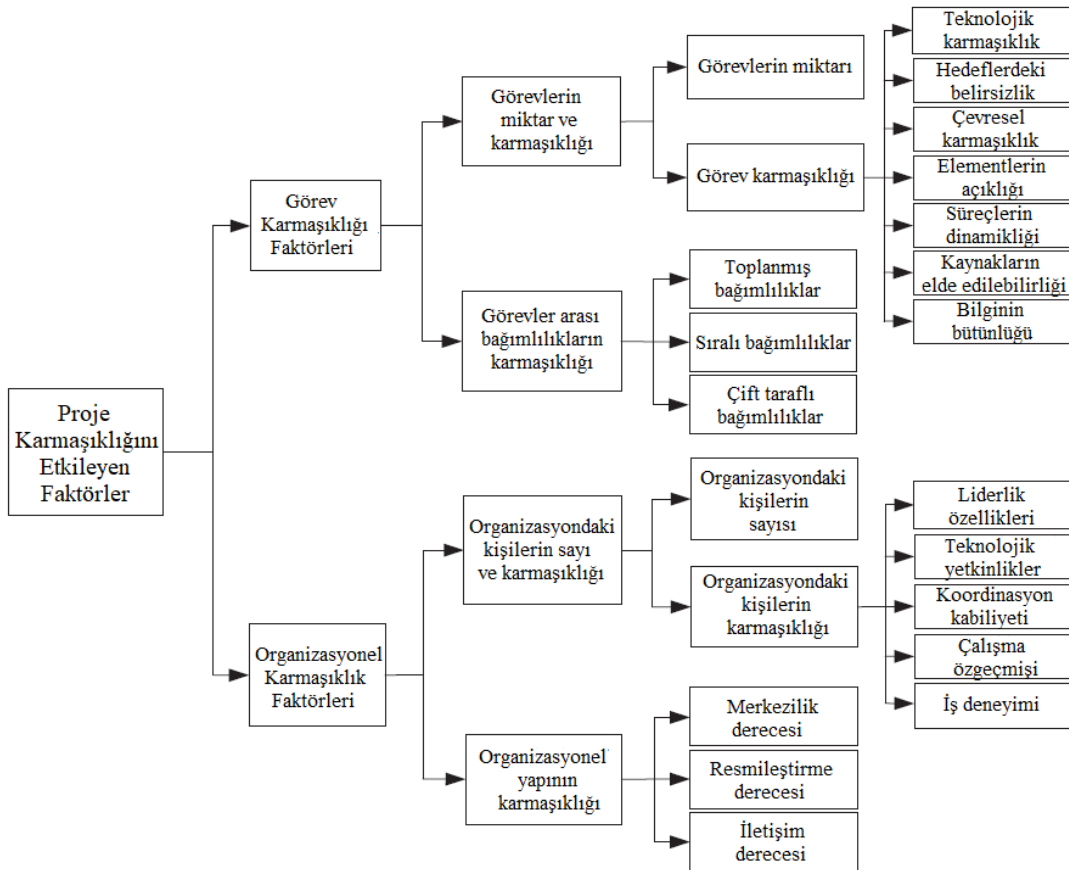
etkileşimler, organizasyonel karmaşıklığı etkileyen faktörler arasındadır (Baccarini, 1996).

Baccarini (1996)'nin teknolojik karmaşıklık boyutuna yaklaşımı ise görev odaklıdır. Görev ve teknoloji kavramlarının sıklıkla birbiri yerine kullanıldığını öne sürmüş ve bu sebeple teknolojik karmaşıklığı görev performansı ile benzer şekilde tanımlanmıştır. Teknolojik karmaşıklık boyutunu da farklılaştırma ve bağımlılık açılarından ele alan Baccarini (1996), teknolojik karmaşıklığı farklılaştırma açısından girdi ve çıktılarının çeşitlerinin sayısı, farklı ya da ayrıştırılmış görevlerin sayısı ve uzmanlıkların sayısı şeklinde; bağımlılık açısından ise görevler arası, takımlar arası, farklı teknolojiler arası ve girdiler arası etkileşimler şeklinde açıklamıştır.

Lu ve diğ. (2015) proje karmaşıklığının ölçülmesine yönelik yaptıkları çalışmada görev ve organizasyon boyutlarını içeren TO (Task and Organization: Görev ve Organizasyon) çerçevesini önermiş, karmaşıklık boyutlarını organizasyonel ve görevler şeklinde düşünmekten çok, görevler arası ilişkiler ve organizasyondaki kişiler arası ilişkileri dikkate almış ve her iki boyutu hem teker teker hem de ilişkiler bakımından değerlendirmiştir (Lu ve diğ, 2015):

- **Görev karmaşıklığı:** Proje karmaşıklığında görevlerin miktarı ve farklılıkları etkilidir. Proje yöneticileri özellikle görevler arası farkları dikkate alarak stratejiler belirlemelidir. Teknolojik karmaşıklık, hedeflerdeki belirsizlikler, çevresel karmaşıklık, elementlerin açıklığı, süreçlerin dinamikliği, kaynakların elde edilebilirliği ve bilginin tamlığı görev karmaşıkları boyutu altında incelenmesi gereken faktörlerdir.
- **Organizasyonel karmaşıklık:** Organizasyonel karmaşıklık, karmaşıklık değerlendirmesinin en merkezi boyutudur. Kişilerin deneyimi, hiyerarşik yapı ve organizasyondaki birimler bu boyutun en dikkat çeken faktörleridir. Organizasyonel yapının karmaşıklığını, merkezilik derecesi, formelleşme derecesi ve iletişim derecesi ifade ederken; organizasyondaki kişilerin karmaşıklığını organizasyondaki kişilerin sayısı, liderlik özellikleri, teknolojik yetkinlikler, koordinasyon kabiliyetleri, iş deneyimleri ve çalışma özgeçmişleri etkilemektedir. Organizasyonel yapının karmaşıklığı kadar organizasyondaki kişilerin ortaya çıkardığı karmaşıklık da projenin karmaşıklığında etkilidir.

Lu ve diğ.(2015)'nin görev ve organizasyon ölçüm modeline göre proje karmaşıklığını etkileyen faktörleri Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Lu ve diğ. (2015) organizasyonel karmaşıklıkla ilgili iki boyuta odaklanmıştır: “organizasyondaki kişilerin sayısı ve karmaşıklığı” ve “organizasyonel yapının karmaşıklığı”. Organizasyondaki kişilerin sayısı proje karmaşıklığında kısıtlı bir rol oynar, bu da süreçlerdeki iletişim ve koordinasyon gerektiren durumlarda yaşanan zorluklar ile gerçekleşir. Aynı zamanda organizasyondaki kişilerin sayısının artması yönetsel zorluklar getirecektir. Organizasyondaki kişilerin karmaşıklığı ise liderlik özelliği, teknolojik yetkinlik, koordinasyon kabiliyeti, çalışma özgeçmişi ve iş deneyimi açılarından ele alınmıştır. Liderlik özelliği yüksek olan kişilerin varlığı projedeki koordinasyonun daha başarılı olmasını sağlayacağından, karmaşıklığı azaltacaktır. Teknolojik yetkinlikler bireylerin birbirlerine olan bağımlılığını ve hata sayısını azaltacağından karmaşıklığın azalmasını sağlayacaktır.



Şekil 2.3: Görev ve Organizasyon ölçüm modeline göre proje karmaşıklığını etkileyen faktörler (Lu ve diğ, 2015).

Çalışanlar işlerini yaparken karşılaştıkları zorlukları aşmak ve hedeflerini gerçekleştirmek için iyi bir iletişime ihtiyaç duyacaklarından, koordinasyon kabiliyeti

karmaşıklığı azaltacaktır. Çalışma özgeçmişi çalışanların eğitim ve yeterliliğini, iş deneyimi de çalışanların tecrübe ve işbirliğini ifade ettiğinden, proje karmaşıklığını etkileyen faktörler arasındadır. Öte yandan, organizasyonel yapının karmaşıklığında Lu ve diğ. (2015) üç noktayı vurgulamıştır: merkezilik derecesi, formelleşme derecesi ve iletişim derecesi. Merkezilik derecesi alınan kararların hangi seviyede olduğu ile ilişkilidir. Eğer bir projede işler birbirinden bağımsız ise karmaşıklık azdır ve alınan kararlar üst seviyede ilerler. Formelleşme derecesinde de benzer bir durum söz konusudur; birbirine bağımlı projelerde karmaşıklık fazladır ve projenin ilerlemesi için kurallar ve kararlar daha alt seviyede alınmak zorunda kalınır. Bağımlılığı az olan görevlerden oluşan projelerde ise kararlar ve kurallar üst seviyelerde verilir ve karmaşıklık azdır. İletişim derecesi, tam anlamıyla matris yapı, yani organizasyondaki birimlerin ilişkileri ile alakalıdır. Matris yapının ve birimler arası ilişkilerin fazla olduğu organizasyonlarda eğilim informal bilgi akışı yönündedir ve karmaşıklık fazladır. Birimler arası ilişkilerin daha az olduğu organizasyonlarda ise formel yöntemler daha sık kullanılır ve karmaşıklık görece olarak daha az olur (Lu ve diğ, 2015).

Baccarini (1996)'nin teknolojik karmaşıklığın bir bileşeni olarak nitelendirdiği görev karmaşıklığı boyutu, Lu ve diğ. (2015) tarafından temel bir boyut olarak ele alınmış ve alt boyutları teknolojik karmaşıklık, hedeflerin belirsizliği, çevresel karmaşıklık, elementlerin açıklığı, süreçlerin dinamikliği, kaynakların elde edilebilirliği ve bilgi bütünlüğü olarak belirlenmiştir. Lu ve diğ. (2015)'ne göre görev karmaşıklığının alt boyutu olarak teknolojik karmaşıklık, bir teknolojinin gerektirdiği bilgi, tecrübe ve yeterlilik anlamına gelmektedir. Özellikle geniş kapsamlı projelerde teknolojik karmaşıklık oldukça yüksektir. Popülaritesi gittikçe artan yenilikçi ve yeşil teknolojilerin projelere girmesi son dönemlerde bu boyutun getirdiği karmaşıklığı artırmaktadır (Lu ve diğ, 2015). Hedeflerdeki belirsizliğin getirdiği karmaşıklık ise farklı katılımcıların talepleri, sınırlı kaynaklar, projelerdeki görevlerin karmaşıklığı gibi etkenlerden doğmaktadır. Williams (1999) hemen hemen her proje birden fazla hedef barındırdığından, hedeflerdeki belirsizliği yapısal karmaşıklığın bir boyutu olarak ele almıştır. Kalite, maliyet, zaman planı gibi yönetsel hedeflerin yanı sıra teknoloji, ekonomi, güvenlik gibi fonksiyonel hedeflerin varlığı tek bir hedefe odaklanmayı zorlaştırmakta ve hedeflerdeki belirsizliği artırmaktadır. Çevresel karmaşıklık projenin gerçekleştiği çevreden kaynaklanan faktörleri içermektedir:

doğa, pazarın durumu, hükümetin durumu, yasal gereklilikler, vb. Elementlerin açıklığı, projeyi etkileyen iç faktörlerin açıkça görülebildiği varsayılarak, projeyi etkileyen dış faktörler için eklenmiş bir boyuttur. Dış faktörlerin açıkça biliniyor olması, karmaşıklığı kısmen azaltıcı bir faktör olarak düşünülebilir. Süreçlerin dinamikliği, literatürde geniş yer bulan dinamik karmaşıklık boyutuna benzer bir mantıkla açıklanmıştır. Proje elemanları beklentiler doğrultusunda ya da beklentiler dışında, sürekli değişmekte ve süreçleri etkilemektedir. Beklentiler dışındaki değişimler dinamik karmaşıklığa sebep olmaktadır. Kaynakların elde edilebilirliği, proje görevlerinin zaman ve mekân özelliklerinden dolayı önemlidir. Kaynakları elverişli kullanabilmek için görevlerle karşılıklı olarak koordine edilmelidir; aksi takdirde proje karmaşıklığını artırıcı bir faktör olarak rol oynar. Bilgi bütünlüğü ise projenin paydaşlarından uygulayıcılarına, tedarikçilerine kadar projeye dahil olan tüm bireylerin, gerekli olan tüm konularda sürekli iletişim halinde olması ile sağlanabilecek, aksi takdirde karmaşıklığa sebep olacak bir faktördür. Görevler arası bağımlılık; toplanmış bağımlılık (her bir parçasını farklı bir takımın yaptığı tek bir ürünün ortaya çıkarılması sürecindeki bağımlılık), sıralı bağımlılık (bir sonraki süreç için bir öncekinin bitmesini zorunlu tutan durumlardaki bağımlılık) ve çift taraflı bağımlılıktan (bir süreçte birincinin çıktısı ikincinin girdisi iken ikincinin çıktısının tekrar birincinin girdisi olması gibi durumlardaki bağımlılık) oluşur (Lu ve diğ, 2015).

Lu ve diğ. (2015) büyük ölçekli projelerin karmaşıklığının ölçümlenmesini amaçlayarak yaptıkları çalışmada, büyük projelerde çok sayıda “gizlenmiş iş” olduğunu, bu gizlenmiş işlerin proje karmaşıklığını etkileyen faktörlerden meydana geldiğini ve yeniden işleme, bekleyen iş gibi durumlarda ortaya çıktığını belirtmiştir. Proje karmaşıklığını oluşturan etkenler aynı zamanda gizli işleri de yaratmaktadır. Gizli işler, proje karmaşıklığının bir yansıması olarak görülmektedir. Bu sebeple, proje karmaşıklığı dolaylı olarak gizli işler aracılığı ile ölçümlenebilir (Lu ve diğ, 2015).

Zhu ve Mostafavi (2017) sistemlerde iki tip karmaşıklık olduğunu savunmuştur: Detay karmaşıklık ve dinamik karmaşıklık. Detay karmaşıklık değişkenlerin çok sayıda olmasından kaynaklanan, dinamik karmaşıklık ise sebep-sonuç ilişkilerinin net olmadığı ve zamanla değiştiği, bileşenler arasındaki ilişkilerden kaynaklanan karmaşıklıktır. Detay karmaşıklık proje sistemi ile alakalı iken, dinamik karmaşıklık sistemdeki elemanlara dayalı operasyonel süreçlerle alakalıdır. Detay karmaşıklık proje kapsamı, hedefleri ve karakteristiklerine bağlıdır ve zamanla değişmez. Dinamik

karmaşıklık ise insan davranışları, malzeme akışları, ihtiyaçlardaki değişiklikler gibi içsel ve sosyal, politik, ekonomik konular gibi dışsal faktörlere bağlıdır. Zamanla değişir ve bu sebeple projenin başlangıç aşamasında değerlendirilmesi mümkün değildir (Zhu ve Mostafavi, 2017).

Lebcir ve Choudrie (2011) inşaat sektörü ile ilgili yaptıkları çalışmada proje karmaşıklığı ile ilgili dört temel faktör belirlemiştir: altyapı büyüklüğü, altyapı ağ bağlantısallığı, altyapı yenilik derecesi ve proje belirsizliği. Altyapı büyüklüğü, proje ile sağlanacak altyapının boyutunu ifade eder ve altyapıya ait elementlerin sayısı ile ölçümlenen bir faktördür. Altyapı ağ bağlantısallığı, altyapıdaki farklı elementler arasındaki entegrasyon ve etkileşimin derecesini ifade eder; yüksek olduğunda, bir elementteki en ufak bir değişim, tüm altyapıda azımsanamayacak bir yeniden işleme sebep olur ve yüksek oranda koordinasyon çabası gerektirir. Altyapı yenilik derecesi daha önce gerçekleştirilmiş benzer projeler ile yeni proje arasındaki ayrımı temsil eder. Proje belirsizliği ise projenin başlangıç noktasında var olan bilgi eksikliği olarak ifade edilmiştir (Lebcir ve Choudrie, 2011). İnşaat projelerinden bağımsız olarak bakıldığında da proje büyüklüğü, projedeki bağlantısallık, projedeki yenilik ve belirsizlik karmaşıklık faktörleri olarak ele alınabilir. Bu anlamda çalışmanın sektörden bağımsız olarak da proje karmaşıklığı ölçümlemesine katkı sağladığı söylenebilir. İlgili çalışmada, belirlenen faktörlerin proje yaşam döngüsüne etkileri sistem dinamiği yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Bu faktörlerden en etkili olan proje belirsizliği, en az etkili olan ise altyapı büyüklüğü olarak belirlenmiştir (Lebcir ve Choudrie, 2011).

Brockmann ve Grimscheid (2007) karmaşıklığın boyutlarını ayrıştırarak, karmaşıklık ile başa çıkabilecek stratejilerin seçilmesine katkı sağlamak ve proje karmaşıklığını azaltmak amacıyla yaptıkları çalışmada, proje karmaşıklığını genel karmaşıklık, sosyal karmaşıklık, kültürel karmaşıklık ve görev karmaşıklığı olmak üzere dört temel boyutta gruplandırmıştır. Genel karmaşıklığı operasyonel ve düşünsel olarak iki farklı boyutta ele almak gerektiğini vurgulamış ve bu genel karmaşıklık boyutu altında fonksiyonlardaki farklılığın derecesi, bağımlılık derecesi, karar noktalarındaki mantıksal bağımlılık gibi faktörleri kullanmışlardır. Kültürel karmaşıklık için kültürel anlamda çeşitlilik, sosyal karmaşıklık için aktörlerin sayısı ve çeşitliliği, görev karmaşıklığı için de aktivitelerin yoğunluğu (organizasyonel planlama, tasarım planlama, iş hazırlama, vb.) faktörlerini belirlemiş ve yaptıkları vaka analizleri ile bu

boyutların nasıl geliştiğini gözlemleyerek, karmaşıklık yönetimi için strateji oluşturma sürecine katkı sağlamışlardır.

Vidal ve diğ. (2011a) proje karmaşıklığının ölçülmesi için literatürdeki çalışmaları inceleyerek, kırk iki adet ölçek listelemiş ve bunları üç temel grupta toplamıştır: sayısal karmaşıklık, proje yapısı ve bütünsel ölçekler. Sayısal karmaşıklık proje yönetimi ile ilgili sıralama, çizelgeleme gibi konuları; proje yapısı görev diyagramı, organizasyon diyagramı gibi konulardan doğan karmaşıklıkları; bütünsel ölçekler ise sistem düşüncesi merkezli ölçekler ya da bilgilendirici ölçekleri ifade eder. Ancak, literatürdeki bu çalışmaların sınırlamalarından kurtulacak farklı ve yeni bir çalışma yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu doğrultuda, o ana kadar yapılan literatür çalışmalarındaki eksikliklerin ne olduğunu belirlemiş, bu eksikliklerden kurtulacak şekilde yeni kuracakları proje karmaşıklığı ölçümleme yönteminde şu özelliklere yer vermeyi hedeflemişlerdir (Vidal ve diğ, 2011a):

- Güvenilir olmalı, kullanıcılar ölçeğe güvenmeli
- Sezgi ile anlaşılabilir ve kullanıcı dostu olmalı, kullanıcılar modelin niçin proje karmaşıklığını değerlendirdiğini anlayabilmeli ve kolay hesaplanabilmeli, uygulanabilmeli
- Proje modelinden bağımsız, proje modelini değil projenin karmaşıklığını ölçmeli
- Ölçüm yapılandırılırken proje karmaşıklığı kaynaklarını vurgulamalı

Yaptıkları çalışmada hem literatüre hem de endüstriye hizmet edebilmek için Vidal ve diğ. (2011a) belirledikleri karmaşıklık faktörlerini hem Baccarini (1996)'nin geleneksel çerçevesine göre organizasyonel/teknolojik olarak değerlendirmiş, hem de büyüklük, çeşitlilik, bağımlılık ve içerik bağımlılık faktörlerine göre ayırmışlardır. Ayırdıkları yetmiş faktörü indirgemek için “Delfi Yöntemi”ni kullanmışlardır. Delfi yöntemi bir sorun durumuna değişik açılardan bakan bireylerin uzlaşmasını sağlayan bir tekniktir (Şahin, 2001). Vidal ve diğ. (2011a) uyguladıkları Delfi çalışmasında alternatifleri ayırmayı, tüm hedefleri içermeyi, operasyonel ve anlamlı sonuçlar elde etmeyi, gereksiz olanları elemeyi ve sayıyı azaltmayı amaçlamışlardır. Bunun için araştırma konusu ile ilgili yeterli bilgi ve deneyime sahip, kapasitesi olan, istekli, zaman ayırabilecek ve iyi iletişim yeteneğine sahip; on dokuzu profesyonel, on dokuzu akademisyen olmak üzere otuz sekiz uzman görüşünden faydalanmış, belirledikleri yetmiş faktörü on sekize indirgeyerek proje karmaşıklığının ölçülmesinde

kullanmak üzere bir çerçeve hazırlamışlardır. Hazırlanan proje karmaşıklığı çerçevesi Çizelge 2.2’de gösterilmektedir (Vidal ve diğ, 2011a).

Vidal ve diğ. (2011a) çalışmalarında, seçtikleri projenin karmaşıklığını etkileyen faktörlerin önem derecelerini belirlemek için Analitik Hiyerarşi Proses (AHP: *Analytic Hierarchy Process*) yöntemini kullanmıştır. Karar verme, karar vericinin değerleri ve tercihleri doğrultusunda alternatiflerin belirlenmesi ve seçilmesidir. AHP alternatiflerin göreceli olarak değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesine olanak sunan bir “çok kriterli karar verme” yöntemidir. AHP bütün hedefleri, alternatif gruplarını ve hedefin alternatifleri ile bağlantılı kriterleri içeren, ikili karşılaştırmalara dayanan, karar problemi modeli olarak hiyerarşi kullanan bir tekniktir. Amaç her alternatifin karmaşıklık faktörünün öneminden elde edilen AHP skoru ile belirlenen karmaşıklık seviyelerine göre alternatifleri sıralamaktır (Vidal ve diğ, 2011a).

Çizelge 2.2: Arıtılmış proje karmaşıklığı çerçevesi (Vidal ve diğ, 2011a).

Parametreler	Organizasyonel Karmaşıklık	Teknik Karmaşıklık
Proje Sistemi Büyüklüğü	Paydaşların sayısı	
Proje Sistemi Çeşitliliği	Birleştirilebilir bilgi sistemlerinin çeşitliliği Paydaşların coğrafi konumu (ve karşılıklı hoşnutsuzluk) Paydaşların ilgi alanlarının çeşitliliği	
Proje Sistemi Bağımlılıkları	Çevreye bağımlılıklar İnsan, malzeme ve tüm kaynakların, paylaşım sürecinde elde edilebilirliği Taraflar, departmanlar ve şirketler arasındaki bağımlılıklar Görev ve proje ağlarında geri besleme döngüleri ve bağlantısallık Takım içi işbirliği ve iletişim Planlamalar arası bağımlılıklar Bilgi sistemlerinin bağımlılığı Hedeflerin bağımlılığı Fazlar arasındaki ilişki seviyesi Süreç iç bağımlılıkları	Teknik özellik bağımlılığı
Proje Sistemi İçerik Bağımlılığı	Kültürel yapı ve çeşitlilik Çevresel karmaşıklık (bağlantılı çevre)	Çevresel karmaşıklık (bağlantılı çevre)

Vidal ve diğ. (2011a) projelerin daha karmaşık alanları ile ilgili bilgi edinmek için oluşturdukları çerçevede her bir alt kriter için hesaplanan görece ağırlıkları değerlendirmiştir. En yüksek ağırlık değerine sahip olan süreç iç bağımlılıkları,

paydaşların sayısı, takım içi işbirliği ve iletişim, paydaşların ilgi alanının çeşitliliği ve kültürel yapı ve çeşitlilik alt kriterlerini, proje yöneticileri tarafından özel dikkat gerektiren karmaşıklık faktörleri olarak belirlemişlerdir. Düşük önem değerine sahip olan birleştirilebilir bilgi sistemlerinin çeşitliliği, bilgi sistemlerinin bağımlılığı ve görev ve proje ağlarında geri besleme döngüleri ve bağlantısallık alt faktörleri ilk etapta göz ardı edilebilir olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar proje karmaşıklığının öncelikli faktörlerine daha etkin bir şekilde yoğunlaşılmasına olanak sağlayacaktır.

GAPPS (*Global Alliance for Project Performance Standards*: Proje Performans Standartları Uluslararası İttifakı) 2007 yılında bir proje yöneticisi standardı olarak CIFTER (*Crawford-Ishikura Factor Table for Evaluating Roles*: Görevlerin Değerlendirilmesi için Crawford-Ishikura Faktör Tablosu) adı verilen bir karşılaştırmalı proje yönetimi karmaşıklık ölçme aracı geliştirmiştir. İlgili tablonun detayları Çizelge 2.3'te verilmiştir. Bu araç projelerin, proje yönetimi karmaşıklığının değerlendirilmesi için yedi faktörlü bir model sunmaktadır. GAPPS tarafından sunulan yaklaşım, projeleri yönetim karmaşıklıklarına göre kategorilere ayırmaya dayanmaktadır. CIFTER, yönetilen projenin karmaşıklığı temel alınarak, proje yöneticilerinin görevlerini farklılaştırmak için kullanılmaktadır. Yöntemde belirlenmiş faktörler, proje yönetimi karmaşıklığının sebeplerini tanımlamaktadır. Örneğin, bazı uygulama alanlarında proje yöneticisinin proje maliyetlerini kontrol edebilme yetisi, yetkinliği değerlendirmede öncelikli faktör olarak düşünülür. CIFTER, proje yöneticisinin maliyetleri kontrol etme kabiliyetini etkileyen faktörleri tanımlayarak, ihtiyaç duyulan yeterliliği eşleştirebilecek bir mekanizma sağlar (GAPPS, 2007).

CIFTER, bir projenin yönetim karmaşıklığını eşit ağırlıklara sahip yedi faktör ile değerlendirmektedir. Proje karakteristikleri zamanla değişebileceğinden, bu faktörler de zamanla değişebilir.

1. Proje içeriğinin durağanlığı: Fazların çıktılarının zayıf tanımlanması, sık sık ve önemli kapsam değişikliklerinin olması, takım üyelerinin sıklıkla değişmesi, uygulanan yasa ve düzenlemelerin değişmesi gibi proje yaşam döngüsü, paydaşlar, yöntemler, yaklaşımlar ve geniş çevre ile ilgili değişiklikler proje içeriğinin durağan olmadığını gösterir ve proje yönetim zorluğunu artırır.
2. Proje gerçekleşirken dâhil olan farklı disiplin, yöntem veya yaklaşımların sayısı: Her disiplin projenin bir kısmına farklı bir yaklaşım olarak etki ettiğinden, daha fazla disiplin, yönetilmesi daha zor bir proje anlamına gelir.

3. Proje gerçekleşirken yasal, sosyal veya çevresel etkilerin büyüklüğü: Organizasyon dışındaki kişiler ve organizasyonlardan kaynaklı değişiklikler, projeye ilişkisi doğrultusunda, proje yönetim zorluğunu artırıcı etki yaratır.
4. Proje paydaşları için beklenen finansal etki (pozitif veya negatif): Bu konu projenin büyüklüğü ile ilgilidir. Daha büyük projelerde finansal konularla ilgili daha fazla inceleme yapılması gerekeceğinden yönetim zorluğu artacaktır.
5. Organizasyonun kendisi ya da dâhil olan diğer organizasyonlar için projenin stratejik nemi: İlgili projenin, organizasyonun stratejisi ile ilişkisine dayanan bir karmaşıklık faktörüdür. Bir proje stratejilerle ne kadar ilişkiliyse, o projenin önemi, büyüklüğü o kadar fazladır gibi düşünülebilir; dolayısıyla da, yönetim zorluğu artar.
6. Proje ürününün özellikleri konusunda paydaşların uyumu: Paydaşlar proje ürününün özellikleri konusunda ne kadar mutabıksa, beklenen çıktılar konusunda da o kadar mutabık olurlar. Bilinmeyen veya belirsiz özellikler, proje yönetiminin zorluğunu artıracaktır.
7. Proje ve diğer organizasyonel varlıklar arasındaki ara yüzlerin sayısı ve eşitliliği: Projedeki farklı organizasyonlar ve farklı disiplinlerin sayısının çokluğu yönetim zorluğunu beraberinde getirecektir.

CIFTER aracı ile karmaşıklığı ölçümlenmek istenen bir proje, belirtilen yedi faktör için 1 ile 4 arasında puanlanır ve projenin aldığı toplam skor onun karmaşıklık derecesi hakkında bilgi verir. Toplam skoru 11 puan ve altı olan projeler “Global 1 Seviyesi altı” olarak, 12 ile 18 arası (12 ve 18 dâhil) olan projeler “Global 1 Seviyesi” ve 19 puan ve üstü olan projeler “Global 2 Seviyesi” olarak değerlendirilir (GAPPS, 2007).

Dao ve diğ. (2016a), projelerin karmaşıklığını tanımlaması, değerlendirmesi ve yönetmesi ve ayrıca etkili bir proje karmaşıklık aracı ile bu süreci kolaylaştırmak için, proje uygulayıcılarına yardım etmesi amacıyla bütünleşik bir karmaşıklık çalışmasına önemli derecede ihtiyaç olduğunu belirtmişler; ancak literatürde karmaşıklığı ölçen ciddi sayıda çalışma olmasına rağmen, proje karmaşıklığını tanımlayan, boyutları belirleyen ve karmaşıklık seviyesini ölçecek bir metodoloji sunan bütünleşik bir çalışma olmadığını belirtmişlerdir. Geliştirdikleri PCAM (*Project Complexity Assessment and Management*: Proje Karmaşıklığı Değerlendirme ve Yönetme) aracı ile proje takımlarının, proje karmaşıklığını tanımlaması, değerlendirmesi ve yönetmesine yardımcı olmayı amaçlamışlardır.

Çizelge 2.3: Rollerin değerlendirilmesi için Crawford-Ishikura Faktör Tablosu (GAPPS, 2007).

Proje Yönetimi Karmaşıklık Faktörü	Tanımlama ve Puan			
Proje içeriğinin durağanlığı	Çok yüksek (1)	Yüksek (2)	Orta (3)	Düşük ya da çok düşük (4)
Proje gerçekleşirken dâhil olan farklı disiplin, yöntem veya yaklaşımların sayısı	Düşük ya da çok düşük (1)	Orta (2)	Yüksek (3)	Çok yüksek (4)
Proje gerçekleşirken yasal, sosyal veya çevresel etkilerin büyüklüğü	Düşük ya da çok düşük (1)	Orta (2)	Yüksek (3)	Çok yüksek (4)
Proje paydaşları için beklenen finansal etki (pozitif veya negatif)	Düşük ya da çok düşük (1)	Orta (2)	Yüksek (3)	Çok yüksek (4)
Organizasyon ya da dâhil olan organizasyonlar için projenin stratejik önemi	Çok düşük (1)	Düşük (2)	Orta (3)	Yüksek ya da çok yüksek (4)
Proje ürününün özellikleri konusunda paydaşların uyumu	Yüksek ya da çok yüksek (1)	Orta (2)	Düşük (3)	Çok düşük (4)
Proje ve diğer organizasyonel varlıklar arasındaki arayüzlerin sayısı ve çeşitliliği	Çok düşük (1)	Düşük (2)	Orta (3)	Yüksek ya da çok yüksek (4)

PCAM aracı, proje karmaşıklığı için önemli olduğu kanıtlanmış karmaşıklık faktörlerinin karşılaştırılmasına dayanan karmaşıklık ölçümleme matrisi temeli üzerine geliştirilmiştir. Temel amaç, anahtar proje karmaşıklığı göstergelerinin belirlenmesi, bu göstergelerin projeye potansiyel etkilerinin belirlenmesi ve potansiyel etkilerin gerçekleşmesi durumunda yönetilmesi için bir plan tasarlanmasıdır. Karmaşıklık faktörleri geçmiş projelerden toplanan veriler baz alınarak belirlenmiştir. Projenin tüm karmaşıklık seviyelerindeki her bir faktörün önemi, uzman sıralamalarının sonuçlarına göre belirlenir. Bir proje takımı PCAM aracını proje yaşam döngüsündeki özel bir bölümün anlık karmaşıklık seviyesini değerlendirmek için kullanabilir. Araç; endüstri, altyapı, inşaat gibi farklı sektörlerde, farklı büyüklüklerdeki projelerde ve projelerin farklı fazlarında kullanılabilir (Dao ve diğ., 2016a).

Dao ve diğ. (2016a)'nin yaptığı çalışmada PCAM aracına girdi olarak kullanılması için İnşaat Sektörü Enstitüsü tarafından desteklenen bir araştırmada belirlenen 23 karmaşıklık faktörü ve bu faktörlerin gözlemlenebilir değişken haline gelmesi için

oluşturulan 37 karmaşıklık göstergesi kullanılmıştır. Bu faktörler ve göstergelerin bir bölümü Çizelge 2.4’te yer almaktadır.

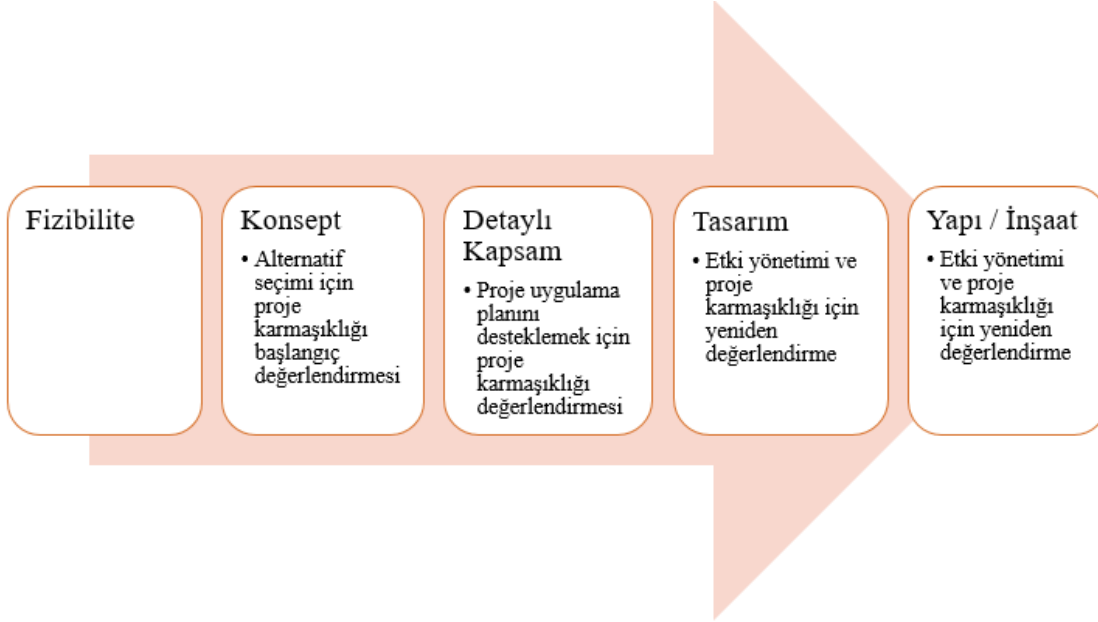
Çizelge 2.4: İnşaat Sektörü Enstitüsü’ne göre bazı önemli karmaşıklık faktörleri ve ilişkili göstergeler (Dao ve diğ, 2016a).

Karmaşıklık Faktörleri	Karmaşıklık Göstergeleri
Paydaş Yönetimi	
Projenin stratejik önemi	Projenin, organizasyonun genel başarısına etkisi (Karlılık, büyüme, gelecekte sektördeki pozisyon, halk arasında bilinirlik, iç stratejik düzen)
Yerel sosyal ve politik gruplar (paydaşlar) için projenin önemi	Orijinal proje uygulama planında dışsal paydaşların onay ihtiyaçlarının etkisi Orijinal proje uygulama planında dışsal (mevzuata ilişkin) ajans/varlıkların teftiş gerekliliklerinin etkisi
Yasal	
İzin ve mevzuat gereklilikleri	Gerekli toplam izin sayısı İzinleri almanın zorluk derecesi Tasarım onaylarını almanın zorluğu
Yasal	Dışsal ajansların proje uygulama planına etkisi

Her bir göstergeye göre oluşturulan anket çalışmasında 1 ile 9 arasında yapılan değerlendirmelerde, 1 en düşük, 9 en yüksek olacak şekilde elde edilen skorlar, proje için ilgili göstergenin karmaşıklık – etki seviyesi olarak belirlenmiştir. Karmaşıklık – ağırlık düzeyinin belirlenmesi için ise proje yönetimi konusunda deneyimli uzmanlardan, 15 gösterge seçip bunları önem derecelerine göre 1’den 15 e kadar sıralamaları istenmiştir. Bu veriler de PCAM aracı uygulamasında girdi olarak kullanılmıştır (Dao ve diğ, 2016a).

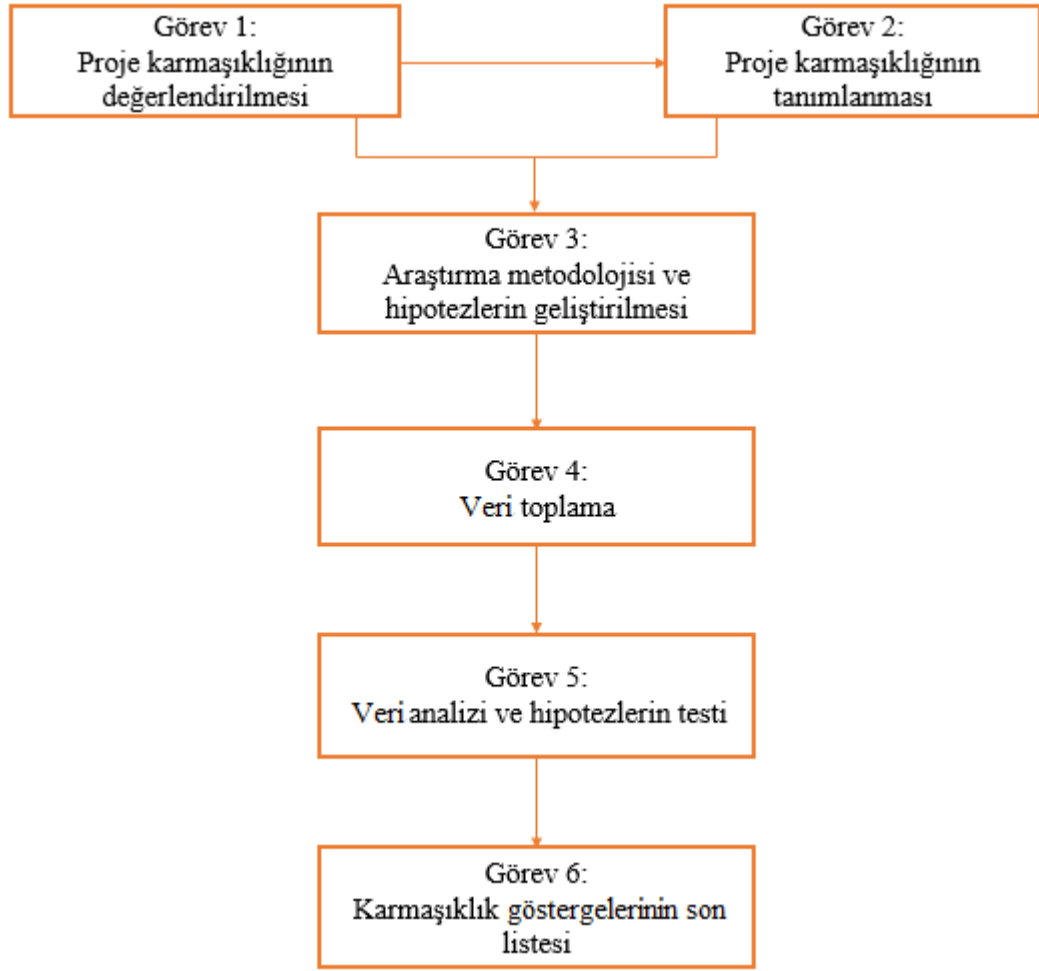
PCAM aracı giriş, kullanıcı rehberi, proje bilgisi, karmaşıklık girdileri, karmaşıklık çıktıları, karmaşıklık yönetim stratejileri, detaylı rapor ve yönetici raporu bölümlerinden oluşur. Proje takımının karmaşıklık göstergelerinin skorlarını belirlemesi ve etkilerini ölçmesi sonucu verilen girdilerle kullanıcıların yüksek karmaşıklık alanına düşen göstergeleri görebileceği bir diyagram oluşturur. Sonrasında yüksek karmaşıklık alanındaki göstergeler için uzman kişiler ile karmaşıklık yönetim stratejileri belirlenir. Detaylı rapor kısmında en önemli 10 karmaşıklık göstergesi ve ilişkilendirildiği yönetim stratejisi yer alırken, yönetici raporunda bunlardan ilk dördüne ve genel karmaşıklık şemasına yer verilir.

PCAM aracı ile proje yaşam döngüsü boyunca her an karmaşıklık ölçülebilir. Karmaşıklığı yönetmek için seçilen stratejiler kullanılabilir ve yeniden test etme yoluyla kullanılan stratejilerin etkileri tespit edilebilir. Dao ve diğ. (2016a) PCAM aracının bir inşaat projesi yaşam döngüsünde kullanım alanları için proje uygulama fazlarına göre Şekil 2.4'teki gibi bir örnek oluşturmuştur:



Şekil 2.4: PCAM aracının kullanılabileceği proje zaman çizelgesi (Dao ve diğ, 2016a).

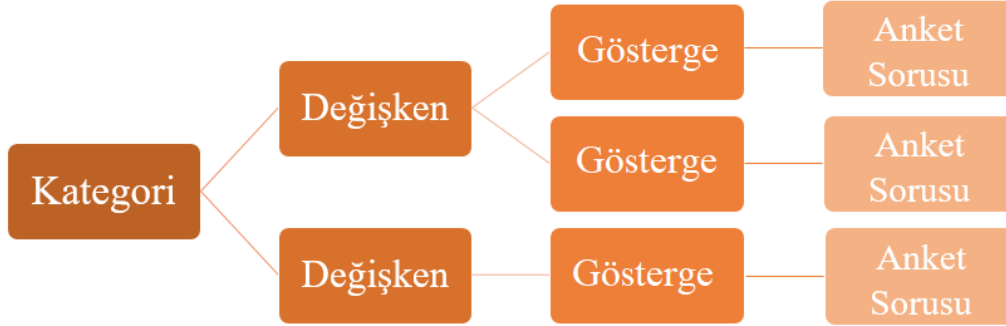
Dao ve diğ. (2017)'nin inşaat sektöründeki projeler için yaptıkları diğer bir çalışmada farklı bir metodoloji izlenmiştir. Literatür taraması ile potansiyel karmaşıklık faktörlerinin belirlenmesinin ardından, uzmanların görüşleri ile bu faktörler geliştirilmiş ve karmaşıklık kavramı ile ilgili değişkenler araştırılmıştır. Bu çalışmada, proje karmaşıklığı ve potansiyel karmaşıklık değişkenleri tanımlandıktan sonra hipotezler belirlenmiştir. Araştırma yöntemi olarak belirlenen anket, değişkenlerle ilgili göstergeleri ölçecek şekilde hazırlanarak uygulanmış ve veri analizleri ile proje karmaşıklığını doğru temsil eden karmaşıklık faktörleri çıkartılmaya çalışılmıştır. Çalışmada uygulanan metodoloji Şekil 2.5'te akış halinde verilmiştir. Görüldüğü gibi proje karmaşıklığı değerlendirildikten ve karmaşıklığın ne olduğu tanımlandıktan sonra araştırma metodolojisine karar verilmiş ve hipotezler geliştirilmiştir. Belirlenen metodoloji doğrultusunda veriler toplanmış, toplanan verilerin analiz edilmesi ve belirlenen hipotezlerin test edilmesi sonucunda karmaşıklık göstergelerinin son listesi elde edilebilmiştir.



Şekil 2.5: Karmaşıklık ölçüm metodolojisi (Dao ve diğ., 2017).

Dao ve diğ. (2017), gerçekleştirdikleri çalışmada her bir karmaşıklık değişkenini, proje karmaşıklığının bir faktörünü temsil edecek şekilde oluşturmuşlardır. Bu noktada, her bir karmaşıklık değişkeni, değişken tanımı, örnekler, ölçekler, etkiler ve kaçınma stratejilerini içerecek şekilde oluşturulmuştur. Bu detaylar sayesinde bazı değişkenler birleştirilebilmiş ya da elenebilmiş ve değişken sayısını yönetilebilir bir seviyede tutmak için azaltma gerekliliğine yardımcı olacak şekilde sıralama yapılabilmiştir. Belirlenen 50 karmaşıklık değişkeni bu yöntemle 35'e indirilmiş ve 35 değişken 11 kategoride toplanmıştır: paydaş yönetimi, hükümet, yasalar, mali planlamalar, ara yüzler, kapsam tanımı, lokasyon, tasarım ve teknoloji, proje kaynakları, kalite ve uygulama hedefleri. Her değişken için bir veya daha fazla gösterge belirlenmiş ve toplam 92 soru ile anket çalışması tamamlanmıştır. Kategoriler için değişken, değişkenler için gösterge, göstergeler için anket soruları hazırlanması şeklinde kurulan hiyerarşi Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Çalışma sonucunda belirlenen en önemli

değişkenler proje kaynakları, kapsam tanımı, paydaş yönetimi kategorilerine aitken, en az önemli değişkenler kalite kategorisine aittir.



Şekil 2.6: Karmaşıklık ölçüm hiyerarşisi (Dao ve diğ., 2017).

Bosch-Rekveltd ve diğ. (2011) ilk olarak proje başlamadan önce değerlendirilebilecek, proje karmaşıklığına katkı sağlayan elementlere odaklanmış ve yaptıkları çalışmada elementleri tespit edebilmek ve bir çerçeve oluşturabilmek için hem teori hem de pratikten yararlanmışlardır. Bu kapsamda öncelikle yapılan literatür araştırmasına dayalı olarak 40 temel karmaşıklık faktörü belirlenmiştir. Bu faktörler belirlenirken literatürde yer alan bazı kavramlar birleştirilmiştir; örneğin, “yöntem ve hedeflerde belirsizlik” faktörü yöntemlerdeki belirsizlik ve hedeflerdeki belirsizlik faktörlerini birlikte içermektedir veya “ürün ve süreçler arasındaki bağımlılık derecesi” faktörü görevler arası bağımlılıklar ve teknik süreçler arası ilişkiler faktörlerini kapsamaktadır. Buna göre literatür kaynaklarından derlenen karmaşıklık faktörleri Çizelge 2.5’te verilmiştir.

Çizelge 2.5: Proje karmaşıklığına katkı sağlayan faktörler (Bosch-Rekveltd ve diğ, 2011).

Literatür Kaynaklarından Karmaşıklık Elemanları	Elemanların Tanımı
Hedef ve kapsamın tanımlanma derecesi	Hedeflerin açıklığı
Şirketin iç politikaları (belirsizlik, gizlenen bilgi)	Şirket içi destek
Uygulanan proje yönetimi araç ve yöntemlerinin çeşitliliği	Proje yönetimi araç ve yöntemlerinin uyumu
Sözleşmenin şekli	Sözleşmenin tipi

Çizelge 2.5 (devam): Proje karmaşıklığına katkı sağlayan faktörler (Bosch-Rekveltd ve diğ, 2011).

Literatür Kaynaklarından Karmaşıklık Elemanları	Elemanların Tanımı
Ortakların şeffaflığı, empati (işbirliğini geliştiren kişisel veya soyut meseleler)	Ortak teşebbüslerdeki ortakların işbirliği
Elemanlar arası bağımlılıklar	Görevler arası bağımlılıklar
Diğer şirketlere/departmanlara bağımlılık	Diğer paydaşlara bağımlılık
Projedeki ticari yenilikler (yeni ortaklar, takımlar, süreçler)	Yeni partilerle deneyimler
Bilgi (eğitim/tecrübe)	Teknoloji deneyimi
Çoklu/çalışan hedefler	Hedef sıralaması
Bir üretim sürecindeki değişimin diğer üretim süreçlerine etkisi	Teknik süreçler arası bağımlılıklar
Rekabet	Rekabet seviyesi
Projedeki yeni teknolojiler	Teknolojinin (dünya çapında) yeniliği
Farklı disiplinlerin sayısı	Farklı disiplinlerin sayısı
Farklı dillerin sayısı	Farklı dillerin sayısı
Farklı kültürlerin sayısı	Farklı uyrukların sayısı
Farklı norm ve standartların sayısı	Farklı norm ve standartların sayısı
Finansal kaynakların çeşitliliği	Finansal kaynakların sayısı
Hedeflerin çeşitliliği	Hedeflerin sayısı
Bölgesel farklılık	Lokasyonların sayısı
Ortakların, sözleşmenin taraflarının, tedarikçilerin sayısı	Paydaşların sayısı
Aktivitelerin sayısı	Görevlerin sayısı
Zamanla farklılaşma (proje süresince farklı zamanların iç içe girmesi)	Ofis saatlerinin çakışması
Siyasaların etkisi	Siyasal etki

Çizelge 2.5 (devam): Proje karmaşıklığına katkı sağlayan faktörler (Bosch-Rekveldt ve diğ, 2011).

Literatür Kaynaklarından Karmaşıklık Elemanları	Elemanların Tanımı
Planlama	Projenin yürütmesi
Proje süresi	Proje süresi
Makro organizasyonun yapısı (yerel paydaşlar)	Gerekli yerel içerik
Kabiliyetler	Kaynak ve yeteneklerin elverişliliği
Risk yönetimi	Risk yönetimi
Teslim edileceklerin sayısı, kapsamın büyüklüğü (bileşenlerin sayısı vs.), alınacak kararların sayısı, analiz edilecek bilginin miktarı	Kapsamın büyüklüğü
Projenin büyüklüğü (bütçe olarak)	Sermaye masrafının büyüklüğü
Projenin büyüklüğü (insan sayısı olarak)	Mühendislik saatlerinin büyüklüğü
Proje üyelerinin sayısı	Proje takımının büyüklüğü
Makro organizasyondaki değişimlerin sıklığı ve etkisi (tedarikçiler, sözleşme, yarı mamul fiyatlaması, kur değişim oranları)	Proje çevresinde durağanlık
Müşterilerin şeffaflığı, empati (işbirliğini geliştiren kişisel veya soyut meseleler)	Sözleşme taraflarına güven
Takımın şeffaflığı, empati (işbirliğini geliştiren kişisel veya soyut meseleler)	Proje takımına güven
Teknolojik değişikliklerin sıklığı ve etkisi (kalite, hız vs.), dinamizm (bilginin, spesifikasyonların, değişiklik talimatlarının vs. değişimi)	Kapsamdaki belirsizlik
Yöntemlerin tanımlanma derecesi	Yöntemlerdeki belirsizlik
Bakış açılarının çeşitliliği	Paydaşların bakış açılarının
Görevlerin çeşitliliği	Görevlerin çeşitliliği

Literatürde belirlenen faktörlere göre bir projede karmaşıklığı yaratan faktörler sadece teknik ya da teknolojik değildir; organizasyonel ve çevresel faktörler de önemli bir rol oynar (Bosch-Rekvelde ve diğ., 2011). Bu kapsamda, proje karmaşıklığını kavramak için geliştirilecek çerçeve için, tüm faktörler teknik, organizasyonel ve çevresel kategorilerinden birine yerleştirilmiştir.

Uygulamada ortaya konan karmaşıklık faktörlerini belirlemek için 18 görüşme yapan Bosch-Rekvelde ve diğ. (2011), adaylara, açık sorularla, kendi bakış açılarından belirli bir proje için proje karmaşıklığına hangi faktörlerin katkı sağladığını sormuşlardır. Görüşme başlangıcında, analizlere katkı sağlamak amacıyla her görüşmeciye proje karmaşıklığının tanımı ve kendi yorumları sorulmuştur. Uygulamacıların görüşlerinin yanı sıra gerçekleşmiş vakalardan da faydalanılarak toplam 49 faktör belirlenmiştir. Bu faktörler Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6: Proje karmaşıklığına katkı sağlayan faktörler (Bosch-Rekvelde ve diğ., 2011).

Tanımlanan Faktörler	Kaç uygulamacı bahsetmiştir?	Kaç vakada bahsedilmiştir?
Teknoloji ile deneyim	17	6
Paydaşlarının bakış açılarının çeşitliliği	16	6
Farklı proje yönetim yöntem ve araçlarının sayısı	15	6
Kaynak ve yetenek elverişliliği	15	6
Paydaşların sayısı	14	6
Sözleşme tipi	13	6
Kapsamdaki belirsizlikler	13	5
Dahil olan partilerle deneyimler	13	5
Teknik süreçler arası bağımlılıklar	12	6
Teknolojinin yeniliği (dünya çapında)	12	6
Sözleşme taraflarına güven	11	6
Sağlık, güvenlik, emniyet ve çevre (HSSE - health, safety, security, environment) konuları	11	5

Çizelge 2.6 (devam): Proje karmaşıklığına katkı sağlayan faktörler (Bosch-Rekveltd ve diğ, 2011).

Tanımlanan Faktörler	Kaç uygulamacı bahsetmiştir?	Kaç vakada bahsedilmiştir?
Ortak teşebbüslerdeki ortakların işbirliği	11	5
Proje takımına güven	10	5
Siyasal etki	10	5
Şirket içi destek	9	4
Farklı norm ve standartların sayısı	8	5
Farklı uyrukların sayısı	8	5
Diğer paydaşlara bağlılık	8	5
Rekabet seviyesi	6	5
Çevresel riskler	6	4
Teknik riskler	6	4
Görevlerin çeşitliliği	6	4
Teknik yöntemlerdeki belirsizlikler	6	3
Farklı dillerin sayısı	6	3
Var olan yerleşim yerlerine müdahale	6	3
Görevlerin sayısı	6	3
Hedef sıralaması	5	4
Lokasyonların sayısı	5	4
Kapsam büyüklüğü	5	3
Yerleşim yerinin büyüklüğü	5	3
İç stratejik baskı	5	3
Görevler arası bağımlılık	4	4
Proje takımının büyüklüğü	4	4
Kalite gereksinimleri	4	3

Çizelge 2.6 (devam): Proje karmaşıklığına katkı sağlayan faktörler (Bosch-Rekvelde ve diğ, 2011).

Tanımlanan Faktörler	Kaç uygulamacı bahsetmiştir?	Kaç vakada bahsedilmiştir?
Finansal kaynakların sayısı	4	3
Proje yürütülmesi	4	2
Hava koşulları	3	3
Lokasyonun uzaklığı	3	3
Organizasyonel risk	3	2
Sermaye masrafının (CAPEX) büyüklüğü	3	2
Farklı disiplinlerin sayısı	3	2
Ofis saatlerinin çakışması	3	2
Ülkedeki deneyim	3	2
Mühendislik saatlerinin büyüklüğü	2	2
Sendika gücü	2	2
Gerekli yerel içerik	2	1
Hedeflerin açıklığı	1	1
Proje çevresinde durağanlık	1	1

Çalışmada belirlenen 49 faktör proje için “Ne?”, “Kim?” ve “Nasıl?” sorularına göre sınıflandırılmıştır. Projenin “Ne?”leri içeriği (teknik süreçler arasındaki ilişkiler, teknolojinin yeniliği, teknoloji ile deneyim), “Kim?”leri projeye dahil olan partiler ve detayları (paydaşların sayıları ve bakış açılarının çeşitliliği), “Nasıl?”ları ise çalışanlar ve proje organizasyonunu (farklı proje yönetimi yöntemleri ve araçlarının sayısı, kaynak ve yetkinliklerin kullanılabilirliği, sözleşme taraflarına güven ve sözleşme tipi) ifade edilmiş; “Ne?” faktörleri proje karmaşıklığının teknik boyutuna, “Kim?” faktörleri proje karmaşıklığının çevresel boyutuna, “Nasıl?” faktörleri ise proje karmaşıklığının organizasyonel boyutuna atanmıştır (Bosch-Rekvelde ve diğ, 2011). Bu doğrultuda teknik, çevresel ve organizasyonel faktörler anahtar faktörler olarak belirlenmiş Çizelge 2.7’de gösterilen TOE karmaşıklık çerçevesi oluşturulmuştur.

Çizelge 2.7: TOE karmaşıklık çerçevesi alt boyutları (Bosch-Rekveltdt ve diğ, 2011).

Teknik	Organizasyonel	Çevresel
Hedefler	Büyüklik	Paydaşlar
Kapsam	Kaynaklar	Lokasyon
Görevler	Proje takımı	Pazar durumu
Deneyim	Güven	Risk
Risk	Risk	

TOE çerçevesince yer alan boyutlar, alt boyutlar ve faktörler (toplam 50 faktör) Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8: TOE karmaşıklık çerçevesi (Bosch-Rekveltdt ve diğ, 2011).

Ana Boyut	Alt Boyut	Kaynak	Karmaşıklık Faktörü
Teknik	Hedefler	Literatür	Hedeflerin sayısı
Teknik	Hedefler	Lit. + Uyg.	Hedef sıralaması
Teknik	Hedefler	Lit. + Uyg.	Hedeflerin açıklığı
Teknik	Kapsam	Lit. + Uyg.	Kapsam büyüklüğü
Teknik	Kapsam	Lit. + Uyg.	Kapsamdaki belirsizlikler
Teknik	Kapsam	Uygulama	Kalite gereksinimleri
Teknik	Görevler	Lit. + Uyg.	Görevlerin sayısı
Teknik	Görevler	Lit. + Uyg.	Görevlerin çeşitliliği
Teknik	Görevler	Lit. + Uyg.	Görevler arası bağımlılık
Teknik	Görevler	Lit. + Uyg.	Yöntemlerdeki belirsizlikler
Teknik	Görevler	Lit. + Uyg.	Teknik süreçler arası bağımlılıklar

Çizelge 2.8 (devam): TOE karmaşıklık çerçevesi (Bosch-Rekveltdt ve diğ, 2011).

Ana Kategori	Alt Kategori	Kaynak	Karmaşıklık Faktörü
Teknik	Görevler	Lit. + Uyg.	Norm ve standartlardaki karmaşıklıklar
Teknik	Deneyim	Lit. + Uyg.	Teknolojinin yeniliği (dünya çapında)
Teknik	Deneyim	Lit. + Uyg.	Teknoloji ile deneyim
Teknik	Risk	Lit. + Uyg.	Teknik riskler
Organizasyonel	Büyüklük	Literatür	Proje süresi
Organizasyonel	Büyüklük	Lit. + Uyg.	Farklı proje yönetim yöntem ve araçlarının uyumu
Organizasyonel	Büyüklük	Lit. + Uyg.	Sermaye masrafının (CAPEX) büyüklüğü
Organizasyonel	Büyüklük	Lit. + Uyg.	Mühendislik saatlerinin büyüklüğü
Organizasyonel	Büyüklük	Lit. + Uyg.	Proje takımının büyüklüğü
Organizasyonel	Büyüklük	Uygulama	Yerleşim yerinin büyüklüğü
Organizasyonel	Büyüklük	Lit. + Uyg.	Lokasyonların sayısı
Organizasyonel	Kaynaklar	Lit. + Uyg.	Projenin yürütülmesi
Organizasyonel	Kaynaklar	Lit. + Uyg.	Kaynak ve yetenek elverişliliği
Organizasyonel	Kaynaklar	Lit. + Uyg.	Dâhil olan partilerle deneyimler
Organizasyonel	Kaynaklar	Uygulama	Sağlık, güvenlik, emniyet ve çevre (HSSE - health, safety, security, environment) farkındalığı
Organizasyonel	Kaynaklar	Lit. + Uyg.	Farklı disiplinlerin sayısı
Organizasyonel	Kaynaklar	Lit. + Uyg.	Finansal kaynakların sayısı
Organizasyonel	Kaynaklar	Lit. + Uyg.	Sözleşme tipi

Çizelge 2.8 (devam): TOE karmaşıklık çerçevesi (Bosch-Rekveltdt ve diğ, 2011).

Ana Kategori	Alt Kategori	Kaynak	Karmaşıklık Faktörü
Organizasyonel	Proje takımı	Lit. + Uyg.	Farklı uyrukların sayısı
Organizasyonel	Proje takımı	Lit. + Uyg.	Farklı dillerin sayısı
Organizasyonel	Proje takımı	Lit. + Uyg.	Ortak teşebbüslerdeki ortakların işbirliği
Organizasyonel	Proje takımı	Lit. + Uyg.	Ofis saatlerinin çakışması
Organizasyonel	Güven	Lit. + Uyg.	Proje takımına güven
Organizasyonel	Güven	Lit. + Uyg.	Sözleşme taraflarına güven
Organizasyonel	Risk	Lit. + Uyg.	Organizasyonel risk
Çevresel	Paydaşlar	Lit. + Uyg.	Paydaşların sayısı
Çevresel	Paydaşlar	Lit. + Uyg.	Paydaşlarının bakış açılarının çeşitliliği
Çevresel	Paydaşlar	Lit. + Uyg.	Diğer paydaşlara bağlılık
Çevresel	Paydaşlar	Lit. + Uyg.	Siyasal etki
Çevresel	Paydaşlar	Lit. + Uyg.	Şirket içi destek
Çevresel	Paydaşlar	Lit. + Uyg.	Gerekli yerel içerik
Çevresel	Lokasyon	Uygulama	Var olan yerleşim yerlerine müdahale
Çevresel	Lokasyon	Uygulama	Hava koşulları
Çevresel	Lokasyon	Uygulama	Lokasyonun uzaklığı
Çevresel	Lokasyon	Uygulama	Ülkedeki deneyim
Çevresel	Pazar durumu	Uygulama	İç stratejik baskı
Çevresel	Pazar durumu	Lit. + Uyg.	Proje çevresinde durağanlık
Çevresel	Pazar durumu	Lit. + Uyg.	Rekabet seviyesi
Çevresel	Risk	Lit. + Uyg.	Çevresel riskler

Büyük mühendislik projelerine yönelik bir proje karmaşıklığı çerçevesi geliştirmek için tasarlanan TOE karmaşıklık çerçevesinin oluşturulması için literatürden ve pratikten alınan faktör listeleri birleştirilmiş ve yeniden sıralanmıştır. Çerçevenin zengin içeriğe sahip olmasını sağlamak, aynı zamanda rastgele unsurların eklenmesini engellemek için çerçevede yer alacak unsurların belirlenmesinde aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır:

Bir faktörün listeye eklenebilmesi için ilgili faktöre,

- Hem literatür hem de pratikten toplamda en az üç kaynak kanıt gösterilmeli veya,
- En az iki literatür kaynağından kanıt gösterilmeli veya,
- En az iki vakayı kapsayan en az üç görüşmeden kanıt gösterilmeli.

Çerçevedeki unsurların sayısı, proje karmaşıklığını etkileyen faktörlerin zenginliğini gösterebilmesi amacıyla azaltılmamıştır. Ancak kullanımı kolaylaştırmak için tanımlar 3 seviye, 14 alt kategori ve 50 unsur olarak düzenlenmiştir (Bosch-Rekvelde ve diğ., 2011).

TOE çerçevesine göre teknik ve organizasyonel boyut, proje karmaşıklığı ile ilgili temel faktörleri içerirken, çevresel boyut daha yumuşak unsurları içermektedir. Çerçevede, teknik kategorideki faktörlerin çoğu yapısal (yapı ile ilgili) bir karaktere sahiptir: hedeflerin sayısı, kapsamın genişliği, görevlerin sayısı, görevler arası bağımlılıklar, vb. Hedef ve yöntemlerdeki belirsizlikler de teknik boyuta dahil edilmiştir. Bazı yapısal faktörlerse organizasyonel boyuta eklenmiştir: proje yönetimi yöntem ve araçlarının sayısı, farklı disiplinlerin sayısı, vb. Görece daha yumuşak unsurlar hem organizasyonel hem de çevresel boyutta yer almaktadır: güven, kaynak ve yetkinliklerin kullanılabilirliği, dahil olan partilerin deneyimi, dahil olan disiplinler arası ara yüzler, vb. Dahası, paydaşların çeşitliliği ve farklı bakış açıları, hem hedef sıralama faktörünün (teknik boyut), hem de paydaşların sayısı ve bakış açılarının çeşitliliği faktörünün (çevresel boyut) altında yer almaktadır. Bosch-Rekvelde ve diğ. (2011)'nin çalışmasında belirsizlik faktörleri karmaşıklık için ana etkenleri oluştururken, risk proje karmaşıklığına katkı sağlayan bir kavram olarak yer almıştır. Etkisini göz önünde bulundurmak için her üç boyuta da alt boyut olarak "risk" eklenmiştir.

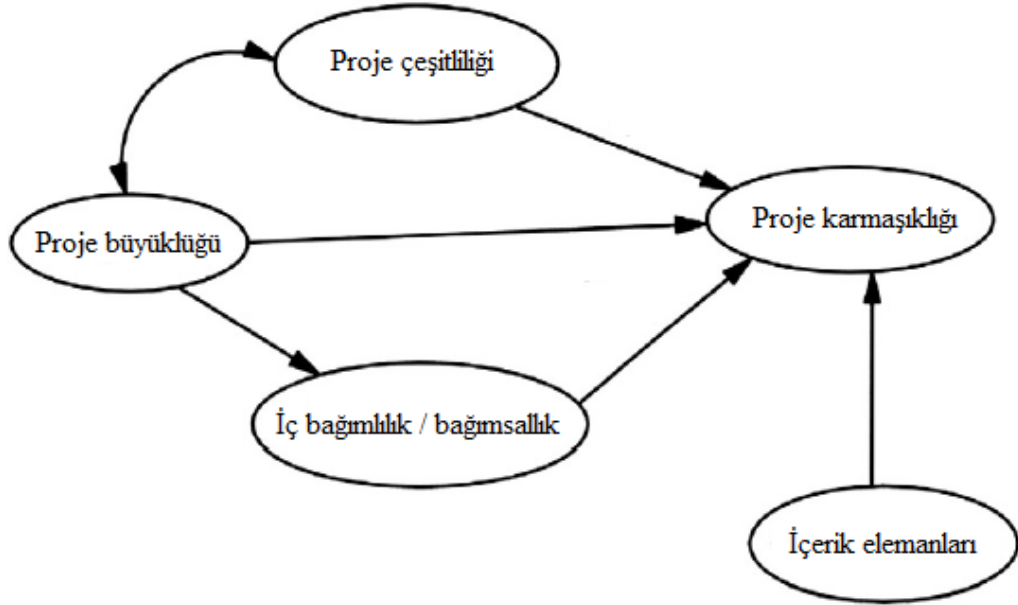
Organizasyonel karmaşıklık, proje karmaşıklığı ile ilgili gerçekleştirilmiş araştırmaların önemli bir kısmında geniş yer bulmuş ve önemli bir faktör olarak gösterilmiştir. Öyle ki, Qureshi ve Kang (2014), proje karmaşıklığı ile ilgili boyutları organizasyonel, teknolojik, çevresel ve sosyal olarak ayırmış; ancak yaptıkları çalışmada tamamen organizasyonel boyuta odaklanmışlardır. Proje karmaşıklığını etkileyen organizasyonel faktörlerin analiz edilmesine yönelik yaptıkları çalışmada yapısal eşitlik modelleme tekniğinden yararlanmış ve uygulayıcıların etkin bir şekilde karmaşıklıkla başa çıkabilmeleri ve karmaşıklık yönetimi yaklaşımlarını basite indirgeyebilmeleri için, her bir faktörün önemi üzerine çalışarak organizasyonel karmaşıklık faktörlerini tanımlamayı ve modellemeyi amaçlamışlardır.

Yapısal eşitlik modelleme tekniği bir modeli oluşturan gizli değişkenler ve gözlenebilen değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek üzere kullanılan çok değişkenli istatistiksel bir tekniktir. Gözlemlenebilen değişkenler bir araştırmacı tarafından doğrudan ölçülebilirken, gizli değişkenler konu ile ilişkili olan ancak direkt olarak ölçülemeyen değişkenlerdir. Gözlemlenebilen değişkenler gizli değişkenlerin temsil edilmesi ve ölçülmesi için kullanılırlar. Model, gözlemlenen değişkenler ile gizli değişkenlerin ne kadar iyi temsil edildiğini inceleyen “ölçüm” ve gizli değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren “yapısal” ilişkileri kapsamaktadır.

Qureshi ve Kang (2014) proje karmaşıklığını doğrudan etkileyen organizasyonel faktörleri proje büyüklüğü, proje çeşitliliği, içerik elemanları ve projedeki iç bağımlılıklar olarak belirlemiştir. Proje büyüklüğü, proje çeşitliliği ve içerik elemanları dışsal değişken; projedeki iç bağımlılıklar ve proje karmaşıklığı içsel değişken olarak belirlenmiştir. Proje büyüklüğü ve çeşitliliği birbirleriyle ilişkili olduklarından ve birbirlerini etkilediklerinden çift yönlü bir ilişkiye sahiptir. Tüm bu değişkenler gizli değişkenlerdir. Sermaye yatırımının büyüklüğü, aktivitelerin sayısı, kaynakları paylaşan şirketlerin sayısı, kararların sayısı, hiyerarşi seviyelerinin sayısı, bilgi sistemlerinin sayısı ve yatırımcıların sayısı proje büyüklüğünü etkileyen gözlemlenebilir değişkenler olarak; paydaşların coğrafi konumları, finansal kaynakların tipi, bilgi sistemlerinin çeşitliliği, organizasyonel iç bağımlılıkların çeşitliliği ve gerekli organizasyonel yetkinliklerin tipleri proje çeşitliliğini etkileyen gözlemlenebilir değişkenler olarak belirlenmiştir. İçerik elemanları için gözlemlenebilir değişkenler rekabet, çevresel karmaşıklık, kurumsal yapı, yasalar, düzenlemeler ve organizasyonun inovasyon derecesi olarak belirlenmiştir. İç

bağımlılıklar ise çeşitli faktörler ve aktivitelerin birbirine bağımlı olmasından doğacağından, daha kapsamlı bir boyutta düşünülmelidir. Kaynakların elde edilebilirliği, takvimler ve planlamalar arasındaki bağımlılıklar, çevreye karşı bağımlılıklar, iç bağlantılar ve proje ve görev ağlarındaki geri besleme döngüleri iç bağımlılıkları etkileyen gözlemlenebilir değişkenler olarak belirlenmiştir. Proje karmaşıklığı içinse non-lineerlik, içerik bağımlılığı, teklik, belirsizlik, güven ve kabiliyet değişkenleri belirlenmiştir. Bu doğrultuda kurulan ilk model Şekil 2.7’de verilmiştir. Kurulan yapısal eşitlik modeli için, belirlenen gizli değişkenlerin etkileşimlerine yönelik beş farklı hipotez öne sürülmüştür:

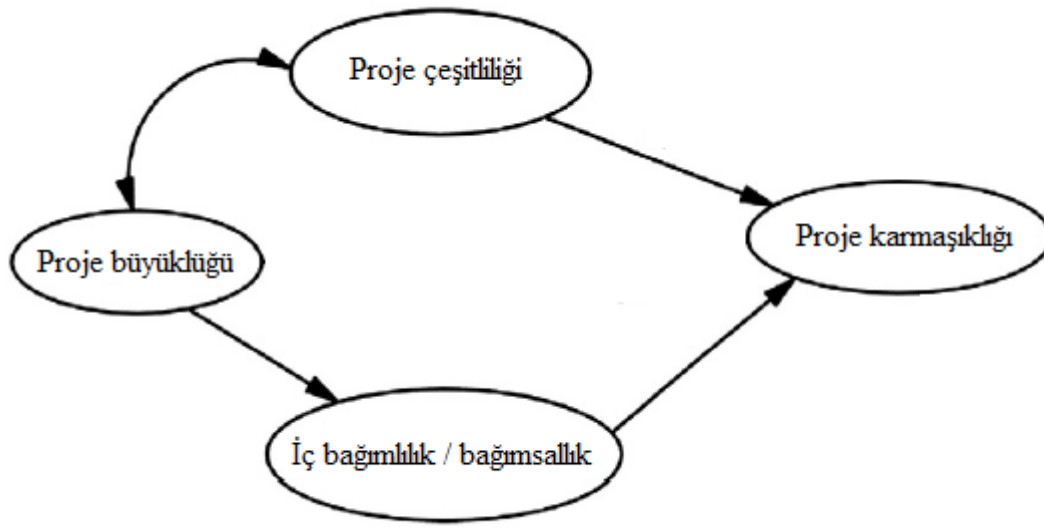
- H1: Proje büyüklüğü proje karmaşıklığını olumlu etkiler.
- H2: Proje büyüklüğü projedeki iç bağımlılıkları olumlu etkiler.
- H3: Projedeki iç bağımlılıklar proje karmaşıklığını olumlu etkiler.
- H4: Proje çeşitliliği proje karmaşıklığını olumlu etkiler.
- H5: İçerik elemanları proje karmaşıklığını olumlu etkiler.



Şekil 2.7: Proje karmaşıklığı modeline ilişkin yol diyagramı (Qureshi ve Kang, 2014).

Hipotezleri test etmek için belirlenen gözlemlenebilir değişkenleri ölçmeye yönelik hazırlanan sorularla yapılan anket sonrası, değerlendirmeler sonucu, proje çeşitliliği için organizasyonel iç bağımlılıkların çeşitliliği ve paydaşların coğrafi konumları; projedeki iç bağımlılıklar için de takvimler ve planların bağımlılığı organizasyonel

karmaşıklığı etkileyen en önemli değişkenler olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla, bu iki faktör proje karmaşıklığı için birince derecede önemlidir. Proje büyüklüğü için projenin amacı ve yatırımcı sayısı önemli bulunmuş; ancak proje büyüklüğü proje karmaşıklığını doğrudan etkilemeyip, proje çeşitliliği ve projedeki iç bağımlılıkları etkilemesi sebebiyle dolaylı etkiye sahip bir değişken olarak değerlendirilmiş ve birinci derecede önemli olmasa da dikkat edilmesi gereken bir faktör olarak belirtilmiştir. Ayrıca, içerik elemanları gizli değişkeninin proje karmaşıklığını önemli derecede etkilemediği sonucuna varılmıştır (Qureshi ve Kang, 2014). Bu sonuçlara doğrultusunda revize edilen model Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Proje karmaşıklığı modeline ilişkin revize yol diyagramı (Qureshi ve Kang, 2014).

Her ne kadar Qureshi ve Kang (2014) ’ın yaptığı çalışmada proje karmaşıklığı için proje büyüklüğünün direkt bir etkiye sahip olmadığı ortaya konmuş olsa da, literatürde bunun tam tersi görüşü savunan birçok araştırmaya rastlamak mümkündür. Hatta çoğunlukla proje büyüklüğü, proje karmaşıklığı için baskın bir ölçek olarak görülmektedir. Bosch-Rekvelde ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada bazı görüşmelerde geleneksel büyüklüğün (mühendislik saatleri, sermaye harcamaları, vs.) proje karmaşıklığına katkı sağladığından, hatta büyüklükle ilgili “farklı proje yönetimi yöntem ve araçlarının sayısı”, “paydaşların sayısı” gibi büyüklükle ilişkili faktörlerin de katkılarından bahsetmiştir. Chan ve diğ. (2004) geniş ölçekli projelerin genellikle daha karmaşık olduğunu söylemiştir. Proje yöneticilerinin konu ile ilgili yeterince bilgi ve deneyimi olmaması projelerde düşük performans, maliyet aşımı, planlamada

gecikme gibi çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Ölçek büyüdükçe ihtiyaç duyulan bilgi düzeyi de artacaktır; dolayısıyla, özellikle büyük projelerde proje karmaşıklığının anlaşılması ve ölçülmesi son derece önemlidir (Lu ve diğ., 2015).

Geraldi ve diğ. (2011) karmaşıklık bilimine bir açıklık sağlamak, proje yöneticileri için yaşanan bir deneyim olarak karmaşıklığı canlandırmak ve hem uygulayıcılar hem de proje karmaşıklığıyla başa çıkabilmek için kişisel ya da organizasyonel anlamda yapılacak gelecek çalışmalar için ortak bir dil sunmayı amaçlamışlardır. Sundukları çerçeve beş boyut içermektedir: yapısal karmaşıklık, belirsizlik, dinamiklik, hız ve sosyo-politik karmaşıklık. Bu beş boyut, hem kişiler hem de organizasyonların her bir karmaşıklık tipini cevaplamak için yaptıkları seçimleri (işte oluşan durumlar, stratejik seçimler, süreçsel seçimler, yönetsel kapasite ve yetkinlikler) kapsamaktadır.

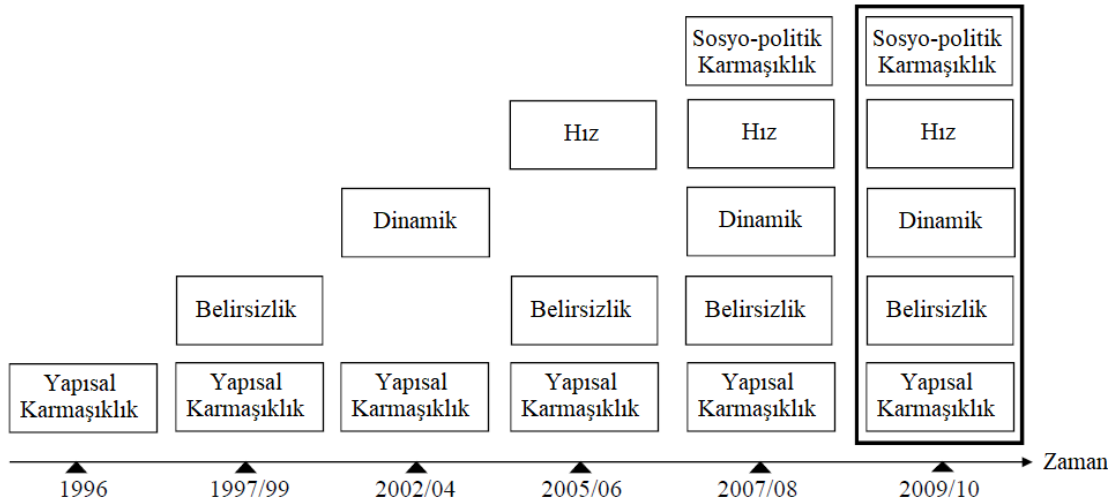
Geraldi ve diğ. (2011) proje karmaşıklığı ilgili boyutları belirlemek ve ortak bir dil oluşturmak adına yaptıkları sistematik çalışmaya, literatür araştırması ile başlamış, 1996'dan 2010'a kadar konu ile ilgili yazılmış tüm makaleleri incelemişlerdir. İncelenen makalelerden faydalı olduğu düşünülen 25 makale ile bir örneklem oluşturulmuştur. Örneklem oluşturma süreci sırasıyla şu aşamalardan oluşmuştur:

- anahtar kelimeler kullanılarak çeşitli veri tabanlarında yapılan araştırmalar ile “yayınların tanımlanması”,
- atıf indeksleri araştırması, vb. ile “akademik makalelere odaklanılması”,
- makalelerin özet kısımlarına dayanarak “karmaşıklık üzerine proje yönetimi konularına odaklanılması”,
- tüm kaynakları gözden geçirmiş olmak için kaynakların kaynaklarının tekrar taranması yoluyla “eksiksizliğin kontrolü”,
- Cicmil ve diğ. (2009) tarafından tanımlanan ‘projelerdeki karmaşıklık’ ve ‘projelerin karmaşıklığı’ ayrımı dikkate alınarak, “projelerin karmaşıklığına odaklanılması” ve
- proje karmaşıklığı ile ilgili açık bir tanım ya da çerçeve içeren kaynakların belirlenmesi için “son filtreleme” aşaması.

Bu yol ile elde edilen 25 çalışma altı adımda detaylı olarak analiz edilmiştir. İlk üç adım, önceki çalışmalardan çıkan karmaşıklık tipleri ile bir çerçeve tanımlamakla, sonraki iki adım ise bu karmaşıklık tiplerinin her biri için uygun göstergelerin belirlenmesiyle ilgilidir. Birinci adımda, altı aşamalı eleme ile elde edilen 25 makalede

yer alan karmaşıklık tanımları ve çerçeveler çıkartılmıştır. İkinci adımda, ilk adıma göre çıkartılan tanım ve çerçevelerden elde edilen faktörler tekrarlı süreçlerle gruplandırılmış ve yayın tarihlerine göre en belirgin şekilde ortaya çıkan kavramlar beş karmaşıklık tipi altında ifade edilmiştir: yapısal karmaşıklık, belirsizlik, dinamiklik, hız ve sosyo-politik karmaşıklık.

Şekil 2.9’da yer alan zaman çizelgesi, karmaşıklık ile ilgili yeni anlayışların ortaya çıktığı dönemleri göstermektedir. İlk düşünce Baccarini (1996) tarafından ortaya atılmış yapısal karmaşıklık ve 1996’dan itibaren karmaşıklığın bir özelliği olarak düşünülmektedir. Belirsizlik boyutu, Williams (1999) tarafından tanımlanan ikinci boyut, ikinci düşüncedir. 2002 ve 2004’te karmaşıklık yapısal ve dinamik karmaşıklık boyutları ile ele alınmış, 2005’te bu iki boyuta ek olarak Williams (2005) karmaşıklıkla ilgili bir bakış açısı olarak hız boyutunu ortaya koymuştur. Son olarak 2007 ve 2008 yıllarında karmaşıklığın sosyo-politik boyutu eklenmiştir (Geraldı ve diğ., 2011).



Şekil 2.9: Karmaşıklık çerçevelerinin tarihi gelişimi (Geraldı ve diğ., 2011).

Kavramların gelişimi ile ilgili bütüne bakıldığında, karmaşıklık tipleri kasıtlı olarak önceki çalışmaların üzerine inşa edilerek ilerlememiştir. Ancak aynı zamanda, bulgular ve çerçeveler, projelerin karmaşıklığı ile ilgili genel bir dil olmasını mümkün kılacak kadar benzerdir. Geraldı ve diğ. (2009) ve Geraldı ve diğ. (2010) çalışmalarında öncekilerin ötesinde bir karmaşıklık tipi tanımlamamış, o zamana kadar önerilen çerçevelerin yüzeysel gerçekliğini pekiştirilmiştir (Geraldı ve diğ., 2011).

Üçüncü adımda, ikinci adımda belirlenen beş karmaşıklık tipinin kapsamı değerlendirilmek üzere 25 makale yeniden incelenmiştir. Dördüncü adımda, 25

makalenin seçildiği 45 makalelik geniş literatür yeniden incelenmiş ve kullanılan göstergeler tespit edilmiştir. Amaç her karmaşıklık tipi için göstergeleri belirlemek ve bu sayede ilgili faktörleri empati, şeffaflık, açıklık, dahil olan insan sayısı, proje büyüklüğü gibi ifadelerle ve “yaşanmış deneyim” bakış açısıyla karmaşıklığın ölçümlenebilir hale gelmesini sağlamaktır. Bu şekilde, bu adımda yaklaşık 200 gösterge belirlenmiştir. Beşinci adımda, bu göstergeleri anlamlandırmak ve göstergelerin neleri gösterdiğini anlamak amaçlanmıştır. Belirsizlik, yapısal ve sosyo-politik karmaşıklık ile ilgili göstergelerin sayısının fazla olması araştırmacıları bunlar için alt kategoriler geliştirmeye yöneltmiş ve ortaya Çizelge 2.9’daki gibi bir tablo çıkmıştır.

Çizelge 2.9: Karmaşıklığın boyutları ve değişkenleri (Geraldı ve diğ, 2011).

Boyut	Değişken (Alt Boyut)
Yapısal Karmaşıklık	Büyüklik
	Çeşitlilik
	Bağımlılık
Belirsizlik	Yenilik
	Deneyim
	Bilginin elverişliliği
Dinamik	Değişim
Hız	Değişiklik hızı
Sosyo-politik Karmaşıklık	Önem
	Destekleme
	Uyma/birleşme
	Şeffaflık

Çalışmada boyutlar, alt boyutlar ve bunlara yönelik göstergeler şu şekilde ifade edilmiştir:

- Yapısal karmaşıklık: Literatürde en çok adı geçen karmaşıklık tiplerinden biri olan yapısal karmaşıklık, farklı ve birbirine bağımlı yüksek sayıda element olması ile ilişkilidir (Williams, 1999). Bu ilişki sebebiyle karmaşıklık kavramında yer alan “birbirine bağımlı varlıklar seti” tanımına en yakın boyuttur (Geraldı ve diğ, 2011). Literatürde yer alan çalışmaların çoğu yapısal karmaşıklığı üç değişken ile tanımlamaktadır: büyüklik, çeşitlilik ve bağımlılık. Bu değişkenleri temel alarak Geraldı ve diğ. (2011)’nin yapısal karmaşıklık için belirlediği göstergeler; kapsam, birim maliyet/projenin finansal ölçeği, projenin büyüklik/bütçe oranı, markete oranla ürünün

kapsamı, ürüne dahil olan teknoloji, ürüne gömülmüş yazılım, ürün hacmi, değişecek sistem, veri uyumsuzluğu, teknik/altyapısal entegrasyon, girdi ve çıktılarının sayısı ve çeşitliliği, proje elemanlarının entegrasyonu, teknik farklılıklar ve bağımlılıklar, farklı ve ayrı aksiyon ve görevlerin sayısı, süreç entegrasyonu, farklı süreçlerin bağımlılığı, tanımlanan ve standartlaştırılan süreçler, çözüm için çok fazla alternatif olması, farklı disiplinlerin çeşitliliği, uzmanlıkların sayısı, projedeki rollerin sayısı ve gerektirdiği uzmanlık seviyesi, gereken yetenek ve mühendislik çeşitliliği, takım büyüklüğü, kaynak sayısının fazlalığı, sosyal entegrasyon, ilişkilerde şeffaflık ve empati, paydaşların sayısı ve bağımlılığı, paydaşların projeye ne derece dahil olduğu, lokasyonların sayısı ve farklılıkları, çok kültürlülük, çok dillilik, çok zaman dilimi, takım üyelerinin birlikteliği, kesişen projelerin sayısı, projeler arası bağlantıların sayısı, benzer karmaşık programların çakışma seviyesi, projeler arası önceliklerin rekabeti, organizasyondaki dikey farklılaşma ve bağımlılık/hiyerarşik yapı, organizasyondaki yatay farklılaşma ve bağımlılık/organizasyonel birimler, organizasyonel seviyelerin sayısı, projeye dahil olan birimler, müşteri ve tedarikçilerin sahip olduğu denetim yapısı, sağlık, güvenlik ve güvenilirlik, birbirine güvenme, sendika, yasal uygunluktur.

- Belirsizlik: Belirsizliğin yönetsel karmaşıklığın bir boyutu olarak kavramsallaşması karmaşıklık teorisi ile tutarlılık göstermektedir. Belirsizlik, yönetilen sistemin elemanlarının her biri için hem içinde bulunulan zaman hem de geleceğe ait durumlarıyla ilişkilidir; ancak paralelde bu durumların birbirleri ile etkileşimleri ve birbirlerine etkileriyle de ilişkilidir. Yöneticiler için karar vermek için gerekli olan ideal seviyedeki bilgi ile elde olan arasında bulunan kaçınılmaz boşluk belirsizliği beraberinde getirmektedir. Literatürde yer alan çalışmalara göre Geraldi ve diğ. (2011) belirsizliği etkileyen değişkenleri yenilik (teknolojik yenilik veya bilinmeyen sözleşme çerçevesi), deneyim (organizasyon, yönetici, takım ya da paydaşın benzer bir proje ile ilgili önceki deneyimleri) ve bilginin elverişliliği (bir karar için ihtiyaç duyulan bilginin elde edilebilir olması veya bilginin muğlaklık derecesi) olduğunu ifade etmiştir. Bu değişkenleri temel alarak Geraldi ve diğ. (2011)'nin belirsizlik boyutu için belirlediği göstergeler; ticari ve teknik olgunluk ve yenilik, açık ve iyi tanımlanmış vizyon, gereklilikler, iş vakaları, kapsam, iş paketleri, hedefler ve başarı kriterleri ve ölçekleri, proje uygulamalarının iyi anlaşılması, somut

faydalar, bilinmeyenlerin sayısı, paydaşların gerçekçi beklentileri, performans ölçeklerinde muğlaklık, teknolojik ve organizasyonel açılardan yenilik derecesi, ürünlerin kişiselleştirme derecesi, yöntemlerdeki belirsizlik, proje verilerinin istenen derecede doğruluğu, zamanlaması, tamlığı, anlaşılma kolaylığı, güvenilirliği, kullanılabilirliği, organizasyonun olgunluk seviyesi, risk ve kalite yönetimi, proje yöneticisinin deneyimi, takım üyelerinin teknik, iş ve proje yönetimi ve proje yönetimi metodolojisini anlama yetisi, takım üyelerinin daha önce birlikte çalışıp çalışmadığı, proje takımının proje vizyonunu paylaşması, uzmanlara güven, tanıtılmamış paydaşlar, paydaşların geçmiş deneyimleri, paydaşların proje uygulamaları ile ilgili bakış açıları, paydaşların teknik bilgisi, iş ve proje yönetimi konuları, müşteri organizasyonunun kaynaklarla ilgili zamanlama yaklaşımı, organizasyonel ve teknik yapının açıklığı, yeni organizasyonel yapı, müşteri organizasyonunun görevler ve çıktılar konusunda sorumluluk çizgisidir.

- **Dinamiklik:** Dinamiklik, projelerdeki değişimi ifade etmektedir; spesifikasyonlardaki değişiklikler (ya da muğlaklık sebebiyle hedeflerdeki değişiklikler –bu açıdan belirsizlikle de ilişkilidir), yönetim takımı, tedarikçiler ya da çevre ile ilgili değişiklikler, vb. Bu değişiklikler takım ya da dahil olan diğer kişiler arasında iyi iletişimle aktarılamaz ya da asimile olursa, projelerde yüksek seviyede düzensizlik, yeniden çalışma ya da verimsizliğe yol açabilir. Dinamik karmaşıklık sistemler için yaygın bir tutumdur. Dinamiklik açısından, proje hedeflerinin kilit paydaşların hedefleri ve rekabetteki yeni gelişmeler ile paralel kalmasını sağlamak önemlidir. Projeler sadece dıştan içe değil, içten dışa da değişmektedir: örneğin, süreç esnasında takım motivasyon seviyesi değişebilir, iç politikalar ortaya çıkabilir. Davranışların, eğilimlerin altında neyin yattığını anlamak, kaos durumlarından kaçınmak için iyi bir stratejidir. Dinamik karmaşıklık boyutu tanımlanırken uzmanlar çok geniş düşünme eğiliminde olmuş; tüm çeşitlilik, değişim miktarı ve etkisi ya da pilot uygulamadan sonra yeniden tasarım gerekliliklerinin genişliği gibi sektör özelinde konular üzerinde durmuşlardır. Dinamik karmaşıklık için literatürdeki tüm göstergeleri kapsayan en uygun değişken “karmaşıklığın diğer tüm boyutlarından herhangi birindeki değişim” olarak ifade edilmiştir (Gerald ve diğ., 2011). Örneğin, kapsam değişikliğine sebep olan dinamik yapısal karmaşıklık, projedeki yeni bir teknolojiye kaynaklanan dinamik belirsizlik,

mecbur kalınan yeni bir bitiş tarihinden kaynaklanan hız değişikliği ve anahtar paydaşlardan birinin kovulması ya da yeni bir üye gelmesinden kaynaklanan sosyo-politik değişiklik dinamiklik için birer gösterge sayılabilir (Geraldi ve diğ, 2011).

- Hız: Zamanlama hedeflerinin acil veya kritik olması farklı yapılar ve yönetsel ilgi gerektireceğinden, hız projeler için önemli bir karmaşıklık tipidir. Williams (1999) yapısal karmaşıklığı yoğunlaştıran sıkı proje bitiş zamanlarını başarabilmek için eş zamanlı mühendisliğe ihtiyaç olduğunu vurgulamıştır. Geraldi ve diğ. (2011) bu boyutu projelerin hangi hızda teslim edildiği/teslim edilmesi gerektiği şeklinde ifade etmiş ve “değişiklik hızı” göstergesi ile ilişkilendirmiştir.
- Sosyo-politik karmaşıklık: Projeler potansiyel olarak çatışan ilgi alanları olan farklı kişiliklere sahip insanlar tarafından yönetilmektedir. Bu sebeple sosyo-politik karmaşıklık, kavramlaştırması oldukça kolay olan; ancak işlemselleştirilmesi zor olan bir alandır. Paydaşların bağlılığının düşük olması ve paydaşlar arası problematik ilişkiler, aynı şekilde takım üyeleri arasındaki bağlılığının düşük olması ve problematik ilişkiler dolaylı olarak sosyo-politik karmaşıklığı etkiler. Geraldi ve Adlbrecht (2007) bu bakış açılarını “etkileşimin karmaşıklığı” olarak nitelendirmiştir. Etkileşimin karmaşıklığı insanlar ve organizasyonlar arasındaki etkileşimden doğar ve şeffaflık, empati, dillerin çeşitliliği, kültürler, disiplinler, vb. bakış açılarını da içerir (Geraldi ve diğ, 2011). Sosyo-politik karmaşıklık projelerdeki politik ve duygusal yönlerin kombinasyonlarından oluşur. Bu karmaşıklık daha çok birleşme ve satın almalarda, organizasyonel değişikliklerde ya da farklı alanların, ajandaların ya da fikirlerin birleşmesinin gerektiği projelerde beklenir (Geraldi ve diğ, 2011). Bu boyutu gösteren göstergelere bakıldığında dört değişken göze çarpmaktadır: önem, destekleme (paydaşlardan gelen destek ya da projelere gelecek destek), uyuma/birleşme (görevler, ilgiler ya da gerekliliklerin uyumu) ve şeffaflık (gizlenmiş ajandalar, vs.). Geraldi ve diğ. (2011) sosyo-politik karmaşıklık boyutuna ilişkin şu göstergeleri belirlemiştir: üst yönetimin projeyi desteklemesi, gizlenmiş ajandalar, gereksinimlerin çatışması, önceliklerin rekabeti, proje hedefleri ile ilgili hemfikir olunması, zaman çizelgesi ve bütçe için gerçekçi beklentiler, uygun araçlar, proje yönetim metodolojisinin gerçekten uygulanması, standartlaşmış ancak bürokratik

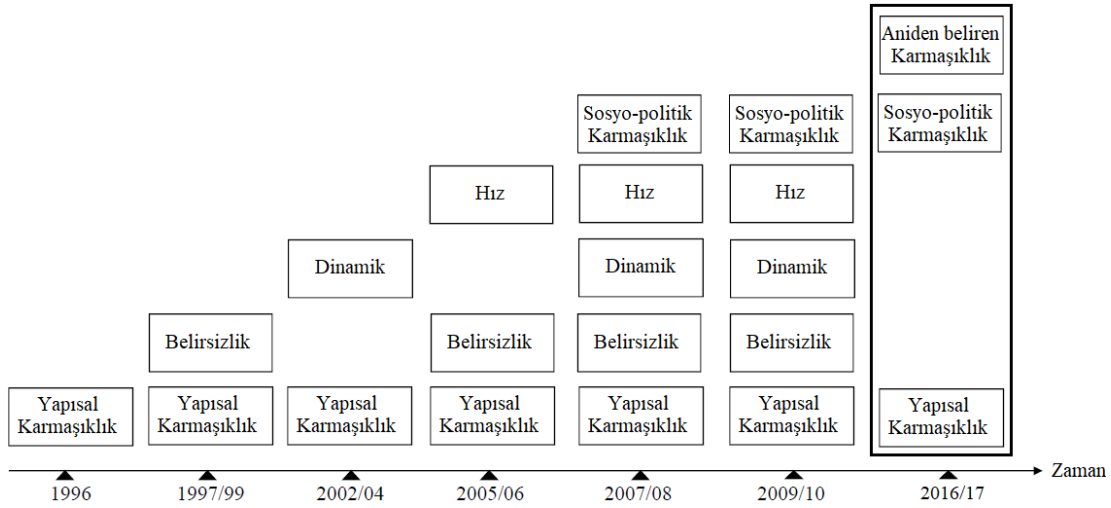
olmayan proje süreçleri, güven ve empati, kişisel çatışma, bağlılık, uygun yetki ve sorumluluk, paydaşların çatışma, direnç, sahiplik, uygun yetki ve sorumluluk konusunda yardımcı olması, paydaşlar arasında çatışma, güç mücadeleleri ve gizlenen ajandalar, proje ile ilgili bilgilerin yeterli düzeyde paylaşılması, proje yöneticisinin insan kaynağı seçiminde kontrol sahibi olması, proje hedeflerinin organizasyonel stratejilere göre sıralanması, açık bir sponsor olması, müşteri ve tedarikçi organizasyonların projeye iyi uyum sağlaması, müşterinin ve tedarikçilerin tedarik süreçlerinin projenin hedefleri ile örtüşmesi.

Karmaşıklık kategorileri geniş olarak tanımlanmış ve anlamlı göstergelerle ilişkilendirilmiştir. Boyutlar genellikle birbirleri ile etkileşim halindedir ve birbirlerine bağımlıdır. Örneğin, yüksek belirsizlik durumunda belirsiz olan durumun meydana gelmesi, dinamik karmaşıklığın artmasına sebep olabilir, hatta hedeflerdeki yüksek belirsizlik proje boyunca değişikliğe uğrayabilir ve yapısal karmaşıklığın artmasına sebep olabilir. Paydaşların çok fazla dahil olduğu yapının getireceği yapısal karmaşıklık, sosyo-politik karmaşıklığın artmasına sebep olabilir. Yüksek sosyo-politik karmaşıklık dinamik karmaşıklığın ve belirsizliğin artmasına yol açabilir. Ya da yüksek hız, görevler arası yüksek bağımlılık gerektireceğinden yapısal karmaşıklığı artırabilir (Geraldi ve diğ., 2011). Geraldi ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada belirledikleri beş karmaşıklık boyutunu bir araç olarak nitelendirmiş ve projelerin karmaşıklığının anlaşılması ve karmaşıklıkla mücadele edilmesi sürecinde kullanılmasını hedeflemiştir. Boyutlar ve organizasyonların bunlara yönelik gösterdiği reaksiyonlar arasındaki ilişki; iş vakaları, stratejik seçimler, süreç seçimleri, yönetsel kapasite ve yetkinliklerin değerlendirilmesinde kullanılabilir (Geraldi ve diğ., 2011).

Maylor ve Turner (2017) karmaşıklığa sübjektif bir açıdan bakarak karmaşıklığın anlaşılması, azaltılması ve karşılanmasına yönelik bir çalışma yapmış ve bu kapsamda öncelikle proje karmaşıklığını, yönetsel cevaplar, karmaşıklığın bir fonksiyonu olacak şekilde, bağımsız bir değişken olarak ele almıştır. Amaç, projedeki karmaşıklığın anlaşılması, karmaşıklığın azaltılması ve azaltılamayan/arta kalan karmaşıklıklara cevap verilmesini sağlamaktır.

Kurdukları yapıda ilk aşama “anlama”dır, bu aşama için literatürde yapılan çalışmaları baz almışlardır: Anlama için Geraldi ve diğ. (2011)’nin ortaya koyduğu model üzerinden hareket ederek yapısal karmaşıklık, sosyo-politik karmaşıklık ve aniden

beliren (dinamik) karmaşıklık boyutlarını ele almışlardır. İkinci aşama “azaltma”dır. Yöneticiler karşılaştıkları karmaşıklık durumlarının çoğunun ortadan kaldırılabilir ya da azaltılabilir nitelikte olduğunu belirtmişlerdir. Üçüncü aşama ise ortadan kaldırılamayan ya da etkisi ortadan kaldırılacak kadar azaltılamayan karmaşıklık tiplerine “cevap verme” aşamasıdır. Bu aşamada elde kalan karmaşıklıkların kavramsallaştırılması ve bu sayede, cevap hazırlanabilmesi (yönetilebilmesi) için bir temel oluşturulması önceliklidir. Aynı zamanda kavramsallaştırılan karmaşıklık tipleri, benzer alanlardaki gözden kaçmış muhtemel karmaşıklık tiplerini de anlamaya yardımcı olacaktır (Maylor ve Turner, 2017). Geraldı ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmayı baz alan Maylor ve Turner (2017) “hız” boyutunu kaynak yoğunluğunun bir ölçeği olarak değerlendirmiş ve bunu “yapısal karmaşıklık” kavramı içinde ele almıştır. Benzer şekilde “belirsizlik” boyutu ve “dinamik” boyutunun aslında birbirleri ile ilişkisinin ve birbirlerine etkisinin yüksek olduğu varsayımında bulunmuş ve bu iki boyutu “aniden beliren karmaşıklık” olarak tek bir çatı altında toplamışlardır. Sonuç olarak Maylor ve Turner (2017) ’ın, Geraldı ve diğ. (2011)’nin ortaya koydukları karmaşıklık çerçevelerinin tarihsel gelişimine getirdikleri yeni boyut Şekil 2.10’da gösterilmiştir.



Şekil 2.10: Karmaşıklık çerçevelerinin tarihi gelişimi (Maylor ve Turner, 2017).

Maylor ve Turner (2017)’a göre, yapısal karmaşıklık, sosyo-politik karmaşıklık ve aniden beliren karmaşıklığın kapsamında yer alan faktörler aşağıda listelenmiştir.

- Yapısal karmaşıklık: Dâhil olan kişilerin sayısı, finansal ölçek, iç ve dış bağımlılıkların sayısı, gerçekleştirilen işlerin çeşitliliği, hız (tempo), kapsam

genişliği, dâhil olan özelleşmiş disiplinlerin sayısı, lokasyonların sayısı ve zaman dilimleri

- Sosyo-politik karmaşıklık: Dâhil olan insanların görüş, vb. açılardan çeşitliliği, proje konusu kaynaklı dâhil edilmesi gereken siyasilerin seviyesi, paydaşların bağlılığının olmaması, yapılacak işe karşı direnç derecesi, proje hedefleri ile ilgili ortak anlayışın olmaması, stratejik hedeflerle projenin uyumsuzluğu, gizlenmiş ajandalar ve paydaşların önceliklerinin çatışması
- Aniden beliren karmaşıklık: Projenin yeniliği, teknolojik ve ticari olgunluğun yetersizliği, vizyon ve hedeflerin açık olmaması, faydaların/başarı kriterlerinin açık olmaması, geçmiş deneyimin olmaması, bilginin açığa çıkması durumunun başarısız olması, ve projeye dayatılan herhangi bir değişiklik

Karmaşıklık Değerlendirme Aracı (CAT: *The Complexity Assessment Tool*) birçok endüstriden elde edilen verileri sentezleyerek, projelerin karmaşıklığının değerlendiren basit bir yöntemdir. Maylor ve Turner (2017), CAT ile karmaşıklıkları tanımlamış ve uzmanların diyalog kuracağı bir ortam oluşturarak uzmanları bir araya getirmiş, uzmanların tartışıp belirlenen karmaşıklıkları ortadan kaldırması, azaltması ve kalanlar için yönetimsel bir cevap oluşturmasını hedefleyen bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın gelişimi süresince, karmaşıklıklar açık bir şekilde tanımlandıktan sonra, yönetsel cevaplar kararlaştırılmadan önce, karmaşıklığın ortadan kaldırılıp kaldırılamayacağı konusu mutlaka değerlendirilmiştir. CAT ile karmaşıklıklar tanımlandıktan sonra yine CAT aracılığı ile açık şekilde yapılandırılmış bir diyalog ortamı kurulmuş, organizasyonların karşı karşıya kaldığı sorunlar tartışılmış ve uygulanabilir çözümler geliştirilmiştir. Bu şekilde planlanan uygulama, 9 adımdan oluşan ve toplamda 3 yıl süren 43 farklı seansta 1143 kişinin katılımı ile gerçekleşmiştir. 9 adımlık uygulamanın adımları aşağıda ifade edilmiş ve Şekil 2.11’de gösterilmiştir:

1. Katılımcılara karmaşıklığın doğası açıklanmış ve karmaşıklığın getirdiği zorluklar tanıtılmıştır.
2. Katılımcılara “Deneyimlerinize göre proje yönetimini karmaşıklaştıran şey nedir?” sorusu sorulmuştur.
 - 2.1. Katılımcılardan her bir cevabı farklı post-it’lere yazmaları istenmiştir.
 - 2.2. Katılımcılara cevaplamaları için toplam 5 dakikalık süre verilmiştir.
3. Sınıflama sistemi katılımcılara anlatılmıştır.

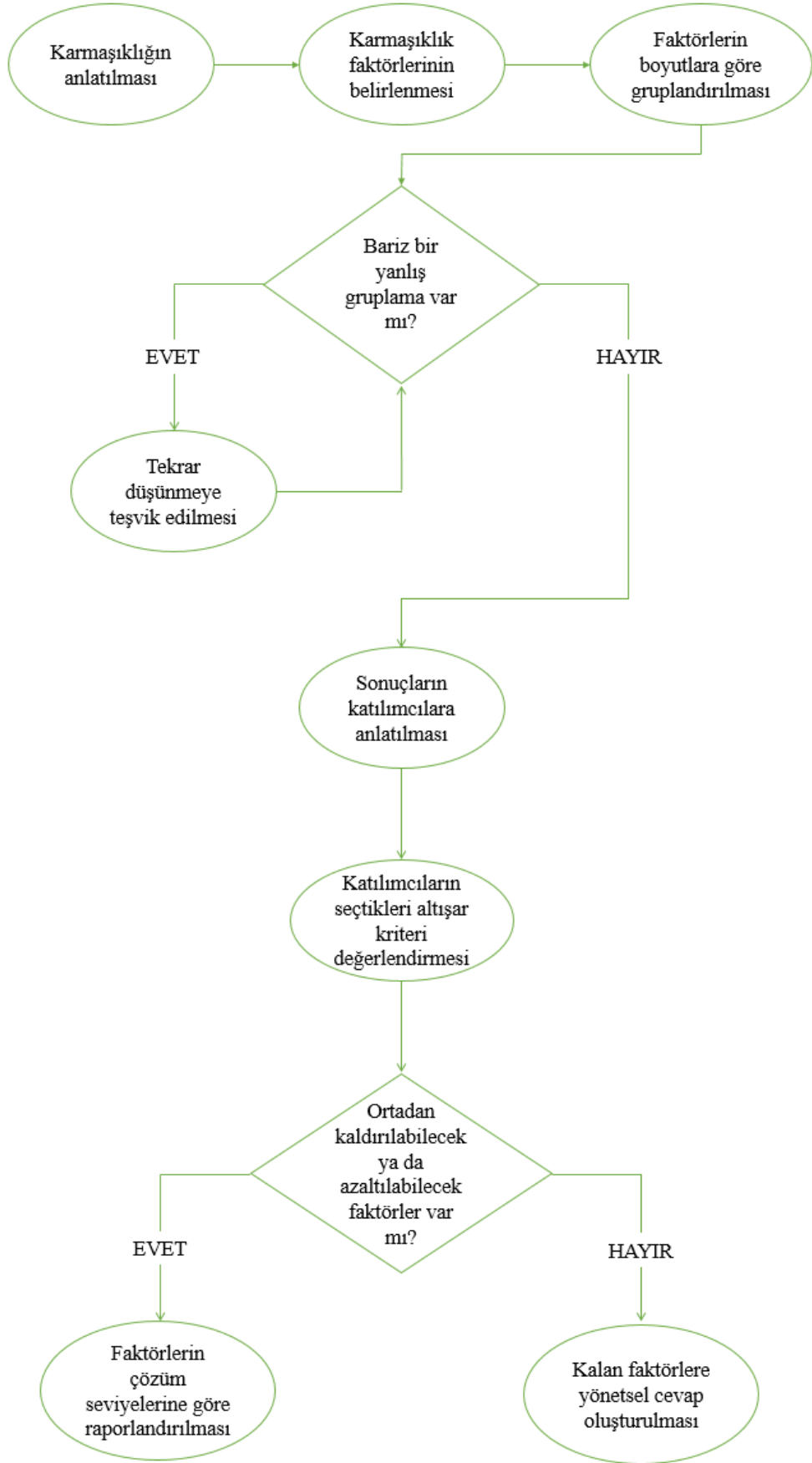
3.1.Yapısal karmaşıklık, sosyo-politik karmaşıklık ve aniden beliren karmaşıklık olarak üç faktörlü sınıflama yapılacağı belirtilmiştir.

4. Yanlış gruplamalara müdahale edilerek “Bu faktörü karmaşık ya da yönetimi zor hale getiren şey nedir?” sorusu ile katılımcılar tekrar düşünmeye teşvik edilmiştir.
5. Sonuçlar ile ilgili bilgi verilmiş ve sınıflamanın kullanım anlamı üzerinden tekrar geçilmiştir.
6. Katılımcılardan, her boyuttan ikişer tane olmak üzere toplam altı adet karmaşıklığı seçmesi ve bunun ortadan kaldırılması, azaltılması ya da yönetsel cevap oluşturması için üzerinde çalışmaları istenmiştir.
7. Seçilen karmaşıklıklardan kaç tanesinin ortadan kaldırılabilceği ya da azaltılabilceği raporlandırılmıştır.
8. Ortadan kaldırılabilcek ya da azaltılabilcek karmaşıklıklar, proje yönetimi seviyesinde ya da organizasyonel seviyede çözümlenebilecek şekilde gruplandırılmış ve raporlandırılmıştır.
9. Ortadan kaldırılamayan ya da azaltılamayan karmaşıklıklara yönetsel cevaplar oluşturulabilmesi için genel tartışmalar yaptırılmıştır.

Uygulama sonucu Maylor ve Turner (2017) ’ın belirledikleri boyutlar doğrultusunda katılımcılar tarafından kararlaştırılan faktörler Şekil 2.12’de gösterilmiştir.

Karmaşıklığın ortadan kaldırmak/azaltmak üzere: yapısal karmaşıklık için daha detaylı planlama yapılabilir; sosyo-politik karmaşıklık için paydaşlarla çok erken aşamalarda ve sistematik bir süreçle anlaşılabilir; aniden beliren karmaşıklık için ise daha esnek yapılar kurulabilir (Maylor ve Turner, 2017). Çalışmada, belirlenen karmaşıklık faktörlerinin %52’sinin azaltılabilceği ya da ortadan kaldırılabilceği tespit edilmiştir. Ortadan kaldırılamayan ya da olasılık ve etkisi yeterince azaltılamayan karmaşıklık faktörleri için belirlenen yönetsel cevaplar Çizelge 2.10’da gösterilmiştir.

Karmaşıklıklara hazırlanan yönetsel cevapların, çözümlerin sistemde uygulanması sistemi önceden tahmin edilemeyecek bir şekilde daha karmaşık hale getirebilir, bu sebeple karmaşıklık ve çözümler arasında tekrarlı bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür (Maylor ve Turner, 2017).



Şekil 2.11: Karmaşıklık yönetimi süreç akışı (Maylor ve Turner, 2017).



Şekil 2.12: Karmaşıklık faktörleri (Maylor ve Turner, 2017).

Çizelge 2.10: Karmaşıklık faktörleri için belirlenen yönetsel cevaplar (Maylor ve Turner, 2017).

	Yapısal Karmaşıklık	Sosyo-politik karmaşıklık	Aniden beliren karmaşıklık
Planlama ve Kontrol	Projenin başlaması (desteklenmesi), planlanması, izlenmesi	Bir iletişim planı geliştirilmesi, proje yönetim kurulunun oluşturulması	Risk yönetimi ve değişim kontrol süreçlerinin uygulanması
İlişkilerin Geliştirilmesi	Paydaşlarla iletişimin önceliklendirilmesi, projenin ilerlemesinin yönetilmesi	Takım olabilmeye (takım ruhunu hissetmeye) yönelik aktiviteler ayarlanması, sosyal sermayeye yatırım	Değişimin sosyalleştirilmesi, informal iletişimin artırılması
Esneklik	Süreç değişikliklerinin sahiplenilmesi, değişimi sezmek, paralel geliştirmeyi mümkün kılmak	Değişim beklentilerinin yönetilmesi, geleceği düşünme konusunda ortak fikir sahibi olmak	Çevik proje yönetimi yaklaşımlarının kullanılması, girişimci proje yönetiminin desteklenmesi

Maylor ve diğ. (2008), projeleri karmaşıklaştıran ya da yönetimini zorlaştıran unsurların ne olduğu ile ilgili bir anlayış oluşturmak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiş ve bu çalışmada literatürde sıklıkla karşılaşılan yapısal karmaşıklığın yanında dinamik karmaşıklığın da önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. “Bir projeyi yönetmeyi zorlaştıran şey nedir?” sorusuna odaklanan

Çalışma, proje karmaşıklığı bakış açısıyla değil, yönetsel karmaşıklık bakış açısıyla gerçekleştirilmiştir. Proje ve çevresi göz önüne alınarak, algılanan yönetsel karmaşıklık, şekil 2.13'te gösterildiği gibi beş temel boyutta sınıflandırılmıştır: misyon, organizasyon, çıktılar, paydaşlar ve takım. Bu boyutlara ait faktörler için yapılan tanımlamalarda, kişilerde ilgili faktör için bir yargı oluşturmamak adına soru cümleleri kullanılmıştır.

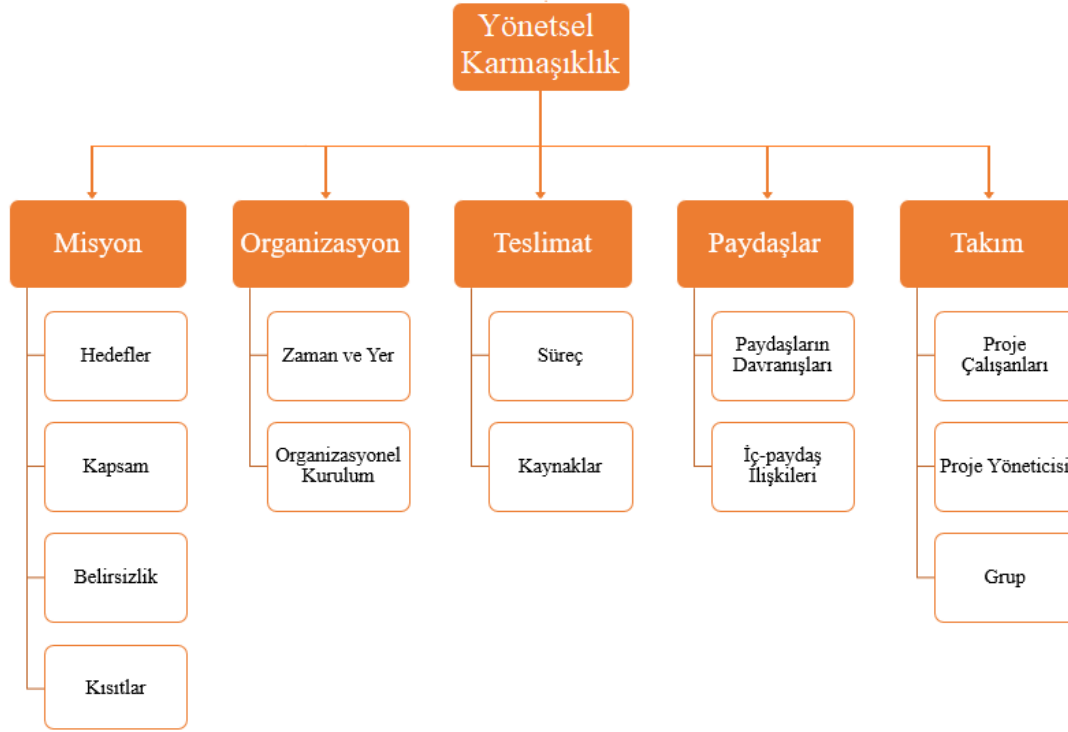
Misyon; hedefler, kapsam, belirsizlik ve kısıtlar faktörlerinden oluşur. Hedefler için “Proje için belirlenmiş net bir vizyon var mı?”, “İş vakası, hedefler, başarı kriterleri net mi?” gibi sorular; kapsam için “Kaynakların sayısı ne kadar fazla?”, “Bütçe değeri ne kadar fazla?” gibi sorular; kısıtlar için “Güvenlik seviyesi nedir?” gibi sorular ve belirsizlik için “Zaman izelgesi gerçekçi mi?”, “Bilinmeyenlerin sayısı fazla mı?”, “Bütçe tanımlanmış mı?”, “Projeler arası rekabet gerektiren öncelikler var mı” gibi sorular hazırlanmıştır.

Organizasyon; zaman ve yer ve organizasyonel kurulum olarak iki faktörün birleşiminden oluşturulmuştur. Zaman ve yer, “Birden fazla zaman dilimi var mı?” gibi zaman konusu ile ilgili, “Takım yeleri arasında yüz yüze bir iletişim var mı?” gibi yer konusu ile ilgili ve “Birden fazla dil var mı?” gibi coğrafi konum konusu ile ilgili sorulardan; organizasyonel kurulum ise “Proje için kurulmuş matris yapı ile organizasyondaki departmanlaşma yapısı arasında uyumsuzluk var mı?” gibi proje ve organizasyon uyumu konusu ile ilgili sorulardan ve “Proje kültürel bir değişim içeriyor mu?” gibi organizasyonel değişiklik konusuna yönelik sorulardan oluşmaktadır.

ıktılar; süreç ve kaynaklar faktörlerinden oluşmaktadır; süreç; projedeki süreçler, proje yönetimi metodolojisi, değişim yönetimi, karar verme, yönetim gibi konuları, kaynaklar ise; insan kaynağı, teknoloji kaynağı ve finansal kaynak konularını içermektedir.

Paydaşlar; paydaş davranışları ve iç paydaş ilişkileri konularını içermektedir. Paydaş davranışları; paydaşların kim olduğu, projeye destekleri, ilişkilerin temeli (sözleşmeden mi doğmuş, vb.), deneyim, g ve anahtar paydaşlar konularını içermektedir; iç paydaşlar arası ilişkiler ise sosyo-politik ilişkiler ve bağımlılıklar konularını içermektedir.

Son olarak takım boyutu da proje çalışanları, proje yöneticileri ve “Takım üyeleri arasında kültür farkları var mı?”, “Takım üyeleri birbirine güvenir mi?” gibi grup olabilme algısına yönelik konuları içermektedir (Maylor ve diğ, 2008).



Şekil 2.13: Algılanan yönetsel karmaşıklık boyutları (Maylor ve diğ, 2008).

Maylor ve diğ. (2008), ayrıca yönetsel karmaşıklık boyutlarının hem yapısal hem de dinamik açıdan ele alınması gerektiğini vurgulamıştır. Oluşturdukları temel boyutlara dair yapısal ve dinamik karmaşıklık faktörlerine dair örnekler Çizelge 2.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.11: Yapısal ve dinamik karmaşıklık elementleri örnekleri (Maylor ve diğ, 2008).

	Yapısal Boyut	Dinamik Boyut
Misyon	Gereklilikler net mi?	Gereklikler ne sıklıkla değişir?
Organizasyon	Proje için kurulan matris yapı ile organizasyonun departman yapısı arasında bir uyumsuzluk var mı?	Projeyi etkileyecek bir organizasyonel yapılanma söz konusu mu?
Teslimat	Proje takımı proje yönetim metodolojisini ne kadar iyi anladı?	Yeni bir proje yönetim metodolojisine geçiliyor mu?
Paydaşlar	Kaç tane paydaş var?	Paydaşlar değişiyor mu?
Takım	Takım üyeleri motive mi?	Takım üyelerinin motivasyon seviyesi değişiyor mu?

Wood ve Ashton (2015) proje karmaşıklığının ölçümlemesine yönelik yaptıkları çalışmada, öncelikle endüstri uzmanları ile görüşmeler yaparak proje karmaşıklığı için bir tanım oluşturmuş ve proje karmaşıklığının faktörlerini belirlemiş, daha sonra da vaka analizleri ile proje karmaşıklığının faktörlerinin sıklık ve etkilerini analiz etmişlerdir.

Wood ve Ashton (2015) karmaşıklığı oluşturan faktörler ile ilgili yaptıkları çalışmada toplam 46 faktör bulmuş ve bunları beş temel boyut altında gruplamıştır:

- Organizasyonel boyut; insanların zayıf ilişkileri, paydaşların sayısının çokluğu, müşteri ile problemler, zayıf tanımlanmış proje rolleri, zayıf iletişim ve zayıf karar verme gibi faktörlerin bir araya getirildiği boyuttur.
- Operasyonel ve teknolojik boyut; yüksek miktarda mekanik ya da elektronik kurulumlar, yüksek derecede teknoloji, yeni teknolojilerin dâhil edilmesi, bir sürecin ilk kez gerçekleşiyor olması, bağlı olunan yasal düzenlemeler, fiziksel büyüklük, yüksek sayıda ticaret, yüksek derecede fiziksel karmaşık roller, yüksek derecede teknik karmaşık roller, prosedürü bilinmeyen roller ve inşaat sektörü için, sektörün doğasından gelen zorluk faktörlerinin bir araya gelerek ortaya çıkardığı boyuttur.
- Planlama ve yönetim boyutu; süreci tamamlayan elementlerin sayısının fazlalığı, süreçler arası yüksek derecede bağımlılık, proje koordinasyonu, organizasyonel yapı, ciddi sayıda kritik aktiviteye sahip olmak, yüksek maliyet ve değer, zamansal anlamda uzun ölçekli projeler, işlerin sıralarının rijitliği-katılığı, fazların üst üste binme derecesi, çakışan farklı alanlardaki aktiviteler arası ilişkiler ve kuşaklar, aktarım, kullanım ve geribildirim alanlarındaki zayıf bilgi gibi faktörlerin birlikte meydana getirdiği boyuttur.
- Çevresel boyut; inşaat sektörüne özel kısıtlı çevre, tarihi çevre, halka açık çevre, genişletilmiş çevre, kirli alan, terkedilmiş endüstri bölgesi gibi yer özellikleri temel faktör olmak üzere; hemen hemen her sektör için geçerli sayılabilecek pazar şartlarının anlaşılması, yasal çevrenin anlaşılması ve uluslar arası projeler gibi faktörlerden oluşur. Fiziksel, sosyal, yasal ve ekonomik unsurları kapsar.
- Belirsizlik boyutu; kaynakların sürekli değişmesi ve bu değişimin belli bir düzende gerçekleşmemesi, mekanik ya da diğer kaynakların bozulması ve bunun düzenli olmaması, iklim ve hava koşulları, yeni bir yapıda

tanımlanmamış işler, çalışanların deneyimsizliği gibi faktörlerden oluşur. Bu faktörlere inşaat sektörü özelinde tahmin edilemeyen zemin, zayıf inşa edilebilirlik değerlendirmesi, çizimlerin olmaması, tasarım ve inşa süreçlerinin çakışmasından doğan belirsizlikler eklemiştir.

Remington ve Pollack (2007) farklı karmaşıklık tiplerinin farklı yönetim araçlarına ihtiyaç duyduğunu söylemiş ve en uygun yöntemleri belirleyebilmek için öncelikle karmaşıklık tiplerini ayırmaya çalışmıştır. Bu kapsamda yaptıkları çalışmada dört farklı karmaşıklık tipi belirlemişlerdir: yapısal karmaşıklık, teknik karmaşıklık, yön ile ilgili karmaşıklık ve geçici karmaşıklık. Yapısal karmaşıklık genellikle büyük projelerde karşılaşılan ve temelde projedeki bağımlılıkların sayısı ile bağlantılandırılan bir boyuttur. Proje organizasyonu, çizelgeleme, bağımlılıklar ve sözleşme yönetimi yapısal karmaşıklık içinde değerlendirilir. Teknik karmaşıklık çözümlenemeyen teknik konular ve tasarım konularının projede oluşturduğu etki ile ilgili bir boyut olarak ortaya atılmıştır, daha önce hiç üretilmemiş ürünlerdeki tasarım problemleri veya daha önce hiç denenmemiş, bilinmeyen tekniklerin uygulanmasındaki problemler, vb.. Yön ile ilgili karmaşıklık proje hedeflerindeki belirsizlikler, süreçlerde açıkça ifade edilmeyen adımlar, saklanan ajandalar gibi bilinmezliklerden doğmaktadır. Aşılması için ilişkilerin geliştirilmesi ya da uygun organizasyonel politikalar belirlenmesi gerekir. Geçici karmaşıklık ise çevre ya da stratejik yön değişimlerinden kaynaklanan, aniden ortaya çıkan (yasalar ya da yeni teknolojilerin, vb.) değişikliklerden kaynaklanan zaman gecikmelerini ifade eder. Remington ve Pollack (2007) proje karmaşıklığının ölçülmesi için belirledikleri karmaşıklık boyutlarının, karmaşıklığı ölçümlenmek istenen projenin her aşamasında uzman görüşleri doğrultusunda ölçümleneceği ve buna göre farklı yöntem ve stratejilerin tanımlanıp kullanılmasına olanak sağlayacak bir yöntem belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla “Haritalandırma Karmaşıklık Aracı” (MPT: Mapping Complexity Tool) isminde, karar vericilere projede beklenen karmaşıklıkların kaynaklarını tanımlamada yardımcı olacak bir araç oluşturmuşlardır. Araç hızlı bir çalıştay gibi kullanılmaktadır.

Yöntemde öncelikle karmaşıklık tipleri ve seviyelerinin konumlandırılacağı Çizelge 2.12’deki gibi bir baz matris oluşturulur. Oluşturulan baz matris üzerinde her bir karmaşıklık boyutu için ayrı ayrı sorular sorulur ve karmaşıklık seviyeleri belirlenir. Bu durum projenin her evresinde tekrarlanır ve bu sayede projenin karmaşıklık

düzeyinin zamanla değişimi gözlemlenir. Yapısal karmaşıklık için “Proje ne kadar büyük?”, “İlgili fazla bağımlı aktiviteler öngörülüyor mu?” gibi sorular; teknik karmaşıklık için “Yeni ya da çözümlenememiş teknik ya da tasarım konuları var mı?” gibi sorular; yön ile ilgili karmaşıklık için “Proje hedeflerinde mutabık mıyız?”, “Zaman kısıdı var mı?” gibi sorular; geçici karmaşıklık için de “Proje çözümlenmesi gereken politik ya da çevresel konulara bağımlı mı?”, “Proje uygulama aşamasında, gecikmeye sebep olabilecek konuların ortaya çıkması olası mı?” gibi sorular sorulur (Remington ve Pollack, 2007).

Çizelge 2.12: Haritalandırma Karmaşıklık Aracı için baz matris (Remington ve Pollack, 2007).

	Düşük Karmaşıklık	Orta Karmaşıklık	Yüksek Karmaşıklık
Yapısal (Bağımsızlıkların sayısı)			
Teknik (Çözümlenemeyen teknik/tasarım konularının etkisi)			
Yön ile ilgili (Hedeflerdeki muğlaklık)			
Geçici (Kilit adımlarda beklenen gecikmeler)			

Remington ve Pollack (2007)’in yöntem uygulama adımları sırasıyla şu şekildedir:

- Uzmanlar bir araya gelir.
- Haritalandırma karmaşıklık aracı için baz matris oluşturulur.
- Karmaşıklık boyutları uzmanlara anlatılır.
- Soru setleri uzmanlara sorulur.
- Haritalandırma karmaşıklık aracı için baz matris üzerinde uzman cevaplarına göre ağırlıklar işaretlenir.

Yöntem ile bu akışın her fazın başında (tanımlama, planlama, uygulama, vb.) tekrarlanması ve karar verme aşamalarında haritalandırma karmaşıklık aracının dikkate alınması hedeflenir. Projenin herhangi bir fazı başında oluşturulan karmaşıklık değerlendirme haritası örneği Şekil 2.14’te verilmiştir (Remington ve Pollack, 2007).

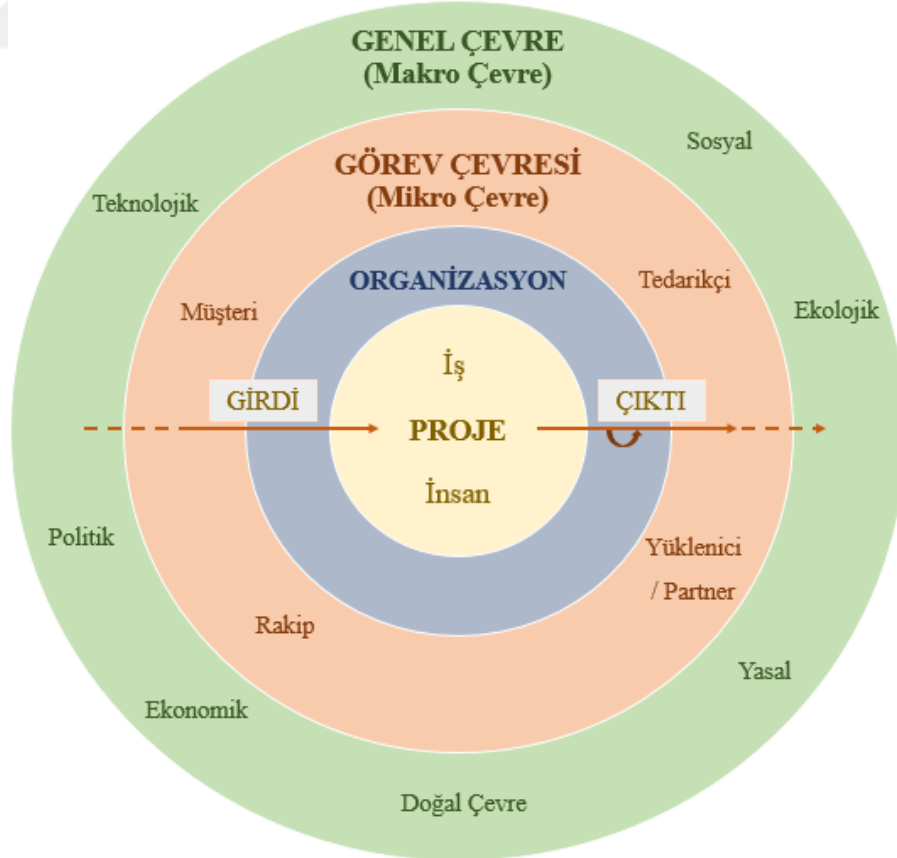
	Düşük Karmaşıklık	Orta Karmaşıklık	Yüksek Karmaşıklık
Yapısal (Bağımsızlıkların sayısı)			✦
Teknik (Çözümlemeyen teknik/tasarım konularının etkisi)	✦	✦	
Yön ile ilgili (Hedeflerdeki muğlaklık)			
Geçici (Kilit adımlarda beklenen gecikmeler)	✦		

Şekil 2.14: Projenin herhangi bir fazı başında oluşturulan karmaşıklık değerlendirme haritası (Remington ve Pollack, 2007).

3. PROJE KARMAŞIKLIĞI ÇERÇEVESİ İLE PROJE KARMAŞIKLIĞININ ÖLÇÜMLENMESİ

3.1. Proje Karmaşıklığı Ölçümleme Çerçevesi

Proje karmaşıklığını belirlemek için sadece projeyi değil, projeyi etkileyen içsel ve dışsal tüm faktörleri değerlendirmek esastır. Bir projenin gerçekleşmesinde proje hedeflerine göre çizilen rotada yer alan işler ve projede bilfiil çalışan kişiler kadar, bu işler ve kişileri etkileyen geniş çevredeki oyuncuların durum ve davranışları da önemlidir. Bu kapsamda düşünüldüğünde bir projenin karmaşıklığını belirlemek için incelenmesi gereken proje ekosistemi; projenin kendisinden, projenin gerçekleştiği organizasyondan, projenin etkileşim içinde olduğu görev çevresinden ve projenin etkilendiği (içinde bulunulan) genel çevreden oluşmaktadır. Proje karmaşıklığını belirlemede incelenmesi gereken proje ekosistemi Şekil 3.1’deki gibi ifade edilmiştir.

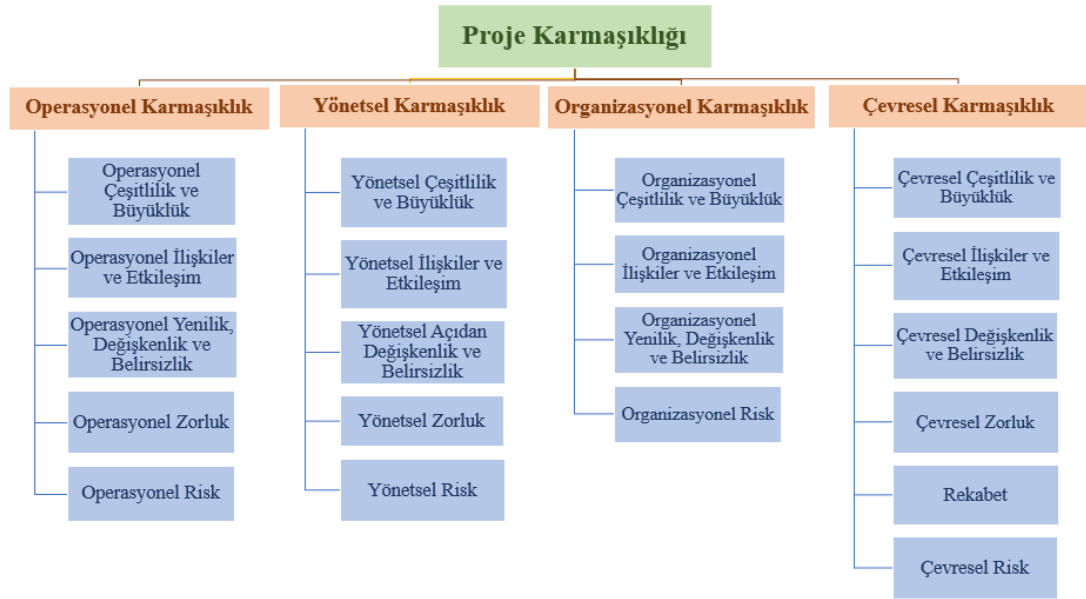


Şekil 3.1: Proje karmaşıklığı ekosistemi.

Ekosistemde yer alan proje katmanı, projenin direkt olarak ilişkili olduğu iş süreçleri ve insani boyutları ifade etmektedir. Organizasyon, projenin gerçekleştiği organizasyona ait organizasyonel yapının, kültürün, süreç ve prosedürlerin proje üzerinde oluşturacağı etkileri göz önüne almayı sağlayacak olan ikincil katmandır. Görev çevresi diye adlandırılan üçüncül katman projenin gerçekleşmesi için direkt olarak etkileşim içinde bulunulan tedarikçiler, müşteriler ve yine proje üzerinde direkt etkisi olan yükleniciler / partnerler ve rakiplerin yer aldığı çevredir. En son katman olan genel çevre ise projeyi dolaylı olarak etkileyen, proje kapsamında müdahale edilemeyen ancak projede etkisi olan unsurları kapsar: teknolojik, ekolojik, sosyal, yasal, ekonomik, politik konular ve doğal çevre.

Karmaşıklığın ölçülmesi için karmaşıklığı meydana getiren faktörlerin belirlenmesi, daha sonra bu faktörlerin göstergelere dayandırılarak ölçülmesi esastır. Karmaşıklık çok geniş bir kavram olduğundan, karmaşıklığı oluşturan yüzlerce faktörden söz etmek mümkündür. Karmaşıklık yönetiminin proje yönetim sürecinde efektif olarak yer alabilmesi için, doğru bir şekilde ölçülmesi kadar kolay bir şekilde ölçülmesi de önemlidir. Doğru bir ölçüm yapabilmek için faktörlerin doğru bir şekilde belirlenmesi kritiktir, kolaylık sağlamak içinse belirlenen faktörlerin ilişkili gruplar altında birleştirilmesi gerekmektedir. Literatürde yapılan çalışmaların çoğunda da, çalışmaları daha sistematik ilerletebilmek ve faktörlerin anlaşılmasını kolaylaştırabilmek için karmaşıklık faktörleri belirli kategorilerde gruplandırılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalarda oluşturulan temel boyutlar, alt boyutlar ve her bir boyutun ne ifade ettiği, Ek – A’da yer alan tabloda özet bir şekilde yer almaktadır.

Bu çalışma kapsamında, literatür araştırması ile toplanan faktörler, literatür araştırmaları ile proje karmaşıklığı hakkında edinilmiş genel bilgiler ve pratikte karşılaşılan vakalardan edinilen tecrübeler ışığında dört temel boyut altında ele alınmıştır: Operasyonel karmaşıklık, yönetsel karmaşıklık, organizasyonel karmaşıklık ve çevresel karmaşıklık. Operasyonel ve yönetsel karmaşıklık proje ekosisteminin proje katmanında, organizasyonel karmaşıklık proje ekosisteminin organizasyon katmanında, çevresel karmaşıklık da proje ekosisteminin görev çevresi ve genel çevre katmanlarında oluşabilecek karmaşıklığa karşılık gelmektedir. Her bir temel boyut altında yer alan faktörler büyüklük ve çeşitlilik, ilişkiler ve etkileşim, belirsizlik, yenilik, değişkenlik, zorluk, risk gibi alt boyutlar ile ayrıştırılmıştır. Oluşturulan proje karmaşıklığı çerçevesi Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Proje karmaşıklığı çerçevesi.

3.1.1. Operasyonel karmaşıklık

Operasyonel karmaşıklık projelerde karmaşıklık yaratan faktörlerin iş yönetimi ile ilgili olan kısımlarını ifade etmektedir. Proje kapsamı, projede gerçekleştirilen işler, kullanılan yöntemler, teknolojiler, süreçler, standartlar ve tüm bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ile ilgili faktörler bu kapsamda değerlendirilmektedir. Operasyonel karmaşıklıkta etkisi büyük olan alanlardan biri projede kullanılan teknolojilerdir. Sözlük anlamı olarak teknoloji “Bir sanayi dalı ile ilgili yapım yöntemlerini, kullanılan araç, gereç ve aletleri, bunların kullanım biçimlerini kapsayan uygulama bilgisi” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2019). Proje karmaşıklığı açısından ele alındığında ise literatürde yer alan çalışmaların çoğunda teknoloji için yapılan kavramsal tanımlar üzerinde tam bir fikir birliği olmasa da teknoloji, girdileri çıktılara dönüştüren bir transformasyon süreci olarak tanımlanabilir. Bu dönüşüm süreci de malzeme, araç, teknik, tecrübe ve bilgilerden faydalanmaktadır ki bunlar da bu çalışmada operasyonel karmaşıklık boyutu altında dikkate alınan konulardır.

Çalışma kapsamında literatür taraması sonucunda proje karmaşıklığını etkilediği belirlenen temel faktörlerden operasyonel boyut altına alınabilecek olanlar ayrıştırılmıştır. Faktörler incelendiğinde operasyonel boyut altında operasyonel çeşitlilik ve büyüklük, operasyonel ilişkiler ve etkileşim, operasyonel yenilik, değişkenlik ve belirsizlik, operasyonel zorluk ve operasyonel risk olmak üzere toplam

beş boyut olduğunu söylemek mümkündür. Boyutların ne ifade ettiği ve kapsamları örneklerle birlikte şu şekilde özetlenebilir:

- **Operasyonel Çeşitlilik ve Büyüklük:** Projedeki işler, yöntemler, kullanılan teknolojiler ve kalite/maliyet/zaman gibi hedeflerin sayısının ve çeşitliliğinin yanı sıra projenin kapsam genişliği, kapsam dahilindeki planlama ve uygulamaların gerektirdiği çabanın ve proje bütçesinin büyüklüğünü ifade eder.
 - Projedeki operasyonel öğelerin sayısı ve çeşitliliği: Projedeki işlerin, girdi/çıktıların, yöntem/yaklaşımların, kullanılan teknolojilerin sayı ve çeşitliliği
 - Operasyonel hedeflerin sayısı ve çeşitliliği: Genel proje hedeflerinin ve kalite, maliyet, zamansal hedeflerin sayısı
 - Projenin finansal ölçek büyüklüğü: Projeye ayrılan bütçe ve proje maliyetlerinin büyüklüğü
 - Projenin kapsam genişliği: İçerikte yer alan maddelerin sayısı ve yoğunluğu
 - Operasyonel planlama ve uygulama büyüklüğü: Projedeki işlerin bir araya getirilmesinin ve işlerin gerçekleştirilmesinin gerektirdiği çabanın büyüklüğü
- **Operasyonel İlişkiler ve Etkileşim:** Projedeki işler, yöntemler, kullanılan teknolojiler ve hedefler arasındaki bağımlılık ilişkilerini, planlama ve süreçlerdeki sıralılık ilişkilerini ve etkileşimleri ifade eder.
 - Operasyonel hedeflerin bağımlılığı: Hedefler arasındaki ilişkisellik; örneğin, projenin 2. aşamasını başarmak için 1. hedefin tamamlanma gerekliliği
 - Projedeki öğelerin bağımlılığı, etkileşimleri, sıralılık ilişkileri: Operasyonel açıdan takvimler, planlamalar, görevler, süreçler arası bağımlılık ve etkileşimler
- **Operasyonel Yenilik, Değişkenlik ve Belirsizlik:** Operasyonel işin detaylarına yönelik belirsizlikler, kalite, zaman gibi operasyonel hedefler ve yöntem/süreçlere ilişkin belirsizlikler ile operasyonel etki yaratan kapsam, vb. değişiklikleri ve projedeki yeni/tanınmayan öğeleri ifade eder.

- Kapsam ve operasyonel hedeflerdeki belirsizlikler: Yapılacak işe ait detaylar veya kalite, zaman gibi hedeflerdeki belirsizlikler
- Operasyonel yöntem ve süreçlerle ilgili belirsizlikler: Yöntem ve süreçlere ilişkin belirsizlikler; örneğin, bilinmeyen prosedürler
- Operasyonel etki yaratan değişkenlik: Kapsam değişikliği, talep değişikliği, vb. sıklığı ve büyüklüğü
- Operasyonların ve süreçte kullanılan öğelerin yeniliği: İlk kez denenilen teknolojilerin, tekniklerin, metodolojilerin varlığı
- **Operasyonel Zorluk:** Operasyonel işlerin doğasından kaynaklı uygulama zorlukları, entegrasyon sürecindeki zorlukları ve bağımlılıkların fazla olduğu durumlardaki planlama zorluklarını ifade eder. Gerçekçi olmayan operasyonel beklentiler de operasyonel zorluk altında değerlendirilmektedir.
 - Teknik zorluklar: İşlerin ve kullanılan yöntemleri uygulamanın zorluğu, kritik aktivitelerin sayısı veya standartların karmaşıklığı
 - Entegrasyon-operasyonel planlama ile ilgili zorluklar: İşlerin öncelik/bağımlılık durumuna göre planlanmasındaki zorluklar; örneğin, işler arasındaki sıralamanın katılığı
 - Gerçekçi olmayan operasyonel beklentiler: Kalite, zaman, maliyet, hız ile ilgili gerçekçi olmayan beklentiler
- **Operasyonel Risk:** Meydana gelmesi durumunda projedeki işlerin gerçekleşmesini olumsuz etkileyebilecek durumları ifade eder.
 - Teknik Riskler: Örneğin bağımlı işlerden ön şart olanın teknik bir sorun sebebiyle aksaması

3.1.2. Yönetsel karmaşıklık

Yönetsel karmaşıklık projelerde karmaşıklık yaratan faktörlerin insan yönetimi ile ilgili olan kısımlarını ifade etmektedir. Projede direkt olarak çalışan kişilerden, projeye dahil olan organizasyonun diğer birimlerindeki çalışanlara ve bunlarla ilgili sayı, çeşitlilik, ilişkiler, eğitim, yetkinlik, yönetim gibi tüm faaliyetler bu kapsamda değerlendirilmektedir. Yönetsel karmaşıklık proje ile ilişkili tüm kişilerin yönetimi ile ilgilenirse de en büyük pay projede doğrudan çalışan kişilere aittir. Projenin gerçekleşmesi için bu kişilerin eğitim, tecrübe ve yetkinlik seviyelerine göre uygun pozisyonlarda görevlendirilmesinden kişilerin takvimlerine, planlamalarına kadar insan ile ilgili tüm sorumlulukları içerir.

Literatür taraması sonucunda proje karmaşıklığını etkileyen temel faktörler belirlenmiş ve bunlardan yönetsel boyut altına alınabilecek olanlar ayrıştırılmıştır. Faktörler incelendiğinde yönetsel boyut altında yönetsel çeşitlilik ve büyüklük, yönetsel ilişkiler ve etkileşim, yönetsel açıdan değişkenlik ve belirsizlik, yönetsel zorluk ve yönetsel risk olmak üzere toplam beş boyut olduğunu söylemek mümkündür. Boyutların ne ifade ettiği ve kapsamaları örneklerle birlikte şu şekilde özetlenebilir:

- **Yönetsel Çeşitlilik ve Büyüklük:** Projede direkt olarak çalışan bireylerin sayısı ve dil, kültür, lokasyon, beklenti, ilgili alanı, vb. çeşitliliği, uzmanlıkların ve dahil olan disiplinlerin çeşitliliği ve iletişim kurulan alanların sayısını ifade eder.
 - Proje ekibindeki kişilerin sayısı ve farklılık düzeyi: Projeye dahil olan kişilerin sayısı ve dil, kültür, lokasyon, beklenti, ilgili alanı, vb. çeşitliliği
 - Projedeki uzmanlıkların sayısı ve çeşitliliği: Projenin gerektirdiği uzmanlıkların çeşitliliği, dahil olan farklı disiplinler
 - Proje ekibi için etkileşim alanlarının sayısı ve çeşitliliği: Ara yüzlerin sayısı ve çeşitliliği
- **Yönetsel İlişkiler ve Etkileşim:** Projede direkt olarak çalışan bireyler arası iletişim, güven, şeffaflık ve bilgi paylaşımını; takvimler, planlamalar, görevler ve süreçler arası bağımlılık ve etkileşimleri ifade eder.
 - Proje ekibi için etkileşim ve bağımlılık düzeyi: Yönetsel açıdan takvimler, planlamalar, görevler, süreçler arası bağımlılık ve etkileşimler
 - Proje ekibi için iletişim, insani ilişkiler ve ortak anlayış düzeyi: Bireyler arası iletişim, güven, şeffaflık, bilgi aktarımı
- **Yönetsel Açıdan Değişkenlik ve Belirsizlik:** Zayıf tanımlanmış, gerektirdiği uzmanlık seviyesi belirsiz olan rollerin varlığından kaynaklanan belirsizlikleri ve takım üyelerinin değişmesi, uzmanlık ihtiyaçlarındaki değişimler, vb. değişkenliklerin sıklığını ve etkilerinin büyüklüğünü ifade eder.
 - Proje ekibine ilişkin değişkenlik: Takım üyelerinin değişmesi, uzmanlık ihtiyaçlarındaki değişimler, vb. sıklığı ve büyüklüğü
 - Proje ekibinin kullanacağı yöntem ve süreç ile ilgili belirsizlikler: Zayıf tanımlanmış, gerektirdiği uzmanlık seviyesi belirsiz olan roller

- **Yönetmel Zorluk:** Süreçlerdeki iletişim ve koordinasyon, görevlerin uygun yetki ve sorumluluk çerçevesinde dağıtılması gibi konularda karşılaşılan zorlukları ifade eder.
 - Yönetmel zorluklar: Görevlerin dağılımı ve süreçlerin koordinasyonu
- **Yönetmel Risk:** Meydana gelmesi durumunda projedeki bireylerin çalışmasını olumsuz etkileyebilecek durumları ifade eder.
 - Yönetmel riskler: Örneğin projedeki uzman kişinin işten ayrılması sebebiyle işin aksaması

3.1.3. Organizasyonel karmaşıklık

Literatürdeki birçok çalışmada proje karmaşıklığını etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak organizasyonel karmaşıklık yerini almıştır. Organizasyonel karmaşıklık, projenin gerçekleştiği organizasyonda var olan ve projenin gerçekleşme sürecine etki edebilecek her türlü süreç ve sistemlerdeki karmaşıklık ifade eder. Organizasyonel kurulum, organizasyondaki dikey farklılaşma (hiyerarşik yapı), organizasyondaki yatay farklılaşma (organizasyonel birimler), merkezilik/resmîleşme derecesi (kararların alındığı seviye), iletişim derecesi (formel-informel akış seviyesi), kurum kültürü, vizyon ve hedefler, süreç ve standartlar, kaynaklar gibi faktörler proje ile ilgili organizasyonel karmaşıklığa sebep olabilecek başlıca faktörlerdir.

Vidal ve Marle'ye göre (2008) proje karmaşıklığı faktörlerinin yaklaşık %70'i organizasyonel faktörlerdir. Organizasyonların gün geçtikçe büyümesi, rekabetin artması, iş dünyasının genişlemesiyle birlikte odak noktalarının farklılaşması gibi durumlar organizasyonları daha karmaşık bir hale sürüklemektedir. Günümüz dünyasında rekabette kalabilmek için organizasyonlar yapılarını yatay ve dikey olarak farklılaştırmaya yönelmekte ve bundan doğan iç bağımlılıklar organizasyonel karmaşıklığı artırmaktadır (Qureshi ve Kang, 2014). Maylor ve Turner (2017)'da dinamik çevrelerin, genişlemiş kontrol döngülerinin ve yasa, mevzuat, kurumsal sosyal sorumluluk gibi devam eden sistemlere gelen ek kısıtlarının bir sonucu olarak organizasyonların artan bir şekilde karmaşık sistemler olarak görüldüğünü vurgulamıştır.

Literatür taraması sonucunda proje karmaşıklığını etkileyen temel faktörler belirlenmiş ve bunlardan organizasyonel boyut altına alınabilecek olanlar ayrıştırılmıştır. Faktörler incelendiğinde organizasyonel boyut altında organizasyonel

çeşitlilik ve büyüklük, organizasyonel ilişkiler ve etkileşim, organizasyonel yenilik, değişkenlik ve belirsizlik ve organizasyonel risk olmak üzere toplam dört boyut olduğunu söylemek mümkündür. Boyutların ne ifade ettiği ve kapsamaları örneklerle birlikte şu şekilde özetlenebilir:

- **Organizasyonel Çeşitlilik ve Büyüklük:** Paydaşların sayısı ve dil, kültür, lokasyon, beklenti, ilgili alanı, vb. açıdan organizasyondaki çeşitliliğin yanı sıra organizasyondaki birim ve bölümlerin sayısı, çeşitliliği ve yapısını ifade eder.
 - Paydaşların sayısı ve organizasyondaki çeşitlilik: Paydaşların sayısı ve dil, kültür, lokasyon, beklenti, ilgi alanı bakımından organizasyondaki çeşitlilik
 - Organizasyonel yapılanma: Organizasyondaki birim ve bölümlerin sayısı, organizasyonel yetkinliklerin tipleri
- **Organizasyonel İlişkiler ve Etkileşim:** Organizasyon stratejisi ile proje hedeflerinin uyumu, kararların alındığı seviye ve bölümler/birimler arası bağımlılık ve etkileşimler, paydaşların uyumu, iletişimi, iletişimde güven, şeffaflık gibi konuları ifade eder.
 - Organizasyonel bağımlılıklar: Organizasyon stratejisi ile proje hedeflerinin uyumu, yapıya göre kararların alındığı seviye ve bölümler/birimler arası bağımlılık ve etkileşimler
 - Organizasyonel iletişim ve ilişki düzeyi: Paydaşların uyumu, paydaşlardan tedarikçilere herkesin iletişimi, iletişimde güven, şeffaflık
- **Organizasyonel Yenilik, Değişkenlik ve Belirsizlik:** Vizyon, misyon, organizasyonel yapının yanı sıra performans ölçekleri, süreçler ve standartlardaki belirsizlikler, organizasyonel belirsizlikleri ifade eder. Organizasyonel değişkenlik organizasyon genelinde kullanılan teknolojilerin, organizasyonun sahip olduğu finansal kaynakların, vs. süreç içinde değişimini ifade eder. Yeni organizasyonel yapı da organizasyonel yenilik olarak değerlendirilmiş ve bu boyut altında ele alınmıştır.
 - Organizasyonel yenilik: Yeni organizasyonel yapı
 - Organizasyonel değişkenlik: Teknoloji kaynaklarının değişmesi, finansal kaynaklardaki değişimler, vb. sıklığı ve büyüklüğü

- Organizasyonel belirsizlik: Vizyon, misyon, organizasyonel yapının yanı sıra performans ölçekleri, süreçler ve standartlardaki belirsizlikler
- **Organizasyonel Risk:** Meydana gelmesi durumunda organizasyonun işleyişini olumsuz etkileyebilecek durumları ifade eder.
 - Organizasyonel riskler: Örneğin organizasyonel yapı değişikliği, şirket birleşmeleri

3.1.4. Çevresel karmaşıklık

Çevresel karmaşıklık, projenin tedarikçileri, müşterileri, rakipleri ve yüklenicilerinden projenin gerçekleştiği ülkede ve hatta global dünyada gerçekleşen teknolojik, politik, sosyal ve ekonomik gelişmeler, yasalar, doğal çevre ile ilgili konulara kadar çok geniş bir çerçeveyi kapsamaktadır. Çevresel karmaşıklık, Lu ve diğ. (2015) tarafından yapılan çalışmada doğa olaylarından yasal regülasyonlara kadar geniş bir çerçevede anlatılmıştır. Tüm çevresel faktörler proje karmaşıklığını etkilemektedir. Bosch-Rekvaldt ve diğ. (2011) ilgi ve ihtiyaçları çevreye bağlı değişebilen proje paydaşlarının bile çevresel karmaşıklığı etkilediği düşüncesini çalışmasına eklemiştir.

Çevresel karmaşıklık faktörleri ele alınırken projeleri doğrudan etkileyen görev çevresinin (mikro çevre) yanı sıra projeleri dolaylı olarak etkileyen genel çevrenin (makro çevre) de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Görev çevresi, projeye girdi sağlayan ve projenin çıktıları ile beslenen yakın çevredir. Projenin tedarikçileri, müşterileri, yüklenici ve partnerlerinden oluşur. Görev çevresinde ortaya çıkan herhangi bir değişiklik projeyi doğrudan etkiler. Genel çevre ise, projeye doğrudan girdi sağlamayan ancak içindeki herhangi bir değişiklik ile projeye etki edebilecek ve projenin karmaşıklaşmasını sağlayacak geniş çevreyi ifade etmektedir. Ülkede ve dünyada gerçekleşen teknolojik gelişmeler, sosyal olaylar, politik olaylar, ekonomik değişiklikler, getirilen yasal değişiklik ve düzenlemeler, doğal çevre ve ekolojik değişimler projelere yön vermektedir. Bu sebeple proje karmaşıklığı düşünülürken bu faktörler de mutlaka ele alınmalıdır.

Literatür taraması sonucunda proje karmaşıklığını etkileyen temel faktörler belirlenmiş ve bunlardan çevresel boyut altına alınabilecek olanlar ayrıştırılmıştır. Faktörler incelendiğinde çevresel boyut altında çevresel çeşitlilik ve büyüklük, çevresel ilişkiler ve etkileşim, çevresel değişkenlik ve belirsizlik, çevresel zorluk, rekabet ve çevresel risk olmak üzere toplam altı boyut olduğunu söylemek

mümkündür. Boyutların ne ifade ettiğı ve kapsamaları örneklerle birlikte şu şekilde özetlenebilir:

- **Çevresel Çeşitlilik ve Büyüklük:** Paydaşların ve projenin görev çevresinde yer alan dış bağımlılıkların (kaynaklar, vs.) sayısı ve çeşitliliğı ile genel çevrede var olan çeşitliliğı ifade eder.
 - Görev çevresindeki çeşitlilik ve paydaşların sayısı: Dış bağımlılıkların (kaynaklar, vs.) ve paydaşların sayısı ve çeşitliliğı
 - Genel çevredeki çeşitlilik: Projeye dahil edilmemiş farklı teknolojilerin, vb. varlığı ve çeşitliliğı
- **Çevresel Etkileşim ve İlişkiler:** Paydaşların davranışları, ilişkileri, uyumu, bilgi paylaşımı gibi iletişim ve etkileşim ile ilgili kavramları ve dış bağımlılıkların derecesini ifade eder. Hem görev çevresi hem de genel çevrede karşılaşılabilecek dış paydaşların onay ihtiyaçları ve sağık, güvenlik, çevre farkındalığı gibi konulardaki beklentiler bu boyut altında değerlendirilmektedir. Organizasyon dışı teknolojik, yasal, sosyal ve çevresel olayların projeye etkileri de bu kapsama alınmıştır.
 - Görev çevresindeki paydaşların tutumları, ilişki ve iletişim düzeyi: Paydaş davranışları, ilişkileri, uyumu, bilgi paylaşımı
 - Görev çevresindeki bağımlılıklar: Dış bağımlılık derecesi
 - Görev çevresi ve genel çevredeki onay ihtiyaçları: Dış paydaşların onay ihtiyaçları ve teftiş gereklilikleri
 - Görev çevresi ve genel çevredeki beklentiler: Sağık, güvenlik konuları ve çevre farkındalığı
 - Genel çevredeki teknolojik, yasal, sosyal ve ekolojik etkiler: Organizasyon dışı teknolojik, yasal, sosyal ve çevresel olayların projeye etkileri
- **Çevresel Değişkenlik ve Belirsizlik:** Aniden ortaya çıkan yeni teknolojiler, yasalar, vb. değişiklikleri ve hava koşulları, iklim, pazarın durumu, hükümetin durumu gibi belirsizlikleri ifade eder.
 - Çevresel değişkenlik: Aniden ortaya çıkan yeni teknolojiler, yasalar, vb. değişiklikleri, paydaşlarla ilgili herhangi bir değişiklik ve bu değişikliklerin sıklığı ile büyüklüğü

- Çevresel belirsizlik: Hava koşulları, iklim, pazarın durumu, hükümetin durumu, vb. genel çevredeki belirsizlikler ile görev çevresindeki belirsizlikler
- **Çevresel Zorluk:** Proje için gerekli izin sayısı, izin almanın zorluğu, iklim koşullarına uyum sağlama gibi çevresel zorlukları ifade eder.
 - Çevresel zorluklar: Yasalara uygunluk, güvenlik konusundaki beklentilere uygunluk
- **Rekabet:** Rekabet seviyesi ve rekabet halinde olunan rakiplerin durumlarının proje işleyişine etkilerini ifade eder.
 - Rekabet yoğunluğu: Rekabet seviyesi, rakiplerin durumu
- **Çevresel Risk:** Meydana gelmesi durumunda projenin işleyişini olumsuz etkileyebilecek durumları ifade eder.
 - Çevresel riskler: Örneğin piyasa şartlarındaki dalgalanmalar



4. DİJİTAL BANKACILIK PROJELERİNDE PROJE KARMAŞIKLIĞININ ÖLÇÜMLENMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

Karmaşıklığın ayrı bir kavram olarak proje yönetiminde yer almadığı durumlarda proje işleyişi sırasında ortaya çıkan proje karmaşıklığı, proje yöneticilerinin bilgi, beceri ve tecrübeleri doğrultusunda yönetilmeye çalışılmaktadır. Bu süreçte başarı büyük ölçüde proje yöneticisine bağlı kalmaktadır. Ancak her proje yöneticisinin uzmanlık alanı, tecrübeleri farklıdır; proje karmaşıklığı çok geniş bir kavram olduğundan, bir proje yöneticisi her türlü karmaşıklığı yönetme konusunda yeterince başarılı olamayabilir. Projenin başında gerekli yetkinliklerde bir proje yöneticisi olsa dahi karmaşıklık ile karşılaşıldığında aksiyon almak için geç kalınmış olabilir. Dolayısıyla projelerde başarıyı sağlamak, karmaşıklık yaratabilecek faktörlerin önceden belirlenmesi ve ölçülmesi ile büyük oranda ilişkilidir. Bu bölümde, karmaşıklığın ölçülmesi ve farklı iki projenin karmaşıklık seviyelerinin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen bir uygulama anlatılacaktır.

4.1. Metodoloji

Proje karmaşıklığı soyut bir kavram olduğundan, ölçülmesi hem literatürde yer alan çalışmalarda hem de pratik uygulamalarda onu ifade edebilecek somut ölçeklerin belirlenmesine dayanır. Proje yöneticileri, kendi bilgi birikimleri ve bakış açılarıyla proje karmaşıklığında etkili olacak temel boyutları ortaya koyar. Kolay ve verimli bir ölçüm gerçekleştirilmesi ve bütünsel bir bakış açısıyla karmaşıklığa geniş çerçeveden bakmak adına, faktörler ve bu faktörleri somutlaştıran ölçekler, ortak noktalar baz alınarak oluşturulmuş boyutlar altında toplanır. Topçu (2019) 'nın “İnsanlar karmaşık bir sorunla karşılaştıklarında söz konusu sorunu daha iyi anlayabilmek için sorunu bileşenlerine ayırmalı ve bu bileşenleri hiyerarşik bir şekilde düzenlemelidirler.”, ifadesi faktörlerin boyutlar altında değerlendirilmesinin olumlu yönünü destekler niteliktedir. Belirlenen faktörlerin ilgili boyutlar altında ifade edilmesi ile karmaşıklık yaratacağı düşünülen faktörler ortaya konmuş olur, ancak bu faktörlerin gerçekten

karmaşıklık yaratıp yaratmayacağı veya yarattığında proje başarısını ne derece etkileyeceği, proje karmaşıklığının ölçülmesi ile belirlenebilir.

Proje karmaşıklığının ölçülmesine yönelik boyutların, bu boyutların altında yer alan faktörlerin ve faktörleri ölçülebilir kılan göstergelerin belirlenmesi literatür araştırması, uzmanlarla mülakat, çalıştay, vaka analizi, anket, delfi metodu gibi tekniklerle sağlanabilir. İlgili boyutlar, bu boyutların altında yer alan faktörler ve göstergeler belirlendikten sonra ölçüm çeşitli araç ve yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Burada kullanılan başlıca araç ve yöntemler karmaşıklık haritalandırma aracı, CIFTER proje karmaşıklık ölçüm aracı, simülasyon modelleri, analitik hiyerarşi süreci (AHP), analitik ağ süreci (ANP: *Analytic Network Process*), PCAM - proje karmaşıklığı değerlendirme ve yönetme aracı ve CAT - karmaşıklık değerlendirme aracıdır. Literatürde proje karmaşıklığının ölçülmesine yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan yöntem ve araçlar, çalışma amacı ve sektör detayları ile birlikte Çizelge 4.1’de verilmiştir.

CIFTER, GAPPS tarafından oluşturulmuş karşılaştırmalı proje karmaşıklık ölçme aracıdır. Belirlenen yedi faktör için 1 ile 4 arası yapılan puanlandırmalar ile karmaşıklık ölçümü gerçekleştirilmektedir (GAPPS, 2007). PCAM - proje karmaşıklığı değerlendirme ve yönetme aracında önceden belirlenmiş gösterge seti uzman görüşleri ile ilgili proje kapsamında sıralanır ve programa girdi olarak verilir. Program girdileri değerlendirerek en önemli göstergeleri ortaya koyar (Dao ve diğ., 2016a). CAT - karmaşıklık değerlendirme aracı, uzmanların karmaşıklık boyutları, faktörleri ve faktörlerin önem derecelerini belirleyebilmek için tartışabilecekleri bir platform sunan bir araçtır (Maylor ve Turner, 2017). Remington ve Pollack (2007) tarafından ortaya atılan karmaşıklık haritalandırma aracı ise belirlenen boyutlara göre uzmanların karmaşıklık seviyelerini değerlendirmesi ve sonuçların görselleştirme yoluyla daha iyi anlaşılmasını sağlayan bir araçtır. Bu tip araçların çoğunun ortak özelliği, araçları geliştiren kişilerin belirlediği boyutlar temel alınarak ölçüm yapılabilir olmasıdır.

Öte yandan analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci, proje karmaşıklığı ölçülmesinden bağımsız olarak bir problemi etkileyen değişkenlerin ikili kıyaslamalar yoluyla değerlendirilmesi ve ağırlıklarının ölçülmesini sağlayan çok kriterli karar verme araçlarıdır (Saaty, 1990). Bu yöntemlerle sunulan indeksler diğer yöntemlerde karşılaşılan sınırlamaların büyük ölçüde üstesinden gelebilmesi sebebiyle

avantajlıdır. Her sorun için amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatiflerden oluşan bir model kullanılır. Analitik hiyerarşi sürecinde alternatifler kriterleri, kriterler de amacı etkilemektedir; kriterlerin alternatifleri etkilemediği, kriterlerin birbirinden ve seçeneklerin birbirinden bağımsız olduğu varsayılır (Topçu, 2019). Analitik ağ süreci ise bağımlılık ve geri beslemeleri de barındırır ve daha hassas bir ölçüme olanak tanır (Saaty, 2001).

Bu tezde oluşturulan proje karmaşıklığı ölçümleme çerçevesi bünyesinde bağımlı faktörleri barındırdığından, uygulamada ölçüm yöntemi olarak analitik ağ süreci yöntemi seçilmiştir.

4.1.1. Analitik ağ süreci

Karmaşık yapıdaki süreçlerde yer alan olaylar ve elementler çok sayıda değişkenden etkilenmektedir. Süreçteki karmaşıklığın anlaşılması için onu oluşturan faktörlerin belirlenmesi ve hiyerarşik düzende bir araya getirilmesi gerekmektedir. Faktörler doğru bir şekilde tanımlandıktan sonra çözüme yönelik oluşturulan alternatifler içinden doğru bir seçim yapılması, süreci karmaşıklaştıran nitel ve nicel tüm faktörleri göz önünde bulunduran bir “çok kriterli karar verme yöntemi” ile mümkün olur. Problem, probleme etki eden faktörler ve seçeneklerin hiyerarşik bir düzende yer aldığı Analitik Hiyerarşi Süreci’nde, alternatifler faktörleri, faktörler de amacı etkiler; faktörlerin alternatifleri etkilemediği varsayılır (Topçu, 2019). Bu yaklaşıma göre faktörler ve alternatifler birbirinden bağımsızdır. Ancak Analitik Ağ Süreci, tek yönlü ilişkilerle sınırlı kalmayıp karmaşık ilişkileri ve faktörlerin ve alternatiflerin bağımlılığını de dikkate alarak daha doğru tahminler ile karar vermeye olanak sağlar. İkili karşılaştırmalara dayanan Analitik Ağ Süreci; problemler, onu etkileyen faktörler ve çözüm alternatiflerini bir ağ şeklinde ortaya koyarak doğrudan ilişkilendirilmemiş elementler arasındaki dolaylı ilişkiler ve geri beslemeleri de göz önünde bulundurmaya fırsat tanır (Saaty, 1990). Problem, alternatifler ve faktörler birer kriter olarak nitelendirilir ve küme ile ifade edilir. Her küme bir ya da daha fazla alt kriterden oluşur.

ANP ile yapılan ölçüm modeli, projede kullanılan proje yönetimi modelinden tamamen bağımsızdır, belirlenecek karmaşıklık faktörleri değişse de yöntem hemen hemen her tip proje için kullanılabilir. Karmaşıklık faktörleri belirlenirken proje karmaşıklığı kaynaklarının da ortaya çıkarılması, karmaşık yönetimi konusuna avantaj sağlamaktadır.

Çizelge 4.1: Proje karmaşıklığının ölçümlemesine yönelik çalışmalarda kullanılan yöntem ve araçlar

Kaynak		Kullanılan Yöntem	Amaç	Sektör
1996	Gidado	Literatür Araştırması Uzmanlarla Mülakat	Karmaşıklığın ölçümlemesi ve projenin başından sonuna kadar karmaşıklığı dikkate alan bir yönetim süreci oluşturmak	İnşaat Sektörü
1999	Williams	Çalıştay	Karmaşıklığın boyutlarını araştırmak ve işlevselleştirmek	Sektör Bağımsız
2007	Remington ve Pollack	Karmaşıklık Haritalandırma Aracı - Mapping Complexity Tool	Proje karmaşıklığının farklı kaynaklarını ortaya koymak ve uygun yönetim stratejisinin seçimi için bir rehber oluşturmak.	Sektör Bağımsız
2007	Brockmann ve Grimscheid	Vaka Analizi	Karmaşıklığın boyutlarını ayırıştırarak karmaşıklık ile başa çıkabilecek stratejilerin seçilmesine katkı sağlamak ve proje karmaşıklığını azaltmak	Büyük Ölçekli Mühendislik Projeleri / İnşaat Sektöründe Uygulama
2007	GAPPS	CIFTER	Proje karmaşıklık yönetimi için akademik ve pratik çalışmalara yönelik uluslararası standartlar belirlemek	Sektör Bağımsız
2008	Maylor, Vidgen ve Carver	Küçük ölçekli çalıştay Büyük ölçekli çalıştay	Proje yöneticilerinin bakış açısıyla yönetsel karmaşıklığı araştırmak ve yönetsel zorluk seviyesine göre karmaşıklığa cevap oluşturma yoluyla karmaşıklık yönetimine destek olmak	Araştırma sektör bağımsız, Uygulama Telekomünikasyon, Savunma ve Ulaşım Sektörlerinden
2011	Bosch-Rekvelde ve diğ.	Literatür Araştırması Uzmanlarla Mülakat	Büyük mühendislik projelerini karşılayacak proje karmaşıklığı anlayışını destekleyen bir çerçeve oluşturmak	Büyük Ölçekli Mühendislik Projeleri

Çizelge 4.1 (devam): Proje karmaşıklığının ölçülmesine yönelik çalışmalarda kullanılan yöntem ve araçlar

	Kaynak	Kullanılan Yöntem	Amaç	Sektör
2011	Geraldi, Maylor ve Williams	Literatür Araştırması	Proje yönetimindeki kararlara etkisi olan anahtar noktalardan olduğu kabul edilen karmaşıklığın tanımlanmasına yönelik ortak bir dil oluşturmak ve karmaşıklığın yönetilmesine katkı sağlamak	Sektör Bağımsız
2011	Lebcir ve Choudrie	Simülasyon Modeli (System Dynamics Simulation Model)	Karmaşıklığı oluşturan faktörleri ve bunların proje yaşam döngüsüne etkilerini ortaya koymak	İnşaat Sektörü
2011a	Vidal ve diğ.	Literatür Araştırması Delfi Metodu AHP	Karar verme süreçlerini desteklemek amacıyla bir proje karmaşıklığı ölçeği tanımlamak, en karmaşık alternatifleri ve onların birincil kaynaklarını belirlemek	Eğlence Sektörü
2015	Qureshi ve Kang	Anket Yapısal Eşitlik Modellemesi	Proje karmaşıklığının organizasyonel boyutunun daha iyi anlaşılması ve yönetilmesi için, proje çeşitliliği, büyüklüğü, projedeki bağımlılıklar ve içerik kavramlarının organizasyonel karmaşıklık ile ilişkisini tanımlamak	İnşaat Sektörü, Tekstil Sektörü ve IT Sektöründen Oluşan Örneklem
2015	Lu ve diğ.	Literatür Araştırması Simulasyon Modeli (ProjectSim Simulation Software)	Geniş kapsamlı projelere yönelik bir karmaşıklık ölçüm modeli oluşturmak	Büyük Kapsamlı Projeler / İnşaat Sektörü
2015	Wood ve Ashton	Vaka Analizi Uzmanlarla Mülakat	Projelerin ilk aşamasında karmaşıklık faktörlerinin, sıklıklarının ve etkilerinin belirlenmesi yoluyla karmaşıklığın daha iyi anlaşılmasını sağlamak	İnşaat Sektörü

Çizelge 4.1 (devam): Proje karmaşıklığının ölçülmesine yönelik çalışmalarda kullanılan yöntem ve araçlar

Kaynak	Kullanılan Yöntem	Amaç	Sektör	
2016a	Dao ve diğ.	PCAM - Proje Karmaşıklığı Değerlendirme ve Yönetme Aracı (Project Complexity Assessment and Management Tool)	Projelerin karmaşıklığının tanımlanması, değerlendirilmesi ve yönetilmesine yönelik Excel temelli istatistiksel bir araç oluşturmak	İnşaat Sektörü
2017	Maylor ve Turner	Literatür Araştırması CAT - Karmaşıklık Değerlendirme Aracı (Complexity Assessment Tool) ve Bu Araç ile Sağlanan Ortamda Çalıştay	Karmaşıklığın anlaşılması ve yönetilmesine katkı sağlamak, karmaşıklık ve karşısında alınan aksiyonların etkileşimlerini keşfetmek Proje karmaşıklık yönetiminde Anla - Azalt - Karşıla anlayışını benimsetmek	Devlet ve Akademik (UK Hükümeti IT Servisleri, Tedarikçiler ve Kıdemli Temsilciler ile UK, USA, Danimarka, İtalya ve Avustralya'daki Yönetici Lisansüstü Programı Katılımcıları)
2017	Dao ve diğ.	CIFTER Anket ve İstatistiksel Analiz	Projeleri etkileyen ayrı bir faktör olarak "proje karmaşıklığını" tanımlamak ve değerlendirmek	Sektör Bağımsız
2017	Zhu ve Mostafavi	Uzmanlarla Mülakat	Projelerdeki karmaşıklık ve aniden beliren özellikleri göz önünde bulunduran bir performans değerlendirme çerçevesi oluşturmak	İnşaat Sektörü

Analitik ağ süreci dört temel adımdan oluşmaktadır; model kurulumu ve problemin yapılandırılması, ikili karşılaştırma matrisi ve öncelik vektörleri, süpermatris oluşturma ve en iyi alternatifin seçilmesi.

4.1.1.1. Model kurulumu ve problem yapılandırması

Model kurulması ve problem yapılandırması adımı karar probleminin tanımı ve bağımlılıkların tespit edilmesi süreçlerini barındırır. Problem açık bir şekilde ifade edilmeli ve ağ gibi rasyonel bir sistemle ayrıştırılmalıdır (Asan ve Soyer, 2009). Kriterler ve alt kriterler arasındaki tek yönlü ve karşılıklı tüm ilişkiler ortaya konmalıdır.

4.1.1.2. İkili karşılaştırma matrisi ve öncelik vektörleri

İkili karşılaştırma matrisleri, uzman görüşlerinden toplanan veri ile oluşturulur. Karar vericilerden, bir kerede iki elemanı (kriter ya da alt kriter) kendi üst düzey kriterlerine nasıl katkıda bulundukları açısından karşılaştırılacağı bir dizi ikili karşılaştırmaya yanıt vermeleri istenir (Asan ve Soyer, 2009). Göreceli önem değerleri, 1 ile 9 arasında bir ölçekle belirlenir. 1 puan, karşılaştırılan iki elemanın üst düzey kritere göre eşit öneme sahip olduğu anlamına gelirken, 9 puan, karşılaştırılan iki elemandan birinin diğerine göre aşırı öneme sahip olduğunu gösterir.

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken kümeler arası, aynı küme içlerinde yer alan elemanlar arası ve tüm elemanlar ile alternatifler arası karşılaştırmalardan yararlanılır. İkili karşılaştırmalar ile elde edilen öncelik vektörleri, elementlerin ilişkili göreceli önemini tahmin etmek için kullanılır.

4.1.1.3. Süpermatris oluşturma

Birbirine bağımlı etkilere sahip bir sistemde global öncelikleri elde etmek için, bir önceki adımda elde edilen yerel öncelik vektörleri, “süpermatris” olarak adlandırılan bir matrisin sütunlarına girilir (Asan ve Soyer, 2009). Yani bir süpermatris, aslında her matris segmentinin bir sistemde var olan iki düğüm (bileşenler veya kümeler) arasındaki ilişkiyi temsil ettiği bölümlenmiş bir matristir (Asan ve Soyer, 2009). Süpermatriste yer alan değerler iki bileşenin birbirine etkisini ifade ederken, sıfır değeri iki bileşenin birbirine etkisi olmadığı anlamına gelir. Ağırlıklı süpermatrisin elde edilmesi için süpermatriste yer alan her kolonun toplamının aynı olması sağlanacak şekilde dönüştürülmesi gerekir. Ağırlıkların önemi üzerinde bir yakınsama

elde etmek için, ağırlıklı süpermatris $2k + 1$ gücüne yükseltilir; k keyfi olarak büyük bir sayıdır ve bu yeni matris, “limit süpermatris” olarak adlandırılır. Limit süpermatrisi üzerinden normalizasyon yapılarak her bir elementin önceliği belirlenir.

4.1.1.4. En iyi alternatifi seçilmesi

Analitik ağ sürecine göre en yüksek öncelik seviyesine sahip olduğu belirlenen kriterler, çalışma için anlamlı olanlardır. Yapılan çalışmada amaç alternatiflerden birini seçmekse yüksek önceliğe sahip alternatif seçilebilir veya yapılan çalışmada amaç bir konu ile ilgili en kritik faktörü belirlemekse bu adımda en yüksek öncelik seviyesine sahip faktör en önemli faktör olarak atanabilir.

4.2. Uygulama

Çalışma kapsamında dijital bankacılık projelerinde proje karmaşıklığının ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, literatür araştırmalarında yer alan çalışmalar incelenerek elde edilen boyutların yeni bir bakış açısıyla derlenmesi sonucu oluşturulan model baz alınarak uzman görüşlerinden elde edilen veriler ile, dijital bankacılık projelerinde karmaşıklığı yaratan / etkileyen en kritik faktörleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yine çalışma dahilinde, seçilen iki proje değerlendirilmiş ve projelerin karmaşıklık düzeyleri ile proje bazında karmaşıklık yaratan faktörler belirlenmiştir. Çalışma, hangi projenin daha karmaşık olduğunu ortaya çıkarmaya da fırsat tanımıştır.

Çalışmada ele alınan projelerden birincisi “Müşteri Sadakat Projesi” dir. Proje, bankanın pos cihazlarına sahip üye işyerlerinin poslarından gerçekleşmiş dataları baz alınarak üye işyerlerine kendi datalarından derlenmiş raporlar üreterek muhasebe süreçlerini kolaylaştırmak, üye işyerlerinin bu raporlara göre kendi kampanyalarını yaratmasına imkan tanımak ve ihtiyaçları olan birçok konuda (ör. pos rulo talebi) hızlı ve kolay bir şekilde aksiyon alabilmelerini sağlamak amacıyla bir web platformu oluşturmayı hedeflemiştir. Projede şirket kadrosunda çalışan toplamda 9 iş analisti ve yazılım geliştirme mühendisi aktif olarak yer almış, bunun dışında dış kaynak olarak ek 4 yazılımcı görevlendirilmiştir. Şirket bünyesinde 1 analiz 1 yazılım yöneticisi de yönetim faaliyetlerini üstlenmiştir. Proje için şirket kadrosunda çalışanların harcadığı efor toplam 12691 adam*saat'tir. Projenin önyüz tasarımları için banka dışı bir

firmadan destek alınmıştır. Farklı bir firma ile çalışılması, müşteri için doğrudan bir çıktı oluşturması bakımından geniş bir kitleyi kapsamında tutmuştur.

Çalışmada ele alınan diğer proje ise “Proaktif Limit Artırım Projesi” dir. Proje, banka risk ekiplerinin üye işyerlerinden geçen ciroları kontrol altında tutmak amacıyla oluşturduğu işlem limitlerinin uygun şartlarda proaktif bir şekilde artmasını amaçlamaktadır. Bu sayede hem müşteri memnuniyetini artırmak hem de riskli bir durum olmamasına rağmen bankadan geçen cironun engellenmesi durumunu ortadan kaldırmak hedeflenmiştir. Projede iş analisti ve yazılım geliştirme uzmanlarından oluşan 11 kişilik bir ekip aktif olarak görev almıştır. Proje için toplamda 19707 adam*saat’lik efor harcanmıştır. Şirket bünyesinde 1 analiz 1 yazılım yöneticisi de yönetim faaliyetlerini üstlenmiştir. Proje risk kontrolü sağlamak amacıyla şüpheli müşterilerin işlem yapma limitlerini kısıtlarken yaratılan müşteri memnuniyetsizliğini kısmen azaltmış olsa da asıl amaç banka karını yüksek tutmaktır.

4.2.1. Veri toplama

Veri toplama için Türkiye’nin en büyük sermayeli ilk 3 bankasından birinin teknoloji merkezinde gerçekleştirilen “Müşteri Sadakat Projesi” ve “Proaktif Limit Artırım Projesi” baz alınmıştır. Belirlenen karmaşıklık faktörlerini kıyaslaması için iki farklı uzman görüşüne başvurulmuştur. Uzmanlardan biri, bahsedilen her iki projede de aktif görev almış “İş geliştirme yetkili uzmanı” unvanına sahip bir iş analisti, diğeri ise her iki projenin proje yöneticiliğini yapmış, süreçleri yakından takip eden bir “Proje yöneticisi” dir. Belirlenen her karmaşıklık faktörü için uzman görüşü alınmadan önce; çalışmanın amacı, proje karmaşıklığının neden ölçümlendiği, ölçümün nasıl yapılacağı, karmaşıklığın tanımı, boyutları, alt boyutları ve her bir alt boyutun ilişkilendirildiği kavramlara ilişkin örnekler paylaşılmış ve uzmanlardan beklentinin ne olduğu açıklanmıştır. Bu yöntemle, ilgili kriterlerin karmaşıklık seviyesinin uzmanlar tarafından kolaylıkla tahmin edilebilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Süreç; şirket içinde yer alan bir dinlenme alanında, karşılaştırılacak faktörler bilgisayardan uzmanlara gösterilerek ve gerekli yerlerde ek açıklamalar yapılarak, 90’ar dakika süren iki farklı oturumda gerçekleştirilmiştir. Her oturum iki uzmanla aynı anda gerçekleştirilmiş ve uzmanlardan fikir birliğine varmaları beklenmiştir. Birinci oturum proje karmaşıklığı açısından tüm boyutların ve alt boyutların değerlendirilmesi ve tüm boyutlar ve alt boyutlar açısından birinci ve ikinci projenin karşılaştırılması ile ilgili soruları kapsamaktadır. Örnek bazı sorular şu şekildedir:

- “Proje Karmaşıklığı” açısından “Operasyonel” mi yoksa “Yönetsel” faktörler mi daha fazla etkilidir, ne kadar?
- “Proje Karmaşıklığı” açısından “Operasyonel İlişkiler ve Etkileşim” mi yoksa “Operasyonel Yenilik, Değişkenlik ve Belirsizlik” mi daha fazla etkilidir, ne kadar?
- “Operasyonel İlişkiler ve Etkileşim” açısından “Proje-1” mi yoksa “Proje-2” mi daha karmaşıktır, ne kadar?

İkinci oturumda ise her bir faktör altında bulunan alt boyutlardan ilişkili olanların (geri besleme) karşılaştırması ve her bir alt boyutun ilişkili olduğu diğer alt boyutlar ile karşılaştırması yapılmıştır. Örnek bazı sorular şu şekildedir:

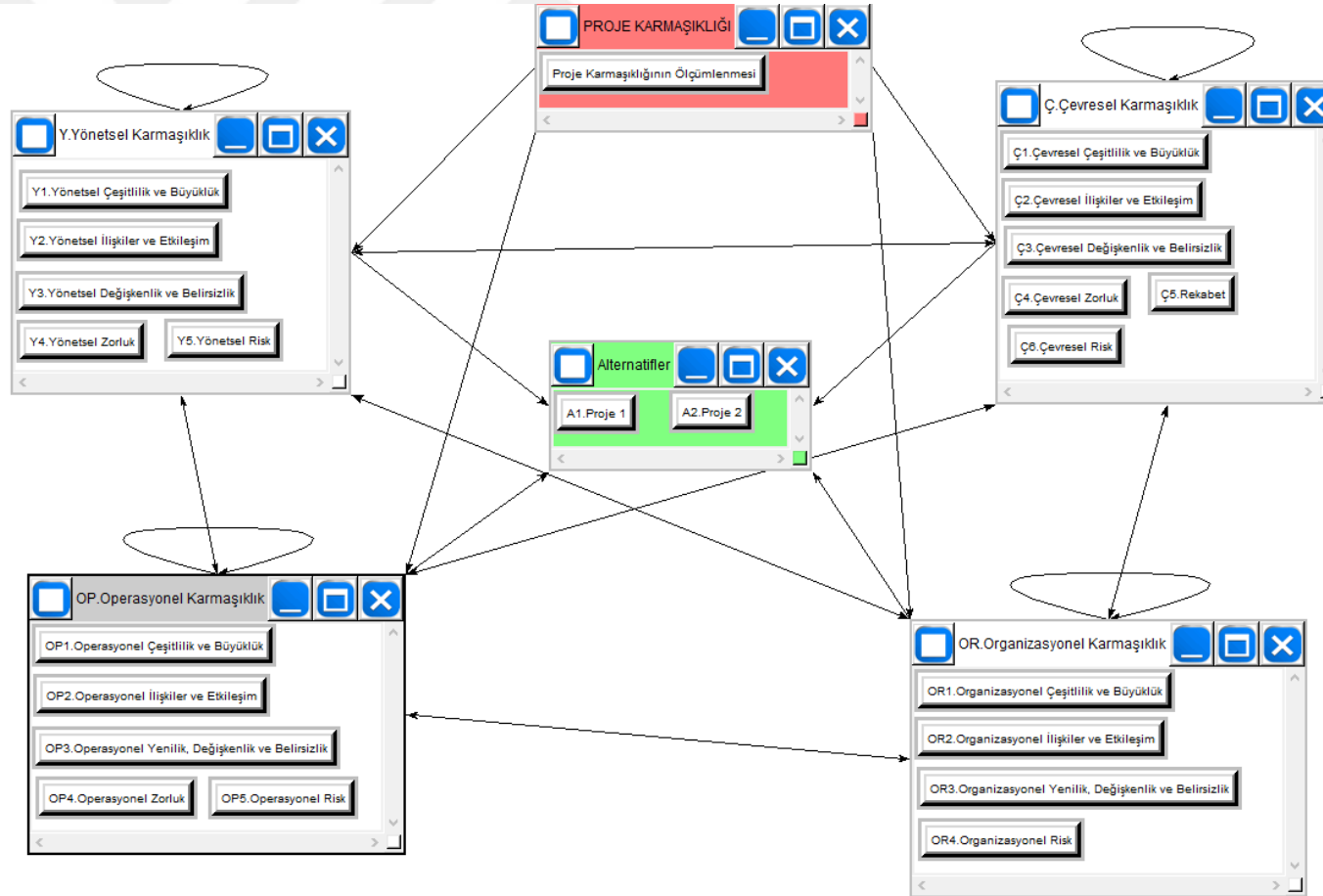
- Projelerde “Operasyonel Çeşitlilik ve Büyüklük”e etkisi bakımından “Yönetsel Çeşitlilik ve Büyüklük” mü yoksa “Yönetsel İlişkiler ve Etkileşim” mi daha önemlidir, ne kadar?
- Projelerde “Operasyonel Çeşitlilik ve Büyüklük”e etkisi bakımından Operasyonel İlişkiler ve Etkileşim” mi yoksa “Operasyonel Yenilik, Değişkenlik ve Belirsizlik” mi daha önemlidir, ne kadar?

Yöntem, literatüre dayanarak belirlenen karmaşıklık faktörleri değerlendirilirken, uzmanlar tarafından herhangi bir faktöre itiraz edilebilir ya da yeni bir faktör için öneride bulunulabilir olması sebebiyle güven sağlamaktadır. Ancak veri toplama süreci boyunca herhangi bir konuda böyle bir talep gelmemiştir.

4.2.2. Veri analizi

Oluşturulan çerçevede yer alan temel boyutlar, alt boyutlar ve kurulan ilişkilere göre ikili karşılaştırmalar yapılarak toplanan veri, projeleri karmaşıklaştıran faktörlerin kıyaslanması ve karmaşıklık seviyelerinin belirlenmesi için “Super Decisions Software” adlı program kullanılarak değerlendirilmiştir (Super Decisions CDF, 2019). Bu kapsamda “Proje karmaşıklığının ölçülmesi” şeklinde konumlanan hedef, karmaşıklığa sebep olduğu düşünülen boyutlar ve boyutlara ait alt boyutlar ile alternatifler programa girilmiştir. Her grupta ifade edilen boyut ve alt boyutlar için uygulama sırasında kullanılmak üzere açıklama bölümleri de programa eklenmiştir. Oluşturulan modelin ekran görüntüsü Şekil 4.1’deki gibidir.

Kurulan modelde amacın tüm alt boyutlardan etkilendiği kabul edildiğinden, amaç ile



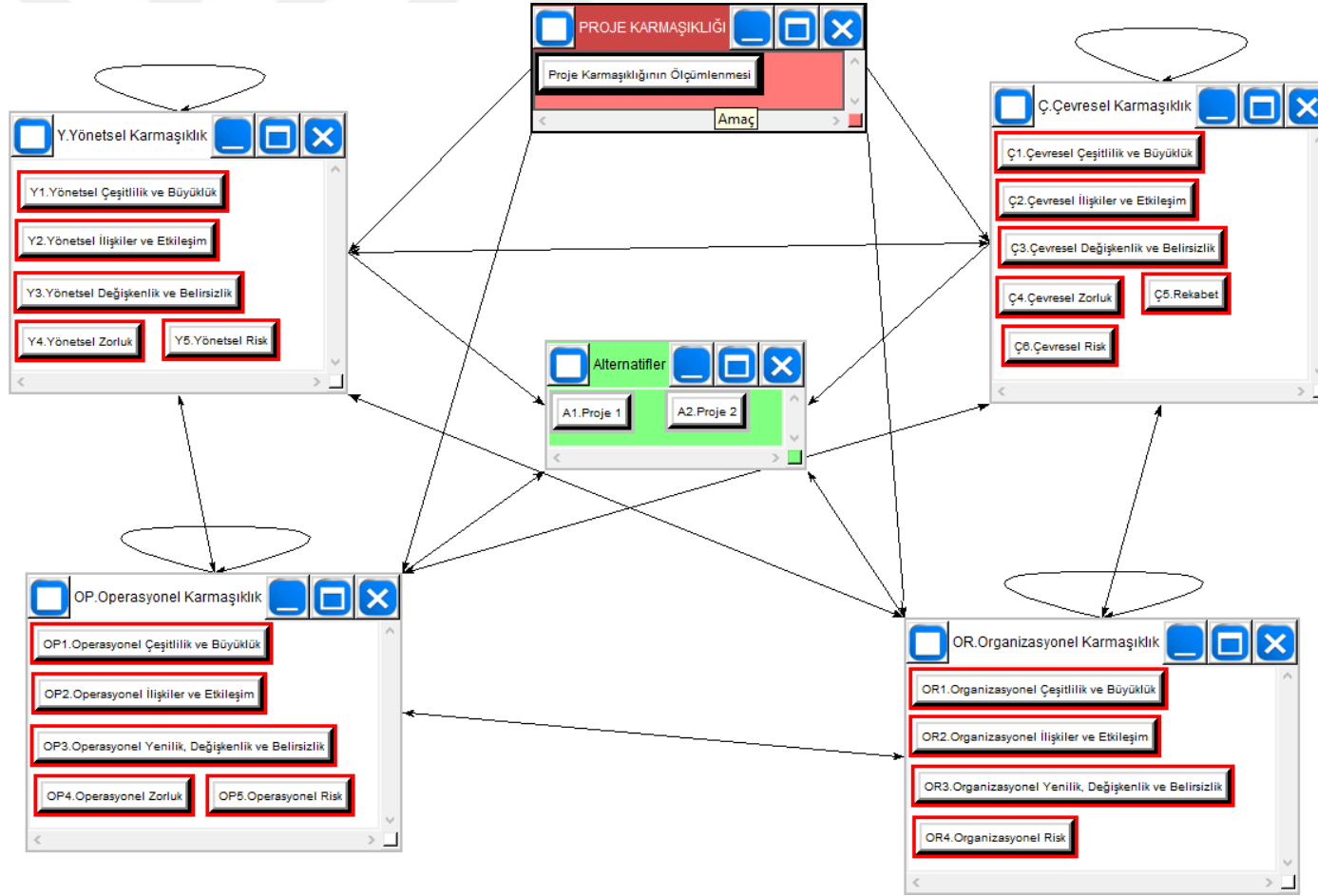
Şekil 4.1: Super Decisions Yazılımı Üzerinde Karmaşıklık Boyutlarının Tanımlanması.

tüm alt boyutlar ilişkilendirilmiştir. Karmaşıklık bakımından kıyaslanması hedeflenen iki proje de tüm alt boyutlar açısından kıyaslanacaktır, dolayısıyla tüm alt boyutlar da her iki proje ile ilişkilendirilmiştir. Son olarak, her alt boyutu etkileyeceği düşünülen diğer alt boyutlar, literatür taraması sonucu edinilen bilgi ve tecrübelerle dayalı olarak belirlenmiş ve model üzerinde işaretlenmiştir. Örnek olarak, amaç ile ilişkilendirilen tüm faktörler Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

Faktörler ve ilişkilerin tanımlanması sonucu oluşturulan nihai modele göre, 1 ile 9 puan aralığında (1 puan, karşılaştırılan iki elemanın üst düzey kritere göre eşit öneme sahip olduğu anlamına gelirken, 9 puan, karşılaştırılan iki elemandan birinin diğerine göre aşırı öneme sahip olduğunu gösterir) yapılan kıyaslamalar ile toplanan veriler programa girilmiştir. Programın yaptığı hesaplamalara göre her bir karşılaştırma için girilen cevapların tutarsızlık değeri %10 ve altındadır. Programın çalıştırılması ile veri analizi gerçekleştirilmiştir.

4.2.3. Sonuçlar ve değerlendirme

Programın çalıştırılması ile elde edilmiş sonuçlar Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Karmaşıklığı oluşturan her bir alt boyutun, üyesi olduğu temel boyut içerisindeki önemi ve globaldeki önemi görülmektedir. Operasyonel karmaşıklık üzerinde etkisi en fazla olan alt boyut operasyonel yenilik, değişkenlik ve belirsizlik olarak belirlenmiştir; bu boyut operasyonel işin detaylarına yönelik belirsizlikleri, kalite, zaman gibi operasyonel hedefler ve yöntem/süreçlere ilişkin belirsizlikleri; ayrıca projedeki yeni/tanınmayan öğeleri ifade eder. Yönetsel karmaşıklık üzerinde en fazla etkisi olan alt boyut yönetsel risktir; yönetsel riskler gerçekleşmesi durumunda projenin devam etmesini aksatacak, çalışanlarla ilgili riskleri ifade eder. Organizasyonel karmaşıklık üzerinde en fazla etkisi olan alt boyut organizasyonel yenilik, değişkenlik ve belirsizlik olarak belirlenmiştir; organizasyonel belirsizlik vizyon, misyon ve organizasyonel yapının yanı sıra performans ölçekleri, süreçler ve standartlardaki belirsizlikleri ifade eder. Organizasyonel değişkenlik organizasyon genelinde kullanılan teknolojilerin, finansal kaynakların, vs. süreç içinde değişimini ifade eder. Yeni organizasyonel yapı da bu boyut altında ele alınmaktadır. Çevresel karmaşıklık üzerinde en fazla etkisi olan alt boyut ise çevresel risk olarak saptanmıştır. Çevresel riskler gerçekleşmesi durumunda projenin devam etmesini aksatacak; paydaşlar, dışsal kaynaklar ve genel çevrede meydana gelebilecek riskleri ifade eder. Tüm boyutlar için belirlenen global önem seviyelerine bakıldığında %6,0 ile çevresel



Şekil 4.2: Super Decisions Yazılımı Üzerinde İlişkilerin Tanımlanması.

risk en önemli; %5,9 ile organizasyonel yenilik, değişkenlik ve belirsizlik ikinci en önemli ve %5,3 ile çevresel çeşitlilik ve büyüklük üçüncü en önemli alt boyut olarak ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlara göre, alt boyutlara odaklanan bir proje yöneticisi, projenin doğasında var olan veya işleyişi sırasında oluşabilecek karmaşıklığı yönetmek için çevresel risklere yönelik risk yönetim metodolojilerinden faydalanarak bir strateji oluşturmalı ve çevresel riskleri ortadan kaldırmaya ya da risklerin olasılık ve etkilerini azaltmaya odaklanmalıdır. Organizasyonel yenilik, değişkenlik ve belirsizlik boyutu ve paydaşların ve projenin görev çevresinde yer alan dış bağımlılıkların (kaynaklar, teknolojiler, vb.) sayısı ve çeşitliliği ile genel çevrede var olan çeşitliliği ifade eden çevresel çeşitlilik ve büyüklük boyutu da proje yönetim stratejileri belirlenirken karmaşıklık ile başa çıkmayı sağlayacak adımların planlanması için öncelikli düşünülmesi gereken faktörlerdendir.

Çizelge 4.2: Karşılaştırmalı Proje Karmaşıklık Seviyeleri.

Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Boyutlar Bazında Önem Seviyeleri*	Global Önem Seviyeleri
Operasyonel Karmaşıklık	OP1.Operasyonel Çeşitlilik ve Büyüklük	0,28	0,04
	OP2.Operasyonel İlişkiler ve Etkileşim	0,1	0,02
	OP3.Operasyonel Yenilik, Değişkenlik ve Belirsizlik	0,3	0,05
	OP4.Operasyonel Zorluk	0,14	0,02
	OP5.Operasyonel Risk	0,17	0,03
Yönetsel Karmaşıklık	Y1.Yönetsel Çeşitlilik ve Büyüklük	0,13	0,02
	Y2.Yönetsel İlişkiler ve Etkileşim	0,07	0,01
	Y3.Yönetsel Yenilik, Değişkenlik ve Belirsizlik	0,28	0,04
	Y4.Yönetsel Zorluk	0,2	0,03
	Y5.Yönetsel Risk	0,31	0,05
Organizasyonel Karmaşıklık	OR1.Organizasyonel Çeşitlilik ve Büyüklük	0,27	0,04
	OR2.Organizasyonel İlişkiler ve Etkileşim	0,18	0,03
	OR3.Organizasyonel Yenilik, Değişkenlik ve Belirsizlik	0,39	0,06
	OR4.Organizasyonel Risk	0,16	0,03
Çevresel Karmaşıklık	Ç1.Çevresel Çeşitlilik ve Büyüklük	0,19	0,05
	Ç2.Çevresel İlişkiler ve Etkileşim	0,17	0,05
	Ç3.Çevresel Değişkenlik ve Belirsizlik	0,18	0,05
	Ç4.Çevresel Zorluk	0,1	0,03
	Ç5.Rekabet	0,13	0,04
	Ç6.Çevresel Risk	0,22	0,06

*: İlgili küme içerisinde normalize edilmiş önem değerleri

Global önem seviyelerine bakıldığında sırasıyla çevresel değişkenlik, belirsizlik ve risk, yönetsel risk, operasyonel yenilik, değişkenlik ve belirsizlik, çevresel ilişkiler ve etkileşim, operasyonel çeşitlilik ve büyüklük, yönetsel yenilik, değişkenlik ve belirsizlik, organizasyonel çeşitlilik ve büyüklük takip eden diğer en önemli alt boyutlar olarak dikkat çekmektedir. Operasyonel çeşitlilik, büyüklük, yenilik, değişkenlik ve belirsizlik projede direkt olarak yapılan iş ile ilgili; yönetsel yenilik, değişkenlik, belirsizlik ve risk projede direkt olarak çalışan kişilerle ilgili faktörlerle ilişkilidir. Organizasyonel yenilik, değişkenlik ve belirsizlik projenin gerçekleştiği organizasyonun yapısı ile ilgili faktörlere dayanır. Çevresel çeşitlilik, büyüklük, ilişkiler, etkileşim, değişkenlik, belirsizlik ve riskler ise projenin etkileşim içinde olduğu görev çevresi ve projenin gerçekleştiği organizasyonun içinde bulunduğu genel çevre ile ilişkilidir.

Her bir temel boyutun karmaşıklığa etkileri ise program tarafından oluşturulan matrise göre Çizelge 4.3'teki gibi gösterilmiştir; buna göre karmaşıklığı etkileyen en önemli faktör %57,9'lık önem değeri ile yönetsel karmaşıklık olurken, bunu %28,9'luk önem değeri ile çevresel karmaşıklık izlemektedir. Belirlenen boyutlardan karmaşıklığa göreceli olarak en az etki eden boyut ise %4,0 önem değerine sahip olan organizasyonel boyut olarak saptanmıştır. Dolayısıyla bir projeyi karmaşıklaştıran en önemli faktörlerin projenin insan boyutu ile ilgili faktörler olduğu söylenebilir. Projede çalışan bireylerin sayısı ve dil, kültür, beklenti, ilgili alanı, vb. çeşitliliği; projedeki uzmanlıklar ve dahil olan disiplinler; zayıf tanımlanmış, gerektirdiği uzmanlık seviyesi belirsiz olan rollerin varlığından kaynaklanan belirsizlikler; bireylerin takvimleri, planlamaları ve görevleri arasındaki bağımlılık ve etkileşimler; takım üyelerinin değişmesi, uzmanlık ihtiyaçlarındaki değişimler, vb. değişkenlikler bu kapsamda yönetilmesi gereken başlıca konulardır. Çevresel karmaşıklık ise paydaşların ve dış bağımlılıkların sayısı, çeşitliliği; paydaşlar arası iletişim ve bilgi paylaşımı, ve organizasyon dışı teknolojik, yasal, sosyal ve çevresel olayların projeye etkilerini ifade eder. Aniden ortaya çıkan yeni teknolojilerden hava koşullarına, rakiplere kadar çevrede gerçekleşen birçok faktörün projeye etkisi olabilir. Dolayısıyla çevresel faktörlerin de karmaşıklık yönetiminde ön planda olması gerekmektedir. Proje karmaşıklığına en az etki eden boyut olarak belirlenen organizasyonel faktörler ise dikey ve yatay organizasyonel yapı, organizasyon içindeki bağımlılıklar, iletişim ve ilişki düzeyi, vizyon ve misyon, standartlar, süreçler ve bunlardan kaynaklanan

değişkenlik ve belirsizlikleri kapsamaktadır. Organizasyonel boyut, proje karmaşıklığı konusunda en az etkiye sahip görünse de başarılı bir proje yönetimi için mutlaka dikkate alınması gerekmektedir.

Çizelge 4.3: Temel Boyutların Önem Seviyeleri.

Karmaşıklık Faktörleri	Önem Değerleri
Operasyonel Karmaşıklık	0,093
Yönetimsel Karmaşıklık	0,579
Organizasyonel Karmaşıklık	0,040
Çevresel Karmaşıklık	0,289

Çalışma kapsamında proje karmaşıklığının ölçümlenmesine yönelik oluşturulan çerçevede yer alan tüm faktörler ve alt faktörlerin, uygulamada kullanılmak üzere belirlenen projelere göre değerlendirilmesi sonucunda Çizelge 4.4’te görüldüğü gibi “Müşteri Sadakat Projesi” (Proje 1) nin “Proaktif Limit Artırım Projesi” (Proje 2) nden daha karmaşık olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.4: Alternatif Projelerin Karmaşıklık Seviyeleri.

Alternatifler	Önem Seviyeleri
Müşteri Sadakat Projesi (A1.Proje 1)	0,565
Proaktif Limit Artırım Projesi (A2.Proje 2)	0,435

Belirlenen iki farklı dijital bankacılık projesinin karmaşıklığının ölçümlenmesinde kullanılan çerçeve, sektör ve proje tipinden bağımsız, herhangi iki veya daha fazla projenin karmaşıklık açısından karşılaştırılması için rahatlıkla kullanılabilir.

Elde edilen sonuçlar, projelerin sadece karmaşıklıkları bakımından değerlendirilmesi ile yapılmış bir önceliklendirme ortaya koymaktadır. Proje seçiminde karmaşıklık, dikkate alınması gereken faktörlerden sadece birisidir. Bu bakımdan seçim ile ilgili karar vermeden önce maliyet ve getiri hesabının yanında karmaşıklık dışındaki proje başarısını etkileyen diğer tüm faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır. Proje seçiminin yanı sıra uygulama, her bir proje için hangi karmaşıklık faktörünün ne kadar önemli olduğunu da ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, projelerde karmaşıklık yönetimi için ağırlık verilmesi gereken boyutların ne olduğunu göstererek uygun yönetim stratejisi ile daha etkin bir biçimde yönetilmesine olanak tanıyacak ve proje başarısının artmasına katkı sağlayacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Proje karmaşıklığı proje hedeflerini başarmaya giden yolu zorlaştırdığından proje yönetimi için kritik bir faktördür. Karmaşıklığı anlamak, hem akademik çalışma projeleri hem de pratikte projelerin karmaşıklığını yönetmek durumunda olan proje yöneticileri için büyük bir öneme sahiptir.

Karmaşıklık göz korkutucu bir durum olduğundan uygulayıcılar bir rehbera ihtiyaç duyarlar. Bu rehber bir uzman olsa dahi asıl kritik olan, uzmanın da ihtiyaç duyacağı yöntemler ve araçlardır. Karmaşıklığı analiz etmek için araçlara sahip olmak karmaşıklığın daha iyi anlaşılmasını sağlayacak ve proje yöneticilerini karmaşıklığın nasıl yönetileceğine dair güzel bir başlangıç noktasına getirecektir. Bu tür bir araç proje yöneticisine projenin durumunu formüle etme, stratejik seçimler yapma, yönetim sürecini seçme ve uygulama süresince kararlar alma konusunda yardımcı olacaktır. Tüm bunlar, yönetsel kapasitenin çok daha etkili kullanılmasını sağlayacak ve yönetsel yetkinliklerin de gelişmesine katkıda bulunacaktır.

Proje karmaşıklığı farklı göstergeler kullanılarak ölçümlenebilmektedir. Yapılan çalışmalarda kullanılan istatistiksel analizler en önemli ve proje karmaşıklığını en iyi yansıtan faktörleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Başka bir deyişle, daha az karmaşık projeler ile daha karmaşık projeler arasında istatistiksel olarak fark yaratan göstergeler, proje karmaşıklığını tanımlamada etkili olan faktörleri anlamaya yardımcı olur.

Algılanan karmaşıklıkta geçmiş deneyimler önemli bir role sahip olduğundan, bir projenin karmaşıklığını değerlendirmenin doğasında sübjektiflik vardır (Bosch-Rekvelde ve diğ., 2011). Yetkinlik ve deneyimlerdeki farklılıklar sebebiyle, insanların bir projeyi aynı çerçeveyi kullanarak değerlendirdiği durumlarda bile karmaşıklığa ilişkin farklı sonuçlar çıkabilmektedir. Bu sebeple proje karmaşıklığına dair oluşturulan çerçevelerde aslında temel amaç proje karmaşıklığını daha iyi anlamak ve proje karmaşıklığına ilişkin bir iz bulabilmektir. Karmaşıklık alanlarının bilinmesi, bu alanların yönetimi sırasında daha dikkatli olunmasını sağlayacaktır.

Projenin erken aşamalarında karmaşıklığın ölçülmesi projenin daha iyi anlaşılmasını sağlar ve bu sayede projelerin başarılı bir şekilde yönetilmesine ve karmaşıklıkla ilgili risklerin azaltılmasına olanak tanır. Bir projenin başlangıç aşamasında yapılan değerlendirmeler, onun beklenen karmaşıklığının belirlenmesi ve özel tedbirlerin alınmasını sağlayabilir; örneğin teknik karmaşıklığın yüksek olduğu belirlenen bir proje, çevresel karmaşıklığı yüksek olan bir projeye göre farklı bir proje yöneticisi gerektirebilir. Remington ve Pollack (2007) çok fazla sayıda karmaşık projenin, söz konusu projeler kontrol altında tutulamayacak ve yardım edilemeyecek noktaya gelene kadar karmaşık olduğu belirlenmediği için başarısız olduğunu belirtmiştir. Öte yandan, sadece başlangıç aşamasında proje karmaşıklığının ölçülmesi de yetersiz kalabilir. Proje karmaşıklığı proje yaşam döngüsü boyunca değiştiğinden, proje karmaşıklığının dinamikliğini anlamak için, oluşturulan çerçevenin projenin çeşitli aşamalarında tekrar tekrar düşünülmesi ve değerlendirilmesi gerekir.

Karmaşıklığın ölçülmesi stratejik seçimler, süreç seçimleri, geliştirme, kaynak ayırma, iş vakaları, yönetsel kapasite ve yetkinliklerin değerlendirilmesi gibi proje yönetimi ile ilişkili birçok konuda önemli derecede destek sağlayabilir. Proje karmaşıklığının ölçülmesi sadece proje yönetimine destek vermekle kalmayıp herhangi bir organizasyonun portföyünde yer alan bir projenin seçilmesi veya projelerin önceliklendirilmesi için de kullanılabilir. Proje karmaşıklığının ölçülmesinin fayda sağlayabileceği başlıca konular şu şekilde sıralanabilir;

- İş vakası gelişimi: Karmaşıklık konusu, projeler henüz tasarım aşamasındayken dikkate alınması ve açıklanması gereken bir konudur (Gerald ve diğ, 2011). Projeyi hangi tipteki karmaşıklığın ne kadar etkileyeceğini bilerek bir yapı kurmak, olası olumsuz durumları ortadan kaldırmak ya da azaltmak için gerekli aksiyonları en başta planlamayı sağlayarak proje yönetimine katkı sağlayacak ve yardımcı olacaktır.
- Stratejik seçim: Organizasyonel stratejilerle projeler uyumlu hale getirilirken, organizasyonun rekabet öncelikleri ile herhangi bir karmaşıklık boyutunun bir gerekliliği arasında bir gerilim doğabilir. Örneğin, stratejik kararlar sebebiyle kaynakların zamanında elde edilememesi karmaşıklığın hız boyutunu etkileyebilir (Gerald ve diğ, 2011). Bu sebeple stratejik kararlar alınırken karmaşıklık faktörlerinin göz önünde bulundurularak, projeye etkilerinin

değerlendirilmesi faydalı olacaktır. Bu amaçla karmaşıklık ölçümü proje yönetiminde aktif olarak kullanılabilir.

- Süreç seçimi: Karmaşıklık boyutlarının kilit kullanım alanlarından biri farklı proje yöntemleri ya da yaklaşımlarının seçilmesi aşamasıdır (Geraldı ve diğ, 2011). Remington ve Pollack (2007) proje karmaşıklığı ile ilgili çeşitli araçlar tanımlamış ve bu araçların proje yönetimine yardımcı olacağını ileri sürmüştür. Uygun süreç seçimi, karmaşıklık yönetimi için, karmaşıklık yönetimi de başarılı bir proje yönetimi için oldukça kritiktir.
- Yönetmel kapasite: Bir projeyi yönetmek için ne kadar zaman ve enerji gerekeceğı, tahmin edilmesi oldukça zor bir konudur. Farklı karmaşıklık boyutlarının ve bu boyutların olası etkilerinin anlaşılması yönetmel girdiler için önemli bir fırsattır (Geraldı ve diğ, 2011).
- Yönetmel yetkinlik: Proje karmaşıklığının ölçümlenmesi hem projeler özelinde proje yöneticilerinin seçilmesi, hem de seçilen yöneticilerin organizasyondaki gelişimini etkiler (Geraldı ve diğ, 2011). Bu bakımdan değerlendirildiğinde karmaşıklığın zamanında ve doğru anlaşılması, doğru niteliklerdeki proje yöneticisi seçimi ve dolaylı olarak proje başarısında, ayrıca yöneticinin kendini geliştirmesi ve motivasyonunda da etkilidir.
- Problem tanımlama: Bir projenin karmaşıklığının düşünülmesi ve değerlendirilmesi projede karşılaşılan problemlerin sebeplerinin anlaşılması ve problemlerin giderilmesine yardımcı olur (Haas, 2009). Bu bakımdan projelerde karmaşıklığın tanımlanması proje yönetimine yön verir, ölçümlenmesi ise yüksek karmaşıklık olan konulara ilişkin önceden stratejiler belirlenebilmesi sebebiyle problemlerin daha hızlı çözümlenmesini destekler.

Çalışma kapsamında geliştirilen proje karmaşıklığı ölçümleme modeli ile dijital bankacılık projelerinde proje karmaşıklığının ölçümlenmesine yönelik bir uygulama yapılmış ve uygulama sonucunda dijital bankacılık projelerinde karmaşıklık yaratan en önemli faktörler yönetmel ve çevresel faktörler olarak saptanmıştır. Yönetmel faktörler, projenin insan ile ilgili boyutundan beslenir. Dolayısıyla proje ekibindeki kişilerin sayısı, uzmanlıkları, farklılıkları, iletişimi ve ilişkilerinden; zayıf tanımlanmış rollere, uzmanlık ihtiyaçlarındaki değişime kadar geniş bir çerçevede değerlendirilebilecek faktörlerin projeleri karmaşıklaştırmadaki etkisi büyüktür. Çevresel karmaşıklık ise projenin ilişkili olduğu görev çevresi ve genel çevredeki

faktörleri kapsar. Projenin paydaşları, tedarikçileri, müşterileri ve partnerleri ile ilgili faktörler, projenin dış bağımlılıkları ile ilgili belirsizlik ve riskler, ve projenin genel çevresinde meydana gelmiş ancak projeye etki edebilecek yenilik ve değişiklikler proje karmaşıklık yönetimi sürecinde mutlaka dikkate alınması gereken konulardır. Bununla birlikte, literatürde yer alan hemen hemen tüm modeller gibi bu çalışma ile ortaya konan modelin de sektörden bağımsız olarak her tip projenin karmaşıklığının ölçülmesinde kullanılması uygundur. Literatürde yapılan çalışmalarda herhangi bir faktörün daha az karmaşık olduğunu söyleyen bireylerin, o faktörü yaratan duruma benzer bir durumla daha önce karşılaştığı ve ilgili durumu nasıl tasarlayacağını bildiği vakalara rastlanmıştır; hatta bu durumun diğer uzmanlara aktarılmasının, diğerlerinin de fikirlerini değiştirmelerine neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum karmaşık projelerin daha verimli yönetilmesinde iletişimin önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamada toplanan veri de uzman görüşlerine bağlı subjektif veri olduğundan, yakın sonuçlar beklenmekle birlikte, farklı uygulayıcılarla yapılan çalışmaların farklı sonuç vermesi normal karşılanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Atatürk Kültür, Türk ve Tarih Yüksek Kurumu.** (2019, Şubat 23). Türk Dil Kurumu. Türk Dil Kurumu: tdk.gov.tr/ adresinden alındı
- Asan, U., & Soyer, A.** (2009). Identifying Strategic Management Concepts: An Analytic Network Process Approach. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 56, pp. 600-615.
- Baccarini.** (1996). The comcept of project complexity - a review. *International Journal of Project Management*, Vol. 14, No. 4, pp. 201-204.
- Bertelsen, S.** (2004). Construction management in a complexity perspective. *International SCRI Symposium*. UK: University of Salford.
- Bosch-Rekveltdt, M., Jomgkind, Y., Mooi, A., Bakker, H., & Vercraeck, A.** (2011). Grasping project complexity in large engineering projects: The TOE (Technical, Organizational and Environmental) framework. *International Journal of Project Management* 29, pp. 728-739.
- Brockmann, C., & Girmscheid, G.** (2007). The Inherent Complexity of Large Scale Engineering Projects. *Project Perspectives*, pp. 22-26.
- Cameron, I., & Raman, R.** (2005). *Process System Risk Management*. Amsterdam-Boston-Heidelberg-London-New York-Oxford-Paris-Sen Diego-Singapore-Tokyo: Elsevier.
- Cerdeiral, C. T., & Santos, G.** (2019). Software project management in high maturity: A systematic literature mapping. *The Journal of Systems and Software* 148, pp. 56-87.
- Chan, A., Scott, D., & Chan, A.** (2004). Factors Affecting the Success of a Construction Project. *Journal of Custruction Engineering and Management* 130, pp. 153-155.
- Chu, D., Strand, R., & Fjelland, R.** (2003). Theories of Complexity: Common Denominators of Complex Systems. *Wiley Periodicals, Inc.*, Vol. 8, No. 3, pp. 19-30.
- Cicmil, S., Cooke-Davis, T., Crawford, L., & Richardson, K.** (2009). Exploring the complexity of projects: Implications of complexity theory for project management practice. *Project Management Institute*.
- Dao, B., Kermanshachi, S., Shane, J., & Anderson, S.** (2016a). Project complexity assessment and management tool. *Procedia Engineering* 146, pp. 491-496.
- Dao, B., Kermanshachi, S., Shane, J., Anderson, S., & Hare, E.** (2016b). Identifying and measuring project complexity. *Procedia Engineering* 145, pp. 476-482.

- Dao, B., Kermanshachi, S., Shane, J., Anderson, S., & Hare, E.** (2017). Exploring and Assessing Project Complexity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143 (5): 04016126-1,04016126-9.
- GAPPS.** (2007). A Framework for Performance Based Competency Standards for Global Level 1 and 2 Project Managers. Sydney: Global Alliance for Project Performance Standards .
- Geraldi, J., Maylor, H., & Williams, T.** (2011). Now, let's make it really complex (complicated). *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 31, No. 9, pp. 966-990.
- Gidado, K.** (1996). Project complexity: The focal point of construction production planning. *Construction Management and Economics* 14, pp. 213-225.
- Haas, K.** (2009). *Managing Complex Projects: A New Model*. Vienna: Management Concepts.
- Kermanshachi, S., Dao, B., Shane, J., & Anderson, S.** (2016). An Empirical Study into Identifying Project Complexity Management Strategies. *Procedia Engineering* 145, pp. 603-610.
- Lebcir, R., & Choudrie, J.** (2011). Impact of Project Complexity Factors on Project Cycle Time: A System Dynamics Modelling Approach. *International Conference on Construction and Project Management* (s. Vol 15. pp. 166-170). Singapore: IACSIT Press, Singapore .
- Lu, Y., Luo, L., Wang, H., Le, Y., & Shi, Q.** (2015). Measurement model of project complexity for large-scale projects from task and organization perspective. *International Journal of Project Management* 33, pp. 610-622.
- Lucas, C.** (2006). Quantifying Complexity Theory. <http://www.calresco.org/lucas/quantify.htm>.
- Maylor, H., & Turner, N.** (2017). Understand, reduce, respond: project complexity management theory and practice. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 37, No. 8, pp. 1076-1093.
- Maylor, H., Vidgen, R., & Carver, S.** (2008). Managerial Complexity in Project-Based Operations: A Grounded Model and Its Implications for Practice. *Project Management Journal*, Vol. 39, pp.15-26.
- PMI Standards Committee.** (2004). *A Guide to the project management body of knowledge : (PMBOK Guide)*. Upper Darby, Pennsylvania, Delaware: Project Management Institute.
- Qureshi, S. M., & Kang, C. W.** (2015). Analysing the organizational factors of project complexity using structural equation modelling. *International Journal of Project Management* 33, pp.165-176.
- Remington, K., & Pollack, J.** (2007). *Tools For Complex Projects*. New York: Gower Publishing.
- Saaty, T. L.** (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, Vol 45. Pp. 9-26.

- Saaty, T. L.** (2001). *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process : the Organization and Prioritization of Complexity*. New York : Rws Publications.
- Super Decisions CDF.** (2019, April 25). <https://www.superdecisions.com/> adresinden alındı
- Şahin, A.** (2001). Eğitim araştırmalarında delphi tekniği ve kullanımı. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi 20, pp. 215-220.
- Topçu, Y. İ.** (2019). Analitik Hiyerarşi ve Ağ Süreci. Retrieved from Y. Ilker Topcu: www.ilkertopcu.net
- Vidal, L. A., & Marle, F.** (2008). Understanding project complexity: Implications on project management. *Kybernetes* 37, pp. 1094-1110.
- Vidal, L. A., Marle, F., & Bacquet, J.** (2011a). Measuring project complexity using the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Project Management* 29, pp. 718-727.
- Vidal, L. A., Marle, F., & Bocquet, J. C.** (2011b). Using a Delphi process and the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate the complexity of projects. *Expert Systems with Applications*, pp. 5388–5405.
- Williams, T. M.** (1999). The need for new paradigms for complex projects. *International Journal of Project Management*, Vol.17, No. 5, pp.269-273.
- Wood, H., & Ashton, P.** (2015, July 24). The factors of project complexity. University of Brighton: <http://eprints.brighton.ac.uk/id/eprint/14062> adresinden alındı
- Zhu, J., & Mostafavi, A.** (2017). Discovering complexity and emergent properties in project systems: A new approach to understanding project performance. *International Journal of Project Management* 35, pp. 1-12.



EKLER

EK A: Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri



EK A**Çizelge A.1: Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri Tablosu**

		Kaynak	Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Tanım / Örnek
1	1996	Baccarini	Organizasyonel Karmaşıklık	Çeşitlilik Bağımlılık	İletişim ve raporlama açısından ilişkilerin tanımlanması Karar verme için yetki ve sorumlulukların dağıtılması Görevlerin dağıtılması
			Teknolojik Karmaşıklık	Çeşitlilik Bağımlılık	Girdi ve çıktıların çeşitlerinin sayısı Farklı ya da ayrıştırılmış görevlerin sayısı ve uzmanlıkların sayısı Farklı teknolojiler ve girdiler arası etkileşimler
2	1996	Gidado	Görev Karmaşıklığı	Operasyon ve teknoloji	İşlerin gerçekleştirilmesinin karmaşıklığı ya da zorluğu
				Yönetmel	Çeşitli iş bileşenlerinin bir iş akışı oluşturmak üzere bir araya getirilmesinin planlanması
3	1999	Williams	Yapısal Karmaşıklık	Elementlerin sayısı	Projedeki öğelerin sayısı
				Elementler arası bağımlılık	Projedeki öğelerin bağımlılık ilişkisi
			Belirsizlik	Hedeflerdeki belirsizlik	Hedeflerin belirsizliği (Kalite, maliyet, zaman planı gibi yönetmel hedeflerin yanı sıra teknoloji, ekonomi, güvenlik gibi fonksiyonel hedeflerin varlığı tek bir hedefe odaklanmayı zorlaştırır)
				Yöntemlerdeki belirsizlik	Yöntemlerin belirsizliği

Çizelge A.1 (devam): Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri Tablosu

Kaynak			Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Tanım / Örnek
4	2007	Remington ve Pollack	Yapısal Karmaşıklık	-	Projedeki bağımlılıkların sayısı
			Teknik Karmaşıklık	-	Çözümlemeyen teknik konular, yeni tasarımlar, ilk kez denenmiş tekniklerin getirdiği etkiler
			Yön ile İlgili Karmaşıklık	-	Proje hedeflerindeki belirsizlikler, süreçlerde açıkça ifade edilmeyen adımlar, saklanan ajandalar vs. kaynaklı belirsizlikler
			Geçici Karmaşıklık	-	Çevre ya da stratejik yön değişimlerinden kaynaklanan, aniden ortaya çıkan (yasalar ya da yeni teknolojilerin vb.) değişiklikler
5	2007	Brockmann ve Grimscheid	Genel Karmaşıklık	Operasyonel Boyut	Fonksiyonlardaki çeşitlilik ve bağımlılık derecesi, buna bağlı oluşan belirli bir karar alanının etkisi (Bir fonksiyondaki kararın diğer bir fonksiyona etkisi)
				Düşünsel Boyut	
			Kültürel Karmaşıklık	-	Kültürel çeşitlilik
			Sosyal Karmaşıklık	-	Paydaşların sayısı ve çeşitliliği
6	2007	GAPPS	Yönetmel Karmaşıklık	Görev Karmaşıklığı	Aktivitelerin yoğunluğu (organizasyonel planlama, tasarım planlama, iş hazırlama...)
				Stratejik önem	Organizasyon stratejisi ile proje hedeflerinin uyumu
				Yöntemlerin sayısı	Projeye dahil olan farklı disiplin, yöntem veya yaklaşımların sayısı
				Aksiyonların etkilerinin büyüklüğü	Organizasyon dışı; yasal, sosyal veya çevresel olayların projeye etkilerinin büyüklüğü
				Paydaşların uyumu	Proje çıktıları konusunda paydaşların ne kadar mutabık olduğu
				İçeriğin durağanlığı	Proje içeriğinin durağan olmadığını gösteren değişiklikler: Sık ve önemli kapsam değişiklikleri, takım üyelerinin sıklıkla değişmesi, uygulanan yasa ve düzenlemelerin değişmesi gibi
6	2007	GAPPS	Yönetmel Karmaşıklık	Ara yüzlerin sayısı ve çeşitliliği	Projedeki farklı organizasyonlar ve disiplinlerin sayısının çokluğu

Çizelge A.1 (devam): Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri Tablosu

Kaynak			Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Tanım / Örnek
7	2008	Maylor ve diğ.	Yönetmel Karmaşıklık - Yapısal ve Dinamik Boyut	Misyon	Hedefler (projenin vizyonunun netliğı, başarı kriterlerinin netliğı), kapsam (kaynakların sayısı, bütçe değeri), belirsizlik (bilinmeyenlerin sayısı, zaman çizelgesinin gerçekçi olması) ve kısıtlar (güvenlik seviyesi)
				Organizasyon	Zaman ve yer (birden fazla zaman dilimi, takımın yüz yüze çalışma gerekliliğı) ve organizasyonel kurulum (organizasyondaki departmanlaşma yapısının proje sürecine uygunluğu)
				Çıktılar	Süreç (projedeki süreçler, proje yönetimi metodolojisi, değışim yönetimi, karar verme) ve kaynaklar (insan kaynağı, teknoloji kaynağı ve finansal kaynak)
				Paydaşlar	Paydaş davranışları(paydaşların kim olduğı, projeye destekleri, ilişkilerin temeli (sözleşmeden mi doğmuş vs.), deneyim, güç) ve iç paydaş ilişkileri (sosyo-politik ilişkiler ve bağımlılıklar)
				Takım	Proje çalışanları, proje yöneticileri, grup olabilme algısı (takım üyeleri arasındaki kültürel farklılık, karşılıklı güven)

Çizelge A.1 (devam): Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri Tablosu

Kaynak			Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Tanım / Örnek
8	2011	Bosch-Rekveltd ve diğ.	Organizasyonel Karmaşıklık	Büyüklik	Proje süresi, sermaye masrafının büyüklüğü, gereken mühendislik adam*saat büyüklüğü, proje takımının büyüklüğü, lokasyonların sayısı
				Kaynaklar	Kaynakların elverişliliği, dahil olan partilerle deneyimler, sağlık, güvenlik, çevre farkındalığı, disiplinleri sayısı, finansal kaynakların sayısı, sözleşmenin tipi
				Proje takımı	Farklı uyruk, dillerin sayısı, ortakların işbirliği, ofis saatlerinin çakışması
				Güven	Proje takımına güven, sözleşme taraflarına güven
				Risk	Organizasyonel risk
			Teknik Karmaşıklık	Hedefler	Hedeflerin sayısı, uyumu, açıklığı
				Kapsam	Kapsam büyüklüğü, kapsamdaki belirsizlikler, kalite gereksinimleri
				Görevler	Görevlerin sayısı, çeşitliliği, bağımlılığı, teknik süreçler arası bağımlılıklar, yöntemlerdeki belirsizlikler, standartlardaki karmaşıklıklar
				Deneyim	Teknolojinin yeniliği, teknoloji ile deneyim
				Risk	Teknik riskler
			Çevresel Karmaşıklık	Paydaşlar	Paydaşların sayısı, bakış açılarının çeşitliliği, diğer paydaşlara bağlılık, şirket içi destek
				Lokasyon	Hava koşulları, lokasyonun uzaklığı
				Pazar durumu	Rekabet seviyesi, proje çevresinde durağanlık, iç stratejik baskı
				Risk	Çevresel riskler

Çizelge A.1 (devam): Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri Tablosu

Kaynak		Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Tanım / Örnek
9	2011	Yapısal Karmaşıklık	Büyüklik	Kapsam büyüklüğü, maliyet, projenin büyüklük/bütçe oranı, ürüne dahil olan teknoloji, ürün hacmi, teknik/altyapısal entegrasyon, girdi ve çıktılarının sayısı ve çeşitliliği, teknik farklılıklar ve bağımlılıklar, projedeki görevler, uzmanlıklar, disiplinlerin sayısı ve çeşitliliği, rollerin gerektirdiği uzmanlık seviyesi, süreçlerin bağımlılığı, tanımlanan ve standartlaştırılan süreçler, çözüm için çok fazla alternatif olması, takım büyüklüğü, kaynak sayısının fazlalığı, ilişkilerde şeffaflık ve empati, paydaşların sayısı, paydaşların projeye ne derece dahil olduğu, lokasyonların sayısı, çok kültürlülük, dillilik, zaman dilimi, kesişen projeler ve öncelikler, organizasyondaki dikey farklılaşma ve bağımlılık / hiyerarşik yapı, organizasyondaki yatay farklılaşma ve bağımlılık / organizasyonel birimler, sağlık, güvenlik ve güvenilirlik, birbirine güvenme, sendika, yasal uygunluk.
			Çeşitlilik	
			Bağımlılık	
		Sosyo-Politik Karmaşıklık	Önem	Projelerdeki politik ve duygusal yönlerin kombinasyonlarından oluşur; üst yönetimin projeyi desteklemesi, gizlenmiş ajandalar, gereksinimlerin çatışması, önceliklerin rekabeti, proje hedefleri ile ilgili hemfikir olunması, zaman çizelgesi ve bütçe için gerçekçi beklentiler, proje yönetim metodolojisinin gerçekten uygulanması, güven ve empati, kişisel çatışma, bağlılık, uygun yetki ve sorumluluk, paydaşların çatışması, direnç, sahiplik, proje ile ilgili bilgilerin yeterli düzeyde paylaşılması, müşteri ve tedarikçi organizasyonların projeye iyi uyum sağlaması
			Destekleme	
			Uyma / Birleşme	
			Şeffaflık	
		Belirsizlik	Yenilik	Açık ve iyi tanımlanmış vizyon, gereklilikler, iş vakaları, kapsam, iş paketleri, hedefler ve başarı kriterleri ve ölçekleri, proje uygulamalarının iyi anlaşılması, performans ölçeklerinde muğlaklık, teknolojik ve organizasyonel açılardan yenilik derecesi, yöntemlerdeki belirsizlik, iş ve proje yönetimi konuları, organizasyonel ve teknik yapının açıklığı, yeni organizasyonel yapı
			Deneyim	
			Bilginin elverişliliği/elde edilebilirliği	
		Dinamiklik	-	Karmaşıklığın diğer tüm boyutlarından herhangi birindeki değişim, değişkenlik
		Hız	-	Değişkenlik hızı

Çizelge A.1 (devam): Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri Tablosu

Kaynak			Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Tanım / Örnek
10	2011	Lebcir ve Choudrie	Belirsizlik	Hedeflerdeki Belirsizlik	Beklenen çıktıların zayıf bir şekilde tanımlanması
				Yöntemlerdeki Belirsizlik	Proje hedeflerinin nasıl başarılabacağı konusunda bilgi eksikliği
			Büyüklik	-	Eleman sayısı (bileşen, parça, fonksiyon)
			Bağımlılık	-	Elemanlar arası entegrasyon seviyesi
			Yenilik	-	Elemanların yenilik oranı
11	2011a	Vidal ve diğ.	Proje sistemi büyüklüğü	-	Paydaşların sayısı
			Proje sistemindeki çeşitlilik	-	Bilgi sistemlerinin çeşitliliği, paydaşların coğrafi konum farklılıkları, paydaşların ilgi alanı ve beklentilerindeki çeşitlilik
			Proje sistemi bağımlılıkları	-	Çevresel bağımlılıklar, kaynakların elde edilebilirliği, görevler arası bağımlılıklar, planlamalar arası bağımlılıklar, hedeflerin bağımlılığı, bilgi sistemlerinin bağımlılığı, takım üyeleri / takımlar arası / departmanlar arası ilişkiler
			Proje bağlamı (koşulları)	-	Kültürel çeşitlilik, ilişkili çevrenin karmaşıklığı
12	2015	Qureshi ve Kang	Organizasyonel Karmaşıklık	Proje büyüklüğü	Sermaye yatırımının büyüklüğü, aktivitelerin sayısı, kaynakları paylaşan şirketlerin sayısı, kararların sayısı, hiyerarşi seviyelerinin sayısı, bilgi sistemlerinin sayısı ve yatırımcıların sayısı
				Proje çeşitliliği	Paydaşların coğrafi konumları, finansal kaynakların tipi, bilgi sistemlerinin çeşitliliği, organizasyonel iç bağımlılıkların çeşitliliği ve gerekli organizasyonel yetkinliklerin tipleri
				İçerik elemanları	Rekabet, çevresel karmaşıklık, kurumsal yapı, yasalar, düzenlemeler ve organizasyonun inovasyon derecesi
				İç bağımlılıklar	Kaynakların elde edilebilirliği, takvimler ve planlamalar arasındaki bağımlılıklar, çevreye karşı bağımlılıklar, proje ve görev ağlarındaki geri besleme döngüleri
			Teknolojik Karmaşıklık	-	-
			Çevresel Karmaşıklık	-	-
			Sosyal Karmaşıklık	-	-

Çizelge A.1 (devam): Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri Tablosu

Kaynak			Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Tanım / Örnek
13	2015	Lu ve diğ.	Organizasyonel Karmaşıklık	Organizasyonel yapının karmaşıklığı	Merkezlilik/resmileştirme derecesi (kararların alındığı seviye, formal/informal alınan kararlar) ve iletişim derecesi (formal-informal akış seviyesi)
				Organizasyondaki kişilerin sayısı ve karmaşıklığı	Süreçlerdeki iletişim ve koordinasyon, yönetsel zorluklar
			Görev Karmaşıklığı	Teknolojik karmaşıklık	Bir teknolojinin gerektirdiği bilgi, tecrübe ve yeterlilik
				Hedeflerin belirsizliği	Farklı katılımcıların talepleri, sınırlı kaynaklar
				Çevresel karmaşıklık	Projenin gerçekleştiği çevreden kaynaklanan faktörler; doğa, pazarın durumu, hükümetin durumu, yasal gereklilikler gibi.
				Elementlerin açıklığı	İç ve dış faktörlerin ne derece bilindiği
				Süreçlerin dinamikliği	Proje elemanlarının beklentiler dışında sürekli değişmesi
				Kaynakların elde edilebilirliği	Kaynakların görevler ile koordine bir şekilde sağlanması, görevi engellememesi
				Bilgi bütünlüğü	Projenin paydaşlarından uygulayıcılarına, tedarikçilerine kadar herkesin iletişimi

Çizelge A.1 (devam): Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri Tablosu

Kaynak			Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Tanım / Örnek
14	2015	Wood ve Ashton	Organizasyonel Karmaşıklık	-	İnsanların zayıf ilişkileri, paydaşların sayısının çokluğu, zayıf tanımlanmış proje rolleri, zayıf iletişim ve zayıf karar verme
			Operasyonel ve Teknolojik Karmaşıklık	-	Yüksek miktarda mekanik ya da elektronik kurulumlar, yüksek derecede teknoloji, yeni teknolojilerin dahil edilmesi, bağlı olunan yasal düzenlemeler, fiziksel büyüklük, yüksek derecede teknik karmaşık roller, prosedürü bilinmeyen roller
			Çevresel Karmaşıklık	-	Fiziksel, sosyal, yasal ve ekonomik unsurları kapsar. Pazar şartlarının anlaşılması, yasal çevrenin anlaşılması; inşaat sektörüne özel kısıtlı çevre, tahihi çevre, halka açık çevre, kirli alan
			Planlama ve Yönetim Karmaşıklığı	-	Elementlerin sayısının fazlalığı, süreçler arası yüksek derecede bağımlılık, proje koordinasyonu, organizasyonel yapı, ciddi sayıda kritik aktiviteye sahip olmak, zamansal anlamda uzun ölçekli projeler, işlerin sıralarının rijitliği-katılığı, fazların üst üste binme derecesi, kuşaklar, aktarım, kullanım ve geribildirim alanlarındaki zayıf bilgi
			Belirsizlik	-	Kaynakların sürekli değişmesi ve bu değişimin belli bir düzende gerçekleşmemesi, iklim ve hava koşulları, çalışanların deneyimsizliği; inşaat sektörü özelinde zemin, zayıf inşa edilebilirlik değerlendirmesi, çizimlerin olmaması, tasarım ve inşa süreçlerinin çakışmasından doğan belirsizlikler
15	2016a	Dao ve diğ.	Paydaşların Yönetimi	Projenin stratejik önemi	Karlılık, büyüme, sektördeki pozisyon, bilinirlik
				Paydaşlar için projenin önemi	Dışsal paydaşların onay ihtiyaçları, teftiş gereklilikleri
			Yasal	İzin ve mevzuat gereklilikleri	Gerekli izin sayısı, izin almanın zorluğu, tasarım onayı almanın zorluğu
				Yasal	Yasalar

Çizelge A.1 (devam): Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklık Modelleri Tablosu

Kaynak		Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Tanım / Örnek	
16	2017	Yapısal Karmaşıklık	Yapısal Boyut	Dahil olan kişilerin sayısı, finansal ölçek, iç ve dış bağımlılıkların sayısı, gerçekleştirilen işlerin çeşitliliği, hız (tempo, proje ilerleme hızı), kapsam genişliği, dahil olan disiplinlerin sayısı, lokasyonların sayısı ve zaman dilimleri	
			Hız Boyutu		
		Sosyo-Politik Karmaşıklık	-	Dahil olan insanların görüş vb. çeşitliliği, yapılacak işe karşı direnç, proje hedefleri ile ilgili ortak anlayışın olmaması, stratejik hedeflerle projenin uyumsuzluğu, gizlenmiş ajandalar ve paydaşların önceliklerinin çatışması	
		Aniden Beliren Karmaşıklık	Dinamik Boyut	Projenin yeniliği, teknolojik ve ticari olgunluk, vizyon ve hedeflerin açık olmaması, başarı kriterlerinin açık olmaması, geçmiş deneyimin olmaması, bilginin açıkça paylaşılması, projeye dayatılan herhangi bir değişiklik	
Belirsizlik Boyutu					
17	2017	Dao ve diğ.	Tasarım ve Teknoloji	-	Tasarımın etkinliği, kullanılan teknolojiler
			Lokasyon	-	Lokasyonların sayısı, iklim, lojistik
			Proje Kaynakları	-	Takımın deneyimi, kaynakların elde edilebilirliği, üretkenlik
			Mali Planlamalar	-	Ticari sorumluluklar, bütçe planları, finansman
			Yönetişim	-	Ortak girişimler, kontrol düzeyi, sahiplik, ortaklık
			Yasalar	-	Regülasyonlar, düzenlemeler, izinler
			Paydaşların Yönetimi	-	Hedeflerin netleştirilmesi, paydaşların uyum seviyesi
			Arayüzler	-	Projedeki ara yüzler, etkileşim alanları, katılımcı, tedarikçi, yüklenici sayıları
			Kapsam Tanımı	-	Kapsamın netleştirilmesi, çevresel dinamikler karşısında değişim yönetimi
			Kalite Yönetimi	-	Tedarikçi kalitesi, sözleşme kalitesi
			Uygulama Hedefleri	-	Maliyet hedefleri, çizelgeler, çizelge hedefleri, projenin stratejik önemi

Çizelge A.1 (devam): Literatürde Yer Alan Proje Karmaşıklığı Modelleri Tablosu

Kaynak			Karmaşıklık Boyutları	Alt Boyutlar	Tanım / Örnek
18	2017	Zhu ve Mostafavi	Detay Karmaşıklık	-	Değişkenlerin çok sayıda olmasından kaynaklan, proje sistemi ile alakalı, proje kapsamı, hedefleri ve karakteristikleri Zamanla değişmez
			Dinamiklik	İçsel	Bileşenler arasındaki ilişkilerden kaynaklanan; insan davranışları, malzeme akışları, ihtiyaçlardaki değişiklikler vb. Zamanla değişir
				Dışsal	Bileşenler arasındaki ilişkilerden kaynaklanan; insan davranışları, malzeme akışları, ihtiyaçlardaki değişiklikler vb. Zamanla değişir



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Ezgi GÜRELER GÖNEN
Doğum Tarihi ve Yeri : 02.02.1991 / İstanbul
E-posta : ezgi_gureler@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lise** : 2009, Çapa Anadolu Öğretmen Lisesi
- **Lisans** : 2014, İstanbul Teknik Üniversitesi / İşletme Fakültesi
/ Endüstri Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- 2014'te Garanti Teknoloji'de başladığı İş Analisti pozisyonunda çalışmaktadır.