

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ETMEN TABANLI BİR ANLAMSAL SÜREÇ
ÇALIŞMA ORTAMININ GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Hüseyin KIR

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Programı

OCAK 2021

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ETMEN TABANLI BİR ANLAMSAL SÜREÇ
ÇALIŞMA ORTAMININ GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

**Hüseyin KIR
(504092504)**

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nadia ERDOĞAN

OCAK 2021

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 504092504 numaralı Doktora Öğrencisi Hüseyin KIR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ETMEN TABANLI BİR ANLAMSAL SÜREÇ ÇALIŞMA ORTAMININ GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Nadia ERDOĞAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Banu DİRİ**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Feza BUZLUCA
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Yunus Emre SELÇUK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe TOSUN KÜHN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 3 Aralık 2020
Savunma Tarihi : 22 Ocak 2021



ÖNSÖZ

Doktora eğitimim süresince bana yardımcı olan, desteğini esirgemeyen, bilgi birikimi ve tecrübesi ile her konuda yol gösteren ve yönlendirici olan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Nadia ERDOĞAN'a içten teşekkür ederim.

Tez çalışmamın başından sonuna kadar olan süreçte, verdikleri katkılar ve değerli fikirleri için, tez izleme komitesinde bulunan Doç. Dr. Feza BUZLUCA ve Dr. Öğr. Üyesi Yunus Emre SELÇUK'a teşekkür ederim.

Doktora süresince her zaman yanımda olan ve her konuda yardım ederek olduğum yerden daha ileri gidebilmemi sağlayan aileme teşekkür ederim.

Ocak 2021

Hüseyin KIR
(Bilgisayar Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR.....	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Problem Tanımı ve Motivasyon.....	1
1.2 Çözüm Yöntemi ve Hipotezler	3
1.3 Tezin Katkıları	4
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	7
2.1 Temel Kavramlar	7
2.1.1 İş süreci yönetimi	7
2.1.2 İş süreci yönetim sistemi	8
2.1.3 Çoklu etmen sistemleri ve süreç yönetimi.....	11
2.2 Bilgi Yoğun Süreç Yönetimi Gereksinimleri	13
2.2.1 Veri gereksinimleri	13
2.2.2 Bilgi davranışları gereksinimleri	14
2.2.3 Kural ve kısıt gereksinimleri	14
2.2.4 Hedef gereksinimleri	14
2.2.5 Süreç gereksinimleri	15
2.2.6 Bilgi çalışanları gereksinimleri.....	16
2.2.7 Ortam gereksinimleri.....	17
2.3 Çevik Süreç Yönetimi Yaklaşımları	17
2.3.1 ADEPT	17
2.3.2 SmartPM.....	19
2.3.3 Planlets	21
2.3.4 Go4Flex	21
2.3.5 Mevcut yöntemlerin karşılaştırması	23
3. BİLGİ YOĞUN SÜREÇ MODELLEME METODOLOJİSİ	25
3.1 İsterlerin Tanımlanması	28
3.1.1 Stratejik ilişkiler modeli	29
3.2 Analiz	31
3.2.1 Hedef modeli	31
3.2.2 Kullanım durumları	33

3.2.3 Alan modeli	34
3.3 Mimari Tasarım	35
3.3.1 Etkileşim modeli.....	37
3.3.2 Kural modeli.....	38
3.4 Detaylı Tasarım.....	40
3.4.1 Süreç modeli.....	42
3.5 Kurulum.....	44
3.5.1 Etmen modeli.....	45
4. ETMEN TABANLI SÜREÇ İŞLETİM ORTAMI.....	47
4.1 Süreç Keşfi.....	48
4.1.1 Hedef eşleşmesi	49
4.1.2 Anlamsal eşleşme	49
4.1.3 Yapısal eşleşme.....	50
4.1.4 Sözdizimsel eşleşme.....	50
4.1.5 Süreç keşif başarımları sınaama veri kümesi	52
4.1.6 Süreç keşif başarımlarının sınaanması	55
4.1.7 Süreç keşif başarımları sınaama sonuçlarının değerdendirilmesi.....	58
4.2 Süreç Seçimi.....	60
4.2.1 İlgili süreç kalite çalışmaları	61
4.2.1.1 Modelleme kılavuzu (GOM)	61
4.2.1.2 7PMG.....	62
4.2.1.3 QoBP çerçevesi.....	63
4.2.1.4 PQMM	64
4.2.1.5 QEF.....	65
4.2.2 Önerilen süreç seçim yöntemi	66
4.3 Süreç Örnekleme ve İşletimi	73
4.3.1 WADE iş akış modeli	77
4.3.2 İSYO modellerinin WADE iş akış modellerine dönüşümü	79
4.3.2.1 Süreç ve alt süreç dönüşümü	80
4.3.2.2 Görev dönüşümü.....	80
4.3.2.3 Akış dönüşümü	81
4.3.2.4 Dallanma ve tümleşim dönüşümü	82
4.3.2.5 Döngü yapılarının dönüşümü	83
4.3.2.6 Hedef görevlerin dönüşümü.....	85
4.3.2.7 Anlamsal verinin dönüşümü	86
5. UYGULAMA SENARYOLARI.....	87
5.1 Bilgi Güdümlü Davranışlar	88
5.2 Öngörüleemeyen Hataları Kotarma.....	89
5.3 Kural Benimseme ve Uyum Sağlama.....	90
5.4 Esnek Süreç İşletimi	91
6. BAŞARIMIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	95
6.1 Uyarılama Yeteneklerinin Değerdendirilmesi	95
6.2 BYS Gereksinimleri Doğrultusunda Değerdendirilmesi.....	99
6.3 Önerilen Hipotezlerin Değerdendirilmesi	101
7. SONUÇLAR.....	105

KAYNAKLAR.....	109
EKLER	121
EK A: Terimlerin İngilizce Karşılıkları.....	123
ÖZGEÇMİŞ	125



KISALTMALAR

AAKD	: Anlamsal Ağ Kural Dili (SWRL)
ACL	: Agent Communications Language
AİSY	: Anlamsal İş Süreci Yönetimi
AAP	: Anlaşma Ağı Protokolü (Contract Net Protocol)
AOD	: Ağ Ontoloji Dili (OWL)
AOD-S	: Ağ Ontoloji Dili Servis Uzantısı (OWL-S)
ASTD	: Ağ Servisi Tanımlama Dili (WSDL)
BYS	: Bilgi Yoğun Süreç
DS	: Dizin Servisi (Directory Facilitator)
EAİSY	: Etmen Tabanlı Anlamsal İş Süreci Yönetimi
ESOA	: En Son Ortak Ata
ETYM	: Etmen Tabanlı Yazılım Mühendisliği
EYS	: Etmen Yönetim Sistemi
İAN	: İnanç-Arzu-Niyet (Belief-Desire-Intention)
İİKK	: İdeal İndirimli Kümülatif Kazanç
İSID	: İş Süreci İşletim Dili (BPEL)
İSMS	: İş Süreçleri Modelleme Simgelemi (BPMN)
İSY	: İş Süreci Yönetimi (BPM)
İSYO	: İş Süreci Yönetimi Ontolojisi (BPMO)
İSYS	: İş Süreci Yönetim Sistemi
KPI	: Key Performance Indicator
nİKK	: Normalize Edilmiş İndirimli Kümülatif Kazanç
OSCS	: Ortalama Sorgu Cevap Süresi
QoS	: Quality of Service
TZS	: Tedarik Zinciri Sorumlusu
UML	: Unified Modeling Language
XPDL	: XML Process Definition Language
YAWL	: Yet Another Workflow Language



SEMBOLLER

σ_r	: Kural.
π_r	: İnanış.
Eff	: Etki, Son Koşul.
G	: Hedef.
G_s	: Yumuşak hedef.
I	: Girdi dizisi.
id	: Tanımlayıcı.
O	: Çıktı dizisi.
Obl	: Yükümlülük.
P	: Süreç.
Phb	: Yasak.
Pre	: Ön Koşul.
Prm	: İzin.
R	: Rol.



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Çevik süreç yönetim sistemlerinin karşılaştırması [1].	23
Çizelge 3.1: Önde gelen ETYM metodolojileri.....	26
Çizelge 3.2: Sipariş teslimi kullanım durumu.	34
Çizelge 4.1: Alan modeli Word2Vec örnek kelime uzayı.....	52
Çizelge 4.2: Kitap satış servisi profili.....	54
Çizelge 4.3: Kitap satış süreci tanımı.	56
Çizelge 4.4: Keşif ve sıralama başarımı.	57
Çizelge 4.5: QOBP kalite boyutları.....	64
Çizelge 4.6: PQMM süreç kalite ölçütleri.....	65
Çizelge 4.7: QEF süreç kalite ölçütleri.....	66
Çizelge 4.8: Süreç seçimi kurumsal karnesi.....	67
Çizelge 4.9: Temel süreç karmaşıklık ölçütleri.	70
Çizelge 4.10 İş akış modelleme elemanlarının karşılaştırılması.	79
Çizelge 6.1: Farklı işletim ortamı ve hata oranları için başarılı süreç işletim oranları.	98
Çizelge 6.2: Tezin diğer İSY sistemleri ile karşılaştırılması.	100
Çizelge A.1 Terimler ve İngilizce karşılıkları.	123



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Süreç yönetim karmaşıklığı.....	9
Şekil 2.2 : Kurumsal İSYS karşılaştırması [2].....	10
Şekil 2.3 : ADEPT süreç uyarlama yöntemi.....	19
Şekil 2.4 : SmartPM örnek problem uzayı.....	20
Şekil 2.5 : SmartPM örnek iş akışı.....	20
Şekil 2.6 : Örnek hedefe yönelik süreç modelleme simgelemi [3].....	22
Şekil 3.1 : Etmen tabanlı yazılım mühendisliği [4].	26
Şekil 3.2 : Etmen tabanlı anlamsal süreç yönetimi aşamaları.....	27
Şekil 3.3 : Ürün satışı stratejik ilişkiler modeli.....	30
Şekil 3.4 : Organizasyon ve iş fonksiyonları ontolojisi üst modeli.	30
Şekil 3.5 : Süreç yönetimi analiz aşaması.....	31
Şekil 3.6 : Tedarik zinciri sorumlusu hedef modeli.	32
Şekil 3.7 : Kurumsal strateji ontolojisi üst modeli.....	33
Şekil 3.8 : Satış süreci alan modeli.	35
Şekil 3.9 : Süreç yönetimi mimari tasarım aşaması.....	36
Şekil 3.10 : Sipariş teslimi senaryosu etkileşim modeli.	37
Şekil 3.11 : Kurumsal kural ve kısıtlar ontoloji üst modeli.	40
Şekil 3.12 : Süreç yönetimi detaylı tasarım aşaması.....	41
Şekil 3.13 : Tedarik zinciri sorumlusu rolü, sipariş teslim süreci.....	42
Şekil 3.14 : Sipariş teslim süreci üstverisi.	43
Şekil 3.15 : İSYO üst modeli.	43
Şekil 3.16 : Süreç yönetimi kurulum aşaması.....	44
Şekil 3.17 : Etmen modeli.....	45
Şekil 3.18 : WADE etmen yapılandırması.	46
Şekil 4.1 : AOD-S'den İSYO biçimine süreç dönüşümü.	55
Şekil 4.2 : Mikro-ortalama anma/duyarlılık süreç keşif başarıımı.....	57
Şekil 4.3 : Finans ontolojisi sıradüzeni.	59
Şekil 4.4 : Modelleme kılavuzu ilkeleri.	61
Şekil 4.5 : Hedef güdümlü süreç önerme algoritması.....	72
Şekil 4.6 : Bilgi yoğun süreç yönetim sistemi üst seviye mimarisi.	73
Şekil 4.7 : İSYO süreç modeli.	80
Şekil 4.8 : WADE süreç modeli.	81
Şekil 4.9 : İSYO görev modeli.....	81
Şekil 4.10 : WADE görev modeli.....	81
Şekil 4.11 : İSYO akış modeli.	82
Şekil 4.12 : WADE akış modeli.	82
Şekil 4.13 : İSYO dallanma ve tümleşim modeli.....	83

Şekil 4.14	: İSYO dallanma ve tümleşim örneği.	84
Şekil 4.15	: İSYO döngü yapıları.....	84
Şekil 4.16	: Akış koşulları ile döngülerin WADE’de temsili.	84
Şekil 4.17	: İSYO hedef görevi nitelikleri.	85
Şekil 4.18	: WADE hedef gerçekleştirimi.....	85
Şekil 4.19	: Model dönüşüm eklentisi görseli.....	86
Şekil 5.1	: Anlaşma ağı protokolü.....	93
Şekil 6.1	: Farklı ortamlar ve hata oranları için sistem başarımlar simülasyonu. ...	97



ETMEN TABANLI BİR ANLAMSAL SÜREÇ ÇALIŞMA ORTAMININ GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Kurumsal bilişim sistemleri alanı, uzun bir süre boyunca, kurumsal veriyi merkeze alan ve onun yönetimine odaklanan veri odaklı bilişim sistemleri tarafından hükmedilmiştir. Fakat zamanla bilginin de diğer üretim enstrümanları gibi kurumların hedeflerine ulaşmak için tükettikleri ve ürettikleri ara ürünler olduğu, asıl odaklanılması gereken bakış açısının üretimi sağlayan işlevler olduğu algısı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu yaklaşım ile, kurumsal veri/bilgi önemini korurken, merkeze iş süreçleri alınarak iş süreci yönetim sistemleri (İSYS) ortaya çıkmıştır. İSYS'ler kurumsal işleyişi temsil eden süreç modellerini girdi olarak alan ve katılımcıların eş güdümlü bir şekilde çalışmasını sağlayarak üretim süreçlerinin etkinliğini ve üretkenliğini arttırmayı hedefleyen genel yazılım sistemleridir. Bu sistemler zamanla gelişerek tüm süreç yaşam döngüsünü (tasarım, işletim, izleme, analiz ve iyileştirme) destekleyecek işlevselliklere erişmiştir.

Geleneksel olarak İSYS'ler yönetmelikler ile detaylı bir şekilde tanımlanmış, öngörülebilir ve tekrarlanabilir süreçlerin modellenmesine ve işletilmesine odaklanmıştır. Bu süreçlerdeki olası tüm iş akışları tamamen bilinmektedir ve süreç katılımcılarının verebileceği kararlar önceden öngörülmektedir. Halihazırda, bu tür süreçler kurumsal süreçlerin büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Ne var ki, kurumların %16'sı önceden öngörülemeyen olaylardan dolayı iş süreçlerini anlık olarak değiştirmek zorunda kaldıklarını, %10'u ise bazı süreçlerinin günlük olarak değiştiğini belirtmektedir. Aslen bu süreçler, mevcut İSYS'lerin yönetmekte yetersiz kaldığı, bilgi yoğun ve sanatsal süreçlerdir. Bilgi yoğun süreçler (BYS), yürütülmesi ve yönetilmesi çeşitli bilgi güdümlü karar verme görevlerini yerine getiren bilgi çalışanlarına bağlı olan süreçlerdir. Bu süreçler genelde üst seviyede bir iş akışına sahiptirler ama bu akışın detayları, dolaylı bir şekilde, sadece iş uzmanı tarafından bilinmektedir. Bu süreçler, formal bir süreç modeli ile ifade edilememekle beraber çoğu zaman yazılı bile değildir.

Bilgi yoğun süreçlere örnek olarak enerji uzmanının bir hidroelektrik santrali projesini değerlendirme süreci verilebilir. İş uzmanı, sunulan yapılabirlik çalışmasının değerlendirilmesi, kamulaştırmaların gerekliliği ve uygunluğu, beklenen üretim projeksiyonlarının gerçekçiliği ve talep ile tutarlılığı gibi bir çok tecrübeye dayalı incelemeyi, duruma göre diğer iş uzmanlarına da (hukuk, planlama vb.) danışarak, süreci ilerletmektedir. Sürecin akışı tamamen anlık ihtiyaçlar doğrultusunda, iş uzmanının tecrübesi ile ortaya çıkmaktadır ve her değerlendirme süreci farklı bir akışa sahip olabilmektedir.

Süreç yönetimi araştırma alanı, gelecekte sanal organizasyonların kurulacağı, dünyanın farklı yerlerindeki birbirini tanımayan insanların aynı sürece dahil olarak işbirliği içerisinde üretim yapabilecekleri bir geleceği hayal etmektedir. Yaşamakta

olduğumuz Covid-19 pandemi süreci de bu eğilimi hızlandırarak, uzaktan birlikte çalışmayı bir zorunluluk haline getirmiştir. Bunun sonucunda, mevcut altyapıların desteklemediği, zorlu bilgi yoğun senaryolarda da süreç odaklı yaklaşımların uygulanması bir zorunluluk olmuştur.

Günümüz İSY sistemlerinin bilgi odaklı süreç yönetimi hedefini hayata geçirebilmek için işbirliği, uyarlanabilirlik ve bağlam farkındalık gibi kavramların üzerine yoğunlaşması gerekmektedir. Bunun için, mevcut İSYS'lerin, bir dizi yeni gereksinimi desteklemeye başlaması gerekmektedir. Genel olarak bu gereksinimler: tüm kurumsal ortam, veri ve kuralların modellendiği bir kurumsal bilgi tabanının geliştirilmesi ve bu bilgi modeli üzerinde bilgi ile tetiklenen, kurallar ile şekillenen, organizasyon hedeflerine hizmet eden, dinamik işbirliklerinin yapılabildiği bir çalışma ortamının oluşturulması şeklinde özetlenebilir. Bu yöndeki araştırmalar ise hala, büyük oranda, akademik seviyededir ve sadece akıllı hata kotarma problemlerine odaklanmış durumdadır. Ayrıca, bu çalışmaların kurumsal standartlardan uzak oluşları ve uygulanabilirliklerindeki zorluklardan dolayı endüstriyel kullanımı yaygınlaşmamıştır.

Tez çalışması kapsamında geliştirilen yöntem yüksek değişkenliğe sahip bilgi yoğun iş süreçlerinin yönetimi için üç hipotezi temel almaktadır. İlk olarak, süreç tasarımı sadece görev ve kontrol akışlarının modellenmesi ile sınırlı değildir, süreç uzayını oluşturan veri, kural, hedef, iş ortamı ve iş akış perspektiflerinin bütüncül bir şekilde ele alınması gerekmektedir. İkinci olarak, kapsüllemeyi ve bileşenleştirmeyi sağlamak için, süreç işletimleri, kurumsal bilgiyi güncelleyen görev akışları ile değil, her biri kendi hedefleri, inanışları, kararları ve yaşam döngüsü olan etkileşimli özerk varlıklar (akıllı yazılım etmenleri) üzerinden yönetilmelidir. İSY sistemlerinin nihai hedefi, iş akışlarının eş güdümünü sağlamaktan, iş uzmanlarının karar verme süreçlerine yardımcı olmaya doğru evrilmektedir. Bu doğrultuda, üçüncü hipotez olarak, bilgi çalışanlarının uzmanlıklarının en azından bir kısmı dijitalleştirilmeli ve özerk yazılım vekilleri tarafından yerine getirilmelidir.

Bu amaçla, iki aşamalı bir yaklaşımla, tüm İSY yaşam döngüsünü destekleyen bir çözüm önerilmiştir. İlk olarak, iş süreçleri, kurumsal bilgi yönetimi ve çoklu etmen sistemleri modelleme paradigmalarını ve tasarım bileşenlerini kusursuz bir biçimde tümleştiren ve bir arada modellenmelerine olanak tanıyan, tümleşik bir modelleme metodolojisi geliştirilmiştir. Arttırımlı bir şekilde geliştirilen modeller organizasyon, iş ortamı, kurumsal stratejiler, işlevsellikler ve kısıtları anlamsal bir şekilde tanımlamakta ve kurumsal bilgi modelini oluşturmaktadır. Bu modellerin tasarımında, endüstride ve etmen tabanlı yazılım mühendisliğinde kullanılan standartlar ve en iyi uygulamalar, mümkün olduğunca yeniden kullanılarak, gerçek hayat problemlerinde kolay bir şekilde uygulanabilir olması hedeflenmiştir.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında, etmenlerin çalışma zamanında özerk bir şekilde hedefe yönelik ve bilgi odaklı davranış uyarlamaları yapmasına olanak tanıyan bir çoklu etmen tabanlı süreç işletim ortamı geliştirilmiştir. Geliştirilen bilgi modelini kullanan etmenler bilişsel yetenekler (hedef güdümlü planlama, kural uyumluluk, bilgi güdümlü davranışlar ve dinamik işbirlikleri gibi) sergileyerek, bilgi çalışanlarının karar verme süreçlerini desteklemeye çalışmaktadır. Bu amaçla, iş uzmanlarının karar verme yöntemlerinden esinlenerek geliştirilen buluşsal planlama yaklaşımı ile sergilenecek eylemlere çalışma zamanında, yeni bilgiler ortaya çıktıkça adım adım karar verilmekte ve hedefler ile gerçekler arasındaki boşluk kapatılmaya

alışılmaktadır. İş uzmanlarının hedefe yönelik davranış seçimi, süreç kalitesinin değerlendirilmesi, kurallara uygunluğun kontrolü, hata yönetimi ve dinamik müzakere ve işbirliği yetenekleri dijitalleştirilerek, etmenler tarafından yerine getirilebilir hale getirilmiştir. Bu sayede çalışma zamanında süreçlerin dinamik bir şekilde uyarlanabilmesi ve anlık etkileşimler ile yeniden şkillenerek organizasyon hedeflerine ulaşabilmesi sağlanmıştır.

Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ile, süreç işletimi için yeterli kaynaklara sahip bir ortamda, tez kapsamında geliştirilen çerçevenin rastgele oluşturulan çalışma zamanı hatalarını başarılı bir şekilde kotarabildiğini ortaya koymuştur. Literatürdeki mevcut çalışmalar ile karşılaştırıldığında, geliştirilen sistemin, bilgi yoğun süreç yönetim sistemlerinin temel gereksinimlerinin büyük bir çoğunluğunu sağlayan, literatürdeki en kapsamlı çözüm olduğu ortaya konmuştur.





DEVELOPMENT OF AN AGENT-BASED SEMANTIC BUSINESS PROCESS MANAGEMENT FRAMEWORK

SUMMARY

For a long time, the enterprise information systems domain was dominated by data-oriented approaches that use information modeling as a starting point. However, over time it has become clear that business functions producing the business value are equally important and need to be supported in a systematic manner. Accordingly, through the mid-nineties, business process management systems (BPMSs) that focus on business workflows become very popular. The business process management system is generic software systems that are driven by explicit process representations, namely process models, to maintain coordination of the process participants, aiming at increasing the efficiency and productivity in their execution. These systems have evolved over time and have reached functionalities to support the entire process life cycle (design, execution, monitoring, analysis, and improvement).

Traditionally, BPMSs have focused on the support of predictable and repetitive business processes, that can be fully pre-specified in terms of detailed business regulations and legislations. All possible execution paths through those processes are well-known and decisions that business partners can make are pre-determined. Currently, such structured processes constitute the majority of business processes. However, 16% of companies said that they need to alter processes ad hoc and 10% said that their processes changed weekly due to some triggering events and unpredicted exceptions. In essence, these processes are knowledge-intensive and artful processes that current BPMSs are lack to manage. Knowledge-intensive Processes (KiPs) are business functions whose conduct and execution are heavily dependent on knowledge workers performing various interconnected knowledge-intensive decision-making tasks. These processes generally have a process flow at the abstract level, but the details of and course of actions are only implicitly known by the knowledge workers. As a result, the tasks and flow of KiPs are not clear from the very beginning, cannot be precisely predefined, and may evolve as the process progresses and as a result of participants' interaction and external events.

An example of knowledge-intensive processes is the process of an energy expert to evaluate a hydroelectric power plant project plan. The business expert's assessment of the project feasibility proceeds through many experience-oriented evaluations (such as the necessity and appropriateness of expropriation, the accuracy of production projections and their consistency with future demands) and further expert (lawyer, planning expert, etc.) consultations. The progress of the process and the real course of actions are determined by the experience and immediate needs of the business expert. Accordingly, each process instance may have a different task flow.

The business process management research envisions a future of virtual organizations, where people who do not know each other from all over the world will participate in the

same process, cooperate, and produce. The Covid-19 epidemic we are experiencing has accelerated this trend, making it a necessity to work together remotely. As a result, it has become an urgency to apply process-oriented solutions in challenging knowledge-intensive scenarios.

Today's BPM systems need new methods for thinking about knowledge-intensive processes in ways that build on the concepts of collaboration, adaptiveness, and context awareness. For this purpose, current BPMSs need to start supporting a new set of requirements. In general, these requirements can be summarized as the construction of an enterprise data fabric that semantically captures the business environment, process space, organizational knowledge and regulations, and provides knowledge-based, rule-controlled, goal-driven, and collaborative processes on top of this cognitive structure. In the literature, there already exists a set of research that aims adaptive knowledge-intensive processes through implementing business logic with specialized agent programming languages and applying classical planning techniques on top. However, their adoption by the industry is very limited due to their lack of support for industrial standards and adversities in their implementation.

The solution introduced in this thesis study for the management of knowledge-intensive business processes with high variability relies on three hypotheses. The first hypothesis is, process design is not limited to the modeling of task and control-flows, but rather data, rule, goal, environment, and process perspectives should be captured in a holistic way. Second, to maintain encapsulation and componentization, process executions should not be managed in terms of task-flows altering the enterprise information space, but rather in terms of interacting entities, each with its own goals, knowledge, decisions and life-cycle. The ultimate goal of BPM systems shifts from maintaining process automation to assisting business expert's decision making. Accordingly, as the third hypothesis, at least some fragments of the knowledge worker's expertise can be formalized and supported by autonomous proxies.

For this purpose, the thesis study proposes an end-to-end agile BPM solution in two stages. First, we propose a knowledge-intensive business process modeling methodology, which captures the enterprise and business process space in accordance with the existing agent-oriented software engineering (AOSE) paradigms. Incrementally developed reference models semantically describe the organization, environment, business strategies, functions, constraints, and constitute the initial knowledge of the Belief-Desire-Intention (BDI) agents. Our proposed methodology reuses and enhances model definitions from existing BPM and AOSE methodologies to take advantage of their strengths and increase its industrial applicability wherever possible.

At the later stage of the thesis study, an agent-based process execution environment that enables agents to make autonomous intent-steered and knowledge-driven behavior adaptations at runtime are developed. The proposed agent-based process execution environment provides cognitive capabilities (such as goal-driven planning, norm compliance, knowledge-driven actions, and dynamic cooperation) on top of the developed business models to support knowledge workers' multi-criteria decision-making tasks. For this purpose, inspired by the decision-making systematic of business experts, the proposed heuristic planning approach aims to reduce the gap between the idealized model of process and physical reality by gradually determining

the course of actions as more information becomes available during execution. Through this infrastructure, process QoS estimation, agent capabilities evaluation, norm compliance checks, exception handling, and knowledge-driven autonomous actions are provided that drive the runtime agility. Correspondingly, the system utilizes BDI agents as virtual assistants that pursue business goals, perceive physical and virtual stimuli in the environment, recognize the business context, reason about how they should and should not behave, and support knowledge workers to achieve their goals dynamically.

Superior to existing methods, this study successfully captures the social aspects of the business through incorporating actors' mental states (such as goals, intentions, obligations, prohibitions, beliefs, etc.) to multi-criteria decision-making processes. The empirical study reveals that, in an environment with sufficient resources, the developed infrastructure can successfully handle randomly generated runtime disruptions. Compared with the existing studies in the literature, the proposed framework has been the most comprehensive solution, providing most of the key requirements of a knowledge-intensive process management system.



1. GİRİŞ

Günümüze kadar gerçekleşen üç endüstriyel devrimin hepsi teknik yenilikler sonucunda tetiklenmiştir: 18. yüzyılın sonunda su ve buhar gücünün kullanılması ile mekanik üretimin başlaması, 20. yüzyılın başında elektrik gücünün kullanılması ile seri üretimin başlaması ve 1970'lerde programlanabilir mantık denetleyicilerinin keşfi ile başlayan dijitalleşme ve üretim süreçlerinin otomatikleştirilmesi. Uzmanlara göre, internet tarafından tetiklenen dördüncü sanayi devrimi artık "geleceğin trendi" olmaktan çıkmış, halihazırda birçok şirketin stratejik ve araştırma planlarının merkezinde yer almaya başlamıştır [4]. Endüstri 4.0 dalgası, mevcut pazarları dönüştürmeye, yeni iş modelleri üretmeye, endüstriler arasındaki sınırları bulanıklaştırmaya ve çok şirketli sanal iş ağlarını ve ekosistemleri etkinleştirmeye başlamıştır. Bu yeni ortamda işletmelerin karmaşıklığı katlanarak büyürken, mevcut kurumsal sistemler bu yeni iş ortamının gerektirdiği çevikliği ve dinamizmi karşılamakta yetersiz kalmaktadır [4]. Şirketlerin altyapılarını dönüştürmek ve rekabet güçlerini korumak için gelişmiş otomasyon, bulut bilişim, bilgisayar destekli süreçler ve akıllı algoritmaları bir araya getirmesi gerekmektedir [5].

1.1 Problem Tanımı ve Motivasyon

Bilgisayar destekli süreç yönetimi yeni nesil kurumsal dönüşümün önemli bir parçasını oluştururken, şu anda işletmelerin süreç uzayları üzerinde hala çok eksik ve gecikmeli bir kontrolü vardır. Klasik iş süreci yönetimi (İSY) sistemleri önceden tanımlanmış ve standartlaştırılmış iş akışları için yüksek başarımla çalışmasına rağmen, yönetmesi ve yürütülmesi büyük ölçüde bir uzmanın bilgi yoğun karar verme görevlerine bağlı olan iş süreçlerini modellemek ve işletmek için yetersiz kaldığı bilinmektedir [6]. İSY'nin bilgi yoğun süreçleri de kapsamı ve dijital dönüşümün kilit bir itici gücü olabilmesi için, geleneksel verimlilik ve optimizasyon taahhütlerine ek olarak, otomasyonla desteklenen çeviklik yeteneğini de sunması gerekmektedir [7]. Değişikliklere dinamik olarak tepki veren ve belirsizliklerle dolu iş ortamlarında

alışabilen karmaşık uyarlanabilir sistemleri mümkün kılmak için İSY'yi geliştiren yeni yaklaşımlara ve yöntemlere ihtiyaç vardır.

Literatürde, iş süreci yönetim sistemlerinin (İSYS) evikliğini sağlamak için onlarca yıldır çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bazı alışmalar, planlama alanındaki tekniklerin yeni iş süreçlerinin sentezlenmesi ve mevcut bağlam ile uyumsuz hale gelen n tanımlı eski süreçlerin onarılması için kullanılmasına yönelik araştırmalar yürütmektedir [8,9]. Diğer bir dizi çalışma anlamsal ağ ve iş süreci yönetimi çalışmalarını bir araya getirerek iş uzmanlarının ihtiyaçları ile anlamsal ağ servisleri arasında otomatik olarak arabuluculuk yaparak işletim zamanı esnekliği sağlamayı hedeflemektedir [10–12]. Ayrıca, uyarlanabilir süreç yönetim sistemleri oluşturmak için kurumsal hedefler ve beklenen süreç etkileri üzerinden çözüm arayan çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır [13–15].

Literatürde yer alan servis orkestrasyonu ve planlama odaklı yaklaşımlar, iş süreçlerini desteklemek için yeterince olgun kabul edilirken, bilgi yoğun kurumsal süreçlerin dinamik işbirlikleri odaklı, önceden tahminlenemeyen ve sürekli evrilen doğası ile başa çıkmakta yetersiz kalmaktadır [4]. Ayrıca, bu yaklaşımlar, planlama kararlarının kurumsal stratejilerle ilişkilendirilmesi ve organizasyon değerleri, bilgi birikimi ve kuralların temsili için işlevsellikler sunamamaktadır. Di Ciccio ve arkadaşlarının [1] da belirttiği üzere, bilgi yoğun iş süreci yönetimi yalnızca tek bir boyuta (görevler veya akışlar gibi) odaklanmamalı, birbiriyle ilişkili bir dizi unsuru (veri, eylemler, kurallar, hedefler, süreçler, bilgi çalışanları ve işletim ortamı) süreç yaşam döngüsünün tüm aşamaları boyunca modelleyebilmeli ve yönetebilmelidir.

Süreç yönetim uzmanları mevcut İSY sistemlerinin yaklaşımını her aşamada bir montaj görevinin gerçekleştiği üretim bantlarına (rn. otomotiv montaj hatları) benzetmektedir. Bu yaklaşım, sırayla rutin görevlerin yerine getirildiği çok iyi tanımlı süreçlerin işletiminde üretkenliği büyük oranda iyileştirmektedir. Fakat günümüz işletmelerinin çözmesi gereken temel problemler artık rutin görevlerden ziyade bilgi yoğun bilişsel veya nitelikli emeğe dayalı görevlerdir (rn. doktorun hastalığı teşhis ve tedavi etmesi veya bir denetleyicinin işleyişi denetlemesi). Bu süreçlerin otomatikleştirilmesi bilgi ve ilişkili kavramların süreç yönetiminin bir parçası olmadan mümkün değildir. Bu tez çalışması ile süreç yönetiminin, görev ve iş akışları odaklı

geleneksel yöntemle alternatif olarak, bilgi, strateji ve dinamik işbirlikleri tabanlı bir çevikliğe kavuşturulması hedeflenmektedir.

1.2 Çözüm Yöntemi ve Hipotezler

Tez çalışması kapsamında önerilen yöntem, yüksek değişkenliğe sahip bilgi yoğun iş süreçlerinin yönetimi için üç hipotez önermektedir.

- İlk hipotez, süreç tasarımının sadece görev ve kontrol akışlarının modellenmesi ile sınırlı olmadığı, bunun yerine veri, kural, hedef, çevre ve süreç perspektiflerinin bütüncül bir şekilde ele alınması gerektiğidir.
- İkinci olarak, kapsüllemeyi ve bileşenleştirmeyi sağlamak için, süreç işletimleri, kurumsal bilgiyi güncelleyen görev akışları ile değil, her biri kendi hedefleri, inanışları, kararları ve yaşam döngüsü olan etkileşimli özerk varlıklar üzerinden yönetilmelidir [6].
- Üçüncü hipotez olarak, İSY sistemlerinin nihai hedefi süreç otomasyonunu sağlamaktan iş uzmanlarının karar verme süreçlerine yardımcı olmaya doğru kaymaktadır [1]. Bu doğrultuda bilgi çalışanlarının uzmanlıklarının, en azından bir kısmı, dijitalleştirilebilir ve özerk yazılım vekilleri tarafından yerine getirilebilir.

Bu bağlamda, işbirlikçi bilgi tabanlı çoklu etmen sistemleri yaklaşımı, karmaşık ve dinamik iş süreçlerinin, bireysel aktörlerin hedef odaklı işbirlikleri sonucunda nasıl ortaya çıkabileceğini simüle etmek için elverişli bir yöntemdir [16]. Ayrıca, inanç-arzu-niyet (İAN) etmenleri, bilgi yoğun süreç yönetiminin gerektirdiği bilgi, hedef ve kural güdümlü karar verme işlevleri için doğal bir kapsülleme sağlamaktadır [14]. Tez çalışması kapsamında önerilen yöntem, İAN etmenlerini iş hedeflerini özerk bir şekilde takip eden, ortamdaki fiziksel ve sanal uyarıları algılayan, iş bağlamını tanıyan, nasıl davranılması ve davranılmaması gerektiğini çıkarsayabilen ve bu doğrultuda iş uzmanına yardımcı olan özerk varlıklar olarak kullanmaktadır.

Modern iş süreç yönetimi sistemlerinde, birbirinden bağımsız yürütülen süreç tasarımı ve işletimi aşamaları yavaş yavaş kaybolmakta, sürekli ve tümleşik bir tasarım, işletme, uyarılma faaliyetleri bütünü haline gelmektedir [1]. Tez kapsamında geliştirilen yaklaşım, iş süreci yönetimi, bilgi yoğun sistemler ve çoklu etmen

sistemleri modelleme paradigmalarını ve tasarım bileşenlerini kusursuz bir biçimde bir araya getiren tümleşik bir anlamsal modelleme metodolojisi sunmaktadır. Bu tümleşim, tasarım zamanı bileşenlerinin (bilgi, kurallar, hedefler, süreçler, olaylar vb.) akıllı etmenler tarafından yönlendirilen tüm süreç yürütme aşamalarında (planlama, işletme, karar verme ve uyarlama) kullanılabilmesine ve birlikte evrilmelerine olanak tanımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, iş uzmanlarının daha bilinçli ve doğru kararlar verebilmesini sağlamak için iş faaliyetlerini desteklemektir. İş uzmanları hala kurumsal süreçlerde ana sorumluluk sahibi ve yürütücüsüdür, yeni nesil İSY sistemleri iş uzmanlarının karar verme, işbirliği ve müzakere davranışlarını modelleyip ve dijitalleştirebilmelidir. Bu doğrultuda, tez çalışması, iş uzmanlarının hedefe yönelik davranış seçimi, süreç kalitesinin değerlendirilmesi, kurallara uygunluğun kontrolü, hata yönetimi ve devingen işbirliği yeteneklerini modellemeyi ve bu özellikleri etmen yetenekleri olarak sunmayı amaçlamaktadır.

1.3 Tezin Katkıları

Tez kapsamında geliştirilen çerçeve, kurumsal süreç uzayının hem bilişsel (bilgi, kurallar, hedefler vb.) hem de kontrol akışı boyutlarını artırımı bir şekilde yakalayan tümleşik bir metodoloji sağlamaktadır. Geliştirilen çoklu etmen tabanlı süreç işletim ortamı, modellenen iş süreci bilgi tabanını tüm İSY yaşam döngüsü boyunca kullanır, çıkarsama yapar ve kurumun kendisi ile birlikte dönüştürür. Mevcut yöntemlerin çoğu [8, 9, 15] iş süreçlerinin uyarlanabilirliğini sağlamak için sadece öngörülme hataların kotarılmasına odaklanırken, tez kapsamında geliştirilen yöntem problemi ayrıca dinamik işbirlikleri (kurumsal hedefler, devingen müzakereler, servis kalitesi) ve bağlam farkındalık (kural benimseme ve uyum, bilgi güdümlü davranışlar, çıkarsama) boyutlarından ele almaktadır.

Geliştirilen sistem, mevcut İSY sistemlerine kıyasla, modern İSY sistemlerinin ihtiyaç duyduğu bir dizi yeni işlevselliği yerine getirmektedir. İlk olarak bilgi, kural ve stratejilerin modellenmesi sayesinde, kurumsal bilginin evrilmesinin süreç işleyişlerini doğrudan şekillendirmesi veya yeni davranışları tetiklemesi mümkün olmuştur. İkinci olarak beklenmeyen hataların otomatik olarak algılanması ve gerekli akış uyarlamalarının yapılması sağlanmıştır. Önerilen metodoloji sayesinde

süreçler kurumsal kurallardan soyutlanarak bildirimsel (dekleratif) bir biçimde ifade edilebilmiş ve kural yönetimi yetenekleri sağlanmıştır. Son olarak, çoklu etmen sistemlerinin işbirlikçi özelliğinden faydalanarak, dinamik işbirlikleri ve amaca özel plansız süreçler mümkün kılınmıştır. Tüm bu yeni işlevsellikler Bölüm 5'te örnek senaryolar ile detaylandırılmıştır.

Geliştirilen bu yetenekler sayesinde tez kapsamında önerilen çalışma, Di Ciccio ve arkadaşları [1] tarafından belirlenen bilgi yoğun süreç yönetimi sistemlerinin temel gereksinimlerinin çoğunu sağlayarak literatürdeki en kapsamlı çözüm olmuştur.

Önerilen yöntemin mevcut İSY sistemlerine kıyasla şu faydaları sağlaması hedeflenmektedir:

- Süreç yönetimi için daha az uzman müdahalesi gerektirmesinden dolayı süreç yönetim maliyetlerinde azalma.
- Organizasyonların değişen ortam koşullarına daha hızlı tepki verilebilmesi ve süreç çıktılarının otomatik bir şekilde en uygun hale getirilebilmesi.
- Özerk akış yönetimi sayesinde beklenmeyen hatalar sebebiyle sistemin çalışmadığı sürenin azaltılması, hatta hataların oluşmadan önce engellenmesi.
- Özerk kural ve yönetmelik uyum kontrolleri sayesinde olası yaptırımlardan kaçınma.
- Dağıtık süreç işletim altyapısı sayesinde tek hata noktasının engellenmesi ve sistem güvenilirliğinin artması.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bilginin temsilini ve yönetimini temel alan bilgi odaklı yaklaşımlar kurumsal bilişim sistemleri alanına uzun bir süre hükmetmiştir. Ne var ki, son yirmi yıldır süreçlerin de kurumlar için eşit düzeyde önemli olduğu ve onların da sistemli bir şekilde yönetilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bunun sonucunda iş akış yönetimi ve süreç yönetimi gibi konular bilişim sistemlerinin gündemine girmiştir. Günümüzde pek çok kuruluş için süreçler, iş operasyonlarını belgelemenin, yönetmenin ve analiz etmenin önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu bölümde süreç yönetiminin mevcut durumu, geleneksel yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlar ve akademinin bu yetersizliklerin üstesinde gelmek için yaptığı çalışmalar detaylandırılmaktadır.

2.1 Temel Kavramlar

Bu başlık altında süreç yönetiminin temel kavramları, süreç tipleri ve mevcut endüstriyel çözümlerin hangi süreç tipleri için yeterli desteği sağladığı ve nerelerde yetersiz kaldığı tanımlanmaktadır.

2.1.1 İş süreci yönetimi

İş süreçleri, bir organizasyona ait iş faaliyetlerini organize ederek organizasyon hedeflerine ulaşmayı amaçlamaktadır. Weske [17] iş süreçlerini "Bir iş süreci, organizasyonel ve teknik bir ortamda koordinasyon içinde gerçekleştirilen bir dizi faaliyetten oluşur. Bu faaliyetler birlikte bir iş hedefini gerçekleştirir. Her iş süreci tek bir kuruluş tarafından hayata geçirilir, ancak diğer kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen iş süreçleriyle etkileşime girebilir" şeklinde tanımlamaktadır. Görüldüğü üzere, iş süreçlerinin bu tanımı herhangi bir otomasyon veya bilişim sisteminden bahsetmemektedir. Aslında, günümüzde bile, çoğu iş süreci iş uzmanlarının bireysel günlük faaliyetleri sonucunda dolaylı olarak ortaya çıkmaktadır. Bir organizasyondaki iş süreçlerinin harici bir şekilde yönetilmesiyle ilgilenen disipline iş süreci yönetimi (İSY) denmektedir.

Weske [17] iş süreci yönetimini şu şekilde tanımlamaktadır: "İş süreci yönetimi, iş süreçlerinin tasarımı, yönetimi, konfigürasyonunu, işletilmesini ve analizini desteklemek için kavramlar, yöntemler ve teknikleri içermektedir."

Geleneksel olarak, iş süreçleri manuel olarak işletilmekte, şirket personelinin bilgisi tarafından yönlendirilmekte ve organizasyonel kural ve yönetmelikler ile desteklenmektedir. İşletmeler, iş süreçlerinde yer alan faaliyetleri koordine etmek için yazılım sistemleri kullanarak otomasyonu sağlayabilir ve ek avantajlar elde edebilirler. Bu yazılım sistemlerine iş süreci yönetim sistemleri denmektedir.

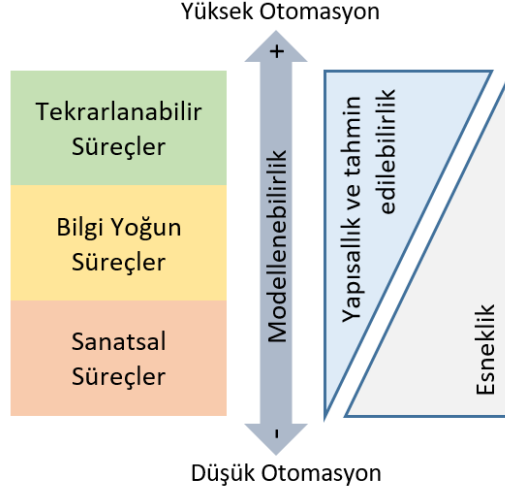
2.1.2 İş süreci yönetim sistemi

İş süreci yönetim sistemi (İSYS), makine ile işlenebilir simgeler ile temsil edilen kurumsal süreçlerin işletilmesi ve koordine edilmesinden sorumlu yazılım sistemidir. Bu makine ile işlenebilir süreç temsilleri, süreç modelleri olarak da ifade edilmektedir. Süreç modellerinin temel bileşenlerinden ilki, süreç katılımcıları (insanlar veya diğer yazılım sistemleri) tarafından gerçekleştirilecek çeşitli etkinlikleri temsil eden görevlerdir. İkincisi ise, bu görevlerin birbiri ile koordinasyonunu sağlayan döngü, ardışıl/paralel işletim gibi akış kontrol bileşenleridir. Bir görev işletilmeye hazır olduğunda, İSYS görevi yerine getirebilecek katılımcılara atar. Bir süreç modelinin tek bir işletilmesinin temsiline süreç örneği denmektedir [18].

Ne var ki kurumların sahip olduğu süreçlerin hepsi aynı karmaşıklık düzeyine sahip değildir. Mevcut süreç yönetim sistemlerinin de başarımı farklı karmaşıklık ve öngörülebilirlik düzeylerindeki süreçler için değişkenlik göstermektedir. Yapılan araştırmalara göre [19] kurumsal süreçler ortalama olarak yılda iki kez değişmektedir. Şirketlerin %10'u ise süreçlerinin günlük olarak değiştiğini belirtmektedir. Şirketlerin %16'sı öngörülemeyen olaylardan dolayı anlık olarak süreçlerini değiştirmek zorunda kaldıklarını belirtmektedir.

Süreçler yapısal özelliklerine ve tahmin edilebilirliklerine göre üç gruba ayrılabilir [1]: tekrarlanabilir süreçler, bilgi yoğun süreçler ve sanatsal süreçler (bkz. Şekil 2.1).

Tekrarlanabilir süreçler: Tekrarlanabilir süreçler çok büyük oranda işleyişi önceden bilinen ve süreç katılımcıları arasındaki etkileşimlerin tahminlenebilir olduğu rutin organizasyonel faaliyetlerdir. Üretim, sigorta ve kamu idaresi süreçleri bu süreçlere



Şekil 2.1 : Süreç yönetim karmaşıklığı.

örnek gösterilebilir. Bu süreçlerde tüm işletim seçenekleri, ihtiyaç duyulabilecek bilgiler ve verilebilecek kararlar öngörülebilirdir ve kolayca modellenenir. Bu süreçler tekrar tekrar örneklenebilir (çalıştırılabilir) ve mevcut süreç yönetim altyapıları tarafından işletilmek için uygundur.

Bu süreçler, endüstride de yaygın olarak kullanılmakta olan İSMS (BPMN) [20] ve İSİD (BPEL) [21] simgeleri ile kolayca temsil edilebilmekte ve kurumsal iş süreci yönetim sistemleri tarafından başarıyla işletilebilmektedir. Piyasada bu yeteneklere sahip çok sayıda ürün bulunmaktadır (bkz. Şekil 2.2).

Bilgi yoğun süreçler: Bilgi çalışanları, somut olmayan ürünlerin yaratılması için çalışan ve değerleri üretim sürecine dahil ettikleri bilgi olan profesyonellerdir [22]. Bilgi yoğun süreçler (BYS), yürütülmesi ve yönetilmesi çeşitli bilgi yoğun karar verme görevlerini yerine getiren bilgi çalışanlarına bağlı olan süreçlerdir [1]. BYS'ler gerçek anlamda bilgi ve veri merkezlidir, ve tasarım ve çalışma zamanında önemli ölçüde esneklik gerektirmektedir.

Bilgi yoğun süreçlerin genel akışı tasarım aşamasında tamamen öngörülemezle beraber, organizasyonel kural ve düzenlemeler bazı süreç alt parçalarının önceden tanımlanabilmesine olanak tanımaktadır. Süreçlerin önceden tanımlanamayan kısımları çalışma zamanında süreç ilerledikçe ve yeni bilgiler ortaya çıktıkça belirli olabilmektedir. Ayrıca BYS'ler süreç işletimi sırasında bilgi çalışanının kararları doğrultusunda dinamik olarak evrilebilmektedir.

Bilgi yoğun süreçleri, tekrarlanabilir süreçlerden ayıran temel nitelikler şunlardır [1]:



Şekil 2.2 : Kurumsal İSYS karşılaştırması [2].

- **Bilgi odaklı:** Bilginin varlığı ve içeriği bilgi çalışanlarının karar verme süreçlerini ve süreç akışını doğrudan etkilemektedir. Bilgi organizasyonun ve sürecin gelişimiyle sürekli evrilmektedir. Bu bilginin bir bilgi tabanında saklanması ve yönetimi gerekmektedir.
- **İşbirliği odaklı:** Sürecin oluşturulması, işletilmesi ve yönetilmesi bir çok bilgi çalışanının katılımı ile olmaktadır. İşbirlikleri önceden planlanmadan, dinamik bir şekilde, anlık gereksinimler doğrultusunda oluşabilmektedir.
- **Tahminlenemez:** Süreçlerin kesin görev, bilgi ve olay akışları bağlam ve vakaya özeldir, önceden tahminlenemez. Sürecin farklı örneklerinin akışı büyük oranda değişiklik gösterebilir.
- **Gelişen:** Gerçek eylem akışı, süreç işletimi sırasında kademeli olarak ortaya çıkar ve daha fazla bilgi mevcut oldukça adım adım belirlenir.

- *Hedef odaklı:* Süreç bir dizi hedefi güder ve bunlara ulaşılması durumunda kendisi de evrilir.
- *Olay odaklı:* Sürecin akışı, bilgi çalışanının karar verme sürecini etkileyen iç ve dış olaylardan etkilenmektedir.
- *Kısıt ve kural odaklı:* Ortamda bulunan kural ve kısıtlar süreç katılımcılarının davranış ve kararlarını etkileyerek sürecin akışın şekillendirir.
- *Tekrarlanamaz:* Süreç işletimi ortama ve kurumsal bilgiye bağımlıdır. Her süreç işletimi organizasyonu ve organizasyonun bilgisini değiştirir. Bunun sonucunda farklı süreç örnekleri farklı davranışlar sergiler.

Sanatsal süreçler: Sanatsal süreçler tamamen bilgi çalışanının kararları sonucunda şekillenen süreçlerdir [23]. Bu süreçler genelde bir iş akışı içermektedir ama bu akışın detayları sadece dolaylı bir şekilde bilgi çalışanı tarafından bilinmektedir. Bu süreçler resmi olarak ifade edilememekle beraber çoğu zaman yazılı bile değildir. Bir araştırma projesinin yönetimi bu tür süreçlere örnek gösterilebilir.

Mevcut süreç yönetim sistemleri kurumların süreçlerinin büyük bir kısmını oluşturan tekrarlanabilir süreçleri başarı ile işletebilirken, bilgi yoğun ve sanatsal süreçleri desteklememektedir. Mevcut sistemlerin bu tür süreçleri desteklemesi için bir dizi yeni işlevselliğe ihtiyaç duyarken bu problemler hala büyük oranda akademinin ilgi alanındadır.

2.1.3 Çoklu etmen sistemleri ve süreç yönetimi

Etmenler, çevresine uyum sağlayabilen ve onunla etkileşime girebilen özerk yazılımlar olarak tanımlanmaktadır [24]. Diğer bir deyişle, etmenlerin bilişim sistemlerinde faydalı olabilmesi için üç önemli özelliği sağlaması gerekmektedir [24]:

- **Özerk** - doğrudan dış müdahale olmadan hareket etme yeteneğine sahip olmalıdır.
- **İşbirlikçi** - çevre ve diğer etmenler ile iletişim kurmalı ve işbirliği yapabilmeli.
- **Uyarlanabilir** - zor kararlar vermek için tasarlanabilir ve hatta davranışlarını deneyimlerine göre değiştirebilirler. Etmenler öğrenebilir ve gelişebilir.

Uyarlanabilir süreç yönetimi, çevreyi algılama, ortamdaki olay ve uyaranlara karşı akıllı tepkiler verme ve karşılaşılan problemleri çevik işbirlikleri ile çözmek gibi karmaşık yetenekler gerektirmektedir [5]. Bu doğrultuda, çoklu etmen teknolojileri İSY teknolojilerini ileriye taşımak ve mevcut eksikliklerinin üstesinden gelmek için bir sonraki mantıksal adım olarak önerilmektedir [4, 25, 26]. Etmen teknolojilerinin iş süreç yönetimine uygulanmasına etmen tabanlı İSY denmektedir ve bu birlikteliğin şu faydaları sağlaması öngörülmektedir [4, 27, 28]:

- *Dağıtık sistem mimarisi:* Geleneksel İSY yazılımlarında tüm etkinlikleri kontrol eden tek bir merkezi süreç motoru bulunmaktadır. Her biri kendi etkinliklerini işletebilme yeteneğine sahip etmenlerden oluşan çoklu etmen sistemleri dağıtık ve özerk bir işletim altyapısı sunmaktadır.
- *Otomasyon:* Etmenler özerk doğaları sayesinde algıladıkları olaylara veya ortamda meydana gelen daha karmaşık değişikliklere karşı iş akışları başlatabilirler. Ayrıca etmenler insanların vekili gibi çalışarak, bazı durumlarda insanların yerine otomatik tepkiler verebilir.
- *Etkileşim:* Etmenler birbirleri ile anlamsal mesajlar aracılığıyla iletişim kurabilmektedir. Ayrıca bir grup etmen bir organizasyon gibi davranarak diğer organizasyonlar ile de etkileşim kurabilmektedir. Bu bütüncül (holistik) yaklaşım bireyler ve kurumlar arasındaki iletişimi sadeleştirmektedir.
- *Kaynak yönetimi:* Etmenler insanları olduğu kadar sistemdeki kaynakları (hammadde, üretim cihazları vb.) da temsil edebilmektedir. Bu sayede bu kaynakların kullanımı ve paylaşımı etmenlerin uzlaşmaları ile yapılabilmektedir.
- *Tepkisellik ve ön etkinlik:* Etmenlerin değişen koşullara tepki verme ve alternatif çözüm yolları üretme yetenekleri vardır. Ayrıca etmenler gelecekte oluşabilecek bir durumu öngörerek ön etkin davranışlar da sergileyebilmektedir. Kısacası etmenlerin kontrolü ele alma ve sonuca özerk bir şekilde ulaşma yetenekleri bulunmaktadır.
- *Türdeş olmayan sistemlerin birlikte işlerliği:* Etmenler birden çok rolü aynı anda oynayabilmektedir ve doğaları gereği çokunsurludurlar. Örneğin bir borsa etmeni hem alıcı hem de satıcı rollerini oynayabilmektedir, ve her rolünün kendi

davranışları, kuralları ve bilgisi bulunmaktadır. Bu rol tabanlı soyutlama, türdeş olmayan sistemlerin iletişimini kolaylaştırmaktadır.

- *Akıllı işletim:* Etmenler bilgi birikimleri doğrultusunda planlama yapabilir ve sergileyeceği davranışları başarımı arttıracak şekilde değiştirebilir.

Bilinen bu potansiyel faydaları dolayısıyla, literatürde etmen tabanlı süreç yönetimini gerçekleştiren SmartPM [8], Go4Flex [3] ve ADEPT [29] gibi çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. İlerleyen bölümlerde bu çalışmaların yetenekleri detaylandırılmaktadır. Ayrıca bu sistemlerin eksik yönleri, bilgi yoğun süreç yönetimi gereksinimlerini doğrultusunda incelenmektedir.

2.2 Bilgi Yoğun Süreç Yönetimi Gereksinimleri

Bilgi çalışanları, somut olmayan bilgi odaklı ürünlerin yaratılması için çalışan ve değerleri üretim sürecine dahil ettikleri bilgi olan profesyonellerdir [22]. Bilgi yoğun süreçler doğaları gereği insan merkezlidir ve genellikle bilgi çalışanları tarafından yürütülmektedir [1]. Bu süreçlerin işletilebilmesi için iş uzmanları bir çok alana özel bilgiyi değerlendirerek kararlar vermekte ve hedeflenen sonuçlara ulaşmaya çalışmaktadır. Bu bölümde Di Ciccio ve arkadaşları [1] tarafından tanımlanan çerçeve temel alınarak bu süreçleri otomatik bir şekilde işletecek bir süreç yönetim sisteminin sağlaması gereken gereksinimler listelenmektedir. Di Ciccio ve arkadaşları [1] BYS yönetim sistemi gereksinimlerini yedi ana başlık altında tanımlamıştır, devam eden bölümlerde bu gereksinimler detaylandırılmaktadır.

2.2.1 Veri gereksinimleri

G1 Veri modelleme: Süreç tarafından kullanılan tüm ilgili verileri ve bunların birbirleriyle ilişkilerini içeren bir bilgi modeli gereklidir. Veriler, somut süreç parametrelerinden daha üst seviye ve kurumsal bilgi birikimini temsil eden bütünleşik verilere kadar farklı soyutlama düzeylerinde olabilmektedir.

G2 Geç veri modelleme: Çalışma zamanında yeni bir bilginin ortaya çıkması, yeni/mevcut verilerin yaratılmasını/değiştirilmesini gerektirebilir. Bu nedenle, bilgi çalışanlarının sürecin işletilmesi sırasında bilgi modeline yeni veriler eklemesine, mevcut olanları değiştirmesine veya silmesine izin verilmelidir.

G3 Veriye erişim: Süreç ile ilgili tüm verilere (bağlamsal nitelikler, e-postalar, belgeler gibi) sadece belirli bir eylemin yürütülmesi sırasında değil, gerekli yetkilere sahip katılımcılar tarafından sürecin işletildiği herhangi bir anda erişilebilir olması gerekmektedir.

G4 Paylaşılan veriye erişim: Farklı görev ve kullanıcılar, verilerin bütünlüğünü etkileme riski olmaksızın aynı verilere eş zamanlı olarak erişebilir ve bunları değiştirebilir. Süreç işletimi sırasında paylaşılan verilerin tutarlılığı korunmalıdır.

2.2.2 Bilgi davranışları gereksinimleri

G5 Veri güdümlü davranışlar: Bilgi yoğun süreçler, gerçekleştirilmesi büyük ölçüde bilgi modelinin evrimine bağlı olan davranışlarla karakterize edilmektedir. Bu sayede tamamen veriye dayalı bir süreç işletimi desteklenebilmektedir. Süreçlerin veri üzerinde tanımlanan kısıtlamalarla (örneğin, ön ve son koşullar) zenginleştirilmesi ile verilerin süreçlerin işletilmesini nasıl kısıtlayabileceği veya bir sürecin tamamlanmasından sonra verilerin nasıl etkilenebileceğinin belirtilebilmesi gerekmektedir.

G6 Geç davranış modelleme: BYS'nin dinamik doğası ile başa çıkmak için, süreçlerin işletilmesi sırasında, kullanıcıların süreç örneğine yeni eylemler eklemelerine veya mevcut olanları değiştirmelerine izin verilmelidir.

2.2.3 Kural ve kısıt gereksinimleri

G7 Kural ve kısıtlar: BYS'lerde kural ve yönetmeliklerin varlığı, süreç yapısını etkileyebilir ve yürütülmesini kısıtlayabilir. Bu amaçla, kullanıcıların süreç verisi üzerinde kısıt ve iş kurallarını tanımlayabilmesine izin verilmelidir.

G8 Geç kısıtlar: Süreç işletimi sırasında yeni veri veya eylemler ortaya çıktığında, bir bilgi çalışanının çalışma zamanında yeni kısıtlamalar eklemesine veya mevcut olanları değiştirmesine izin verilmelidir.

2.2.4 Hedef gereksinimleri

G9 Hedef modelleme: BYS'ler için somut hedefler tanımlanabilmeli ve bu hedeflerin başarısı, süreç kapsamında edinilen bir bilginin değeriyle ilişkilendirilebilmelidir. Bu amaçla, süreç hedefini temsil etmek için bir mekanizma gereklidir.

G10 Geç hedef modelleme: Süreç işletimi sırasında, bilgi çalışanlarının kararlarının bir sonucu olarak veya kurumsal bilginin evrimi ile yeni süreç hedefleri ortaya çıkabilir. Bir bilgi çalışanının, yeni hedefleri çalışan bir süreçle ilişkilendirebilmesine veya güncelliğini yitirmiş mevcut hedefleri değiştirmesine/kaldırmasına izin verilmelidir.

2.2.5 Süreç gereksinimleri

G11 Farklı modelleme formatları: BYS'ler farklı yapısallık derecelerine sahip kavramların (veri, eylemler vb.) bir kombinasyonu olarak görülebilir. BYS'ler farklı modelleme alternatiflerini seçme ve birleştirme becerisini sunmalıdır.

G12 Bilginin görünürlüğü: Çalışan bir süreçte dahil olan veri, eylem, kısıt ve hedeflerin bütünlük bir temsili sağlanmalıdır.

G13 Esnek işletim: BYS'ler çoğunlukla önceden tanımlanamaz ve süreç katılımcıları arasındaki işbirliği ve müzakerenin bir parçası olarak ortaya çıkar. Bir bilgi çalışanı, önceden gerçekleştirilen eylemleri yeniden gerçekleştirmek için "geri adım atabilmeli" veya belirli bir durumda gereksiz görülen eylemleri atlamak için "ileri atlayabilmelidir".

G14 Öngörülemez hatalar: BYS'ler süreç işletimi sırasında öngörülemez şekillerde değişebilen ortamlarda yürütülür. Bu beklenmedik değişimler çalışma zamanından önce öngörülemez hataların oluşmasına sebep olabilmektedir. Bu nedenle, beklenmeyen hataların yakalanması ve manuel veya tamamen otomatik bir şekilde koterilmalarına yönelik mekanizmalar sağlanmalıdır.

G15 Örneklerin göçü: BYS'lerin çalışan örneklerinin süreç işletimi sırasında ortaya çıkan yeni süreç modelleri ile uyumluluğunu sağlamak için, süreç örneklerinin yeni modellere taşınması ve örnekler üzerinde yeni modelin gerektirdiği dönüşümlerin sağlanması gerekmektedir.

G16 Günlüklerden öğrenme: BYS bir kuruluşun önceki süreç işletim sonuçlarından öğrenmesine yardımcı olmalıdır. Bu amaçla, süreç işletimini özetleyen olay günlüklerinin kaydedilmesi ve bu günlüklerden toplanan bilgilerden yola çıkarak süreçlerin iyileştirilmesine yönelik yapılar sağlanmalıdır.

G17 Veriden öğrenme: Süreç işletim günlüklerinin olmadığı durumlarda, süreçleri tanımlayan PDF, e-posta mesajları gibi yapılandırılmamış metinlerden ve CSV

dosyaları gibi yapılandırılmış kaynaklardan öğrenme özelliği sağlanmalıdır. Bu amaçla, BYS'nin yapısını keşfetmek veya iyileştirmek için heterojen veri kaynaklarından bilgi toplanması desteklenmelidir.

2.2.6 Bilgi çalışanları gereksinimleri

G18 Kaynak/yetenek modelleme: Birden çok yetenek ve role sahip bir çok katılımcıyı tanımlayabilen bir modelin oluşturulabilmesi BYS'ler için esastır. Roller, benzer görevlere sahip bilgi çalışanlarını gruplandırmanın bir aracıdır. Yetenekler, bir bilgi çalışanının belirli bir eylemi gerçekleştirmek için gerekli becerileri sağlayıp sağlamadığını belirtmek için kullanılır.

G19 Kullanıcı etkileşimi: Bir BYS'nin ömrü boyunca, sürece dahil olan farklı roller oynayan ve işbirliği yapan bir dizi bilgi çalışanı vardır. Bu amaçla, bilgi çalışanlarının iletişim kurmasına ve işbirliği yapmasına izin veren yapılandırılmış veya yapılandırılmamış protokollerin tanımlanabilmesini sağlayan işlevsellikler gereklidir.

G20 Kullanıcı yetkilendirme: Bilgi çalışanlarının (1) veri oluşturması/değiştirmesi/silmesi için izinlerin belirtilmesi ve (2) gizli bilgilerin yetkisiz bilgi çalışanlarının kullanımına sunulmasının önlenmesi için yetkilendirmelerin açıkça tanımlanabilmesi sağlanmalıdır.

G21 Geç kaynak modelleme: BYS'nin dinamik doğası göz önüne alındığında, süreç işletimi sırasında mevcut bilgi çalışanlarının yeteneklerini değiştirmek veya mevcut bilgi çalışanlarını kaynak modelden çıkarmak gerekebilmektedir.

G22 Geç yetki modelleme: Çalışma zamanında, yeni bilgiler ortaya çıkabileceğinden, mevcut bilgi çalışanlarıyla ilişkili yetkilerin eklenmesi, silinmesi veya değiştirilmesi gerekmektedir.

G23 Kullanıcı kararları: Çalışma zamanında, bilgi çalışanları tarafından alınan kararlar, sürecin ilerlemesini (örneğin, alternatif işletim yolları arasındaki seçim yapma) veya bilgi modelinin durumunu (örneğin, ilgili verilerin doğrudan değiştirilmesi) etkileyebilir. Bu kapsamda, bilgi çalışanlarının çalışma zamanındaki

kararlarını modellemek ve süreç işletimi ve bilgi modeli üzerindeki etkilerini tanımlayabilmek gerekmektedir.

2.2.7 Ortam gereksinimleri

G24 Dış olayların modellenmesi: Dış olaylar, bilgi modelindeki verilerin değerini değiştirerek çalışan sürecin akışını değiştirebilen, işletim ortamından gelen tetikleyicilerdir. Bu nedenle, çevreden gelen harici olayların açık bir şekilde modellenmesi ve oluşumlarının bilgi modeli üzerindeki etkilerinin tanımlanabilmesi gerekmektedir.

G25 Olayların geç modellenmesi: Süreç işletimi sırasında, daha önce bilinmeyen, yeni bir dış olay meydana gelirse, bir bilgi çalışanının bunu temsil edebilmesine ve oluşan etkisini bilgi modeli üzerinde ilişkilendirmesine izin verilmelidir.

Tanımlanan bu yirmi beş gereksinim ile BYS'lerin etkili bir şekilde desteklenmesi için süreç yönetim sistemlerinin sağlaması gereken özelliklere genel bir bakış sunulmaktadır. Bu özellikler sayesinde BYS'lerin farklı uygulama alanlarında uygulanması ve tüm süreç yaşam döngüsünün desteklenmesi mümkün olacaktır.

2.3 Çevik Süreç Yönetimi Yaklaşımları

Bir önceki bölümde tanımlanmış olan bilgi yoğun süreç yönetim sistemi gereksinimleri, literatürde yer alan çalışmaların yeteneklerinin değerlendirilmesi için de uygun bir çerçeve sunmaktadır. Bu bölümde literatürde önde gelen dört BYS yönetim sistemi incelenmektedir. Bu sistemler farklı süreç yönetim paradigmalarını temsil etmektedir: görev merkezli yöntemler ile çevikliği ve uyarlanabilirliği hedefleyen çalışmalar (ADEPT [15]), hedef tabanlı soyutlamalar ile esnekliği hedefleyen yaklaşım (Go4Flex [3]) ve kural tabanlı planlama yaklaşımları (SmartPM [8] ve Planlets [9]). Devam eden bölümlerde bu çalışmalar kısaca tanıtılmakta ve gereksinimler çerçevesi doğrultusunda karşılaştırılmaktadır.

2.3.1 ADEPT

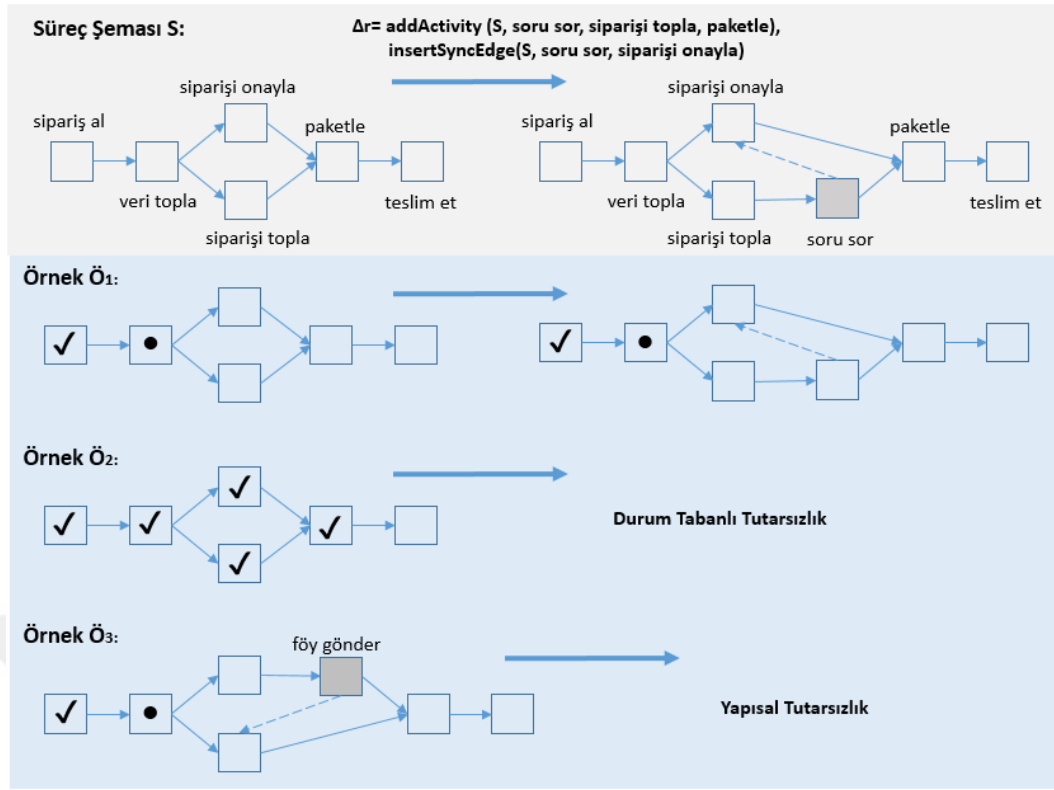
ADEPT (Kapsüllenmiş önceden modellenmiş süreç şablonlarına dayalı uygulama geliştirme, Application Development based on Encapsulated pre-modeled Process

Templates) projesi [15] ve ardılları [30, 31] önceden öngörülemeyen hatalara karşı uyarlanabilir bir süreç yönetim sistemi önermektedir. Bu amaçla, sistem hem süreç modeli hem de süreç örnekleri düzeyinde yapısal bir uyarlama yaklaşımı benimsemektedir. Bu sistem, model değişikliklerini ilgili süreç örneklerine yayma ve beklenmedik hataların oluşması durumunda süreç örneği akışını değiştirebilme özelliklerine sahip olsa da, tüm bu hatadan kurtarma yordamlarının bir insan süreç tasarımcısı tarafından çalışma zamanında manuel olarak tanımlanması ve tetiklenmesi gerekmektedir.

ADEPT sisteminde örnek bir süreç uyarlaması Şekil 2.3'te verilmiştir. Bir hatanın oluşması durumunda sistem kullanıcıyı uyarır veya kullanıcı süreç akışında değişiklik yapılması gerektiğine kendisi karar verir. Verilen örnekte kullanıcı yeni bir eylemin ("sor sor") iki eylem arasında gerçekleştirilmesini istemektedir. Değişiklik isteği üzerine sistem işletilmekte olan tüm süreç örneklerinin yapısal ve işletim durumu tutarlılıklarını kontrol eder. İşletim tutarlılığı için temel olarak değişiklik yapılan bölümün henüz işletilmemiş olması gerekmektedir. Yapısal tutarlılık için ise döngülerin oluşmamasına ve veri akışının kesilmemesine dikkat edilmektedir. Yapılan kontroller sonucunda örnek 1'e değişiklikler uygulanmış, örnek 2'ye işletim durumu tabanlı tutarsızlık sebebiyle, örnek 3'e ise önceki bir değişiklik ("föy gönder") ile çakışarak döngüye sebep olmasından dolayı yapısal tutarsızlık sebebiyle uygulanamamıştır.

ADEPT blok-yapılandırılmış bir süreç modelleme yaklaşımını benimserken, standart olmayan özel bir simgelem kullanmaktadır. Bu da endüstriye uygulanabilirliğini büyük oranda zorlaştırmaktadır. Ayrıca tüm süreç değişiklik ve hata yönetim işlemlerinin manuel olarak kullanıcı tarafından yapılması da kullanımını zorlaştırmaktadır. Bununla beraber ADEPT durum tabanlı çıkarsamaya (case-based reasoning) dayalı basit bir öğrenme yaklaşımı sunmaktadır. Süreç örneklerinde manuel olarak yapılan değişiklikler bir durum-tabanında saklanarak gelecekte benzer durumlarda benzer değişikliklerin otomatik olarak yapılması için kullanılmaktadır. ADEPT teknolojisini temel alan AristaFlow BPM Suite¹ ile süreç esnekliği ve uyarlanabilirlik kavramları endüstriyel güçte bir süreç yönetim sistemine aktarılarak ticarileştirilmiştir.

¹<https://www.aristaflow.com/bpm-suite.html>



Şekil 2.3 : ADEPT süreç uyarlama yöntemi.

2.3.2 SmartPM

SmartPM (Akıllı Süreç Yönetimi, Smart Process Management) [8, 32], ADEPT'ten farklı olarak, insan müdahalesi gerektirmeden otomatik süreç uyarlamalarının yapılabilmesini amaçlamaktadır. Bu amaçla, süreçlerin işletildiği ortamı, yapılabilecek eylemleri ve eylemlerin ön ve son koşullarını modellemek için durumsal hesap (situation calculus) teorilerini, süreç akışlarını tanımlamak için IndiGolog üst seviye etmen programlama dilini ve ihtiyaç durumunda otomatik süreç uyarlamalarını yapmak için klasik planlama yöntemlerini kullanmaktadır. SmartPM kullanıcı arayüzleri aracılığıyla bilginin harici bir şekilde temsil edilmesini ve IndiGolog biçimindeki iş akışlarının İSMS 2.0 simgeleminde modellenebilmesini sağlamaktadır.

Şekil 2.4'te örnek bir SmartPM süreç modeli verilmiştir. Şekilde sağ üstte durumsal hesap teorileri ile problem uzayı tanımlanmıştır. Bu tanıma göre ortamda iki robot bulunmaktadır ve bu robotlar çeşitli eylemler (fotoğraf çekme, enkaz kaldırma, hareket etme) gerçekleştirebilmektedir. Her eylem farklı miktarda yakıt tüketilmesine sebep olmaktadır. Ayrıca model ile problem uzayındaki varlıkların konumları tanımlanmaktadır. Şekil 2.4'te sağ altta ise sistemde tanımlı eylemlerden biri ("Go"), parametreleri, ön ve son koşulları tanımlanmıştır.

2.3.3 Planlets

Planlets çalışması [9] YAWL (Yet Another Workflow Language) iş akış tanımlama dilini [35] temel almaktadır ve bu sayede daha kullanıcı dostu bir süreç tasarım ortamı sunmaktadır. YAWL akademi tarafından geliştirilmiş olan ve yine akademide yaygın bir şekilde kullanılmakta olan bir süreç modelleme dilidir [36]. YAWL, kural tabanlı bir biçimde önceden tanımlanabilen hataların kotarılması kabiliyeti ile gelmektedir. Ripple-down kuralları [37] ("*IF cond1 AND cond2 THEN conclusion*") ile ifade edilen yapılar ile belirli koşulların oluşması durumunda "exlet" adı verilen hata yönetim mekanizmalarının tetiklenmesi sağlanmaktadır.

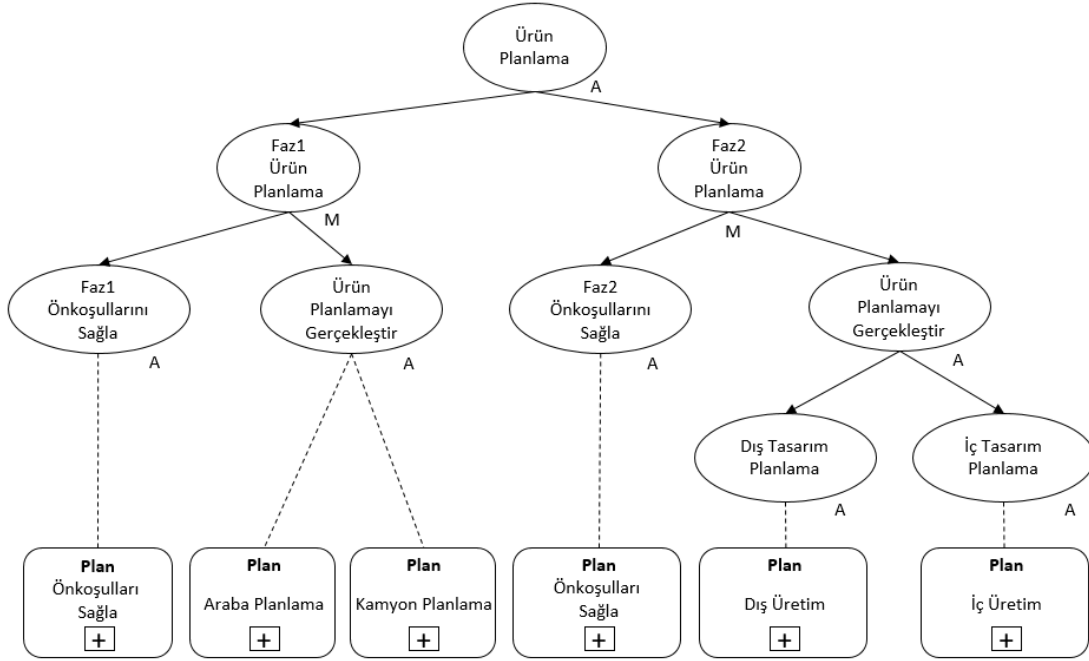
Planlets, YAWL alt yapısının üstüne dinamik hata kotarma özellikleri getirmektedir. Bu amaçla Planlets, YAWL'ı görev etki, ön- ve son-kosullarının modellenmesi ve planlama tekniklerinin kullanımı ile genişletmektedir. Süreç işletimi sırasında görev ön-kosullarının sağlanamadığı veya işletim sonrası son koşulların oluşmadığı durumlarda sistem bir hata oluşturmaktadır. Böyle bir hata durumunda, gerekli kurtarma prosedürünü anında sentezlemek için harici (proje kapsamında geliştirilmemiş olan) bir planlayıcı kullanılmaktadır. Planlayıcı süreç deposundaki süreç ve görevleri kullanarak ön veya son koşulun sağlanmasına yönelik bir davranış dizisi planlamaktadır.

SmartPM'de olduğu üzere, bu çalışmada da klasik planlama yöntemlerinin kullanılmasından kaynaklanan daha karmaşık problemlerin ifade edilmesi, eksik/yetersiz bilginin kotarılması, bağlamsal tercihlerin tanımlanması ve birden çok görev etkisinin ele alınmasına yönelik yetersizlikler bulunmaktadır. Ayrıca, Planlets esas olarak sürecin kontrol akışı perspektifine odaklanırken, bilgi modelleme sadece ilkel bir biçimde desteklenmektedir. Bunlara ek olarak, hedefler ve dış olaylar Planlets üst-modeli kapsamında ele alınmamaktadır.

2.3.4 Go4Flex

Go4Flex projesi [3], İş Süreçleri Modelleme Simgelemi (İSMS) süreçlerini hedef sıradüzenleri ile zenginleştirerek, İSMS yorumlayıcıları ile donatılmış Jadex [38] İnanç-Arzu-Niyet etmenleri ile işletmektedir. Bu amaçla, hedefe yönelik iş

süreçlerini modellemek için özelleşmiş bir temsil olan Hedefe Yönelik Süreç Modelleme Simgelemi'ni (GPMN, Goal-oriented Process Modeling Notation) [13] geliştirmişlerdir. Şekil 2.6'da araç üretimi planlamasına ilişkin bir hedef modeli verilmiştir. Bu modelde hedefler, bir sonuca erişmeyi amaçlayan başarımlar (achieve goal, A) ve bir durumun korunması için bağlamı izleyen sürdürme hedefleri (maintain goal, M) olarak sınıflandırılmıştır. Hedef modeli ile hedef sıradüzenleri oluşturulmakta ve gerçek süreçler/planlar ile ilişkilendirilmektedir.



Şekil 2.6 : Örnek hedefe yönelik süreç modelleme simgelemi [3].

Sistem, bir hata oluştuğunda mevcut duruma bağlı olarak, aynı hedefe yönelik farklı süreçleri işleterek çalışma zamanı çevikliğini sağlamaktadır. Bu doğrultuda, Go4Flex iş bağlamını iş akışı mühendisi tarafından oluşturulan bir nitelik-değer tablosu aracılığıyla tanımlamaktadır. Fakat, ontolojik ve anlamsal kabiliyetlerinin bulunmaması sebebiyle Go4Flex aynı hedefe yönelik süreçlerin aynı ön yüzleri (girdi, çıktı parametreleri) sunmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, bu sistem yalnızca homojen ortamlar için uygundur ve bağlam anlamsal olarak ifade edilemediğinden dolayı farklı şirketler arasındaki işbirliklerini desteklememektedir. Ayrıca, bağlamı temsil etmek için kullanılan tablo bazlı ilkel yaklaşım, gerçek dünya işletme ortamlarını modellemek için yetersiz kalmaktadır.

2.3.5 Mevcut yöntemlerin karşılaştırması

Literatürdeki çalışmaların nesnel bir şekilde değerlendirilmesi için Di Ciccio ve arkadaşları [1] tarafından tanımlanan ve Bölüm 2.2’de detayları verilmiş olan çerçeve temel alınmıştır. Bu çerçeve doğrultusunda ADEPT [15], SmartPM [8], Planlets [9] ve Go4Flex [3] karşılaştırılarak Tablo 2.1’de özetlenmiştir. Bu tabloda sistemlerin belirtilen isterleri sağlama (+/-) ve kısmi sağlama (~) durumları belirtilmiştir.

Çizelge 2.1 : Çevik süreç yönetim sistemlerinin karşılaştırması [1].

	İster	ADEPT	SmartPM	Planlets	Go4Flex
Veri	G1 Veri modelleme	~	+	~	~
	G2 Geç veri modelleme	-	-	-	-
	G3 Veriye erişim	-	-	-	+
	G4 Paylaşılan veriye erişim	+	+	-	+
Dvrm.	G5 Veri güdümlü davranışlar	~	~	~	~
	G6 Geç davranış modelleme	+	~	~	-
Kural	G7 Kural ve kısıtlar	-	+	-	~
	G8 Geç kısıtlar	-	-	-	-
Hedef	G9 Hedef modelleme	-	~	-	+
	G10 Geç hedef modelleme	-	~	-	-
Süreç	G11 Farklı modelleme formatları	-	+	+	-
	G12 Bilginin görünürlüğü	~	-	-	+
	G13 Esnek işletim	+	-	-	-
	G14 Öngörülemeyen hatalar	+	+	+	+
	G15 Örneklerin göçü	+	-	+	-
	G16 Günlüklerden öğrenme	~	-	+	-
	G17 Veriden öğrenme	-	-	-	-
Bilgi Kullanıcıları	G18 Kaynak/yetenek modelleme	+	+	+	-
	G19 Kullanıcı etkileşimi	-	-	-	-
	G20 Kullanıcı yetkilendirme	-	-	-	-
	G21 Geç kaynak modelleme	-	-	+	-
	G22 Geç yetki modelleme	-	-	-	-
	G23 Kullanıcı kararları	~	~	~	~
Ortam	G24 Dış olayların modellenmesi	-	+	+	-
	G25 Olayların geç modellenmesi	-	-	-	-

Bir süreç yönetim sisteminin gerçek dünya bilgi yoğun süreçlerini destekleyebilmesi için bir çok bakış açısından (veri, kurallar, hedefler, roller, olaylar) iş ortamını modellemesi ve bunlar üzerinden farklı işlevsellikler (bilgi tabanlı davranışlar, kural yönetimi, hedefe yönelik planlama, hata yönetimi, olay yönetimi, öğrenme, iş birliği vb.) sağlaması gerekmektedir. Ne var ki, Tablo 2.1’de de görüldüğü üzere, literatürde yer alan çalışmalar sadece belirli modellere odaklanmakta ve çoğunlukla sadece

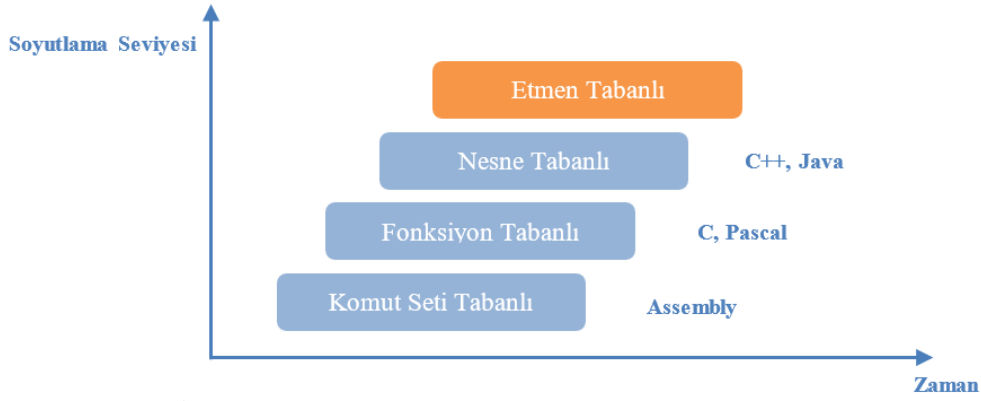
öngörülemeyen hataların koterılmasına çalışmaktadır. Tez çalışması kapsamlı bir şekilde kurumsal alanı modelleyerek bir kurumsal bilgi tabanı oluşturmayı ve çoklu etmenler vasıtasıyla bu bilgiyi kullanarak farklı problemlere çözüm arayan, kurumsal kullanıma uygun bir altyapı geliştirmeyi amaçlamaktadır.



3. BİLGİ YOĞUN SÜREÇ MODELLEME METODOLOJİSİ

Özuyarlanan yazılımlar DARPA tarafından [39] "kendi davranışlarını değerlendirebilen ve hedeflerine ulaşamayacağını veya daha iyi bir başarıyı gösterebileceğini çıkarsaması durumunda davranışlarını değiştirebilen yazılımlar" olarak tanımlanmaktadır. Bu doğrultuda, etmen tabanlı süreç yönetim sistemi ortamdaki fiziksel ve sanal uyaranları algılayabilen, ilişkili süreç örneklerinin uygulama bağlamını bilen ve ortamdaki değişikliklere gerekli tepkileri verebilen bir özuyarlanan sistemdir [25]. Bununla birlikte, kurumsal bir sistemin etmen ve iş süreci merkezli bir bakış açısı kullanılarak uyaranlara nasıl tepki vereceğine karar vermek zor bir görevdir, çünkü yönetsel eğilimler, organizasyon kültürü, mevzuatlar, kurumsal stratejiler gibi karar verme aşamasında dikkate alınması gereken pek çok etken vardır. Bu yetkinliğe ulaşmak için çok sayıda bakış açısını, formal yöntemi ve standartlaşmış bir mimariyi destekleyen bir dizi referans modele ve bu modelleri işleyebilecek yeni bir altyapıya ihtiyaç duyulmaktadır [40]. Literatürde de tanımlandığı üzere, bilgi yoğun süreç yönetimi, çoklu etmen teknolojileri ile pek çok ortak kavrama (örneğin bilgi, kısıtlar, hedefler, görevler, olaylar ve planlar) sahiptir ve çoklu etmen sistemleri tarafından işletilmek için çok uygundur [4, 25, 26].

Ne var ki çoklu etmen teknolojileri dağıtık bir yazılım geliştirme yöntemi olmanın yanı sıra, etmen ve etmen topluluklarını temel soyutlama birimi olarak kullanan görece yeni nesil bir yazılım geliştirme paradigmasıdır (bkz. Şekil 3.1) [4]. Bu doğrultuda, çoklu-etmen tabanlı iş süreci yönetimi [41] sadece bir programlama veya uygulama tercihi olmanın ötesinde, bir süreç yönetimi yaşam döngüsü önerisidir. Gerekli anlamsal süreç modeli ve ontolojilerin sağlanmasına ek olarak, bu modellerin nasıl uygulanacağına dair bir yöntemin de birlikte sağlanması gerekmektedir. Anlamsal süreçlerin, bilgi yoğun sistemlerin ve çoklu etmen teknolojilerinin kusursuz entegrasyonu, ortak kavramsallaştırmaların bütünlük bir biçimde geliştirilmesini sağlayan amaca yönelik bir yöntem gerektirmektedir.



Şekil 3.1 : Etmen tabanlı yazılım mühendisliği [4].

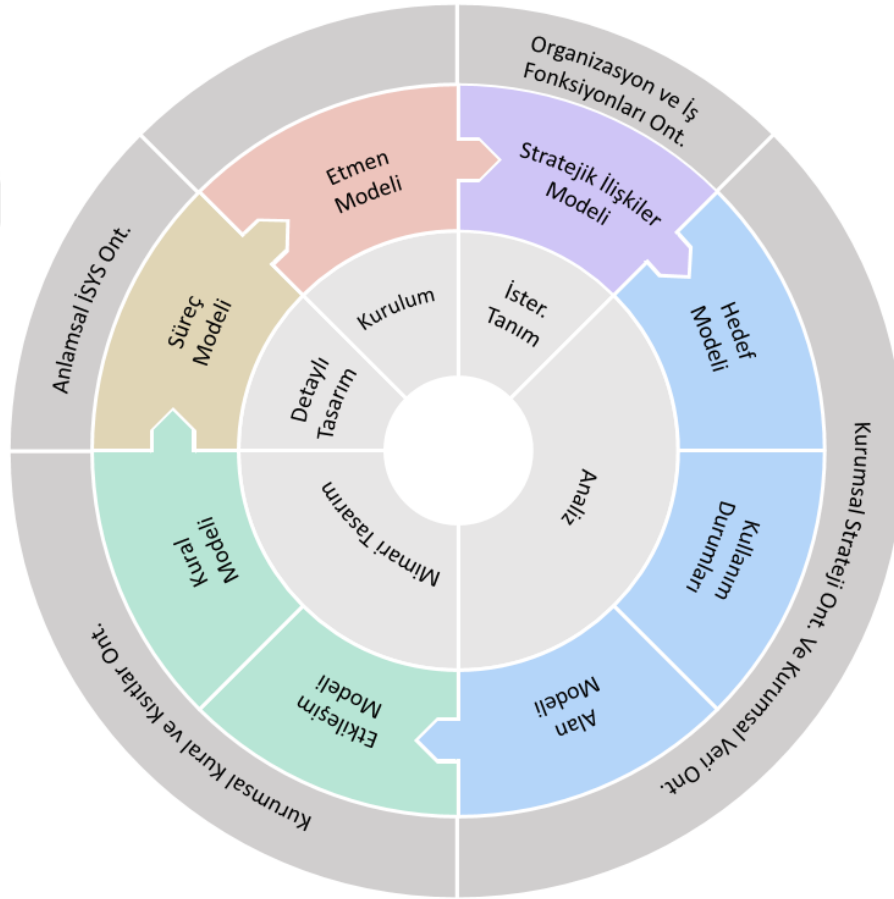
Aynı problem uzayının farklı bakış açıları ve farklı detay seviyelerinde model-
lenebilmesinden dolayı günümüze kadar birçok farklı Etmen Tabanlı Yazılım
Mühendisliği (ETYM) metodolojisi geliştirilmiş, fakat üzerinde uzlaşılmış ortak bir
yöntem oluşturulamamıştır. Bu tez çalışması kapsamında, literatürde yer alan, Gaia
[42], Tropos [43], PASSI [44], O-MaSE [45], Prometheus [46] başta olmak üzere,
önde gelen ETYM metodolojileri (bkz. Çizelge 3.1) ve ortak model önerileri [47–53]
değerlendirilerek, etmen tabanlı bilgi yoğun süreç işletim ortamı kavramsal modeli,
uygulama geliştirme metodolojisi ve destekleyici araç kümesi geliştirilmiştir [54].

Çizelge 3.1 : Önde gelen ETYM metodolojileri.

AAII [55]	dMARS-FAF [56]	OMNI [57]
AALAADIN [58]	GAIA [42, 59, 60]	OPEN for MAS [61]
ADELFE [62]	Ingenias [63]	PASSI [44]
ADEM [64]	MASD [65]	Prometheus [46]
ADEPT [66]	MaSE/O-MaSE [67]	RIO [68]
AO [69]	MAS-CommonKADS [70]	Roadmap [71]
AOR [72]	MASSIVE [73]	SADDE [74]
Cassiopeia [75]	MESSAGE [76]	SODA [77]
CoMo-MAS [78]	Nemo [79]	Styx [80]
DESIRE [81]	ODAC [82]	TROPOS [43]

Şekil 3.2’de gösterildiği üzere önerilen tasarım metodolojisi, iş isterlerinin ana-
lizinden başlayıp işlevsel bir platformun tanımlanması ile sonuçlanan beş aşamadan
oluşmaktadır. Bu aşamalar Şekil 3.2’de merkezde yer alan: *İsterlerin Tanımlanması*,
Analiz, *Mimari Tasarım*, *Detaylı Tasarım* ve *Kurulum* adımlarıdır. Her geliştirme
aşamasında bir dizi model oluşturularak kurumsal süreç işletim ortamı farklı
bakış açılarından ve detay seviyesinden modellenmektedir. Geliştirilen sekiz
model için tasarım bileşenleri ve simgelemin belirlenmesinde ilgili alanda önde
gelen yaklaşımlar temel alınmıştır. İSYS ve ETYM metodolojileri bir arada

değerlendirilerek her iki araştırma alanının gereksinimlerini karşılayacak şekilde tümleşik modeller önerilmiştir. Görsel editörler kullanılarak tasarlanan bu modeller ile kurumsal bilgi dokusu oluşturulmaktadır. Bu bilgi dokusu ayrıca etmenlerin bilgi ve kural tabanlarını da oluşturmaktadır. Bu amaçla, geliştirilen modeller etmenler tarafından anlamlandırılabilen, makine işlenebilir modellere (ontolojilere) temel oluşturulmaktadır. Anlamsal süreç yönetimi yaklaşımları ile uyumlu bir şekilde oluşturulan beş ontoloji (*Organizasyon ve İş Fonksiyonları Ontolojisi*, *Kurumsal Strateji Ontolojisi*, *Kurumsal Veri Ontolojisi*, *Kurumsal Kural ve Kısıtlar Ontolojisi* ve *Anlamsal İSYS Ontolojisi*) metodolojinin çıktısı olarak çalışma zamanına aktarılmaktadır. Geleneksel süreç yönetim metodolojilerinin çalışma zamanına aktarabildiği tek çıktısı süreç modelleri olurken, tez çalışması kapsamında geliştirilen metodoloji sayesinde süreçler ve etkileşimde bulunduğu tüm kurumsal ortam makine işlenebilir bir biçimde çalışma zamanına taşınmaktadır.



Şekil 3.2 : Etmen tabanlı anlamsal süreç yönetimi aşamaları.

Sunulan metodolojinin ve kullanılan modellerin anlaşılabilirliğinin artırılması amacıyla önerilen metodolojinin adımları gerçek bir yazılım sistemi üzerinde örneklenerek

adım adım geliştirilecektir. Bu durum çalışması için literatürde ve endüstride sıklıkla kullanılan ürün satış süreci ele alınacaktır. Metodolojinin detaylarına geçmeden önce bu sistemi kısaca tanıtmak gerekirse, ürün satış süreci müşteriden satış emrinin gelmesiyle başlamaktadır. Kurumsal farklı organizasyonlar sürece dahil olarak ürünün üretim, tedarik, nakliye ve faturalandırma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Süreç ürünün teslim edilmesi, ödemenin alınması ve faturalandırılması ile sonuçlanmaktadır.

3.1 İsterlerin Tanımlanması

İsterlerin tanımlanması, pek çok yazılım mühendisliği metodolojisinde olduğu üzere, tüm tasarım sorularının en temeli olan "sistem neyi amaçlamaktadır" sorusunu cevaplamaya çalışmaktadır. İSY yaşam döngüsünün "süreç tanımlama" aşaması, bir kuruluşun hedeflerine ulaşması için gereken birbiriyle ilişkili iş süreçlerini sistematik bir şekilde tanımlayarak bu soruyu cevaplamaya çalışmaktadır [18]. Bu şekilde kurumun hedefleri belirlendiğinde ve ulaşma sorumluluğu süreç yönetim sistemine atandığında, kurumsal hedefler sistem isterleri haline gelmektedir [83]. Bununla birlikte, klasik İSY modelleme metodolojilerinden farklı olarak, organizasyonel (hedefler) ve operasyonel (süreç) modeller arasındaki bu stratejik eşleşme, sadece bir tasarım zamanı problemi değildir, aynı zamanda etmen tabanlı İSY’de organizasyonel hedeflere yönelik çalışma zamanı özerk etmen davranışlarının güdüleyicisidir.

Hedef Tabanlı İster Mühendisliği yazılım isterlerinin, metin (örn. "Yazılım İsterleri Belirtimi Belgesi") yerine, paydaşların hedefleri üzerinden modellenmesini sağlayan bir yaklaşımdır [84]. Bu doğrultuda, Tropos [43] ve Prometheus [85] gibi bazı ETYM metodolojileri, isterlerin hedef tabanlı ve makine işlenebilir bir biçimde tanımlanabilmesi için çeşitli araçlar geliştirmiş ve oluşan bu modelleri (Tropos aktör modeli ve Prometheus hedef eşleştirme diyagramı) çalışma zamanında özerk etmen kararları vermek için kullanmıştır. Benzer şekilde, bazı İSY metodolojileri de, hedef tabanlı analiz yöntemlerini kullanarak kurumsal hedef ve süreçlerin birlikte evrilmelerini sağlamaya çalışmaktadır [83]. Hem ETYM hem de İSY araştırma alanında, i* [86] kolay anlaşılır bir simgeleme sahip olması, aktör ve hedef odaklı oluşu ve işlevsel olmayan isterlerle başa çıkma yeteneği nedeniyle hedef tabanlı isterlerin tanımlanmasında en yaygın kullanılan tekniklerden biridir [43, 83]. Bu doğrultuda,

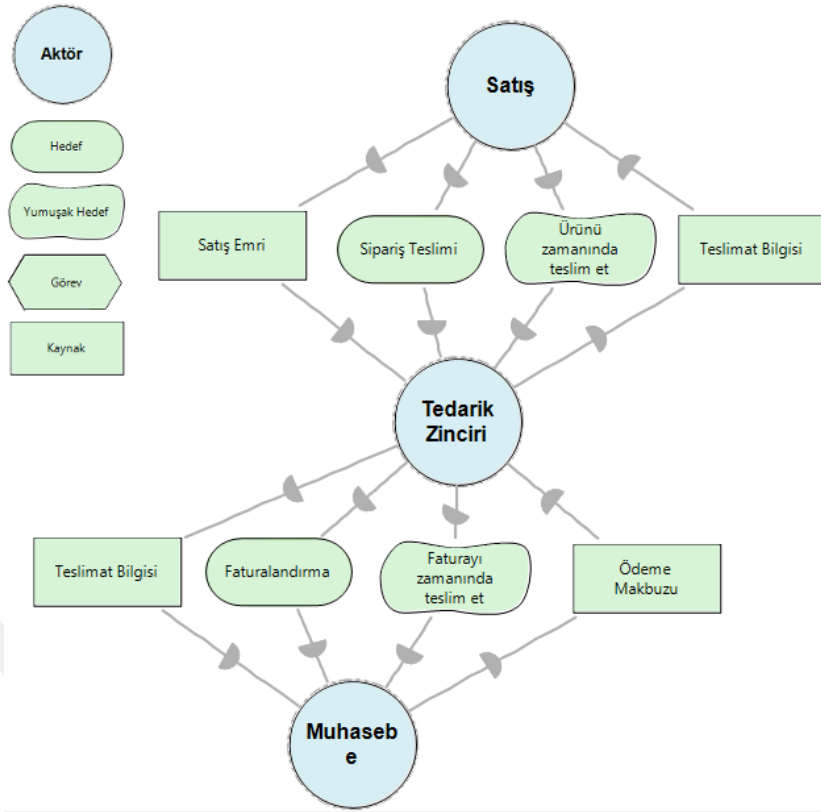
isterlerin tanımlanması ve organizasyonel bağlamın anlaşılması için tez çalışması kapsamında i* metodolojisi kullanılmıştır.

Geliştirilen metodolojinin ilk adımı olarak organizasyonda yer alan paydaşların, niyetlerinin ve aralarındaki ilişkilerin tanımlandığı **Stratejik İlişkiler Modeli**'nin geliştirilmesi önerilmiştir. Bu model ile bir aktörün neden bazı davranışları sergileyeceği, bir hedefi izleyeceği, hangi kaynaklara ihtiyaç duyacağı veya hangi rollerle iş birliği yapması gerektiği tanımlanmaya çalışılmaktadır.

3.1.1 Stratejik ilişkiler modeli

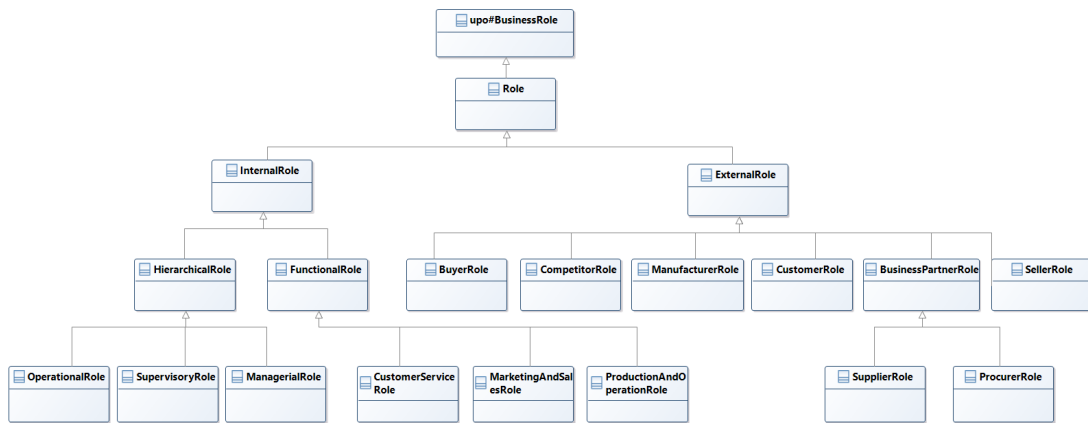
Stratejik İlişkiler Modeli, iş aktörlerinin düğümler ve aktörler arasındaki ilişkilerin kenarlar olarak modellendiği yönlendirilmiş bir çizge ile temsil edilmektedir. Bu modelde aktörler arası ilişkiler dört başlık altında sınıflandırılmaktadır. Bir aktör diğerinden ön tanımlı bir davranışı sergilemesini bekliyorsa bu ilişki *görev bağımlılığı* olarak nitelendirilmektedir. Eğer davranışı sergileyecek aktör sonuca ulaşmak için istediği eylemleri seçmekte özgürse bu ilişki *hedef bağımlılığı* olarak nitelendirilmektedir. Eğer iki aktör arasındaki bağımlılık bir bilgi veya nesne ise ilişki *kaynak bağımlılığı* olarak tanımlanmaktadır. Son olarak iki aktör arasındaki beklenti fonksiyonel olmayan bir isterse (örn. hız, güvenlik, maliyet vb.) bu ilişki *yumuşak hedef bağımlılığı* olarak tanımlanmaktadır. Yumuşak hedefler yapısal olarak hedeflere benzemekle beraber başarı koşulları hedefler kadar somut olmamakta ve aktörler arası uzlaşmayı gerektirmektedir.

Seçilen durum çalışmasına ilişkin stratejik ilişkiler modeli Şekil 3.3'te verilmiştir. Bu modelde üç ana aktör bulunmaktadır: müşteri ile iletişim kuran Satış Uzmanı, müşterinin istediği ürünün tedarikini ve teslimatını yapan Tedarik Zinciri Sorumlusu ve satışın faturalandırma işlemlerini gerçekleştiren Muhasebe Sorumlusu. Bu model ile aktörler arasındaki iş birlikleri, beklentiler ve veri akışları çok soyut bir şekilde özetlenmektedir. Satış uzmanı müşteri ile koşullarda anlaştıktan sonra iki tarafın da onayladığı bir satış emri oluşturarak tedarik zinciri sorumlusuna iletmekte ve siparişin zamanında teslim edilmesini beklemektedir. Tedarik zinciri sorumlusu ise ürünün teslimatı sonrasında muhasebe biriminin müşteri ile iletişime geçerek ödeme almasını ve faturalandırma işlemlerini zamanında gerçekleştirmesini beklemektedir.



Şekil 3.3 : Ürün satışı stratejik ilişkiler modeli.

Stratejik İlişkiler Modeli sistem isterlerini her bir aktörün bakış açısından modellemektedir ve bunun sonucunda anlamsal İSYS metodolojilerinde kullanılan Organizasyon ve İş Fonksiyonları Ontolojisi oluşmaktadır [87]. Şekil 3.4'te bu ontolojinin üst modeli verilmiştir. Bu ontoloji ile hem kurumsal fonksiyonları temsil eden roller, hem de etkileşimde bulunan paydaşlara ilişkin roller tanımlanmaktadır. Bu ontoloji rol tabanlı etmen bilişsel yapısının (örneğin rolün hedef, yetenek, inanış ve kuralları) modellenmesi ve rol tabanlı çoklu etmen etkileşimleri için temel tanımları içermektedir.



Şekil 3.4 : Organizasyon ve iş fonksiyonları ontolojisi üst modeli.

3.2 Analiz

Kurumsal hedef ve stratejiler, bir kuruluşun ticari bir bakış açısından neyi başarmak istediğini ifade etmektedir. Kuruluşların bu arzu ve niyetleri çerçevesinde modellenebilmesi için kurumsal hedeflerin öncelikli olarak belirlenmesi gerekmektedir. Analiz aşaması kapsamında, isterlerin tanımlanması adımıyla oluşturulan stratejik ilişki modelleri detaylandırılarak bu ilişkilerin arkasında yatan tekil hedeflere odaklanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında, her bir süreç katılımcısının gereksinimleri ve bunların nasıl karşılandığının daha derinlemesine anlaşılması için hedef modelleri kullanılmaktadır. Bilgi yoğun sistemlerin temel yapı taşlarından biri olan hedef modeli, stratejik ilişkiler modelinde belirtilen stratejik hedefleri yapısal olarak ayrıştırarak her bir aktör için operasyonel hedefleri ortaya çıkarmaktadır (bkz. Şekil 3.5).

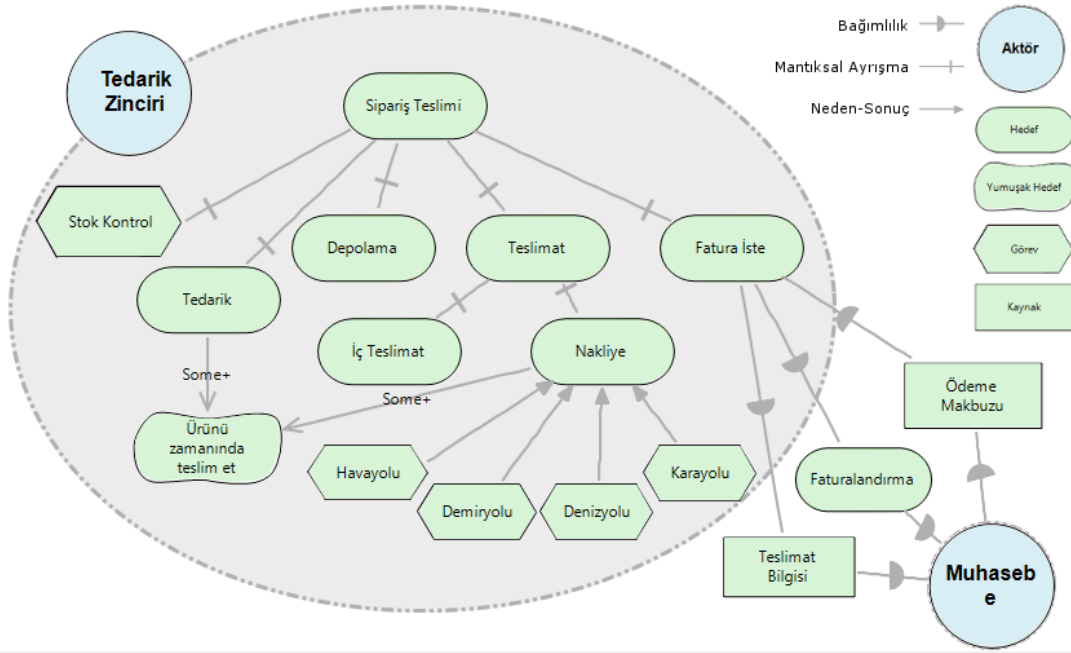


Şekil 3.5 : Süreç yönetimi analiz aşaması.

3.2.1 Hedef modeli

Hedef modelleri ile stratejik hedefler her bir aktörün bakış açısından, neden-sonuç analizi, etki analizi ve hedef/görev mantıksal ayrıştırma yöntemleri kullanılarak

operasyonel bileşenlerine ayrıştırılmaktadır. Neden-sonuç ilişkileri, bir hedefe ulaşmanın alternatif yollarını belirtmek için kullanılmaktadır. Mantıksal ayrıştırma ile hedefler "ve/veya ayrıştırma" yöntemleri kullanılarak alt hedeflerine ayrıştırılmaktadır. Etki analizi ile hedeflerin birbirlerine ve yumuşak hedeflere olumlu veya olumsuz etkileri tanımlanmaktadır. Seçilen durum çalışması için tedarik zinciri sorumlusu rolü hedef modeli Şekil 3.6'da verilmiştir.

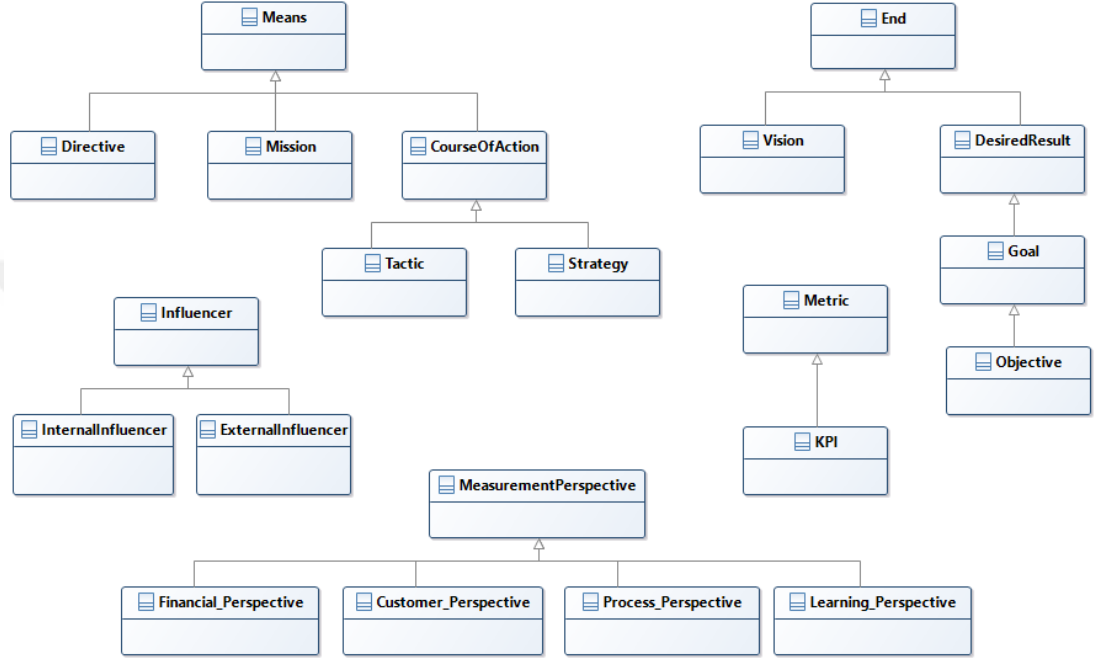


Şekil 3.6 : Tedarik zinciri sorumlusu hedef modeli.

Bu doğrultuda sipariş teslimi hedefi "ve ayrıştırımı" kullanılarak beş alt bileşene ayrıştırılmıştır: stoğu kontrol et, tedariği sağla, depola, teslimatı sağla ve faturayı işle. Benzer bir şekilde teslimatı gerçekleştirme hedefi "ve ayrıştırımı" kullanılarak iki alt hedefe ayrıştırılmıştır: iç teslimat ve nakliye. Burada nakliye hedefinin dört farklı şekilde (karayolu, havayolu, denizyolu ve demiryolu) yerine getirilebileceği neden-sonuç analizi sonucu görülmektedir. Ayrıca nakliye sürecinin "ürünlerin zamanında teslim edilmesi" yumuşak hedefinin başarılmasına katkıda bulunduğu görülmektedir.

Metodolojinin bu adımında her bir rol için oluşturulan hedef modelleri ile arttırımlı bir şekilde "*Kurumsal Strateji Ontolojisi*" (bkz. Şekil 3.7) oluşmaktadır. Bu ontoloji ile "*Organizasyon ve İş Fonksiyonları Ontolojisi*"nde tanımlanan rollerin strateji, hedef ve başarımları ölçütleri detaylandırılmaktadır. Kullanılan hedef odaklı analiz yöntemleri ile uyumlu olarak bu ontolojide neden-sonuç (*Means-End*) ilişkileri tanımlanmaktadır. Eylem planları (*CourseOfAction*) kurumsal çalışmayı arzu edilen

sonuçlara (*DesiredResult*) yönlendirmektedir. Bu sayede üst seviye stratejiler, hedef (*Goal*) ve amaçlara (*Objective*) ayrıştırılabilmektedir. Rollerin hedeflere ulaşmak için gösterdikleri çaba, ölçütler (*Metric* ve *KPI*) ile değerlendirilmektedir. Bu ölçütler, Bölüm 4.2.2’de detaylandırılacak olan "Kurumsal Karne" (Balanced Scorecard) [18, 88] stratejik analiz yöntemi doğrultusunda, dört farklı bakış açısından (Finansal, Müşteri, İç süreçler ve Öğrenme) başarıyı değerlendirmektedir.



Şekil 3.7 : Kurumsal strateji ontolojisi üst modeli.

3.2.2 Kullanım durumları

Önerilen metodoloji kapsamında hedef modellerine ek olarak her bir hedef için metin tabanlı kullanım durumları da oluşturulabilmektedir. Bu adım yazılı bir dokümantasyonun oluşturulmasına yönelik tercihe bağlı bir aşamadır. Kullanım durumları sistem hedeflerine ulaşmak üzere izlenmesi gereken adımların detaylı bir biçimde tanımlanması amacıyla, hedef modelleri ile eş zamanlı bir şekilde, geliştirilmektedir. Bu adım için Ingenias [89], ADELFE [62] ve PASSI [44] metodolojileri standart UML kullanım durumu diyagramlarını kullanırken, Prometheus metodolojisi ise etmenlerin nesnelerden farklı yeteneklerinden yola çıkarak özelleşmiş bir kullanım durumu senaryosu biçemi oluşturmuştur [46]. Tropos ve Gaia metodolojilerinde ise bu adım yer almamaktadır.

Bu çalışma kapsamında kullanım durumu senaryolarının oluşturulması için, hedef kavramını senaryoların merkezine almasından dolayı Prometheus metodolojisine ait hedef-tabanlı kullanım durumlarından yararlanılmıştır [46]. Bu sayede kullanım durumları ile sadece işlevselliklere değil hedeflere de atıfta bulunulabilmektedir. Bu kullanım durumu senaryoları her biri bir hedefi, algıyı (ortamdan gelen bilgi), davranışı, başka bir senaryoyu veya "diğer" (örn. bir olayın beklenmesi) bir olayı temsil eden bir dizi adımdan oluşmaktadır. Ayrıca her adımda, adımı gerçekleştirecek aktör belirtilmektedir. Siparişlerin teslim edilmesi hedefine ilişkin kullanım durumu Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Sipariş teslimi kullanım durumu.

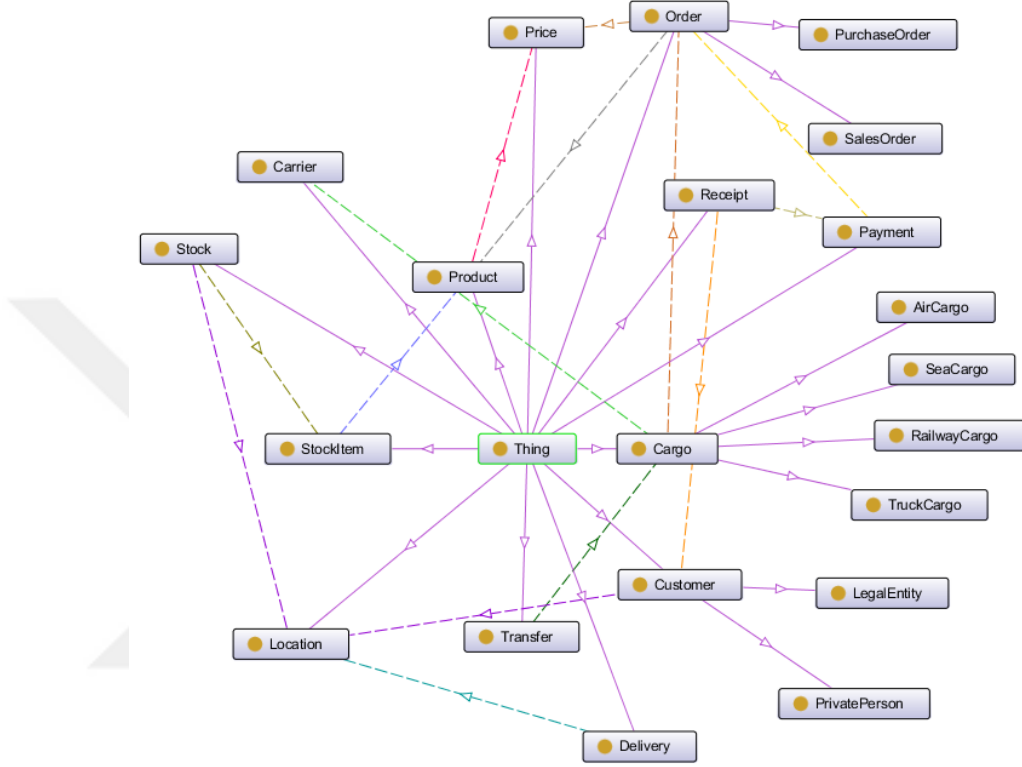
Kullanım Durumu	Sipariş Teslimi
Ana Aktör	Tedarik Zinciri Sorumlusu
Ana Aktörün Hedefi	Siparişlerin müşteriye zamanında teslim edilmesi
Odak Aktörün Hedefi	Ürünün teslim edilmesi ve ödemenin alınması
Başarılı Tamamlanma Senaryosu	Müşteri siparişini teslim almış ve ödemeyi yapmıştır
Tetikleyen Olay	EYLEM: Sipariş emrinin ulaşması
Ana Akış	1- EYLEM : Siparişin stok durumunun kontrol edilmesi (Tedarik Zinciri Sorumlusu) 2- HEDEF : Stokta olmayan ürünleri tedarik et (Tedarik Zinciri Sorumlusu) 3- HEDEF : Ürünleri müşteriye gönder (Tedarik Zinciri Sorumlusu) 4- DİĞER : Fatura işlemlerini bekle (Tedarik Zinciri Sorumlusu) 5- HEDEF : Ödemeyi al (Muhasebe Sorumlusu) 6- HEDEF : Faturayı hazırla (Muhasebe Sorumlusu) 7- HEDEF : Teslimatı tamamla (Tedarik Zinciri Sorumlusu) 7- HEDEF : Satış işlemini tamamla (Satış Sorumlusu)

3.2.3 Alan modeli

Analiz aşamasının son adımı kapsamında etmenlerin algılayacağı ve işleyebileceği kavramların ve bu kavramlar arasındaki ilişkilerin tanımlandığı **Alan Modelleri** oluşturulmaktadır. Ontolojik olarak ifade edilen alan modelleri ile etmenin etkileşeceği ortam ve öğeler anlamsal bir biçimde tanımlanmaktadır. Modellenen bu kavramlar etmenin hedef ve davranış parametrelerini tanımlamak amacıyla ve sistem paydaşları arasında ortak bir sözlük oluşturmak için kullanılmaktadır.

Alan modelleri, nesneye yönelik yaklaşımlarda olduğu üzere, etmen tabanlı metodolojilerde de yaygın olarak kullanılan bir modeldir. Bu modelleme adımı GAIA [42], PASSI [44] ve O-MaSE [67] metodolojilerinde yer almaktadır.

Durum çalışmasına ilişkin alan modeli Şekil 3.8’de verilmiştir. Bu bağlamda, alan modelleri öncelikli olarak stratejik ilişkiler modelinde tanımlanan satış emri, teslimat bilgisi ve ödeme makbuzu gibi kavramlara odaklanmaktadır. Bu adımın sonucunda anlamsal süreç yönetimi Kurumsal Veri Ontolojisi oluşmaktadır. Bu ontoloji mevcut ontolojileri kullanabilmekte [90] ve kurumsal bilgi tabanının şemasını oluşturmaktadır.



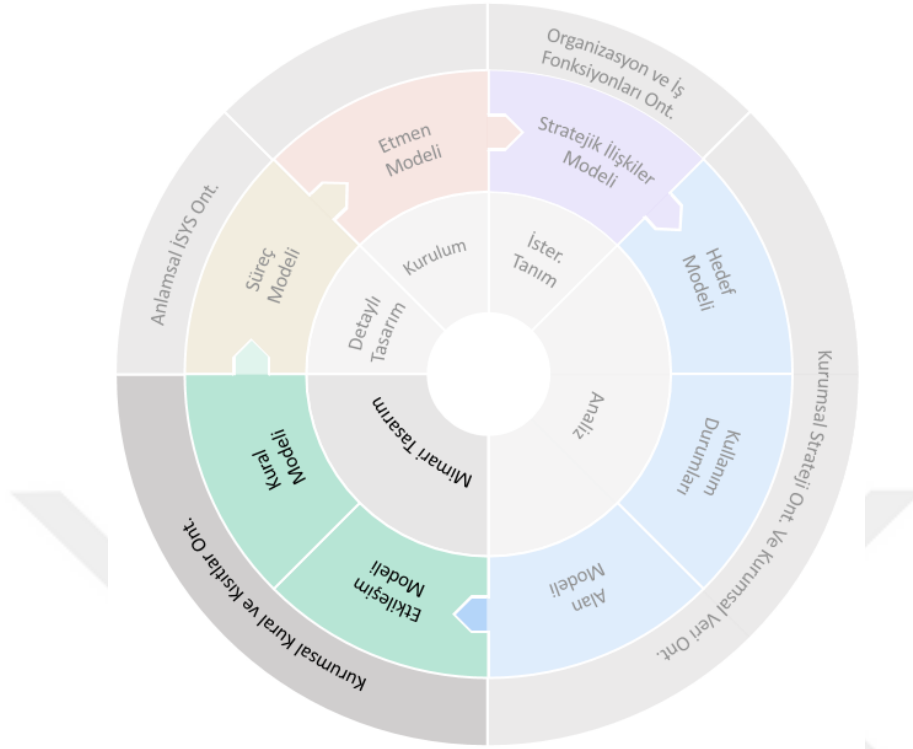
Şekil 3.8 : Satış süreci alan modeli.

Geleneksel süreç modelleri (örneğin İSMS ve İSİD) görevler arasında aktarılan verilerin işlenmesi üzerine kurgulanmışken, tez çalışması süreç boyunca bilgi kavramlarının referanslarının taşındığı bilgi tabanlı bir yaklaşım benimsemektedir. Bu yöntem, bilgi modelinin evrilmesiyle dinamik uyarlamaların yapılabilmesini mümkün kılmaktadır ve süreçleri kolayca erişilebilir, yeniden kullanılabilir ve diğer süreçlerle birleştirilebilir hale getirmektedir.

3.3 Mimari Tasarım

Kurumsal işleyişin doğası gereği süreç katılımcıları arasında, kaçınılmaz bir biçimde, etkileşimler ve bağımlılıklar bulunmaktadır. Bu ilişkiler mimari tasarım adımı kapsamında modellenmektedir (bkz. Şekil 3.9). Hedef modeli bir aktöre ait hedef ve görevler arasındaki ilişkilere odaklanırken, **Etkileşim Modeli** bir

hedefin gerçekleştirilmesi kapsamında görev alan tüm roller arasındaki etkileşimleri modellemeyi amaçlamaktadır.



Şekil 3.9 : Süreç yönetimi mimari tasarım aşaması.

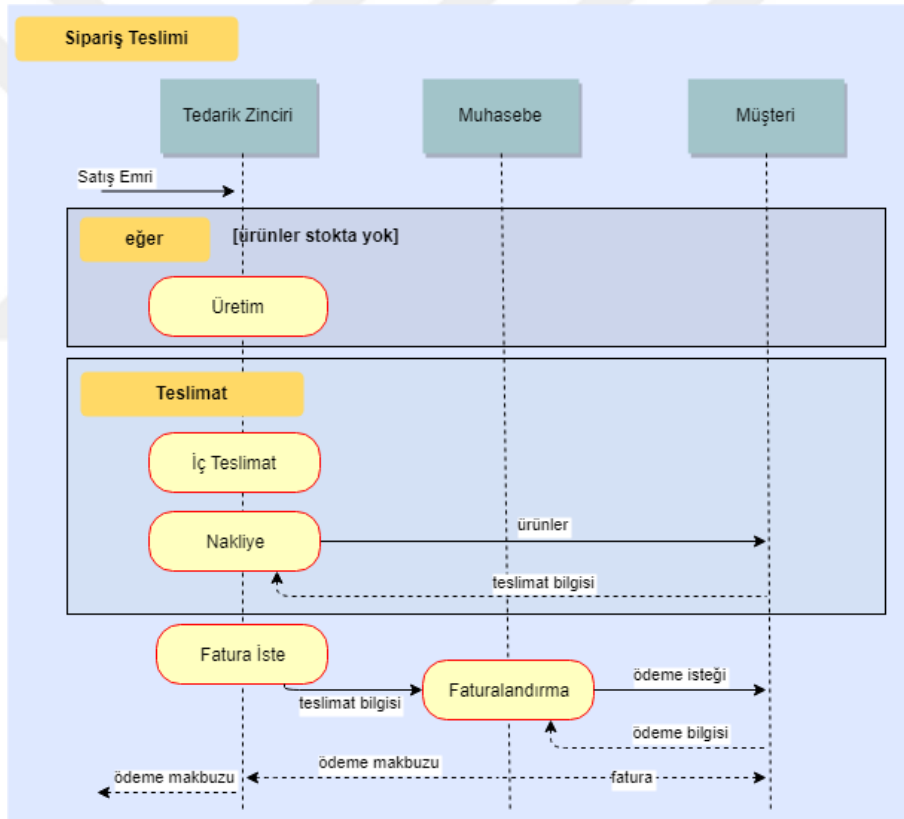
Mevcut ETYM metodolojileri kapsamında etmenler arası etkileşimlerin modellenmesi için farklı yaklaşımlar izlenmiştir. Örneğin Tropos'ta etkileşimler etmen seviyesinde tanımlanırken [43], O-MaSE [67], PASSI [44] ve GAIA'da [42] roller arasında tanımlanmaktadır. Ne var ki tüm bu metodolojiler etmenler arası etkileşimleri gönderilen ve alınan mesajlar üzerinden tanımlamaya çalışmaktadır. Etkileşimlerin modellenmesinde kullanılan bu mesaj merkezli yaklaşım, etmenleri mekanik bir şekilde bu adımları izlemeye iterek özerk davranışlar sergilemesini kısıtlamaktadır. Bu yapı ayrıca etmenlerin hata durumunda sergileyebileceği davranışları da kısıtlayarak sistemin sağlamlığını azaltmaktadır. Bu dezavantajlara çözüm olarak etmenler arası etkileşimleri hedef odaklı bir şekilde modelleyen yaklaşımlar ortaya çıkmıştır [46,91].

İSY ve ETYM metodolojileri etkileşimlerin hedef odaklı bir şekilde tanımlanabilmesi için benzer modeller önermektedir, örneğin özne odaklı süreç yönetiminde kullanılan Özne Etkileşim Diyagramları [92] ve Prometheus etmen metodolojisinde yer verilen etkileşim diyagramları [46]. Hedef odaklı etkileşim modelleri, etmenleri önceden

tanımlanmış iletişimsel eylemleri adım adım takip etmeye zorlamak yerine iletişimin gerçek amacına odaklanarak, hedefe yönelik özerk davranışları mümkün kılmaktadır.

3.3.1 Etkileşim modeli

Etkileşim modelleri somut görev ve mesajlar kullanılmadan oluşturulan soyut iş akışlarıdır ve doğrudan işletilemezler. Bu soyut akışlar kuş bakışı bir biçimde süreç katılımcıları arasındaki etkileşim ve hedef bağımlılıklarını tanımlayarak iş süreçlerinin ana iskeletini oluşturmaktadır. Etmen, hedefleri gerçekleştirecek davranışlara ve kullanılacak mesajlara çalışma zamanında karar vermektedir. Hatta, dinamik müzakereler sonucunda, tasarım aşamasında tanımlanmamış mesajlaşmalar ve etkileşimler gerçekleştirilerek hedeflere ulaşılabilir.



Şekil 3.10 : Sipariş teslimi senaryosu etkileşim modeli.

Şekil 3.10'te tedarik zinciri sorumlusu, muhasebe sorumlusu ve müşteri rollerinin eş güdümü sonucu gerçekleştirilen sipariş teslim iş senaryosuna ilişkin etkileşim diyagramı verilmiştir. Bu etkileşim modeli ile uyumlu bir şekilde etmen somut davranış ve eylemlere çalışma zamanında karar vermektedir. Örneğin soyut bir biçimde tanımlanan nakliye görevi taşınan ürünün cinsi, organizasyonel kurallar,

maliyet ve süre kısıtları doğrultusunda havayolu, karayolu, denizyolu veya demiryolu gibi seçeneklerden biri ile gerçekleştirilebilmektedir.

3.3.2 Kural modeli

Gerçek dünya iş senaryoları kurumsal hedefleri ve fonksiyonel istekleri yerine getirmenin yanı sıra yönetmelikler, kurallar ve kurumsal politikalar ile de uyumlu olmalıdır. Bilgi yoğun süreçlerde kurumsal politikalar tüm kurumsal süreçlere uygulanarak, süreç işleyişlerini şekillendiren koşulları tanımlamaktadır. Bilgi yoğun süreç yönetiminde kuralların uygulanmasına yönelik çalışmalara [93] ek olarak, çoklu-etmen sistemlerinde de kuralların uygulanmasına yönelik pek çok çalışma bulunmaktadır [94–96]. Bu çalışmalar kuralları, her bir etmen kendi hedeflerine ulaşmak için çalışırken, tüm çoklu etmen sistemini ortak bir fayda doğrultusunda hareket ettirmek ve etmenler arası etkileşimlerin etik bir biçimde yürütülmesini sağlamak için kullanmaktadır. Tez çalışması kapsamında, İSY ve ETYM metodolojilerindeki kural yönetim yaklaşımları derlenerek bir **Kural Modeli** geliştirilmiştir.

Kurumsal yönetmelikler ile uyumlu davranışlar sergilemek için süreçlere akış kontrol yapılarının (örn. koşullu dallanmalar) eklendiği geleneksel yaklaşıma alternatif olarak, kural tabanlı yaklaşım bildirimsel yapısı ile büyük bir esneklik sağlamaktadır. Kural modeli sayesinde, sürece fiziksel olarak bağlanan kısıtlardan kurtularak kuralların harici bir şekilde temsil edilmesi ile kural değişimleri, yeni kısıtların eklenmesi gibi durumlara daha esnek bir biçimde uyum sağlamaya ve çıkarsama tabanlı karar vermeye olanak tanınmaktadır. Bu anlamda bir kural modeli, önetkin bir şekilde iş kurallarına uyumu sağlayan düzenleyici kurallardan ve iş süreçlerini optimize etmek ve kısıtlara tepkisel olarak uyum sağlamak için kullanılan tepkisel kurallardan oluşmaktadır.

a) Düzenleyici Kurallar: Pek çok kurumsal alanda iş süreçleri iş yönetmeliklerine, yasalara, iş ortağı sözleşmelerine ve anlamsal kısıtlamalara tam olarak uymak zorundadır. Örneğin, "IATA (International Air Transport Association) yönetmelikleri tarafından taşınması yasaklanan tehlikeli mallar hava taşımacılığı için kabul edilemez" kuralına tüm hava taşımacılığı süreçleri uymalıdır. Tez çalışması kapsamında bu kurallar Anlamsal Ağ Kural Dili (AAKD, SWRL) [97] ile temsil edilmekte ve neyin kurallara uygun olduğunu, neyin olmadığını belirterek ilgililerin davranışlarını

önetkin bir şekilde düzenlemektedir. Kurallara uygunluk bakış açısından bakıldığında, düzenleyici kuralların çeşitli deontik etkileri vardır. Bu deontik etkiler kısaca yükümlülük (*Obl*), yasak (*Phb*) ve izinlerdir (*Prm*).

$$IATADangerousGoods(?goods) \rightarrow Phb_{Tzs}airShipping(?goods)$$

Bu ifadede Phb_{Tzs} operatörü, tedarik zinciri sorumlusu için bir yasağı ifade etmektedir. Düzenleyici kurallarda bir durumun (*A*) yasaklanması, durumun değilinin ($\neg A$) yükümlülük olması anlamına gelmektedir ve etkisi kural iptal olana veya uyum sağlanana kadar devam etmektedir.

b) Tepkisel Kurallar: Yasal alanda, "kural" terimi genellikle düzenleyici anlamda kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kurallar aynı zamanda kimin (kural öznesi), neyi (eylem), hangi koşullarda (kural uygulama durumu) yapacağını tanımlayan talimatlar olarak da kullanılmaktadır [98]. Bu kuralların temel sözdizimi, *Olay gerçekleştiğinde Koşullar sağlanıyorsa Eylemi gerçekleştir* ("on Event if Condition do Action") şeklindedir ve dinamik karar verme ortamlarında gerçek zamanlı tepkilerin verilebilmesine olanak tanımaktadır [99].

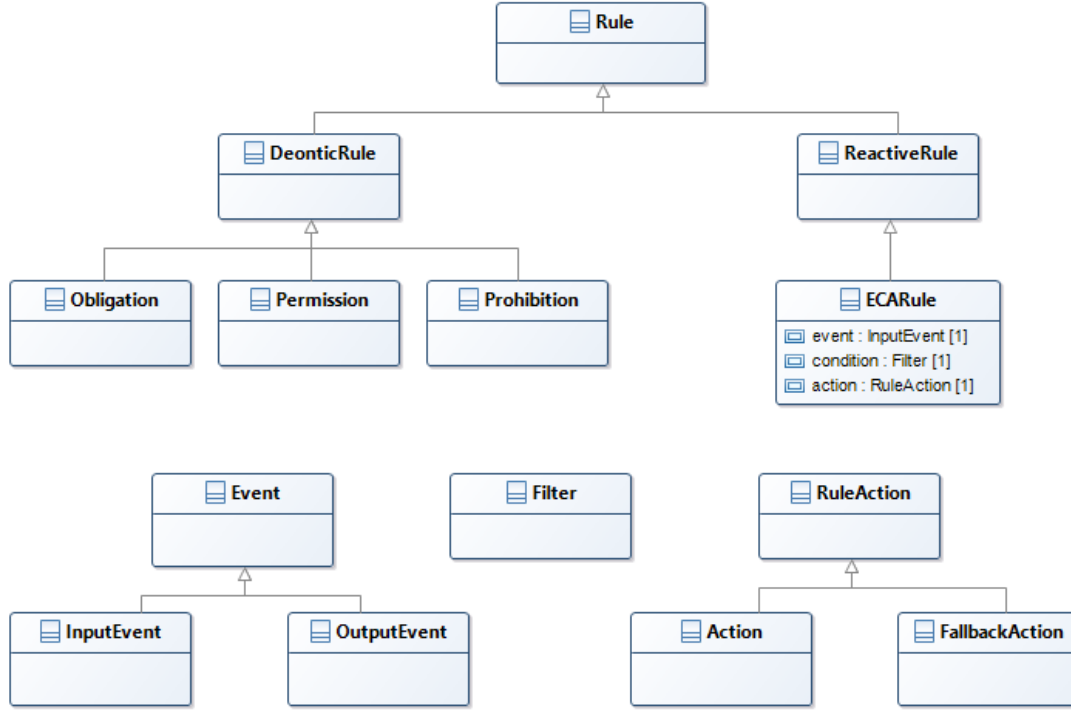
Öncelikle işlevsel olmayan gereksinimler (yumuşak hedefler) ve telafi davranışları bu kural biçiminde temsil edilmektedir. Örneğin, *"Ürünleri zamanında teslim et"* yumuşak-hedefinin başarısız olması durumunda telafi davranışının tetiklenmesi şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$deliverOrder(?order) \rightarrow Obl_{Tzs}deliverOnTime(?order) \otimes Obl_{Tzs}replanGoal(shipping)$$

Bu ifadede, bağlayıcı " $\otimes$ " operatörü yumuşak-hedefler ile telafi davranışını (örneğin hedefin yeniden planlanması, davranışın durdurulması veya iptal edilmesi) bağlamaktadır.

Ayrıca, birçok iş senaryosu için, tüm istisnai durumların ve iş koşullarının tasarım sırasında öngörülebileceğini ve böylece süreç modeline tasarım aşamasında dahil edilebileceğini varsaymak gerçekçi değildir. Tepkisel kurallar, süreç akışlarının manuel olarak güncellenmesini gerektirmeden, etmenlerin bu durumları bilişsel düzeyde ele almasını sağlayarak çalışma zamanında esneklik sağlamaktadır. Olay-Koşul-Eylem kuralları ayrıca beklenmeyen hataların bildirimsel bir şekilde

kotarılmaması için kullanılmaktadır (örneğin, *"Belirli kimyasalların bir eşiği aşan miktardaki satışı, ilgili gümrük ve ticaret otoritesi tarafından onaylanmalıdır"*). Kural modelleri ile Kurumsal Kural ve Kısıtlar Ontolojisi (bkz. Şekil 3.11) üretilir ve organizasyonun ve etmenlerin kural tabanlarının temelini oluşturur.

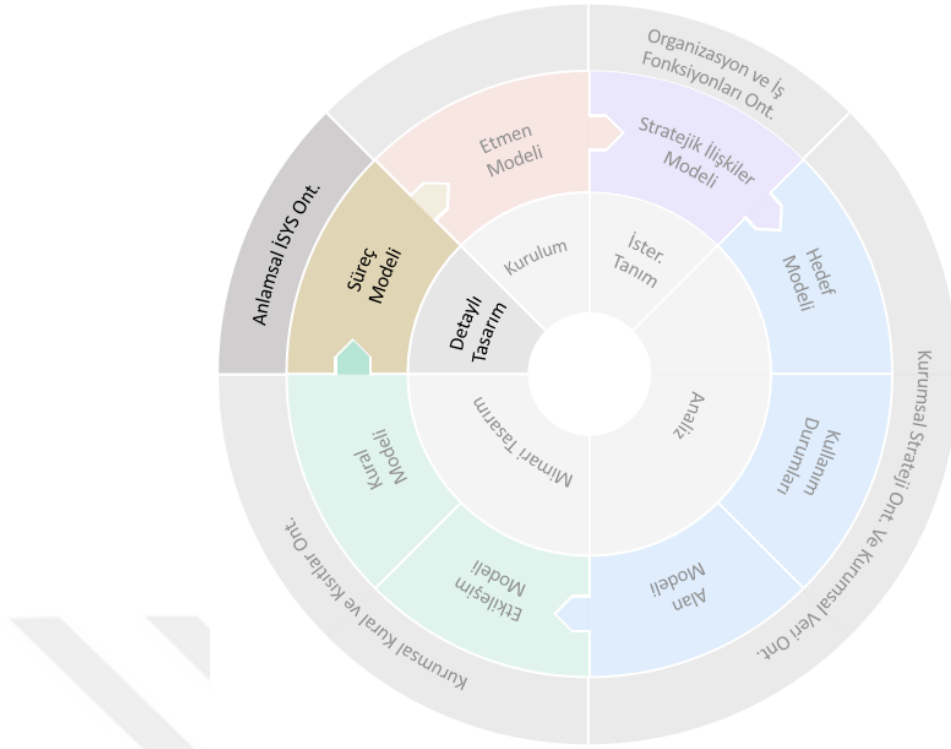


Şekil 3.11 : Kurumsal kural ve kısıtlar ontoloji üst modeli.

3.4 Detaylı Tasarım

Detaylı tasarım aşamasında etkileşim modelleri ve kullanım durumlarından yola çıkılarak, kurumsal işlevsellikleri ve etmen davranışlarını temsil eden, **Süreç Modelleri** geliştirilmektedir (bkz. Şekil 3.12).

Mevcut ETYM metodolojileri incelendiğinde etmen davranış modellerinin PASSI [44] ve Prometheus [46] metodolojilerinde kullanıldığı görülmektedir. PASSI metodolojisi etmen davranışlarını modellemek için UML etkinlik diyagramlarını kullanmaktadır. Bu modelde her etkileşim için bir çoklu etmen davranış diyagramı çizilmektedir. Bu diyagramda etmenin davranışları metot çağrıları, etmenler arası iletişim ise mesaj alışverişleri ile temsil edilmektedir. Prometheus metodolojisi ise etmen davranışlarını modellemek için UML etkinlik diyagramlarını hedef kavramını destekleyecek şekilde geliştiren özel bir simgelem kullanmaktadır. Bu modelde, PASSI'den farklı olarak, etkileşime katılan her etmen için ayrı bir etkinlik diyagramı oluşturulmaktadır. Hedef,



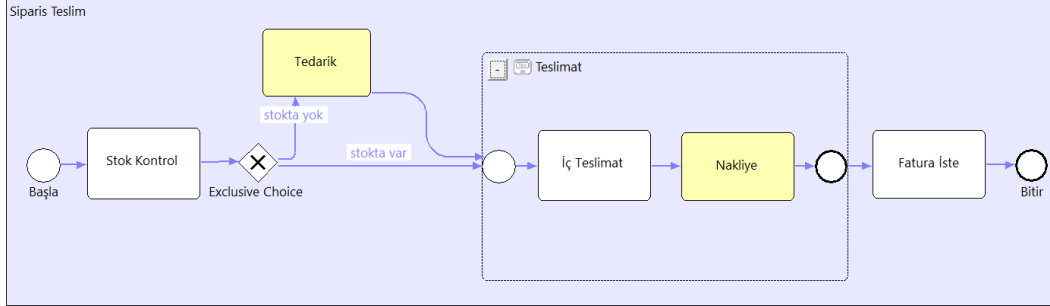
Şekil 3.12 : Süreç yönetimi detaylı tasarım aşaması.

eylem, olay ve mesajların kronolojik bir şekilde sıralandığı bu akışlar ile karmaşık etmen davranışları tasarlanmaktadır. Bu iki modelin eksik noktaları ise genel kabul görmüş bir süreç tasarım simgelemi (İSMS, İSİD gibi) kullanmamaları ve süreç adımları arasında bilgi akışı veya veri bağımlılıklarının tanımlanamamasıdır.

Süreç modellerinin tasarlanması için bu tez çalışması kapsamında izlenen yöntem geleneksel süreç tasarım yöntemlerinden bir kaç noktada farklılık göstermektedir. İlk olarak, tez çalışması kapsamında iş süreçleri, süreç katılımcılarının bireysel hedeflerine ulaşmak için sergiledikleri davranışların bir ağı olarak tasarlanmaktadır. Geleneksel yöntemlerde her kurumsal işleve ilişkin tek bir süreç modeli oluşturulmakta ve rollerin sorumlulukları birbirinden kulvarlar (swimlane) ile ayrılmaktadır. Tez kapsamındaki çalışmada ise süreçler ilgili rollerin bakış açısından modellenmekte ve, konu odaklı İSY yaklaşımlarında [92] olduğu gibi, her bir rolün sorumlulukları için ayrı bir süreç modeli tasarlanmaktadır. İkinci olarak, süreç kapsamında gerçekleştirilecek görevler adım adım belirtilmeyip, eksik belirtim (under-specification) ile çalışma zamanı esnekliğinin sağlanması amaçlanmaktadır. Süreç modelinde "hedef görev" olarak tanımlanan özel görev tiplerinin gerçek davranışlar ile bağlanması çalışma

zamanına ertelenerek, etmenin bağlam ve anlık dünya algısı doğrultusunda etkin olarak en doğru kararları vermesi amaçlanmaktadır.

3.4.1 Süreç modeli

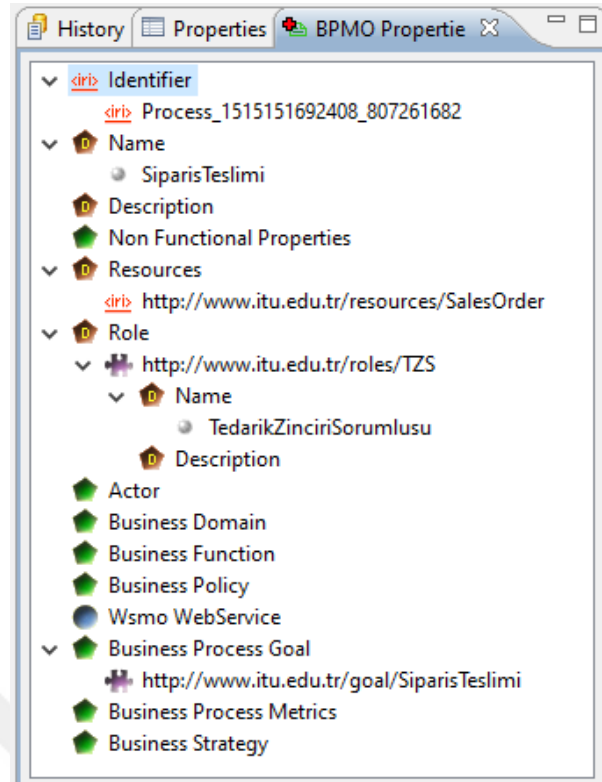


Şekil 3.13 : Tedarik zinciri sorumlusu rolü, sipariş teslim süreci.

Tedarik zinciri sorumlusu rolünün sipariş teslim sürecine ilişkin süreç modeli Şekil 3.13'te verilmiştir. Sarı renkli görevler ("*Tedarik*" ve "*Nakliye*") hedef görevleri temsil etmektedir. Ayrıca süreç tasarımına ilişkin simgelemde görsel olarak belirtilmesi de, İSYO üst modeli (bkz. Şekil 3.15) ile uyumlu bir şekilde, süreç ve süreci oluşturan görevler için bir dizi üstveri tanımlanmaktadır (bkz. Şekil 3.14). Bu doğrultuda ilk olarak tasarlanan sürecin kendisi ve hedef görevleri "*Kurumsal Strateji Ontolojisi*"nde tanımlanan hedefler ile ilişkilendirilmektedir. Örneğin Şekil 3.13'te verilen süreç, "*Sipariş Teslimi*" hedefi ile ilişkilendirilmiştir. Daha sonra süreç kapsamında kullanılan tüm girdi ve çıktılar "*Kurumsal Veri Ontolojisi*" kavramları ile ilişkilendirilmektedir. Son olarak, sürecin başlatılabilmesi için gereken ön koşullar ve süreç işletilmesi sonrası ortaya çıkan etkiler anlamsal olarak tanımlanarak süreç ve hedef görev işlevsel yetenekleri modellenmektedir. Ön koşul ve etkilerin iş akış bileşenleri ile ilişkilendirilmesi için İSYO üst modelinde yer alan *BusinessActivity* kavramının *preconditions* ve *finalBusinessEffects* nitelikleri kullanılmıştır.

Örnek senaryoda sipariş teslim sürecinin önkoşulu olarak "*Satış emrinin müşteri ve satış sorumlusu tarafından onaylanmış olması*" kuralı tanımlanmıştır. Bu önkoşul, "*Kurumsal Veri Ontolojisi*"ndeki kavramlar kullanılarak, Anlamsal Ağ Kural Dili (AAKD) biçimindeki bir kural gövdesi olarak ifade edilebilmektedir:

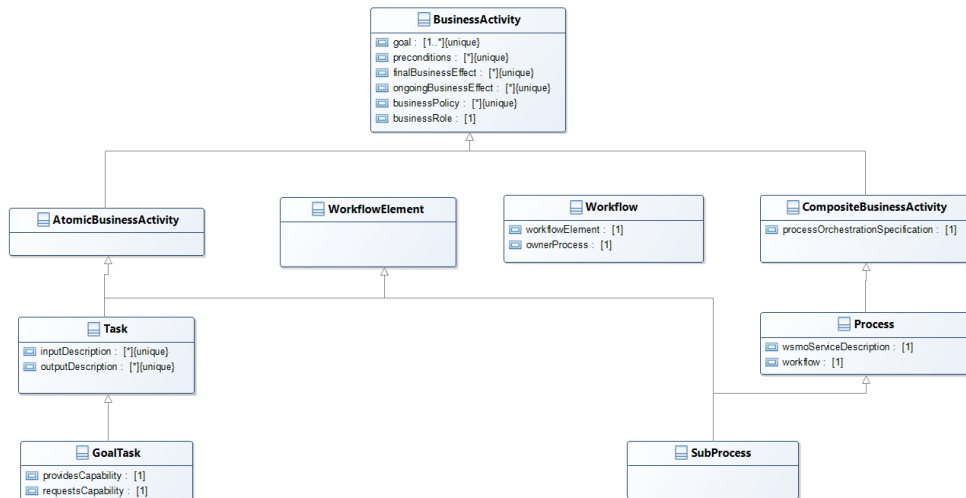
$$approvedBy(\{salesOrder\}, ?salesRole) \wedge approvedBy(\{salesOrder\}, ?customer)$$



Şekil 3.14 : Sipariş teslim süreci üstverisi.

İlgili sürecin etkileri "*sipariş durumunun tamamlandı olarak değiştirilmesi ve ödeme tarihinin güncellenmesi*" olarak tanımlanmıştır ve AAKD kuralının netice kısmı olarak ifade edilmiştir:

$$\text{orderStatus}(\{\text{salesOrder}\}, \text{"completed"}) \wedge \text{issueDate}(\{\text{paymentReceipt}\}, ?\text{date}) \\ \wedge \text{paymentDate}(\{\text{salesOrder}\}, ?\text{date})$$



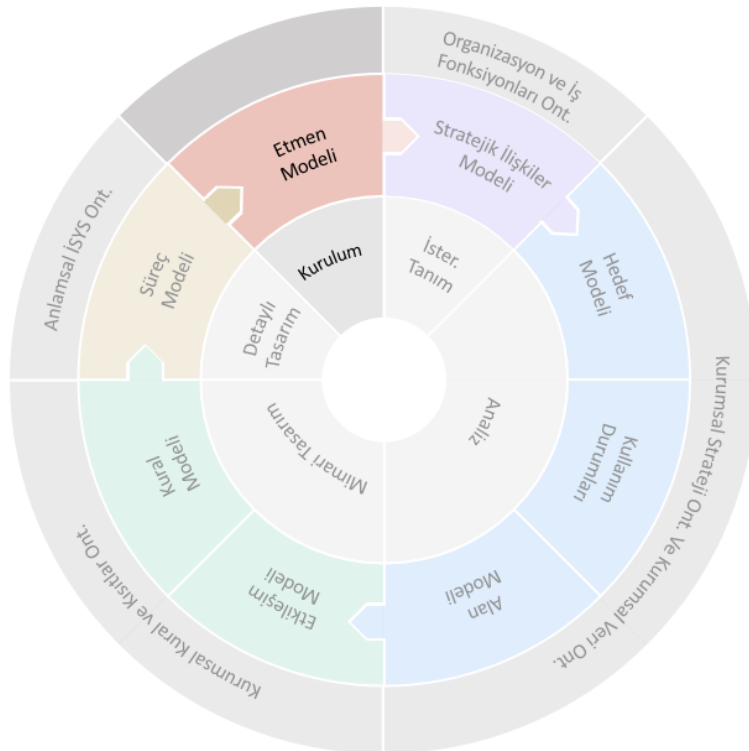
Şekil 3.15 : İSYO üst modeli.

Bu kurallar kapsamında süreç uzayına erişebilmek ve oradaki bilgileri yeniden kullanabilmek amacıyla *{self}*, *{process}* ve *{paramName}* gibi bir dizi ön tanımlı değişken tanımlanmıştır. Bu sabitlere yapılan atıflar sürecin ilklendirilmesi aşamasında ilgili kavramların (sırasıyla etmenin, süreç örneğinin ve çalışma zamanı parametresinin) etmen bilgi tabanındaki örnekleri ile yer değiştirilmektedir.

Süreç tasarım editörü kullanılarak modellenen veya güncellenen süreçler Süreç Kayıt Etmeni'ne kaydedilir. Süreç Kayıt Etmeni süreçlerin İSYO biçiminde kayıt edilmesi ve, gelecek bölümlerde kullanılacak olan, süreçlerin keşfedilmesine ilişkin servisler sağlamaktadır.

3.5 Kurulum

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen etmenler rol yapma yeteneğine sahip etkin yazılım bileşenleridir. Bu etmelerin bir uygulama alanı veya organizasyondan bağımsız bir biçimde tasarlandığı ve temel iş birlikçi yetenekleri (örn. bir organizasyona katılma, rol oynama, iletişim kurma) sağlayan ön tanımlı bir inanış, arzu, yetenek ve kural kümesiyle dünyaya geldiği kabullenilmektedir. Bu etmenler, **Etmen Modeli**'nde tanımlanan atamalar doğrultusunda çeşitli rolleri kabullenerek ilişkili organizasyonlara katılmaktadır (bkz. Şekil 3.16).

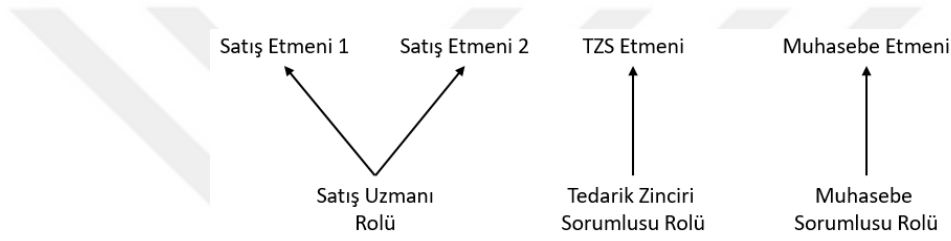


Şekil 3.16 : Süreç yönetimi kurulum aşaması.

3.5.1 Etmen modeli

Etmelere rollerin atanmasını modellemek için ETYM metodolojilerinden PASSI rol tanımlama modellerini [44], GAIA etmen modellerini [42], Ingenias etmen bakış açısı modellerini [89] ve FAML metodolojisi rol eşleşme diyagramlarını [53] önermiştir. Tez çalışması kapsamında rolleri sistemin analizinde soyutlama amacıyla kullanan en önemli çalışma olan Gaia'nın temsil yöntemi benimsenmiştir [51].

Durum çalışmasına ilişkin etmen modeli Şekil 3.17'de yer almaktadır. Çoklu etmen organizasyonunda yer alan iki etmene "*Satış Uzmanı*" rolü, bir etmene "*Tedarik Zinciri Sorumlusu*" rolü, bir etmene ise "*Muhasebe Sorumlusu*" rolü atanmıştır.



Şekil 3.17 : Etmen modeli.

Rol teorisinde roller etmenlerin işgal ettikleri sosyal pozisyonlar doğrultusunda edindikleri benlik algılarıdır. Bu tez çalışması kapsamında roller bir dizi bilişsel nitelik ile tanımlanmaktadır, $R = \langle G, G_s, \sigma_r, \pi_r \rangle$. Sırasıyla bu nitelikler, rol kapsamında ulaşılacak istenen bir dizi hedefi (G), sağlanması gereken bir dizi zorunluluğu (yumuşak hedef, G_s), rol ile ilişkili bir dizi yasağı (σ_r) ve rolün temel inanış ve kabullenmelerini (π_r) temsil etmektedir. Etmen platformunun ilklendirilmesi sırasında etmen modeli işletildikten sonra etmenler ilgili organizasyonel otoriteden rol paketlerini alarak oynamak istediği rolün temel karakteristiklerini kazanmaktadır. Etmenler birden çok organizasyona dahil olabilmekte ve her organizasyonda birden çok rol üstlenebilmektedir. Oynanan rol ile birlikte etmen yeni hedefler, yumuşak hedefler, temel inanışlar, alan bilgisi ve rolün uyması gereken temel kural kümesini elde etmektedir.

Bu model kapsamında altının çizilmesi gereken bir diğer nokta ise etmen modeli ile tanımlanan etmen-rol atamaları ile sadece sistemin ilklendirilmesi aşaması modellenmektedir. Sonraki bölümlerde bahsedileceği üzere, tez çalışması kapsamında modellenen etmen sistemi WADE çoklu etmen platformu [26] üzerinde işletilmektedir.

Etmen modeli, WADE sisteminin ayağa kalması için gerekli olan çoklu etmen sistemi topolojisini ("*wade/cfg/types.xml*") yapılandırmaktadır (bkz Şekil 3.18). Çalışma zamanında etmen rollerini veya rolün içeriğini (kapsamını) özerk bir şekilde değiştirebilmektedir.

```
<platform>
  <agentRoles>
    <agentRole description="Workflow Executor"/>
    <agentRole description="Satis Uzmani"/>
    <agentRole description="Tedarik Zinciri Sorumlusu"/>
    <agentRole description="Muhasebe Sorumlusu"/>
  </agentRoles>
  <agentTypes>
    <agentType description="Workflow Engine Agent"
      className="com.tilab.wade.performer.WorkflowEngineAgent" role="Workflow Executor"/>
    <agentType description="Satis Uzmani Etmeni"
      className="tr.edu.itu.agent.SalesAgent" role="Satis Uzmani"/>
    <agentType description="Tedarik Zinciri Sorumlusu Etmeni"
      className="tr.edu.itu.agent.SCMAgent" role="Tedarik Zinciri Sorumlusu"/>
    <agentType description="Muhasebe Sorumlusu Etmeni"
      className="tr.edu.itu.agent.AccountingAgent" role="Muhasebe Sorumlusu"/>
  </agentTypes>
</platform>
```

Şekil 3.18 : WADE etmen yapılandırması.

Ayrıca, roller aracılığıyla etmenin erişebileceği kurumsal bilgi tabanlarını ve gerçekleştirebileceği eylemler de tanımlanmaktadır. Etmen bir rolü üstlendiğinde yeteneklerini (hedeflerini) Dizin Servisi (DS) etmeninin sarı sayfalar hizmetine kaydettirir ve bu bilgi etmen organizasyonu çapında yayınlanır [100]. Bu sayede, işbirlikçi etmenler servis sağlayıcı etmeni dinamik olarak keşfedebilir ve ortak bir hedefe ulaşmak için işbirliği yapabilir.

Etmenler rolleri üstlendikten sonra rollerin hedeflerine ulaşabilmek için hedefe yönelik davranışları (süreçleri) arayabilmeli, en uygun olanı seçmeli ve çalıştırmalıdır. Tezin sonraki bölümlerinde bu davranış keşif, seçim ve işletim mekanizmaları detaylandırılmaktadır.

4. ETMEN TABANLI SÜREÇ İŞLETİM ORTAMI

Günümüzde iş süreci yönetim sistemlerinin amacı, süreç otomasyonunu sağlamaktan iş uzmanlarının karar verme işlemlerine yardımcı olmaya doğru kaymaktadır [1]. Bu doğrultuda, yeni nesil İSYS çözümleri sadece kontrol akışlarının yürütülmesine odaklanmamalı, aynı zamanda aktörlerin bilişsel yönlerini de yakalamalı ve karar verme süreçlerini desteklemelidir. Bir İSYS'nin sağlayabileceği nihai karar desteği, stratejik hedeflere ulaşmak için eylemler önermektir. Bu amaçla cevaplanması gereken sorular şunlardır: organizasyonel hedeflere ulaşmak için hangi iş süreçlerinden yararlanılabilir, alternatifler arasında hangi süreç daha iyidir, süreci işletmek için koşullar uygun mu ve süreç işletimi kural ihlaline neden olur mu? İş süreçleri yönetiminde süreç planlaması kapsamında bu sorular cevaplanmaya çalışılmaktadır. Bu bölümde, karar verme işlemlerini desteklemek için Bölüm 3'te oluşturulan kavramsal modellerinin nasıl kullanılabileceği detaylandırılmaktadır.

Literatürde, bir başlangıç durumu, bir hedef durum ve bir dizi işleyişleri tanımlanmış davranış içeren bir modeli kullanarak sonuca yönelik bir eylem dizisi (yani plan) üretmeyi amaçlayan çeşitli süreç planlama çalışmaları bulunmaktadır [101]. Bu çalışmaların önemli bir kısmı, uyarlanabilir süreç planlaması için klasik planlama yaklaşımlarını kullanmaktadır. Bununla birlikte, teorik planlama araştırmalarının yetenekleri ile gerçek dünya planlamasının gereksinimleri arasında bazı eksiklikler bulunmaktadır. Teorik planlama yaklaşımı, süreç katılımcılarının öngörülemez niyetleri nedeniyle tahminlenebilir olmayan ve bilgi tamlığının garanti edilemediği iş ortamları için yetersiz kalabilmektedir. Ayrıca süreç yönetiminde süreç katılımcılarına halihazırda atanmış olan faaliyetleri radikal bir şekilde değiştirmekten kaçınarak, sürecin sadece uyarlanması gereken bölümlerini güncelleyerek, çalışan bir sürecin uyarlanması daha arzu edilmektedir [1]. Bu amaçla, tez kapsamında geliştirilen hedef tabanlı süreç modelleri ile uyumlu olarak, çalışma zamanı uyarlanabilirliği ve karar desteği için hedef odaklı bir yaklaşım benimsenmiştir.

Hedef odaklı süreç planlamasında, gerçekleştirilecek somut faaliyetler, hedef görevin hayata geçirilmesi anında mevcut ortam koşullarına göre belirlenmektedir [13, 102]. Bu amaçla, mevcut bağlamla uyumlu hedefe yönelik en umut verici süreci önerebilmek için en iyi öncelikli aramaya dayalı bir buluşsal yöntem benimsemektedir. Bu yaklaşımın özünde "en iyi" eylemlerin seçimi yatmaktadır. Bunun için şu sorulara cevap bulunmalıdır: süreç arama alanını kısıtlamanın en iyi yolu nedir ve gelecek vaat eden çözümleri belirlemek için bilgi çalışanının süreç seçimi buluşsalları nasıl dijitalleştirilebilir? Bu doğrultuda tez çalışması üç aşamalı bir çözüm önermektedir. İlk olarak, eldeki mevcut girdileri kullanarak verilen bir hedefe ulaşabilecek süreçleri verimli bir şekilde aramak ve ilgiye göre sıralamak için süreç keşfi yapılmaktadır. İkinci olarak, bilgi çalışanlarının süreç kalite değerlendirmesi, süreçlerin organizasyon hedefleri ve iş kuralları ile uyumunu kontrolü gibi uzmanlıklarını dijitalleştirerek en uygun süreci belirlemek için otomatik süreç seçimi yapılır. Üçüncü olarak, hedefe ulaşabilecek bir süreç bulunamıyorsa, harici bir planlayıcı kullanılarak bir çözüm oluşturulur ve önerilir. Devam eden bölümlerde, bağlam bağımlı bir planlama altyapısı oluşturularak süreç önerisini yönlendiren süreç keşfi, süreç seçimi ve süreç birleştirme modülleri tanıtılmaktadır.

4.1 Süreç Keşfi

Değişen koşullara uyum sağlama işlemi her zaman mevcut seçeneklerin belirlenmesi ve uygunluğu en yüksek yapılandırmanın uygulanması ile sağlanmaktadır. Bu doğrultuda etmenlerin değişen ortam koşullarına uyum sağlayarak hedeflerine ulaşabilmek için hangi davranışları sergileyeceklerini ve hangi süreçleri işleteceklerini özerk bir biçimde belirleyebiliyor olması gerekmektedir. Süreç keşif, veya eşleştirme, modülü, Süreç Kayıtcı Etmen tarafından yönetilen süreç deposundan bir hedefi gerçekleştirebilecek tüm süreçlerin bulunmasını amaçlamaktadır. Bu işlem, Süreç Kayıtcı Etmen tarafından yürütülen:

1. Hedef modeli tabanlı hedef eşleme,
2. Alan modeli tabanlı anlamsal, yapısal ve sözdizimsel süreç imzası (girdi ve çıktı) eşleştirme,
3. Keşfedilen süreçlerin ilgililik durumuna göre sıralanması

adımlarını kapsamaktadır. Süreç imzasının yanı sıra sürecin ön koşul ve etkileri de sürecin mevcut ortam koşulları ile uyumluluğunu belirlemek için önemlidir. Ne var ki, ön koşul ve etkilerin doğrulanması, süreci işleten etmenin ortam algısına ihtiyaç duymaktadır ve bu işlem Süreç Kayıtcı Etmen tarafından gerçekleştirilememektedir. Bu sebeple süreç işlevsel niteliklerinin (ön koşul ve etkilerin) doğrulanması aktör etmen tarafından gerçekleştirilen süreç seçim aşamasına ertelenmiştir.

Anlamsal süreçler İSYO ile tanımlanmaktadır ve süreç girdi ve çıktıları AOD kavramları ile ve süreç işlevsel nitelikleri AAKD kural bileşenleri ile temsil edilmektedir. Bu doğrultuda, anlamsal bir süreç $P = \langle id, G, I, O, Pre, Eff \rangle$, olarak ifade edilmekte ve sırasıyla bir tanımlayıcı, hedef modelinde tanımlanan bir hedef (G), anlamsal modelde tanımlanan kavramlara referans veren girdi (I) ve çıktılar (O), ön koşullar (Pre) ve etkiler (Eff) ile tanımlanmaktadır. Süreç keşfi için süreç imzasını oluşturan hedefler, girdi ve çıktılar kullanılmaktadır.

4.1.1 Hedef eşleşmesi

Süreç eşleşme isteği " Req " ve süreç deposundan önerilen P sürecinin hedef eşleşmesi mantıksal kapsama ilişkisi ile tanımlanmaktadır. Önerilen P sürecinin hedefi ile " Req " istek sürecinin hedef eşleşmesi şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\forall G_{Req} \in goal(Req) \wedge \exists G_P \in goal(P) : G_{Req} \sqsubseteq G_P$$

Bu ifadelerde $\sqsubseteq$ operatörü hedef sıradüzeninde alt sınıf (kapsama) ilişkisini temsil etmektedir.

4.1.2 Anlamsal eşleşme

Anlamsal ağ servislerinin mantık tabanlı eşleşmesi [103] ile paralel bir şekilde, süreç imzası mantıksal eşleşme dereceleri aşağıda tanımlanmıştır. Bu ifadelerde $\sqsubseteq_1$ operatörü alan modeli taksonomi ağacında doğrudan alt sınıf (kapsama) ilişkisini, $\equiv$ kavramların eşitliğini temsil etmektedir.

Tam eşleşme: P süreci Req isteği ile tam eşleşmekte ise

$$\begin{aligned} &\forall I_P \in in(P) \wedge \exists I_{Req} \in in(Req) : I_P \equiv I_{Req} \wedge \\ &\forall O_P \in out(P) \wedge \exists O_{Req} \in out(Req) : O_P \equiv O_{Req} \end{aligned}$$

Eklenti eşleşme: P süreci Req isteği ile eklenti eşleşmekte ise

$$\begin{aligned} & \forall I_P \in in(P) \wedge \exists I_{Req} \in in(Req) : I_P \sqsupseteq I_{Req} \wedge \\ & \forall O_P \in out(P) \wedge \exists O_{Req} \in out(Req) : O_{Req} \sqsupseteq_1 O_P \end{aligned}$$

Kapsayan eşleşme: Req isteği P sürecini kapsamakta ise

$$\begin{aligned} & \forall I_P \in in(P) \wedge \exists I_{Req} \in in(Req) : I_P \sqsupseteq I_{Req} \wedge \\ & \forall O_P \in out(P) \wedge \exists O_{Req} \in out(Req) : O_{Req} \sqsupseteq O_P \end{aligned}$$

Kapsanan eşleşme: Req isteği P süreci tarafından kapsanmakta ise

$$\begin{aligned} & \forall I_P \in in(P) \wedge \exists I_{Req} \in in(Req) : I_P \sqsupseteq I_{Req} \wedge \\ & \forall O_P \in out(P) \wedge \exists O_{Req} \in out(Req) : O_P \equiv O_{Req} \vee O_{Req} \sqsubseteq_1 O_P \end{aligned}$$

Anlamsal benzerlik olarak eşleşme dereceleri şu şekilde sıralanmaktadır:

Tam Eşleşme > Eklenti Eşleşme > Kapsayan Eşleşme > Kapsanan Eşleşme

4.1.3 Yapısal eşleşme

Alan modelinde yer alan iki kavram arasındaki anlamsal benzerliği değerlendirmek için başka bir öneri de, kavramların sıradüzende ne kadar yakından ilişkili oldukları ile tanımlanmaktadır. Bu sayede sadece sıradüzendeki alt-üst sınıf ilişkilerinden değil, komşuluk ilişkilerinden de faydalanılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, sınıflandırma ağacı en son ortak ata (ESOA) uzaklık ölçüsü kullanılmıştır.

4.1.4 Sözdizimsel eşleşme

Mantıksal eşleşme yöntemleri kullanılarak belirlenen süreç eşleşmeleri yüksek bir doğrulukla sonuç elde etmekte (bkz. Şekil 4.2) ve insan müdahalesi olmadan etmenlerin ilgili süreçleri bulmasına olanak tanımaktadır. Ne var ki, anlamsal ağda yer alan çoğu ontoloji diğer ontolojiler ile bağlı olmayan, sadece taksonomik sıradüzenlerin tanımlandığı bir yapıya sahiptir. Mevcut ontolojilerde karşılaşılan bu anlamsal ilişkilerin (örn. owl:equivalentClass ve owl:disjointWith ilişkilerinin) eksikliği mantık tabanlı çıkarsama motorları kullanılarak kavram uzaylarının tümleştirilmesini engellemektedir. Örneğin, iki farklı ontolojide tanımlanmış olan

ont1:Employee ve ont2:Employee arasında `owl:equivalentClass` veya `rdfs:subClassOf` ilişkileri tanımlanmadığı sürece mantık tabanlı eşleştiriciler bu kavram eşleşmelerini tespit edememektedir. Bu sebeple mantık tabanlı eşleştiricilerin sözdizimsel eşleştiriciler ile desteklenmesi gerekmektedir [104]. Tez çalışması kapsamında birbirini tamamlayan iki sözdizimsel eşleştirme yöntemi uygulanmıştır.

İlk olarak, ontoloji eşleştirme alanında daha başarılı sonuçlar üretmesinden ve çalışma zamanı başarımından dolayı Jaccard benzerliği kullanılmıştır [105]. Jaccard tabanlı yöntem iki farklı ontolojide geçen benzer isimli kavramların (örn. ont1:Employee ve ont2:Employee) ilişkilendirilmesini başarılı bir şekilde yapmaktadır. Ne var ki bu yöntem eş anlamlı, yakın anlamlı ve kısaltmaların eşleştirilmesinde (örn. ont1:Employee ve ont2:Staff) yetersiz kalmaktadır. Bu amaçla tez çalışması kapsamında Jaccard benzerlik yöntemi, kelime vektör temsilleri tabanlı bir yöntem ile desteklenmiştir.

Word2Vec yöntemi [106] ile metinlerin sözdizimsel benzerliklerinin ötesinde kavramsal ilişkilerinin de benzerliğin hesaplanmasında kullanılması hedeflenmektedir. Word2Vec aslen metin işleyen iki katmanlı bir yapay sinir ağıdır. Girdi olarak bir metin kitaplığı almakta ve her kelime için nitelik vektörleri oluşturmaktadır. Word2Vec, kelimelerin birlikte kullanılma sıklıklarını inceleyerek çok boyutlu vektör uzayında sıklıkla birlikte kullanılan kelimelere ilişkin vektörleri gruplamaya çalışmaktadır. Bunun sonucunda meşe, karaağaç, huş ağacı gibi kelimeler uzayda bir noktada toplanırken, savaş, anlaşmazlık, kavga gibi kelimeler başka bir noktada bir araya gelmektedir. Alan modelindeki kavramlara ilişkin word2vec kelime uzayları Tablo 4.1'de verilmiştir. Bu çalışma kapsamında Google News¹ sitesine ait ingilizce metin kütüphanesi (3 milyar kelime) kullanılarak ön eğitilmiş bir Word2Vec modeli² kullanılmıştır.

Ne var ki, sözdizimsel eşleme yöntemleri kullanılarak keşfedilen süreçler mantık tabanlı yöntemler ile bulunan süreçlerde olduğu gibi diğer süreçlere doğrudan bağlanamamaktadır. Çünkü keşfedilen sürecin, istenen süreç tanımı ile uyumlu olduğunu bilsek bile bu kavramların dönüşümünü yapabilecek veri arabulucularına ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin ont1:Employee kavramının nitelikleri (name,

¹<https://news.google.com/>

²<https://github.com/mmihaltz/word2vec-GoogleNews-vectors>

Çizelge 4.1 : Alan modeli Word2Vec örnek kelime uzayı.

Kelime	En Yakın 10 Kelime
receipt	receipts, payment, depository, depository, debit, cheque, invoices, issuance, transaction, payable
payment	payments, pay, paying, fees, paid, repayment, cash, fee, taxes, expenses
cargo	freight, ship, freighter, ships, cargoes, container, shipping, carrying, vessel, tanker
price	prices, cost, market, costs, value, pricing, share, priced, commodity, \$
product	products, brand, sales, consumer, brands, quality, components, production, value, software
delivery	deliveries, crude, delivering, supplies, futures, contract, brent, mercantile, services, supply
location	locations, proximity, site, located, area, vicinity, destination, venue, place, geographical

surname, id ...) kullanılarak bir ont2:Staff kavramı örneği (name, lastname, no) oluşturulmalıdır. Bu arabulucuların geliştirilmesi tez çalışmasının kapsamı dışında tutulmuştur ve çalışma zamanında veri arabulucu etmen tarafından bir arabulucu havuzunun [107] diğer etmenlere sunulduğu kabullenilmiştir.

4.1.5 Süreç keşif başarımlı sına veri kümesi

Anlamsal süreç yönetim sistemlerinin ve bileşenlerinin sınanmasına yönelik literatürde bir çalışma veya açık kaynaklı bir veri kümesi bulunmamaktadır [108]. Buna ek olarak süreçler kurumların önemli birer varlığı olduğu için genel erişime genellikle açılmamaktadır. Bu kısıtlar doğrultusunda anlamsal süreç ve anlamsal ağ servislerinin yapısal benzerliğinden yola çıkılarak literatürde yer alan anlamsal ağ servisi standart veri kümeleri, anlamsal süreç veri kümelerine dönüştürülerek tez kapsamında kullanılmıştır.

Tez çalışması kapsamında OWLS-TC4 veri kümesi [109] temel alınarak yeni bir anlamsal süreç keşfi test kümesi oluşturulmuştur. OWLS-TC4 veri kümesi seyahat, eğitim, turizm, gıda ve e-sağlık başta olmak üzere farklı uygulama alanlarından 1083 servis tanımı içermektedir. Bu veri kümesi birçok enstitünün katılımı ile gerçek servisler temel alınarak (IBM UDDI kayıtları temel alınarak)

geliştirilmiştir ve anlamsal ağ servisi eşleştirme çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Test verisinde kullanılan SUMO (Suggested Upper Merged Ontology)³ ve MILO (Mid-level Ontology) [110] gibi ontolojiler de endüstri tarafından etkin olarak kullanılan modellerdir. Anlamsal ağ'da yer alan çoğu ontolojide olduğu üzere bu ontolojiler çoğunlukla sınıflandırmaya dayalı (taksonomik) tanımlar içermektedir. Anlamsal eşleştirmelerin yapılmasını zorlaştıran bu durum veri kümesinin zayıflığından ziyade gerçek dünya ile uyumunu göstermektedir.

OWLS-TC4 test kümesi 1083 anlamsal ağ servisi tanımından, 42 test isteğinden ve bu isteklere karşı keşfedilmesi beklenen servislerden oluşmaktadır. Keşif sonuçları ikili değer (ilişkili ve ilişkili değil) ve derecelendirilmiş ilişki ("0-ilişkisiz"den "3-çok ilişkili"ye kadar dört derece) olarak sunulmuştur. Sunulan 160 servisin ve 18 örnek isteğin AAKD dilinde tanımlanmış önkoşul ve etkisi bulunmaktadır.

Tez çalışma kapsamında bu veri kümesinin kullanılabilmesi amacıyla AOD-S (OWL-S) [111] anlamsal servis tanımlarını İSYO anlamsal süreç tanımlarına [112] dönüştüren bir modül gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan bu yeni anlamsal süreç veri kümesine, kaynak veri kümesi ile uyumlu olarak, İSYO-TC4 adı verilmiştir. Geliştirilen dönüşüm modülü ve test kümesi github'da açık kaynak olarak yayınlanmıştır⁴.

AOD-S servis modeli üç temel bileşenden oluşmaktadır⁵:

1. Servis Profili: Servisin amacını tanımlamaktadır. Bu tanımlardan en önemlileri işlevsellik tanımlarıdır, bunlar:
 - (a) Girdi: Servisin çalışması için gerekli olan bilgiler.
 - (b) Çıktı: Servisin çalışması sonucu üretilen bilgiler.
 - (c) Ön koşul: Servisin çalışabilmesi için sağlanması gereken ortam koşulları.
 - (d) Sonuç: Servisin çalışması sonucu sağlanan ortam koşulları.
2. Servis Modeli: Servis modeli servisin nasıl çalıştığını ve etkileşimde bulunduğunu tanımlamaktadır.

³<http://www.adampeace.org/OP/>

⁴<https://github.com/asbpm/asbpm>

⁵<https://www.w3.org/Submission/OWL-S/>

3. Servis Temeli (Service Grounding): Servise nasıl erişileceğini tanımlamaktadır. Servisin soyut tanımından somut (ASTD, WSDL) gerçekleştirimine dönüşümü tanımlamaktadır.

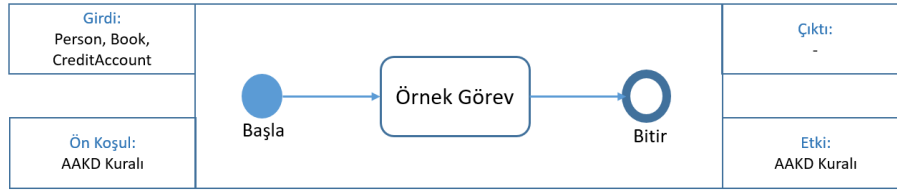
Çizelge 4.2’de kitap satışına ilişkin örnek bir anlamsal ağ servis tanım profili verilmiştir ("*bookpersoncreditaccount_service.owl*s"). Gösterimin anlaşılır olması amacıyla servis tanımında model ve temel kısımlarına yer verilmemiştir. Bu örnek servisin yapısı incelediğinde kullanıcı, kredi kartı hesabı ve kitap bilgisi olmak üzere üç girdisi olduğu görülmektedir. AAKD biçiminde verilen ön koşullar incelendiğinde servisin çalışabilmesi için kullanıcının yetkilendirilmiş (sisteme giriş yapmış), kredi kartı hesabının kabul edilmiş ve kredi kartı sahibinin kullanıcının kendisinin olması beklenmektedir. Servis bir çıktı üretmemekle beraber son koşullarında servisin çalışması sonucunda kitabın kullanıcının alışveriş sepetine eklendiği görülmektedir.

Çizelge 4.2 : Kitap satış servisi profili.

```
<profile:Profile rdf:ID="CREDITACCOUNTBOOKPERSON_PROFILE">
  <profile:serviceName xml:lang="en">Book Shopping</profile:serviceName>
  <profile:textDescription xml:lang="en">This service checks credit account of an
  authorised user and adds the selected book in his shopping cart.
  </profile:textDescription>
  <profile:hasInput rdf:resource="#_PERSON"/>
  <profile:hasInput rdf:resource="#_BOOK"/>
  <profile:hasInput rdf:resource="#_CREDITACCOUNT"/>
  <profile:hasResult rdf:resource="#BookOrdered"/>
  <profile:hasPrecondition rdf:resource="#Authorization"/>

  <process:AtomicProcess rdf:ID="CREDITACCOUNTBOOKPERSON_PROCESS">
    <service:describes rdf:resource="#CREDITACCOUNTBOOKPERSON_SERVICE"/>
    <process:hasInput rdf:resource="#_PERSON"/>
    <process:hasInput rdf:resource="#_BOOK"/>
    <process:hasInput rdf:resource="#_CREDITACCOUNT"/>
    <process:hasPrecondition>
      <expr:SWRL-Condition rdf:ID="Authorization">
        accountHolder(#_PERSON, #_CREDITACCOUNT) ^ Accepted(#_CREDITACCOUNT) ^
        Authorized(#_PERSON)
      </expr:SWRL-Condition>
    </process:hasPrecondition>
    <process:hasResult>
      <process:Result rdf:ID="BookOrdered">
        <process:hasEffect>
          <expr:SWRL-Expression>
            ShoppingCartRequestItems(#_BOOK)
          </expr:SWRL-Expression>
        </process:hasEffect>
      </process:Result>
    </process:hasResult>
  </process:AtomicProcess>
```

İSYO ve AOD-S üst modellerinin yapıları birbirinden farklı olmakla beraber anlamsal tanımlama yapılarının iki modelde de karşılığı bulunmaktadır. Çalışmanın bu aşamasında süreç bulma bileşeni sınanacağı için anlamsal servisin tek bir görev içeren bir sürece dönüştürülmesi planlanmıştır (bkz. Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : AOD-S'den İSYO biçimine süreç dönüşümü.

Bu dönüşümün yapılabilmesi için AOD-S servis tanımları Apache Jena⁶ kütüphanesi kullanılarak çözümlenmiş ve wsmo4j⁷ kütüphanesi kullanılarak anlamsal süreçlere dönüştürülmüştür (Çizelge 4.3). Otomatik olarak gerçekleştirilen bu dönüşüme ek olarak, AOD-S servis tanımlarında hedef olmamasından dolayı, hedef modeli ile uyumlu bir şekilde manuel olarak hedefler atanmıştır.

Süreç kapsamında kullanılan ontolojiler Apache Tomcat⁸ uygulama sunucusu kullanılarak yerel olarak yayınlanmıştır. Bu sayede süreç keşif bileşeninin ontolojilere http protokolü üzerinden kolay erişimi sağlanmıştır.

4.1.6 Süreç keşif başarımının sınanması

Tez çalışması kapsamında önerilen farklı süreç keşif yaklaşımları için eşleştirme, sıralama ve çalışma zamanı başarımlarının sınanmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla yine tez kapsamında geliştirilen İSYO-TC4 test veri kümesi kullanılmıştır.

İlk olarak keşif sonuçlarının ikili değer (ilişkili ve ilişkili değil) olarak tutulduğu test veri kümesi kullanılarak süreç eşleştirme başarımı sınanmıştır. Tez kapsamında geliştirilen yöntemlerin veri kümesi üzerindeki sonuçları Şekil 4.2'de verilmiştir. Bu sınama için farklı eşleşme yöntemleri ve kombinasyonları için keşif modülü test edilmiştir. İlk olarak eşik değeri 1 olarak ayarlanmış ve duyarlılık (precision) = 1 olacak şekilde sadece tam eşleşmeler göz önüne alınarak ölçümler başlamıştır. Bu test kapsamında 42 test isteği için ikili değer sonuçları göz önüne alınarak her eşik değeri için duyarlılık ve anma (recall) değerleri hesaplanmıştır. Her adımda 42 keşif isteği cevabına ilişkin duyarlılık ve anma değerleri için mikro ortalama alınarak ortalama duyarlılık ve anma değerleri hesaplanmıştır. Duyarlılık ölçütü ile keşif sonuçlarının ne

⁶<https://jena.apache.org/>

⁷<http://wsmo4j.sourceforge.net/>

⁸<http://tomcat.apache.org/>

Çizelge 4.3 : Kitap satış süreci tanımı.

```

instance Process_1497890674035 memberOf Process
  hasName hasValue "Book Shopping"
  hasDescription hasValue "This service checks credit account of an
  authorised user and adds the selected book in his shopping cart."
  hasBusinessProcessGoal hasValue
  _"http://itu.edu.tr/ontologies/BookShopping"
  hasWorkflow hasValue Workflow_1497890674035

instance Workflow_1497890674035 memberOf Workflow
  hasWorkflowElement hasValue StartEvent_1

instance StartEvent_1497890674035_1950721550 memberOf StartEvent
  hasName hasValue "Başla"

instance ConditionalflowConnector_1 memberOf ConditionalflowConnector
  hasSource hasValue StartEvent_1
  hasTarget hasValue Task_1

instance Task_1 memberOf Task
  hasName hasValue "Örnek Görev"
  providesCapability hasValue SemanticCapability_effect
  requestsCapability hasValue SemanticCapability_precond
  receivesData hasValue {DataTypeEntity_1, DataTypeEntity_2,
  DataTypeEntity_3 }

instance SemanticCapability_effect memberOf SemanticCapability
  hasSemanticDescription hasValue "Effect SWRL expression"

instance SemanticCapability_precond memberOf SemanticCapability
  hasSemanticDescription hasValue "Precondition SWRL expression"

instance DataTypeEntity_1 memberOf DataEntity
  hasContent hasValue "#CreditAccount"

instance DataTypeEntity_2 memberOf DataEntity
  hasContent hasValue "#Person"

instance DataTypeEntity_3 memberOf DataEntity
  hasContent hasValue "#Book"

instance ConditionalflowConnector_2 memberOf ConditionalflowConnector
  hasSource hasValue Task_1
  hasTarget hasValue EndEvent_1

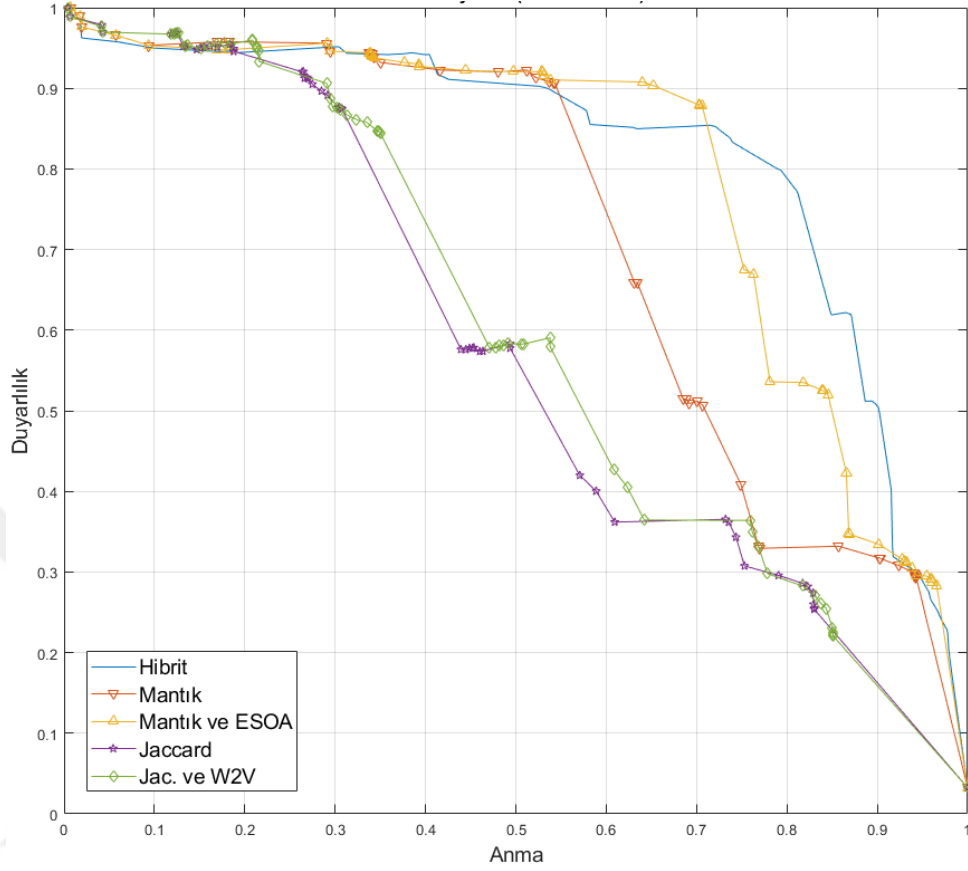
instance EndEvent_1 memberOf EndEvent
  hasName hasValue "Bitir"

```

kadar doğru olduğu, anma ölçütü ile de algoritmanın keşfetmesi gereken süreçlerin ne kadarını bulabildiği ölçülmektedir.

$$duyarlılık_{mikro} = \frac{\sum_{\lambda=1}^q tp_{\lambda}}{\sum_{\lambda=1}^q tp_{\lambda} + \sum_{\lambda=1}^q fp_{\lambda}} \quad (4.1)$$

$$anma_{mikro} = \frac{\sum_{\lambda=1}^q tp_{\lambda}}{\sum_{\lambda=1}^q tp_{\lambda} + \sum_{\lambda=1}^q fn_{\lambda}} \quad (4.2)$$



Şekil 4.2 : Mikro-ortalama anma/duyarlılık süreç keşif başarımı.

Yöntemlerin genel başarımının ölçülmesi için duyarlılık anma eğrisi altındaki alan (precision recall area under curve) metriği kullanılmıştır (bkz. Çizelge 4.4). Bu metriğin hesaplanması için Matlab "Trapezoidal Numerical Integration", trapz(anma, duyarlılık), işlevi kullanılmıştır.

Çizelge 4.4 : Keşif ve sıralama başarımı.

	Hibrit	Mantık ve ESOA	Mantık	Jac ve W2V	Jaccard
EAA	0,82	0,79	0,71	0,59	0,57
nİKK	0,851	0,824	0,768	0,628	0,608
OSCS	3,88	1,04	0,77	3,12	0,55

Süreç keşif yazılımının ikinci sorumluluğu ise keşfedilen süreçleri ilgililik derecesine göre sıralamaktır. Keşif bileşeni bunun için süreç isteği ile cevap arasındaki

benzerlik değerini kullanmaktadır. Keşif sonuçları benzerliklerine göre azalan sırayla sıralanmakta ve sınama kümesi derecelendirilmiş sonuçlara göre normalize edilmiş indirimli kümülatif kazanç ($n\dot{I}KK$), normalized discounted cumulative gain ($nDCG$), metriği ile değerlendirilmiştir (bkz. Çizelge 4.4).

$$KK_p = \sum_{i=1}^p rel_i \quad (4.3)$$

$$\dot{I}KK_p = \sum_{i=1}^p \frac{2^{rel_i} - 1}{\log_2(i + 1)} \quad (4.4)$$

$$n\dot{I}KK_p = \frac{\dot{I}KK_p}{i\dot{I}KK_p} \quad (4.5)$$

Bu formülde $i\dot{I}KK$ değeri ideal indirimli kümülatif kazançtır ve sınama veri kümesinde yer alan beklenen ideal sıralama sonucu üzerinden hesaplanmaktadır.

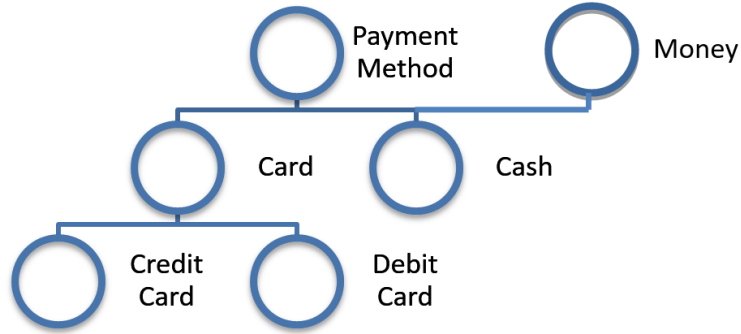
Son olarak, test kümesinde yer alan 42 istek için ortalama sorgu cevap süresi (OSCS) her yöntem için saniye cinsinden Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Her eşleşme yönteminin kendine göre güçlü ve zayıf olduğu durumlar olabilmektedir. Mevcut eşleşme yöntemlerinin tüm güçlü özelliklerinden faydalanmak amacıyla, tüm eşleşme yaklaşımların bir arada kullanıldığı hibrit keşif yöntemi geliştirilmiş ve sınanmıştır. Hibrit yöntem ilk olarak taksonomik ilişkilerden faydalanarak anlamsal eşleşme yapmaktadır. Eşleşme bulamaması durumunda sözdizimsel ve yapısal eşleşmeleri denemektedir. Bunun sonucunda hibrit yöntem ile en iyilenmiş benzerlik eşik değeri doğrultusunda 0,8005 duyarlılık, 0,7887 anma ve 0,7945 F1 değeri elde edilmiştir. Bu doğrultuda sistem % 79.45 doğruluk ile ilgili süreçleri bulabilmektedir. Ayrıca bulduğu sonuçları % 85 doğrulukla sıralayabilmektedir.

4.1.7 Süreç keşif başarımı sınama sonuçlarının değerlendirmesi

Yapılan testler sonucunda mantık tabanlı yöntemlerin yüksek duyarlılık ile çalıştığı fakat düşük anma sergilediği görülmüştür (Şekil 4.2 "Mantık" eğrisi). Ayrıca bu yöntem hız olarak da gayet başarılıdır (0,77 sn OSCS, Çizelge 4.4). Test sonuçları üzerinde eşleştirelemeyen (false-negative) sonuçlar incelendiğinde bulunamayan sonuçların ontoloji sıradüzenlerinin doğru oluşturulmamasından kaynaklandığı

görülmüştür. Sınama veri kümesinde kullanılan alan ontolojileri endüstride hali hazırda kullanılan ontolojilerdir. Bu sebeple benzer sorunların gerçek hayat senaryolarında da gözlenmesi beklenmektedir. Bu sorunun aşılması için mantık tabanlı yöntemlerin en son ortak ata (ESOA) uzaklığı metriği ile desteklenmesi sınanmıştır.



Şekil 4.3 : Finans ontolojisi sıradüzeni.

Şekil 4.3'te İSYO-TC4 veri kümesinde yer almakta olan "*finance_th_web*" ontolojisine ait bir sınıf sıradüzeni verilmiştir. Örneğin girdi parametresi olarak Kart (Card) alan bir süreç arayışımız olduğunu varsayalım. Mantıksal eşleşme yöntemleri ile sadece Kredi Kartı ve Banka Kartı alan süreçler eşleşecektir. Fakat daha düşük bir benzerlikle de olsa Nakit ödeme yöntemlerinin de eşleşmesi istenmektedir. ESOA yöntemi iki sınıf arasında sıradüzende ortak bir ata olup olmadığına bakılmaktadır ve ortak atanın uzaklığına göre bir benzerlik hesaplamaktadır. Bu yeni metrik mantık tabanlı yöntemin anma başarımını dramatik bir şekilde arttırdığı görülmüştür (Şekil 4.2 "Mantık ve ESOA" eğrisi).

Metin benzerliği tabanlı Jaccard metriği çoğu zaman mantık tabanlı yöntem ile aynı sonuçları getirmiştir ama sıradüzensel ilişkileri ele alamadığı için daha düşük bir duyarlılık elde etmiştir (Şekil 4.2 "Jaccard" eğrisi). Ama bu yöntemin birbiri ile ilişkilendirilmemiş olan ontolojiler arasında bağ kurduğu görülmüştür. Bu açıdan mantık tabanlı yöntemin keşfedemediği bazı sonuçları da bulmayı başarmıştır. Jaccard benzerlik yöntemi en hızlı çalışan yöntem olmuştur (0,55 sn OSCS, Çizelge 4.4).

Metin tabanlı Jaccard yöntemi word2vec ile desteklenerek kelimelerin sadece sözdizimsel değil bağlam doğrultusundaki yakınlıkları da ele alınmaya çalışılmıştır. Word2vec yöntemi bir ontolojiye ihtiyaç duymadan kelimelerin birlikte kullanılma istatistiklerine bakarak "Araba" ve "Taşıt" kelimelerinin birbiri ile yakın ilişkili olduğunu çıkarsayabilmektedir. Bu sayede bu iki kelimenin Jaccard benzerliği

sıfırken, word2vec ile aradaki anlamsal ilişki tespit edilebilmektedir. Bu yöntemin test kümesindeki etkisi kısıtlı olmuştur (Şekil 4.2 "Jac. ve W2V" eğrisi). Bunun sebeplerinden biri Google News veri kümesi üzerinde eğitilmiş olan bir word2vec modeli kullanılmasıdır. Bu modelin kurumsal dokümanlar üzerinde alana özel eğitilmesi ile daha başarılı sonuçlar elde edileceği düşünülmektedir. Ayrıca word2vec yönteminin kısıtlı belleğe (16 GB) sahip bir donanımda çok yavaş çalıştığı ve yöntemler arasında en yavaşı olduğu gözlenmiştir (3,12 sn OSCS, Çizelge 4.4).

Son olarak verilen tüm yöntemlerin (mantık tabanlı, ESOA, Jaccard ve word2vec) bir arada kullanıldığı hibrit yöntem beklenildiği üzere 0,82 EAA değeri ile en yüksek başarıyı elde etmiştir. Ayrıca, hibrit yöntem 0.851 nİKK değeri ile istenene çok yakın bir sıralama gerçekleştirebilmiştir (Çizelge 4.4).

Son olarak, oluşturulan sınama veri kümesinde süreçlerin hedefleri bulunmamaktadır, sadece süreç tanımı (girdi, çıktı, önkoşul ve etki) üzerinden bir eşleşme yapılabilmektedir. Mevcut koşullarda bile yüksek bir başarıyı elde edilirken, hedef tanımlarının da olduğu süreç kümelerinde bu başarının daha da artacağı görülmüştür.

4.2 Süreç Seçimi

Süreç Kayıtçı Etmeni gelen hedefe yönelik süreç keşfi isteği doğrultusunda arama yaparak ilgiye göre sıralanmış süreçleri istemci etmene göndermektedir. Ne var ki, etmenin değişen koşullara uyum sağlaması işlemi sadece davranışlarını değiştirmesi ile ilgili değildir, bu değişimlerin bir iyileşmeye yönelik de olması gerekmektedir. İş süreçleri yönetimi aynı zamanda "süreç iyileştirme süreci" olarak da tanımlanmaktadır ve bu doğrultuda servis kalitesi süreç seçiminin ve yüksek başarımlı organizasyonların en temel bileşenidir. Süreç seçim bileşeni, iş uzmanlarının süreç kalitesi değerlendirme sezgilerini "akıllı etmenlere" kazandırmayı amaçlamaktadır. Ne var ki, bu işlem basit bir görev değildir. İlk olarak sürece katılan farklı paydaşların (yönetim, bilişim destek hizmetleri, müşteri vb.) farklı süreç kalitesi algıları bulunmaktadır. İkinci olarak, literatürde genel kabul görmüş bir süreç kalitesi değerlendirme metriği bulunmamaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar çoğunlukla tamamlanmamış, sadece sınırlı sayıda etkeni değerlendiren ve çok soyut modellerdir [113–117].

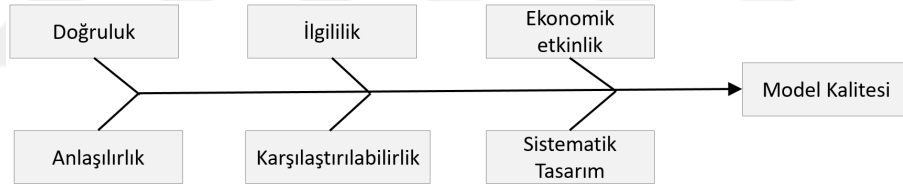
Bu bölümde ilk olarak literatürde yer alan süreç kalitesi değerlendirme modelleri incelenecektir. Daha sonra, bu yaklaşımlar temel alınarak ve somut metrikler ile desteklenerek etmenler tarafından kullanılabilecek bir süreç seçim modeli önerilecektir.

4.2.1 İlgili süreç kalite çalışmaları

Literatürde süreç kalitesini farklı bakış açılarından ve farklı metriklerle değerlendiren bir dizi çalışma bulunmaktadır. Bu başlık altında önde gelen beş yöntem incelenmektedir: Modelleme Kılavuzu [117], 7PMG [118], QoBP çerçevesi [119], PQMM [113] ve QEF çerçevesi [114].

4.2.1.1 Modelleme kılavuzu (GOM)

Modelleme Kılavuzu (Guidelines of Modelling) ile iş süreç modellerinin kalitesinin sağlanması için dikkat edilmesi gereken bir dizi nitelik tanımlanmaktadır [117]. Bu kapsamda kavramsal süreç modellerinin tasarlanmasında izlenmesi gereken altı ilke belirlenmiştir (Şekil 4.4):



Şekil 4.4 : Modelleme kılavuzu ilkeleri.

- Doğruluk ilkesi, tasarlanan modelin gerçek dünya ihtiyaçları ile uyumlu olmasını şart koşmaktadır.
- İlgililik ilkesi, modelde sadece modelin amacına uygun görev ve elemanların yer almasını önermektedir.
- Ekonomik etkinlik ilkesi, süreç modeli üretim maliyetinin belirlenen kaynakları aşmaması gerektiğini belirtmektedir.
- Anlaşılabilirlik ilkesi, modelin ilgili kullanıcılar tarafından kolayca okunabilir ve anlaşılabilir olması gerektiğini belirtmektedir.
- Karşılaştırılabilirlik ilkesi, model içeriklerinin birbiri ile kıyaslanabilir bir şekilde tasarlanması gerektiğini önermektedir.

- Sistematik tasarım ilkesi, süreç tasarımı için farklı bakış açılarını yansıtan ve tümleştiren bir yöntemin kullanılmasını önermektedir.

Modelleme kılavuzu ilkeleri kapsamında belirtilen hedeflere ulaşmak için somut ölçütler tanımlanmamış, sadece iyi bir süreç tasarımı için dikkat edilmesi gereken konular belirtilmiştir. Bu sebeple bu yöntemin iş süreci modellerinin kalitesinin ölçülmesi için doğrudan kullanılması mümkün değildir [118]. Fakat belirtilen ilkelerden bazıları somut metrikler ile temsil edilmeye uygundur, örneğin ilgililik ilkesi yazılım mühendisliğinde kullanılan "iyi uyum" (High Cohesion) kalıbı ile, anlaşılabilirlik ilkesi ise yine yazılım mühendisliğinde kullanılan kod karmaşıklık metriklerinin uyarlanması ile ölçülmeye uygundur [120].

4.2.1.2 7PMG

7PMG yöntemi, süreçlerin anlaşılabilirliğini ve dolayısıyla yönetilebilirliğini arttırmak amacıyla yedi süreç modelleme ilkesi önermektedir [118]. Önerilen bu ölçütler ile süreçlerin karmaşıklığını azaltmayı ve kullanılabilirliğini arttırmayı hedeflemektedir.

Bu doğrultuda 7PMG aşağıda verilen yedi ilkenin uygulanmasını önermektedir:

1. Kullanılan modelleme elemanlarının ve bağlantı sayılarının en az sayıda tutulması gerekmektedir. Büyük modellerin, küçük modellere kıyasla anlaşılmasının daha zor olduğu ve hataya daha eğilimli olduğu belirtilmektedir.
2. Her süreç elemanı için olası yol sayısı en aza indirilmelidir. Süreç modelindeki bir elemanın derecesi (giren ve çıkan bağlantı sayısının toplamı) arttıkça hataya eğilim de artmaktadır.
3. Sadece bir başlangıç ve bir bitiş düğümü kullanılmalıdır. Bu süreç anlaşılabilirliğini ve doğruluk çözümlemesini kolaylaştırmaktadır.
4. Ayrılma ve tümleşim yapıları için benzeşik elemanların kullanılması gerekmektedir.
5. Görevlerin bir fiil ve bir nesne kullanılarak isimlendirilmesi önerilmektedir (örn "evrak kayıt").
6. "Veya" (OR) yönlendirme elemanının kullanımından kaçınılmalıdır. Sadece "ve" (AND) ve "ayrıcalıklı veya" (XOR) yönlendirme elemanlarının kullanılması belirsizlik ve gerçekleştirim sorunlarını engellemektedir.

7. Elli elemandan fazla bileşenden oluşan modeller alt modellere ayrıştırılmalıdır.

7PMG çalışması kapsamında belirtilen iş süreç modeli kalite göstergeleri somut metrikler ile ifade edilebilmektedir. Fakat belirtilen kalite göstergelerinin bir sürecin çalışma zamanı başarımının değerlendirilmesi için tek başına yeterli olmadığı, sadece akış kalitesine odaklandığı, görülmektedir [121].

4.2.1.3 QoBP çerçevesi

QoBP (Quality of Business Process) çerçevesi [119] bir sürecin kalitesini dört boyut altında değerlendirmektedir. Bu boyutlar ve değerlendirilmeleri için belirlenen ölçütler Çizelge 4.5'te yer almaktadır.

- İşlevlerin kalitesi : İşlevler süreçlerin yapı taşı olan işletilebilen bileşenler olarak tanımlanmıştır (görev, alt görev, süreç adımı gibi). Bu başlık altında 13 kalite ölçütü tanımlanmıştır.
- Girdi ve çıktıların kalitesi : İşlevlere ilişkin girdi ve çıktılar süreç kapsamında üretilen ve tüketilen bilgi ve fiziksel kaynakları temsil etmektedir. Bu kapsamda girdi ve çıktıların kalitesini belirleyen 11 ölçüt tanımlanmıştır.
- İnsan olmayan kaynakların kalitesi: İşlevler makine ve yazılım programı gibi insan olmayan kaynaklar tarafından da çalıştırılabilmektedir. Bu kaynakların işleyiş etkinliği tüm sürecin kalitesini etkilemektedir. Bu kapsamda 10 kalite ölçütü tanımlanmıştır.
- İnsan kaynaklarının kalitesi: Süreç kapsamındaki işlevler insanlar tarafından da işletilebilmektedir. Bu doğrultuda personelin yetkinliği sürecin kalitesini doğrudan etkilemektedir. İnsan kaynaklarının kalitesinin değerlendirilmesi için 6 ölçüt belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında genel geçer biçimsel bir iş süreci kalitesi tanımı yapılırken, sağlanması gereken bu nitelikler somut metrikler ile desteklenmemektedir. Bu sebeple belirlenen kalite ölçütlerinin tamlığı veya tüm sürecin kalitesinin nasıl belirleneceği bilinmemektedir. Ayrıca çalışma, sürece ilişkin kalite ölçütleri (işlev, girdi, çıktı gibi) ile süreç yönetiminin kapsamı dışında olan etkenlere ait kalite ölçütlerini (örn. İnsan

Çizelge 4.5 : QOBP kalite boyutları.

İşlev	Girdi/Çıktı	İnsan Olmayan Kaynaklar	İnsan Kaynakları
Uygunluk	Doğruluk	Uygunluk	Alan Bilgisi
Doğruluk	Nesnellik	Doğruluk	Yetkinlik
Güvenlik	İnanılrlık	Güvenlik	Belgeleme
Güvenilirlik	Saygınlık	Güvenilirlik	Deneyim
Anlaşılrlık	Erişilebilirlik	Zaman Etkinliği	Zaman Yönetimi
Öğrenilebilirlik	Güvenlik	Kaynak Kullanımı	İletişim Becerileri
Zaman Etkinliği	Alaka	Yararlılık	
Kaynak Kullanımı	Katma Değer	Kullanıcı Tatmini	
Yararlılık	Dakiklık	Sağlamlık	
Üretkenlik	Tamlık	Geçerlilik	
Sağlamlık	Veri Miktarı		
Kullanıcı Tatmini			

Olmayan Kaynaklar, İnsan Kaynakları) bir arada değerlendirmekte ve süreç kalitesi tanımının dışına çıkmaktadır [114].

4.2.1.4 PQMM

Diğer yaklaşımlar süreç yönetim uzmanları için rehber niteliğinde süreç kalitesi ölçütleri sunarken, ve bu sebeple çoğunlukla sezgisel kalırken, PQMM (Süreç Kalitesi Ölçüm Metriği, Process Quality Measurement Model) [113] ISO/IEC 9126 Yazılım Ürünleri Kalite Standardı'nı [122] temel alarak yazılım sistemleri tarafından kullanılabilen somut ölçütler ortaya koymaktadır. Fakat bu çalışma da, diğer çalışmalarda olduğu üzere, sürecin sadece yapısal özelliklerini kullanarak tasarım zamanına ilişkin bir kalite kestirimi yapmaya çalışmaktadır, süreç işletim başarımına yönelik ölçütler (maliyet, ortalama işletim süresi, müşteri memnuniyeti, çalışma zamanı hata oranı vb.) bulunmamaktadır.

PQMM modeli dört karakteristik için toplam 17 farklı ölçüt önermektedir (Çizelge 4.6). Bakım ölçütleri sürecin ne kadar kolay değiştirilebileceğini, güvenilirlik ölçütleri sürecin sağlamlığını, işlevsellik ölçütleri gerekli işlevsel nitelikleri bulundurup bulundurmadığını ve son olarak kullanılabilirlik ölçütleri sürecin kullanım kolaylığını nitelemektedir.

Çizelge 4.6 : PQMM süreç kalite ölçütleri.

Bakım	Çözümlebilirlik	Karmaşıklık Bağımlılık
Güvenilirlik	Hata Hoşgörüsü	Hatadan kaçınma
	Geri Kazanılabilirlik	Onarım Onarım Etkinliği
İşlevsellik	Uygunluk	İşlevsel yeterlilik İşlevsel Tamlık
	BT İşlevselliği	BT kullanımı BT Yoğunluğu
	Doğruluk	Hesaplama doğruluğu
	Birlikte İşlerlik	Veri alış verişi
	Güvenlik	Erişim denetlenebilirliği
Kullanılabilirlik	Anlaşılabilirlik	İşlevsel anlaşılabilirlik
	Öğrenilebilirlik	Dokümantasyonda yer alma
	İşlerlik	Girdi doğruluk kontrolü Geri alınabilirlik
	Çekicilik	Çekici etkileşim

4.2.1.5 QEF

QEF (Kalite Değerlendirme Çerçevesi, Quality Evaluation Framework) çerçevesi [114] literatürde yer alan süreç kalitesinin değerlendirilmesine yönelik bir çok çalışmayı incelemiş ve bunların büyük bir çoğunluğunun teknik bir bakış açısı yerine yönetsel bir bakış açısına sahip olduğunu ve dolayısıyla çok soyut rehberler niteliğinde olduklarını belirlemiştir. Bu eksikliği gidermek amacıyla, QEF çalışması kapsamında sistematik bir ölçüm yaklaşımı önerilmiştir.

Süreç kalitesi her biri süreci farklı bir bakış açısından ele alan altı boyut (başarım, etkinlik, güvenilirlik, geri kazanılabilirlik, izin ve müsaitlik) ile değerlendirilmektedir. Kalite boyutları farklı kalite etkenleri ile değerlendirilmekte ve her bir etken nicel olarak çeşitli ölçütler ile ölçülmektedir (Çizelge 4.7). Bu doğrultuda, QEF literatürdeki en kapsamlı ve somut süreç kalitesi değerlendirme çerçevelerinden biridir.

Çizelge 4.7 : QEF süreç kalite ölçütleri.

Boyut	Etken	Tanım
Başarım	Verimlilik	Belirli bir zaman aralığının tamamlanan süreç sayısı
	Döngü süresi	Ortalama süreç işletim süresi
	Zamanlılık	Ortalama süreç gecikme zamanı
	Maliyet	Ortalama süreç maliyeti
Etkinlik	Kaynak etkinliği	Ortalama planlanan ve harcanan kaynak oranı
	Zaman etkinliği	Ortalama planlanan ve gerçekleşen işletim süresi oranı
	Maliyet etkinliği	Ortalama planlanan ve gerçekleşen maliyet oranı
Güvenilirlik	Güvenilirlik	Arızasız süreç tamamlanma oranı
	Arıza sıklığı	Belirli bir zaman aralığında gerçekleşen hata miktarı
Geri kazanılabilirlik	Arıza boyu	En son iki arıza arasında geçen hatasız çalışma süresi
	Kurtarma süresi	Arıza giderilene kadar geçen ortalama süre
	Olgunluk	Arızasız süreç tamamlanma oranı
İzin	Yetkilendirme	Süreç işletiminde gerçekleşen yetki ihlali oranı
Müsaitlik	Eksiklik boyu	Süreç işletimini geciktiren son iki girdi eksikliği arası geçen süre
	Erişim süresi	Eksikliğin giderilmesi için geçen ortalama süre
	Mevcut olma	Kaynak eksikliği yaşanmayan süreç işletim oranı

4.2.2 Önerilen süreç seçim yöntemi

Literatürde yer alan çalışmalardan da görüldüğü üzere kurumsal süreçlerin yapısal ve çalışma zamanı başarımlarını ölçmek için pek çok yöntem ve ölçüt bulunmaktadır. Fakat süreçlerin kurumsal değerler üretmek için en temel araçlar olması ve ticari organizasyonların en temel amacının kar etmek olması, süreçlerin başarımının ağırlıklı olarak finansal ölçütlere bakılarak değerlendirilmesi gibi hatalı bir çıkarıma sebep olmaktadır. Süreç uzmanları bu ön yargılı değerlendirmeden kaçınmak için "Kurumsal Karne" (Balanced Scorecard) adı verilen stratejik yönetim aracını geliştirmiştir [18,88]. Bu yöntem bir şirketin stratejisinin anlaşılabilir başarımlar ölçütleri

ile ifade edilmesini sağlamak ve doğru bir çerçevede stratejinin yönetilmesini amaçlamaktadır. Bu amaçla stratejik kararların dört farklı bakış açısından (Finansal, Müşteri, İç süreçler ve Öğrenme) değerlendirilerek verilmesi gerektiği ortaya konmuştur.

Bu tez çalışmasında, Chu ve Lee [121] tarafından yapılan çalışma temel alınarak, iş uzmanlarının çok ölçütlü karar verme yöntemlerini modelleyen ve somut başarımlar ölçütleri ile desteklenen bir kurumsal karne geliştirilmiştir (bkz. Çizelge 4.8). Bakış açılarının değerlendirilmesi için farklı organizasyonlarda farklı yaklaşımlar uygulanabilir ve bir bakış açısının ölçülmesi için farklı ölçütlerden yararlanılabilir. Bu doğrultuda, verilen ölçütler süreç başarımının ölçülmesi için bir temel oluştururken, ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirime açık bir yapıya sahiptir.

Çizelge 4.8 : Süreç seçimi kurumsal karnesi.

Bakış Açısı	Ölçüt	Detaylandırılmış Ölçütler
Finansal	Süreç maliyeti	- Doğrudan maliyet - Gecikme maliyeti
	Süreç eğilimi	- Sıklık
Müşteri	Çeviklik	- Süreç değişim kolaylığı - İşletim süresinin yeterliliği
	Memnuniyet	- Cevap verme yeteneği - Güvenilirlik
İç süreçler	Bakım	- Karmaşıklık - Uyumluluk
Öğrenme	Hedefler	- Amacın netliği - Sorumlulukların açıklığı

Kurumsal karne, karar vericilerin -bizim için yazılım etmenleri- organizasyon ve süreçlerine dört önemli bakış açısından bakarak kurumsal stratejinin süreç seviyesinde uygulanması yönetmesine olanak tanımaktadır. Bu doğrultuda, her bir önemli bakış açısı için (Finansal, Müşteri, İç süreçler ve Öğrenme) süreç başarımını niteleyen somut ölçütler tanımlanmıştır.

Finansal bakış açısı, sürecin etkinliğinin ekonomik bir bağlamda ölçülmesini amaçlamaktadır. Bu bakış açısının ölçülmesine yönelik ölçütler maliyet ve kullanım eğilimlerine odaklanmaktadır:

- **Doğrudan maliyet:** Süreç kapsamında yürütülen görevlerin süreleri, görevden sorumlu rolün adam-ay maliyeti ve süreç kapsamında tüketilen kaynakların maliyeti doğrultusunda her bir süreç işletimi için hesaplanan maliyetin ortalamasıdır.

$$C(p_x) = \sum_{k=1}^n C(a_{px}^k) + \sum_{t=1}^m C(i_{px}^t)$$

$$p_x = p \text{ sürecinin } x'inci \text{ örneği}$$
(4.6)

$$C(a_{px}^k) = p_x \text{ süreç örneğinin } k'inci \text{ görevinin maliyeti}$$

$$C(i_{px}^t) = p_x \text{ süreç örneğinin } t'inci \text{ girdisinin maliyeti}$$

$$C(p) = \frac{\sum_{x=1}^n C(p_x)}{n}$$
(4.7)

- **Gecikme maliyeti:** Ortalama işletim süresini aşan süreçlerin ortalama süreç maliyeti üzerine oluşturduğu ek maliyet.

$$CD(p) = \frac{\sum_{dx=1}^n C(p_{dx}) - C(p)}{n}$$
(4.8)

$$p_{dx} = p \text{ sürecinin geciken } x'inci \text{ örneği}$$

- **Sıklık:** Sürecin belirli bir zaman aralığı süresince ilklendirilme (örneklenme) sayısı. Bu ölçüt ayrıca sürecin popülerliğini de yansıtmaktadır.

Müşterinin şirketten ve kurumun operasyonel süreçlerinden beklentileri şu şekilde özetlenebilir:

- **İşletim süresinin yeterliliği:** Geçmiş süreç işletimleri sonucunda öğrenilen, sürecin tamamlanması için geçen ortalama süre ile değerlendirilmektedir. Bu ölçütler süreç seçimi işleminin yanı sıra süreç iyileştirme amacıyla da kullanılabilir. Bu sebeple bu ölçüt daha detaylı alt ölçütlerin toplamı ile de ifade edilebilmektedir [123]. Bir süreç örneğinin işletim süresi sürecin çalışma süresinin (ED) ve bekleme süresinin (DD) toplamından oluşmaktadır. Sürecin bekleme süresi ise sürecin ilklendirilme ve kurulum süresi (SD), sürecin görevlerinin görev kuyruğunda toplam bekleme süresi (QD) ve paralel işleyen görevlerin eş zamanlanması için geçen bekleme süresi (SYD) olarak alt bileşenlere ayrılabilir.

$$T(a_{px}^i) = ED(a_{px}^i) + DD(a_{px}^i)$$
(4.9)

$$DD(a_{px}^i) = SD(a_{px}^i) + QD(a_{px}^i) + SYD(a_{px}^i)$$

- **Süreç değişim kolaylığı:** Müşterilerin kurumlardan beklediği en temel işlevselliklerden biri de değişen istek ve koşullara kolay bir şekilde uyum sağlayıp, cevap verebilmesidir. Bu metrik ile süreçlerin değişen koşullara kolay uyum sağlayabilirliğinin ölçülmesi hedeflenmektedir. Bu tez çalışması kapsamında önerdiğimiz metodoloji doğrultusunda süreç çevikliği hedef görevleri ile sağlanmaktadır. Bu doğrultuda süreç kapsamında kullanılan hedef görev sayısı süreç çevikliğinin ölçümüne yönelik bir metrik olarak kullanılmaktadır.
- **Cevap verme yeteneği:** Sürecin cevap verme yeteneği, organizasyon dışı rol ve süreçler ile iletişimde sağladığı ortalama cevap verme süresi ile değerlendirilmektedir [18].
- **Güvenilirlik:** Süreçlerde yaşanan anlık başarısızlıklar bile müşteriler için çok önemlidir ve büyük bir etki yaratabilir. Güvenilirlik ölçütü belirli bir zaman aralığı için sürecin hatasız çalışma olasılığıdır. Bu ölçüt sürecin planlanan tüm işletimleri içerisindeki hatasız işletimlerin oranı ile ifade edilmektedir [124].

$$R(p) = 1 - \text{hatalı işletim oranı} \quad (4.10)$$

İç süreçler bakış açısından iş süreçleri kurumun üretkenliğini sağlayan organizasyonel yetkinlikleri ifade etmektedir. Temel üretimesel bileşenler olarak süreçlerin itinayla yönetilmesi ve bakımının yapılması gerekmektedir. Bunun için de süreçlerin anlaşılabilir ve kolay bakım yapılabilir olması gerekmektedir.

- **Karmaşıklık:** Bu ölçüt süreç modelinin ilgili kullanıcılar tarafından kolayca okunabilir, öğrenilebilir, anlaşılabilir ve bakımı yapılabilir olmasını hedeflemektedir. Literatürde süreç karmaşıklığını ölçmeye yönelik bir dizi ölçüt bulunmaktadır, fakat bu ölçütlerin sadece küçük bir kısmı kuramsal ve deneysel olarak doğrulanmıştır [125]. Bu kapsamda Cardoso karmaşıklık ölçütü [126] kontrol akışı karmaşıklığını ölçmek için kullanılan en kabul gören ölçüttür ve bu çalışma kapsamında bu ölçüt temel alınmıştır.

Cardoso ölçütü yazılım mühendisliğinde kod karmaşıklığını ölçmek için kullanılan döngüsel karmaşık ölçütünden türetilmiştir. Süreçte yer alan her karar/dallanma düğümü için karmaşıklık hesaplanarak bu değerlerin toplamı ile süreç modelinin

karmaşıklık belirlenmektedir.

$$\begin{aligned} Comp_{XOR}(a_p) &= out(a_p) \\ Comp_{OR}(a_p) &= 2^{out(a_p)} - 1 \\ Comp_{AND}(a_p) &= 1 \end{aligned} \quad (4.11)$$

$out(a_p) = p$ sürecinin a karar düğümünden çıkan bağlantı sayısı

İş süreçleri kapsamında tanımlanan akışlar yapısal olarak kod akışlarına benzerdir, bu sebeple, Cardoso ölçütünde de olduğu üzere, bazı yazılım ölçütleri uyarlanarak süreç karmaşıklığının ölçümü için kullanılabilir. Örneğin temel bir kod karmaşıklık ölçütü olan kod satır sayısı, süreçte kullanılan görev sayısı olarak ifade edilerek yeniden kullanılabilir [125, 127, 128]. Süreç karmaşıklığını ölçmek amacıyla kullanılacak diğer basit ölçütler Çizelge 4.9’da özetlenmiştir.

Çizelge 4.9 : Temel süreç karmaşıklık ölçütleri.

Ölçüt	Tanım
Çap	Başlangıç düğümünden bitiş düğümüne olan en uzun yol.
Yoğunluk	Akıшта kullanılabilecek en fazla bağlantı sayısının toplam bağlantı sayısına oranı.
Döngüsellik	Döngü içerisinde yer alan görevlerin tüm görevlere oranı.
Eş zamanlılık	Eş zamanlı olarak işletilebilecek en fazla yol sayısı.
Dallanma Çeşitliliği	Dallanma amacıyla kullanılan farklı tip bileşen sayısı.
Arayüz Karmaşıklığı	$AK = \text{çap} \times (\text{girdi sayısı} \times \text{çıkış sayısı})^2$

- **Uyumluluk:** İş süreçleri sadece sürecin hedefine uygun görev ve eylemleri içermeli ve süreç kapsamında yerine getirilen görevlerin bir bütünsellik teşkil etmesi gerekmektedir. Süreç tasarımında ilgisiz görevlere yer verilmesi sürecin anlaşılabilirliğini azaltmaktadır. Bu amaçla kullanılabilecek en temel ölçüt enine-bağlama (cross-connectivity)’dır [129]. Bu ölçüte ek olarak yine yazılım mühendisliğinde kullanılan az bağımlılık (low coupling) ve iyi uyum (high

cohesion) ölçütleri de süreç alanına yeniden uyarlanarak kullanılmıştır [120, 130, 131].

Özerk süreç işletim ortamı, hedef ve sorumluluk atamaları açık bir şekilde yapılmış olan süreçler gerektirmektedir. Hedef ve rol atamalarının kalitesinin ölçülmesi ve *Öğrenme* bakış açısının değerlendirilmesi için iki metrikten faydalanılmaktadır.

- **Amacın netliği:** Hedefler mantıksal kapsama yöntemi ile belirlenmektedir ve bu doğrultuda hedef sıradüzeninde kök hedefe yakın olan soyut hedefler yerine yapraklara yakın olan daha somut hedefler tercih edilmelidir. Bu amaçla hedef sıradüzenindeki derinliği (HSD) ölçütü kullanılmaktadır. HSD ölçütü, Kurumsal Strateji Ontolojisi sınıf sıradüzeninde belirli bir G hedefinden kök sınıfa olan en uzun yolun mesafesini ölçmektedir.
- **Sorumlulukların açıklığı:** Bu ölçüt ile görev sorumluluk atamalarında oluşabilecek belirsizliklerin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. HSD ölçütünde olduğu gibi, bu ölçüt ile rol sıradüzeninde soyut roller yerine daha somut rollerin (sıradüzen ağacındaki yapraklar) tercih edilmesi hedeflenmektedir.

Farklı kalite ölçütleri kullanılarak tutarlı bir değerlendirme yapılabilmesi için bu metriklerin aynı ölçeğe normalize edilmesi gerekmektedir. Örneğin Çeviklik gibi olumlu ölçütlerde yüksek değerler yüksek kaliteyi ifade ederken Karmaşıklık ölçütünde ters bir ilişki vardır. Aşağıda verilen denklem ile tüm metrikler 0-1 değer aralığında, 1 değerinin başarımın yüksekliğini ifade ettiği bir yapıya dönüştürülmektedir. Bu denklemde I_{max} ve I_{min} değerleri keşfedilen tüm süreçler için I başarım ölçütünün aldığı en yüksek ve düşük değerleri ifade etmektedir.

$$I_{value} = \begin{cases} \frac{I_{value} - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} & \text{if } I_{max} - I_{min} > 0 \\ 1 & \text{if } I_{max} - I_{min} = 0 \end{cases} \quad \text{olumlu ölçütler için}$$
$$I_{value} = \begin{cases} \frac{I_{max} - I_{value}}{I_{max} - I_{min}} & \text{if } I_{max} - I_{min} > 0 \\ 1 & \text{if } I_{max} - I_{min} = 0 \end{cases} \quad \text{olumsuz ölçütler için}$$

Verilen normalizasyon denklemleri doğrultusunda, keşfedilen her bir sürecin kalitesi, kalite ölçütlerinin ağırlıklandırılmış toplamıyla hesaplanır.

$$Quality(P) = \sum_{i=1} I_{value}^i * weight_i$$

Chu ve Lee [121] tarafından iş uzmanları arasında yapılan bir anket çalışması sonucunda müşteri bakış açısının, 0.42 ölçüt ağırlığı ile, en yüksek önceliğe sahip olduğu, onu iç süreçler (0.26), finansal (0.17) ve öğrenme (0.15) bakış açılarının takip ettiği ortaya konmuştur. Ancak tez çalışması kapsamında sabit bakış açısı ağırlıkları yerine koşullar doğrultusunda etkin bir şekilde yapılandırılabilen bir ağırlıklandırma yaklaşımı benimsenmiştir. Bu sayede süreç başarı faktörlerinin, ve dolayısıyla süreç seçim tercihlerinin, ortamdaki değişiklikler doğrultusunda zaman içinde değişebilmesi hedeflenmiştir. Örneğin, bir finansal krizde öncelik müşteri memnuniyetinden maliyetlerin düşürülmesine yönelecektir. Bu amaçla "finansal" bakış açısının ağırlığı artırılarak tüm süreç seçimlerinde maliyet etkin seçenekler lehine otomatik olarak kuruluş genelinde öncelik verilebilecektir. Ayrıca, her bir etmen dünya algılayışı doğrultusunda bu ağırlıkları özerk olarak değiştirerek ve kendi davranışlarını eniyiliyebilmektedir. Örneğin, süreç işletimi sırasında bir hata olması durumunda bazı kaynaklar (örneğin zaman ve bütçe) israf olmaktadır. Etmen yeniden planlama sırasında önemli bakış açılarına (örneğin finansal ve müşteri) yüksek öncelik vererek geri kalan kaynaklara daha uygun başka bir davranışı tercih edebilir.

Tez çalışması kapsamında önerilen *hedef güdümlü süreç öneri* algoritması Şekil 4.5 ile özetlenmiştir.

Algoritma: Hedef güdümlü süreç önerme algoritması

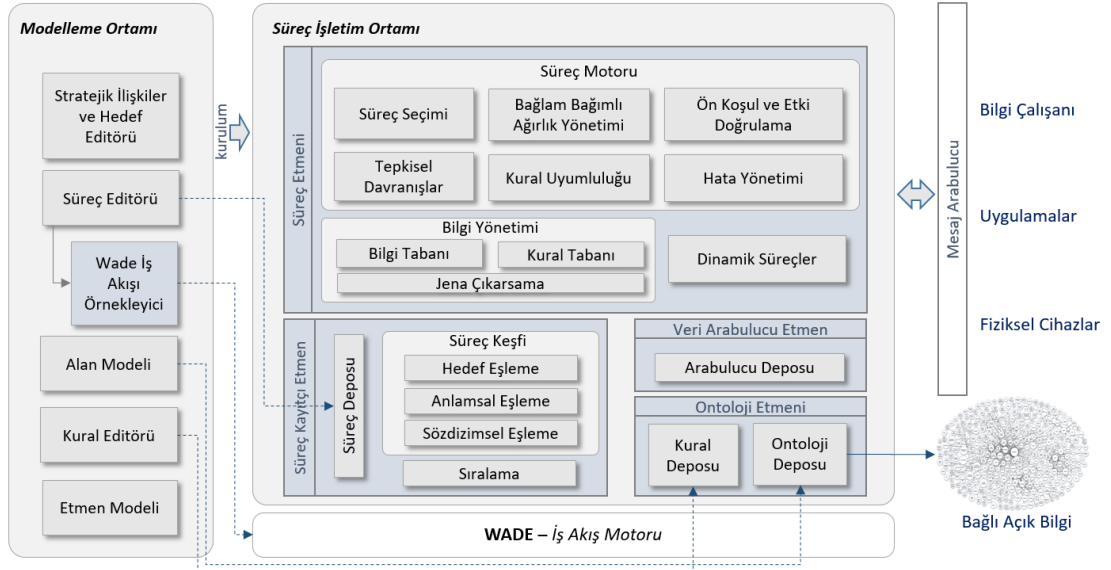
Önkoşul: g : ulaşılacak hedef, π_r : etkin rolün inanışları, σ_r : role ilişkin kurallar

```

1: procedure HEDEFEULAŞ( $g$ )
2:    $P_{adayılar} \leftarrow \text{SüreçKeşifEtmeni.keşfet}(g)$  > ACL mesajı
3:   while  $g$  ulaşılmadı veya iptal olmadı do
4:      $QoS_{ayr} \leftarrow \pi_r$  doğrultusunda QoS ağırlıklarını hesapla
5:     SİRALA( $P_{adayılar}$ ,  $QoS_{ayr}$ )
6:      $p_c \leftarrow \text{POP}(P_{adayılar})$ 
7:     if  $p_c$  ön koşulları  $\pi_r$  tarafından sağlanıyor then
8:       if  $p_c$  etkileri  $\sigma_r$  ile uyumlu then
9:         ÖNER( $p_c$ )
10:      end if
11:    end if
12:  end while
13: end procedure

```

Şekil 4.5 : Hedef güdümlü süreç önerme algoritması.



Şekil 4.6 : Bilgi yoğun süreç yönetim sistemi üst seviye mimarisi.

4.3 Süreç Örneklemesi ve İşletimi

Tez çalışması kapsamında önerilen etmen tabanlı süreç işletim ortamı WADE (Workflow and Agent Development Environment) platformu [26] üzerinde geliştirilmiştir. WADE, açık kaynak kodlu JADE (Java Agent Development Environment) [132] çoklu etmen altyapısı üzerinde geliştirilmiş olan ortam bağımsız bir dağıtık etmen tabanlı uygulama geliştirme ortamıdır. Aslen WADE, JADE altyapısının iş akışlarını çalıştırabilmesi, dağıtıklığı ve hataları daha etkin yönetilmesi için geliştirilmiş bir eklentidir. Tez kapsamında önerilen yaklaşım ile uyumlu olarak WADE her bir etmenin bir mikro-iş akışı işletim modülü sahibi olduğu ve her bir etmenin organizasyonel bir iş akışının kendisi ile ilgili kısmını işlettiği işbirlikçi bir süreç işletim ortamı sunmaktadır. Hedef ve bilgi güdümlü süreç işletimini mümkün kılmak için WADE platformu üzerinde bir dizi geliştirim yapılmıştır. Geliştirilen süreç yönetim sisteminin üst seviye mimarisi Şekil 4.6'da özetlenmiştir.

Sistem, "*Modelleme Ortamı*" ve "*Süreç İşletim Ortamı*" olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır. Modelleme ortamı, Bölüm 3'te tanımlanmış olan modeller için bir görsel tasarım altyapısı sağlamaktadır. Metodolojideki *Kurulum* (bkz. Bölüm 3.5) adımıyla birlikte modelleme aşaması tamamlanarak işletim aşamasına geçiş yapılmaktadır. Kurulum ile *etmen modelinde* (bkz. Bölüm 3.5.1) tanımlanan etmenler ilklendirilmekte ve rol paketleri etmenlere yüklenmektedir. Süreç işletimi kapsamında rol alan ve çeşitli işlevsellikleri kapsülleyen etmenler şu şekildedir:

- *Süreç kayıtçı etmen:* Bu etmen, süreç deposuna vekillik yapmaktadır ve süreçlerin etmenlere sunulmasına yönelik işlevsellikler sunmaktadır. Kurulum aşamasıyla birlikte İSYO biçimindeki süreç modelleri kayıtçı etmenin süreç deposuna eklenmektedir. Çalışma zamanında süreç etmenleri bir hedefi yerine getirmek için bir davranışa ihtiyaç duyduğunda süreç kayıtçı etmenine sormaktadır. Süreç kayıtçı etmeni, Bölüm 4.1 Süreç Keşfi'nde tanımlanan yöntemler ile, hedefe ulaşabilecek tüm süreçleri keşfetmekte ve uygunluğuna göre sıralayarak ilgili etmene döndürmektedir.
- *Süreç etmeni:* Bu etmen, organizasyon rollerini (örneğin muhasebe, satın alma vb.) üstlenen ve iş uzmanlarının vekilliğini yapan etmenlerdir. Kurulum aşaması ile bu etmenlere Bölüm 3.5.1 Etmen Modeli'nde tanımlanan roller atanmakta ve ilgili rol paketleri yüklenmektedir. Rol paketleri ile rol kapsamında ulaşılmak istenen bir dizi hedef (G), sağlanması gereken bir dizi zorunluluk (yumuşak hedef, KPI, G_s), rol ile ilişkili bir dizi kural (σ_r) ve rolün temel inanış ve kabullenmeler (π_r) etmene yüklenir. Etmen, hedeflerine ulaşmak için ihtiyaç duyduğu davranışları (süreçleri), süreç kayıtçı etmenine sorarak edinir. Etmen, Bölüm 4.2.2'de tanımlanmış olan süreç seçim yöntemini kullanarak bağlama en uygun davranışı seçer ve işletir. Geleneksel süreç işletiminden farklı olarak, etmen çeşitli akıllı davranışlar (örneğin ön koşul ve etki doğrulama, tepkisel davranışlar, kural uyumluluğu ve hata yönetimi) sergileyerek iş uzmanının bazı rutin sorumluluklarını yerine getirir. Bu akıllı davranışlar ve örnek uygulama senaryoları Bölüm 5 Uygulama Senaryoları'nda detaylandırılmaktadır.

Süreç etmenlerinin sergileyeceği bazı akıllı davranışlar için WADE atyapısı yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple, WADE altyapısında şu iyileştirmeler yapılmıştır:

- Hedef güdümlü davranışlar: WADE etmenleri hedef kavramını desteklememektedir ve davranışsal özerklikleri yoktur. Bu amaçla, İSYO "Hedef Görevleri" hedef güdümlü süreçleri keşfeden ve seçilen süreci alt-süreç olarak bağlayan "Kod Görevleri" ile gerçekleştirilmiştir (bkz. Bölüm 4.3.2.6).
- Kullanıcı etkileşimi: WADE iş akışları temel olarak etmen davranışlarını modellemek amacıyla geliştirilmiştir ve insan etkileşim yetenekleri kısıtlıdır. Ne var ki kurumsal iş süreçleri iş uzmanlarının davranışlarına sıkı bir biçimde bağımlıdır ve temel olarak insan etkileşimleri doğrultusunda şekillenmektedir.

İnsan etkileşimlerini mümkün kılmak amacıyla mesaj kuyruğu tabanlı, insan görevleri ve kullanıcı arayüzü arasında eşzamansız etkileşimi mümkün kılan bir ara katman gerçekleştirilmiştir. Bu olay güdümlü etkileşim yöntemi ayrıca üçüncü parti sistemler ve fiziksel cihazlar ile etkileşim amacıyla da kullanılmaktadır.

- **Bilgi yönetimi:** Bilgi ve kural tabanı, etmenin inanış ve kurallarını sakladığı, bilgi yoğun süreç yönetim sisteminin temel bileşenidir. Etmenler aynı anda birden çok rolü oynayabilmekte ve roller arası geçişler etmenin bilişsel kapsamını değiştirmesini gerektirmektedir. Bu amaçla tez kapsamında rol tabanlı bir bilgi yönetim yaklaşımı uygulanmıştır [133]. Bu yaklaşımda etmen bilgi tabanı her biri belirli bir role ait bilgileri içeren "zihin çerçeveleri"nden oluşmaktadır. Rol tabanlı kararlar için etmen etkin role ilişkin çerçeveyi kullanmaktadır. Bu şekilde etmenler birbiri ile çelişen (hedef, kural, inanış vb.) rolleri eş zamanlı olarak oynamasına rağmen kendi içinde tutarlı kararlar verebilmektedir. Tez kapsamında önerilen altyapıda bilgi tabanı Apache Jena TDB⁹ ontoloji deposu ile gerçekleştirilmiştir. Bu bilgi tabanı hafif sıklet yapısı ve bellekte çalışma özelliği ile her süreç etmeninin içine yüklenmiştir.
- **Ontoloji etmeni:** Bu etmen, organizasyonun genel bilgi birikimini ve kurallarını saklamaktadır. Ontoloji etmeni tarafından yönetilen ontoloji deposu, tüm etmenler tarafından bilinmesi ve erişilmesi gereken bilgileri (örneğin stok durumu, paydaş bilgileri vb.) içermektedir. Buradaki bilgiler için rol tabanlı erişim yetkileri tanımlanabilmektedir. Alan modeli (bkz. Bölüm 3.2.3), bu ontolojinin üst modelini oluşturmaktadır. Ayrıca, karar verme aşamasında bağlı açık bilgi kaynakları (örneğin dbpedia¹⁰ ve wikidata¹¹) yeniden kullanılabilir. Benzer bir şekilde, kural deposu tüm etmenler için geçerli olan kural ve yönetmelikleri Anlamsal Ağ Kural Dili (AAKD, SWRL) biçiminde saklamaktadır. Etmenler karar verme aşamasında bu organizasyon kurallarını ve kendi yerel etmen kural tabanlarındaki kuralları kullanarak karar vermektedir. Bu şekilde yeni yürürlüğe giren veya değişen kurallar tüm organizasyon davranışlarını aynı anda

⁹<https://jena.apache.org/documentation/tdb/>

¹⁰<https://wiki.dbpedia.org/>

¹¹https://www.wikidata.org/wiki/Wikidata:Main_Page

şekillendirmektedir. Kuralların uygulanmasına ilişkin kullanım senaryosu Bölüm 5.3'te detaylandırılmaktadır.

- *Veri arabulucu etmeni:* Süreç keşfi bölümünde de belirtildiği üzere, keşfedilen süreçlerin mevcut akışlara bağlanabilmesi için veri arabulucularına ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin, *ont1:Employee* kavramının nitelikleri (name, surname, id vb.) kullanılarak bir *ont2:Staff* kavramı örneği (name, lastname, no) oluşturulmalıdır. Bu arabulucuların geliştirilmesi tez çalışmasının kapsamı dışında tutulmuştur ve çalışma zamanında veri arabulucu etmen tarafından bir arabulucu havuzunun [107] diğer etmenlere sunulduğu kabullenilmiştir.
- *FIPA etmenleri:* FIPA, çoklu etmen sistemleri tasarımı ve geliştirimi için bir dizi standart sunmaktadır [134]. Bu standart ile uyumlu olarak sistemde dizin servis etmeni (Directory Facilitator, DS) [100] ve etmen yönetim sistemi (Agent Management System, AMS) rolleri ve etmenleri oluşturulmuştur.

Etmen yönetim sistemi (EYS) tüm sistemde sadece bir tane bulunan özel bir etmendir. Bu etmen, çoklu etmen platformuna kayıtlı etmenler için ağ adreslerini içeren bir tanımlayıcı (etmen ID) dizini tutmaktadır. Bu sayede EYS, diğer etmenlere beyaz sayfalar hizmeti sunmaktadır. Her etmen, geçerli bir etmen ID almak için bir EYS'ye kaydolmalıdır.

Dizin servis (DS) etmeni diğer etmenlere sarı sayfalar hizmeti sağlamaktadır. Etmenler, yeteneklerini DS'ye kaydettirebilir veya diğer etmenler tarafından hangi hizmetlerin sunulduğunu öğrenmek için DS'yi sorgulayabilir. Bir platformda birden çok DS bulunabilir.

Süreç keşfi ve seçim işlemlerinin sonucunda İSYO biçiminde hedefe yönelik bir süreç keşfedilmektedir. Model güdümlü yaklaşımlar doğrultusunda, İSYO modelleri hesaplama bağımsız modellerdir (computational independent model) ve işletilecekleri çerçeve üzerinde platforma özel modellere (platform specific model) dönüştürülmeleri gerekmektedir. Bu doğrultuda, İSYO modellerinin etmenler tarafından çalıştırılabilmesi için WADE iş akışlarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlemlere ilişkin detaylar Bölüm 4.3.2'de verilmektedir.

4.3.1 WADE iş akış modeli

WADE, geliştirilecek sistemi tanımlamak ve uygulamanın işletim mantığını gerçekleştirmek için iş akışları metaforunu kullanmaktadır. İş akışlarının tanımlanabilmesi için birçok modelleme simgelemi, örn. XPD¹², İSİD (WS-BPEL¹³), İSMS (BPMN¹⁴) vb., bulunmaktadır, ne var ki bu simgeler operasyonel süreçlerin tüm detaylarının tanımlanabilmesi için her zaman yeterli olamayabilmektedir. Model dönüşümü, hesaplama ve diğer alt seviye işlemler için programlama dilleri ile daha hızlı ve esnek çözümler üretilebilmektedir. Bu yaklaşımdan yola çıkarak, WADE iş akışlarını modellemek için Java nesnelerinin kullanıldığı bir geliştirim yöntemini benimsemiştir. Bu nesneye yönelik iş akış modelinin oluşturulmasında WADE, XPD (XML Process Definition Language) üst modelini temel almaktadır [135].

WADE iş akış modelinde süreçler her biri bir operasyondan sorumlu olan bir dizi **Etkinlik**'ten oluşmaktadır. Süreçler tek bir **Başlangıç Etkinliği** ile başlamakta ve bir veya bir çok **Bitiş Etkinliği** ile sonlanmaktadır. Her etkinliğin (bitiş etkinliği hariç) iş akışının bir sonraki adımını işaret eden bir veya birçok çıkış **Bağlantı**'sı bulunmaktadır [26, 136]. Bir etkinliğin işletimi tamamlandığında, etkinlikten çıkan tüm bağlantıların koşulları kontrol edilmektedir. Bağlantı koşullarının sağlanması durumunda bağlantı tetiklenmekte ve iş akışı bağlantının hedefindeki etkinlik ile devam etmektedir.

WADE iş akış modelinde her sürecin ihtiyaç duyduğu girdi ve oluşturduğu çıktıların tanımlandığı bir veya bir çok **Biçimsel Parametre**'si bulunmaktadır. Sürecin başlatılması esnasında girdi parametrelerinin sağlanması gerekmektedir ve işletim sonucunda çıktı parametreleri istemciye cevap olarak döndürülmektedir.

Süreç kapsamında yürütülen işlemler doğrultusunda farklı etkinlik tipleri kullanılabilir. En çok kullanılan etkinlik tipleri şunlardır;

- Araç Etkinliği: Bu etkinlik ile üçüncü parti uygulamalar çalıştırılabilmektedir. Çalıştırılması hedeflenen harici yazılımların uygulama arayüzünü desteklemesi veya bir arabulucu arayüzün geliştirilmesi gerekmektedir.

¹²<http://www.wfmc.org/standards/xpdl.htm>

¹³<http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/OS/wsbpel-v2.0-OS.html>

¹⁴<http://www.bpmn.org/>

- **Alt Akış Etkinliği:** Alt akış etkinliği ile başka süreçler çalıştırılabilmektedir. Çalıştırılan süreçler ana süreçten farklı bir hesaplama uzayında yürütülmekte, hatta alt süreçler için başka etmenler görevlendirilebilmektedir.
- **Kod Etkinliği:** Bu etkinlik ile iş akış etkinliği kapsamında yürütülecek faaliyetler Java kodu olarak tanımlanabilmektedir.
- **Web Servisi Etkinliği:** Bu etkinlik ile mevcut web servislerinin çağırımı yapılabilmektedir.

İş akış modelinde etkinliklere ek olarak bazı eş zamanlama, tümleşim ve kontrol yapıları da tanımlanmaktadır. Bunlar kısaca;

- **OlayBekleme Etkinliği:** İş akışı OlayBekleme etkinliğine geldiğinde, iş akışı durdurularak tanımlı olayın gerçekleşmesi beklenir. Bu yapı etmenler arası iletişimlerde senkronizasyonun sağlanması için yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.
- **Alt Akış Tümleşimi:** Varsayılan olarak alt süreçler senkron bir şekilde işletilmektedir, yani alt akış tamamlanana kadar ana akış duraklatılmaktadır. Fakat alt akışların asenkron bir şekilde işletilmesi de mümkündür. Yani alt akış başlatıldıktan sonra ana akış işletimine devam etmektedir. Alt akış tümleşimi bileşeni ile ana akışın asenkron olarak ilklendirilen alt akışı beklemesi sağlanmaktadır.

Son olarak süreç kapsamında tüm etkinlikler tarafından erişilmesi gereken ortak veri yapıları **Veri Alanları** ile temsil edilmektedir. Bu veri alanlarına bağlantılardan, alt akışlardan ve kod etkinliklerinden doğrudan erişilebilmektedir.

Mevcut iş akış yönetim sistemlerinden farklı olarak WADE, iş akışlarının işletimi için, merkezi ve güçlü bir iş akış işletim motoru yerine, her etmenin kendine ait “mikro iş akış motoru”na sahip olduğu dağıtık ve hafif bir mimariyi benimsemiştir. Bu sayede karmaşık süreçlerin işletimi, her bir alt problemin işbirlikçi bir etmen tarafından çözüldüğü ölçeklenebilir ve kolay bir şekilde yük dağıtımının yapılabildiği bir çözüme kavuşmaktadır [136].

4.3.2 İSYO modellerinin WADE iş akış modellerine dönüşümü

Literatürde İSMS ve İSİD süreç modellerinin [137,138] ve daha genel bir bakış açısıyla blok ve çizge tabanlı simgelemlerin birbirine dönüştürülmesinin hedeflendiği bir dizi çalışma bulunmaktadır [139]. Ne var ki, WADE iş akış modeli standart bir model ile tam uyumlu olmamakla beraber, hafifliğini ve sadeliğini korumak amacıyla az sayıda iş akış yapı taşı ile süreçleri modellemeye çalışmaktadır.

İSYO ve WADE iş akışı modelleme elemanları karşılaştırıldığında, WADE kavramlarına karşılık gelen bir çok İSYO süreç yapı taşı olduğu görülmektedir (bkz. Çizelge 4.10). Özellikle İSYO modelinde birçok kontrol, geçit ve tümleşim yapısı bulunurken, WADE modelinde bu işlevsellik Bağlantı'lar üzerinde tanımlanan kısıtlar ile yerine getirilmeye çalışılmaktadır. Ne var ki, İSYO modellerinin WADE üzerinde temsili için sadece modelleme elemanlarının dönüşümü de yeterli olmamaktadır. Çünkü İSYO modelinde var olan anlamsal yapıların WADE modelinde karşılığı bulunamamaktadır. Bu sebeple hedef görevleri, anlamsal süreç girdi, çıktı parametreleri ve süreç ön koşul ve son koşullarının WADE modeline de eklenmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.10 : İş akış modelleme elemanlarının karşılaştırılması.

WADE İş Akış Ögesi	İSYO Ögesi
Etkinlik	Görev, Hedef Görevi, Gönder, Al
Başlangıç Etkinliği	Başlangıç Olayı
Bitiş Etkinliği	Bitiş Olayı
Bağlantı	Sıralanım, Paralel İşletim, Dışlayan Seçim, Ertelenmiş Seçim, Çoklu Seçim, Tekrarla, Sırasında (While)
Alt Akış Etkinliği	Alt Süreç
Araç Etkinliği	Görev
Kod Etkinliği	Görev
Olay Bekleme Etkinliği	Mesaj Alım Olayı
Alt Akış Tümleşimi	Eşleme, Dışlayan Seçim Tümleşim, Basit Tümleşim, Çoklu Tümleşim

Bu bölümün devamında ilk olarak İSYO kavramlarının WADE iş akış kod bloklarına dönüşüm kuralları adım adım tanımlanmaktadır. Devamında ise WADE iş akış

modelinin İSYO anlamsal yapılarını desteklemesine yönelik iyileştirme yöntemleri detaylandırılmaktadır.

4.3.2.1 Süreç ve alt süreç dönüşümü

İSYO süreç ve alt süreçlerine ilişkin modelin ilgili parçası Şekil 4.7’de verilmiştir. Bu doğrultuda her süreç ve alt süreç bir iş akışı içermektedir ve iş akışları kendilerine ait ilk görevin referansını tutmaktadır. Bu sayede adım adım sürece ilişkin tüm görevlere erişilebilmektedir.

```
concept BusinessActivity subConceptOf upo#BusinessActivity
  hasName ofType (0 1) _string
  hasDescription ofType (0 1) _string
  hasNonFunctionalProperties ofType (0 1) BusinessActivityNonFunctionalProperties
  hasBusinessDomain ofType upo#BusinessDomain
  hasBusinessFunction ofType upo#BusinessFunction
  hasBusinessStrategy ofType upo#BusinessStrategy
  hasBusinessPolicy ofType upo#BusinessPolicy
  hasBusinessProcessMetrics ofType upo#BusinessProcessMetrics
  hasBusinessProcessGoal ofType upo#BusinessProcessGoal
  hasBusinessResource ofType upo#Resource

concept Process subConceptOf { BusinessActivity, upo#BusinessProcessModel }
  hasWorkflow ofType (0 1) Workflow

concept SubProcess subConceptOf { WorkflowElement, Process }

concept Workflow subConceptOf upo#ProcessOrchestrationSpecification
  hasHomeProcess ofType (0 1) Process
  hasFirstWorkflowElement ofType (1 1) WorkflowElement
```

Şekil 4.7 : İSYO süreç modeli.

Verilen bir İSYO modeli (Şekil 4.7) için oluşturulması gereken WADE iş akışı modeli Şekil 4.8’de verilmiştir. Tüm WADE süreç ve alt süreçleri WorkflowBehaviour sınıfından türemektedir ve *defineActivities* metodu altında sürece ilişkin etkinlikler sürece kayıt edilmektedir. Kayıt edilen her etkinlik için bir işletim metodu (*executeFirstActivity*) oluşturulmaktadır.

Bununla beraber Şekil 4.7’de görüldüğü üzere İSYO süreçleri bir hedef ile ilişkilendirilmektedir. WADE modelinde bu yapıya karşılık gelen bir bileşen olmaması sebebiyle WADE modeline "Hedef" kavramı eklenmiş ve iş akışı tanımlarından referans verilmesini sağlayan bir üst sınıf tasarlanmıştır.

4.3.2.2 Görev dönüşümü

İSYO ve WADE görev modeli yapısal olarak birbirlerine benzemektedir (bkz. Şekil 4.9 ve Şekil 4.10). Bu bağlamda İSYO görevlerine karşılık gelen

```

public class ProcessName extends WorkflowBehaviour {

    public static final String FIRST_ACTIVITY = "First Activity";
    public static final String SUBFLOW_ACTIVITY = "Subflow Activity";

    public void defineActivities() {
        CodeExecutionBehaviour ceb = new CodeExecutionBehaviour(FIRST_ACTIVITY, this);
        registerActivity(ceb, INITIAL);

        SubflowDelegationBehaviour sdb = new SubflowDelegationBehaviour
            (SUBFLOW_ACTIVITY, this);
        registerActivity(sdb);
    }

    protected void executeFirstActivity(){
        // First activity execution code
    }

    protected void executeSubflowActivity(Subflow sbflw){
        // Fill subflow inputs
        executeSubFlow(sbflw);
        // Read subflow outputs
    }
}

```

Şekil 4.8 : WADE süreç modeli.

WADE Kod Etkinlikleri oluşturulmakta ve ana süreç ile bir referans aracılığıyla ilişkilendirilmektedir.

```

concept WorkflowElement subConceptOf upo#ProcessOrchestrationElement
    hasHomeProcess ofType (0 1) Process

concept Task subConceptOf { BusinessActivity, WorkflowElement,
    upo#AtomicBusinessActivity}

```

Şekil 4.9 : İSYO görev modeli.

```

public class MyProcess extends WorkflowBehaviour {

    public static final String MY_ACTIVITY = "My Activity";

    public void defineActivities() {
        CodeExecutionBehaviour ceb = new CodeExecutionBehaviour(MY_ACTIVITY, this);
        registerActivity(ceb);
    }

    protected void executeMyActivity(){
        // My activity execution code
    }
}

```

Şekil 4.10 : WADE görev modeli.

4.3.2.3 Akış dönüşümü

İSYO kontrol akışlarına ilişkin modelin ilgili parçası Şekil 4.11’de verilmiştir. Bu doğrultuda akışlar iki iş akış elemanı arasında tanımlanmakta ve tetiklenmesi için koşullar tanımlanabilmektedir.

WADE iş akış modelinde her akış *Transition* sınıfından türemektedir ve iki etkinliği birbirine bağlamaktadır. Süreç kapsamında tanımlanan etkinlikler *defineTransitions*

```

concept ControlflowPattern subConceptOf GraphPattern

concept ControlflowConnector subConceptOf ControlflowPattern
  hasSource ofType (1 1) WorkflowElement
  hasTarget ofType (1 1) WorkflowElement

concept ConditionalflowConnector subConceptOf ControlflowConnector
  hasCondition ofType (0 1) Condition
  hasOrder ofType (0 1) _integer

concept Condition
  hasExpression ofType (0 1) _string

```

Şekil 4.11 : İSYO akış modeli.

metodu ile akışa kayıt edilmektedir. WADE akışları da, İSYO modelinde olduğu üzere, bir koşula bağlı olarak işletilebilmektedir. İlgili İSYO modeline karşılık gelen WADE akış modeli Şekil 4.12’de yer almaktadır.

Koşulların kontrolü için *checkCondition* metodu otomatik olarak oluşturulmaktadır. Bu metod içerisinde paylaşılan bilgilere veya etmen bilgi tabanına ulaşarak koşulun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilebilmektedir. Metodun *true* dönmesi durumunda bağlantı tetiklenerek işaret ettiği görev (*target_activity*) çalıştırılmaktadır.

```

public void defineTransitions() {
    registerTransition(new Transition(), SOURCE_ACTIVITY, TARGET_ACTIVITY);
    registerTransition(new Transition("condition", this), SOURCE_ACTIVITY,
    TARGET_ACTIVITY);
}

protected boolean checkCondition(){
    // return true on condition
}

```

Şekil 4.12 : WADE akış modeli.

4.3.2.4 Dallanma ve tümleşim dönüşümü

İSYO süreç modelinde dallanma ve tümleşimleri desteklemek amacıyla bir çok iş akış elemanı bulunmaktadır (bkz. Şekil 4.13). Örneğin dallanmalar eş zamanlılığına ve etkinleştirilen bağlantı sayısına göre Paralel İşletim, Dışlayan Seçim, Ertelenmiş Seçim ve Çoklu Seçim bileşenleri ile tanımlanabilmekte ve tümleşimler kullanılan dallanma bileşeni ile uyumlu olacak şekilde Eşleme, Dışlayan Seçim Tümleşim, Basit Tümleşim ve Çoklu Tümleşim bileşenleri ile yapılmaktadır.

WADE iş akış modelinde ise dallanma ve tümleşim yapıları bulunmamaktadır, bunun yerine akışlara koşul tanımlanabilmektedir. Bir görev tanımlandığında çıkan akışları denetlenmekte ve bir koşul tanımlanmayan ve koşulu sağlanan akışların hedef görevleri tetiklenmektedir.

Bu doğrultuda, İSYO dallanma yapıları WADE iş akışlarında bulunan akış koşulları ile temsil edilmiştir. Ne var ki İSYO modelinde her dallanma yapısına karşılık

```

concept GraphPattern subConceptOf WorkflowElement

concept ControlflowPattern subConceptOf GraphPattern

concept OutgoingFlow subConceptOf ControlflowPattern

concept IncomingFlow subConceptOf ControlflowPattern

concept ExclusiveChoice subConceptOf OutgoingFlow
  hasSize ofType (0 1) _integer
  hasOutgoingConnector ofType (2 *) ConditionalflowConnector
  hasDefaultOutgoingConnector ofType (0 1) ControlflowConnector

concept DeferredChoice subConceptOf OutgoingFlow
  hasOutgoingConnector ofType (2 *) ControlflowConnector

concept ParallelSplit subConceptOf OutgoingFlow
  hasOutgoingConnector ofType (2 *) ControlflowConnector

concept MultipleChoice subConceptOf OutgoingFlow
  hasSize ofType (0 1) _integer
  hasOutgoingConnector ofType (2 *) ConditionalflowConnector

concept InterleavedParallelRouting subConceptOf OutgoingFlow
  hasOutgoingConnector ofType (2 *) ControlflowConnector

concept Merge subConceptOf IncomingFlow
  hasIncomingConnector ofType (2 *) ControlflowConnector

concept SimpleMerge subConceptOf Merge

concept Synchronisation subConceptOf Merge

concept MultiMerge subConceptOf Merge

concept MutipleMergeSynchronise subConceptOf Merge

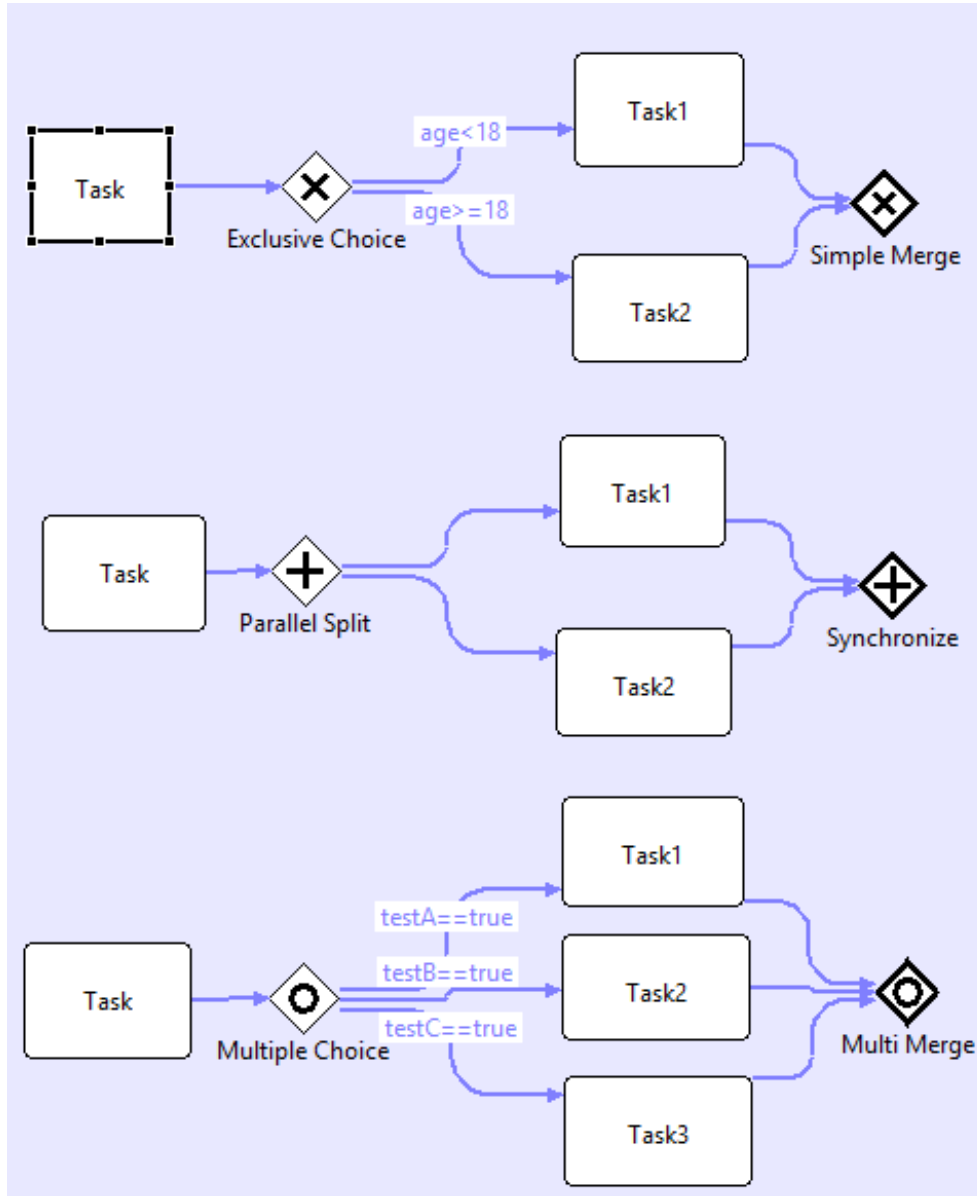
```

Şekil 4.13 : İSYO dallanma ve tümleşim modeli.

gelen bir tümleşim yapısı da bulunmaktadır. Şekil 4.14'te görüldüğü üzere bu tümleşim elemanları dallanmalar sonuçlanana kadar akışı bekletmektedir. Örneğin Dışlayan Seçim Tümleşimi (Exclusive Choice – Simple Merge) dallanmalardan biri sonuçlandığında akışı devam ettirirken, Paralel İşletim Eşleme (Parallel Split - Synchronize) tüm dalların sonuçlanmasını beklemekte, Çoklu Seçim Tümleşimi (Multiple Choice – Multiple Merge) ise dinamik olarak etkin olan dallanma sayısı (bazen bir, bazen n) kadar beklemektedir. Bu yapıyı WADE üzerine taşımak amacıyla Çoklu Seçim - Çoklu Tümleşimi benzeri bir yapı WADE üzerinde gerçekleştirilmiştir.

4.3.2.5 Döngü yapılarının dönüşümü

İSYO modelinde döngü ve yineleme yapıları bulunmasına rağmen (bkz. Şekil 4.15), WADE modelinde döngü yapıları yer almamaktadır. Bu yapıların WADE iş akış modelinde yer alan akış koşulları ile yerine getirilmesi hedeflenmektedir. Basit bir görev döngüsünün akış kontrolleri ile temsili Şekil 4.16'da yer almaktadır. Bu doğrultuda koşullu bağlantılar ile görev tekrarlı bir şekilde işletilmektedir.



Şekil 4.14 : İSYO dallanma ve tümleşim örneği.

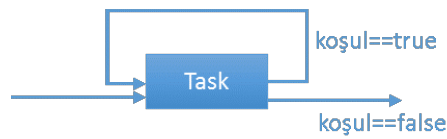
```

concept Loop subConceptOf BlockPattern
  hasCondition ofType (0 1) Condition
  executes ofType (0 1) WorkflowElement

concept Repeat subConceptOf Loop
concept While subConceptOf Loop

```

Şekil 4.15 : İSYO döngü yapıları.



Şekil 4.16 : Akış koşulları ile döngülerin WADE’de temsili.

4.3.2.6 Hedef görevlerin dönüşümü

İSYO süreç modelinde yer alan hedef görevlerine (*Goal Task*) karşılık gelen bir yapı WADE iş akış modelinde bulunmamaktadır (bkz. Şekil 4.17). Aslen hedef görevler davranış detayları çalışma zamanında belirlenen alt süreçler olarak düşünülebilmektedir. Bu kapsamda WADE alt süreç yapısı geliştirilerek hedef görevler için uyarlanmıştır.

```
concept GoalTask subConceptOf Task
  hasPartnerGoal ofType (0 1) SemanticCapability
  hasPartnerRole ofType (0 1) BusinessRole
  messageTo ofType (0 1) Receive
  messageFrom ofType (0 1) Send
  hasInputDescription ofType SemanticCapability
  hasOutputDescription ofType SemanticCapability
  requestsCapability ofType (0 1) SemanticCapability
  providesCapability ofType (0 1) SemanticCapability
```

Şekil 4.17 : İSYO hedef görevi nitelikleri.

Normal bir alt görev tasarım zamanında belirlenip, çalışma zamanında girdileri sağlanarak çalıştırılırken, hedef görevlere karşılık gelen davranışlar tasarım zamanında Hedef Modeli'nde tanımlanmış olan soyut hedefler ile ilişkilendirilmektedir. Çalışma zamanında etmen ortam koşullarını ve bilgi tabanını kullanarak hedefe yönelik süreci keşfeder. Keşfedilen bu süreç, WADE alt süreçlerine benzer bir şekilde çalıştırılır (bkz. Şekil 4.18).

```
public class ProcessName extends WorkflowBehaviour {

    public static final String GOAL_TASK_ACTIVITY = "MyGoalTask";

    public void defineActivities() {
        GoalTaskBehaviour gtb = new GoalTaskBehaviour
            (GOAL_TASK_ACTIVITY, this);
        registerActivity(sdb);
    }

    protected void executeFirstActivity(){
        // First activity execution code
    }

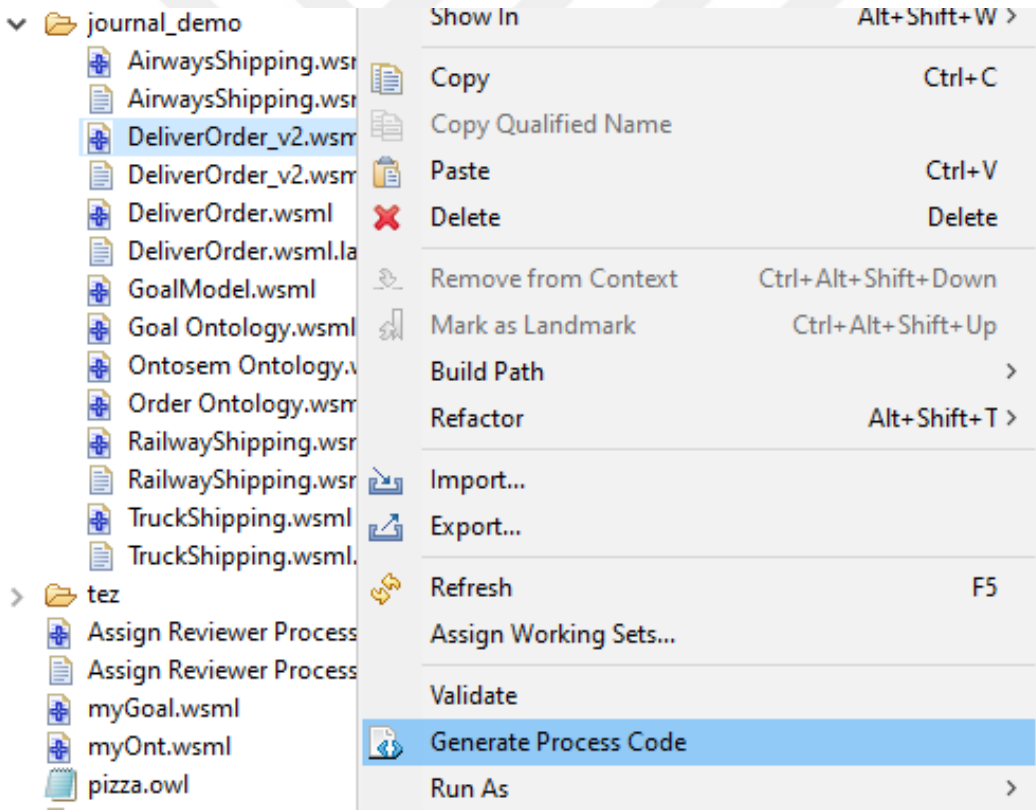
    protected void executeSubflowActivity(Subflow sbflw){
        List<Subflow> processes = discoverProcesses(GOAL_TASK_ACTIVITY);
        Subflow process = selectProcess(GOAL_TASK_ACTIVITY, processes);
        // Provide process inputs
        executeSubFlow(process);
        // Read process outputs
    }
}
```

Şekil 4.18 : WADE hedef gerçekleştirimi.

4.3.2.7 Anlamsal verinin dönüşümü

İSYO modelinde süreç ve görevlerin arayüzlerini (girdi ve çıktılar) tanımlamak için alan modelinde tanımlanan ontolojik kavramlar kullanılabilir. WADE’de ise görevler arasında bir parametre aktarım yapısı bulunmamakta, paylaşılan bir bellek alanı üzerinden ortak veriye erişim sağlanmaktadır. Bu doğrultuda İSYO modelinde ontolojik olarak tanımlanan parametreler, WADE modelinde paylaşılan veride Jena *Resource* sınıfının örnekleri olarak temsil edilmektedir.

Geliştirilen bu dönüşüm modülü Eclipse geliştirim ortamına bir eklenti olarak eklenmiştir. Bu eklenti kullanılarak, İSYO modellerini içeren WSML biçimindeki dosyalardan, WADE modellerine ilişkin Java kodları otomatik olarak üretilmektedir (bkz. Şekil 4.19).



Şekil 4.19 : Model dönüşüm eklentisi görseli.

5. UYGULAMA SENARYOLARI

Bölüm 4’de tanıtılan etmen tabanlı süreç işletim altyapısının bilgi yoğun süreçlerin işletimi sırasında hedefe yönelik alt süreçleri etkin bir şekilde bulması ve önermesi önemli bir özelliktir. Ne var ki, Bölüm 2.2’de de belirtildiği üzere, bilgi çalışanlarının yeterli şekilde desteklenebilmesi için altyapının bir dizi başka işlevselliği (örneğin, veri güdümlü davranışlar, kural yönetimi ve esnek işletim) de desteklemesi gerekmektedir. Bu bölümde, etmen tabanlı süreç işletim ortamının bilgi çalışanlarını desteklemek için sunduğu diğer işlevsellikleri tanıtan dört potansiyel iş senaryosu aktarılmaktadır.

- Senaryo 1: Bilgi, BYS’lerin ana bileşenlerinden biridir ve yalnızca süreçler kurumsal bilgi modelini değiştirmekle kalmayıp, aynı zamanda bilgi modeli de süreçleri yeniden şekillendirmektedir. **Bilgi güdümlü davranışlar** senaryosu bilgi modelinin evrimi sonucunda mevcut süreç akışlarının nasıl değiştiğini ve yeni tepkisel davranışların sergilendiğini ortaya koymaktadır.
- Senaryo 2: BYS’lerin işletimi sırasında, sürecin akışını bozan ve dinamik uyarlamalar gerektiren, öngörülemeyen hata ve olaylar meydana gelebilmektedir. Bu senaryo, geliştirilen altyapının **öngörülemeyen hataları kotarma** yeteneklerini örneklemektedir.
- Senaryo 3: BYS’lerde bilgi çalışanları süreç işletimini etkileyen kural ve kısıtları harici olarak tanımlayabilmeli ve değiştirebilmelidir. **Kural benimseme ve uyum sağlama** senaryosu ile kuralların tanımlanma ve yayınlanma işleyişleri bir tedarik zinciri senaryosu ile detaylandırılmaktadır.
- Senaryo 4: Tekrarlanabilen süreçlerin aksine BYS’ler "gelişen" bir doğaya sahiptir ve tasarım zamanında tamamen modellenemez. Somut işleyişin çalışma zamanında bilgi çalışanının kararları doğrultusunda belirlenmesi gerekmektedir. **Esnek süreç işletimi** senaryosu bir tedarik zinciri kalite güvence süreci örneği ile geliştirilen altyapının plansız süreç tanımlama yeteneklerini tanıtmaktadır.

5.1 Bilgi Güdümlü Davranışlar

BYS'lerin karakteristik özelliklerinden biri kurumsal bilgi modelinin evrilmesiyle görev işleyişlerinin de şekillenmesidir [1]. Tez kapsamında geliştirilen altyapıda süreç ve bilgi ilişkisi iki boyutludur. İlk olarak, kurumsal bilgi modeli üzerinde tanımlanan süreç nkoşulları aracılığıyla bilgi süreçleri şekillendirmektedir. İkinci olarak, bilgi modelinde gerçekleşen değişiklikler hedef güdümlü davranışları tetikleyebilmektedir.

Bölüm 4'te belirtildiği üzere, süreç seçiminin son adımı olarak, etmen sürecin mevcut koşullar altında işletilip işletilemeyeceğini anlamak için süreç n koşullarını kurumsal bilgi modelini kullanarak kontrol etmektedir. Örneğin, etmen sipariş teslim süreci "Nakliye" hedefi için (hava, kara, deniz taşımacılığı gibi) faklı nakliye yöntemleri keşfedebilir (bkz. şekil 3.13). Etmenin ilk tercih olarak seçtiği "Denizyolu Nakliye" sürecinin transfer edilen tüm ürünlerin nem seviyesinin, sıvılaşma sonucu oluşabilecek bir kargo kayması ve kazayı engellemek amacıyla, belirli bir Taşınabilir Nem Limiti (TNL) içerisinde olmasını gerektirebilir. Denizyolu nakliyesi hedefinin bu önkoşulu şu şekilde ifade edilebilir:

$$\text{SalesOrder}(\{order\}) \wedge \text{hasProduct}(\{order\}, ?good) \wedge \text{moistureLevel}(?good, ?ml) \wedge \text{lessThan}(?ml, \$TNL_MAX\$)$$

Sipariş teslim sürecinin işletiminin başladığı anda bu ön koşullar sağlanırken, akış Nakliye hedefinin işletimine geldiğinde sensör analizleri kurumsal bilgi tabanında nem oranını limitlerin dışında bir değer ile güncellemiş olabilir. Etmen alışma zamanında ön koşul kurallarını etmen bilgi tabanında çıkarsayarak kontrol eder. Bir n koşulun sağlanamaması durumunda etmen bilgi çalışanını uyarır, Nakliye hedefini yeniden planlar ve faklı bir nakliye yöntemini (rn. Demiryolu Nakliyesi) kullanıcıya önerir. Bu sayede, etmen bilgi modelinin değişimi işletilen sürecin akışını doğrudan değiştirir.

İkinci olarak, bilgi güdümlü süreç işletim ortamı kavramsal bir gerçeklik sunarak etmenlerin mantık tabanlı akıl yürütme yoluyla gözlemle-düşün-eyleme geç döngüsünde hareket etmelerine olanak tanır. Bu gözlemler belirli bir çevresel veya zihinsel durum, mantıksal çıkarsama sonucu oluşan bir başarısızlık veya bir hata durumu olabilir ve etmenin bunlara karşı sergileyeceği tepkisel davranışlar hedefe yönelik süreç uyarlamaları veya onarım eylemleri olabilir. Bu tür olayları kontrol etmek için tasarım zamanında süreç modellerine koşullu dallanmalar ve istisna giderici görevler eklemeye

dayanan yaklaşımın aksine, kural odaklı yaklaşım, süreç işletimi sırasında herhangi bir zamanda oluşan uyarıcıya anlık tepki vererek daha fazla esneklik sağlamaktadır.

Bilgi güdümlü davranışlar, bilginin değişimine karşın tepkisel davranışların sergilenebilmesine ve yumuşak (işlevsel olmayan) hedeflerin yerine getirilmesine olanak tanımaktadır. Örneğin, "*Sistem A ham maddesi için bir minimum stok miktarını sağlamalıdır*" yumuşak hedefi tepkisel bir kural ile temsil edilebilir ve telafi eylemi olarak bir satın alma hedefini tetikleyebilir.

$$stock(materialA) < \$min_amount\$ \rightarrow Obl_{TZS}triggerGoal(purchase(materialA))$$

Tepkisel kurallar, her bilgi modeli güncelleme işleminde etmen tarafından kontrol edilir. Bu şekilde, etmen bilgi tabanında kural öncüllerini gözlemlediğinde, kural sonuçlarını hemen işleme alır ve dinamik olarak telafi hedefini yürürlüğe koyar.

5.2 Öngörülemeyen Hataları Kotarma

Gerçek dünya iş süreci işletim ortamları, çok çeşitli ve sıklıkla değişen durumlar (sevkiyat gecikmeleri, üretim ekipmanı hataları, katılımcı eksikliği, siparişlerin değişmesi veya iptali, vb.) nedeniyle oldukça dinamiktir. Bu gibi değişen durumlar, mevcut planlardan sapmalara yol açmakta ve oluşan olumsuz etkileri en aza indirmek için hızlı önlemler alınmadığı sürece hedeflere ulaşamamasına sebep olmaktadır [7]. Tepkisel kural modeli, bu istisnai durumları otomatik olarak algılamak ve gerekli süreç örneği akış uyarlamalarını belirlemek için kullanılmaktadır. Bu amaçla, başarısızlıklar, etmenlerin harekete geçmesini motive eden yeni yükümlülükleri tetiklemektedir. Bu yükümlülükler doğrultusunda, etmen başarısız olan hedefi dinamik olarak yeniden planlayabilir, bir onarım işlemini tetikleyebilir veya işletimi tamamen iptal edebilir.

Bu senaryoda, etmen nakliye hedefi için maliyet verimliliği nedeniyle demiryolu taşımacılığını seçmektedir. Sürecin işletimi sırasında demiryollarında iş bırakma eyleminin yapılması gibi bir istisna meydana geldiğinde, etmen nakliye hedefini tepkisel olarak yeniden planlar ve bir telafi eylemini devreye sokar.

$$Obl_{TZS}goal(shipping) \otimes Obl_{TZS}replanGoal(shipping)$$

Hata ve diğer dış etkenler bağlamı (kalan kaynaklar, süre vb.) değiştirerek ilk planlama ortamından farklı bir ortam ortaya çıkarmaktadır. Bu sebeple, mevcut koşullar altında

hedeflere ulaşmak için yeniden planlama yaparak ortama en uygun yeni davranışları keşfetmek gerekmektedir. Tepkisel kural ile süreç keşif işlemi yeniden tetiklenerek ilk keşfettiği sonuçlar ile aynı sonuçları tekrar keşfedilir. Fakat bu sefer bağlam farkında olan süreç seçim modülü mevcut durumu analiz ederek daha uygun bir seçim yapılandırması oluşturur. Etmen havayolu veya karayolu taşımacılığı gibi farklı bir süreci bilgi çalışanına öncelikli olarak önerir. Bu sayede, bilgi çalışanı hedeflerine ulaşması için sürekli olarak etmen tarafından yönlendirilir ve öngörülemeyen hataların meydana gelmesine rağmen, süreç hedeflerine ulaşabilmektedir.

5.3 Kural Benimseme ve Uyum Sağlama

Tez kapsamında geliştirilen altyapı, işletilen bir sürecin Kural Modeli'nde tanımlanmış olan kuralları ihlal etmemesini sağlamak amacıyla anlamsal kısıtlara uygunluğu doğrulayan ve güvence altına alan işlevsellikler sağlamaktadır. Kural tabanlarının oluşturulması ve etmen sistemlerinde bu kuralların uygulanmasına yönelik literatürde bir çok çalışma bulunmaktadır [95, 96]. Ne var ki, çoklu etmen sistemlerinden farklı olarak, kurumsal alanda yaptırımlardan kaçınmak, müşteri güvenini sağlamak ve kuruluşun saygınlığını korumak için kural ve yönetmeliklere bağlı kalmak bir zorunluluktur. Bu amaçla tez kapsamında etmenlerin hangi kuralları takip edeceklerine özerk bir şekilde karar verdikleri açık bir organizasyon yerine, tüm kurallara uymaya çalıştıkları kapalı bir yapı benimsenmiştir. Bu doğrultuda, etmenler kuralları gönüllü olarak benimsemekte; kural otoriteleri, ceza ve ödül mekanizmaları bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmaktadır.

Bu çalışma kapsamında kurallar, etmen çıkarsama, müzakere ve özellikle davranış seçimi süreçlerini etkileyen bir etken olarak kullanılmaktadır. İş ortamındaki kurallar çok çeşitli ve değişken olduğu için, tüm kısıtların süreç akışlarındaki koşullu dallanmalar ile etmen davranışlarına bağlanması veya tasarım zamanında süreç önkoşulları ile belirtilmesi her zaman mümkün olamamaktadır. Bu durumda, süreç etkilerinin düzenleyici kurallarla etkileşimi belirleyici olmaktadır. Süreç seçiminin bir parçası olarak, süreç etkileri etmen sanal bilgi tabanına süreç işletimi başarılı bir şekilde gerçekleşmiş gibi eklenerek, etkin bağlama ait kurallar bilgi tabanı üzerinde kontrol edilmektedir.

Örneğin gıda sektöründe bir firmayı ele alalım. Bu senaryoda ilgili otorite tarafından yayınlanan yeni bir yönetmelik ile belirli sebze türleri için eskisinden daha kısa bir son tüketim süresi belirlenmiştir. Mevcut İSY sistemlerinde, bu durumu yönetmek için, bir süreç uzmanının tüm nakil süreçlerini inceleyerek iş akışlarını yeni kural doğrultusunda güncellemesi gerekmektedir. Tez kapsamında önerilen altyapıda ise bu kural, süreç modelinden bağımsız olarak, yeni bir düzenleyici kural olarak kural modeline eklenir:

$$\text{SalesOrder}(\text{?order}) \wedge \text{hasProduct}(\text{?order}, \text{?good}) \wedge \text{GreenVegetable}(\text{?good}) \\ \rightarrow \text{Phb}_{TZS}(\geq 5 \text{deliveryTime})(\text{?order})$$

Süreç işletim etmeni önceki gibi sipariş teslim sürecinin (bkz. Şekil 3.13) nakliye hedefini yerine getirebilecek süreçleri (havayolu, karayolu, denizyolu ve demiryolu nakliyesi) keşfeder. Süreç kalite beklentileri doğrultusunda süreçleri sıralar ve maliyet verimliliğinden dolayı deniz taşımacılığı yöntemini tercih eder. Etmen süreci işletmeden önce, süreç başarıyla tamamlanmış gibi, süreç etkilerini etmen sanal bilgi modeline ekler, stokları, ürünün yeni konumunu ve ortalama süreç işletim süresini kullanarak teslimat tarihini günceller. Daha sonra etmen yeni bilgi modelinin bir kural ihlaline sebep olup olmadığını kontrol eder. Ortalama süreç işletim süresinin yeni son tüketim tarihini aşması durumunda bir düzenleyici kural ihlali oluşur. Etmen seçtiği nakliye yöntemini iptal ederek kural ile uyumlu bir süreç bulmak üzere seçim adımına geri döner.

Kural tabanlı işletim, çalışma zamanında büyük bir esneklik sağlamakla beraber aynı zamanda bir dizi yeni zorluğu da beraberinde getirmektedir. Yeni eklenen kuralların kabulü ihtilaflara yol açabilir ve etmenin kural uyumlu bir süreç seçememesine sebep olabilir. Örneğin, etmenin yükümlülüklerinden birinin yerine getirebilmesi için işletilebilecek tüm süreçler yasaklı bir duruma sebep oluyorsa, bir çözüm uygulanmadıkça etmen kural uyumlu bir karar veremez ve süreci ilerletemez. Bu durumda etmen süreç uzmanını bilgilendirerek kural çakışmasını çözmesini veya uyumlu bir süreci sisteme yüklemesini ister.

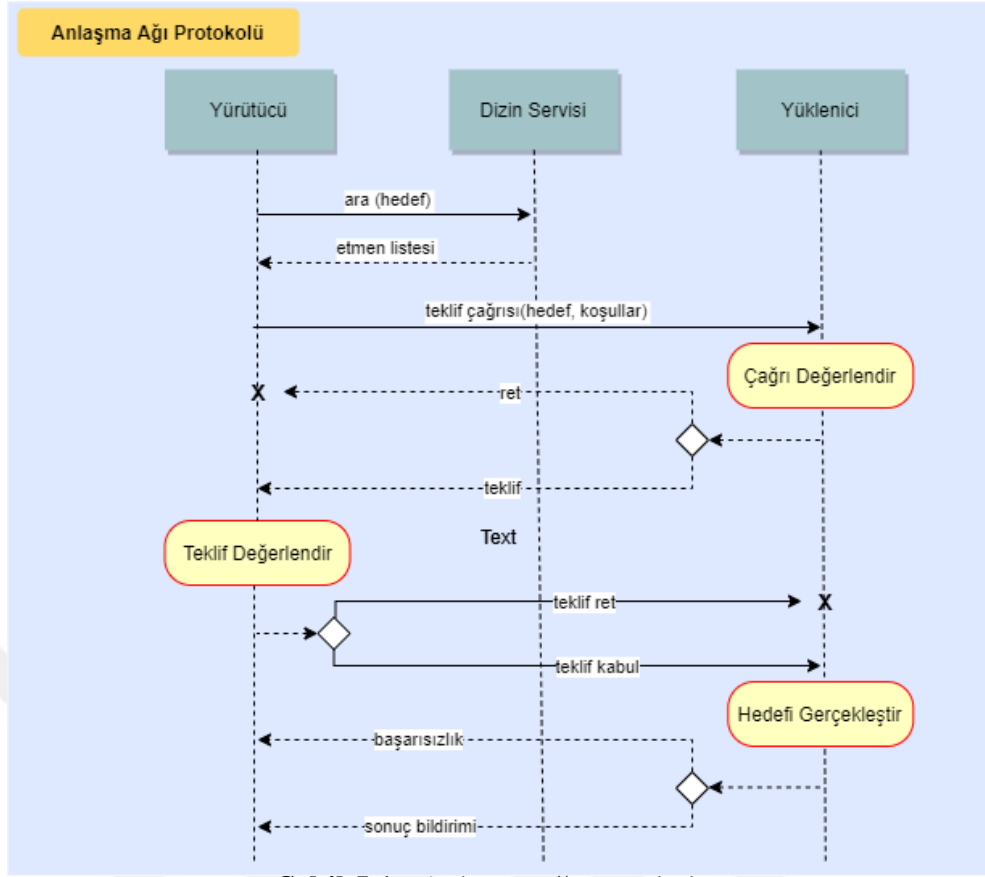
5.4 Esnek Süreç İşletimi

Günümüzde tedarik zincirlerine ilişkin süreçler büyük oranda yapısal, standartlaştırılmış ve tekrarlanabilir. Ne var ki, bu alanda bile, anlık gelişmeler ile

başa çıkmak için bilgi uzmanları tarafından çalışma zamanında yürütülen bir çok bilgi yoğun işlem yer almaktadır. Bu durumlardan biri dayanıksız ürünlerin tedarik zincirinde kalite güvencelerinin sağlanması süreçleridir. Farklı ürün tipleri (tahıllar, canlı ürünler, su kültürleri vb.), kalite standartları (EurepGAP, ISO 22000, IFS, BRC vb.), raf ömürleri, kimyasal işlemler, depolama ve paketleme kararları, ortak ihracat planlaması ve tedarik zinciri ağlarında bilgi paylaşım stratejileri gibi konular bu süreçleri bilgi yoğun bir hale getirmektedir. Bu süreçler üst seviyede öngörülebilirken, detayları tamamen bağlam bağımlıdır [7]. İnanç-Arzu-Niyet etmenlerini süreç katılımcılarının vekili olarak sunan etmen tabanlı süreç işletim ortamı, karmaşık süreçlerin alt seviyedeki paydaşların karar ve etkileşimleri doğrultusunda nasıl oluştuğunu temsil etmek için uygun bir yaklaşımdır.

Bu örnek senaryoda, tedarik zinciri bilgi çalışanı kendi bilgi birikimi doğrultusunda bir dizi kalite kontrol faaliyeti yürütmektedir. Tez kapsamında geliştirilen altyapı, bu plansız süreçlerin kendi kendine ortaya çıkabilmesi için dinamik çoklu etmen işbirliklerinin kurulması tabanlı bir mekanizma sağlamaktadır. Bu plansız süreçler, çalışma zamanından önce modellenememekle beraber süreç katılımcılarının işbirliği ve müzakereleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Çoklu etmen sistemleri, dinamik işbirliklerinin oluşturulması için anlaşma ağı protokollerini (AAP, contract net protocol) kullanmaktadır ve literatürde köklü bir geçmişi bulunmaktadır [140]. Tez kapsamında geliştirilen altyapı da yürütücü bir etmenin ulaşmak istediği bir hedefi yayınladığı ve sisteme kayıtlı diğer etmenlerin (kurum içi veya dışı) teklif vererek hedefe ulaşma sorumluluğunu üstlendiği AAP protokollerini desteklemektedir.

Bu doğrultuda, tedarik zinciri bilgi çalışanı, depodaki bazı çabuk bozulan ürünler için bir raf ömrü testi yapmaya karar verir. Bu amaçla, yürütücü rolündeki tedarik zinciri etmeni, gerekli hedefi gerçekleştirebilecek sisteme kayıtlı tüm etmenleri keşfetmek için Dizin Servisi (DS) etmenini sorgular (bkz. Şekil 5.1). DS hedefi gerçekleştirebileceğini beyan eden etmenlerin listesini sağlar. Yürütücü etmen, hedefi ve görevin gereksinimlerini (bütçe, son tarih vb.) de belirterek, bir teklif çağrısı yaparak etmenlerden teklif ister. Her yüklenici bilgi çalışanı çağrıyı değerlendirir ve bazı karşı koşullar (fiyat, zaman, vb.) sunarak bir teklifte bulunur veya çağrıyı reddeder. Çağrı son süresi dolduğunda, yürütücü bilgi çalışanı gelen teklifleri değerlendirir ve bir veya birden çok teklifi hedefi gerçekleştirmek için seçer. Teklifler



Şekil 5.1 : Anlaşma ağı protokolü.

yüklenici etmenler için bağlayıcıdır, bu nedenle yürütücü bir teklifi kabul ettiğinde, yüklenici hedefi gerçekleştirmek ile sorumlu olur. Yüklenici hedefi tamamladığında yürütücü etmene bir tamamlama mesajı ve sonuçları gönderir.

Anlık olarak gerçekleştirilen bu müzakereler ile bilgi çalışanları adım adım kalite kontrol hedeflerini tanımlamakta ve ilgili müzakere ve sözleşmeler otomatik olarak oluşmaktadır. Bir çok hedefin (raf ömrü testi, sensör analizi, kimyasal kontroller vb.) dinamik bir şekilde tetiklenmesi ile karmaşık kalite kontrol süreçleri dinamik işbirlikleri ile plansız bir şekilde ortaya çıkmaktadır.



6. BAŞARIMIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında geliştirilen bilgi yoğun süreç işletim altyapısının yetenekleri değerlendirilmektedir. Bu amaçla ilk olarak sistemin uyarlanabilirlik ve beklenmeyen hata yönetim yeteneklerini değerlendirmek için, iş süreçlerini otomatik olarak oluşturan ve çeşitli zorlu işletim ortamları oluşturarak sistem başarımını değerlendiren bir iş süreci sınama simülasyonu yapılmıştır. İkinci olarak geliştirilen altyapının Bölüm 2.2’de tanıtılan yeni nesil süreç yönetim sistemi gereksinimlerini ne oranda yerine getirdiği incelenmekte ve literatürdeki diğer çalışmalara göre güçlü ve zayıf yönleri değerlendirilmektedir.

6.1 Uyarlama Yeteneklerinin Değerlendirilmesi

Literatür taramaları sonucunda anlamsal iş süreçlerini değerlendirmek için açık kaynak kodlu bir gerçek dünya süreç veri kümesinin olmadığı gözlemlenmiştir [108,141,142]. Önerilen sistemi standart bir iş süreçleri kümesi üzerinde değerlendirmek için, farklı alanlara ilişkin (astronomi, yer bilimleri, biyoinformatik, hava durumu ve okyanus modelleme) gerçek dünyadaki bilimsel uygulamaların (LIGO, Montage, Cybershake, Epigenomics, SIPHT) işletim günlüklerinden (log) elde edilen sentetik bir iş akışı galerisi kullanılmıştır [143]. İş akışı galerisi, son derece paralel akışlar içeren süreç tanımlarından ve her bir süreç görevinin gerçek dünyadaki işletim süresini içermektedir. Süreç simülatörü için aşağıda verilen özelleştirilebilir konfigürasyonlar tanımlanmıştır;

- *Görev sayısı:* Her bir süreçte yer alacak görev sayısı ön tanımlı bir şekilde 50 hedef görevi olarak belirlenmiştir. Her bir hedef görevi için İSYO-TC4 veri setinde yer alan bir hedef rastlantısal olarak atanmıştır.
- *Süreç ambarı hedef eşleme boyutu:* Her bir hedef için eşlenebilecek 10 süreç ambara eklenmiştir. Her bir sürecin işletim süresi ortalaması sentetik görevin işletim süresine eşit olan bir normal dağılımdan rastlantısal olarak atanmaktadır.

Benzer bir şekilde sürecin maliyeti, ortalaması sentetik görevin işletim süresinin karesine eşit olan bir normal dağılımdan rastlantısal olarak atanır.

- *Kaynakların kullanılabilirliği:* Süreç yönetim sisteminin uç ortam koşullarında davranışını gözlemlemek amacıyla farklı kullanılabilir kaynak (bütçe ve maliyet) değerlerine sahip ortamlar oluşturulmuştur. Bu ortamlar, sadece çok az sayıda hedef eşleme kombinasyonunun kısıtlı kaynaklar dahilinde işletilebildiği ortamlardan, tüm süreç kombinasyonlarının işletilebildiği daha bol kaynağa sahip ortamlara kadar çeşitlilik göstermektedir. Bütçe kısıtlarının oluşturulması için en düşük bütçeli hedef eşleme kombinasyonunun maliyeti (*MinBudget*) ve tüm hedef eşleme kombinasyonlarını işletebilecek en küçük bütçe (*MaxBudget*) belirlenmiştir:

$$\begin{aligned} \text{MinBudget} &= \sum_{p \in g} \min \text{Cost}(p) \\ \text{MaxBudget} &= \sum_{p \in g} \max \text{Cost}(p) \end{aligned}$$

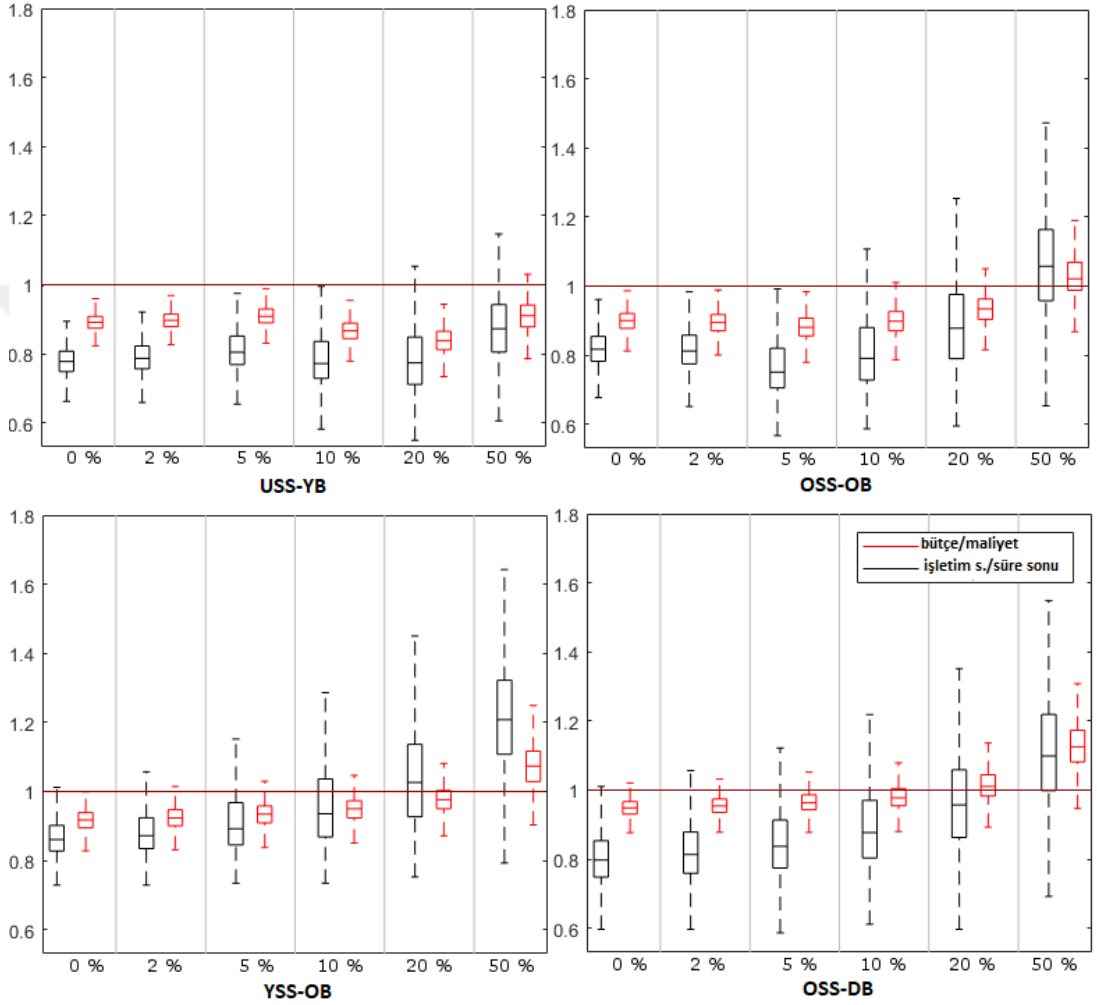
Bu bütçe aralığı (*MinBudget* - *MaxBudget*) üç eşit parçaya bölünerek uç ortamlar için bütçe limitleri ("düşük bütçeli" (DB), "orta bütçeli" (OB) ve "yüksek bütçeli" (YB)) belirlenmiştir. Benzer bir şekilde en kısa kritik yola sahip süreç kombinasyonlarının işletimi için (*MinDeadline*) ve tüm süreç kombinasyonlarının işletimi için (*MaxDeadline*) gereken süreler kullanılarak işletim süresi kısıtları belirlenmiştir. Ve "yakın süre sonu (deadline)" (YSS), "orta süre sonu" (OSS) ve "uzun süre sonu" (USS) ortamlar oluşturulmuştur

$$\begin{aligned} \text{MinDeadline} &= \sum_{p \in g} \min \text{criticalPath}(p) \\ \text{MaxDeadline} &= \sum_{p \in g} \max \text{criticalPath}(p) \end{aligned}$$

Farklı kullanılabilir kaynak oranlarına sahip dört ortam (uzun süre sonu-yüksek bütçe (USS-YB), orta süre sonu-orta bütçe (OSS-OB), yakın süre sonu-orta bütçe (YSS-OB) ve orta süre sonu-düşük bütçe (OSS-DB)) oluşturularak farklı ortam koşullarında sistemin başarımının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

- *Hata oranı:* Sistemin hatadan kurtulma başarımının değerlendirilebilmesi için her bir görev için hata yapma olasılığının belirlendiği farklı hata modelleri (%0-%50) simülasyona eklenmiştir. Bu model doğrultusunda her bir görev belirli bir oran ile başarısız olmaktadır. Bu hatalar gerçek dünyada çalışma zamanında oluşabilecek bilgi çakışması, kaynak eksiklikleri veya fiziksel cihazlardaki sorunları temsil etmektedir. Süreç işletim süresi göz önüne alınarak rastlantısal bir hata oluşum

zamanı belirlenmekte ve orantısal olarak belirli bir miktar süre ve bütçe hata sonucu boşa harcanmış olmaktadır. Hata sonrası sistem yeni ortam koşulları (kalan bütçe ve kalan zaman) doğrultusunda yeniden planlama yaparak görevin işletimini tekrar denemektedir. Sistemin başarımı "maliyet/bütçe" ve "işletim süresi/süre sonu" ile değerlendirilmektedir.



Şekil 6.1 : Farklı ortamlar ve hata oranları için sistem başarımlarını gösteren simülasyonu.

Her bir süreç işletim ortamı ve sabit görev hatası oranı için simülatör İSYO-TC4 deposundan rastgele seçilen 50 hedef görevi olan 5000 süreç modeli üretmektedir. Dört farklı işletim ortamı ve her birinde sınanan altı hata oranı için toplamda 120.000 süreç işletimi gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.1'de bu ortamlar ve hata oranları için sistem başarımları sonuçları verilmiştir. Kutu grafikleri, süreç işletimleri sonucu gerçekleşen maliyetin bütçeye olan oranını ve işletim süresinin son teslim tarihine oranını göstermektedir. Grafiklerdeki yayılımlar (whisker) maksimum ve minimum değerleri, kutular verinin yoğunlaştığı birinci çeyrek - üçüncü çeyrek aralığını ve

kutunun üzerindeki çizgi medyanı temsil etmektedir. Bu gösterimde 1 değerini aşan oranlar kısıtların sağlanamadığı işletimleri göstermektedir. Bu doğrultuda farklı işletim ortamları ve hata oranları için başarılı süreç işletim oranları Tablo 6.1’de verilmiştir. Bu tabloda süreç işletimi sadece hem bütçe hem de son tarih kısıtlamaları karşılandığında başarılı olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.1 : Farklı işletim ortamı ve hata oranları için başarılı süreç işletim oranları.

	<i>hata oranı</i>					
	<i>% 0</i>	<i>% 2</i>	<i>% 5</i>	<i>% 10</i>	<i>% 20</i>	<i>% 50</i>
<i>USS-YB</i>	1	1	1	0.99	0.97	0.86
<i>OSS-OB</i>	1	1	0.97	0.92	0.76	0.16
<i>YSS-OB</i>	0.98	0.91	0.81	0.65	0.37	0.02
<i>OSS-DB</i>	0.95	0.89	0.80	0.61	0.30	0.0

Simülasyon sonuçları göstermiştir ki, yeterli kaynaklara sahip ortamlarda (USS-YB), sistem %10’a kadar olan hata oranlarını (50 görevden oluşan bir süreçte yaklaşık beş görev başarısızlığını) başarıyla kotarabilmektedir. Görev başarısızlıklarından sonra sistem kalan kaynaklar (zaman ve bütçe) doğrultusunda yeniden hedefe yönelik davranışlarını planlamaktadır ve bu şekilde belirli bir başarısızlık oranındaki hatalar ile başa çıkabilmektedir. Aynı ortamda (USS-YB) oluşturulan %20 hata oranında sistem çalıştırılan 5000 süreçten 4887 tanesini başarı ile tamamlayarak %97 başarı oranına ulaşmaktadır. 113 süreç ise belirtilen süre kısıtları içerisinde tamamlanamadığı için başarısız olmuştur. Sistemde kritik bir sorun olduğunu işaret eden ve oluşması pek beklenmeyen %50 hata oranlarında bile tatmin edici sonuçlar alınmıştır. Sistem ayrıca kaynak (bütçe ve zaman) yetersizlikleri ile de başarıyla başa çıkabilmektedir. Kaynakların %66’sının mevcut olduğu (OSS-OB) ortamında %5 hata oranına kadar başarı ile çalışmaktadır.

Yapılan testler ayrıca sistemin bütçe kısıtları ile yüksek hata oranlarında bile daha iyi başa çıkabildiğini göstermektedir. Bunun sebebinin süreç kritik yolunda oluşan her hangi bir hatanın doğrudan tüm sürecin gecikmesine sebep olması ve yeniden planlama ile bu gecikmenin kotarılmasının daha zor olması olduğu gözlenmiştir.

6.2 BYS Gereksinimleri Doğrultusunda Değerlendirilmesi

Bölüm 2.2’de bilgi yoğun süreç yönetim sistemlerinin yeteneklerinin nesnel bir şekilde değerlendirilmesi için Di Ciccio ve arkadaşları [1] tarafından tanımlanan çerçeve tanıtılmıştır. Bölüm 2.3.5’te literatürde yer alan çalışmalar bu çerçeve doğrultusunda karşılaştırılmıştır. Bu bölümde tez çalışması kapsamında geliştirilen altyapı bilgi yoğun süreç yönetimi gereksinimlerini sağlaması açısından değerlendirilmekte ve ADEPT [2], SmartPM [3], Planlets [7] ve Go4Flex [4] çalışmaları ile karşılaştırılmaktadır.

BYS yönetim sistemi gereksinimlerinin bir kısmı süreç yönetim sistemlerinin modelleme yeteneklerinin geliştirilmesine yöneliktir. Bu işlevsel olmayan istekler büyük oranda tez kapsamında önerilen metodoloji ve modeller ile yerine getirilmektedir. Veri gereksinimleri geliştirilen Alan Modeli ile, hedef gereksinimleri Hedef Modeli ile, G18 kaynak/yetenek modelleme gereksinimi Stratejik İlişkiler Modeli ile, G20 kullanıcı yetkilendirme gereksinimi Etmen Modeli ile ve G12 bilginin görünürlüğü gereksinimi bilgi tabanlı yaklaşım ile yerine getirilmektedir.

İşlevsel olmayan isteklere ek olarak, sisteme yeni yetenekler kazandırılmasını hedefleyen bir dizi işlevsel istek de bulunmaktadır. Bu istekler etmen tabanlı süreç işletim altyapısı ve etmen davranışları ile yerine getirilmektedir. Bu yetenekler Bölüm 5’te sunulan kullanım senaryoları ile örneklendirilmiştir. Bu senaryolar şu gereksinimleri kapsamaktadır.

- Bilgi güdümlü davranışlar: Bu senaryo kapsamında dış olayların bilgi modelini güncellemesi (G24 Dış olayların modellenmesi) ve bu bilgilerin süreç ön koşulları ile etkileşime geçerek süreç akışını şekillendirmesi (G5 Veri güdümlü davranışlar) örneklenmektedir.
- Öngörülemez hataları kotarma: Bu senaryo ile geliştirilen altyapının G14 Öngörülemez hatalar gereksinimine yönelik yetenekleri gösterilmiştir.
- Kural benimseme ve uyum sağlama: Kullanıcıların süreç verisi üzerinde kısıt ve iş kurallarını tanımlayabilmesi örneklenmiştir. Bu kurallar çalışma zamanında yapılan

çıkarsamaları etkileyerek etmenin davranışlarını şekillendirmiştir (G7 Kural ve kısıtlar).

- Esnek süreç işletimi: Bu senaryo sistemin müzakere ve işbirliği yeteneklerini (G13 Esnek işletim) ve bilgi çalışanlarının kararları ile süreçlerin nasıl şekillendiğini (G23 Kullanıcı kararları) tanıtmaktadır.

Tez kapsamında yapılan çalışma literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılarak Tablo 6.2 oluşturulmuştur. Bu tabloda sistemlerin belirtilen isterleri sağlama (+/-) ve kısmi sağlama (∼) durumları belirtilmiştir.

Çizelge 6.2 : Tezin diğer İSY sistemleri ile karşılaştırılması.

	İster	Tez Çal.	ADEPT	SmartPM	Planlets	Go4Flex
Veri	G1 Veri modelleme	+	∼	+	∼	∼
	G2 Geç veri modelleme	∼	-	-	-	-
	G3 Veriye erişim	+	-	-	-	+
	G4 Paylaşılan veriye erişim	+	+	+	-	+
Dvrm.	G5 Veri güdümlü davranışlar	+	∼	∼	∼	∼
	G6 Geç davranış modelleme	∼	+	∼	∼	-
Kural	G7 Kural ve kısıtlar	+	-	+	-	∼
	G8 Geç kısıtlar	+	-	-	-	-
Hedef	G9 Hedef modelleme	+	-	∼	-	+
	G10 Geç hedef modelleme	+	-	∼	-	-
Süreç	G11 Farklı modelleme formatları	-	-	+	+	-
	G12 Bilginin görünürlüğü	+	∼	-	-	+
	G13 Esnek işletim	+	+	-	-	-
	G14 Öngörülemez hatalar	+	+	+	+	+
	G15 Örneklerin göçü	-	+	-	+	-
	G16 Günlüklerden öğrenme	-	∼	-	+	-
	G17 Veriden öğrenme	-	-	-	-	-
Bilgi Kullanıcıları	G18 Kaynak/yetenek modelleme	+	+	+	+	-
	G19 Kullanıcı etkileşimi	-	-	-	-	-
	G20 Kullanıcı yetkilendirme	+	-	-	-	-
	G21 Geç kaynak modelleme	+	-	-	+	-
	G22 Geç yetki modelleme	∼	-	-	-	-
	G23 Kullanıcı kararları	+	∼	∼	∼	∼
Ortam	G24 Dış olayların modellenmesi	+	-	+	+	-
	G25 Olayların geç modellenmesi	+	-	-	-	-

Literatürdeki çalışmalar büyük oranda öngörülemez hataların koterilmesine odaklanırken, tez çalışmasının bilgi-yoğun süreç yönetim sistemlerinin temel gereksinimlerinin çoğunu sağlayan en kapsamlı çalışma olduğu görülmüştür.

Öte yandan, tez çalışması hala prototip bir sistem olduğu için, bir süreç modelinin değişmesi durumunda çalışan örneklerin taşınması gibi üretim seviyesi yeteneklerden

yoksundur. Ayrıca, tez çalışması çok kısıtlı bir süreç işletimlerinden öğrenme yeteneğine sahiptir. Sadece işletilen süreç ve görevlerin ortalama işletim süresi ve maliyetlerini kullanarak istatistiksel olarak faydalanmaktadır. ADEPT ve Planlets ise harici bir süreç madenciliği araç seti kullanarak [144] daha kapsamlı öğrenme yetenekleri sunmaktadır.

6.3 Önerilen Hipotezlerin Değerlendirilmesi

Bölüm 1.2 Çözüm Yöntemi ve Hipotezler başlığında tanımlandığı üzere tez çalışması kapsamında önerilen anlamsal süreç yönetimi yaklaşımı üç hipotez üzerine kurulmuştur. Bu bölümde anlamsal süreç yönetimine yönelik sunulan hipotezler ve yapılan çalışmalar sonucunda ulaşılan sonuçlar değerlendirilmektedir.

Tez çalışması kapsamında sunulan ilk hipotez, süreç tasarımının sadece görev ve kontrol akışlarının modellenmesi ile sınırlı olmadığı, kural, hedef, işletim ortamı ve iş akışı bakış açılarının bütüncül bir şekilde ele alınması gerektiğidir. Geleneksel süreç modelleme metodolojilerinde makine tarafından işletilebilen bir biçime sahip olan ve çalışma zamanına aktarılan tek tasarım bileşeni süreç modelleridir. Tez çalışma kapsamında kurumsal bilgi, hedefler, roller ve kuralları da tanımlayan modeller geliştirilmiştir. Bu modeller kullanılarak *Organizasyon ve İş Fonksiyonları Ontolojisi*, *Kurumsal Strateji Ontolojisi*, *Kurumsal Veri Ontolojisi* ve *Kurumsal Kural ve Kısıtlar Ontolojisi* oluşturulmuş ve anlamsal süreç modelleri ile ilişkilendirilerek çalışma zamanına aktarılmıştır. Yeni eklenen modeller ile çalışma zamanında şu faydalar sağlanmıştır:

- *Kurumsal Strateji Ontolojisi*: Kurumsal hedef ve stratejilerin modellenmesi ve süreç modellerine hedef görevlerin eklenmesi sayesinde eksik belirtim kaynaklı çalışma zamanı esnekliği sağlanmıştır. Hedef görevler ile hedefe yönelik somut davranışların bağlanması çalışma zamanına ertelenerek, etmenin güncel bağlam ve anlık dünya algısı doğrultusunda etkin olarak en doğru kararları vermesi mümkün olmuştur. Yapılan simülasyon çalışmaları ile etmenin değişen ortam koşulları doğrultusunda davranışlarını uyarlayarak %95 başarımla hedeflerine ulaştığı gözlenmiştir. Kurumsal strateji ontolojisi aracılığıyla *G9 Hedef modelleme* ve *G10 Geç hedef modelleme* isterleri yerine getirilmiştir.

- *Kurumsal Veri Ontolojisi:* Geliştirilen anlamsal veri modeli ile bilgi tabanlı süreç yönetimi mümkün olmuştur. Bu sayede, bilgi modelinin evrilmesiyle dinamik uyarlamaların yapılabilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, süreçler kolayca keşfedilebilir, yeniden kullanılabilir ve diğer süreçlerle birleştirilebilir hale gelmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, bilgi modelinde yer alan anlamsal kavramlar üzerinde çalışan bilgi keşif modülünün hedeflere yönelik davranışları %79,45 doğrulukla bulabildiği ve %85 doğrulukla uygunluğuna göre sıralayabildiği gözlenmiştir.

Bilgi tabanlı yaklaşım sayesinde kurumsal bilgi modelinin evrilmesi sonucunda görev işleyişlerinin de evrilmesi mümkün olmuştur. Bölüm 5.1 Bilgi Güdümlü Davranışlar senaryosu ile geliştirilen altyapının ilgili yetenekleri örneklenmiştir. Kurumsal veri ontolojisi sayesinde *G1 Veri modelleme*, *G5 Veri güdümlü davranışlar*, *G24 Dış olayların modellenmesi* ve *G25 Olayların geç modellenmesi* gereksinimleri yerine getirilmiştir.

- *Kurumsal Kural ve Kısıtlar Ontolojisi:* Geleneksel süreç yönetim sistemleri kurumsal kuralların temsilini süreç modellerinde akış kontrol yapılarını (örn. koşullu dallanmalar) kullanarak yerine getirmektedir. Bu sebeple kurallar süreç görev akışının bir parçası haline gelmekte ve kuralların değişmesi süreç modellerinin de güncellenmesini gerektirmektedir. Tez çalışması kapsamında önerilen kural modeli sayesinde, sürece fiziksel olarak bağlanan kısıtlardan kurtularak kuralların harici bir şekilde bildirimsel olarak temsil edilmesi sağlanmıştır. Bu yaklaşım, kural değişimleri ve yeni kısıtların eklenmesi gibi durumlara daha esnek bir biçimde uyum sağlamaya ve çıkarsama tabanlı karar vermeye olanak tanımıştır. Geliştirilen altyapının ilgili yetenekleri Bölüm 5.3 Kural Benimseme ve Uyum Sağlama başlığında detaylandırılmıştır. Kural modeli sayesinde *G7 Kural ve kısıtlar* ve *G8 Geç kısıtlar* gereksinimleri yerine getirilmiştir.

- *Organizasyon ve İş Fonksiyonları Ontolojisi:* Organizasyonu oluşturan rollerin modellenmesi ve bu aktörlerin arzu, ihtiyaç ve yeteneklerinin tanımlanması ile bilgi yoğun süreçlerin en önemli bileşeni olan bilgi uzmanları süreç tasarım uzayının bir parçası haline getirilmiştir. Geliştirilen bu model ile *G18 Kaynak/yetenek modelleme* gereksinimi yerine getirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında önerilen ikinci hipotez olarak, kapsüllemeyi ve bileşenleştirmeyi sağlamak için, süreç işletimleri kurumsal bilgiyi güncelleyen görev akışları ile değil, her biri kendi hedefleri, inanışları, kararları ve yaşam döngüsü olan etkileşimli özerk varlıklar üzerinden yönetilmesi önerilmiştir. Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, kurumsal süreçlerin değişken, tamamen gözlemlenebilir olmayan ve bağlamsal tercihler yapılmasını gerektiren doğası klasik planlama yaklaşımlarının uygulanmasını imkansız hale getirmektedir. Ayrıca kurumsal süreçlerin rekabetçi doğası bilginin ve yeteneklerin gizlenmesini gerektirebilmektedir. Örnek olarak, farklı üreticilerin yeteneklerini yayınlayabildikleri ve hiçbirinin tek başına sağlayamayacağı yeni ürünleri üretmek için işbirliği yaptıkları bir ortam düşünelim. Bu tür servis sağlayıcıların, neye katkıda bulunabileceklerini ve diğerlerinden neye ihtiyaç duyduklarını açıklayan bir tür genel arayüz sunmaları gerekecektir. Ancak büyük olasılıkla, iç işleyişlerini tanımlamak istemeyeceklerdir (örneğin, stok seviyeleri, makineleri, lojistik yetenekleri, personeli, diğer taahhütleri, vb.). Bu durum süreç planlama aşamasında açık bir şekilde bu bilgilere erişilemesini engelleyecek ve klasik planlama yöntemlerini uygulanamaz kılacaktır. Tez çalışması kapsamında önerilen etmen tabanlı soyutlama ve buluşsal planlama yaklaşımı, her bir etmen kendi hedeflerine ulaşmaya çalışırken kurumsal süreçlerin dinamik bir şekilde kendiliğinden ortaya çıkışını simüle etmek için çok uygundur. Bölüm 5.4 Esnek Süreç İşletimi başlığında tez çalışması kapsamında geliştirilen altyapının ilgili yetenekleri özetlenmiştir. Bu yetenekler sayesinde *G13 Esnek işletim* ve *G23 Kullanıcı kararları* gereksinimleri yerine getirilmiştir.

Önerilen üçüncü hipotez olarak, İSY sistemlerinin amacının süreç otomasyonunu sağlamaya ek olarak iş uzmanlarının karar verme süreçlerini desteklemeye doğru kaydığı öngörülmüştür [1]. Bu doğrultuda, tez çalışması ile bilgi çalışanlarının bazı uzmanlıkları dijitalleştirilerek etmenler tarafından yerine getirilebilmesi sağlanmıştır. Etmenler tarafından yerine getirilen ilk uzmanlık, bilgi çalışanlarının alternatifler arasından en uygun süreci seçme yeteneğidir. Süreçleri somut ölçütler ile farklı bakış açılarından değerlendiren kurumsal karneler kullanılarak bu yetenek gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, geliştirilen algoritmanın farklı ortam koşullarına en uygun süreçleri belirleyerek %95 başarımla otomatik bir şekilde hedeflere ulaştığı gözlenmiştir. Tez kapsamında dijitalleştirilen bir diğer

süreç uyarlama yeteneği de hedef tabanlı telafi davranışları ile sağlanan beklenmeyen hataların koterılmasıdır. Yine yapılan deneysel çalışmalar sonucunda sistemin %20 hata oranında bile %97 başarıyla hedeflerine ulaştığı görülmüştür. Geliştirilen bu davranışlar Bölüm 5.2 Öngörülemeyen Hataları Kotarma uygula senaryosu ile örneklenmiştir. Bu yetenekler ile *G14 Öngörülemeyen hatalar* BYS gereksinimi yerine getirilmiştir.

Yapılan değerdendirmeler sonucunda tez kapsamında yüksek değışkenliğe sahip bilgi yoğun iş süreçlerinin yönetimi için sunulan hipotezlerin geçerliliği doğrulanmıştır. Verilen tasarım kararları sonucunda geliştirilen sistem, bilgi yoğun süreç yönetimi gereksinimlerini yerine getiren en kapsamlı çalışma olmuştur. Sistemin ilgili ölçütlerdeki başarımı deneysel çalışmalar ve örnek uygulama senaryoları ile doğrulanmıştır.

7. SONUÇLAR

İş süreç yönetimi uzun bir süredir kurumların verimliliğinin artırılmasına başarılı bir şekilde katkı sağlamaktadır, fakat iş dünyasının yeni gerçekleri (endüstri 4.0, sanal organizasyonlar, uzaktan çalışma, vb.), bilişim sistemleri için yeni zorunluluklar yaratmaktadır. Günümüzün İSY sistemlerinin akıllı süreç yönetimi hedefini hayata geçirebilmek için işbirliği, uyarlanabilirlik ve bağlam farkındalık gibi kavramların üzerine yoğunlaşması gerekmektedir. Literatürde, kendinden uyarlanabilir süreçleri sağlamak için özelleşmiş etmen programlama dilleri ve klasik planlama tekniklerini kullanan bir dizi çalışma yer almaktadır. Fakat, bu çalışmaların kurumsal standartlardan uzak oluşları ve uygulanabilirliklerindeki zorluklardan dolayı endüstriyel kullanımı yaygınlaşmamıştır. Bu tez çalışması kapsamında genel bir tasarım metodolojisi, somut bir mimari ve prototip bir süreç yönetim altyapısı geliştirilerek kurumsal süreçlerin bilgi güdümlü bir yaklaşımla otomatik uyarlanabilirliğinin sağlanması hedeflenmiştir. Bu amaçla anlamsal olarak zenginleştirilmiş İSY standartları, ontolojik olarak modellenen kurumsal ortamlar ve çoklu etmen sistemleri araştırma alanından gelen yöntemler bir araya getirilmiştir.

Bu tez çalışması iki aşamalı bir yaklaşımla tüm İSY yaşam döngüsünü destekleyen bir çözüm önermektedir. İlk olarak, kurumsal ve iş süreçleri uzayını etmen tabanlı yazılım mühendisliği metodolojileri ile uyumlu bir şekilde modelleyen bilgi yoğun süreç modelleme metodolojisi geliştirilmiştir. Arttırımlı bir şekilde geliştirilen modeller organizasyon, iş ortamı, kurumsal stratejiler, işlevsellikler ve kısıtları anlamsal bir şekilde tanımlamakta ve İnanç-Arzu-Niyet etmenlerinin bilgi tabanlarını oluşturmaktadır. Daha sonra, etmenlerin çalışma zamanında özerk bir şekilde hedefe yönelik ve bilgi odaklı davranış uyarlamaları yapmasına olanak tanıyan bir çoklu etmen tabanlı süreç işletim ortamı geliştirilmiştir. İş uzmanlarının karar verme yöntemlerinden esinlenerek geliştirilen buluşsal planlama yaklaşımı ile sergilenecek eylemlere işletim sırasında yeni bilgiler ortaya çıktıkça adım adım karar verilmekte ve hedefler ile gerçekler arasındaki boşluk kapatılmaya çalışılmaktadır. Bu altyapının

sağladığı süreç kalitesinin tahminlenmesi, etmen yeteneklerinin değerlendirilmesi, kurallara uygunluğun kontrolü, hata yönetimi ve bilgi güdümlü davranış işlevsellikleri ile çalışma zamanı süreç uyarlanabilirliği mümkün olmaktadır.

Literatürdeki mevcut yöntemlerden üstün olarak, tez çalışması süreç katılımcılarının ve organizasyonun bilişsel özelliklerini (hedef, niyet, yükümlülükler, yasaklar, inançlar vb.) de modelleyerek süreçlerin sosyal boyutunu da başarıyla yakalamakta ve çok kriterli karar verme süreçlerine dahil etmektedir. Buna bağlı olarak, sistem İnanç-Arzu-Niyet etmenlerini, iş hedeflerini takip eden, ortamdaki fiziksel ve sanal uyarımları algılayan, iş bağlamını hatırlayan, nasıl davranmaları ve davranmamaları gerektiğine dair çıkarsama yapan ve buna göre hareket eden sanal asistanlar olarak kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar, yeterli kaynaklara sahip bir ortamda tez kapsamında geliştirilen çerçevenin rastgele oluşturulan çalışma zamanı hatalarını başarılı bir şekilde koterabildiğini ortaya koymuştur. Literatürdeki mevcut çalışmalarla karşılaştırıldığında, geliştirilen sistem, bilgi yoğun süreç yönetim sistemlerinin temel gereksinimlerinin büyük bir çoğunluğunu sağlayan en kapsamlı çözüm olmuştur.

Geliştirilen tüm bu özellikleri ile, tez çalışması yalnızca yeni bir akıllı süreç işletim altyapısı değil, aynı zamanda mevcut standartlar ve en iyi uygulamalar üzerine inşa edilmiş eksiksiz bir iş süreci yönetimi yaşam döngüsü önerisidir. Bu çalışma ayrıca, çoklu etmen teknolojileri alanındaki yoğun araştırmaların, bilgi yoğun iş süreci yönetimi alanına aktarılmasına yönelik bir ön altyapı görevi görmektedir.

Geleceğe yönelik çalışmalara yön göstermesi için bu çalışmanın geliştirilmesi gereken yönleri şu şekilde sıralanabilir. Tez çalışması, kurumlar arası işbirliği ve açık topluluklar için nispeten iyimser olan, tüm etmenlerin tabiyatları gereği tamamen işbirlikçi ve kuralları gönüllü bir şekilde benimsediğini kabullenmektedir. İkinci olarak, zamansal kısıtlar [145] henüz desteklenmemektedir ve bu nedenle, mevcut yaklaşımda, görev ön koşul ve etkileri zaman kalıplarına atıfta bulunamamaktadır. Gelecek çalışmalar için, mevcut çerçevenin iş anlaşmalarının otomatik bir şekilde tanımlanabilmesini sağlayan gelişmiş elektronik sosyal kurumlarla (örneğin yasama, kuralların ihlalinin tespiti ve cezalandırma) genişletilmesi planlanmaktadır. Bu tür kurumların geliştirilmesinin, İSY sistemlerini açık işletme pazarlarına dönüştürecek sözleşme yönetimi, aracılık, müzakere arabuluculuğu ve itibar yönetimi mekanizmaları sağlayarak, özel sektöre ait

etmenlerin güvenli bir şekilde iş etkileşimlerine girmelerini sağlayan gerekli bir güven altyapısını sağlaması öngörülmektedir.





KAYNAKLAR

- [1] **Di Ciccio, C., Marrella, A. ve Russo, A.** (2015). Knowledge-intensive processes: characteristics, requirements and analysis of contemporary approaches, *Journal on Data Semantics*, 4(1), 29–57.
- [2] **Dunie, R., Miers, D., Wong, J., Kerremans, M., Iijima, K. ve Vincent, P.** (2019). Magic Quadrant for intelligent business process management suites, *Gartner Inc.*
- [3] **Braubach, L., Pokahr, A., Jander, K., Lamersdorf, W. ve Burmeister, B.** (2010). Go4Flex: Goal-Oriented Process Modelling., *IDC, Springer*, s.77–87.
- [4] **Sinur, J., Odell, J., Fingar, P. ve Harmon, P.** (2013). *Business process management: the next wave: harnessing complexity with intelligent agents*, Meghan-Kiffer Press Tampa.
- [5] **Panetto, H., Zdravkovic, M., Jardim-Goncalves, R., Romero, D., Cecil, J. ve Mezgár, I.** (2016). New perspectives for the future interoperable enterprise systems, *Computers in Industry*, 79, 47–63.
- [6] **Dumas, M.,** (2018). Business Process Modeling, **L. Liu ve M.T. Özsu,** (düzenleyenler), *Encyclopedia of Database Systems*, Second Edition, Springer.
- [7] **Reichert, M. ve Weber, B.** (2012). *Enabling flexibility in process-aware information systems: challenges, methods, technologies*, Springer Science & Business Media.
- [8] **Marrella, A., Mecella, M. ve Sardina, S.** (2017). Intelligent process adaptation in the SmartPM system, *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 8(2), 25.
- [9] **Marrella, A., Russo, A. ve Mecella, M.** (2012). Planlets: automatically recovering dynamic processes in YAWL, *OTM Confederated International Conferences" On the Move to Meaningful Internet Systems"*, Springer, s.268–286.
- [10] **Kluza, K., Nalepa, G.J., Ślaziński, M., Kutt, K., Kucharska, E., Kaczor, K. ve Łuszpaj, A.,** (2017). Overview of Selected Business Process Semantization Techniques, *Advances in Business ICT: New Ideas from Ongoing Research*, Springer, s.45–64.
- [11] **Hoang, H.H., Jung, J.J. ve Tran, C.P.** (2014). Ontology-based approaches for cross-enterprise collaboration: a literature review on semantic business process management, *Enterprise Information Systems*, 8(6), 648–664.

- [12] **Weber, I., Hoffmann, J., Mendling, J. ve Nitzsche, J.** (2007). Towards a methodology for semantic business process modeling and configuration, *International Conference on Service-Oriented Computing*, Springer, s.176–187.
- [13] **Jander, K., Braubach, L., Pokahr, A., Lamersdorf, W. ve Wack, K.J.** (2011). Goal-oriented processes with GPMN, *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 20(06), 1021–1041.
- [14] **Greenwood, D. ve Ghizzioli, R.**, (2009). Goal-oriented autonomic business process modelling and execution, *Multiagent Systems*, InTech.
- [15] **Dadam, P. ve Reichert, M.** (2009). The ADEPT project: a decade of research and development for robust and flexible process support, *Computer Science-Research and Development*, 23(2), 81–97.
- [16] **Borshchev, A. ve Filippov, A.** (2004). From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools, *Proceedings of the 22nd international conference of the system dynamics society*, cilt 22, Citeseer.
- [17] **Weske, M.** (2019). *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*, Springer.
- [18] **Dumas, M., Rosa, M.L., Mendling, J. ve Reijers, H.A.** (2018). *Fundamentals of Business Process Management, Second Edition*, Springer.
- [19] **Sinur, J. ve Hill, J.B.** (2010). Magic quadrant for business process management suites, *Gartner RAS Core research note*, 1–24.
- [20] **White, S.A.** (2004). Introduction to BPMN, *Ibm Cooperation*, 2(0), 0.
- [21] **Fu, X., Bultan, T. ve Su, J.** (2004). Analysis of interacting BPEL web services, *Proceedings of the 13th international conference on World Wide Web*, s.621–630.
- [22] **Warren, P., Kings, N., Thurlow, I., Davies, J., Buerger, T., Simperl, E., Ruiz, C., Gomez-Perez, J.M., Ermolayev, V., Ghani, R. ve diğerleri** (2009). Improving knowledge worker productivity—the ACTIVE integrated approach, *BT Technology Journal*, 26(2), 165–176.
- [23] **Di Ciccio, C. ve Mecella, M.** (2012). Mining constraints for artful processes, *International Conference on Business Information Systems*, Springer, s.11–23.
- [24] **Odell, J.** (2010). Agent technology: an overview, *Ann Arbor, MI USA*, [http://www.jamesodell.com/\[GS Search\]](http://www.jamesodell.com/[GS Search]).
- [25] **Jennings, N.R., Faratin, P., Johnson, M., Norman, T.J., O'brien, P. ve Wiegand, M.** (1996). Agent-based business process management, *International Journal of Cooperative Information Systems*, 5(02n03), 105–130.

- [26] **Bergenti, F., Caire, G., Gotta, D., Long, D. ve Sacchi, G.** (2011). Enacting BPM-oriented Workflows with Wade., *WOA*, s.112–116.
- [27] **Filipowska, A., Kaczmarek, M., Koschmider, A., Stein, S., Wecel, K. ve Abramowicz, W.** (2011). Social software and semantics for business process management-alternative or synergy?, *Journal of Systems Integration*, 2(3), 54.
- [28] **Lautenbacher, F., Bauer, B. ve Seitz, C.** (2008). Semantic Business Process Modeling-Benefits and Capability., *AAAI Spring Symposium: AI Meets Business Rules and Process Management*, s.71–76.
- [29] **Jennings, N.R., Faratin, P., Norman, T.J., O'Brien, P., Odgers, B. ve Alty, J.L.** (2000). Implementing a business process management system using ADEPT: A real-world case study, *Applied Artificial Intelligence*, 14(5), 421–463.
- [30] **Reichert, M. ve Dadam, P.** (2009). Enabling adaptive process-aware information systems with ADEPT2, *Handbook of Research on Business Process Modeling*, IGI Global, s.173–203.
- [31] **Göser, K., Jurisch, M., Acker, H., Kreher, U., Lauer, M., Rinderle-Ma, S., Reichert, M. ve Dadam, P.** (2007). Next-generation process management with ADEPT2.
- [32] **Marrella, A., Mecella, M. ve Sardina, S.** (2014). SmartPM: an adaptive process management system through situation calculus, IndiGolog, and classical planning, *Fourteenth International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning*.
- [33] **McDermott, D., Ghallab, M., Howe, A., Knoblock, C., Ram, A., Veloso, M., Weld, D. ve Wilkins, D.** (1998), PDDL-the planning domain definition language.
- [34] **Gerevini, A., Saetti, A., Serina, I. ve Toninelli, P.** (2004). LPG-TD: a fully automated planner for PDDL2. 2 domains, *In Proc. of the 14th Int. Conference on Automated Planning and Scheduling (ICAPS-04) International Planning Competition abstracts*, Citeseer.
- [35] **Ter Hofstede, A.H., Van der Aalst, W.M., Adams, M. ve Russell, N.** (2009). *Modern Business Process Automation: YAWL and its support environment*, Springer Science & Business Media.
- [36] **Adams, M., Hense, A.V. ve ter Hofstede, A.H.** (2020). YAWL: An open source Business Process Management System from science for science, *SoftwareX*, 12, 100576.
- [37] **Compton, P., Edwards, G., Kang, B., Lazarus, L., Malor, R., Preston, P. ve Srinivasan, A.** (1992). Ripple down rules: Turning knowledge acquisition into knowledge maintenance, *Artificial Intelligence in Medicine*, 4(6), 463–475.

- [38] **Pokahr, A., Braubach, L. ve Lamersdorf, W.**, (2005). Jadex: A BDI reasoning engine, *Multi-agent programming*, Springer, s.149–174.
- [39] **Laddaga, R. ve Robertson, P.** (2004). Self adaptive software: A position paper, *SELF-STAR: International Workshop on Self-* Properties in Complex Information Systems*, cilt 31, Citeseer, s. 19.
- [40] **Vossen, G. ve Lechtenbörger, J.**, (2019). Structuring What You Are Doing: 20 Years of Business Process Modelling, *The Art of Structuring*, Springer, s.227–238.
- [41] **Norman, T.J., Jennings, N.R., Faratin, P. ve Mamdani, E.** (1996). Designing and implementing a multi-agent architecture for business process management, *International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*, Springer, s.261–275.
- [42] **Cernuzzi, L., Molesini, A. ve Omicini, A.**, (2014). The Gaia Methodology Process, *Handbook on Agent-Oriented Design Processes*, Springer, s.141–172.
- [43] **Bresciani, P., Perini, A., Giorgini, P., Giunchiglia, F. ve Mylopoulos, J.** (2004). Tropos: An agent-oriented software development methodology, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 8(3), 203–236.
- [44] **Cossentino, M.** (2005). From requirements to code with the PASSI methodology, *Agent-oriented methodologies*, 3690, 79–106.
- [45] **DeLoach, S.A. ve Garcia-Ojeda, J.C.**, (2014). The O-MaSE Methodology, *Handbook on Agent-Oriented Design Processes*, Springer, s.253–285.
- [46] **Khallouf, J. ve Winikoff, M.** (2009). The goal-oriented design of agent systems: a refinement of Prometheus and its evaluation, *International Journal of Agent-Oriented Software Engineering*, 3(1), 88–112.
- [47] **Sturm, A. ve Shehory, O.** (2014). The landscape of agent-oriented methodologies, *Agent-Oriented Software Engineering*, Springer, s.137–154.
- [48] **Dam, H.K. ve Winikoff, M.** (2013). Towards a next-generation AOSE methodology, *Science of Computer Programming*, 78(6), 684–694.
- [49] **Tran, Q.N.N. ve Low, G.C.**, (2008). Comparison of ten agent-oriented methodologies, *Intelligent Information Technologies: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, IGI Global, s.1375–1397.
- [50] **Bernon, C., Cossentino, M., Gleizes, M.P., Turci, P. ve Zambonelli, F.** (2004). A study of some multi-agent meta-models, *International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering*, Springer, s.62–77.
- [51] **Bernon, C., Cossentino, M. ve Pavón, J.** (2005). An overview of current trends in european aose research, *Informatica*, 29(4).

- [52] **Henderson-Sellers, B.** (2010). Consolidating diagram types from several agent-oriented methodologies, *Proceedings of the 2010 conference on New Trends in Software Methodologies, Tools and Techniques: Proceedings of the 9th SoMeT_10*, IOS Press, s.293–345.
- [53] **Beydoun, G., Low, G., Henderson-Sellers, B., Mouratidis, H., Gomez-Sanz, J.J., Pavon, J. ve Gonzalez-Perez, C.** (2009). FAML: a generic metamodel for MAS development, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 35(6), 841–863.
- [54] **Kir, H. ve Erdoğan, N.**, (2016). Agent-based semantic business process management methodology, *Advances in Practical Applications of Scalable Multi-agent Systems. The PAAMS Collection*, Springer, s.145–156.
- [55] **Kinny, D., Georgeff, M. ve Rao, A.** (1996). A methodology and modelling technique for systems of BDI agents, *European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World*, Springer, s.56–71.
- [56] **d’Inverno, M., Kinny, D., Luck, M. ve Wooldridge, M.** (1997). A formal specification of dMARS, *International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*, Springer, s.155–176.
- [57] **Dignum, V., Vázquez-Salceda, J. ve Dignum, F.** (2004). Omni: Introducing social structure, norms and ontologies into agent organizations, *International Workshop on Programming Multi-Agent Systems*, Springer, s.181–198.
- [58] **Ferber, J., Gutknecht, O. ve Michel, F.** (2003). From agents to organizations: an organizational view of multi-agent systems, *International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering*, Springer, s.214–230.
- [59] **Zambonelli, F., Jennings, N.R. ve Wooldridge, M.** (2003). Developing multiagent systems: The Gaia methodology, *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM)*, 12(3), 317–370.
- [60] **Cernuzzi, L., Molesini, A., Omicini, A. ve Zambonelli, F.** (2011). Adaptable multi-agent systems: the case of the gaia methodology, *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 21(04), 491–521.
- [61] **Debenham, J.K. ve Henderson-Sellers, B.** (2002). Full lifecycle methodologies for agent-oriented systems-the extended open process framework, *Agent-Oriented Information Systems Workshop*, CEUR-WS.
- [62] **Bernon, C., Gleizes, M.P., Picard, G. ve Glize, P.** (2002). The Adelfe Methodology For an Intranet System Design., *AOIS@ CAiSE*, 57.
- [63] **Pavón, J., Gómez-Sanz, J.J. ve Fuentes, R.**, (2005). The INGENIAS methodology and tools, *Agent-oriented methodologies*, IGI Global, s.236–276.
- [64] **Cervenka, R.**, (2012), *Modeling Multi-Agent Systems with AML*.

- [65] **Abdelaziz, T., Elammari, M., Unland, R. ve Branki, C.** (2010). MASD: Multi-agent systems development methodology, *Multiagent and Grid Systems*, 6(1), 71–101.
- [66] **Jennings, N.R., Norman, T.J., Faratin, P., O'Brien, P. ve Odgers, B.** (2000). Autonomous agents for business process management, *Applied Artificial Intelligence*, 14(2), 145–189.
- [67] **DeLoach, S.A. ve Garcia-Ojeda, J.C.** (2010). O-MaSE: a customisable approach to designing and building complex, adaptive multi-agent systems, *International Journal of Agent-Oriented Software Engineering*, 4(3), 244–280.
- [68] **Hilaire, V., Koukam, A., Gruer, P. ve Müller, J.P.** (2000). Formal specification and prototyping of multi-agent systems, *International Workshop on Engineering Societies in the Agents World*, Springer, s.114–127.
- [69] **Burmeister, B.** (1996). Models and methodology for agent-oriented analysis and design, *Working Notes of the KI*, 96(96-06), 52.
- [70] **Iglesias, C.A., Garijo, M., González, J.C. ve Velasco, J.R.** (1997). Analysis and design of multiagent systems using MAS-CommonKADS, *International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*, Springer, s.313–327.
- [71] **Juan, T., Pearce, A. ve Sterling, L.** (2002). ROADMAP: extending the gaia methodology for complex open systems, *Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 1*, ACM, s.3–10.
- [72] **Wagner, G.** (2003). The Agent–Object–Relationship metamodel: towards a unified view of state and behavior, *Information Systems*, 28(5), 475–504.
- [73] **Lind, J.** (2001). *Iterative software engineering for multiagent systems: the MASSIVE method*, Springer-Verlag.
- [74] **Sierra, C., Sabater, J., Agustí, J. ve Garcia, P.** (2002). Evolutionary programming in SADDE, *Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 3*, ACM, s.1270–1271.
- [75] **Collinot, A. ve Drogoul, A.** (1998). Using the cassiopeia method to design a robot soccer team, *Applied Artificial Intelligence*, 12(2-3), 127–147.
- [76] **Caire, G., Coulier, W., Garijo, F., Gomez, J., Pavón, J., Leal, F., Chainho, P., Kearney, P., Stark, J., Evans, R. ve diğerleri** (2001). Agent oriented analysis using MESSAGE/UML, *International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering*, Springer, s.119–135.
- [77] **Molesini, A., Denti, E. ve Omicini, A.** (2009). Agent-based conference management: a case study in SODA, *International Journal of Agent-Oriented Software Engineering*, 4(1), 1–31.

- [78] **Glaser, N.** (1996). Contribution to knowledge modelling in a multi-agent framework (the CoMoMAS approach), *PhDthesis, Universite Henry Poincare, Nancy I, France*.
- [79] **Huget, M.P.** (2002). Nemo: an agent-oriented software engineering methodology, *the Proceedings of the Agent Oriented Methodologies Workshop (OOPSLA 2002), Seattle-USA*.
- [80] **Bush, G., Purvis, M. ve Cranefield, S.** (2001). The Styx agent methodology, *The Information Science Discussion Paper Series*, (2).
- [81] **Brazier, F.M., Dunin-Keplicz, B.M., Jennings, N.R. ve Treur, J.** (1997). Desire: Modelling multi-agent systems in a compositional formal framework, *International Journal of Cooperative Information Systems*, 6(01), 67–94.
- [82] **Gervais, M.P.** (2003). ODAC: An agent-oriented methodology based on ODP, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 7(3), 199–228.
- [83] **Carmo, A., Fantinato, M., Thom, L., Prado, E.P., Spinola, M. ve Hung, P.C.** (2017). An Analysis of Strategic Goals and Non-Functional Requirements in Business Process Management.
- [84] **Yamamoto, S., Kaiya, H., Cox, K. ve Bleistein, S.** (2006). Goal oriented requirements engineering: trends and issues, *IEICE transactions on information and systems*, 89(11), 2701–2711.
- [85] **Abushark, Y., Miller, T., Thangarajah, J., Winikoff, M. ve Harland, J.** (2017). Requirements specification via activity diagrams for agent-based systems, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 31(3), 423–468.
- [86] **Eric, S.Y.** (2009). Social Modeling and i*, *Conceptual Modeling: Foundations and Applications*, Springer, s.99–121.
- [87] **Abramowicz, W., Filipowska, A., Kaczmarek, M. ve Kaczmarek, T.** (2012). Semantically enhanced business process modeling notation, *Semantic Technologies for Business and Information Systems Engineering: Concepts and Applications*, IGI Global, s.259–275.
- [88] **Kaplan, R.S. ve Norton, D.P.** (1996). Using the balanced scorecard as a strategic management system, *Harvard business review*, 85(7-8), 150–+.
- [89] **Pavón, J., Gómez-Sanz, J. ve Fuentes, R.** (2006). Model driven development of multi-agent systems, *European Conference on Model Driven Architecture-Foundations and Applications*, Springer, s.284–298.
- [90] **Grubic, T., Veza, I. ve Bilic, B.** (2011). Integrating process and ontology to support supply chain modelling, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 24(9), 847–863.
- [91] **Cheong, C. ve Winikoff, M.** (2005). Hermes: Designing goal-oriented agent interactions, *International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering*, Springer, s.16–27.

- [92] **Fleischmann, A., Schmidt, W., Stary, C., Obermeier, S. ve Börger, E.** (2012). *Subject-oriented business process management*, Springer Science & Business Media.
- [93] **Sadiq, S. ve Governatori, G.**, (2015). Managing regulatory compliance in business processes, *Handbook on Business Process Management 2*, Springer, s.265–288.
- [94] **Hübner, J.F., Boissier, O., Kitio, R. ve Ricci, A.** (2010). Instrumenting multi-agent organisations with organisational artifacts and agents, *Autonomous agents and multi-agent systems*, 20(3), 369–400.
- [95] **Dastani, M., Grossi, D., Meyer, J.J.C. ve Tinnemeier, N.**, (2009). Normative multi-agent programs and their logics, *Knowledge Representation for Agents and Multi-Agent Systems*, Springer, s.16–31.
- [96] **Governatori, G. ve Rotolo, A.** (2009). How do agents comply with norms?, *Proceedings of the 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology-Volume 03*, IEEE Computer Society, s.488–491.
- [97] **Horrocks, I., Patel-Schneider, P.F., Boley, H., Tabet, S., Grosz, B., Dean, M. ve diğerleri** (2004). SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML, *W3C Member submission*, 21(79), 1–31.
- [98] **Von Wright, G.H.** (1963). Norm and action: a logical enquiry.
- [99] **Paschke, A., Boley, H., Zhao, Z., Teymourian, K. ve Athan, T.** (2012). Reaction RuleML 1.0: standardized semantic reaction rules, *International Workshop on Rules and Rule Markup Languages for the Semantic Web*, Springer, s.100–119.
- [100] **Campo, C.** (2002). Directory Facilitator and Service Discovery Agent, *FIPA Document Repository*.
- [101] **Marrella, A.** (2019). Automated Planning for Business Process Management, *Journal on Data Semantics*, 8(2), 79–98.
- [102] **Burmeister, B., Arnold, M., Copaciu, F. ve Rimassa, G.** (2008). BDI-agents for agile goal-oriented business processes, *Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: industrial track*, International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, s.37–44.
- [103] **Paolucci, M., Kawamura, T., Payne, T.R. ve Sycara, K.** (2002). Semantic matching of web services capabilities, *International Semantic Web Conference*, Springer, s.333–347.
- [104] **Faria, D., Pesquita, C., Santos, E., Palmonari, M., Cruz, I.F. ve Couto, F.M.** (2013). The agreementmakerlight ontology matching system, *OTM Confederated International Conferences" On the Move to Meaningful Internet Systems"*, Springer, s.527–541.

- [105] **Sun, Y., Ma, L. ve Wang, S.** (2015). A comparative evaluation of string similarity metrics for ontology alignment, *Journal of Information & Computational Science*, 12(3), 957–964.
- [106] **Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G.S. ve Dean, J.** (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality, *Advances in neural information processing systems*, s.3111–3119.
- [107] **Mocan, A., Cimpian, E. ve de Bruijn, J.** (2005). D13. 3v0. 2 WSMX Data Mediation, <http://www.wsmo.org/TR/d13/d13>, 3, v0.
- [108] **Bergmann, R. ve Müller, G.**, (2018). Similarity-based retrieval and automatic adaptation of semantic workflows, *Synergies Between Knowledge Engineering and Software Engineering*, Springer, s.31–54.
- [109] **Klusch, M., Khalid, M., Kapahnke, P., Fries, B. ve Vasileski, M.**, OWLS-TC4: OWL-S Service Retrieval Test Collection Version4.
- [110] **Niles, I. ve Terry, A.** (2004). The MILO: A General-purpose, Mid-level Ontology., *IKE*, cilt 4, s.15–19.
- [111] **Martin, D., Paolucci, M., McIlraith, S., Burstein, M., McDermott, D., McGuinness, D., Parsia, B., Payne, T., Sabou, M., Solanki, M. ve diğerleri** (2004). Bringing semantics to web services: The OWL-S approach, *International Workshop on Semantic Web Services and Web Process Composition*, Springer, s.26–42.
- [112] **Yan, Z., Cimpian, E., Zaremba, M. ve Mazzara, M.** (2007). BPMP: Semantic business process modeling and WSMO extension, *Web Services, 2007. ICWS 2007. IEEE International Conference on*, IEEE, s.1185–1186.
- [113] **Dikici, A., Turetken, O. ve Demirors, O.** (2012). A case study on measuring process quality: Lessons learned, *Software Engineering and Advanced Applications (SEAA), 2012 38th EUROMICRO Conference on*, IEEE, s.294–297.
- [114] **Heidari, F. ve Loucopoulos, P.** (2014). Quality evaluation framework (QEF): Modeling and evaluating quality of business processes, *International Journal of Accounting Information Systems*, 15(3), 193–223.
- [115] **Vanderfeesten, I., Cardoso, J., Mendling, J., Reijers, H.A. ve van der Aalst, W.** (2007). Quality metrics for business process models, *BPM and Workflow handbook*, 144, 179–190.
- [116] **Overhage, S., Birkmeier, D.Q. ve Schlauderer, S.** (2012). Quality marks, metrics, and measurement procedures for business process models, *Business & Information Systems Engineering*, 4(5), 229–246.
- [117] **Becker, J., Rosemann, M. ve Von Uthmann, C.**, (2000). Guidelines of business process modeling, *Business Process Management*, Springer, s.30–49.

- [118] **Mendling, J., Reijers, H.A. ve van der Aalst, W.M.** (2010). Seven process modeling guidelines (7PMG), *Information and Software Technology*, 52(2), 127–136.
- [119] **Heravizadeh, M., Mendling, J. ve Rosemann, M.** (2008). Dimensions of business processes quality (QoBP), *International Conference on Business Process Management*, Springer, s.80–91.
- [120] **Vanderfeesten, I., Reijers, H.A. ve Van der Aalst, W.M.** (2008). Evaluating workflow process designs using cohesion and coupling metrics, *Computers in industry*, 59(5), 420–437.
- [121] **Cho, C. ve Lee, S.** (2011). A study on process evaluation and selection model for business process management, *Expert Systems with Applications*, 38(5), 6339–6350.
- [122] **ISO/IEC** (2001). *ISO/IEC 9126. Software engineering – Product quality*, ISO/IEC.
- [123] **Cardoso, J., Sheth, A., Miller, J., Arnold, J. ve Kochut, K.** (2004). Quality of service for workflows and web service processes, *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 1(3), 281–308.
- [124] **Respício, A. ve Domingos, D.** (2015). Reliability of BPMN Business Processes, *Procedia Computer Science*, 64, 643–650.
- [125] **Polančič, G. ve Cegnar, B.** (2017). Complexity metrics for process models—A systematic literature review, *Computer Standards & Interfaces*, 51, 104–117.
- [126] **Cardoso, J.** (2005). How to measure the control-flow complexity of web processes and workflows, *Workflow handbook, 2005*, 199–212.
- [127] **Kluza, K. ve Nalepa, G.J.** (2012). Proposal of square metrics for measuring business process model complexity, *Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2012 Federated Conference on*, IEEE, s.919–922.
- [128] **Sánchez-González, L., García, F., Mendling, J., Ruiz, F. ve Piattini, M.** (2010). Prediction of business process model quality based on structural metrics, *International Conference on Conceptual Modeling*, Springer, s.458–463.
- [129] **Vanderfeesten, I., Reijers, H.A., Mendling, J., van der Aalst, W.M. ve Cardoso, J.** (2008). On a quest for good process models: The cross-connectivity metric, *International Conference on Advanced Information Systems Engineering*, Springer, s.480–494.
- [130] **Reijers, H.A. ve Vanderfeesten, I.T.** (2004). Cohesion and coupling metrics for workflow process design, *International Conference on Business Process management*, Springer, s.290–305.
- [131] **Guceglioglu, A.S. ve Demirors, O.** (2005). Using software quality characteristics to measure business process quality, *International Conference on Business Process Management*, Springer, s.374–379.

- [132] **Bellifemine, F., Poggi, A. ve Rimassa, G.** (1999). JADE–A FIPA-compliant agent framework, *Proceedings of PAAM*, cilt 99, London, s. 33.
- [133] **Kır, H., Ekinçi, E.E. ve Dikenelli, O.** (2009). Knowledge management in role based agents, *International Workshop on Engineering Societies in the Agents World*, Springer, s.181–196.
- [134] **FIPA, F.** (2003). Agent management specification, *Foundation for Intelligent Physical Agents*.
- [135] **van der Aalst, W.M.** (2003). Patterns and xpd: A critical evaluation of the xml process definition language, *BPM Center report BPM-03-09, BPMcenter.org*, 1–30.
- [136] **Bergenti, F., Caire, G. ve Gotta, D.** (2012). Supporting user-centric business processes with WADE, *Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems-Volume 3*, International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, s.1435–1436.
- [137] **Ouyang, C., Dumas, M., Van Der Aalst, W.M., Ter Hofstede, A.H. ve Mendling, J.** (2009). From business process models to process-oriented software systems, *ACM transactions on software engineering and methodology (TOSEM)*, 19(1), 2.
- [138] **Recker, J.C. ve Mendling, J.** (2006). On the translation between BPMN and BPEL: Conceptual mismatch between process modeling languages, *The 18th International Conference on Advanced Information Systems Engineering. Proceedings of Workshops and Doctoral Consortium*, Namur University Press, s.521–532.
- [139] **Mendling, J., Lassen, K.B. ve Zdun, U.** (2008). On the transformation of control flow between block-oriented and graph-oriented process modelling languages, *International Journal of Business Process Integration and Management*, 3(2), 96–108.
- [140] **FIPA** (2002). FIPA Contract Net Interaction Protocol Specification, "<http://www.fipa.org/specs/fipa00029/>".
- [141] **Rospocher, M., Ghidini, C. ve Serafini, L.** (2014). An ontology for the Business Process Modelling Notation., *FOIS*, s.133–146.
- [142] **Di Martino, B., Esposito, A., Nacchia, S. ve Maisto, S.A.** (2015). Semantic annotation of bpmn: current approaches and new methodologies, *Proceedings of the 17th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services*, ACM, s. 14.
- [143] **Da Silva, R.F., Chen, W., Juve, G., Vahi, K. ve Deelman, E.** (2014). Community resources for enabling research in distributed scientific workflows, *e-Science (e-Science), 2014 IEEE 10th International Conference on*, cilt 1, IEEE, s.177–184.

- [144] **Van der Aalst, W.M., van Dongen, B.F., Günther, C.W., Rozinat, A., Verbeek, E. ve Weijters, T.** (2009). ProM: The process mining toolkit., *BPM (Demos)*, 489(31), 2.
- [145] **Lanz, A., Reichert, M. ve Weber, B.** (2016). Process time patterns: A formal foundation, *Information Systems*, 57, 38–68.



EKLER

EK A : Terimlerin İngilizce Karşılıkları





EK A: Terimlerin İngilizce Karşılıkları**Çizelge A.1 : Terimler ve İngilizce karşılıkları.**

Terim	İngilizce Karşılığı
Ağ Ontoloji Dili Servis Uzantısı	Web Ontology Language for Services
Anlamsal	Semantic
Anlamsal Ağ	Semantic Web
Anlaşma Ağı Protokolü	Contract Net Protocol
Anma	Recall
Bağlam	Context
Bildirimsel	Declarative
Bilgi Yogun Süreç	Knowledge-Intensive Process
Buluşsal	Heuristic
Çizge	Graph
Dizin Servisi	Directory Facilitator
Durum Tabanlı Çıkarsama	Case-based Reasoning
Durumsal Hesap	Situation Calculus
Duyarlılık	Precision
Eksik Belirtim	Under-specification
En İyi Öncelikli Arama	Best-First Search
Etmen	Agent
İnanç-Arzu-Niyet	Belief-Desire-Intention
İş Süreci İşletim Dili	Business Process Execution Language
İş Süreci Yönetimi	Business Process Management
İş Süreçleri Modelleme Simgelemi	Business Process Model and Notation
İşletim Günlüğü	Log
İyi Uyum	High Cohesion
Konu Odaklı İSY	Subject-oriented BPM
Kritik Yol	Critical Path
Kurumsal Karne	Balanced Scorecard
Normalize Edilmiş İndirimli	Normalized Discounted Cumulative
Kümülatif Kazanç	Gain
Önetkin	Proactive
Özuyarlanan	Self-adaptive
Sıradüzen	Hierarchy
Süre Sonu	Deadline



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Hüseyin KIR

Doğum Tarihi ve Yeri:

E-Posta:

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2007, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
- **Y. Lisans:** 2009, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği.

MESLEKİ DENEYİMLER VE ÖDÜLLER:

- 2009 - 2013, TÜBİTAK BİLGEM UEKAE, Uzman Araştırmacı
- 2014 - 2015, Akbank, Yazılım Uzmanı
- 2015 - 2020, Huawei Telekomünikasyon, Araştırma Grup Yöneticisi
- 2021 - Halen, Avrupa Biyoinformatik Enstitüsü (EBI), Araştırmacı

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Kir, H.** ve Erdogan, N. (2016). Agent-based semantic business process management methodology, *Advances in Practical Applications of Scalable Multi-agent Systems. The PAAMS Collection*, Springer, s.145–156.
- **Kir, H.** ve Erdogan, N. (2020). A knowledge-intensive adaptive business process management framework, *Information Systems*, Elsevier, 101639

