

**SAĞLIK SÜREÇLERİNİ İYİLEŞTİRMEDE SÜREÇ
MADENCİLİĞİ TEKNIĞİNİ KULLANAN BİR PERFORMANS
ANALİZ METODU**

**A PERFORMANCE ANALYSIS METHOD FOR
HEALTHCARE PROCESS IMPROVEMENT USING
PROCESS MINING TECHNIQUE**

TUĞBA ERDOĞAN

DR. ÖĞR. ÜYESİ AYÇA TARHAN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
DOKTORA TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

TUĞBA ERDOĞAN'ın hazırladığı “Sağlık Süreçlerini İyileştirmede Süreç Madenciliği Tekniğini Kullanan Bir Performans Analiz Metodu” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. R. Alp KUT
Başkan



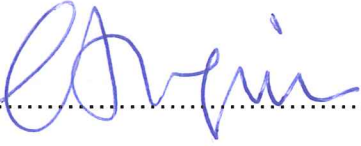
.....

Dr. Öğr. Üyesi Ayça TARHAN
Danışman




.....

Prof. Dr. Hediye Seval AKGÜN
Üye




.....

Dr. Öğr. Üyesi Gönenç ERCAN
Üye



.....

Dr. Öğr. Üyesi Adnan ÖZSOY
Üye



.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **DOKTORA TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesi'ne verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**
(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)
- Tezimin/Raporumun 05 / 07 / 2019 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**
(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)
- Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**
- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

05 / 07 / 2018

Tuğba ERDOĞAN



Aileme...

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

05 / 07 / 2018

Tuğba ERDOĞAN

ÖZET

SAĞLIK SÜREÇLERİNİ İYİLEŞTİRMEDE SÜREÇ MADENCİLİĞİ TEKNIĞINI KULLANAN BİR PERFORMANS ANALİZ METODU

Tuğba ERDOĞAN

Doktora, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ayça TARHAN

Temmuz 2018, 116 sayfa

Süreç madenciliği tekniği, bir iş süreç yönetimi tekniği olarak son on yılda imalat, tedarik zinciri, kamu, sağlık ve yazılım mühendisliği dahil birçok alanda uygulanmıştır. Sürecin yüksek ölçüde dinamik, karmaşık, çok disiplinli ve dağıtık yapıda olduğu sağlık süreçlerinde, bu tekniğin uygulanması giderek artmaktadır. Sağlık süreçleri alanında, süreç madenciliği tekniklerinin uygulanabilirliği ve kullanılabilirliğine rağmen; ele alınması gereken önemli zorlukları vardır. Literatür tarama sırasında gözlemlenen temel zorluklar sağlık verileri, süreç madenciliği teknikleri, performans ve veri görselleştirme ile ilgilidir.

Sağlık süreçleri alanında, süreç madenciliği uygulamalarının karakteristiğini daha iyi anlamak ve zorluklarla baş etmeyi sağlayacak bir çözüm önerisi oluşturabilmek için, bu alanda bir sistematik haritalama çalışması gerçekleştirilmiştir. Sistematik haritalama, birincil çalışmaların sayısının hızla arttığı araştırma literatürünü tanımlamak ve kategorize etmek için kabul görmüş bir yöntemdir. 2005-2017 yılları arasında, bilimsel literatürün elektronik dijital kütüphanelerinde tarama yapılmış ve sağlık alanı ile ilgili ilk etapta tespit edilen 2428 süreç madenciliği çalışmalarından,

172 birincil çalışma belirlenmiştir. Birincil çalışmaların sağladığı bilgilerin kavram haritası sistematik olarak geliştirilmiş ve bu çalışmalar araştırma ve katkı türleri, uygulama bağlamı, sağlık uzmanlığı, süreç madenciliği faaliyetinin türü, süreç modelleme tipi ve gösterimi ve süreç madenciliği teknikleri gibi bir dizi özelliğe göre sınıflandırılmıştır. Bu çalışma, bildiğimiz kadarıyla, bu konuyla ilgili çalışmaların geniş ve genel bir görünümünü sunan ilk ve tek sistematik haritalama çalışmasıdır. Haritalama sonuçları, sağlık verileri ve süreç madenciliği teknikleri ile ilgili zorluklara rağmen, alanın hızla büyüdüğünü ve daha fazla araştırma ve uygulamaya açık olduğunu göstermiştir. Alanla ilgilenen araştırmacılar, araştırma fırsatları yakalamak için yapılan sistematik haritalama sonuçlarını kullanabileceklerdir. Öte yandan, sağlık alanı uzmanları, süreç madenciliği tekniklerinin sağlık süreçleri için uygulandığı en yaygın amaçları ve uzmanlıkları da bu haritalama çalışmasından gözlemleyebileceklerdir.

Yapılan sistematik haritalama çalışması, süreç madenciliği tekniklerinin uygulanabilirliği ve kullanılabilirliği ile ilgili kanıtlara rağmen, sağlık hizmetlerine özgü süreçlerin yönetimi için kapsamlı bir metodolojiye duyulan ihtiyacı ortaya koymuştur. Bahsedilen ihtiyaçtan hareketle bu tez kapsamında; süreç izleme, kontrol etme ve iyileştirme amacıyla dağıtık yapıdaki süreç madenciliği tekniklerinin sağlık süreçlerine uygulanması için özgün, hedefe dayalı bir performans değerlendirme yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem; (1) sağlık süreçleri gibi yapısal olmayan ve çok disiplinli süreçleri analiz etmeyi, 2) kısa sürede süreçte ne olup bittiğinin geniş bir özetini sunmayı, (3) alan bilgisini sürecin geliştirilmesine dahil ederek süreçler için iyileştirme fırsatları yaratmayı, 4) süreç madenciliği metodolojisindeki süreç madenciliği faaliyetlerini ve tekniklerini uygulamayı ve (5) hedefe yönelik bir yaklaşım kullanarak süreç madenciliği uygulamalarının izlenebilirliği, kullanılabilirliği ve işlevselliği için pratik bir rehber sağlamayı hedeflemiştir.

Önerilen yöntem, Türkiye'deki bir üniversite hastanesine ait ameliyat ve acil servis süreçleri üzerinde durum çalışmaları yapılarak uygulanmış ve süreçlere ait uygunsuzluklar ve darboğazlar belirlenmiştir. Uygulama sonuçları, önerilen yöntemin, sağlık süreçleri için süreç madenciliği tekniklerinin kullanımını yönlendirmede ve süreç iyileştirme önerilerini oluşturmada etkili olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yazılım Mühendisliği, Süreç İyileştirme, Süreç Modelleme, Süreç Madenciliği, SistematiK Haritalama, Hedef-Soru-Metrik Çatısı

ABSTRACT

A PERFORMANCE ANALYSIS METHOD FOR HEALTHCARE PROCESS IMPROVEMENT USING PROCESS MINING TECHNIQUE

Tuğba ERDOĞAN

Doctor of Philosophy, Department of Computer Engineering

Supervisor: Dr. Ayça TARHAN

July 2018, 116 pages

In the last decade, as an emerging technique for business processes management, process mining has been applied in many domains including manufacturing, supply-chain, government, healthcare, and software engineering. The application of this technique is growing yet challenging, particularly in healthcare, where most processes are complex, variable, dynamic, and multi-disciplinary in nature. In addition to the body of evidence on the applicability and usefulness of process mining techniques in the healthcare domain, there are also significant challenges to be addressed. The basic challenges observed during literature review are related to healthcare data, process mining techniques, performance, and data visualization.

In the field of healthcare processes, a systematic mapping study has been conducted in this area in order to be able to create a solution proposal to better understand the nature of process mining applications and cope with the challenges. Systematic mapping is a well-accepted method to identify and categorize research literature, in which the number of primary studies is rapidly growing. In the electronic digital libraries of scientific literature, the studies between 2005 and 2017 were

searched, and 172 primary studies out of the 2428 initially found on the topic of process mining in healthcare were identified. A concept map of the information provided by primary studies on process mining applications in healthcare was systematically developed and then this map was used to classify the studies based on a number of attributes; namely, the types of research and contribution, application context, mining activity, process modeling type and notation, and mining algorithm. To the best of our knowledge, this is the only systematic mapping study that provides a broad and general overview of the studies on this topic. The results of mapping showed that, despite the challenges related to healthcare data and technique, the field is rapidly growing and open for further research and practice. The researchers who are interested in the field could use the results to elicit opportunities for further research. The practitioners who are considering applications of process mining, on the other hand, could observe the most common aims and specialties that process mining techniques are applied.

The systematic mapping study also showed that process mining community in the healthcare domain is lacking a comprehensive methodology that describes how to accomplish process mining activities and techniques in practice. Based on the need stated above, this thesis proposes a novel, distributed process mining based process performance evaluation method for monitoring, controlling and improving healthcare processes. This goal-oriented method aims to: (1) provide a broad overview of processes in a short time, (2) create improvement opportunities for processes by incorporating domain knowledge into process enactments, (3) analyze unstructured, multidisciplinary processes like healthcare processes, (4) implement process mining activities and techniques in process mining methodology, and (5) provide a practical guidance for traceability, usability and functionality of process mining implementations using a goal-driven approach.

The proposed method was applied in case studies on the surgery process and emergency service process of a university hospital in Turkey, which revealed for quantitative insights into the process. Bottlenecks and deviations that were crucial for determining measures (e.g., data and performance information) were identified to improve the efficiency of these processes. The results of case study showed that the proposed method is effective for initiating process improvements by guiding the use of process mining techniques in the healthcare domain.

Keywords: Software Engineering, Process Improvement, Process Modelling, Process Mining, Systematic Mapping, Goal-Question-Metric Framework

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesini sağlayan, tez metninin yazılmasına ve tez çalışmasının hazırlanmasına yardımcı olan ve bu süreçte desteğini eksik etmeyen değerli hocam, tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayça TARHAN'a,

Tez izleme aşamasında fikirleriyle tezin gelişmesine ve tez metnini inceleyerek biçim ve içerik bakımından son halini almasına yardımcı olan tez izleme komitesi üyesi hocalarım Sayın Prof. Dr. Hediye Seval AKGÜN ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gönenç ERCAN'a,

Tez metnini inceleyerek içerik bakımından son halini almasına yardımcı olan, tez savunma sınavım sırasında önerileriyle bana katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. R. Alp KUT ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Adnan ÖZSOY'a

Tez sürecinde maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Dr. Aydın Kaya ve Dr. Ali Çağlayan'a ve tüm değerli arkadaşlarıma,

Çalışma hayatım boyunca verdiği desteklerden dolayı Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü çalışanlarına,

Hayatımın her aşamasında hep yanımda olan, sevgi ve desteklerini hiç eksik etmeyen çok sevgili aileme,

Ve burada ismini zikredemediğim tüm bilge ve tecrübeli destekçilerime

Canı gönülden teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER.....	xi
ÇİZELGELER.....	xii
SİMGELER,KISALTMALAR VE TERİMLER	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Bağlam	1
1.2. Problem.....	2
1.3. Çözüm Önerisi	4
1.4. Özgün Katkı	4
1.4.1. Sistemik Haritalama.....	4
1.4.2. Önerilen Yöntem.....	5
1.4.3. Deneysel Çalışmalar.....	6
1.5. Tez Metninin Organizasyonu.....	7
2. ÖN BİLGİ	8
2.1. Sağlık Süreç Yönetimi	8
2.2. Yalın Yönetim.....	9
2.3. Kanıta Dayalı Tıp.....	10
2.4. Süreç Madenciliği	12
2.5. Hedef-Soru-Metrik Çatısı.....	14
3. İLİŞKİLİ ÇALIŞMALAR	17
3.1.1. Sağlık Süreçleri için Süreç Madenciliği Uygulayan Çalışmaların Sistemik Haritalaması	17
3.1.2. Sınıflandırma Haritası	20
3.1.3. Sistemik Haritalama Sonuçları.....	25
3.1.4. Sağlık Süreçleri için Süreç Madenciliği Özellikleri ve Göstergeleri	36
3.1.5. Sağlık Süreçleri için Performans Değerlendirme	36
3.1.6. Sağlık Süreçlerine Yönelik Süreç Madenciliği Metodolojileri.....	39
3.1.7. Sağlık Süreçlerine Yönelik Süreç Madenciliği Araçları	40

3.2.	Genel Amaçlı Süreç Madenciliği Metodolojileri	40
3.3.	Araştırma Açığı ve Tezin Katkısı	42
4.	HEDEFE DAYALI BİR PERFORMANS DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ	45
4.1.	Hedef ve Soruların Tanımlanması.....	46
4.2.	Veri Çıkarımı	47
4.3.	Veri Ön İşleme	48
4.4.	Günlük ve Örüntü İnceleme.....	50
4.5.	Süreç Madenciliği Analizi ve Soruların Cevaplarının Oluşturulması	50
4.6.	Sonuçların Değerlendirilmesi	53
4.7.	Süreç İyileştirme Önerileri	53
5.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	54
5.1.	Arkaplan	54
5.2.	Tasarım.....	54
5.3.	Durum Çalışmalarının Seçimi.....	55
5.4.	Veri Toplama ve İşletme.....	55
5.5.	Analiz ve Yorumlama	56
5.5.1.	Ameliyat Süreci Durum Çalışması	56
5.5.1.1.	Hedef ve Soruların Tanımlanması	57
5.5.1.2.	Veri Çıkarımı.....	58
5.5.1.3.	Veri Ön İşleme.....	60
5.5.1.4.	Günlük ve Örüntü İnceleme	61
5.5.1.5.	Süreç Madenciliği Analizi ve Soruların Cevaplarının Oluşturulması	62
5.5.1.6.	Sonuçların Değerlendirilmesi.....	70
5.5.1.7.	Süreç İyileştirme Önerileri.....	72
5.5.2.	Acil Süreci Durum Çalışması	73
5.5.2.1.	Hedef ve Soruların Tanımlanması	73
5.5.2.2.	Veri Çıkarımı.....	74
5.5.2.3.	Veri Ön İşleme	77
5.5.2.4.	Günlük ve Örüntü İnceleme	79
5.5.2.5.	Süreç Madenciliği Analizi ve Soruların Cevaplarının Oluşturulması	79
5.5.2.6.	Sonuçların Değerlendirilmesi.....	89
5.5.2.7.	Süreç İyileştirme Önerileri.....	91
5.5.3.	Değerlendirme Anketi Sonuçları	92
5.6.	Geçerlilik Değerlendirme	93

5.6.1. Yapı Geçerliliği.....	93
5.6.2. İçsel Geçerlilik.....	93
5.6.3. Dışsal Geçerlilik.....	94
5.6.4. Güvenilirlik	94
6. SONUÇLAR	95
KAYNAKLAR	99
ÖZGEÇMİŞ.....	115

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 2-1 Süreç madenciliğinin üç temel amacı (girdiler ve çıktılar açısından) [14]	12
Şekil 2-2 Hedef-soru-metrik çatısı [36].....	15
Şekil 3-1 Uygulanan sistematik haritalama süreci.....	20
Şekil 3-2 Temel süreç madenciliği faaliyetlerinin yıllara göre dağılımı	25
Şekil 3-3 Araştırma türüne göre çalışmaların dağılımı	26
Şekil 3-4 Katkı türüne göre çalışmaların dağılımı.....	26
Şekil 3-5 Uygulama bağlamına göre çalışmaların dağılımı	27
Şekil 3-6 Sağlık uzmanlığına göre çalışmaların dağılımı	28
Şekil 3-7 Süreç madenciliği faaliyet türlerinin, araştırma türü ve katkı türleri ile çapraz analizi	29
Şekil 3-8 Süreç modelleme tipi ve modelleme gösterimine göre çalışmaların dağılımı	29
Şekil 4-1 Önerilen yöntemin adımları	45
Şekil 4-2 Olay-nesne modeli [13]	49
Şekil 5-1 Ameliyat sürecin basitleştirilmiş süreç haritası	64
Şekil 5-2 Ameliyat sürecin tam süreç haritası	65
Şekil 5-3 Ameliyat sürecin ana sürecinin tüm yolları	65
Şekil 5-4 Ortalama /toplam zaman için performans analizi	68
Şekil 5-5 Maksimum /minimum zaman için performans analizi	69
Şekil 5-6 Acil servis sürecine ilişkin süreç haritası	81
Şekil 5-7 Acil servis sürecinde en sık izlenen yollar	82
Şekil 5-8 Acil servis sürecinin tam süreç haritası	83
Şekil 5-9 Acil servis süreci performans analizi	86
Şekil 5-10 Kırmızı renk koduna sahip hastalar için performans analizi	87
Şekil 5-11 Triyajı belirlenmemiş hastalar için performans analizi	88

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 3-1 Sağlık süreçleri alanında süreç madenciliği çalışmalarını derleyen ikincil araştırmaların listesi.....	19
Çizelge 3-2 Sınıflandırma haritası	23
Çizelge 3-3 Çalışmalarda kullanılan süreç keşfi teknikleri	31
Çizelge 3-4 Çalışmalarda kullanılan uygunluk kontrolü teknikleri	32
Çizelge 3-5 Çalışmalarda kullanılan süreç geliştirme teknikleri	33
Çizelge 3-6 Çalışmalarda kullanılan diğer süreç madenciliği teknikleri	34
Çizelge 3-7 Çalışmalarda kullanılan kümeleme teknikleri.....	35
Çizelge 3-8 Süreç madenciliği özellikleri ve göstergeleri	37
Çizelge 3-9 Süreç madenciliği özellikleri ile süreç madenciliği metodolojileri.....	44
Çizelge 4-1 Hedef-soru-özellik-gösterge (GQFI) tablosu örnek şablonu.....	47
Çizelge 4-2 Sağlık süreçleri için süreç madenciliği özellikleri ve hedefleri.....	52
Çizelge 5-1 Değerlendirme Anketi soruları.....	56
Çizelge 5-2 Ameliyat süreci için GQFI tablosu.....	59
Çizelge 5-3 1045 no'lu sahip hastaya ait olay günlüğünün bir bölümü.....	61
Çizelge 5-4 Günlük ve örüntü inceleme.....	61
Çizelge 5-5 En çok izlenen 10 süreç varyasyonu	67
Çizelge 5-6 Ameliyat sürecinin modellenen davranışına uymayan süreç varyasyonları	71
Çizelge 5-7 Acil servis süreci için GQFI tablosu	76
Çizelge 5-8 Acil durumu normal ve acil olan iki hastaya ait olay günlüğünün bir bölümü.....	78
Çizelge 5-9 Acil servis süreci günlük ve örüntü inceleme.....	79
Çizelge 5-10 Triyajlara göre hasta sayısı ve akış zamanı	79
Çizelge 5-11 112 ambulansı ile acile gelen hastaların triyaj ölçeklerinin sıklıkları ve göreceli sıklıkları.....	83
Çizelge 5-12 Acil servis sürecinde en çok izlenen 10 süreç varyasyonu	85
Çizelge 5-13 Acil servis sürecinin modellenen davranışına uymayan varyasyonları	90
Çizelge 6-1 Önerilen yöntemin SWOT analizi.....	97

SİMGELER, KISALTMALAR VE TERİMLER

- Activity clustering: Etkinlik kümeleme
- Aggloremative clusterin: Yığınsal kümeleme
- Clinical guidelines: Klinik kılavuzlar
- Clinical pathways: Klinik izlemler
- Clinical redesign: Klinik süreçlerin yeniden tasarlanması
- Conformance checking: Uygunluk kontrolü
- Decision tree: Karar ağacı
- Declare checker: Bildirim kontrolü
- Declare miner: Bildirim madenciliği
- Declare model: Bildirim modeli
- Dependency graph: Bağımlılık çizgesi
- Dotted chart: Noktalı grafik
- Evaluation research: Değerlendirme araştırması
- Event data: Olay verisi
- Event log: Olay günlüğü
- Evidence-based medicine: Kanıta dayalı tıp
- Experience paper: Deneyim raporu
- Frequent pattern mining: Sık örüntü madenciliği
- Fuzzy miner: Bulanık madencilik
- Fuzzy model: Bulanık model

Goal-question-metric (GQM) framework: Hedef-soru-metrik çatısı

Guide-tree miner: Kılavuz ağacı madenciliği

Healthcare process: Sağlık süreci

Heuristic miner: Sezgisel madencilik

Heuristic net: Sezgisel ağ

Inductive visual miner: Tüme varımsal görsel madencilik

Key Performance Indicator: Anahtar performans göstergesi

Lean management: Yalın yönetim

Lean thinking: Yalın düşünme

Literature review: Literatür tarama

Matching rate: Eşleşme oranı

Medical treatment process: Tıbbi tedavi süreci

Multi-phase miner: Çoklu-faz madenciliği

Organizational process: Organizasyonel süreç

Outlier detection: Aykırı değer tespiti

Pattern abstraction: Örüntü soyutlama

Performance sequence diyagram: Performans dizisi diyagramı

Petri net: Petri ağ

Predictive monitoring: Tahmini izleme

Primary studies: Birincil çalışmalar

Process discovery: Süreç keşfi

Process enhancement: Süreç geliştirme

Process mining: Süreç madenciliği

Replay a log on petri net: Günlüğün petri ağında yeniden yürütülmesi

Role hierarchy miner: Rol hiyerarşisi madenciliği

Secondary studies: İkincil çalışmalar

Self-organizing maps: Kendini düzenleyen haritalar

Sequence clustering: Dizi kümeleme

Social network: Sosyal ağlar

Solution proposal: Çözüm önerisi

Survey: İnceleme

Systematic mapping: Sistemik haritalama

Trace alignment: İz hizalama

Trace clustering: İz kümeleme

Validation research: Doğrulama araştırması

BPMN (Business process modeling notation): İş süreci modelleme dili

HBS: Hastane bilgi sistemi

RFID (Radio frequency identification): Radyo frekans tanımla teknolojisi

RTLS (Real-time location systems): Gerçek zamanlı konum belirleme

SLR (Systematic literature review): Sistemik literatür tarama

SWOT (Strengths-weakness-opportunities-threads): Güçlü yönler – zayıflıklar – fırsatlar – tehditler

UML (Unified modeling language): UML birleşik modelleme dili

1. GİRİŞ

1.1. Bağlam

İnsan odaklı ve bilgi yoğunluklu sağlık süreçleri ve onların yönetimi, sağlık hizmetlerinin kalitesine ve ilişkili maliyetlerine doğrudan bir etkiye sahiptir [1]. Hastaneler, hizmet talebindeki artışla başa çıkmak ve bakım hizmetinin verimini arttırmak için sürekli olarak süreçlerini iyileştirmeye çalışmaktadır. Sağlık süreçleri yüksek ölçüde dinamik, karmaşık, çok disiplinli ve dağıtık yapıdadır [2]. Sağlık hizmetlerindeki süreç desteği farklı düzeylerde, organizasyonel süreçler ve tıbbi tedavi süreçleri olmak üzere ikiye ayrılır [3]. Organizasyonel süreçler genel süreçlerdir ve tekrarlı bir yapıya sahiptir. Klinik karar verme için herhangi bir destek sağlamazlar. Hekim, hemşire ve tıbbi teknisyenlerin süreçteki görevleri organizasyonel süreç içerisinde tanımlanmaktadır. Organizasyonel süreçler, tıbbi bilgi ve hasta ile ilgili bilgilerden etkilenen tıbbi tedavi sürecini desteklemektedir. Tıbbi tedavi süreçleri klinik süreçlerdir ve doğrudan hasta ile ilişkili tanı ve tedavi etkinliklerini kapsar. Tıbbi tedavi süreci hasta geçmişi ile başlar, tıbbi kararlar ve talep edilen teşhis prosedürleri ile devam eder. İlgili bilgilerin mevcudiyeti tıbbi kararların önkoşuludur ve tıp bilgisi bu kararlara rehberlik eder. Tıbbi tedavi süreci, hasta özelliklerine dayandığı için karmaşık ve öngörülemez hale gelebilir.

Kanıt dayalı tıp yaklaşımı hastaların tedavi sürecinde karar verirken en iyi kanıtların dikkatli, açık ve akıllıca kullanılmasıdır. Bu yaklaşım günümüzde uzman görüşüne dayalı karar verme mekanizmasının yerini almıştır [4]. Bunun yanı sıra, sezgiye ve sistematik olmayan klinik deneyime vurgu yapmayarak, klinik araştırmalardan gelen kanıtlara önem veren klinik karar verme biçimidir. Bir kanıt dayalı tıp uygulaması, 5 adımdan oluşur; bu adımlar: 1) hasta sorunlarına dayanarak soruları formüle etmek, 2) cevaplar için literatür taraması yapmak, 3) kanıtları eleştirel olarak değerlendirmek, 4) en iyi kanıtı hasta özellikleri ile birleştirerek uygulamak, 5) süreci izlemek ve değerlendirmektir [5], [6]. Hekimler, hasta ofiste iken böyle bir araştırma yapmak için gerekli zamana sahip olamayacaklarından, literatür taraması zorunlu olarak çevrimdışı yapılacaktır. Bu bağlamda kanıt dayalı tıp prensiplerini, günlük klinik bakımda uygulamak neredeyse imkansızdır [7]. Ayrıca ulaşılan kanıtların en geçerli ve güvenilir kanıtlar olup olmadığı kanıt dayalı tıp yaklaşımının konusudur.

Bu süreçte daha iyi kanıtlarla hekim uzmanlıklarının iyileştirilmesine yardımcı olan klinik izlem ve klinik kılavuzların kullanılması önerilmektedir [7]. Klinik kılavuzlar, karar vermede ve sistematik olarak geliştirilmiş ifadelerle, pratisyenlere yardımcı olan tavsiyelerden oluşur [8]. Klinik izlemler, belirli bir hastalıkta özelleşmiş bir tedavi hedefine ulaşmak için gerekli adımları temsil eden terapi ve tedavi aktiviteleri olarak tanımlanır [9]. Klinik izlemler, pratisyenlerin takip etmesi gereken geniş prensipleri belirtmekten ziyade, sağlık sürecindeki her adımı belirten ayırt edici bir klinik rehber türüdür. Ayrıca, sağlık hizmetlerinin kalitesini yönetmek ve kanıta dayalı tıp yaklaşımında yer alan en iyi pratikleri uygulamak için kullanılan başlıca araçlardan biridir [10]. Sağlık süreci yönetiminde sağlık profesyonelleri, daha iyi klinik izlemler oluşturarak süreçleri tanımlamayı ve iyileştirmeyi amaçlar. Bir sağlık sürecinin tanımı, varsayılan iş akışlarından ziyade, en iyi pratikleri tespit etmek ve başarısız uygulamaları kaldırmak için gerçek uygulamalara dayanarak yapılmalıdır.

1.2. Problem

Sağlık profesyonelleri, nesnel bir şekilde klinik izlemleri geliştirebilmelidir. Ayrıca uygulamaları esnasında oluşan varyasyonlar ve bireysel bakım, hedef kitleye adaptasyon, kavram değişimleri ve yeni sağlık hizmetleri ile de başa çıkabilmelidirler. Ne var ki günlük uygulamalarda klinik izlemi kullanmak kanıta dayalı tıp yaklaşımında önemli bir sorundur ve bu sorun sadece doğru araç ve tekniklerle ele alınmalıdır [11].

Klinik süreçlerin hemen hemen her adımı dijital olarak gerçekleşmektedir. Bilgi yönetim sistemlerinde kaydedilen sağlık süreci verileri, sistemin zayıf yönlerini iyileştirmek için bilgi sağlayabilir. Bu açıdan sağlık verisi kullanılarak klinik izlem tanımının iyileştirilmesi, sağlık profesyonelleri için sağlık süreçlerinin yönetilmesinde uygun bir yol olarak gözükmektedir.

Süreç madenciliği, iş süreci yönetimi için nispeten yeni bir disiplin olarak, son on yılda giderek daha popüler hale gelmiştir [12]. İmalat, tedarik zinciri, sağlık ve yazılım mühendisliği dahil çeşitli alanlarda uygulanmaktadır [13]–[15]. Modele dayalı süreç ve veri odaklı analizleri birbirine bağlayan süreç madenciliği tekniği, öncelikli olarak, olay günlüklerine dayanarak iş süreçlerinin keşfi, uygunluk kontrolü ve geliştirilmesinde kullanılmaktadır [16].

Sağlık süreçleri alanında, süreç madenciliği tekniklerinin uygulanabilirliği ve

kullanışlılığına rağmen; sağlık verileri ve süreç madenciliği teknikleriyle ilgili bazı zorluklar bulunmaktadır. Bu zorluklar izleyen paragraflarda açıklanmıştır.

Sağlık verileri, hastane bilgi sistemlerinden, klinik veri ambarlarından, gerçek zamanlı veri kaynaklarından(radyo frekans tanımla teknolojisi (RFID) etiketleri, tıbbi cihazlardan (X-ışını makineleri), gerçek zamanlı konum belirleme sistemleri (RTLS), video incelemelerinden ve fatura gibi finansal verilerden, yani farklı veri kaynaklarından, farklı düzeylerde elde edilebilir. Bu kaynaklardan farklı özelliklere sahip sağlık hizmeti verilerinin belirlenmesi ve birleştirilmesi zorludur. Ek olarak, sağlık verileri genellikle süreç merkezli olmaktan ziyade eksik ve nesne merkezlidir. Ayrıca farklı ayrıntı düzeylerindeki olayları ve aykırı değerleri içerir [5]. Sağlık süreçlerinde süreç madenciliği tekniklerinin etkin kullanımı için *veri modelleme, veri çıkarma, birleştirme, ön işlem, soyutlama, görselleştirme ve denetim* ile ilgili problemler ele alınmalı ve çözümlenmelidir.

Büyük ve karmaşık sağlık verileriyle uğraşmak aynı zamanda *performans verimliliği sorunlarını* da beraberinde getirir. Bu sorunlar, zaman ve olay bilgisinin soyutlanması, olay günlüklerinin filtrelenmesi, kümeleme algoritmaları ve gelişmiş süreç madenciliği teknikleri ve araçlarının kullanılmasıyla çözülebilir.

Yukarıdaki konulara ek olarak, karmaşık ve değişken yapıdaki *sağlık süreçlerinin* süreç modelleme gösterimleri veya dilleri ile *sunulması*; sunuş yöntemlerinin kullanılabilirliğinin ve anlaşılabilirliğinin, yalnızca tıp uzmanları için değil, aynı zamanda uzman olmayanlar için de geliştirilmesi beklenmektedir. Buradaki zorluk, karmaşık süreç madenciliği tekniklerini, parametrelerini ve filtrelerini otomatik olarak ayarlayabilen ve uygun analiz türlerini önerebilen, kullanıcı dostu ve etkileşimli arayüzlerin ve gösterimlerin tasarlanmasıdır [14].

Son olarak, mevcut birçok süreç madenciliği tekniği vardır ve çeşitli yazılım sağlayıcılar genel amaçlı ve alana özel olmak üzere farklı yazılım ürünleri sunmaktadır. Bu çeşitlilik olumlu bir durum olmakla birlikte, diğer bir taraftan da özellikle potansiyel kullanıcılar için *teknikleri kullanım zorlukları* yaratmaktadır. Süreç madenciliği tekniklerinin ve araçlarının güçlü ve zayıf yönlerinin değerlendirilmesi için temsili ölçütler oluşturmak, süreç madenciliği uygulayıcılarına rehberlik etmek açısından faydalı olacaktır.

1.3. Çözüm Önerisi

Sağlık süreçleri alanında, süreç madenciliği uygulamalarının karakteristiğini daha iyi anlamak ve yukarıda bahsedilen zorluklarla baş etmeyi sağlayacak bir çözüm önerisi oluşturabilmek için, bu alanda bir *sistemik haritalama* çalışması gerçekleştirilmiştir [17]. Sistemik haritalama, birincil çalışmaların sayısının hızla arttığı araştırma literatürünü tanımlamak ve kategorize etmek için kabul görmüş bir literatür tarama yöntemidir [18]. Sistemik haritalama çalışması, sağlık alanında süreç madenciliği çalışan araştırmacılarının, bu alanda süreç madenciliği faaliyetlerinin nasıl gerçekleştirileceğini açıklayan kapsamlı bir metodolojiden yoksun olduğunu göstermiştir.

Bu tez çalışmasında yukarıda bahsedilen zorluklara ve ihtiyaçlara çözüm önerisi olarak; hedefe dayalı, çok sayıda süreç madenciliği tekniğini kapsayacak, zaman ve maliyet tasarrufu sağlamak için her sağlık projesinin planlanması ve yürütülmesine rehberlik edecek, sağlık süreçlerinin iyileştirilmesi için fırsatlar oluşturacak, bir süreç performans değerlendirme yöntemi önerilmiştir [19]. Önerilen yöntemin katkısı, deneysel çalışmalar ile doğrulanmış ve yöntemin süreç iyileştirme fırsatlarını yakalama potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir.

1.4. Özgün Katkı

Bu tezin çalışma alanına üç temel katkısı vardır; bunlar: sistemik haritalama çalışması, hedefe yönelik ve süreç madenciliğine dayalı süreç değerlendirme yöntemi ve yöntemin doğrulandığı deneysel çalışmalardır.

1.4.1. Sistemik Haritalama

Bu tez kapsamında, sağlık süreçlerinde süreç madenciliği uygulamaları için metodolojik desteğe ilişkin kanıtları incelemek adına bir *sistemik haritalama* çalışması yapılmıştır [17]. Bu çalışma, bildiğimiz kadarıyla, bu konuyla ilgili çalışmaların geniş ve genel bir görünümünü sunan ilk ve tek sistemik haritalama çalışmasıdır. Bu çalışma ile ilgili birincil çalışmaların sağladığı bilgilerin *kavram haritası* sistemik olarak geliştirilmiştir. Alanla ilgilenen araştırmacılar, araştırma fırsatlarını yakalamak için yapılan sistemik haritalama sonuçlarını kullanabileceklerdir. Öte yandan, sağlık alanı uzmanları, süreç madenciliği tekniklerinin sağlık süreçleri için uygulandığı en yaygın amaçları ve uzmanlıklarını da bu haritalama çalışmasından gözlemleyebileceklerdir. Haritalama sonuçları,

sağlık verileri ve teknikle ilgili zorluklara rağmen, alanın hızla büyüdüğünü ve daha fazla araştırma ve uygulamaya açık olduğunu göstermiştir.

1.4.2. Önerilen Yöntem

Bu tezin araştırma yaklaşımına, Hevner ve diğerleri [20] tarafından önerilen tasarım bilimi yaklaşımı temel olmuştur. Bu tasarım bilimi yaklaşımı, iş gereksinimlerini karşılayacak eserin inşasından değerlendirilmesine kadar yapılan tasarım etkinliklerini tanımlar. Teze konu olan eser, çok sayıda süreç madenciliği tekniğini kapsayan, zaman ve maliyet tasarrufu sağlamak için her sağlık projesinin planlanması ve yürütülmesine rehberlik edecek, sağlık süreçlerinin iyileştirme önerilerini belirlemek için kullanılacak bir süreç performans değerlendirme yöntemidir [19].

Önerilen yöntem (1) sağlık süreçleri gibi yapısal olmayan ve çok disiplinli süreçleri analiz etmeyi, (2) kısa sürede süreçte ne olup bittiğinin geniş bir özetini sunmayı, (3) alan bilgisini sürecin geliştirilmesine dahil ederek süreç iyileştirme fırsatlarını yaratmayı, (4) süreç madenciliği metodolojisindeki süreç madenciliği faaliyetlerini ve tekniklerini uygulamayı ve (5) hedefe yönelik bir yaklaşım kullanarak süreç madenciliği uygulamalarının izlenebilirliği, kullanılabilirliği ve işlevselliği için pratik bir rehber sağlamayı hedeflemiştir.

Bu yöntemde, süreç madenciliği projesi, uygulama kapsamının belirlenmesi amacıyla projenin başlangıç hedeflerini ("Goal-G"), sorularını ("Question-Q"), süreç madenciliği özelliklerini ("Feature-F") ve performans göstergelerini ("Indicator-I") ele alan ve GQFI adı verilen tablonun oluşturulmasıyla başlar. Sonraki adımda, dağıtık yapıdaki olay verileri ("event data"), hedeflere ve sorulara göre çıkarılır. Daha sonra, belirtilen hedeflerle ilgili olarak yorumlanması için bir çerçeve sağlamak adına olay günlüğü ("event logs") olarak biçimlendirilen ("formatting") sağlık verileri (modelleme, filtreleme, temizleme veya soyutlama yoluyla) işlenir. GQFI tablosunu takiben, her bir soru için seçilen performans göstergelerinin ölçüldüğü süreç madenciliğinin özellikleri ile analiz aşaması yürütülür. Sonuçlar (göstergeler ve sorulara verilen cevaplar), süreç performansının değerlendirilmesi aşamasına girdi olarak kullanılır ve yorumlanır. Son olarak, süreç iyileştirme önerileri tanımlanır.

1.4.3. Deneysel Çalışmalar

Değerlendirme yöntemi olarak durum çalışması yöntemi kullanılmıştır. Önerilen yöntemin katkısı, bir üniversite hastanesinin ameliyat süreci ve acil servis sürecini içeren, gömülü ve çoklu durum çalışmaları [21] ile doğrulanmıştır. Çalışmanın yapıldığı üniversitenin kalite sistemi, klinik yolların ve kılavuzların yaygın kullanımı yoluyla kanıta dayalı tıp yaklaşımını benimsemiştir. Ameliyat süreci ve acil servis süreci hastanenin en temel süreçleri arasındadır.

İlk durum çalışmasında ameliyat sürecin zaman verimliliği ile ilgili dört soru sorulmuş, süreç keşfi, uygunluk kontrolü, süreç varyasyon analizi ve performans analizi yapılmıştır. 1152 hastaya ait, 9 farklı etkinlik ve 6299 adet olaydan oluşan veri, 58 adet farklı süreç varyasyonunu izlemiştir. Süreç varyasyonlarının sayısının yüksek olması süreç farklılaşmalarının fazla olmasına işaret etmiştir. Gözlemlenen süreç ile tanımlanan sürecin eşleşme oranı (“matching rate”) %87 olarak hesaplanmıştır ve bu oran kabul edilebilir düzeydedir. Kayıp, eksik olayların ve atlanan olayların olduğu ve bu durumun ameliyat öncesi ve sonrası süreçte darboğazlara yol açtığı görülmüştür. Hasta kayıt/kabul ve ameliyat giriş/çıkış süreçlerine yönelik süreç iyileştirme önerileri verilmiştir. Bu iyileştirme önerilerinin uygulanmasının sürecin kalitesini artıracakı düşünülmektedir.

İkinci durum çalışmasında ise acil servis sürecinin zaman verimliliği ile ilgili beş soru sorulmuş, süreç keşfi, uygunluk kontrolü, süreç varyasyon analizi ve performans analizi yapılmıştır. 945 hastaya ait 13 farklı etkinlik ve 7807 adet olaydan oluşan acil servis verisi, 65 adet farklı süreç varyasyonunu izlemiştir. Ortalama hasta akış zamanı 11.9 saat olarak hesaplanmıştır. Acil servis sürecinin de süreç varyasyonları sayısının fazla olması süreç farklılaşmalarının fazla olduğunu göstermiştir. Gözlemlenen süreç ile tanımlanan sürecin eşleşme oranı %85 olarak hesaplanmıştır ve bu oran kabul edilebilir düzeydedir [22]. Triyaj ölçeklendirmenin atlanarak hastaların muayeneye alınmasıyla gerçekleşen uygunsuzluk, konsültasyon isteklerinin geç karşılanmasıyla oluşan darboğaz, uzayan hasta bekleme süresi, acil olmayan başvuruların sayısını fazla olması gibi problemleri açığa çıkaran göstergeler elde edilmiştir. Bu nicel değerlere dayanarak acil servis hizmetlerinin daha etkin kullanımını sağlayacak süreç iyileştirme önerileri verilmiştir.

Deneysel çalışmaların sonuçlarının değerlendirilmesi ve üniversite hastanesinde uygulanan mevcut yöntemle önerilen yöntemin karşılaştırılması için değerlendirme anketi yapılmıştır. Anket, üniversite hastanesinin kalite birimi uzmanları ve veri girişi yapan doktorlar üzerinde uygulanmıştır. Anket sonuçları, önerilen yöntemin süreç iyileştirme önerilerini, mevcut yönteme göre daha kısa bir sürede ve daha etkin olarak elde ettiğini göstermiştir.

1.5. Tez Metninin Organizasyonu

Tez metninin ilerleyen kesimlerinde yer alan bölümler şu şekildedir;

İkinci bölümde, sağlık süreçleri yönetimi ve iyileştirme yaklaşımları ile ilgili alan bilgisi verilmiştir. Daha sonra önerilen yöntemin temelini oluşturan süreç madenciliği ve hedef-soru-metrik yaklaşımı anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, ilişkili çalışmalar, yapılan sistematik haritalama çalışmasının araştırma soruları ve bunların cevaplanması şeklinde özetlenmiştir. Literatür taraması sonucunda sağlık süreçleri için uygulanan süreç madenciliği özellikleri ve göstergeleri belirlenmiştir. Son olarak, yine literatüre dayanarak araştırma açığı ve tezin katkısı var olan süreç madenciliği metodolojileri değerlendirilerek açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, önerilen yöntemin amacı ve detayları anlatılmıştır. Yöntemde yer alan adımlar, adımların girdileri, çıktıları ve etkinlikleri açısından açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, önerilen yöntemin süreç iyileştirme önerisi başlatma potansiyelini tüm ayrıntılarıyla değerlendirmek ve doğrulamak için yapılan deneysel çalışmaların detayları sunulmuştur.

Altıncı bölümde ise önerilen yöntemin sonuçları değerlendirilerek yöntemin güçlü ve zayıf yönleri iç ve dış olmak üzere iki perspektifte SWOT (“Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threads”) analizi [23] kullanılarak tartışılmıştır. Tezde yapılan çalışmalar ile bunların genel sonuçları ve katkıları kısa ve öz bir biçimde ifade edilmiştir. Gelecekte yapılabilecek çalışmalara yön verecek olası araştırma problemlerinden bahsedilmiştir.

2. ÖN BİLGİ

2.1. Sağlık Süreç Yönetimi

Hastanelerin temel stratejik hedefleri hasta merkezli hizmetler sunmak; sağlık süreçlerinin verimliliğini ve kalitesini arttırmak; ve bakım hizmetlerinin maliyetini azaltmaktır. Hastane yöneticileri, nüfusun, yaşlanmanın ve kronik hastalıkların artışı nedeniyle sürekli artan servis talepleriyle başa çıkmak zorundadır. Sağlık hizmetlerine olan yüksek talep; öngörülemeyen yatak ihtiyacına, akut yatış için daha uzun bekleme süresine, planlı hasta kabulünü sağlamadaki zorluklara, hastane personelinin strese girmesine, istenmeyen hasta ve aile deneyimine, sağlanan hizmet sürecinin kalitesine belirsiz ve olumsuz bir etkiye yol açmaktadır.

Sağlık süreci son derece dinamik, karmaşık, çok disiplinli ve dağıtık bir yapıya sahiptir [5]. Sağlık süreçleri çeşitli organizasyon birimlerinin ve tıbbi disiplinlerin iş birliği ve istişareleri ile bilgiyi ve bilgiye dayanan farklı faaliyetleri içerir. Gerçekleştirilen faaliyetler organizasyonel ve tıbbi olmak üzere iki temel grupta toplanır. Organizasyonel faaliyetler hasta kayıt, hasta kabul, servise çıkış, taburculuk vb. idari etkinlikler iken tıbbi faaliyetler tanı, operasyon, test, tarama ve müdahale vb. olabilir.

Sağlık hizmetlerindeki süreç desteği, farklı düzeylerde, organizasyonel süreçler ve tıbbi tedavi süreçleri olmak üzere birbirinden ayrılır [3]. Tıbbi tedavi süreçleri klinik süreçlerdir ve doğrudan hasta ile ilişkili tanı ve tedavi etkinliklerini kapsar. Organizasyonel süreçler ise genel süreçlerdir ve tekrarlı bir yapıya sahiptir. Klinik karar verme için herhangi bir destek sağlamazlar. Organizasyonel süreç içerisinde hekim, hemşire ve tıbbi teknisyenlerin süreçteki görevlerini tanımlamakta, tıbbi bilgi ve hasta ile ilgili bilgilerden etkilenen tıbbi tedavi sürecini desteklemektedir. Tıbbi tedavi süreçleri hasta geçmişinin incelenmesi ile başlar, tıbbi kararlar ve talep edilen teşhis prosedürleri ile devam eder. Tıbbi tedavi süreci, hasta özelliklerine dayandığı için öngörülemeyen ve karmaşık hale gelebilir.

Klinik etkinlikleri kayıt altına alan sağlık bilgi sistemlerinde kaydedilen sağlık verisi, sağlık hizmeti süreçlerini analiz etmek ve çeşitli perspektiflere göre incelemek için değerli bir veri kaynağıdır. Sağlık verisi, sağlık süreçlerini anlamak ve yeniden tasarlamak için kullanılabilir. Ayrıca sağlık bilgi sistemlerinde çeşitli yollarla kaydedilen performans göstergeleri, sunulan sağlık hizmetlerinin kalitesinin

ölçülmesine olanak tanır. Diğer bir yandan göstergelere uyumluluk, devlet finansmanının rekabetçi niteliği ve vergi mükelleflerine haklı bilgi sağlama gereği nedeniyle hastanelerin önemli yükümlülükleri arasındadır. Hastanelerin halihazırda olgun süreçleri ve performanslarını istatistiklerle rapor etme ve izleme yeteneği vardır. Ancak, bu veriler bir sürecin nasıl iyileştirileceğini göstermemektedir.

Hastane yöneticileri, işletmelerinde sürekli artan servis hizmetlerine yönelik zorlukların üstesinden gelmek için hasta bakım süreçlerini iyileştirmenin yollarını ararlar. Yalın yönetim ve kanıta dayalı tıp gibi yaklaşımlar, sağlık hizmeti süreçlerine yönelik uygulanmış süreç iyileştirme yaklaşımlarındandır [24]. Tez kapsamında önerilen performans değerlendirme yöntemi, Yalın düşüncedeki değer akışının sağlanması ile süreç iyileştirme önerilerinin hayata geçirilmesi ile bağdaşırken, diğer bir yandan kanıta dayalı tıp yaklaşımında yer alan uygulanan klinik izlemlerin nesnel olarak geliştirilip, iyileştirilmesi ve sürecin izlenmesi gibi süreç iyileştirme adımlarını içermektedir.

2.2. Yalın Yönetim

İlk olarak 1988' de Japon başarı sistemini açıklamak için Krafcik tarafından tanıtılan Yalın terimi [25], daha sonra Yalın Düşünme [26] olarak geliştirilmiştir. Yalın Düşünme, sistemdeki tüm israflardan arınıp yalınlaşmayı hedef alan bir yaklaşımdır. Yalın Yönetim, günümüzde temel prensipler ve diğer prensipler olmak üzere iki tür prensibin bir birleşimi olarak görülmektedir. Temel prensipler; değer, değer akışı, sürekli akış, çekme ve mükemmellik ilkelerinden oluşur. Müşterinin bakış açısından değer belirlenir; değer akışındaki tüm adımlar tanımlanır; değer akışında herhangi bir kesinti olması önlenir; değer yaratan faaliyetler sistematik bir şekilde düzenlenip müşterilerin bu değeri elde etmesi sağlanır; ve tekrar mükemmellik peşinde koşmaya başlanır. Diğer prensipler ise taahhüt edilen yönetim, insanlara saygı ve tedarik zinciri yönetiminin katılımıdır. Daha soyut bir düzeyde ise, Yalın Yönetim “kaynak verimliliği üzerinde akış verimliliğine öncelik veren bir operasyon stratejisi” olarak kavramsallaştırılabilir.

Bir yalın hastane, hastane stratejisiyle ve vizyonu ile bütünleşik olarak hedefler benimser, tüm çalışanların ve yöneticilerin katılımıyla bir yalın kültürü oluşturulur. Bu kültür ile hasta odaklı bir yönetim anlayışı benimsendiğinde, hasta memnuniyeti “değer” olarak kabul edilir. Hastanın hastaneye girdiği andan itibaren tedavinin

bitirildiği ana kadar olan süreç, sistematik bir yolla tanımlanır. Bu aşamada var olan klinik izlemler kullanılabilir. Süreçte hasta memnuniyetini olumsuz etkileyecek sorunları ortadan kaldırmak için süreç verisi kullanılır. Bu aşamada süreç performansı, anahtar performans göstergeleri bağlamında ölçülebilir. İyileştirmeler harekete geçirilip, süreç tekrar ölçülür. Hastanelerin hatalarını ve hastaların bekleme sürelerini azaltarak hasta bakım sürecinin kalitesinin artırılması sağlanır.

Dünyadaki birçok hastane, hasta bakımını iyileştirmek için Yalın Düşünme metodolojisini benimsemiş ve klinik süreçlerinde önemli gelişmeler görmüştür [24]. Yalın metodolojinin gelir artışına ve harcamalardaki azalmaya katkıda bulunduğu çalışmalarda [24] raporlanmıştır. Yalın Düşünme, hasta akış sürecinin daha iyi anlaşılmasına ve dolayısıyla daha iyi bir koordinasyonun sağlanmasına katkıda bulunurken, bu kavramın tek başına uygulanabilmesi, hastane sistemindeki krizin hala sebep olduğu endişeleri gidermek için yeterli olmamaktadır.

2.3. Kanıta Dayalı Tıp

Kanıta dayalı tıp yaklaşımı, klinik karar sürecinde, hekimin deneyimi ve mesleki birikiminin, bilimsel yöntemlerle elde edilen kanıtlar ve hastanın tercihleriyle bütünleştirilmesini benimseyen ve kanıtların dikkatli, açık ve akıllıca kullanılmasıdır [4], [7], [27]. Klinik kararlar mevcut en iyi bilimsel kanıtlara dayanmalı, araştırılacak kanıtlar klinik probleme göre belirlenmeli, kanıtlar eleştirel bir şekilde değerlendirildikten sonra hastalara uygulanmalıdır. Klinik deneyim ve klinik kanıtlar tek başına yeterli değildir ve birlikte kullanıldığında değerli olur. Bu yaklaşım, sağlık sürecinin performansının sürekli olarak değerlendirilmesini gerektirir [7]. Bir kanıta dayalı tıp uygulaması, beş adımdan oluşur: 1) problemle ilgili sorular oluşturulur 2) soru tabanlı bir literatür tarama yapılır 3) kanıtlar eleştirel bir yolla değerlendirilir 4) en iyi kanıt hastanın özellikleri, tercihleri ve hekimin mesleki deneyimi ve birikimi ile birleştirilerek uygulanır 5) süreç izlenir, kontrol edilir ve değerlendirilir.

Gereksinim duyulan bilgiyi doğru, uygun ve cevaplanabilir bir soruya dönüştürmek için hasta, müdahale, karşılaştırma ve çıktı kriterleri göz önünde bulundurulur. Etyoloji, tanı, tedavi, prognoz ya da korunma olmak üzere beş çeşit soru türü vardır ve çalışma türleri bu soru türlerine uygun olarak belirlenmelidir. Etyoloji soru türü için kohort çalışmaları; tanı türü için kontrollü çalışmaları; tedavi türü için çift-kör randomize kontrollü çalışmaları; prognoz türü için kohort çalışmaları, olgu kontrol ve

olgu serileri, korunma türü için randomize kontrollü çalışmalar ve kohort çalışmalar uygun görülmüştür.

Soru tabanlı olarak kanıtlar elektronik bilgi kaynaklarından sistematik olarak taranır. Olası bilgi kaynakları Pubmed, Cochrane veri tabanı ve Uptodate'dir. Arama anahtarı belirlenir ve sistematik tarama gerçekleştirilir. Burada çalışmaların havuza dahil edilip edilmeyeceği, dahil etme/çıkarma kriterlerine göre yapılır.

Kanıtların geçerliliği için doğrulama ve değerlendirme çalışmalarının ilgili bölümlerine bakılır. Bu geçerlilik bölümlerinde araç ve yöntemin doğrulandığı bilimsel ve nesnel değerler ile ilgili bilgiler yer alır. Nesnel sonuçların kliniğe uygunluğu ve hastaya uygulanabilirliği yan etki, maliyet ve tedavi süreleri açısından değerlendirilir.

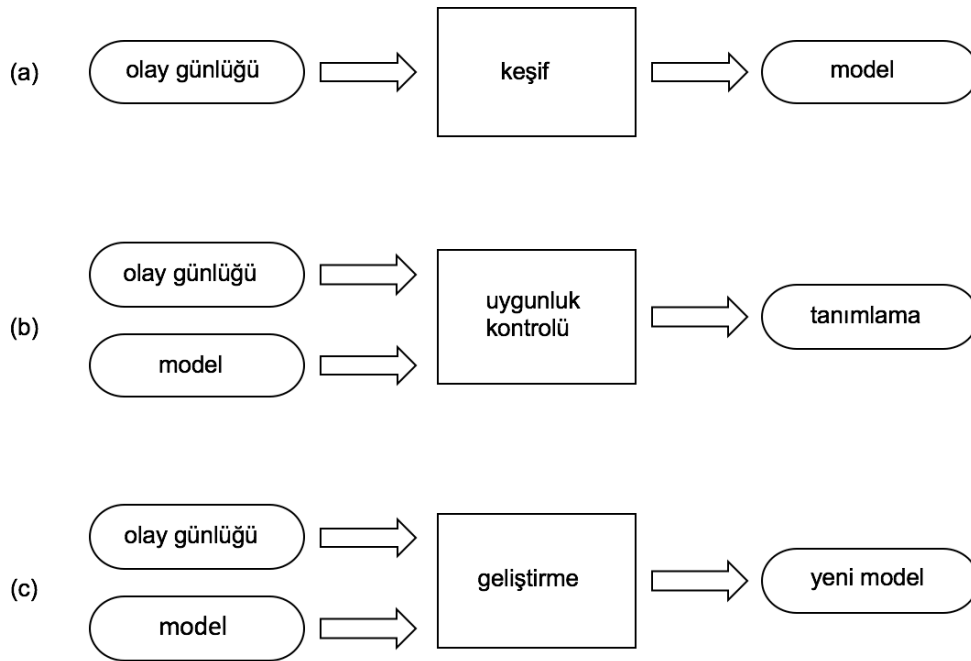
En iyi kanıtlara ulaşıldığında, hekimin benzer olgularda farklı müdahalelerde deneyimi olduğunda ve hastanın biyolojik, psikolojik, ve sosyal koşulları bilindiğinde, uygun müdahaleye karar verilir ve uygulama gerçekleştirilir.

Uygulama gerçekleştirildikten sonra sürecin tüm adımları izlenir. İzlenen süreç ve sonuçları değerlendirilir. Değerlendirme aşamasında, önceki dört basamakta uygun davranışın sergilenip sergilenmediği ve müdahalenin istenen sonucu verip vermediği yorumlanır. Benzer olgular için bir süreç planı oluşturulur ya da var olan süreç tanımı iyileştirilir.

Bu süreçte daha iyi kanıtlarla hekimin uzmanlığının iyileştirilmesine yardımcı olan klinik izlem ve klinik kılavuzların kullanılması önerilmektedir [7]. Ayrıca klinik kılavuzlar, protokoller ve izlemler, bakım sürecinin kalitesinin iyileştirilmesini sağlar, maliyet kontrol faaliyetlerini destekler ve en iyi tıbbi uygulamaları resmileştirir. Klinik kılavuzlar sistematik olarak geliştirilmiş ifadelerle pratisyenlere karar vermede yardımcı olan tavsiyelerden oluşur [8]. Klinik izlemler, belirli bir hastalık için özelleşmiş bir tedavi hedefine ulaşmak için gerekli adımları temsil eden terapi ve tedavi etkinliklerinin bütünü olarak tanımlanır [9]. İzlemler, pratisyenlerin takip etmeleri gereken geniş prensipleri belirtmekten ziyade, bakım sürecindeki her adımı belirten ayırt edici bir klinik rehber türüdür [28]. Bununla birlikte, sağlık hizmetleri süreçleri çok disiplinli ve oldukça karmaşık yapıya ve esnek hasta akışlarına sahip olduğundan, hasta odaklı bir sağlık anlayışı için bu öneriler ve fiili uygulamalar arasında bir boşluk olduğu gözlemlenmiştir [29], [30].

2.4. Süreç Madenciliği

Süreç madenciliği, bilgi sistemlerinde kaydedilen olay verilerinin kullanımını içeren bir süreç yönetim tekniğidir. Bu teknik, son on yılda iş süreci yönetiminde giderek artan şekilde popülerlik kazanmıştır [12]. Bir yanda veri madenciliği ve makine öğrenimi arasında kalan ve süreç modellemesi kullanan bir süreç analiz tekniğidir. Süreç madenciliği tekniği üç ana amaç için uygulanır [16]. Bu amaçlar; i) süreç keşfi, ii) süreç uygulamalarının keşfedilen/modellenen sürece göre uygunluğunun denetlenmesi ve iii) süreç uygulamalarındaki farklılıkların saptanarak sürecin geliştirilmesidir (Şekil 2-1).



Şekil 2-1 Süreç madenciliğinin üç temel amacı (girdiler ve çıktılar açısından) [14]

Bilgi sistemlerinin çeşitli otomasyonları; iş süreci yönetimi, kuruluş kaynak planlaması, ürün veri yönetimi ve kapasite gereksinimi planlaması gibi gerçekleşen etkinliklerin kimliği ve sıralaması hakkında detaylı bilgi depolamaktadır [12]. Depolanan bu bilgilere *olay günlüğü* adı verilmekte olup bu günlükler süreç madenciliğinin başlangıç noktasını oluşturmaktadır [16]. Her olay bir etkinliği, her etkinlik ise bir sürecin bir parçasını temsil etmektedir. Olay günlükleri, olayların kaynağı; yani etkinliği başlatan ve gerçekleştiren kişi ya da araç ve veri niteliği (örneğin, türü, boyutu ve yorumlar) hakkında ayrıntılı bilgi tutmaktadır.

Süreç keşfi, diğer iki süreç madenciliği analiz türü olan uygunluk kontrolü ve süreç geliştirme uygulamalarını içeren ileri analizler için temel oluşturduğundan, süreç

madenciliği tekniklerinin en önemli etkinliğidir. Süreç keşfinde, olay günlükleri girdi olarak kullanılarak ön bilgiye gerek olmaksızın süreç modeli oluşturulur [16]. Olay günlüklerinden gerçek bir süreç oluşturulması aşamasında çoğu kurum, teori ve uygulamadaki farklılıklar nedeniyle zorluklarla karşılaşmaktadır. Süreç keşfi için kullanılan en yaygın tekniklere örnek olarak Alpha algoritması (“Alpha Miner”), Sezgisel madencilik (“Heuristic Miner”) ve Bulanık madencilik (“Fuzzy Miner”) verilebilir [14]. Keşfedilen süreç modeli başta Petri ağları (“petri-net”) olmak üzere, BPMN (“Business Process Management Notation”), sezgisel ağlar (“heuristic nets”), UML (“Unified modelling language”) diyagramları ile gösterilebilir.

Uygunluk kontrolü, olay günlüklerinden keşfi yapılan süreç modeli ve akışının incelenerek sürecin modelde belirtildiği gibi gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğinin ortaya konulmasını içerir [16]. Bu aşamada, gerçekleştirilen süreç ile süreç modeli tanımları arasındaki farklılıkların tespit edilip değerlendirilmesi söz konusudur. Bu sürecin temel amacı, gerçek süreçten elde edilen bilgiyi kullanarak iyileştirme gereken alanların belirlenmesidir.

Süreç geliştirme, süreç modelinin olay günlüklerine dayanarak iyileştirilmesi anlamına gelir. Bu işlem, süreç genişletme ve süreç onarımı/yeniden tasarımı olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilir. Süreç genişletme olay verilerinin kullanılarak süreç modeline kontrol akışına ek olarak organizasyon, veri ve zaman bilgilerinin eklenmesidir. Süreç onarımı/yeniden tasarımı ise süreç modelinin kalitesinin iyileştirilmesi ve yeni bir modelin tanımlanmasıdır [30].

Süreç madenciliği tekniğinin kontrol-akış, organizasyonel, veri ve zaman olmak üzere dört perspektifi vardır [16]. Bu perspektifler birbirinden bağımsız olmayıp hepsinin birbiriyle ilişkisi mevcuttur. Kontrol-akış perspektifi, etkinliklerinin sıralanması ve süreç modelinin keşfine odaklanarak tüm olası yollar için en iyi tanımların bulunmasını hedefler. Organizasyonel perspektif, süreçteki aktörler (insan, sistem ve rol) ve bunların birbiriyle ilişkisi ile ilgili olup süreç modelini, roller ve organizasyona dayalı olarak sınıflandırmayı içerir. Veri perspektifi, verilerin ve gerçek verileri etkileyen etkenlerin tanımlanmasına odaklanır. Son olarak zaman perspektifi ise olayların gerçekleştiği zaman ve meydana gelme sıklığı ile ilgilidir ve engelleri belirleme, hizmet düzeylerini ölçme, kaynak kullanımını izleme ve süregelen olaylar için kalan zamanı tahmin etmeye yardımcı olur.

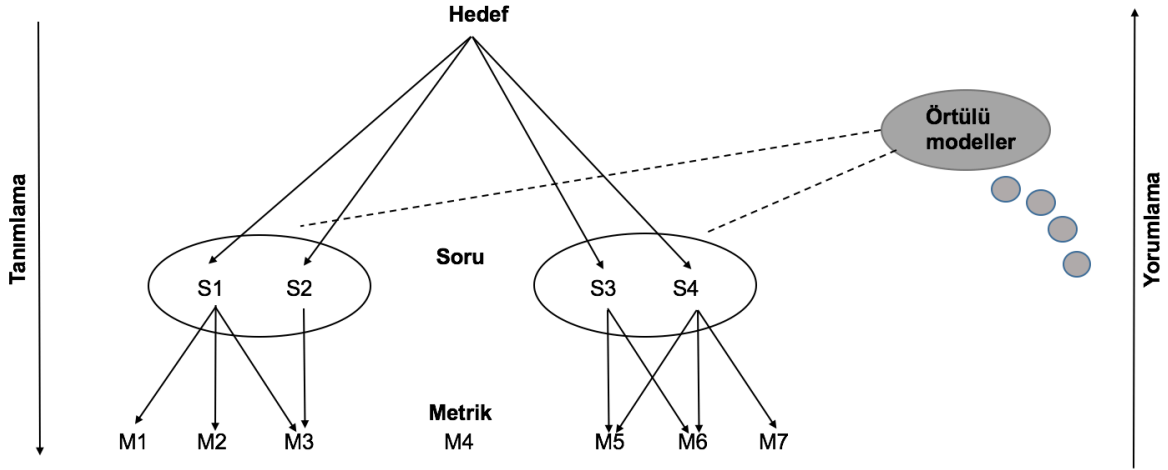
Çok sayıda yazılım ürünü süreç madenciliği desteğine sahiptir [14]: ARIS Süreç Performans Yönetimi (Software AG) [31], Disco (Fluxicon) [32], ProM (TU/e) [33], PALIA-ER [34], CELONIS [35] ve pMineR [36]. ProM [33], süreç madenciliği tekniklerinin uygulanması için genel, açık kaynak bir çerçeveyi barındıran ve standart bir ortam sağlayan temel bir süreç madenciliği aracıdır. Çok çeşitli süreç madenciliği tekniklerini eklentiler bağlamında destekleyen genişletilir bir iskelettir. Java'da geliştirildiği için platform bağımsızdır ve ücretsiz olarak indirilebilir. Disco [32] ise güçlü, kullanımı kolay ve hızlı, popüler ve aynı zamanda ticari olarak geliştirilmiş bir süreç madenciliği aracıdır. Akademik sürümü ise çok sayıda üniversiteyi desteklemektedir. Disco'nun devrimsel nitelikteki ticari süreç madenciliği teknolojisi araştırmacıların, yalnızca dakikalar içerisinde sürecin gerçekleşen görsel haritalarını oluşturmasına olanak sağlamaktadır

2.5. Hedef-Soru-Metrik Çatısı

Hedef ("G-Goal") - soru ("Q-Question") - metrik ("M-Metrik") (GQM) çatısı, proje ve organizasyonun özel ihtiyaçlarına bağlı olarak hedefleri; yazılım süreçleri, ürünler ve kalite perspektiflerine ilişkin modellere uyarlamak ve entegre etmek için sistematik bir yaklaşımı destekler [37]. Bu yaklaşımın benimsediği ilke, ölçümün hedefe yönelik olması gerektiğidir. Bu nedenle, bir süreci iyileştirmek için kuruluşlar, ölçüm hedeflerini kurumsal hedeflere göre tanımlamalı ve bu hedefleri projenin yürütülmesi sırasında ölçülebilen faaliyetlere dönüştürmelidir.

GQM'de belirli bir hedef tanımlanır, bu hedefi karşılamaya sağlayacak sorular oluşturulur ve bu soruları yanıtlamayı mümkün kılacak bilgileri sağlayacak olan metrikler tanımlanır. Metrikler ölçülerek sorular cevaplanır ve bu şekilde hedeflerin cevaplanması operasyonel olarak gerçekleşir. Metrik değerleri ise sorular vasıtasıyla hedeflere ulaşıp ulaşılmadığını belirlemek için yorumlanır. Şekil 2-2'de gösterildiği gibi GQM yaklaşımında, metrikler yukarıdan aşağıya bir perspektiften tanımlanır ve ölçüm verileri aşağıdan yukarıya analiz edilir ve yorumlanır.

Hedef-soru-metrik çatısının son adımında bir ölçme modeli oluşur. Bu model kavramsal, operasyonel, ve kantitatif (nicel) seviye olmak üzere üç seviyede tanımlanır.



Şekil 2-2 Hedef-soru-metrik çatısı [37]

İlk seviye, ölçülecek bir nesne için bir amaç tanımlayan kavramsal seviyedir. Bu hedef farklı bakış açılarına göre tanımlanabilir. Ölçüm nesnelere; ürünler, süreçler ve kaynaklar olabilir. Ürünler genellikle teslim edilebilen çeşitli ürünleri içerebilir. Süreçler genellikle zamanla ölçülebilen faaliyetlerle ilgilidir. Kaynaklar ise süreçler tarafından kullanılan öğelerdir.

İkinci seviye, bir takım soruların sorulduğu operasyonel seviyedir. Bu sorular belirli bir hedefe ulaşmak için kullanılır. Kavramsal düzeyde verilecek kararlara göre, sorular nesne ölçümünü tanımlamaya çalışır.

Üçüncü seviye ise kantitatif seviyedir. Bu seviyede, toplanan veriler sorularla ilişkilidir. Amaç, soruları nicel olarak cevaplamaktır. Bu veriler nesnel veya öznel olabilir. Başka bir deyişle, nesneye bağlı olabilir ya da hem nesneye hem de bakış açısına bağlı olabilir. Örneğin, hedef kullanıcı memnuniyeti olduğunda, veriler öznel olabilir.

Hedef tabanlı ve soru tabanlı süreç madenciliği projelerinde, GQM, tanımlanmış hedefler ve sorularla desteklenen performans göstergelerini türetmek için yararlı bir yaklaşım olabilir. Bu göstergelerin projenin başında belirlenmesi, süreç madenciliği için gerekli olan olay verilerini toplamak, seçmek ve gerekli süreç madenciliği özelliklerini belirlemek için de faydalı olacaktır.

Hedefler, sorular ve metrikleri gösteren GQM ağaçları, sağlık profesyonellerinin bilgisi üzerine kurulmalıdır. Bu nedenle, bilgi edinme teknikleri, yılların deneyimiyle inşa edilen sağlık profesyonellerinin örtülü modellerini yakalamak için de uygulanmaktadır. Bu örtülü modeller, ölçüm programına değerli girdiler verir ve çoğu

zaman mevcut açık süreç modellerinden daha önemlidir. Metrikler, süreç madenciliği uygulayıcısı ve sağlık profesyonelleri tarafından ve benimsenen klinik izlem, kılavuzlar, tanımlanmış süreç modelleri taban alınarak tanımlanabilir [38].

3. İLİŞKİLİ ÇALIŞMALAR

3.1. Sağlık Süreçleri için Süreç Madenciliği Uygulayan Çalışmaların Sistemik Haritalaması

Belli bir alandaki birincil araştırmaların (örneğin deneyim raporu) sayısının hızla ve önemli ölçüde arttığı durumlarda bilgi tabanını ikincil araştırmalar (literatür derlemesi gibi) yoluyla özetlemek gelecek araştırmalar için fırsatların ortaya konulması açısından fayda sağlamaktadır [18]. İkincil araştırmalar birincil araştırmaların içeriğini belli bir amaç doğrultusunda bir araya toplayıp sentezler [39].

Tez kapsamında, süreç iyileştirme yönteminin özelliklerini belirlemek ve sağlık süreçlerindeki süreç madenciliği uygulamaları için metodolojik desteğe ilişkin kanıtları incelemek amacıyla süreç madenciliği tekniğinin uygulandığı sağlık süreçleri alanında, sistemik haritalama çalışması yapılmıştır. Bilimsel literatürün elektronik dijital kütüphanelerinde (ACM, Google Scholar, Emerald, IEEE Explore, Pubmed, ScienceDirect, Scopus, SpringerLink, Web of Science ve Wiley) yer alan 2005 ve 2017 arasında yayınlanmış çalışmalar taranmıştır. Söz konusu alanda bulunan 2428 yayından 172'si daha kapsamlı bir inceleme için seçilmiştir. Sağlık süreçlerinde süreç madenciliği uygulamaları ile ilgili gerçekleştirilmiş birincil araştırmalar tarafından sağlanan bilgilerin kavram haritası sistemik bir şekilde oluşturulmuştur. Bu harita, araştırma ve katkı, uygulama bağlamı, madencilik etkinliği, süreç modelleme türü ve gösterimi ve madencilik algoritması özelliklerine göre mevcut çalışmalarını sınıflandırmada kullanılmıştır. Bildiğimiz kadarıyla bu konudaki çalışmaların bu şekilde kapsamlı ve genel bir değerlendirmesi bugüne kadar yapılmamıştır. Bu araştırmanın sağladığı başlıca somut katkılar şu şekildedir:

- Süreç madenciliği tekniklerinin sağlık süreçleri için uygulandığı en yaygın amaçları ve önerilen yöntemin süreç madenciliği özelliklerini belirlemeyi,
- Süreç madenciliği özelliklerinin hangi süreç madenciliği teknikleri/ algoritmaları, eklentileri ("plugin") ve araçları ile yapabileceğine dair somut kanıtları toplamayı ve bunların durumlarını değerlendirmeyi,
- Önerilen yöntemde yer alan süreç madenciliği özellikleriyle hesaplanması mümkün olan tüm göstergeleri çıkarmayı,

- Mevcut metodoloji desteğini görmeyi ve sağlık ve diğer alanlarda uygulanan süreç iyileştirme ve süreç ölçme metodolojilerinin katkılarıyla bir süreç değerlendirme metodolojisini sunmayı,
- Süreç madenciliği analizi öncesi ve sonrasında yapılması gereken ve analizi daha etkin yapacak bir takım özellikleri belirlemek ve bunları süreç madenciliği faaliyet türlerine ek olarak metodolojinin adımları ve özellikleri olarak tanımlamayı,
- Uygulanan sağlık alanı uzmanlıklarına göre, yapılacak durum çalışmalarını için sağlık alanı uzmanlıklarını belirlemeyi,
- Ayrıca, elde edilen demografik analizlerle alandaki eğilimlerin bilgisine sahip olmayı sağlamıştır.

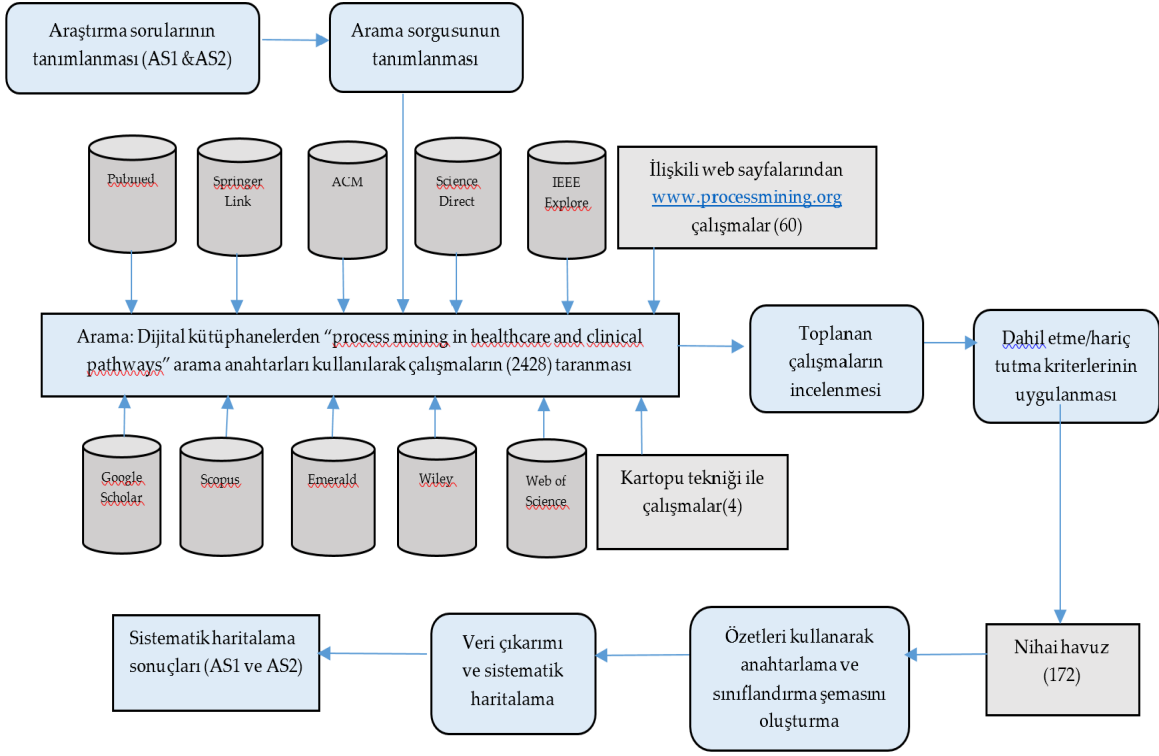
Süreç madenciliği, sağlık süreci çalışanları için pek çok fayda sağlama potansiyeline sahip olmasına karşın [2], günümüze kadar bu hizmet süreçlerini inceleyip iyileştirmeye yönelik süreç madenciliği uygulamalarını derleyen çok az sayıda çalışma yürütülmüştür. Bu alandaki birincil araştırmaları derleyen yalnızca dokuz ikincil araştırma niteliğinde yayın saptanmıştır. Bu çalışmaların tür, derlenen birincil araştırma sayısı ve yayın yılını içeren bir listesine Çizelge 3-1'de yer verilmektedir.

Çalışmamızın Çizelge 3-1'de listelenen diğer ikincil araştırmalardan farklı katkısı, büyük sayıda birincil araştırmadan elde edilen kapsamlı bir özellik dizisini içeren sınıflandırmaya dayalı olarak, alandaki yayınların güncel durumunu ve olgunluğunu sunmasıdır.

Çizelge 3-1 Sağlık süreçleri alanında süreç madenciliği çalışmalarını derleyen ikincil araştırmaların listesi

İkincil Araştırma Türü	# Birincil Çalışmalar	Yıl	Referans
İnceleme (“survey”)	10	2012	[40]
Literatür Tarama	37	2014	[41]
İnceleme	27	2015	[42]
Literatür Tarama	40	2015	[43]
Literatür Tarama	74	2016	[44]
Sistemik Literatür Tarama	168	2016	[45]
Literatür Tarama	37	2016	[46]
Literatür Tarama	11	2016	[47]
Sistemik Haritalama	172	2018	Bizim çalışmamız [17]

Şekil 3-1, Petersen ve diğerleri [18] tarafından önerilen sistemik haritalama süreci ve kılavuzundan türetilen ve tez çalışması için uygulanan süreci göstermektedir. Sistemik haritalama, araştırma sorularının (AS) tanımlanmasının ardından arama sorgusunun belirlenmesi ile devam eder. On dijital indeksten araştırma sorgusu araştırıldıktan sonra, süreç madenciliği ile ilgili web siteleri gözden geçirilmiş ve kartopu (“snowballing”) tekniği kullanılmıştır. Kartopu tekniği, bulunan makalelerin referans listeleri aracılığıyla ilgili ek makaleleri bulmak için kullanılır [48]. İlk olarak 2428 adet ilişkili yayın elde edilmiştir. Elde edilen çalışmaların taranması için, geliştirilen dahil etme /hariç tutma kriterleri uygulanmış ve 172 çalışma, nihai bir havuza alınmıştır. Daha sonra, seçilen çalışmaların özetlerinden ve metinlerinden anahtar kelimeler çıkarılarak bir sınıflandırma haritası oluşturulmuştur. Çalışmalardan verilerin elde edilmesinin ardından sistemik haritalama sonuçları analiz edilmiştir.



Şekil 3-1 Uygulanan sistematik haritalama süreci

Bizim sistematik haritalama çalışmamız kapsamında, önemli sayıda birincil yayın derlenerek içerikleri tekrarlı olarak geliştirilen sınıflandırma şemasına dayalı olarak haritalanmıştır. Bu açıdan bu alanda yayınlanan çalışmalarını derinlemesine gözden geçirerek içeriklerini sınıflandıran ilk ve tek sistematik haritalama çalışmasıdır. Çalışmanın sonuçları, önerilen yöntemin adımları, özellikleri ve ölçülecek göstergeleri belirlemek için kullanılmış, tespit edilen araştırma fırsatları ve zorluklar adreslenmeye çalışılmıştır.

3.1.1. Sınıflandırma Haritası

Sistematik haritalamayı gerçekleştirmek için kararlı bir sınıflandırma haritasının türetilmesi gerekir. Çizelge 3-2, AS, her bir AS'nin niteliği ve seçilen çalışmalardan yinelenmeli olarak ortaya çıkan her bir niteliğin olası türleri ve tanımlarını göstermektedir.

Petersen ve diğerleri [18] için bir araştırmanın türü, her makalede kullanılan araştırma yaklaşımının türünü belirtmektedir. Araştırma türü, bu sistematik haritalama çalışmasında AS1.1'e karşılık gelmektedir. Çözüm önerisi, doğrulama araştırması, değerlendirme araştırması ve deneyim raporları olmak üzere dört araştırma türü benimsenmiştir. Sadece bir çözüm önerisi ve bunun basit bir örneğini

sunan çalışmalar çözüm önerisi olarak sınıflandırılır. Zayıf deneysel bir çalışma ile geçerlilik bölümleri içeren makaleler, doğrulama araştırması olarak kabul edilir. Bir çalışmada önerilen teknik, deneysel yöntemler (örneğin durum çalışması, mevcut yöntemlerin karşılaştırılması) kullanılarak kapsamlı bir şekilde değerlendirilirse ve avantajları ve dezavantajları tartışılırsa, değerlendirme araştırması olarak kategorize edilir. Sadece uygulamaları veya deneyimleri rapor eden çalışmalara da deneyim raporları denir.

AS1.2, her bir çalışmada önerilen katkı türünü belirtir ve yöntem /teknik, araç, model, metrik, süreç, ve diğer katkı türlerinden oluşur [18]. Örneğin, bazı çalışmalar yeni teknikler önermiş, bazı çalışmalar ise mevcut süreç madenciliği tekniklerini uygulamak için süreçler önermiştir. Diğer çalışmalarda da bir durum çalışması ile sağlık hizmetlerine mevcut süreç madenciliği teknikleri uygulanmıştır. Bu haritada, katkı türü olarak yöntem, araç, model, metrik (benzerlik /uzaklık), süreç veya deneysel sonuçların (örnek bir durum çalışması ile) katkısının raporlanması temel alınmıştır.

AS 1.3, sağlık süreci, klinik izlem, tek /çoklu bölüm ve tek /çoklu hastane gibi çeşitli uygulama yönlerini dikkate alan süreç madenciliği çalışmalarının uygulama bağlamıyla ilgilidir.

AS 1.4, sağlık hizmeti sürecinin veya klinik izlemin ismini belirten sağlık uzmanlığı hakkındadır. Süreç madenciliği teknikleri kullanılarak her bir çalışmada analiz edilen sağlık süreçleri, hastalıkları veya bölümlerinin isimleri çıkarılmıştır. Ayrıca sağlık uygulama alanları iki ayrı tıp uzmanı tarafından gözden geçirilmiş ve gerektiğinde revize edilmiştir.

AS 1.5 süreç madenciliği faaliyetinin türü ile ilgilidir ve süreç keşfi, uygunluk kontrolü, süreç geliştirme gibi temel faaliyetlere ek olarak; süreç varyasyon analizi, performans analizi, tahmini izleme ve aykırı durum tespiti dahil olmak üzere diğer ileri süreç madenciliği faaliyetlerini de içerir.

AS 1.6, modelleme tipiyle ilgilidir ve süreç madenciliği tekniği kullanılarak süreç modelinin nasıl elde edildiğini inceler. Modelleme tipleri; sürecin süreç madenciliği teknikleri kullanılarak otomatik olarak keşfedilmesi, sürecin manuel olarak tanımlanması, süreç madenciliği teknikleri kullanılarak otomatik olarak keşfedilen sürecin manuel olarak değiştirilmesidir.

AS 1.7, kullanılan süreç modeli gösterimi/dili ile ilgilidir ve BPMN, akış grafiği (“flowchart”), UML diyagramları (durum, sınıf veya etkinlik diyagramları) ve petri ağ, sezgisel ağ, bulanık model gibi türleri içerir.

AS 1.8'e cevap vermek için, her çalışmada kullanılan süreç keşfi, süreç uygunluk kontrolü ve süreç geliştirme teknikleri çıkarılmıştır. Ayrıca sağlık süreci verilerinin performans, veri kalitesi ve veri görselleştirme gibi çeşitli yönlerden analiz edilmesi de incelenmiştir. Sağlık hizmetleri alanında daha iyi sonuçlar elde etmek için süreç madenciliği tekniklerinin kombinasyonları ile süreci analiz etmeyi sağlayan diğer süreç madenciliği teknikleri de çıkarılmıştır.

AS 1.9, süreç madenciliği tekniklerini uygulamadan önce bir sağlık süreci verisini kümelemek için kullanılan kümeleme teknikleri ile ilgilidir. Kümeleme tekniklerinin isimlerinin yanı sıra ilgili ProM eklentilerini de ortaya çıkarılmıştır.

2.1 ile 2.5 arasındaki AS'ler, tanımlanan niteliklere ilişkin eğilimler ve demografik özellikler, çalışmaların demografik ve bibliyometrik bilgileri ile ilişkilidir. Yayın yılı, alıntı sayısı, katkıda bulunan araştırmacılar ve ülkeler ve en popüler akademik toplantı yerlerini (örneğin dergiler ve konferanslar) içerir.

Çizelge 3-2 Sınıflandırma haritası

AS	Nitelik	Olası Türler	* Türlerin Tanımı	**
AS1.1	Araştırma türü	Çözüm önerisi	B yeni bir çözümün tanımının ve uygulanabilirliği küçük bir örnekle ya da iyi bir argümantasyon çizgisiyle gösterilmesi	T
		Doğrulama araştırması	B yeni veya pratikte uygulanmayan tekniklerin, zayıf deneysel çalışmalarla veya laboratuvar ortamındaki örnek deneylerle doğrulanması	
		Değerlendirme araştırması	B tekniklerin değerlendirilmesi, bir çözümün uygulanması ve uygulamanın değerlendirilmesinin yürütülmesi	
		Deneyim raporu	B yazarların süreç madenciliği tekniklerini, sağlık alanında uygulamadaki kişisel deneyimleri	
AS1.2	Katkı türü	Yöntem	B yeni önerilen yöntem	Ç
		Araç	B yeni önerilen araç ve sağlık alanında gerçekleştirimi	
		Metrik	B yeni bir metriğin tanımı (benzerlik ya da uzaklık metriği)	
		Süreç	B süreç madenciliği teknikleri ile analiz adımlarının tanımlanması	
		Model	B sağlık sürecini veya verisini sunmak için yeni önerilen model	
		Deneyisel sonuçlar	B mevcut süreç madenciliği tekniklerinin, araçlarının ve metodolojilerinin kullanımı	
AS1.3	Uygulama bağlamı	Sağlık süreci	B çalışmanın, hastanenin organizasyonel süreci veya	Ç
		Klinik izlem	B tıbbi tedavi sürecine, ve tek bir bölüme, birden çok	
		Tekli bölüm	B bölüme, tek bir hastaneye ya da birden çok	
		Çoklu bölüm	B hastaneye ait sağlık verisi için uygulanması	
		Tekli hastane	B	
		Çoklu hastane	B	
AS1.4	Sağlık uzmanlığı	Onkoloji, ayakta tedavi kliniği, ameliyat, acil servis, nörolojik hastalıklar, kalp hastalıkları, radyoloji testleri, solunum hastalıkları, şeker hastalığı, ürolojik hastalıklar, diş sağlığı, yoğun bakım süreci, göz ve benzeri	M süreç madenciliğinin uygulandığı sağlık uzmanlığının adı	Ç
AS1.5	Süreç madenciliği faaliyet türü	Süreç keşfi	B olay günlüklerinden sürecin keşfedilmesi	Ç
		Süreç uygunluk kontrolü	B süreç modeli ile uygulamalarının uygunluğunun kontrolü	
		Süreç geliştirme	B olay verisine dayalı olarak sürecin geliştirilmesi: süreç modelinin genişletilmesi veya süreç modelinin kalitesinin iyileştirilmesi	
		Süreç varyasyon analizi	B süreç varyasyonlarının keşfi ve en sık izlenenlerin tespiti	
		Performans analizi	B darboğazların belirlenmesi için süreç performans analizi	
		Tahmini izleme	B gerçekleştirilmeye dayalı tahminler (ihlalleri tahmin etme) ve tavsiyeler (erken tavsiye verme)	
		Aykırı değer tespiti	B olay günlüklerinde yer alan anormal verileri tespit etme	
AS1.6	Süreç modelleme tipi	Sürecin manuel olarak tanımlanması	B modelleme gösterimi ile süreç modelinin manuel olarak tanımlanması	T
		Süreç madenciliği teknikleri kullanılarak otomatik olarak keşfedilmesi	B süreç madenciliği teknikleri ile otomatik olarak matematiksel süreç modelinin keşfedilmesi	
		Keşfedilen sürecin manuel olarak değiştirilmesi	B keşfedilen süreç modelinin manuel olarak değiştirilmesi veya düzeltilmesi	

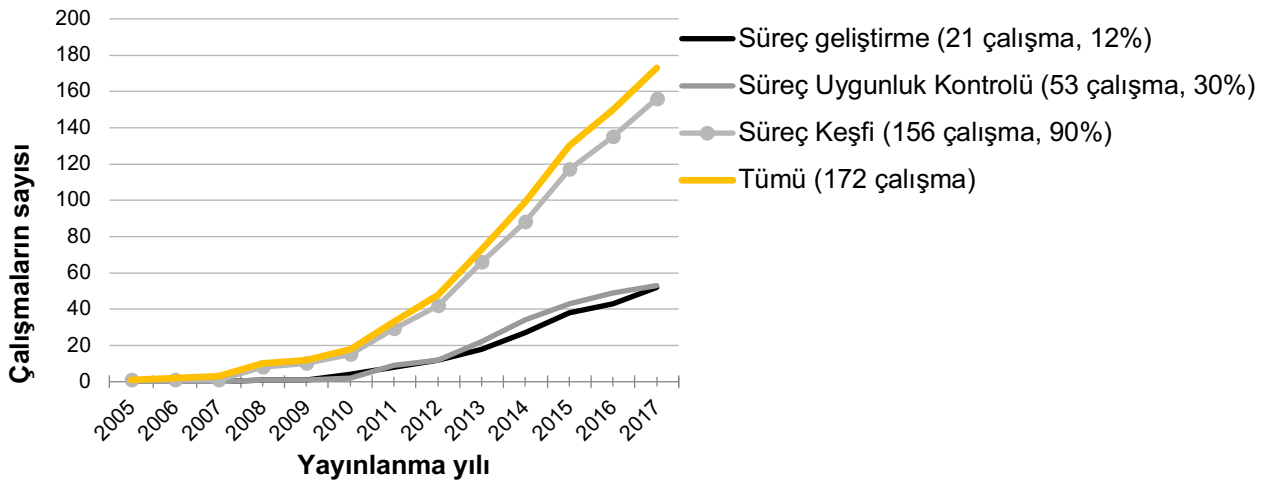
		Modelleme tipinin belirtilmemesi	B	süreç modelleme tipinin çalışmada yer almaması	
AS1.7	Modelleme gösterimi /dili	Sezgisel ağ, petri ağ, bildirim modeli, bulanık model, BPMN, akış grafiği, UML diyagramları, TPA ("timed parallel automaton"), bağımlılık çizgesi, karar ağacı, sosyal ağlar ve benzerleri.	M	süreç modelleme için kullanılan süreç modelleme dili /gösterimi	Ç
		Yeni önerilen gösterim	B	sağlık süreçlerini görselleştirme için yeni önerilen gösterim	Ç
AS1.8	a) Süreç keşfi teknikleri	Sezgisel madencilik, bulanık madencilik, alpha/alpha++ algoritması, tüme varımsal madencilik, sosyal ağ madenciliği, genetik süreç madenciliği, bildirim madenciliği, çoklu-faz madenciliği, kılavuz ağacı madenciliği, rol hiyerarşisi madenciliği ve benzeri.	M	süreç keşfi için kullanılan süreç madenciliği tekniklerinin isimleri	Ç
		Yeni önerilen teknik	B	süreç keşfi için önerilen yeni teknik	Ç
AS1.8	b) Uygunluk kontrolü teknikleri	Tekniğin belirtilmemesi	B	kullanılan tekniğin adının çalışmada yer almaması	T
		LTL denetleyicisi, iz hizalama, uygunluk kontrolü, delta analiz, günlüğün petri ağında yeniden yürütülmesi, bildirim kontrolü, CPN model kontrolü, bulanık animasyon	M	süreç uygunluk kontrolü için kullanılan süreç madenciliği tekniklerinin isimleri	Ç
		Yeni önerilen teknik	B	süreç uygunluk kontrolü için önerilen yeni teknik	Ç
AS1.8	c) Süreç geliştirme teknikleri	Tekniğin belirtilmemesi	B	kullanılan tekniğin adının çalışmada yer almaması	T
		Bildirim modeli onarımı, petri ağ ile performans analizi, simülasyon teknikleri, bildirim haritasının genişletilmesi	M	süreç geliştirme için kullanılan süreç madenciliği tekniklerinin isimleri	Ç
AS1.8	d) Diğer teknikler	Yeni önerilen teknik	B	süreç geliştirme için önerilen yeni teknik	
		Tekniğin belirtilmemesi	B	kullanılan tekniğin adının çalışmada yer almaması	T
AS1.8		Noktalı grafik, Petri ağ ile performans analiz, performans dizisi diyagramı, örüntü soyutlama	M	sağlık süreçlerinin ileri süreç madenciliği analizleri için kullanılmış diğer süreç madenciliği tekniklerinin adı	Ç
AS1.9	Kümeleme teknikleri	İz kümeleme, k-means kümeleme, yığınsal kümeleme, kendini düzenleyen haritalar, dizi kümeleme, hiyerarşik kümeleme, etkinlik kümeleme, sık örüntü madencilik	M	sağlık süreç verisi kümeleme için kullanılan kümeleme tekniği	Ç
		Yeni önerilen teknik	B	önerilen yeni kümeleme tekniği	
AS2	Eğilim ve demografik özellikler	Yıl	S	yıllara göre yayınlama yılı	
		Atıfların sayısı	S	çok atıf alan çalışmalar	T
		Yazarlar	M	alana en fazla katkıda bulunan yazarların sayısı	
		Yazarların ülkesi	M	yazarların ülkeleri	
		Buluşma yeri	M	çalışmaların yayınlandığı yerler (konferans, dergi vs.)	

* B=Mantıksal değer, S=Sayısal, M=Metinsel ; ** Ç=Çoklu değerler, T=Tek değer

3.1.2. Sistemik Haritalama Sonuçları

Sistemik haritalama kapsamında, sağlık süreçleri için bir süreç madenciliği uygulamasının çeşitli yönleri ile ilgili araştırma sorularına cevap aranmıştır. Sağlık hizmetlerinde süreç madenciliği çalışmalarının yıllık kümülatif yayın hacmi Şekil 3-2'de gösterilmektedir. İncelenen tüm çalışmaların 156'sı (%90) süreç keşfini, 53'ü (%30) süreç uygunluk kontrolünü ve 21'i (%12) süreç geliştirme faaliyetini gerçekleştirmiştir. Bir yayının birden fazla süreç madenciliği faaliyet türünü içerebileceği, aynı şekilde görülmektedir.

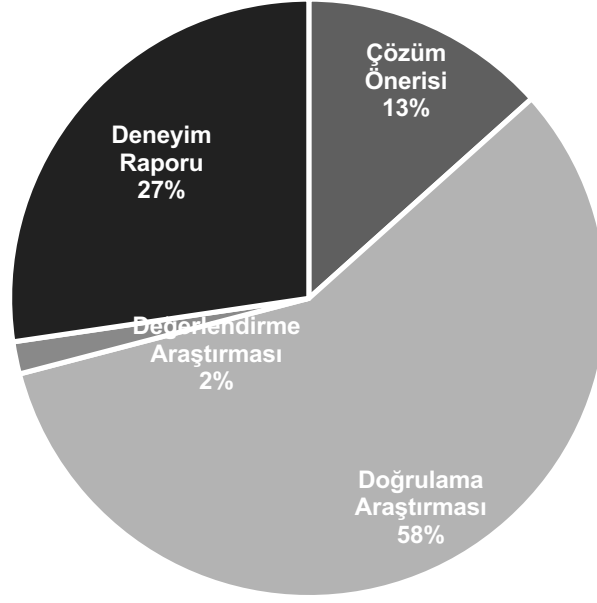
Çalışmaların artması, süreç madenciliği tekniklerine olan ilginin sağlık hizmetleri alanında gittikçe arttığını göstermektedir. Yayınların başlangıç yılı göz önüne alındığında ise sağlık hizmetleri alanındaki süreç madenciliği uygulamalarının nispeten kısa bir geçmişinin olduğu ve ilginin son birkaç yılda önemli ölçüde arttığı görülmektedir.



Şekil 3-2 Temel süreç madenciliği faaliyetlerinin yıllara göre dağılımı

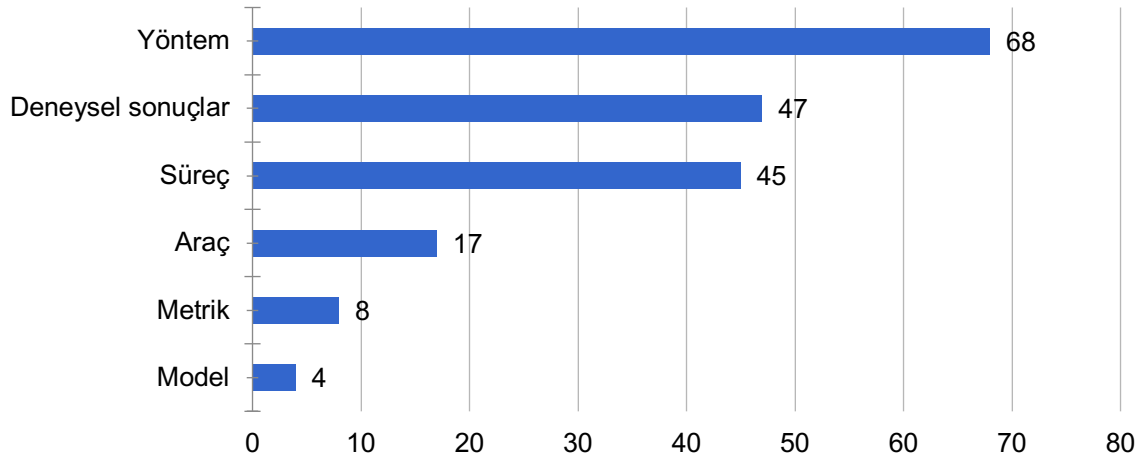
Sistemik haritalama ile belirlenen her bir AS ile ilgili bulgular aşağıda verilmiştir:

AS 1.1 (araştırma türü): Şekil 3-3'de gösterildiği üzere, çalışmaların yaklaşık %85'i doğrulama araştırması (%58) ve deneyim raporu (%27) türünden biridir. Bu türleri, %13 ile yeni bir çözüm önerisi takip etmiştir. Tüm çalışmaların sadece %2'si değerlendirme araştırması türündedir. Bu sonuç, araştırma ilgisinin deneysel olgunluğunu doğrulamakla birlikte, deneysel yöntemlerin değerlendirme için yeterince kullanılmadığını göstermektedir. Başka bir deyişle, daha güçlü doğrulama yaklaşımları ile çalışmaların tasarlanması ve yürütülmesi, alandaki araştırma ve uygulamanın olgunluğuna katkıda bulunacaktır.



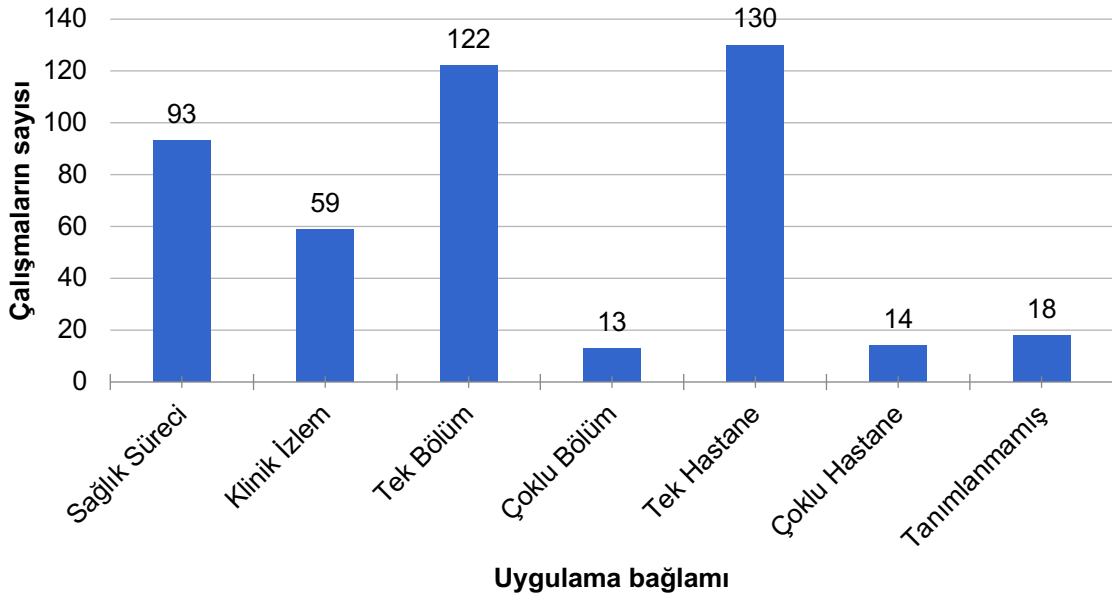
Şekil 3-3 Araştırma türüne göre çalışmaların dağılımı

AS 1.2 (katkı türü): Çalışmaların çoğunluğu (%40), yeni fakat zayıf bir şekilde doğrulanmış bir yöntem sunmuş, %27'si daha önce önerilen yöntemleri uygulayarak deney sonuçlarını rapor etmiş, %26'sı ise yeni bir analiz süreci önermiştir (Şekil 3-4). Bu durum, sağlık süreçleri için nispeten genç bir disiplin olarak süreç madenciliğine atfedilebilir. Doğrulama olmaksızın sadece çözüm önerileri bildiren çalışmaların (%14) oranı düşüktür, bu da rapor edilen çalışmaların kalitesi için olumlu bir gözlemdir. Yeni bir araç, model veya metrik ile katkıda bulunan çalışmalar daha az orana (%17) sahiptir ve alan bu katkı türleri için daha fazla araştırma ilgisine ihtiyaç duymaktadır.



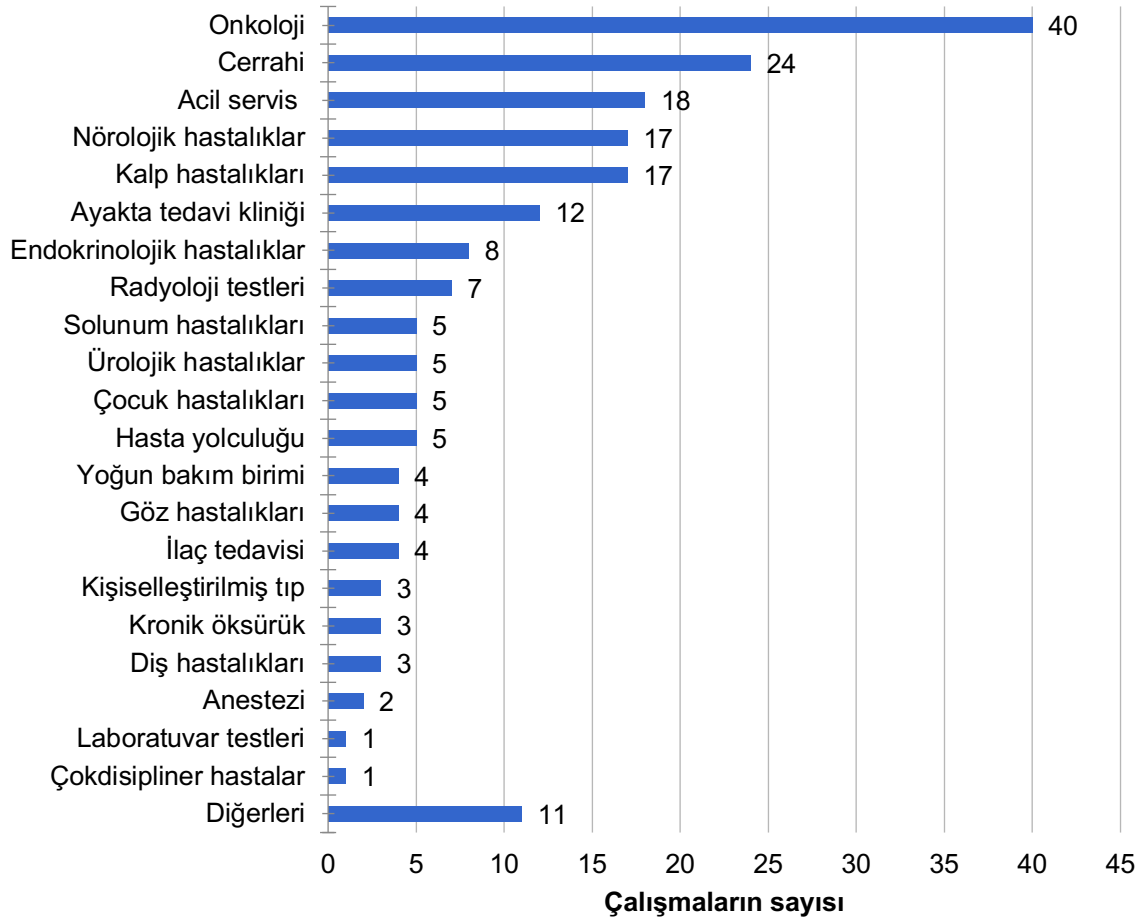
Şekil 3-4 Katkı türüne göre çalışmaların dağılımı

AS 1.3 (uygulama bağlamı): Şekil 3-5’de gösterildiği üzere en fazla analiz edilen uygulama bağlamı, tek bir hastanenin tek bir bölümündeki organizasyonel süreçler olan sağlık süreçleri (%61) olmuştur. Süreç madenciliğinin, daha büyük ölçeklerde uygulanmasında bir boşluk olduğu gözlemlenmiştir (örneğin Birden fazla klinik izlem için, birden fazla bölüm veya birden fazla hastanede). Ayrıca, sağlık hizmetleri için iş süreçleri yönetimi dahilinde, süreç madenciliği tekniklerinin yararlılığını daha iyi kanıtlamak adına çeşitli bağlamlarda uygunluk analizi ve süreç geliştirme faaliyetleri için çalışmaya ihtiyaç vardır.



Şekil 3-5 Uygulama bağlamına göre çalışmaların dağılımı

AS 1.4 (sağlık uzmanlığı): Şekil 3-6’daki süreç madenciliği uygulamaları, 21 sağlık uzmanlığında gerçekleştirilmiş olup bu durum, süreç madenciliğinin çok çeşitli klinik veri setlerine uygulanabileceğini göstermektedir. Bu uzmanlıklardan en çok analiz edilenler diğer ikincil çalışmalarla da bildirildiği üzere, onkoloji sürecidir [44], [46]. Bunu ameliyat süreci, acil servis süreçleri ve nörolojik hastalıklar izlemiştir.

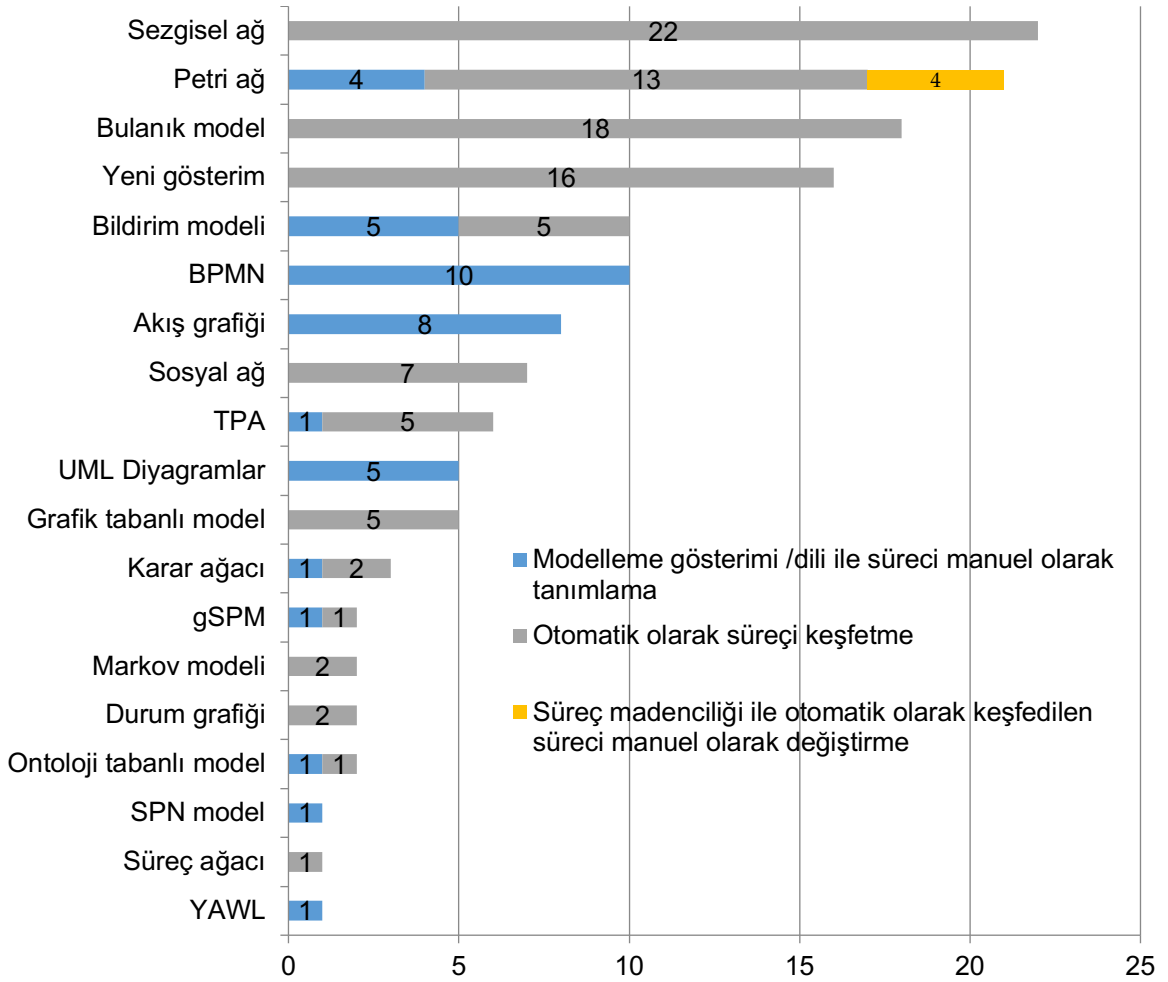


Şekil 3-6 Sağlık uzmanlığına göre çalışmaların dağılımı

AS 1.5 (süreç madenciliği faaliyet türü): Katkı ve araştırma türlerine göre farklı süreç madenciliği faaliyet türlerindeki çalışmaların çapraz analizi yapılmış ve Şekil 3-7’de gösterilmiştir. Süreç keşfinin (%90) en çok dile getirilen süreç madenciliği faaliyet türü olması ve süreç uygunluk analizi (%30), süreç varyasyon analizi (%30) veya süreç geliştirme (%12) çalışmalarının daha az olması, araştırma ve katkının olgunluğunun giderek azaldığını göstermiştir. Süreç keşfi, diğer faaliyet türleri için temel faaliyet türü olduğundan, bu durum anlaşılabilir bir durumdur, ancak gözlem, alanın sağlık süreçlerini iyileştirmek için uygunluk analizi veya süreç iyileştirme konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Süreç keşfi, uygunluk analizi, süreç iyileştirme ve tahmine dayalı izleme gibi farklı süreç madenciliği faaliyetleri için yeni önerilen birçok teknik olmuştur. Bu bulgular, alandaki araştırmaların, dinamik ve gelişmekte olan doğasını vurgulamaktadır.



Şekil 3-7 Süreç madenciliği faaliyet türlerinin, araştırma türü ve katkı türleri ile çapraz analizi



Şekil 3-8 Süreç modelleme tipi ve modelleme gösterimine göre çalışmaların dağılımı

AS 1.6 ve AS 1.7 (süreç modelleme türü ve modelleme gösterimi): Süreç madenciliği, gerçekleşen süreçlerin otomatik modellenmesini sağlar. Modelleme gösterimi, sağlık uzmanlığına göre farklılık göstermiştir. İncelenen çalışmalar arasında en sık kullanılan gösterimler sezgisel ağ (%13) [13], petri ağ (%12) [49] ve bulanık model (%10) [50] olmuştur (Şekil 3-8). Sağlık süreci modellemesi için manuel yöntemler açısından BPMN [51], akış grafiği ve UML diyagramları, gözden geçirilen çalışmaların %13'ü tarafından ele alınmıştır. Süreç modelleri, otomatik bir keşif işleminden sonra daha iyi temsiller elde etmek için manuel olarak de rafine edilebilir (örneğin [43], [52], [53]). Karmaşık yapıdaki sağlık sürecini etkileşimli, kullanılabilir ve anlaşılabilir şekilde temsil etmek için araştırmacılar (çalışmaların %9'unda) araç ve teknikler önererek yeni gösterimler sunmuşlardır.

AS 1.8 (süreç madenciliği tekniklerinin türü): Seçilen çalışmalarda kullanılan süreç madenciliğinin keşif teknikleri Çizelge 3-3'te özetlenmiştir. En yaygın kullanılan *süreç keşfi* teknikleri sezgisel madencilik [54], bulanık madencilik [50] ve Alpha madencilik [16] algoritmasıdır. Sezgisel madencilik algoritması, bağımlılık ölçüsünü dikkate alarak frekans ve nedensel bağımlılıkları dikkate alır. Olağanüstü davranışlardan soyutlanabilir ve bu nedenle birçok gerçek veri için kullanılabilir. Bulanık madencilik, nispeten daha yeni süreç keşfi algoritmalarından biridir ve süreç modelini istenen soyutlama düzeyinde etkileşimli olarak basitleştirmek için anlamlılık /korelasyon ölçümlerini kullanır. Disco aracının süreç keşfi algoritması, bulanık madencilik tekniğine dayanmaktadır. Bu aracı kullanarak araştırmacılar, dakikalar içinde ve pratik bir şekilde sağlık sürecine ait görsel haritalar oluşturabilir. Alpha algoritması, ilk ve en basit madencilik algoritmasıdır, keşfedilen modelden petri ağları oluşturur. Birçok teknik, bu petri ağ modellerini diğer süreç madenciliği faaliyetleri için girdi olarak kullanır. Bu üç teknik arasında, sezgisel madencilik ve bulanık madencilik, araştırmacılar tarafından daha çok tercih edilmektedir, çünkü bu teknikler gürültü ve istisnalarla daha iyi başa çıkmakta ve kullanıcıların davranış detaylarından ziyade ana süreç akışına odaklanmalarını sağlamaktadır.

Çizelge 3-3 Çalışmalarda kullanılan süreç keşfi teknikleri

Süreç Keşfi Teknikleri	Çalışmaların Sayısı	Çalışmalar
Yeni Önerilen Teknik	46	[9], [34], [63]–[72], [55], [73]–[82], [56], [83]–[92], [57], [93]–[98], [58]–[62]
Sezgisel Madencilik	39	[2], [22], [100]–[109], [40], [110]–[119], [43], [120]–[128], [52], [57], [63], [79], [84], [99]
Bulanık Madencilik	28	[22], [43], [125], [129]–[137], [52], [138]–[145], [61], [63], [96], [97], [100], [104], [119]
Alpha Algoritması	12	[40], [55], [147], [148], [57], [84], [104], [120], [121], [128], [136], [146]
Sosyal Ağ Madenciliği	10	[2], [103], [106], [107], [115], [116], [129], [149]–[151]
Genetik Süreç Madenciliği	7	[57], [84], [104], [107], [120], [121], [152]
Alpha++ Algoritması	6	[55], [57], [84], [120], [153], [154]
ILP (“Integer Linear Programming”) Madenciliği	4	[40], [63], [138], [155]
Bildirim Madenciliği	4	[30], [156]–[158]
Tümevarımsal Görsel madencilik	4	[63], [159]–[161]
İyileştirilmiş Bulanık Madencilik	2	[162], [163]
Kılavuz Ağacı Madenciliği	2	[162], [163]
Çoklu-faz Madenciliği	2	[113], [120]
Rol Hiyerarşi Madenciliği	2	[129], [132]

Uygunluk kontrolünde, modellenen ve gözlenen davranışlar arasındaki farklılıkları ölçmek için bir olay günlüğü ve bir model kullanılır. Bu sürecin amacı, en sık sapmaların, nedenlerinin, tahmin edilip edilemeyeceğinin, yanlışların model de mi olay günlüğünde mi olduğunun belirlenmesidir. Seçilen çalışmalarda kullanılan süreç uygunluk kontrolü teknikleri Çizelge 3-4’de özetlenmiştir. Süreç gerçekleştirimleri ve süreç modelleri arasındaki farklılıkları ölçmek için önerilen yeni birçok teknik sunulmuştur. En çok kullanılan uygunluk kontrolü teknikleri LTL denetleyicisi, iz hizalama ve uygunluk denetleyicisi eklentileri olmuştur. Kullanılan

tekniklerdeki çeşitlilik, uygunluk kontrolü için benimsenen standart bir teknik olmadığını göstermektedir.

Çizelge 3-4 Çalışmalarda kullanılan uygunluk kontrolü teknikleri

Süreç Uygunluk Kontrolü Teknikleri	Çalışmaların Sayısı	Çalışmalar
Yeni Önerilen Teknik	16	[55], [56], [114], [164]–[168], [60], [80]–[82], [87], [88], [111], [113]
LTL Denetleyicisi	7	[106], [110], [116], [153]–[155], [169]
Günlüğün Petri ağ ile yeniden yürütülmesi	5	[52], [101], [102], [127], [161]
Uygunluk Kontrolü	4	[43], [52], [115], [170]
İz Hizalama	4	[116], [162], [163], [171]
Delta Analizi	3	[22], [100], [105]
Bildirim Kontrolü	2	[30], [157]
CPN Model Kontrolü	1	[169]
Bulanık Animasyon	1	[119]

Süreç geliştirme için, modelin ek bilgi ile onarımı, zenginleştirilmesi veya genişletilmesi için bir olay günlüğü ve bir başlangıç modeli kullanılır. İncelenen makalelerde kullanılan süreç madenciliği geliştirme teknikleri Çizelge 3-5’de özetlenmiştir. Çoğu araştırmacı, süreç modelini geliştirmek için simülasyon tekniklerini kullanmış ya da yeni yöntem önermiştir. Süreç modelini genişletmek için zaman damgalarını (zaman bilgisi içeren genişletilmiş süreç haritalarına dayalı olarak) veya performansla ilgili bilgileri (petri ağı ile performans analizi) kullanmışlardır [158].

Çizelge 3-5 Çalışmalarda kullanılan süreç geliştirme teknikleri

Süreç İyileştirme Teknikleri	Çalışmaların Sayısı	Çalışmalar
Benzetim	5	[99], [100], [136], [165], [172]
Yeni Önerilen Teknik	3	[81], [88], [165]
Bildirim Onarımı	3	[30], [156], [157]
Petri Ağı ile Performans Analizi	2	[43], [115]
Tanımlanmamış	2	[53], [173]
Korrelasyonlar ile Bildirim Haritasının Genişletilmesi	1	[158]
Zaman Bilgisi ile Bildirim Haritasının Genişletilmesi	1	[158]

İncelenen literatürde sağlık hizmeti süreçlerini analiz etmek için kullanılan diğer süreç madenciliği teknikleri Çizelge 3-6'da özetlenmiştir. En çok kullanılan teknikler noktalı grafik ("dotted chart"), petri ağı ile performans analizi ("performance analysis with petri net") ve performans analizi için performans dizisi diyagramı ("performance sequence diagram") olmuştur. Noktalı grafik, her bir olayın bir nokta ile temsil edildiği ve üstten bir bakış görünümünü sağlayan bir veri görselleştirme tekniğidir [103]. Kullanımı ile süreç modelini oluşturmadan önce sürecin birçok ilginç görünümü sağlanabilir; çünkü olay verileri, kontrol akışından ziyade zamanlama ve kaynaklar gibi daha fazla bilgiye sahiptir. Petri ağ ile yapılan performans analizi, keşfedilen petri ağ süreç modelinden olay günlüklerinin tekrar yürütülmesidir [174]. Süreç değişkenlerini üretmek için performans dizisi diyagramı kullanılır [33].

Çizelge 3-6 Çalışmalarda kullanılan diğer süreç madenciliği teknikleri

Diğer Süreç Madenciliği Teknikleri	Çalışmaların Sayısı	Çalışmalar
Noktalı Grafik	8	[43], [53], [100], [101], [103], [105], [129], [172]
Petri Ağ ile Performans Analizi	4	[2], [104], [119], [122]
Performans Dizisi Diyagramı	4	[107]–[109], [121]
Örüntü Soyutlama	2	[129], [163]
Yeni Önerilen Teknik	2	[71], [175]
Petri Ağ ile Karmaşıklık Analizi	1	[102]
Zaman Damgası Tespiti	1	[52]

Özetlersek, sağlık hizmeti süreçlerinde temel süreç madenciliği faaliyetleri için en çok kullanılan teknikler aşağıda verilmiştir:

- Süreç keşfi için sezgisel madencilik (“heuristic mining”), bulanık madencilik (“fuzzy miner”) ve alpha madencilik (“alpha mining”) algoritmaları;
- Uygunluk kontrolü için LTL denetleyicisi (“LTL checker”), iz hizalama (“trace alignment”) ve uygunluk denetleyicisi (“conformance checker”) eklentileri;
- Süreç geliştirme için benzetim (“simulation”), deklare onarıcısı (“declare repair”) ve petri ağ performans analizi eklentisi (“performance analysis with petri net”);
- Noktalı grafik (“dotted chart”), petri ağı ile performans analizi (“performance analysis with petri net”) ve performans analizi için performans dizisi diyagramı (“performance sequence diagram”);
- Yukarıdakilere ek olarak, süreç keşfi ve uygunluk kontrolü için birçok yeni teknik önerilmiştir.

AS 1.9 (kümeleme teknikleri): Sağlık süreçleri için kümeleme algoritmaları giderek daha popüler hale gelmiştir [103], [124] ve analiz üzerindeki spagetti etkisini azaltmak için kullanılmıştır. Kümeleme, bir süreç madenciliği analizinin adımları arasında bir veri ön işleme tekniği olarak düşünülebilir.

Karmaşık ve büyük sağlık veri setleri, aykırı değerler filtrelenerek veya ana süreç tanımlanarak benzer alt kümelere ayrılır. Çizelge 3-7’de incelenen çalışmalarda sağlık hizmeti süreçleri için kullanılan veya benimsenen çeşitli kümeleme teknikleri sunulmuştur. En yaygın kullanılan teknikler iz kümeleme, k-means kümeleme ve hiyerarşik kümeleme olarak bulunmuştur. İz kümeleme, olay günlüklerini homojen alt kümelere ayırır ve her alt küme için bir süreç modeli oluşturur. Bu yaklaşım, k-means ve kendini organize eden haritalar (“self-organizing map clustering”) gibi çeşitli kümeleme algoritmalarını içeren bir eklentide gerçekleştirilmiştir ve çok sayıda çalışmada sağlık süreci verileri gibi karmaşık ve yapısal olmayan olay verileri için kullanılmıştır [124]. K-means, hiyerarşik kümeleme ve diğer algoritmalar, çeşitli araştırmacılar tarafından benimsenen bir veri madenciliği aracı olan WEKA’da mevcuttur. İncelenen çalışmalardan beşi [131], [138], [150], [176], [177] geliştirilen benzerlik veya uzaklık ölçümlerine dayanan yeni kümeleme algoritması önermişlerdir.

Çizelge 3-7 Çalışmalarda kullanılan kümeleme teknikleri

Kümeleme Teknikleri	Çalışmaların Sayısı	Çalışmalar
İz Hizalama	7	[99], [103], [112], [124], [129], [131], [135]
K-Means Kümeleme	5	[52], [99], [124], [136], [138]
Hiyerarşik Kümeleme	4	[66], [150], [177]–[179]
Yeni Önerilen Teknik	5	[131], [138], [150], [176], [177]
Yığınsal Kümeleme	3	[124], [135], [138]
Dizi Kümeleme	3	[2], [129], [180]
Sık Örüntü Kümeleme	3	[79], [112], [181]
Kendi Düzenleyen Haritalar	2	[103], [124]
Etkinlik Kümeleme	1	[129]
Model Kümeleme	1	[182]

3.1.3. Sağlık Süreçleri için Süreç Madenciliği Özellikleri ve Göstergeleri

Sistematik haritalama ile belirlenen tüm süreç madenciliği özellikleri kullanılarak ölçülen göstergeler, sağlık hizmetlerinde süreç madenciliği tekniklerini kullanan çalışmalarda rapor edilen kalitatif ve kantitatif faydalarına dayanarak toplanmış ve listelenmiştir. Göstergelerin listesi ve süreç madenciliği özellikleri ile ilişkisi Çizelge 3-8'de verilmiştir. Bu çizelge, ayrıca, durum çalışması yapmadan önce ve hastanenin kalite yönetim bölümü ile görüştüktan sonra belirlenen ve hastanede toplanarak takip edilen bazı anahtar performans göstergelerini de içermektedir.

3.1.4. Sağlık Süreçleri için Performans Değerlendirme

Sağlık süreçleri için performans analizi, süreçteki darboğazların tespiti ve performans göstergelerinin ölçülmesi ile yapılır. Ölçülen performans göstergeleri uygulama yapılan sağlık uzmanlığına göre değişirken bekleme zamanı, yayılma zamanı, hasta akış süresi gibi genel göstergeler olabilir. Bu göstergeler, sağlık uzmanına özel olarak isimlendirilebilir. Örneğin ameliyat süreci için hastanın ortalama yatış süresi göstergesi, acil servis süreci için konsültasyon süresi, test bekleme süresi gibi göstergeler ölçülerek ve analizi yapılabilir.

Sürecin performans sorunları olduğunda, performans analizi (darboğaz analizi) ile sürecin daha detaylı zamanlanmış davranışları anlaşılabilir. Zaman damgaları ve başlangıç ve bitiş gibi işlem bilgilerini içeren olay günlüklerini kullanarak darboğazlar ve nedenleri öğrenilebilir. Süreç modeli ile olay günlüğünün hizalanması ("alignment") sağlandıktan sonra, olay günlükleri yeniden yürütülerek ("replaying") her türlü istatistik (ortalama zaman, varyasyon), performans göstergesi, etkinlik süreleri, bekleme süreleri, süreç tamamlanma süreleri elde edilebilir.

Çizelge 3-8 Süreç madenciliği özellikleri ve göstergeleri

Süreç Madenciliği Özelliği	Göstergeler
Günlük ve Örüntü İnceleme	Toplam hasta /olay /etkinlik sayısı Ortalama hasta akış zamanı Sürecin başlangıç ve bitiş zamanı Veri özniteliklerinin sıklıkları/ göreceli sıklıkları Kaynak özniteliklerinin sıklıkları/ göreceli sıklıkları Toplam örüntü sayısı Her bir hastanın akış zamanı
Süreç Keşfi	Süreci başlatan ve bitiren etkinlikler Her bir yoldan /etkinlikten geçen hastaların sayısı ve kimlikleri Yeniden işlem ("rework") döngülerinin sayısı
Süreç Araştırması ve Süreç Geliştirme ve Süreç Karşılaştırma	Süreç varyasyonlarının sayısı Süreç modellerinin eşzamanlılık ("concurrency") ve döngüsellik ("cyclicity") değerleri Süreç modellerinin uyumluluk ("fitness"), kesinlik ("precision"), genellik ("generality") ve basitlik ("simplicity") değerleri
Süreç Varyasyon Analizi	Her bir varyasyonun yüzdesi Her bir varyasyonun izlemiş olduğu yol (etkinliklerin dizilimi) Her bir varyasyondaki hastaların kimlikleri Her bir varyasyonun ortalama akış zamanı
Uygunluk Kontrolü	Eşleşme oranı ("matching rate") Maliyete dayalı uyumluluk değeri ("cost-based fitness") Uyan ("fitting") /uymayan (non-fitting) yollar ve etkinlik dizilimleri Uyan ve uymayan yolları izlemiş olan hastaların kimlikleri
Karar Destek Analizi	Veri özniteliklerinin sıklıkları ve göreceli sıklıkları Karar noktalarının ("decision point") sayısı Olası her karar noktası için karar ağacı
Organizasyonel Analiz	Her bir kaynağın sıklığı ve göreceli sıklığı Görev devir ("handover work") sayısı Birlikte çalışma ("working together") sayısı Her bir kaynak için verimlilik değeri (örneğin ameliyat odası kullanımı)
Performans Analizi ve Performans Hedef Analizi	Sürecin toplam /ort. /min. /max. /std. zamanı Her bir yol için toplam /ort. /min. /max /std. zamanı Her bir etkinlik için toplam /ort. /min. /max/ std. zamanı Her bir etkinlik geçişi arasındaki toplam /ort. /min. /max /std. bekleme zamanı
Aykırı Değer Tespiti	Aykırı varyasyonların sayısı ve yüzdesi Her bir varyasyondaki aykırı hasta /olayların sayısı /yüzdesi

Süreç madenciliği ile sağlık süreçlerinin performans analizi çalışmalarında ProM aracının performans analizi eklentisi ve Disco aracının performans perspektifi özelliği kullanılmıştır. ProM aracının performans analizi eklentisini kullanan çalışmalarda [2], [103], [115], [122], etkinlikler ve etkinlik geçişleri arasında harcanan sürenin minimum, maksimum, ortalama değeri hesaplanarak performans analizi yapılmış ve süreçteki darboğazlar tespit edilmiştir. Noktalı grafik (“dotted chart”) yöntemi verinin performans karakteristiklerini gözlemleyebilmek için en çok kullanılan veri görselleştirme tekniği olmuştur [43], [53], [100], [103], [105]. Disco aracının performans perspektifi ve istatistik arayüzü, keşfedilen süreçteki her bir geçiş arasındaki toplam /ortalama /minimum /maksimum bekleme zamanını içeren performans metriklerinin analizi için kullanılmıştır [104], [127], [140].

Mans ve diğerleri [53], kanser hastaları için tanı ve tedavi arasındaki kabul edilebilir bekleme süreleriyle ilgili ulusal kılavuzun ihlal edildiğini tespit etmişlerdir. Senderovich ve diğerleri [165] ise planlanan ve gözlemlenen performans göstergelerini karşılaştırmıştır. Bunlar bekleme zamanı (“tardiness”), akış zamanı ve tamamlanma zamanıdır.

Ayrıca Basole ve diğerleri [183], seçilen hasta grupları için altı önemli performans metriğini tek bir sayfada gösteren bir pano sağlamayı önermiştir. Bu metrikler keskinlik (“acuity”), klinik solunum rekoru, son işlem seviyesi (“disposition”) (kabul, taburcu, yoğun bakım, ameliyathane, transfer), kalış süresi, toplam medikal etkinliklerinin sayısı ve toplam maliyetten oluşur. Ayrıca, bu performans göstergelerinin hasta grupları için karşılaştırması yapılabilmektedir.

Yoo ve diğerleri [105] konsültasyon süresi, test bekleme süresi, toplam bekleme süresinden oluşan anahtar performans göstergelerini ölçmeyi ve değişen hasta sayısına göre karşılaştırmayı sağlayan bir yol önermiş ve ayakta tedavi (“outpatient”) süreci ile doğrulamışlardır.

Caron ve diğerleri [184] süreçteki darboğazların tespiti, tedavi döngülerinin sayısı ve zamanı, aynı tanı için yapılan tedavilerin performans karşılaştırılması özelliklerini içeren bir klinik izlem analiz yöntemi önermiştir.

Rojas ve diğerleri [144], acil süreçleri için etkinlik zamanı ve etkinlikler arasındaki bekleme zamanını analiz eden, soru tabanlı bir süreç madenciliği metodolojisi önermiştir. Rojas ve diğerleri [185], acil süreçleri için “episode” zamanı ve “boarding”

zamanını ölçmüştür. “Episode” hastanın acile varışından triyajın sonlandırılması, “boarding” ise hasta yatışından teşhisinin yapılmasına kadarki geçen zamandır.

Cho ve diğerleri [100], çeşitli hastanelerin anahtar performans göstergelerini ölçmüş ve süreç örüntülerini gözlemlemiştir. Performans göstergeleri, hasta perspektifinde her hasta için olayların sıklığı ve ortalama yatış süresi, etkinlik perspektifinde her bir etkinliğin zamanı ve sıklığı, kaynak perspektifinde ise her bir kaynak tarafından gerçekleştirilen etkinliklerin sıklığı ve zamanı göstergelerinden oluşur.

Neumuth ve diğerleri [58], ayakta ve yatan ameliyat prosedürlerini karşılaştırarak operasyon ortalama zamanını, operasyonel etkinlikleri ve etkinlik dizilimlerinin performans zamanlarını ölçmüştür. Suriadi ve diğerleri [119], süreçte bazı önemli yapıtaşları arasında geçen etkinlik gerçekleşme zamanı ve bekleme zamanlarının ortalama ve standart sapmasını ölçmüşlerdir.

3.1.5. Sağlık Süreçlerine Yönelik Süreç Madenciliği Metodolojileri

Literatürde, sağlık süreçlerini iyileştirme için süreç madenciliği tekniklerinin kullanımını yönlendirmek adına önerilen metodolojilerin yer aldığı 12 çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalardan dördü [173], [184], [186], [187] metodoloji önerilerini doğrulamadan sunduklarından, uygulanabilirlik ya da yararlılık için deneysel kanıt içermemektedir. Soru-odaklı metodoloji [144], acil odalarının etkin kullanımını sağlamak adına sorulan soruları yanıtlamayı ve sağlık profesyonelleri için bir rehber sunmayı amaçlar. Veri çıkarımı, olay günlüğü oluşturma, filtreleme, veri analizi, süreç madenciliği aşaması ve sonuçların değerlendirilmesi olmak üzere altı aşamadan oluşur. Bir analiz rehberi, acil servis süreci veri referans modeli, acil servis süreci için sıkça sorulan sorulardan örnekler, metodolojinin önemli çıktıları arasındadır. Veri referans modeli ve soru odaklı filtrelemenin kullanılması, bu metodolojinin avantajlarıdır; ancak yinelemeli olarak soruların tanımlanması, cevaplanmasına veya soruların bir hedef doğrultusunda sorulması ve göstergelere göre cevaplanması gibi nicel olarak fayda sağlanması desteklenmemiştir. Soru odaklı veri filtreleme desteği için PALIA-ER [34] aracı, sadece süreç keşfi faaliyeti için geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Metodolojin diğer sağlık uzmanlıkları ve süreç madenciliği faaliyetleri için uygulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bazı çalışmalar [99], [100], [172], süreç madenciliği ve benzetimin, sırasıyla, olması gereken ve gerçekleşen uygulamaların tespiti ve değerlendirilmesi için

birleştirilmesini önermiştir. Yang ve diğerleri [179], hasta izlerini ve süreç önerilerini kümelemeye odaklanırken, Dagliati ve diğerleri [188], sık sağlık hizmeti akışlarını ve klinik veri zenginleşmesini öne çıkarmaktadır. Rovani ve diğerleri [30], günlük uygulama ile bildirimsel süreç modellerine dayanan klinik kılavuzlar arasındaki boşluğu ele alırken Fernández-Llatas ve diğerleri [81], PALIA ILS aracını uygulayarak süreç keşfi, uygunluk ve geliştirme için filtreleme seçenekleri ve algoritmalar geliştirmiştir.

3.1.6. Sağlık Süreçlerine Yönelik Süreç Madenciliği Araçları

Genel amaçlı süreç madenciliği araçlarına ek olarak, bir R kütüphanesi olarak sunulan pMineR [36], süreç madenciliğini özellikle tıbbi alanda uygulanacak şekilde tasarlanmıştır ve henüz süreç keşfi ve uygunluk kontrolü olmak üzere iki çeşit süreç madenciliği etkinliğini gerçekleştirmektedir.

PALIA-ER [34], acil servis alanıyla ilgili soru-odaklı süreç madenciliği analizi için tasarlanmış, web tabanlı bir süreç madenciliği aracıdır ve halihazırda sadece PALIA [57] algoritmasını kullanarak süreç keşfini içermektedir .

3.2. Genel Amaçlı Süreç Madenciliği Metodolojileri

Veri madenciliğinde, veri madenciliği projeleriyle organizasyonları desteklemek adına metodolojiler oluşturulmuştur [189]. Bu metodolojilerin amacı, zaman ve maliyet tasarrufu sağlamak için veri madenciliği türündeki projelerin planlanması ve yürütülmesine rehberlik etmektir. Yaygın olarak kullanılan metodolojiler: CRISP-DM ("Cross Industry Standard Process Model for Data Mining"), SEMMA ("Sample, Explore, Modify, Model, and Assess") ve KDD ("Knowledge Discovery in Databases")'dir [190]. Bu metodolojiler süreç madenciliği projeleri için üst düzey ve çok az seviyede rehberlik desteği sağlar ve süreç madenciliği projelerine özel olarak tasarlanmamıştır [13]. Veri madenciliği ile süreç madenciliği metodolojileri arasındaki temel fark, analiz aşamasında ortaya çıkar. Süreç madenciliği, tüm süreci ana hedefler olan süreç keşfi, uygunluk kontrolü ve süreç geliştirme ile ilgili olaylar açısından ele alırken veri madenciliği projeleri veri istatistiklerini, şüpheli olmayan korelasyonları bulmak amacıyla analiz etmektedir.

Yaptığımız literatür taraması ile dört adet genel amaçlı süreç madenciliği metodolojisi belirlenmiştir: "Process Diagnostic Method" (PDM) [191] ki bu aynı zamanda sağlık alanına da genişletilmiştir [2]; "L* Life Cycle Model"

[13]; "PM2: Process Mining Project Methodology" [192]; ve "Business Process Comparison Methodology" (BPC) [193].

Bozkaya ve diğeri [191], PDM'de, süreç hakkında geniş bir bakış açısı elde etmeyi amaçlamış ve kontrol akış analizi, performans ve organizasyonel süreçlerin çeşitli perspektifleri üzerinde süreç madenciliği uygulamalarına odaklanmıştır. Bu metodoloji günlük hazırlığı, günlük inceleme, kontrol akış analizi, performans analizi, rol analizi ve transfer sonuçları olmak üzere altı adımdan oluşur. Gerçek süreç tanımı, sistem performansı ve sürecin katılımcıları, yöntemin temel sonuçları arasındadır. Alan bilgisi olmaksızın, sınırlı süreç madenciliği teknikleri kullanılarak kısa sürede gerçek süreç elde edilir. Bu yüzden kapsamı sınırlıdır.

Rebuge ve diğeri [194] PDM metodolojisini, sıralı dizi kümelemesi ("sequence clustering") adını ekleyerek genişletmiş ve acil servis sürecine uygulamıştır. Bu metodolojilerin etkileri ve sağlık hizmetlerinin doğası gereği, birçok çalışmada süreç madenciliği teknikleri uygulanmadan önce veri ön işleme tekniklerinin uygulanması önerilmiştir.

L* yaşam döngüsü modeli [13], yüksek düzeyde yapılandırılmış süreçleri geliştirmek için tasarlanmıştır. Rafine edilmiş süreç madenciliği çerçevesinin ("refined process mining framework") [13] örneklendirilmiş modelidir ve veri madenciliği ve iş iyileştirme ("business improvement") bağlamında mevcut yaşam döngüsü modelleri ile ilişkilendirilmiştir. Yapısal bir sürecin analizini yapan bir süreç madenciliği projesinin yaşam döngüsü: 1) plan ve gereçlendirme, 2) özütleme, 3) kontrol akış modeli oluşturma ve olay günlüğüne bağlama ve 4) entegre model oluşturma olmak üzere dört aşamada tanımlanmıştır. Soru odaklı ve hedef odaklı olmak üzere iki tür süreç madenciliği projesi önerilmiştir. Bu projeler ile geniş sayıda somut süreç madenciliği etkinliklerini uygulamak, süreç madenciliği eserlerini ve entegre edilmiş bir süreç modeli üretmek hedeflenmiştir. Tüm adımlar, yapısal bir süreç üzerinde çeşitli süreç madenciliği teknikleri kullanılarak ve bir süreç modelinin entegrasyonu ile uygulanabilir. Bu model, dört hastanenin acil sürecinin karşılaştırılması [119] ve cilt kanseri tedavisi için EBMC2 [117] modeli bağlamında kullanılmıştır.

PM2, her bir süreç madenciliği projesi için önerilmiş bir metodolojidir ve süreç performansını ve sürecin kural ve yönetmeliklere uyumunu iyileştirmeyi

amaçlamaktadır. Süreç madenciliği uygulamalarının ve veri analizi tekniklerinin tekrarlı analizine odaklanır. Planlama, veri çıkarımı, veri ön işleme, madencilik ve analiz, değerlendirme ve süreç iyileştirme ve operasyonel destek aşamalarından oluşur. Soru odaklı süreç madenciliği projesini benimsemiştir. Performans ve uyumluluk bulguları, soruların cevapları, iyileştirme fikirleri ve süreç madenciliği eklentileri ve tekniklerinin örnekleri, metodolojinin çıktılarıdır. Bir süreç madenciliği projesinin gerçekleştirilmesi için rehberlik edilerek, sorular cevaplanır. Hem yapılandırılmış hem de yapılandırılmamış süreçler için, tekrarlar halinde evrimleşen içgörüler analiz edilir ve mevcut en iyi uygulamalar dikkate alınır. Sorular yinelemeli olarak yeniden tanımlanabilir ve cevaplanabilir. PM2 uygulaması, etkileşimli ve yinelemeli analiz desteği için bir araca ihtiyaç duyar ve henüz sağlık verisi için uygulanmamıştır. PM2, reklamcılık [195] ve SCAMPI değerlendirmesi [196] için kullanılmıştır.

“Business Process Comparison” (BPC) metodolojisi [193] ise, iş süreci ve süreç değişkenlerinin karşılaştırılmasına odaklanmıştır. Veri ön işleme, kapsam belirleme analizi, keşif/çapraz karşılaştırma ve kümeleme, derinlemesine karşılaştırma, yorumlama/doğrulama olmak üzere beş aşamada, birden çok perspektifte süreç madenciliği uygulanmıştır. Bu metodoloji ile iş süreci ve varyasyonlar arasındaki farklar incelenir ve bir karşılaştırma farklılıkları tablosu sunulur [197]. BPC metodolojisi birden fazla iş sürecini analiz etmeyi destekler ve soruları yanıtlamak için alt günlükleri kullanır. Bu metodoloji temel olarak süreç karşılaştırmaya odaklandığından kullanım alanı sınırlıdır.

3.3. Araştırma Açığı ve Tezin Katkısı

Sağlık süreçleri alanındaki süreç madenciliği tekniklerinin uygulanabilirliği ve kullanılabilirliği ile ilgili kanıtların yanı sıra ele alınması gereken temel zorluklar, sağlık verisi ve süreç madenciliği teknikleri ile ilişkilidir. Sağlık süreci verisi karmaşık, değişken, dinamik ve çok disiplinli yapıya sahiptir. Süreç madenciliği teknikleri dağıtık yapıda tanımlanmıştır ve çok sayıda teknik ve araç vardır. Tespit edilen gözlemlerin ve zorlukların birçoğu, önceki ikincil araştırmalarda bildirilen bulgularla paraleldir [14], [41], [44], [120], [198].

Çizelge 3-9, bölüm 3.1.5 ve 3.2’de bahsedilen sağlık süreçlerini analiz etmek için ele alınması gereken süreç madenciliği özelliklerini ve mevcut metodolojilerin

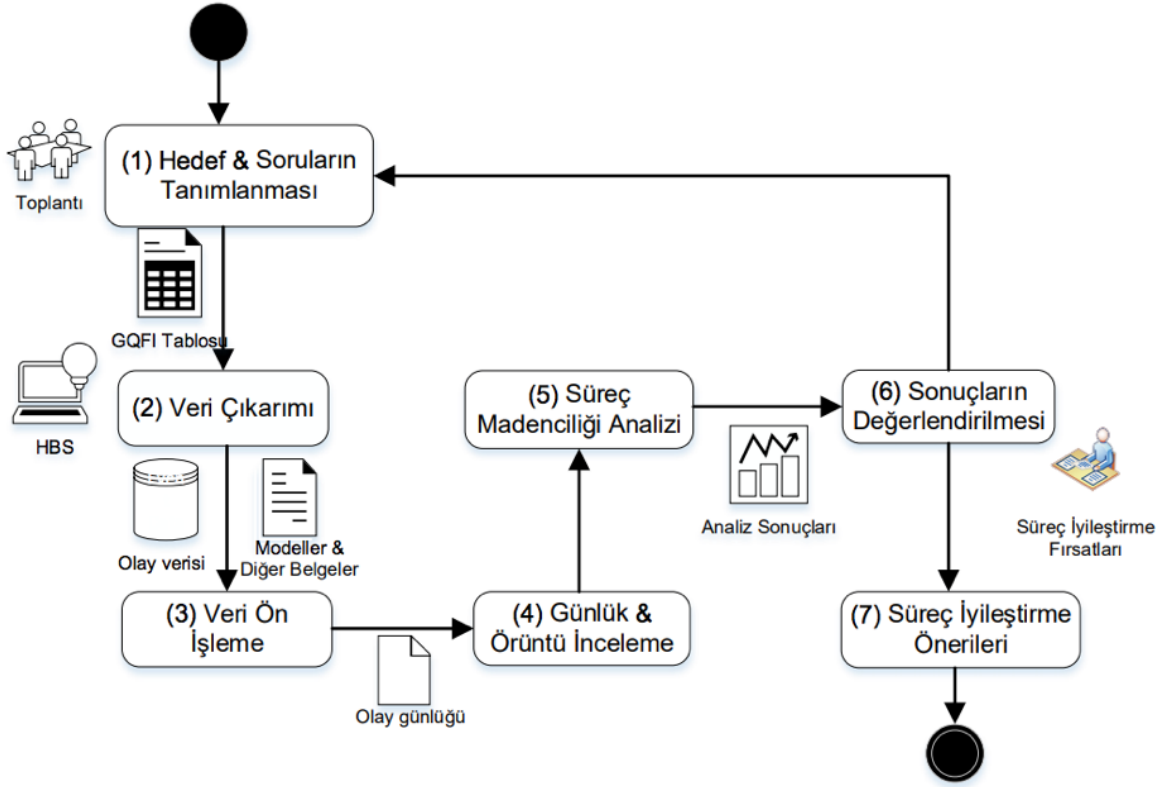
ilişkinini sunmaktadır. Her metodolojinin katkısı, bu çalışmada önerilen yönteme kıyasla, bir sağlık süreç madenciliği projesinde kullanılması muhtemel süreç madenciliği özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Bu çizelgedeki bilgiler, sağlık hizmetlerine özgü süreçlerin yönetimini sağlayacak, amaca yönelik ve derinlemesine operasyonel rehberlik için geniş kapsamlı bir metodolojiye duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bu tez çalışmasında önerilen yöntem, bu boşluğu doldurmak amacıyla geliştirilmiştir. Önerilen yöntem, sağlık hizmeti süreçleri gibi yapısal olmayan süreçler için geliştirilmiştir ve ileri düzey süreç madenciliği teknikleri, genişletilmiş veri ön işlem adımları, veri görselleştirme teknikleri, süreç keşfi araştırması (“process exploration”) ve aykırı durum tespiti gibi pratikleri içeren dağıtık yapıdaki bir süreç madenciliği projesine rehberlik etmeyi hedefler. Bu projenin özelliklerini gerçekleştirmek için uygulama amacına göre önceden tanımlanan senaryolar işletilir. Proje hedeflerinin gerçekleştirilmesi için performans odaklı sorular sorulur. Süreçte neler olup bittiğine dair somut veriler elde edilir. Göstergeler, her bir süreç madenciliği özelliğinin uygulanması ile ölçülür. Sorular, temel performans göstergeleri bağlamında cevaplanır ve iyileştirilmeler bu göstergeler cinsinden yapılır.

Çizelge 3-9 Süreç madenciliği özellikleri ile süreç madenciliği metodolojileri

Süreç Madenciliği Özellikleri ve Metodolojiler	PDM	L* Life Cycle Model	PM2 Projesi	BPC	Soru Odaklı Metodoloji	Bildirimsel Süreç Madenciliği	Önerilen Yöntem
Hedeflerin Tanımlanması		✓	✓				✓
Soruların Tanımlanması		✓	✓		✓		✓
Göstergelerin Tanımlanması							✓
Süreç Modelinin Tasarlanması		✓				✓	✓
Veri Çıkarımı	✓	✓	✓		✓		✓
Veri Ön İşleme	✓		✓	✓	✓		✓
Veri Modelleme							✓
Veri Soyutlama			✓				✓
Veri Filtreleme			✓		✓		✓
Veri Görselleştirme			✓		✓		✓
Kümeleme				✓			✓
Günlük ve Örüntü İnceleme	✓		✓		✓		✓
Süreç Keşfi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Süreç Keşfi Araştırması		✓				✓	✓
Süreç Varyasyon Analizi				✓			✓
Uygunluk Kontrolü	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Süreç Geliştirme		✓	✓			✓	✓
Karar Destek Analizi							✓
Organizasyonel Analiz	✓	✓			✓		✓
Performans Analizi			✓		✓		✓
Performans Hedef Analizi							✓
Süreç Karşılaştırma				✓			✓
Süreç İyileştirme		✓	✓			✓	✓

4. HEDEFİ DAYALI PERFORMANS DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Bu bölüm, sağlık süreçlerini iyileştirmek için süreç madenciliğine dayalı ve hedefe yönelik süreç performans değerlendirme yöntemini açıklamaktadır. Önerilen yöntem, rafine edilmiş süreç madenciliği çerçevesine (“refined process mining framework”), süreç madenciliği projeleri için önerilen kılavuz ve metodolojilere dayanmaktadır [13], [192]. Yöntemin oluşturulmasında, hedef ve soru odaklı süreç madenciliği projeleri [13] benimsenmiştir. Yöntem ile süreç madenciliği alanında uzman olmayanlar için, yapısal olmayan süreçlerde süreç madenciliğinin kullanılabilirliğini ve anlaşılabilirliğini artırmak amacıyla bir süreç madenciliği projesinin temel aşamaları detaylandırılır. Yöntemin ana adımları, Şekil 4-1’de gösterilmiştir.



Şekil 4-1 Önerilen yöntemin adımları

Yöntemde benimsenen süreç madenciliği metodolojisinde, verileri daha küçük veri kümelerine bölerek ve belirli özelliklere odaklanarak, süreci basit bir şekilde sunmanın yolları araştırılır. Yöntem, çok sayıda sağlık süreci verisi ile ilgilenmekte ve süreçle ilgili neler olup bittiğine dair değerli bilgileri, aşağıdaki gibi elde etmektedir:

1. Projenin kapsamını ve hedeflerini tanımlamak ve cevaplanacak soruları belirlemek, yöntemin ilk adımını oluşturur. Daha sonra, GQFI tablosu, hiyerarşik bir yapıya sahip Hedef-Soru-Metrik (GQM) [37] çerçevesinin izlenmesiyle oluşturulur.
2. Hastalar ile ilişkili olay verileri hastane bilgi sisteminden (HBS) elde edilir.
3. Olay verileri olay günlükleri olarak biçimlendirilir, soyutlanır, filtrelenir veya kümelenir. Bu ön işlem adımları, sağlık hizmeti süreçleri için gereklidir [2].
4. Olay günlükleri, günlük ve örüntü inceleme teknikleri ile görselleştirilir ve veri setinin özelliklerini tam olarak anlamak amacıyla sürecin geniş bir genel görünümü, kısa bir sürede elde edilir.
5. GQFI tablosu izlenerek her bir soruyu cevaplamak için süreç madenciliği özellikleri uygulanır ve ilişkili göstergeler ölçülür ve sorular cevaplanır.
6. Soruların cevapları ile göstergelerin değerleri ve dağılımları değerlendirilir; süreçte aksayan yönler tespit edilir.
7. Değerlendirme bulguları, süreç iyileştirme için öneriler oluşturmak amacıyla kullanılır. Süreçteki darboğaz, uygunsuzluk ve farklılaşmalara dayanarak süreç iyileştirme önerileri tanımlanır.

Büyük sağlık hizmeti verisi ile ilgilenirken birçok süreç madenciliği teknik ve faaliyetlerinin mevcut olduğu dikkate alındığında, süreç madenciliği faaliyetlerinin yürütülmesi ile önerilen yöntemin adımları ve görevleri dağıtık olarak ele alınmak zorundadır. Yöntemdeki bazı görevler mevcut süreç madenciliği araçlarıyla desteklenirken, tüm görevlerin tek bir süreç madenciliği aracı kullanılarak gerçekleştirilmesi henüz mümkün değildir. İzleyen alt bölümlerde yöntemin adımları daha detaylı olarak açıklanmaktadır.

4.1. Hedef ve Soruların Tanımlanması

Yöntemin ilk adımının amacı alan uzmanlarından, son kullanıcılardan, müşterilerden veya yönetimden elde edilen alan bilgisini kullanmaktır. Çünkü alan bilgisinin süreç iyileştirmeye faydası olacağı, kabul gören bir anlayıştır. Alan bilgisi süreç performans analizini yönlendirmek üzere; proje kapsamını, proje hedeflerini ve bu hedeflerle ilgili soruları tanımlamak için kullanılır. Bir projenin kapsamı; sürecin ne olduğunu, ne zaman başladığını ve nerede bittiğini, hangi süreç ve hastalar için uygulandığını ihtiva eder. Bir projenin hedefleri; zaman, maliyet, risk, kalite vb. ile ilgili anahtar performans göstergelerinin iyileştirilmesi ile ilgilidir. Sağlık süreçlerini

iyileştirme; ortalama ameliyat süresini, hasta bekleme süresini, hizmet yanıt süresini ve hizmet maliyetini en aza indirme veya hizmet düzeyini (örneğin tedavi edilen hastaların yüzdesi) en üst düzeye çıkarma gibi tipik örneklerle ilişkilidir.

Proje hedeflerini değerlendirmek için, bir dizi somut veri ve performansa dayalı sorular kullanılır. Sorular, göstergeler cinsinden cevaplanır. Göstergelerin değerlerine göre proje hedefine ulaşıp ulaşılamadığı nicel olarak elde edilir. Her bir sorunun cevaplanması bir operasyonel senaryo bağlamında gerçekleşir. Her bir soru için bir ya da daha fazla süreç madenciliği özelliği kullanılır ve her bir soru ile ilgili performans göstergesi ölçülür. Bu amaçla, her bir soru ile ilişkili göstergeler, nicel cevaplar sağlamak için, her bir soruyu yanıtlamada kullanılacak süreç madenciliği özelliklerinin ölçülebileceği göstergeler arasından seçilir. Diğer bir deyişle, süreç madenciliği özellikleri, sorular ve göstergeler arasında bir köprü görevini üstlenir. Bu köprü, süreç madenciliği projesindeki paydaşların ihtiyaçlarına göre uyarlanabilir. Her bir soruyu, ölçülen göstergeler açısından cevaplamak için, hangi süreç madenciliği özellik ya da özelliklerinin uygulanacağını belirten GQFI tablosu, bu adımın önemli bir çıktısıdır ve Çizelge 4-1'de şablonu verilmiştir. Bu çizelge ayrıca, her bir sorunun bir operasyonel senaryo çerçevesinde cevaplanabilmesini de mümkün kılarak, süreç madenciliği uygulayıcısına kılavuzluk eder. Örneğin soru 1 için iki adet süreç madenciliği özelliği işletilerek beş adet gösterge bir operasyonel senaryo bağlamında hesaplanır.

Çizelge 4-1 Hedef-soru-özellik-gösterge (GQFI) tablosu örnek şablonu

Hedef 1		
Soru 1	Süreç Madenciliği Özelliği 1	Gösterge 1
		Gösterge 2
		Gösterge 3
		...
	Süreç Madenciliği Özelliği 2	Gösterge 4
		Gösterge 5
Soru 2	Süreç Madenciliği Özelliği 3	Gösterge 6
	Süreç Madenciliği Özelliği 2	Gösterge 4
Soru 3	Süreç Madenciliği Özelliği 3	Gösterge 6

4.2. Veri Çıkarımı

Bu adımda, süreç kapsamında hastanın gerçekleştirdiği etkinliklerle ilişkili olay verileri elde edilir. Sağlık verisi, süreç merkezli olmaktan çok, nesnel merkezli olan farklı veri kaynaklarında dağıtık bir şekilde yer alabilir ve farklı düzeylerde,

tamamlanmamış ve aykırı veriler içerebilir [199]. Bir sağlık verisini süreç madenciliği teknikleri ile analiz etmek için en az üç temel veri niteliği gereklidir ve bunlar; hastanın biricik kimlik değeri, etkinlikler hakkında bilgi ve bu etkinliklere ait zaman bilgisidir. Sağlık süreci için hastaya uygulanan tedaviler, teşhis veya operasyonlar, birer etkinliktir. Zaman bilgisi, bu etkinliklerin gerçekleşme sıralarını ve sürelerini gösterir. Kaynak ve işlemlerle ilgili diğer veri nitelikleri de süreç madenciliği teknikleri için kullanılabilir. Kaynak verileri, sağlık süreçleri için doktor, hemşire gibi tıbbi personeller, muayene ve operasyon odaları, bölüm veya servis gibi değerler olabilirken veri nitelikleri, hasta ile ilgili demografik özellikler (yaş, cinsiyet vb.) veya teşhis, tedavi ve ameliyatın isimleri gibi değerleri içerebilir.

Ayrıca süreç uygunluk kontrolü için eğer mevcut ise süreç modelleri temin edilir veya tasarlanır. Manuel olarak tasarlanmış bir süreç modeli paydaşlar (örneğin alan uzmanları, son kullanıcılar, müşteriler veya yönetim) ile görüşülerek kurulmuştur. Bu bağlamda veri referans modelleri, sağlık süreç yönetimi için hastanenin benimsediği klinik kılavuz, izlem ya da protokoller, geri bildirim metrikleri, anahtar performans göstergeler ve ölçüm sonuçları toplanır.

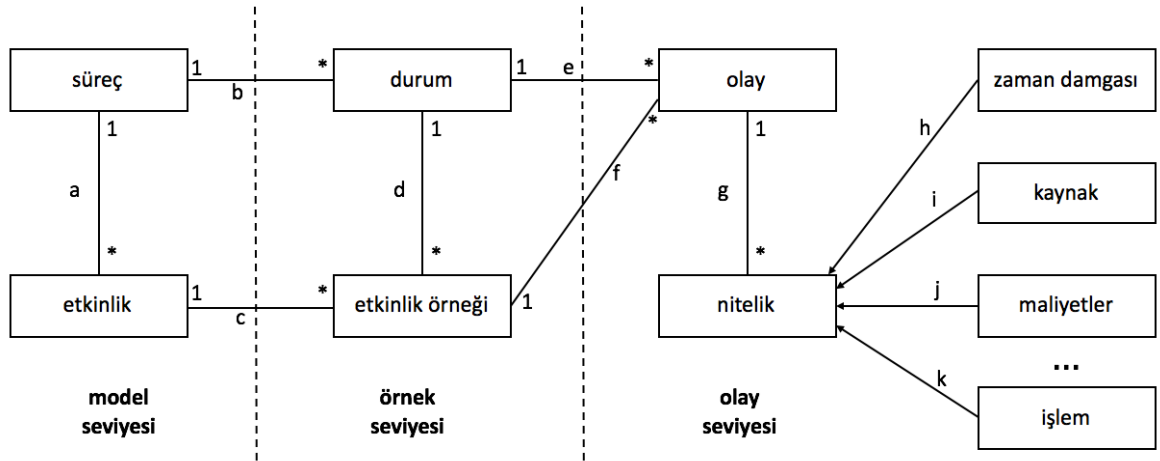
Bu aşamanın çıktıları; veri referans modelleri, manuel süreç modelleri, geri bildirim metrikleri, anahtar performans göstergeleri (hastanenin kalite yönetim bölümü tarafından toplanan veya ölçülen), diğer belgeler ve hastane bilgi sisteminden elde edilmiş olay veri kümesidir.

4.3. Veri Ön İşleme

Mans ve diğerleri [200], sağlık süreçlerinde toplam 27 veri kalitesi sorunu (örneğin eksik, yanlış, kesin olmayan ve ilgisiz veriler) tanımlamışlardır. Bu sorunları çözmek ve anlamlı sonuçlar sağlamak için, elde edilen olay verilerinin farklı düzeylerde biçimlendirilmesi, filtrelenmesi, temizlenmesi, soyutlanması veya kümelenmesi gerekir. Ayrıca, ileri süreç madenciliği analizleri için olay verilerinin pre-mortem ve post-mortem olay günlüğüne ayrılması gerekir.

Bir sorgu sonucunda elde edilen olay verileri, süreç madenciliği tekniklerini uygulamak için olay günlükleri şeklinde ifade edilmeli ve bu olay günlükleri süreç modeli ile ilişkilendirilmelidir. Olay-nesne modeli ("event-object model") sürecin, etkinliklerin, vakaların, etkinlik örneklerinin, olayların, olay özelliklerinin (örneğin zaman damgaları, kaynaklar, maliyet ve işlemler); model, örnek ve olay

seviyelerindeki ilişkilerini içerir [13] (Şekil 4-2). Bir olay her zaman tam olarak bir vakaya aittir, bir vaka daha fazla olaydan oluşabilir ve bir vaka bir sürece aittir. Ve bir süreç elbette birden çok vakaya sahip olabilir. Olay nesnesinin, özellikleri vardır; bir etkinliğe atıfta bulunur, ancak zaman damgaları, kaynaklar, maliyetler, işlem bilgileri vb. başka özelliklere de sahiptir. Zaman damgaları, olayların sıralanması ve performans analizi için çok önemlidir. Kaynaklar, belirli bir etkinliği yürütmek için gerekli olan kişilere, kuruluşlara, makinelere atıfta bulunur. Onlar da kaynak analizi için çok önemlidir.



Şekil 4-2 Olay-nesne modeli [13]

Olay verisi, olay-nesne modeline göre yeniden biçimlendirildiğinde olay günlüğü olarak adlandırılır. Olay günlüklerinin analizi süreç keşfi, uygunluk kontrolü ve süreç geliştirme amacıyla kullanılabilir.

Hedef-soru-özellik-gösterge hiyerarşisinde yönetilen bir süreç madenciliği projesinde bir hedef ile ilişkili bir soru, soruyla ilişkili olay günlüğü filtrelenerek cevaplanır. *Veri filtreleme* özelliği; süreç varyasyonlarını izleyen olay günlüklerini (örneğin en sık izlenen yolları filtreleme), belirli bir niteliği filtreleme, bir etkinliği veya yolu geçen olay günlüklerini filtreleme gibi seçenekler için kullanılabilir. Filtreleme, keşfedilen süreç modelinin karmaşıklığını ve spagetti etkisini azaltmaya yardımcı olur. Verileri zaman aralığına göre filtrelediğimizde, bir performans hedefi belirlenebilir (örneğin 21 gün) ve hedef değeri karşılamayan vakalar incelenebilir. En sık izlenen süreç varyasyonuna ait olay günlüklerinin, hangi bölüm veya hastalara ait olduğu incelenebilir. Bu özellik süreç madenciliği projesi boyunca yinelemeli olabilir. *Veri soyutlama* özelliği, sağlık verisindeki farklı seviyedeki

etkinlikleri (ameliyat ve laboratuvar testleri gibi) birleştirip tek bir değer atayarak özelleştirebilir. Böylece dağıtık ve karmaşık yapıdaki sağlık verisinin yönetimi daha kolay hale gelir. Örneğin, ameliyat süreci verisinde, ameliyat öncesi laboratuvar testlerinin hepsini laboratuvar test etkinliği olarak birleştirme ile farklı seviyedeki olay günlükleri soyutlanır. *Veri kümeleme* ise yeni bir bakış açısı kazandırmak amacıyla olay verilerini analiz etmek için kullanılabilir. Farklı perspektiflerden kümeleme (izleme kümelemesi, faaliyet kümelemesi, dizi kümelemesi vb.) yoluyla, süreç keşfi daha az karmaşık, anlaşılır ve amaca yönelik olarak gerçekleştirilebilir. Bir veri kümesinin belirli özellikleri; etkinliklerin alt kümeleri, hastalar veya takip edilen yollara odaklanarak kümelenebilir.

Bu aşamanın çıktıları, ön işlem yapılmış pre-mortem ve post-mortem olay günlükleridir. Her bir soru için gerekli olay günlüğü filtrelenerek, soyutlanarak veya kümelenecek hazırlanır.

4.4. Günlük ve Örüntü İnceleme

Günlük ve örüntü incelemesi adımı, olay günlüğü ve örüntülerin özetini oluşturmak için, olay günlüğünün ilk izlenimini ve genel istatistiklerini elde etmeyi ifade eder. Diğer adımların amaçları doğrultusunda yinelenebilir. Süreç modeli oluşturmaya başlamadan önce etkinlik verilerini keşfetmek için kullanılır ve çoğu zaman ilgi çekici ve ilginç bilgiler ortaya çıkarır.

Bu inceleme; hasta ve olay sayısı, olaylar, olayların süresi, örüntülerin izlediği yollar, kaynaklar, olayların geçme sıklıkları ve göreceli sıklıklarından oluşur. Bu adımın amacı, sağlık sürecini hızlı bir şekilde tam olarak anlamak ve genel bir özetini görselleştirmektir.

Bu adımın çıktıları, sürece ait genel performans göstergeleridir. Disco aracı veya ProM eklentileri kullanılarak kısa bir sürede oluşturulabilir.

4.5. Süreç Madenciliği Analizi ve Soruların Cevaplarının Oluşturulması

Veriler uygun bir formatta ön işlemde geçirildikten ve filtrelendikten sonra, çeşitli türlerdeki süreç madenciliği özellikleri ile analizler gerçekleştirilebilir. Ortaya çıkan sorulara cevap vermeyi destekleyecek birçok süreç madenciliği tekniği ve özelliği vardır. Olay günlükleri analizi, kontrol akış perspektifini benimseyen süreç keşif teknikleri ile başlar ve uygunluk kontrolü ile devam eder. Bu adım, her soru için oluşturulan operasyonel senaryolar bağlamında, belirlenen çeşitli süreç madenciliği

analiz türleri, girdileri ve çıktılarının seçilmesini içerir. Çizelge 4-2'de literatürde sağlık süreçleri için uygulanmış süreç madenciliği özellikleri ve hedefleri listelenmiştir.

Olay günlüğü incelemesinden sonra, gerçekleşen süreç modeli, farklı madencilik algoritmaları kullanılarak keşfedilir ve araştırılır. Bu adımda sürecin kontrol akışının, organizasyonel yönlerinin (kaynak perspektifi), performansla ilgili bilgilerinin (performans perspektifi) ve veri ile ilgili niteliklerinin (veri perspektifi) keşfine odaklanılabilir. Süreç keşfi araştırması özelliğinde, bir ya da birden fazla madencilik algoritmasının kullanılması ve keşfedilen sürecin bazen de kullanıcı müdahalesi ile diğer algoritmaların sonuçlarına göre değiştirilmesi /birleştirilmesi ve süreci en iyi yansıtan gerçekleşen sürecin elde edilmesi sağlanır. En yaygın yolları ve aykırı değerleri görselleştirmek için, süreç varyasyonları analiz edilir. Süreç varyasyonları vakaların izlediği her bir farklı yolu temsil eder, diğer bir deyişle etkinlik dizilimleridir. En karmaşık veya zaman alıcı varyasyonlar, vakalar ve olguların özellikleri açısından görselleştirilir veya karşılaştırılır. Ayrıca, sürecin yeniden tasarlanmasını tetiklemek adına varsa uygunsuzluklar ve darboğazlar tespit edilir. Darboğazlar, sürecin çok zaman alan yolları iken uygunsuzluklar, tanımlanan süreç modeline uymayan yolların tespitidir. Performans hedeflerini karşılamayan durumlar ve özellikleri görselleştirilir ve incelenir. Kurumlar arası süreç madenciliği analizi için, sürecin farklı organizasyonlardan gelen günlükleri kullanılarak süreç keşfedilir ve süreç modelleri karşılaştırılır.

Bu adımın çıktıları; gerçekleşen süreç modelleri, genişletilmiş süreç modelleri, süreç uygunsuzlukları, darboğazlar ve süreç varyasyonlarıdır. (örneğin en çok takip edilen yollar, istisnai yollar (aykırı değerler), en karmaşık yollar veya zaman alıcı yollar). Her bir süreç madenciliği özelliğinin çıktısı, bir ya da daha fazla gösterge ile ifade edilir ve her bir soru, ölçülen gösterge aracılığıyla nicel bir şekilde cevaplanmış olur.

Çizelge 4-2 Sağlık süreçleri için süreç madenciliği özellikleri ve hedefleri

Süreç Madenciliği Özelliği	Hedefi
Süreç Keşfi	Gerçekleşen sürecin keşfedilmesi
Süreç Araştırması	Keşfedilen süreç modellerinin değerlendirilmesi ve en iyi süreç modelinin belirlenmesi
Süreç Varyasyon Analizi	Süreç varyasyonlarının (izleri, sıklıkları ve performans metrikleri ile birlikte) keşfedilmesi
Uygunluk Kontrolü	Tanımlanan ile gözlemlenen süreç davranışının karşılaştırılması
Süreç Geliştirme	Olay günlüğünün model üzerinden işletilmesi ile mevcut modelleri genişletme ya da onarma
Karar Destek Analizi	Mevcut modelin veri ile ilgili (cinsiyet, yaş, ameliyat vb.) nitelikler ile genişletilmesi
Organizasyonel Analiz	Sosyal ağların keşfedilmesi, roller veya kurumlar arasındaki ilişkilerin analizi veya mevcut modelin kaynaklarla ilişkili nitelikleri ile genişletilmesi
Performans Analizi	Performans metriklerinin hesaplanması, sürecin yeniden tasarlanmasını ("process redesign") tetiklemek için darboğazların tespiti veya zamanla ilişkili nitelikler ile mevcut modelin genişletilmesi
Performans Hedef Analizi	Problemlili olguları, belirlenen hedeflere göre filtreleyerek tespit etme ve analiz etme
Süreç Karşılaştırma	Gerçekleşenin planlanan ile beklenenlerden nasıl ve ne kadar saptığını tanımlama, bir ya da daha fazla süreç modeli veya süreç varyasyonunu karşılaştırma
Aykırı Değer Tespiti	Sürecin yeniden tasarlanmasını tetiklemek için aykırı değerleri belirleme

4.6. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu adımda, bir önceki adımda elde edilen analiz bulguları, her bir soru için seçilen göstergelerin değerleri açısından değerlendirilir ve proje hedefine ulaşılp ulaşılmadığı tartıılır. Bu adımın girdileri, önceki adımda üretilen süreç varyasyonları, darboğazlar ve uygunsuzluklarla ilgili performans göstergeleridir. Süreç madenciliği uygulamalarında, her süreç madenciliği etkinliğinden sonra, veriler daha kk veri setlerine bölünür. Yeni veri setleri hasta özellikleri, bölüm, servis veya doktor bilgileri açısından incelenir; sonuçların hastanın ya da tedavinin doğası gereği mi, yoksa yönetimsel mi olduğu araştırılır. Kabul edilebilir bekleme sürelerinin ve benimsenen klinik izlemin ya da kılavuzun ihlal edilip edilmediği, beklenen ve gerçekleşen performans göstergelerinin değerleri incelenir.

4.7. Süreç İyileştirme nerileri

Süreç madenciliğinde süreç iyileştirme, darboğazların tanımlanması ve ortadan kaldırılması, gereksiz durumların önlenmesi, döngülerin engellenmesi ve yeniden işlenmesi ve gereğinden fazla zaman alan noktaların anlaşılmasıyla ilgilidir. Göstergelerin lm ve nicel sorulara somut cevaplar vermek, süreç modelinin iyileştirilmesi için fırsatlar sunar. Bu bilgi süreç modeli tanımlarını geliştirmek ve iyileştirmek için kullanılır. Bu adımın ıktıları, süreç iyileştirme nerileri ve yeni hedefler veya yeni soru önerileridir.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar, formal durum çalışması araştırma yaklaşımı ve yönergeleri izlenerek tasarlanmış ve yürütülmüştür [21], [201], [202]. Aşağıdaki bölümler, protokol ile tanımlanan ana aşamaların ayrıntılı bir açıklamasını sunar. Bunlar; araştırma amacı ve soruları, tasarım, durum çalışmalarının seçimi, veri toplama ve işletme, analiz ve yorumlama ve son olarak geçerlilik değerlendirmesidir.

5.1. Araştırma Amacı ve Soruları

Önerilen yöntem sağlık süreçlerinin iyileştirilmesini izlemeyi, kontrol etmeyi ve motive etmeyi amaçlamaktadır ve hedefe yönelik süreç madenciliği projesinin prensiplerine dayanmaktadır. Durum çalışmasının *amacı*, önerilen yöntemin uygulanabilirliğini ve sağlık süreci iyileştirme önerilerini başlatma potansiyelini araştırmak ve doğrulamaktır.

Bu çalışmanın temel araştırma sorusu (TS):

TS. Önerilen yöntem ile süreç iyileştirme önerileri elde edilebilir mi?

Çalışma ayrıca iki ikincil araştırma sorusunu değerlendirmektedir: AS1 ve AS2.

AS1: Önerilen yöntem, mevcut yöntem veya sistemle karşılaştırıldığında nasıl çalışır?

AS2: Önerilen yöntem, mevcut yöntemle göre iyileştirme önerisi çıkarmada etkili midir?

AS1, bu yeni yaklaşımın kazanımı ve sağlık süreçlerinin performans analizinde halihazırda kullanılan mevcut yöntemle ilgilidir. Bu soru, bu çalışmanın sonucunu, mevcut yöntemle elde edilen sonuç ile, operasyonel metrikler aracılığıyla karşılaştırılarak değerlendirir. AS2 ise sürecin performansını değerlendirmek için geçen süreyi, yine mevcut yöntemle karşılaştırmalı olarak analiz eder.

5.2. Tasarım

Araştırma sorularını cevaplamak adına, deneysel çalışmalar, mevcut yöntemin sonuçlarını ve önerilen yöntemin sonuçlarını karşılaştırmak için nitel araştırma yaklaşımını izlemek üzere tasarlanmıştır.

Deneysel çalışmaların çalışmasının tasarımı, Yin ve diğerleri [21] tarafından önerilen sınıflandırmaya göre, gömülü ve çoklu durum çalışması tasarımını

izlemiştir. Keşfetmeye dayalı olan durum çalışmaları, bir üniversite hastanesinin ameliyat sürecini ve acil servis sürecini temel almıştır. Bir yandan, her durum çalışmasında birkaç analiz birimi ele alındığından, çalışma gömülüdür. Örneğin, ameliyat sürecinde cerrahi operasyonlar beş farklı kategoriye ayrılır. Acil servis sürecinde ise üçlü triyaj ölçeklendirmesi benimsenmiştir. Öte yandan, iki farklı durumu (yani, sağlık sürecini) dikkate aldığından, çoklu durum çalışmasıdır. Çoklu durum çalışması, araştırmacıların her bir ortam için ve farklı ortamlarda analizlerini yürütürken, benzerlikleri ve farklılıkları anlamalarını mümkün kılar. Tek bir durum çalışması ise tersine, araştırmacıların sadece tek, olağanüstü veya kritik bir durumu anlamalarını sağlar.

5.3. Durum Çalışmalarının Seçimi

Durum çalışmalarının bağlamı, bir üniversite hastanesinin ameliyat süreci ve acil servis sürecidir. Bu süreçler, çoğunlukla iyi tanımlanmış organizasyonel sağlık süreçleri olduğu için seçilmiştir.

5.4. Veri Toplama ve İşletme

Bu çalışma veri kaynağı olarak arşiv verisi, metrik değerleri ve anket görüşmesi verilerini kullanmıştır. Arşiv verisi üçüncü derece tip veridir ve hastane bilgi sistemi, bu veri türü için önemli bir kaynaktır. Bu veriler bu çalışmaya veri sağlamak amacıyla kaydedilmemiştir ama veri çıkarım süreci, hedef odaklı bir ölçüm tekniğine dayanan önerilen yöntemin ilgili adımı izlenerek gerçekleştirilmiştir.

Kalitatif yaklaşıma yardımcı olmak için bazı nicel metrikler de dikkate alınmıştır. Bu metrikler; (1) süreç iyileştirme önerilerinin sayısı, (2) ölçülen göstergelerin sayısı, (3) tespit edilen darboğazların sayısı, (4) tespit edilen uygunsuzlukların sayısı ve (5) süreç varyasyonlarının sayısıdır.

Ayrıca yöntemin geçerliliğinin ve etkililiğinin kalitatif olarak doğrulanması için anket araştırması yapılmıştır. Bu anket çalışması, üniversite hastanesinde çalışan yaklaşık 10 kişiyi kapsamıştır. Bu kişiler, hastanenin kalite bölümünde çalışan uzmanlar veya durum çalışması verilerinin girişini yapan doktorlardır. Anket araştırmasının soruları, önerilen yöntemin gerçekleştirmeyi hedeflediği amaçlar ve işlevler göz önünde bulundularak hazırlanmıştır. Soruları için rakamlı ve seçmeli soru tipi tercih edilmiştir. Uygulanacak anket soruları Çizelge 5-1'de listelenmiştir.

Çizelge 5-1 Değerlendirme Anketi soruları

Sorular		Katılmıyorum	Kısmen katılmıyorum	Ne katılmıyorum, ne katılmıyorum (Nötr)	Kısmen katılıyorum	Katılıyorum
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	Yöntem, süreç analizini yapmada etkilidir.					
2.	Yöntem, süreçle ilgili geniş bir bakış açısı kazanmamı sağladı.					
3.	Yöntem, süreç hakkında detaylı bilgi edinmemi sağladı.					
4.	Yöntemin süreç analizinde kullanımını anlaşılır buldum.					
5.	Yöntem, süreçteki iyileştirme fırsatlarını görmeme yardımcı oldu.					
6.	Yöntem, süreçteki tipik veya istisnai vakaları görmeme yardımcı oldu.					
7.	Yöntem, süreçteki darboğazları görmeme yardımcı oldu.					
8.	Yöntem, süreçteki tutarsızlıkları görmeme yardımcı oldu.					
9.	Yöntem, süreç analizinde işgücü tasarrufu sağlayabilir.					
10.	Yöntem, değişen analiz ihtiyaçlarını karşılamak için uyarlanabilir.					

5.5. Analiz ve Yorumlama

Mevcut yöntem ile önerilen yöntemin sonuçları karşılaştırılarak analiz edilip yorumlanmıştır. Durum çalışmaları, farklı süreç madenciliği araçları ile önerilen yöntemin tüm adımları izlenerek yürütülmüştür.

5.5.1. Ameliyat Süreci Durum Çalışması

Ameliyat süreci klinik verileri, 2017 yılı Ocak ayı boyunca, Türkiye'deki bir üniversite hastanesinin tüm bölümlerinde gerçekleştirilen cerrahi operasyonlarla ilgili bilgileri

içerir. Operasyon geçiren 1152 hasta ve bu hastaların demografik özellikleri, tanısı, geçirdiği operasyonun bilgileri, ameliyat kategorisi ve ameliyat ile ilgili etkinlikler (hasta yatış, ameliyatın başlaması ve bitişi, taburcu vb.) analiz edilmiştir. Bu durum çalışması, önerilen yöntemin yedi adımı takip edilerek ve farklı süreç madenciliği araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dört tür süreç madenciliği analizi; süreç keşfi, uygunluk kontrolü, süreç varyasyon analizi ve performans analizi kullanılmıştır. Bu analiz türleri için, iki farklı süreç madenciliği aracı (ProM ve Disco) kullanılmıştır. Disco aracının çıktılarına daha anlaşılır ve basit görünümlü olduğu için bu bölümde yer verilmiştir.

5.5.1.1. Hedef ve Soruların Tanımlanması

Bu aşamada, gerekli süreç madenciliği özelliklerine karar vermek için analiz kapsamı, hedefler, sorular ve göstergeler belirlenir.

Mevcut durum çalışmasında, analiz kapsamı bir üniversitesi hastanesinin ameliyat sürecidir. Çeşitli nedenlerden ötürü ameliyat, seçmeli ya da zorunlu olarak ikiye ayrılır. Tanıya bağlı olarak da ameliyat tipi değişir; bunlar, isteğe bağlı ya da seçmeli, gerekli, veya acil olmaktadır. Ameliyat türüne bağlı olarak, açık ya da minimal invaziv teknikler gibi farklı yöntemler kullanılabilir. Amerikan Tıp Derneği ve Amerikan Cerrahlar Koleji'ne göre, en yaygın 24 cerrahi operasyon vardır; bunlardan bazıları ise apendektomi, katarakt ameliyatı, histeroskopi, mastektomidir. Ameliyat süreci ameliyata hazırlık, ameliyat öncesi testler, uyandırma, ameliyat sonrası testler, rahatsızlık ve ağrı yönetimi, taburculuk planlaması gibi alt adımlardan oluşur.

Bu çalışmanın amacı, bir üniversite hastanesinde idari bakış açısıyla ameliyat sürecinin zaman verimliliğini anlamaktır. Bu hedefe ulaşmanın yolunu belirlemek için dört soru kullanılmıştır. Her sorunun cevabı göstergeler ile cevaplanmıştır. Daha sonra ise süreçte ölçülecek bir dizi gösterge için gerekli süreç madenciliği özellikleri seçilmiştir. Böylece her sorunun cevaplanmasını sağlayacak süreç madenciliği özellikleri belirlenmiştir. Her soru, süreç madenciliği özelliklerinin işletilmesiyle, ilgili operasyonel senaryolar bağlamında cevaplanır. Tüm bu unsurlar Çizelge 5-2'de verildiği gibi GQFI tablosunda gösterilmiştir. Bu tablo bir süreç madenciliği uygulayıcısı tarafından, hastanedeki sağlık uzmanları ile çeşitli beyin fırtınası oturumlarından sonra oluşturulmuştur. Ayrıca, göstergeler, hastanenin kalite

yönetim biriminin ilgili personelleriyle görüşüldükten sonra, Sağlık Bakanlığı tarafından denetime tabi olan performans göstergelerinden seçilmiştir.

5.5.1.2. Veri Çıkarımı

GQFI tablosu tanımlandıktan sonra, olay verisi ve süreç ile ilgili diğer bağlamsal veriler elde edilmiştir. Olay verisi, hastanenin bilgi işlem dairesi sorumlusu tarafından hazırlanan sorgu aracılığıyla otomatik olarak hastane bilgi sisteminden elde edilmiştir. Bu veriler Ocak 2017'ye ait, herhangi bir cerrahi operasyon geçiren 1152 hasta hakkındaki olay bilgilerini içermektedir. Olay verisinde tüm teşhis, tedavi ve ameliyat etkinlikleri kaydedilmiştir.

Ameliyat süreci, hastanenin çeşitli bölümleri tarafından desteklenir. Bu süreç üzerinden herhangi bir süreç madenciliği analizini yapabilmek için en az üç tür veri özelliğine gerek duyulur. Bunlar; hasta kimliği, etkinlik adı ve zaman damgasıdır. Ayrıca kaynaklar ve verinin öznitelikleri ile ilgili birtakım özellikler de elde edilmiştir. Ameliyat adı, kodu, kategorisi, tanı, hastanın yaşı, cinsiyeti gibi demografik özellikler veri özniteliklerini oluştururken bölüm, servis, doktor, ameliyathane odası, doktor ise kaynak verilerini oluşturur.

Ameliyat sürecinde hastanın yatışından taburculuğuna ait bağlamsal veriler, hastanenin kalite yönetimi bölümünden elde edilmiştir. Kalite bölümünde ayakta ve yatan hastalar için iki ayrı ameliyat süreci modeli tanımlanmıştır. Tanımlı süreç modellerine ait geri bildirim metrikleri şu şekildedir: Ameliyat öncesi hazırlıkların yetersizliğinden dolayı iptal edilen operasyon sayısı, servise transfer edilen hastaların yüzdesi, hastanede kalış süresi ve taburcu edilen hasta sayısı. Ayrıca mortalite oranı ve komplikasyon sayısı, ameliyat sürecinin etkinliğini ifade eden önemli göstergelerdir.

Çizelge 5-2 Ameliyat süreci için GQFI tablosu

Hedef	Amaç Özellik Nesne (Süreç) Bakış açısı	Anlamak Zamanlama Ameliyat süreci Hastane yöneticisi
Sorular	Süreç Madenciliği Özellikleri	Göstergeler
1. Sürecin genel görünümü nasıldır?	Günlük ve Örüntü İnceleme Süreç Keşfi	Toplam hasta /olay /etkinlik sayısı Ortalama hasta yatış zamanı Sürecin başlangıç ve bitiş zamanı Veri özniteliklerinin sıklıkları /göreceli sıklıkları Kaynak özniteliklerinin sıklıkları /göreceli sıklıkları Toplam örüntü sayısı Her bir hastanın akış zamanı Süreci başlatan ve bitiren etkinlikler Her bir yoldan geçen hastaların sayısı ve kimlikleri Her bir etkinlikten geçen hastaların sayısı ve kimlikleri Yeniden işlem (“rework”) döngülerinin sayısı
2. En çok takip edilen yollar ve istisnai yollar nelerdir?	Günlük ve Örüntü İnceleme Süreç Varyasyon Analizi	Toplam örüntü sayısı Her bir örüntüdeki hasta /olay sayısı Her bir varyasyona ait hastaların yüzdesi Her bir varyasyonun izlemiş olduğu yol (etkinliklerin dizilimi) Her bir varyasyondaki hastaların kimlikleri Her bir varyasyonun ortalama akış zamanı
3. Süreçteki darboğazlar nerededir?	Performans Analizi	Sürecin toplam /ort. /min. /maks. zamanı Her bir yol için toplam /ort. /min. /maks. zamanı Her bir etkinlik için toplam /ort. /min. /maks. zamanı Her bir etkinlik geçişi arasındaki toplam/ ort./ min./ maks. bekleme zamanı
4. Tanımlanan süreçten sapmalar var mı?	Uygunluk Kontrolü	Eşleşme oranı (“matching rate”) Uyan (“fitting”) yollar ve etkinlik dizilimleri Uymayan (“non-fitting”) yollar ve etkinlik dizilimleri Uyan ve uymayan yolları izlemiş olan hastaların kimlikleri

5.5.1.3. Veri Ön İşleme

Sağlık verisinin ön işleme adımları, olay verisinin olay günlüğü olarak *biçimlendirilmesi*, her bir soru için *filtrelenmesi*, *soyutlanması* veya *kümelenmesi* alt işlemlerinden oluşur. Süreç madenciliği tekniklerinin uygulanması için olay verisi olay-nesne modeline [13] göre modellenerek biçimlendirilir. Bu biçimlendirme tez kapsamında geliştirilen yazılım aracılığıyla otomatik olarak gerçekleştirilmiştir.

Tipik bir ameliyat süreci, hastaneye yatış, ameliyat öncesi muayene ve tetkikler, cerrahi operasyon, uyandırma, ameliyat sonrası muayene ve tetkikler, servise ya da yoğun bakıma transfer, taburculuk adımlarından oluşur ve bu adımlar birer etkinliktir. Bir hasta bu etkinliklerden herhangi birini herhangi bir sayıda gerçekleştirebilir. Bu süreç modelinde bir vaka nesnesi, hastadır; olay nesnesi ise her bir hasta için üstlenilen her etkinlik ile ilgilidir. Hastanın yaşı, cinsiyeti ve tanısı vaka düzeyinde tutulur; gerçekleştirilen etkinlik ise etkinlik zaman damgası, bölüm ve ilgili doktor, olay düzeyinde ve olay nesnesinde tutulur. Yaş, cinsiyet, tanı ve ameliyat adı etkinliğin veri öznitelikleridir; doktor, bölüm, servis ve ameliyat odası ise kaynak nitelikleridir. Etkinliklerin zaman damgası, performans özelliğini oluşturur. Tüm bu özellikler, keşfedilen süreç modelini farklı perspektiflerden (veri, kaynak, performans) zenginleştirmek için kullanılır.

Süreç madenciliği, veriyi anlamak ve yönetmeyi zorlaştıran karmaşık, spaghetti benzeri bir modele neden olabilir. Bu hastanenin ameliyat günlüğü çok sayıda farklı ameliyat ve laboratuvar etkinliğini içermektedir. Bu sebeple, tüm düşük seviye laboratuvar testleri tek bir test ve tüm farklı operasyonlar tek bir ameliyat etkinliği olarak kabul edilmiş ve böylece veri soyutlanmıştır.

Örnek olarak tek bir hastanın olay günlüğü Çizelge 5-3' de gösterilmiştir. Çizelgede aterosklerotik kalp hastalığı teşhisi konan 1045 no'lu hasta için kalp ve damar ameliyatsi (KVC) bölümünde, bir olay günlüğünün bir kısmı olay no, başlangıç tarihi, etkinlik, bölüm ve ameliyat bilgilerine yer verilmiştir.

Çizelge 5-3 1045 no'lu sahip hastaya ait olay günlüğünün bir bölümü

Hasta No	Olay No	Etkinlik	Başlangıç Zamanı	Ameliyat
1045	12	Hastaneye yatış	03/01/2017 09:47	Bypass
1045	13	Ameliyatın başlaması	04/01/2017 08:00	Bypass
1045	14	Yoğun bakıma transfer	04/01/2017 14:53	Bypass
1045	15	Ameliyatın bitmesi	04/01/2017 14:55	Bypass
1045	16	Ameliyatın başlaması	05/01/2017 06:15	Operasyon sonrası inceleme
1045	17	Ameliyatın bitmesi	05/01/2017 07:50	Operasyon sonrası inceleme
1045	18	Servise transfer	13/01/2017 11:20	Operasyon sonrası inceleme
1045	19	Taburcu	20/01/2017 11:49	Operasyon sonrası inceleme

5.5.1.4. Günlük ve Örüntü İnceleme

Günlük denetimi Disco veya ProM araçları kullanılarak yapılabilir. ProM, günlük denetimi için birçok teknik sağlar; bunlardan bazıları noktalı grafik, günlük görselleştirici, günlük özet eklentileri ve desen soyutlamasıdır. Günlük yüklendikten sonra çeşitli şekillerde görüntülenebilir. Disco kullanılarak süreçteki toplam olay ve hasta sayısı elde edilmiş, hastanın olay verileri incelenmiş ve süreç örüntüleri izlenmiştir. İstatistiklerin bir kısmı, ameliyat sürecine ilişkin bir bakış açısı elde etmek için Çizelge 5-4' de gösterildiği gibi, Disco aracının günlük özet görüntüleyici özelliği kullanılarak sağlanmıştır.

Çizelge 5-4 Günlük ve örüntü inceleme

Gösterge	Değer
Hastaların sayısı	1152
Olayların sayısı	6299
Etkinlik türlerinin sayısı	9
Ameliyat türlerinin sayısı	386
Ameliyat kategorilerinin sayısı	5
Bölmelerin sayısı	25
Doktorların sayısı	97
Örüntülerin sayısı	58
Ortalama hastanede yatış süresi	5 gün

5.5.1.5. Süreç Madenciliği Analizi ve Soruların Cevaplarının Oluşturulması

Bu aşamada, ameliyat sürecinin ayrıntılı bir analizinin sonuçları sunulmuştur. Süreç madenciliği özellikleri de dahil olmak üzere senaryolar, mevcut süreç madenciliği teknikleri kullanılarak işletilmiş olup soruların yanıtlanması, için Disco'nun çıktıları (harita, istatistik ve vaka görünümü) kullanılmıştır. Süreç madenciliği analiz aşamasında, her bir soru süreç madenciliği özelliklerine göre cevaplandırılmış ve cevap aşağıdaki gibi ölçüm göstergeleri ile niceliksel olarak değerlendirilmiştir.

1. Sürecin genel görünümü nasıldır?

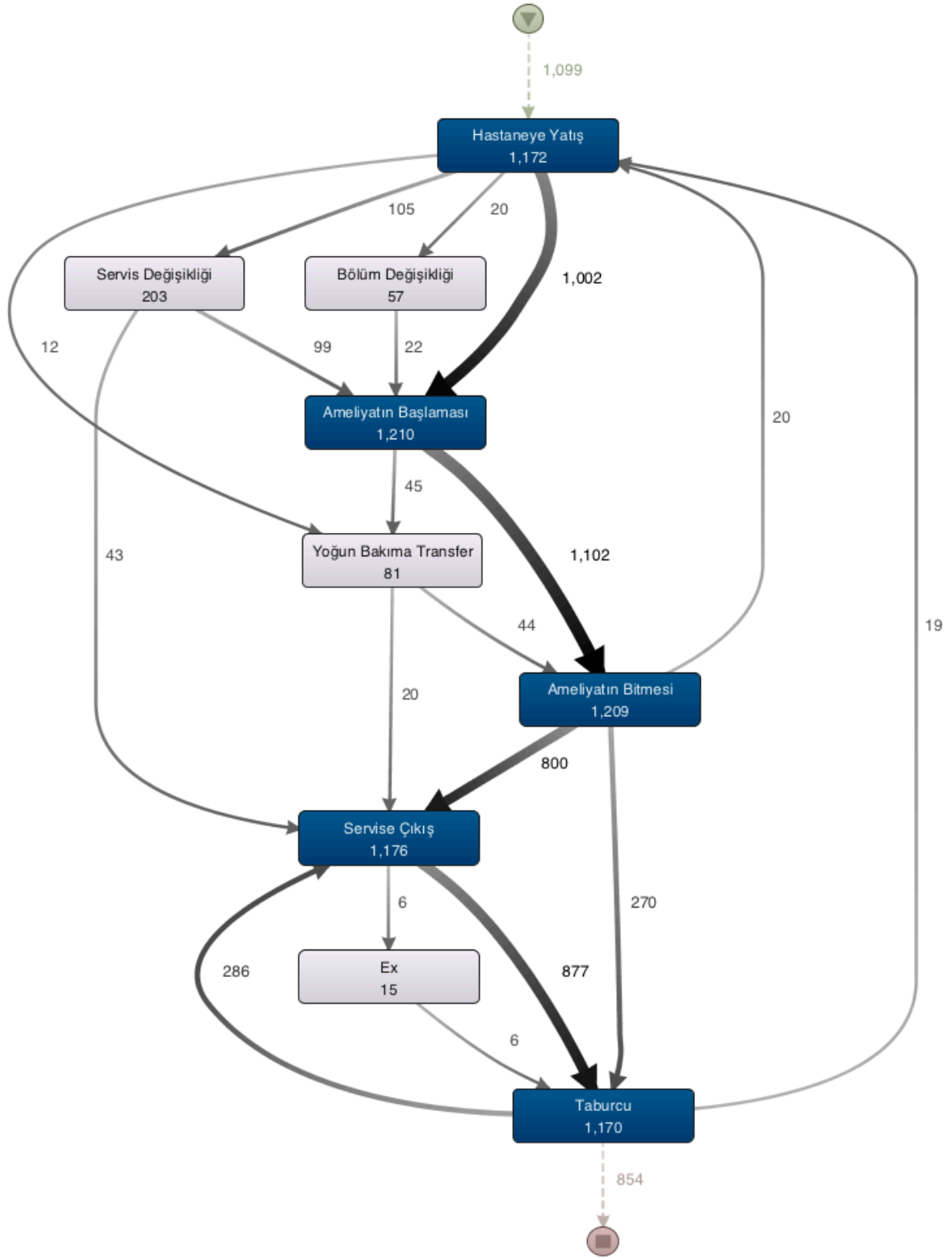
Bu soruya cevap verecek operasyonel senaryo ile süreç haritası, istatistik ve örüntüler açısından sürecin genel özelliklerini göstermek hedeflenmiştir. Aşağıda uygulanan iki süreç madenciliği özelliği açıklanmaktadır.

Günlük ve Örüntü İnceleme: Disco, sürecin ayrıntılı istatistiklerini sağlar. Çizelge 5-4, dokuz ana faaliyet altında 1152 hasta ve 6299 olay olduğunu göstermektedir; Veri kümesi nispeten küçük bir veri kümesidir ve verilerin zaman aralığı yaklaşık üç aydır. Ortalama hastanede yatış süresi beş gündür (A1-A2-A3 grupları için 12.8 gün; B grubu için 5.1 gün; C grubu için 3.8 gün; D grubu için 37.8 saat ve E grubu için 60 saat). Ancak bazı durumlarda, süreç 129 güne kadar uzamıştır. En büyük göreceli sıklık değeri bölüm niteliği için jinekoloji bölümüne (%22), servis niteliği için günöbirlik ameliyat odasına (%54) ve ameliyat niteliği için ise katarakt ameliyatsine (%7) aittir. Toplamda 58 örüntü gözlenmiştir.

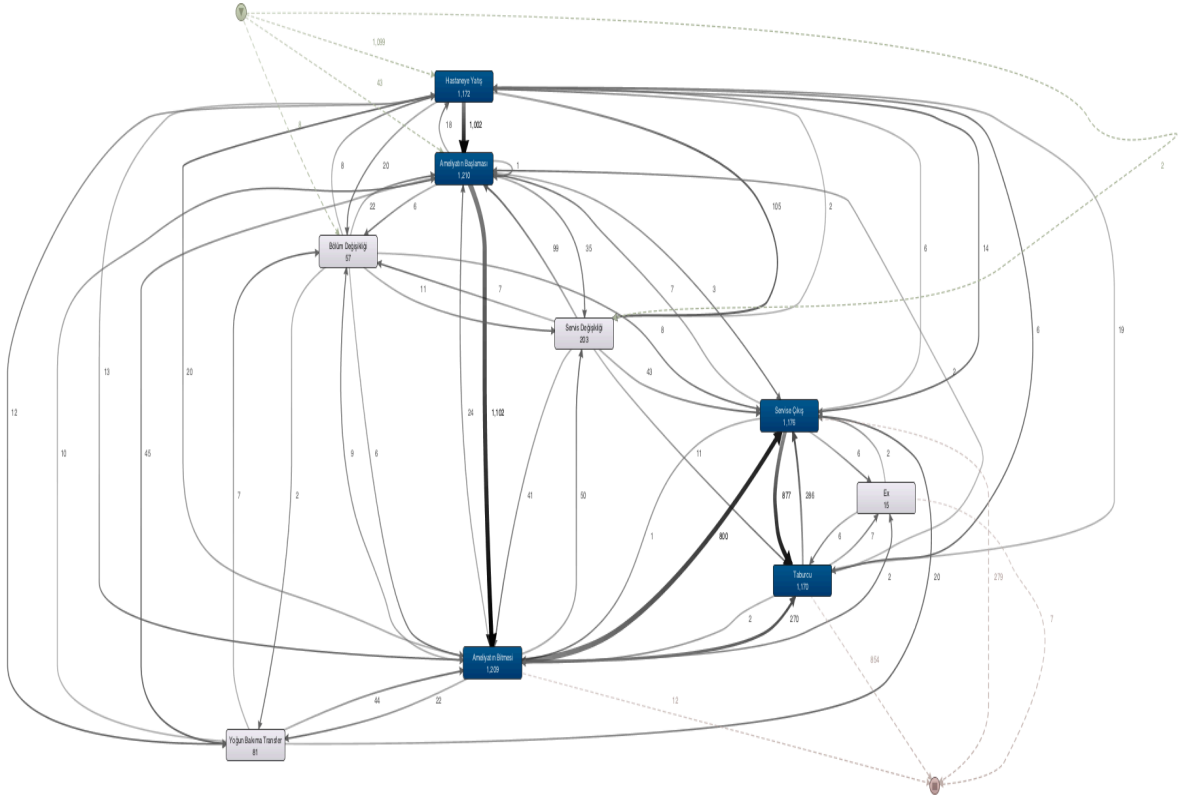
Süreç Keşfi: Olay günlüğü incelemesinden sonra ameliyat sürecinin bir süreç haritası oluşturulmuştur (Şekil 5-1). Bu harita, Fuzzy Miner [50] algoritmasını temel alan ve bir takım düzenlemelerle geliştirilmiş olan Disco Miner tarafından oluşturulmuştur. Fuzzy Miner, ikinci olarak geliştirilmiş süreç keşif algoritmalarından biridir ve süreç modelini istenen soyutlama düzeyinde etkileşimli olarak basitleştirmek için anlamlılık ve korelasyon ölçümlerini kullanır.

Süreç haritasının başlangıç noktası en üstte 1152 hastayı işaret eden küçük bir üçgen şeklinde gösterilmiştir. Tüm hastalar ya sürecin ilk adımı olan "hastaneye yatış" ile ya da "ameliyatın başlaması" etkinliği ile başlar. Hastaneye yatış etkinliğinden sonra süreç dört alternatif yola ayrılır. Daha kalın çizgi, en sık yapılan etkinlikleri yansıtır; örneğin, hasta yatışını takiben 1002 hasta için "ameliyatın başlaması" etkinliği gerçekleşmiştir. Etkinliklerin arasında baskın bir yeniden işlem

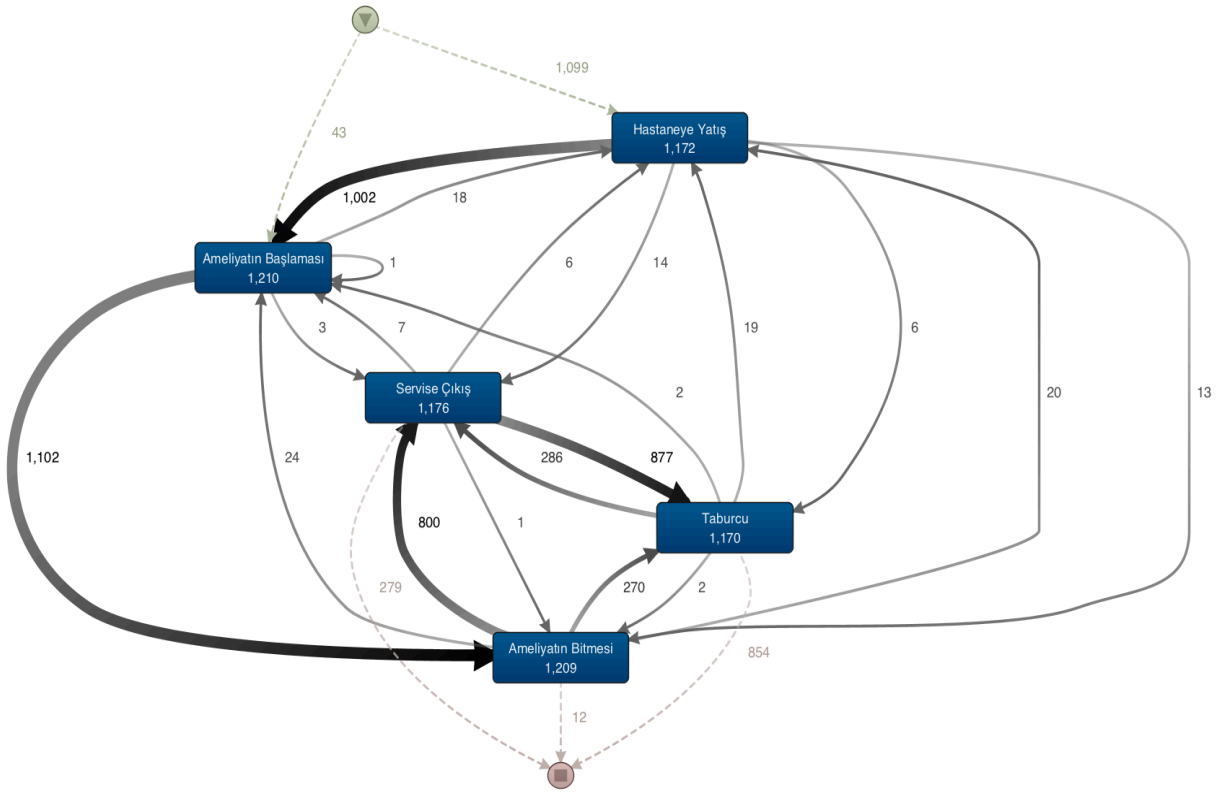
döngüsü yoktur; sadece 25 hasta taburcu edildikten sonra tekrar hastaneye yatırılmıştır. Süreci bitiren etkinlikler “taburcu”, “ölüm”, “ameliyatın bitmesi” ve “servise transfer” etkinlikleri olmuştur. Çalışma sırasında 13 hasta henüz taburcu edilmemiştir. Bununla birlikte 1139 hasta ameliyat sürecini tamamlamış ve taburcu edilmiştir. Yol kaydırıcısı üst tarafa çekildiğinde, tüm yollar Şekil 5-2’de gösterildiği gibi ortaya çıkar ve süreç haritası daha karmaşık bir hale gelir. Sürecin bu şekilde temsili, süreç analizinin yapılmasını imkansız hale getirmektedir. Etkinlik kaydırıcısı en alt noktaya çekildiğinde ise sadece beş ana etkinliğin yapıldığı görülmektedir (Şekil 5-3). Bunlar “hastaneye yatış”, “ameliyatın başlaması”, “ameliyatın bitmesi”, “servise transfer” ve “taburcu” adımlarıdır. Basitleştirilmiş görünümde sadece en önemli akışın incelenmesi nedeniyle, geçişler arasında hastalara ait eksikler gözlemlenebilmektedir.



Şekil 5-1 Ameliyat sürecinin basitleştirilmiş süreç haritası



Şekil 5-2 Ameliyat sürecinin tam süreç haritası



Şekil 5-3 Ameliyat sürecinin ana akışının tüm yolları

2. En çok takip edilen yollar ve istisnai yollar nelerdir?

Bu soru için operasyonel senaryo, aşağıda açıklanan iki süreç madenciliği özelliğinin işletilmesini içerir:

Günlük ve Örüntü İnceleme: Sürecin bu görünümünde, 1152 adet hastaya ait 58 farklı süreç örüntüsünün gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Süreçteki farklılaşmaların nispeten fazla olduğu söylenebilir.

Süreç Varyasyon Analizi: Çizelge 5-5'de gösterildiği gibi, ameliyat sürecinin en sık gözlemlenen 10 varyasyonu türetilmiştir. İlk varyasyona ait, ortalama iki gün hastanede kalış süresi boyunca aynı yolu izleyen 767 farklı hastanın (farklı doktor ve ameliyatlara kapsayan) ilgili olayları, sürecin yaklaşık %67'sini kapsamaktadır. Etkinlik dizilimi, en çok takip edilen ana sürecin dizilimidir. Ameliyat süreci, çeşitli süreç varyasyonuna sahip yani farklılaşmaların yoğun olduğu bir süreç türü olmuştur. Tek bir hastayı içeren yirmi dokuz varyasyon (%0.09) diğer hastaların tümünden farklı bir yol izlemiştir.

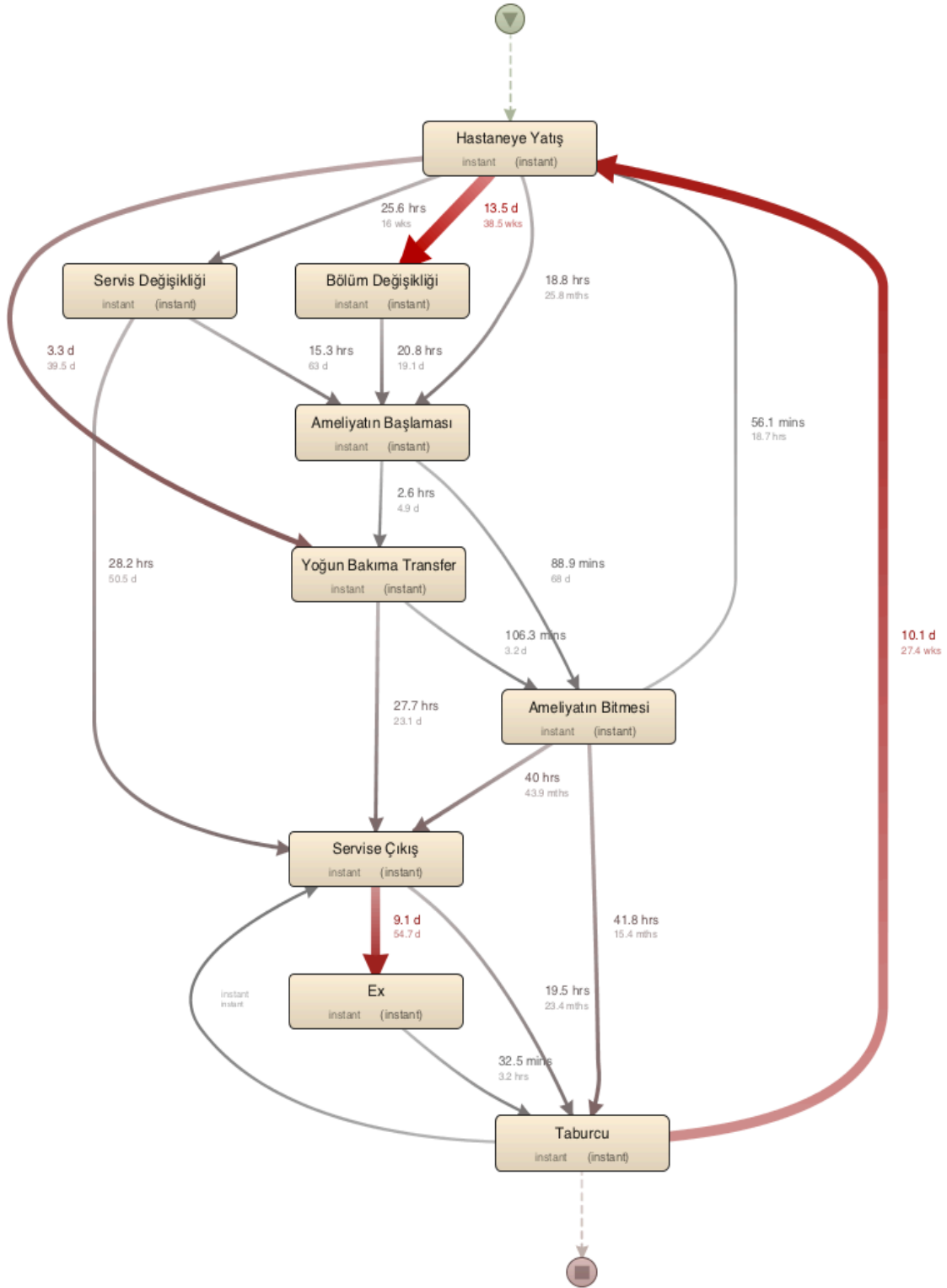
3. Süreçteki darboğazlar nerededir?

Performans Analizi: Disco kullanılarak yapılan performans analizi, sürecin farklı bölümlerindeki ortalama gecikmeleri ve ortalama süreleri gösterir. Şekil 5-4 ve Şekil 5-5, ameliyat sürecinin farklı aşamalarında geçirilen toplam /ortalama süreleri ve adımlar arasında minimum/maksimum değerleri göstermektedir. “Hastaneye yatış” sonrası “servis değişikliği” (2.5 gün) veya “bölüm değişikliği” (4.2 gün) adımları beklenenden daha uzun sürmüştür. Ayrıca taburcu edildikten sonra bazı hastalar, çeşitli nedenlerden dolayı ortalama 9.9 gün içinde tekrar hastaneye kaldırılmıştır.

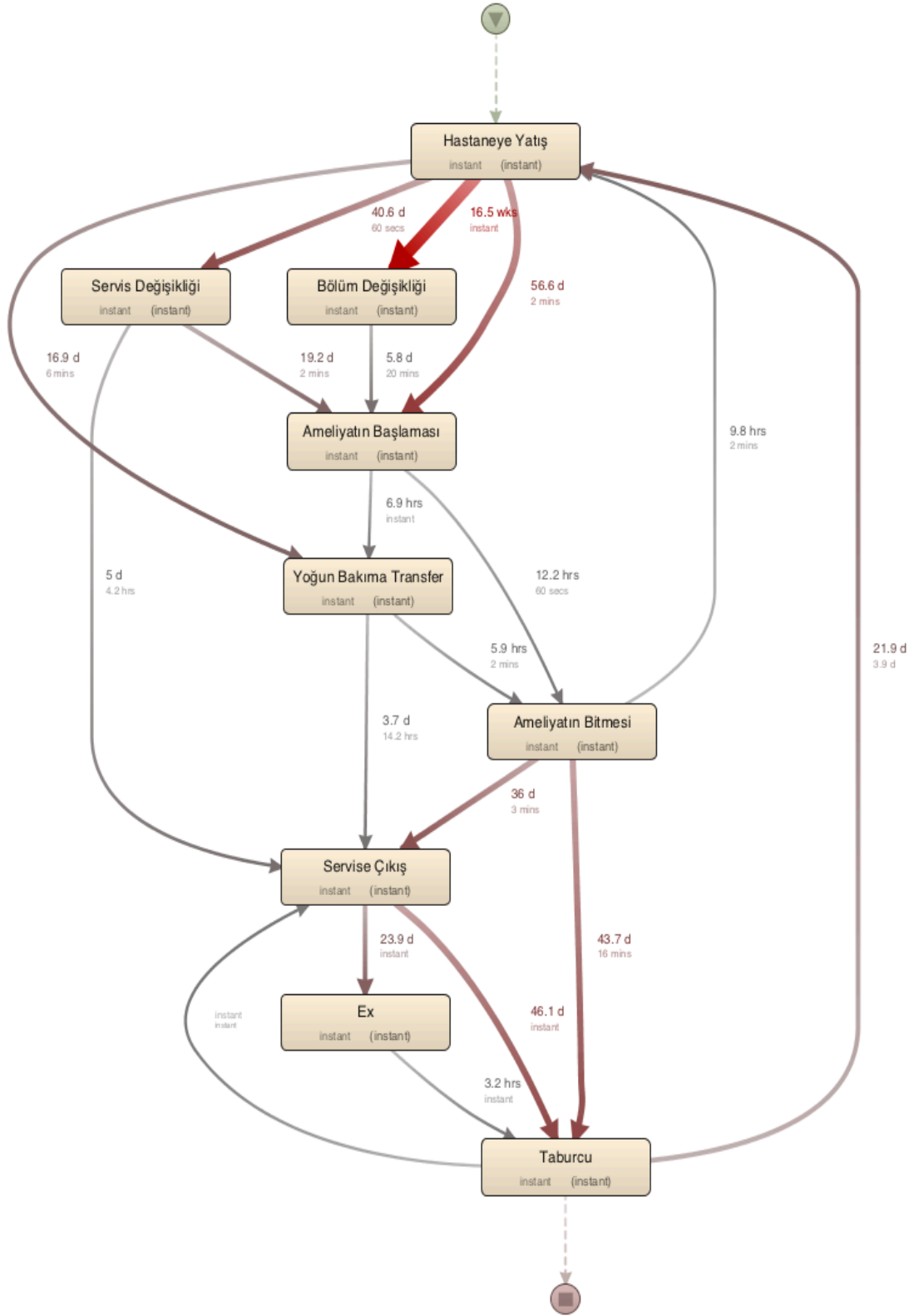
İlginç bir gözlem ise, bazı hastaların ameliyattan sonra servise transfer edilmeden önce, ortalama 40.3 saat boyunca iyileşme odasında beklediklerinin gözlemlenmesidir. Ameliyat süresi 60 saniyeden 12.2 saate kadar değişmektedir. Süreçte ameliyat öncesi (hastaneye yatıştan ameliyatın başlamasına kadar) ve ameliyat sonrası (ameliyat bitişinden taburcu olan kadar) süreçleri ile ilgili etkinliklerde bazı darboğazlar söz konusudur.

Çizelge 5-5 En çok izlenen 10 süreç varyasyonu

No	Süreç Varyasyonu	Sıklık	Yüzde(%)
V1	Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	767	67
V2	Hastaneye yatış > Servis değişikliği > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	89	8
V3	Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servis değişikliği > Servise çıkış > Taburcu	43	4
V4	Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Yoğun bakıma transfer > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	38	3
V5	Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Servis değişikliği > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	32	3
V6	Hastaneye yatış > Bölüm değişikliği > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	21	2
V7	Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servise Çıkış > Taburcu > Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servise Çıkış > Taburcu	19	2
V8	Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	17	1
V9	Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Yoğun bakıma transfer > Servise çıkış > Taburcu	16	1
V10	Hastaneye yatış > Yoğun bakıma transfer > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	9	1



Şekil 5-4 Ortalama ve toplam zaman için performans analizi



Şekil 5-5 Maksimum ve minimum zaman için performans analizi

4. Tanımlanan süreçten sapmalar var mı?

Uygunluk Kontrolü: Sürecin gözlenen davranışı ile modellenen davranışını karşılaştırmak için Disco aracındaki süreç haritasının ayrıntılı bir görünümü kullanılmıştır. Tüm sürecin süreç haritasına göre (Şekil 5-8'daki tüm etkinlikler ve yollar), çoğu hasta sıralı bir yol izlemiş ve bu yol: hastanın hastaneye yatırılması, ameliyat edilmesi ve servise çıkarılıp taburcu edilmesinden oluşmuştur. Etkinliklerin bu dizilimi, ameliyat sürecinin modellenen ve beklenen davranışına uygundur. Modellenen davranışa uymayan dizilimler Çizelge 5-6'de listelenmiştir. V15 (n = 75) varyasyonlarında, "servis değişikliği" etkinliği, hastanın operasyonda olduğu zaman diliminde görülmüştür. V7 ve V13 varyasyonlarında (n = 25), hastalar birden çok operasyon geçirmiş olup, bu hastaların altısı için servise transfer etkinliği ile ilgili kayıt mevcut değildir. V8, V12, V14 ve V16 varyasyonlarında (n = 37) "ameliyatın başlaması" etkinliği "hastaneye yatış" etkinliğinden önce gerçekleşmiştir. Modellenen davranışa uymayan dizilimler göz önünde bulundurularak eşleşme oranı %87 olarak hesaplanmıştır.

5.5.1.6. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu aşamada, GQFI tablosunun bir örneği, göstergelerin gerçek değerleri kullanılarak türetilmiş ve nicel sonuçlar, sorulara verilen cevaplar şeklinde özetlenmiştir.

1. Bazı performans problemleri gözlemlenmiştir, örneğin yaklaşık 45 hastanın yatışından taburculuğuna kadar geçen süre 21 günden uzun sürmektedir (129 güne kadar çıkmaktadır). Çok fazla zaman alan hastaları, sürecin adımlarını, nedenlerini ve hangi hasta, ameliyat, tanı için gerçekleştiğini belirlemek gerekir.
2. En çok takip edilen dizilim, tüm süreç örneklerinin %67'sini kaplar ve birçok istisnai yol vardır (29 süreç varyasyonu). Bu sapmalar, bu süreçlerin uygulamasının farklı hasta grupları veya ameliyat kategorileri için farklı yollara bölünmesi gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 5-6 Ameliyat sürecinin modellenen davranışına uymayan süreç varyasyonları

No	Süreç Varyasyonu	Sıklık	Yüzde(%)
V4	Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Yoğun bakıma transfer > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	38	3
V5	Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Servis değişikliği > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	32	3
V7	Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu > Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	19	2
V8	Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi>Hastaneye yatış > Servise çıkış > Taburcu	17	1
V12	Ameliyatın başlaması > Hastaneye yatış > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış> Taburcu	9	1
V13	Hastaneye yatış > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	6	1
V14	Ameliyatın başlaması > Ameliyatın bitmesi	6	1
V16	Ameliyatın başlaması > Hastaneye yatış > Servis değişikliği > Ameliyatın bitmesi > Servise çıkış > Taburcu	5	0,5

3. Sürecin darboğaz noktalarının “servis değişikliği” (2.5 gün) ve “bölüm değişikliği” (4.2 gün) etkinlikleri ile ilgili olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, ameliyat öncesi operasyonlarla ilgili problemler veya bazı hastalar için hizmet kaynak tahsisinde yaşanan zorluklar nedeniyle olabilir. Diğer bir darboğazda ise ortalama 40.3 saat boyunca, hastaların bir servise transfer edilmeden iyileşme odasında beklediği tespit edilmiştir. Bu, hastaların sağlık durumu veya ameliyatın doğası veya başarısı ile ilişkili olabilir. Süreç haritası, bu darboğazların nedenlerinin ve kök nedenlerinin farklı olabileceğinden ve araştırılması gerektiği için, uzun bekleme sürelerinin nedenleri hakkında bilgi sağlamamaktadır.

4. Beklenen süreçten sapmalar olup olmadığı araştırılmıştır. Uygunsuz olarak tespit edilen süreç varyasyonları, hastaların %6'sının resmi olarak ameliyat edilmeden, bir servise transfer edildiğini, %3'ünün hastaneye yatırılmadan ameliyat yapıldığını ve altı hastanın iki operasyon sırasında servise transfer edilmediğini ortaya koymaktadır. Uygunsuz süreç varyasyonlarını filtreledikten sonra, somut vakalar bölüm, ameliyat veya ameliyat kategorisi gibi diğer özellikler ile araştırılmalıdır.

5.5.1.7. Süreç İyileştirme Önerileri

Ameliyat süreci beş ana etkinlikten oluşur; bunlar hastaneye yatış, ameliyatın başlaması, ameliyatın bitişi, servise çıkış ve taburcudur. İşlemin doğasına veya hastanın durumuna bağlı olarak, bu etkinlikler arasında, diğer etkinlikler (örneğin, servis/bölümün değiştirilmesi veya yoğun bakım ünitesine transfer) gerçekleşebilir ya da tüm bu etkinlikler arasında döngüler oluşabilir.

Bu durumda, ameliyat sürecinin zamanlaması; süreç varyasyonları, sapmaları, darboğazları ve tutarsızlıkları ile ilgili bazı temel göstergeler ile ilişkilendirilmiştir. Bu göstergeler 3. ve 4. soruların cevaplarının değerlendirilmesi ile tespit edilmiştir. Üçüncü sorunun yanıtlanması ile operasyon öncesinde ve sonraki süreçte, belirli kayıtların bulunmamasından kaynaklanan iki darboğaz tespit edilmiştir. Bu darboğazlar sürecin gecikmesi, kaynakların ve personelin eksikliği veya uzmanlık niteliği ile ilgili olabilir. Dördüncü sorunun yanıtlanması ile bazı olay günlüklerinde olayların atlanması, kayıp olaylar ve operasyonun tekrarı tespit edilmiştir. Ayrıca hasta kabulü süreci ve ameliyatın bitişi ve çıkışı ile ilgili tutarsızlıklar da gözlenmiştir. Hasta kayıt kabul sürecinde, hastane bilgi sistemi tarafından, veri girişi kontrolleri yapılabilir. Ayrıca, hastanın operasyona girdiği ve çıktığı zamanları kaydeden ve bu bilgileri görselleştiren RFID etiketlerini kullanmak ve entegre etmek, hastanedeki bakım kalitesini artırmaya yardımcı olabilir.

Son olarak, belirlenen darboğaz ve tutarsızlıklara dayanarak yeni sorular belirlenmiştir; örneğin "Tanımlanan süreçten sapmanın nedenleri nelerdir?" ve "Kayıtlar doğru mu?" Bu sorular, gerçek davranışlara dayalı spesifikasyonlara uygunluğun kontrol edilmesine izin verir ve sapmaların meydana geldiği hastane bilgi sistemi adımlarını belirleyip yönetebilir.

Bir başka soru ise "Sadece 21 gün boyunca hastanede kalan hastaları dahil etmemiz halinde süreç nasıl görünür?" olabilir. Burada, performans hedef analizini kullanarak hedef değeri karşılamayan vakaları incelemek ve görselleştirmek için bir performans hedefi belirleyebilir ve bu hedefin sağlanıp sağlanmadığını yapılacak ek analizler ile belirleyebiliriz.

5.5.2. Acil Süreci Durum Çalışması

Sağlık süreçleri içerisinde, acil süreçlerinin onları farklı kılan özellikleri vardır. Acil süreci kısa zaman aralığında belirli süreç adımlarından oluşur ve sürecin bitişi tanımlıdır. Hastanın durumunun değerlendirildiği ve renk kodlu bir önceliğin verildiği triyaj sistemi, klinik izlemin belirlenmesini sağlar. Acil servis süreci, hastanın acilden taburcu edilmesi ya da servise yatırılması ile sonlanır.

Bu durum çalışması, önerilen yöntemin yedi adımı takip edilerek ve süreç madenciliği araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Acil servis sürecinin keşfi, uygunluk kontrolü, süreç varyasyon analizi ve performans analizi, Disco süreç madenciliği aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

5.5.2.1. Hedef ve Soruların Tanımlanması

Bu aşamada, süreç madenciliği özelliklerine karar vermek için analiz projesinin kapsamı, hedefleri, hedefler ile ilişkili sorular ve göstergeler belirlenir.

Mevcut durum çalışmasında analiz kapsamı, bir üniversitesi hastanesinin acil servis sürecidir. Acil servis sürecindeki klinik veriler, 2018 yılının Mart ayı boyunca, acil servis hizmetlerinden çıkarılmıştır. Acile ambulans ile ya da kendisi başvuran hasta, bekleme odasına alınır. Sonra hemşire tarafından hastanın durumu triyajda belirlenir. Hastanede uygulanan triyaj sistemi üçlü renk koduna göre yapılır. Durumu çok acil olan hastalar için kırmızı, acil olan hastalar için sarı, normal olan hastalar için yeşil renk kodu kullanılır. Trijaj renk koduna göre hastanın tedavisi ele alınır; her bir renk koduna göre uygulanacak klinik izlem farklıdır. Triyaj adımından sonra hasta muayene edilir ve gerekirse müşahedede bulunulur. Yine gerektiğinde başka bir hekimden konsültasyon istenir. Hasta öneri verilerek, reçete yazılarak ya da polikliniğe yönlendirilerek taburcu edilir. Diğer bir yandan acil hastası yoğun bakıma veya servise yatırılabilir, acil olarak ameliyata alınabilir ya da başka merkeze sevk edilebilir.

Bu çalışmanın amacı, bir üniversite hastanesinde idari bakış açısıyla acil servis sürecinin zamanlanmasını anlamaktır. Bu hedefe ulaşmak için beş soru sorulmuştur. Daha sonra ise süreç madenciliği özellikleri kullanılarak ölçülebilen bir dizi gösterge seçilmiştir. Her soru için seçilen süreç madenciliği özellikleri işletilerek ilgili operasyonel senaryolar cevaplanmıştır. Tüm bu unsurlar, Çizelge 5-7’de gösterildiği gibi, bir GQFI tablosunda sunulur. Bu tablo hastanedeki sağlık uzmanları ile çeşitli beyin fırtınası oturumlarından sonra, süreç madenciliği uygulayıcısı tarafından oluşturulmuştur. Ayrıca göstergeler, hastanenin kalite yönetim bölümüyle görüşüldükten sonra, Sağlık Bakanlığı tarafından denetime tabi olan anahtar performans göstergelerinden seçilmiştir.

5.5.2.2. Veri Çıkarımı

GQFI tablosu tanımlandıktan sonra, acil servis verisi ve süreç ile ilgili diğer bağlamsal veriler elde edilmiştir. Bu veriler Mart 2018’e ait, herhangi bir şekilde acil servise gelen 1034 hasta hakkındaki olay bilgilerini içermektedir. Olay verisinde tüm hasta kayıt, triyaj, teşhis, tedavi ve diğer acil servis etkinlikleri kaydedilmiştir. Acil servisi verisi, hastanenin bilgi sisteminde hali hazırda yer alan acil servis süreci ile ilgili üç farklı rapordan temin edilmiştir. İlk rapor, hastane bilgi sisteminde yer alan acil ile ilgili performans göstergelerinin kısmen listelendiği bir rapordur. İkinci raporda konsültasyon bilgileri, üçüncü raporda ise hastaya uygulanan tetkiklerin listesi ve detayları yer almaktadır. Bu raporlar, acil servis sürecinin başlangıcından bitişine kadar ki adımları ele alacak süreç akışı bakış açısından ziyade, nesnel olarak tasarlanmıştır.

Acil servis süreci, hastanenin acil polikliniği tarafından desteklenir. Bu süreç üzerinde herhangi bir süreç madenciliği analizi yapabilmek için, en az üç tür veri özelliğine gerek duyulur. Bunlar; hasta kimliği, etkinlik adı ve zaman damgasıdır. Bu aşamada, bu bilgilere ek olarak, kaynaklar ve verinin öz nitelikleri ile ilgili birtakım özellikler de elde edilmiştir. Acile geliş durumu, acil durumu (triyaj renk kodu bilgisi), tanı, karar sonucu, hastanın yaşı, cinsiyeti gibi demografik özellikleri veri öz niteliklerini oluştururken muayene eden doktor ve acil servis odası ise kaynak niteliklerini oluşturur.

Acil servis sürecinde hastanın acile gelişinden taburculuğuna ait bağlamsal veriler, hastanenin kalite yönetimi bölümünden elde edilmiştir. Hastane kalite yönetim

bölümünde triyaj sistemi üç çeşit renk koduna göre yapılmıştır. Çok acil durumda olan hastalar kırmızı, acil durumunda olan hastalar sarı, normal durumunda olanlar yeşil renk koduna sahiptir. Olası karar sonuçları: “başka merkeze sevk”, “öneri verildi”, “reçete verildi”, “ex (ölüm)”, “servis yatışı yapıldı”, “yoğun bakım yatışı”, ya da “ameliyata alındı” olabilir.

Çizelge 5-7 Acil servis süreci için GQFI tablosu

Hedef	Amaç Özellik Nesne (Süreç) Bakış açısı	Anlamak Zamanlama Acil servis süreci Hastane yöneticisi
Soru	Süreç Madenciliği Özelliği	Gösterge
1. Sürecin genel görünümü nasıldır?	Günlük ve Örüntü İnceleme Süreç Keşfi	Toplam hasta/olay/etkinlik sayısı Ortalama hasta akış zamanı Sürecin başlangıç ve bitiş zamanı Veri özniteliklerinin sıklıkları/göreceli sıklıkları Kaynak özniteliklerinin sıklıkları/göreceli sıklıkları Toplam örüntü sayısı Her bir hastanın akış zamanı Süreci başlatan ve bitiren etkinlikler Her bir yoldan geçen hastaların sayısı ve kimlikleri Her bir etkinlikten geçen hastaların sayısı ve kimlikleri Acile yeniden başvuru yapan hastaların sayısı ve kimlikleri
2. En çok takip edilen yollar ve istisnai yollar nelerdir?	Günlük ve Örüntü İnceleme Süreç Varyasyon Analizi	Toplam örüntü sayısı Her bir örüntüdeki hasta/olay sayısı Her bir varyasyona ait hastaların yüzdesi Her bir varyasyonun izlemiş olduğu yol (etkinliklerin dizilimi) Her bir varyasyondaki hastaların kimlikleri Her bir varyasyonun ortalama akış zamanı
3. 112 ambulansı ile acile gelen hastaların süreç görünümü nasıldır?	Günlük ve Örüntü İnceleme	Kırmızı/sarı/yeşil triyaj ölçeğinin sıklığı/göreceli sıklığı
4. Tanımlanan süreçten sapmalar var mı?	Uygunluk Kontrolü	Eşleşme oranı (“matching rate”) Maliyete dayalı uyumluluk değeri (“cost-based fitness”) Uyan (“fitting”) yollar ve etkinlik dizilimleri Uymayan (“non-fitting”) yollar ve etkinlik dizilimleri

		Uyan ve uymayan yolları izlemiş olan hastaların kimlikleri
5. Süreçteki darboğazlar nerededir?	Performans Analizi	Sürecin toplam/ort./min./maks. zamanı Her bir yol için toplam/ort./min./maks. zamanı Her bir etkinlik için toplam /ort./min./maks. zamanı Her bir etkinlik geçişi arasındaki toplam/ort./min./maks. bekleme zamanı

Hastanenin acil servis sürecine ait Sağlık Bakanlığı tarafından [203] yıllık olarak denetlenen performans göstergeleri: acil servise yeniden başvuru oranı, acil serviste ortalama müşahede süresi, konsültan hekimin acil servise ulaşma süresi ve hasta sevk oranıdır.

5.5.2.3. Veri Ön İşleme

Sağlık verisinin ön işleme adımları, olay verisinin olay günlüğü olarak *biçimlendirilmesi*, her bir soru için *filtrelenmesi*, *soyutlanması* veya *kümelenmesi* alt işlemlerinden oluşur. Süreç madenciliği tekniklerinin uygulanması için olay verisi olay-nesne modeline [13] göre modellenerek biçimlendirilir. Bu biçimlendirme tez kapsamında geliştirilen yazılım aracılığıyla otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu durum çalışmada acil ile ilgili raporlardaki nesne merkezli olay verileri, hasta kimlikleri üzerinden birleştirilerek olay günlükleri haline dönüştürülmüştür.

Tipik bir acil servis süreci: acile geliş, kayıt, triyaj, muayene, tetkikler, müdahale ve konsültasyon ve karar sonucu etkinliklerinden oluşur. Bir hasta bu etkinliklerden herhangi birini herhangi bir sayıda gerçekleştirebilir. Bu süreç modelindeki durum nesnesi, hastadır; olay nesnesi ise her bir hasta için gerçekleştirilen etkinliklerle ilgilidir. Hastanın yaşı, cinsiyeti ve tanısı olay düzeyinde tutulur ve hasta ile ilişkilendirilir. Gerçekleştirilen etkinlik, etkinlik zaman damgası, ilgili doktor da olay düzeyinde olay nesnesinde tutulur. Yaş, cinsiyet, tanı bilgisi ve triyaj durumu, olayın veri öz nitelikleridir; muayene eden doktor ve acil odası kaynak nitelikleridir. Tüm bu özellikler, keşfedilen süreç modelini farklı perspektiflerden (veri, kaynak, performans) zenginleştirmek için kullanılır.

Süreç madenciliği, veriyi anlamak ve yönetmeyi zorlaştıran, karmaşık ve spagetti

benzeri bir modele neden olabilir. Bu acil sürecinin olay günlüğü çok sayıda farklı tetkiği içermektedir. Bu sebeple tüm düşük seviye laboratuvar testleri tek bir test türü olarak kabul edilmiştir. Ayrıca süreç gerçekleştirmelerinde 14 çeşit karar sonucu oluşmuştur. Süreç varyasyonlarını ve sürecin genel bir görünümünü izlemek amacıyla tüm acil durumları için karar sonucu etkinliği, tek bir etkinlikte toplanmıştır. Böylece tetkik ve karar sonucu etkinliklerinin detayları soyutlanmıştır.

Örnek olarak, acil durumu normal ve acil olan iki hastanın olay günlüğü, Çizelge 5-8'de gösterilmiştir. Çizelgede hastalara ait olay günlüğünün; hasta kimliği, olay kimliği, etkinlik adı, başlangıç zamanı, acil durumu ve tanı bilgisi verilmiştir.

Çizelge 5-8 Acil durumu normal ve acil olan iki hastaya ait olay günlüğünün bir bölümü

Hasta No	Olay No	Etkinlik	Başlangıç Zamanı	Acil Durumu	Tanı (SUT Kodu)
1070	12	Acil Giriş	2018-03-26 14:01	Normal	S61
1070	13	Triyaj Giriş	2018-03-26 14:02	Normal	S61
1070	14	Triyaj Çıkış	2018-03-26 14:02	Normal	S61
1070	15	Yeşil	2018-03-26 14:02	Normal	S61
1070	16	Muayene	2018-03-26 16:38	Normal	S61
1070	17	Acil Çıkış	2018-03-26 16:40	Normal	S61
1070	19	Taburcu	2018-03-26 16:40	Normal	S61
1021	20	Acil Giriş	2018-03-30 12:54	Acil	R10.4, I20.9
1021	21	Triyaj Giriş	2018-03-30 12:55	Acil	R10.4, I20.9
1021	21	Triyaj Çıkış	2018-03-30 12:55	Acil	R10.4, I20.9
1021	21	Sarı	2018-03-30 12:55	Acil	R10.4, I20.9
1021	21	Muayene	2018-03-30 13:00	Acil	R10.4, I20.9
1021	21	Müşahede Giriş	2018-03-30 13:02	Acil	R10.4, I20.9
1021	21	Müşahede Çıkış	2018-04-30 10:08	Acil	R10.4, I20.9
1021	21	Acil Çıkış	2018-04-30 10:12	Acil	R10.4, I20.9
1021	21	Reçete Verildi	2018-04-30 10:12	Acil	R10.4, I20.9
1021	21	Öneriler	2018-04-30 10:12	Acil	R10.4, I20.9

5.5.2.4. Günlük ve Örüntü İnceleme

Günlük ve örüntü inceleme, olay günlüğü olarak biçimlendirilen olay verisinin, Disco aracı kullanılarak konfigüre edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Acil servis sürecindeki toplam olay ve hasta sayısı elde edilmiş, hastanın etkinlikleri incelenmiş ve süreç örüntüleri tespit edilmiştir. İstatistiklerin bir kısmı, ameliyat sürecine ilişkin bir bakış açısı elde etmek için, Çizelge 5-9'da gösterildiği gibi, Disco aracının günlük özet görüntüleyici özelliği kullanılarak sağlanmıştır. Ayrıca Çizelge 5-10'da, üç farklı triyajya göre sınıflandırılmış analiz birimlerinin ortalama akış zamanı gösterilmiştir.

Çizelge 5-9 Acil servis süreci günlük ve örüntü inceleme

Gösterge	Değer
Hastaların sayısı	945
Olayların sayısı	7807
Etkinliklerin sayısı	13
Trijaj kategorilerinin sayısı	3
Doktorların sayısı	8
Örüntülerin sayısı	65
Ortalama hasta akış zamanı	11.9 saat

Çizelge 5-10 Triyajlara göre hasta sayısı ve akış zamanı

Trijaj Renk Kodu	Hastaların Sayısı /Yüzdesi	Ortalama Akış Zamanı
Kırmızı (Çok acil)	13 - % 1	7.1 saat
Sarı (Acil)	720 - % 76	7.8 saat
Yeşil (Normal)	257 - % 27	7.0 saat
Belirlenmemiş	84 - % 8	13.0 saat

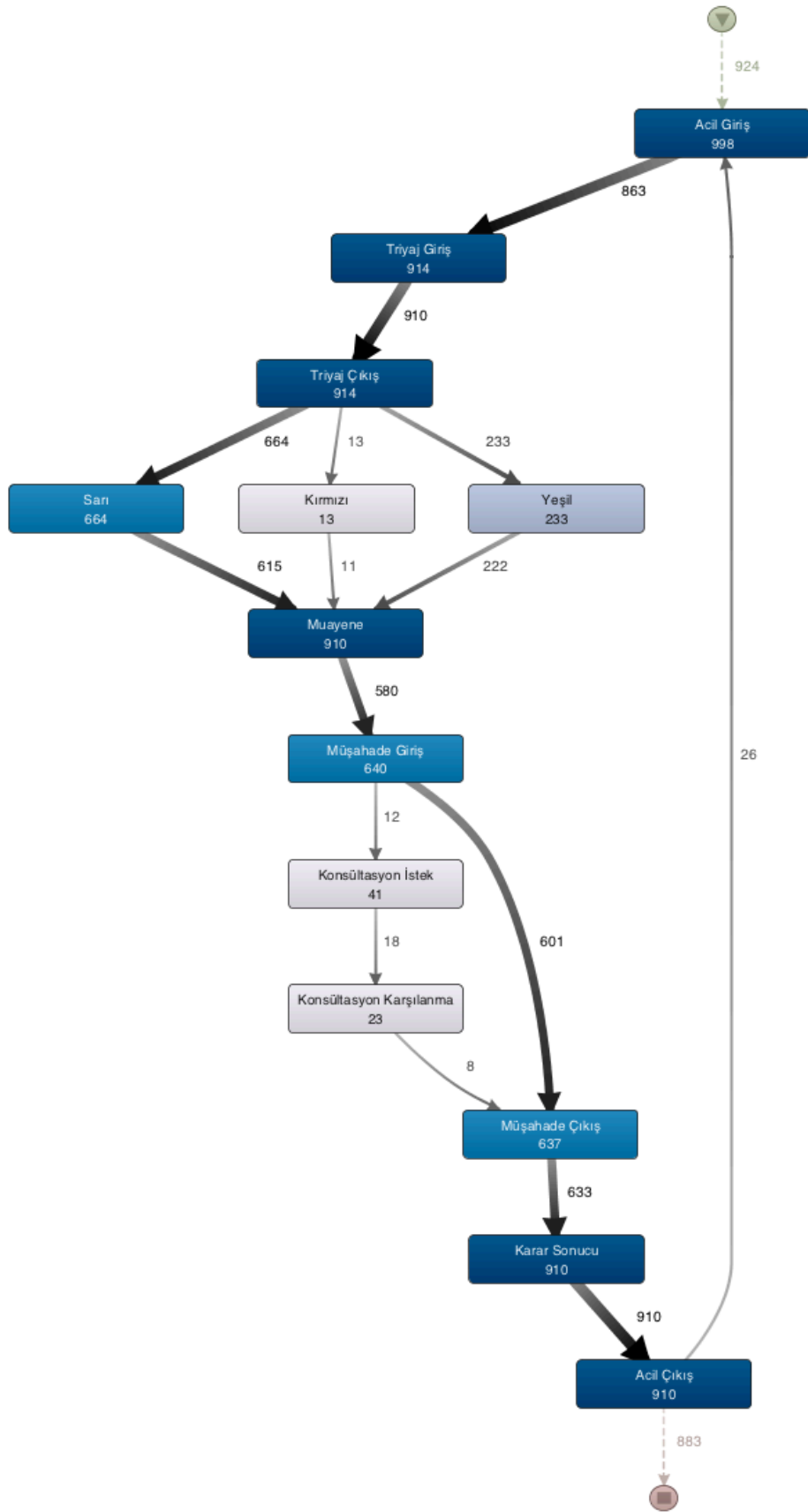
5.5.2.5. Süreç Madenciliği Analizi ve Soruların Cevaplarının Oluşturulması

1. Sürecin genel görünümü nasıldır?

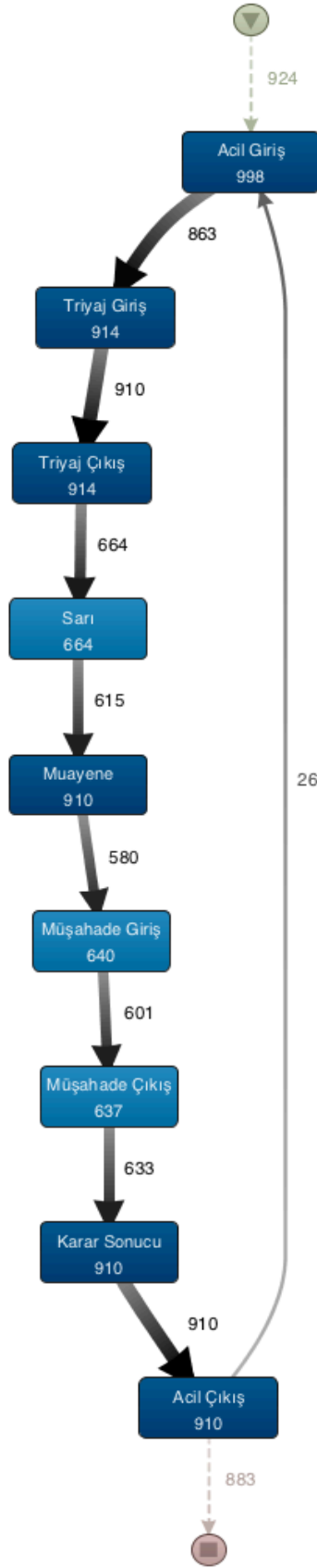
Bu soruya cevap verecek operasyonel senaryo, süreç haritası, istatistik ve örüntüler açısından sürecin genel özelliklerini göstermektedir. Aşağıda bu senaryo kapsamında uygulanan iki süreç madenciliği özelliği açıklanmaktadır.

Günlük ve Örüntü İnceleme: Disco, sürecin ayrıntılı istatistiklerini sağlar. Onüç ana faaliyet altında, 945 hasta ve 7807 olay olduğunu göstermektedir; bu sebeple, veri kümesi, nispeten küçük bir veri kümesidir. Verilerin zaman aralığı yaklaşık iki aydır. Ortalama hasta akış süresi 11.9 saattir (kırmızı renk kodu için 7.1 saat; sarı renk kodu için 7.9 saat; yeşil renk kodu için 7 saat). Ancak bazı durumlarda, süreç 46 güne kadar uzamıştır. En büyük göreceli sıklık değeri; hasta yaşı için 21 (%3), cinsiyet için kadın değerine (%56), acile geliş durumu niteliği için “kendisi” değerine (95), acil durumu niteliği içinse acil (sarı) değerine (%72) aittir. Toplamda 65 örüntü gözlenmiştir.

Süreç Keşfi: Olay günlüğü incelemesinden sonra acil servis sürecinin bir süreç haritası oluşturulmuştur (Şekil 5-6) . Bu harita, Fuzzy Miner [50] algoritmasını temel alan ve bir takım düzenlemelerle geliştirilmiş olan Disco Miner tarafından oluşturulmuştur. Haritaya göre 945 hasta, sürecin ilk adımı olan “acile giriş” etkinliği ile, ya da “muayene”, “müşahede giriş” ve “konsültasyon istek” etkinlikleri ile başlar. Acile giriş etkinliğinden sonra hasta triyaj girer ve süreç üç alternatif yola ayrılır. Daha kalın çizgi, en sık yapılan etkinlikleri yansıtır; örneğin, triyajdan sonra 664 hastanın sarı renk koduna atanması etkinliği gerçekleşmiştir. Etkinlikler arasında baskın yeniden işlem döngüsü yoktur; sadece taburcu edildikten sonra sadece 26 hasta tekrar acil servise başvurmuştur. Süreci bitiren etkinlikler; “acil giriş”, “muayene”, “acil çıkış”, “müşahede çıkış”, “konsültasyon istek” ve “konsültasyon karşılanma” etkinlikleri olmuştur. Etkinlik kaydırıcısı en alt noktaya çekildiğinde, sürece ait sık izlenen etkinlikler ve sıraları görülmektedir (Şekil 5-7). Bunlar “acil giriş”, “triyaj giriş”, “triyaj çıkış”, “sarı”, “muayene”, “müşahede giriş”, “müşahede çıkış”, “karar sonucu” ve “acil çıkış” adımlarıdır. Süreci bitiren etkinliklerin çeşitliliği, süreci sonlandırma ile ilgili bir uyumsuzluk olduğunu göstermiştir. Basitleştirilmiş görünümde sadece en önemli akışın incelenmesi nedeniyle, geçişler arasında eksik olan hastalar olabilir. Etkinlik kaydırıcısı üst tarafa çekildiğinde, tüm yollar Şekil 5-8’de gösterildiği gibi, ortaya çıkmış ve süreç haritası daha karmaşık hale gelmiştir. Sürecin bu oldukça karmaşık ve anlaşılamayan hali, süreç analizinin yapılmasını imkansız hale getirmektedir.



Şekil 5-6 Acil servis sürecine ilişkin süreç haritası



Şekil 5-7 Acil servis sürecinde en sık izlenen yollar

3. En çok takip edilen yollar ve istisnai yollar nelerdir?

Bu soru için operasyonel senaryo, aşağıda açıklanan iki süreç madenciliği özelliğini içerir:

Günlük ve Örüntü İnceleme: Sürecin bu görünümünde, 945 adet hastaya ait 65 farklı süreç örüntüsünün gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Hasta sayısı göz önünde bulundurulduğunda, süreçteki farklılaşmaların fazla olduğu söylenebilir.

Süreç Varyasyon Analizi: Çizelge 5-12'de gösterildiği gibi, acil servis sürecinin en sık gözlemlenen 10 varyasyonu türetilmiştir. İlk varyasyona ait , ortalama üç saat boyunca acilde bulunan ve aynı yolu izleyen 405 farklı hastanın (farklı doktor ve ameliyatlari kapsayan) ilgili olayları, sürecin yaklaşık %42'sini kapsamaktadır. Etkinlik dizilimi, en çok takip edilen ana sürecin dizilimidir. Acil servis süreci çeşitli süreç varyasyonuna sahip, farklılaşmaların yoğun olduğu bir süreç türü olmuştur. Tek bir hastayı içeren 26 varyasyon (%0.09) diğer hastaların tümünden farklı bir yol izlemiştir.

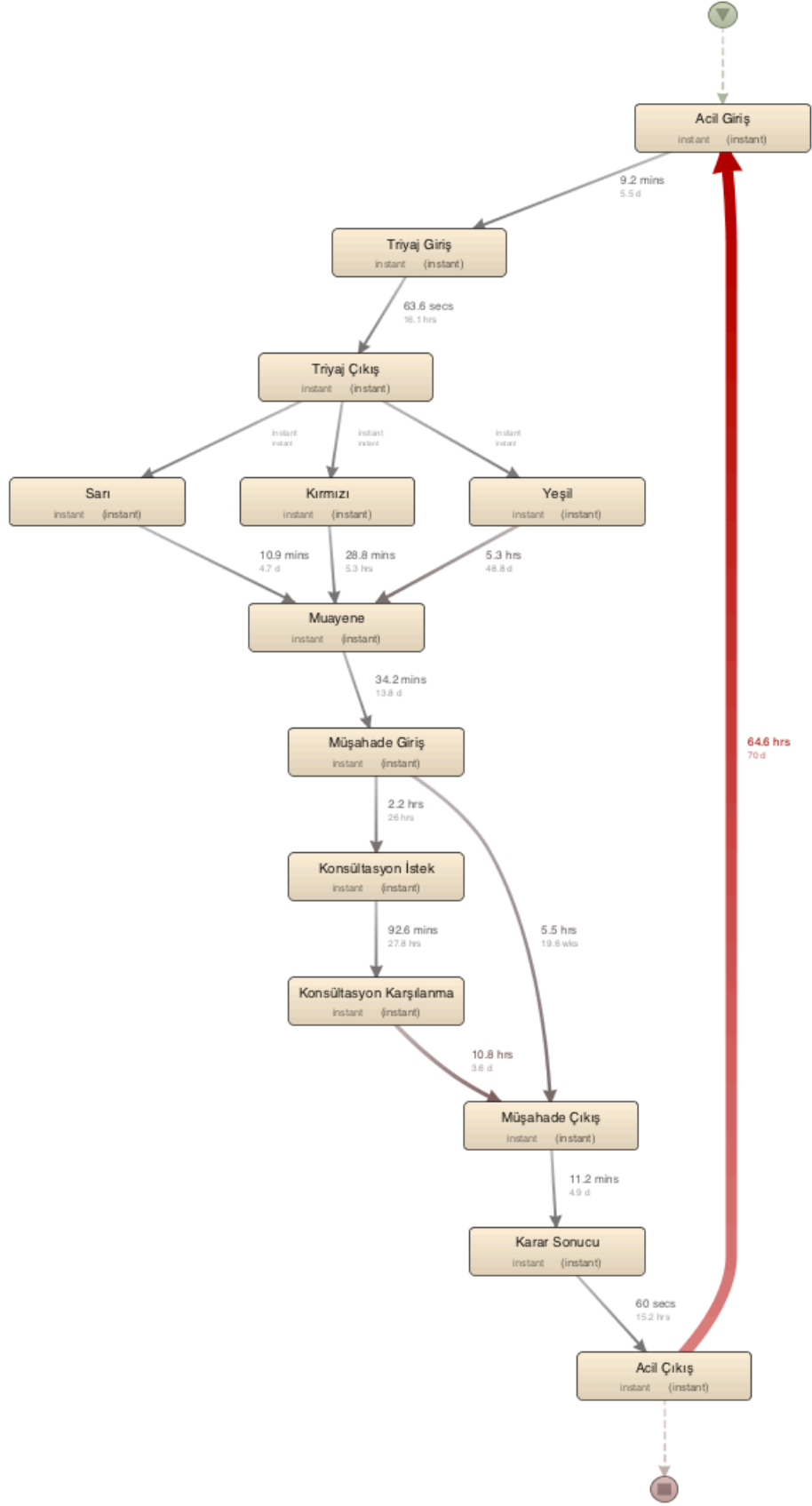
4. Süreçteki darboğazlar nerededir?

Performans Analizi: Disco kullanılarak yapılan performans analizi, sürecin farklı bölümlerindeki ortalama gecikmeleri ve ortalama süreleri gösterir. Şekil 5-9, acil servis sürecinin farklı aşamalarında geçirilen toplam ve ortalama süreleri göstermektedir. Kırmızı renk koduna sahip hastaların triyaj adımından muayene adımına geçişi (28.8 dakika), beklenenden daha uzun sürmüştür. Konsültasyon isteği ile karşılanma için ortalama zaman 92 dakikadır. Ayrıca taburcu edildikten sonra bazı hastalar, çeşitli nedenlerden dolayı ortalama 64 saat sonra, acil servise tekrar başvurmuştur.

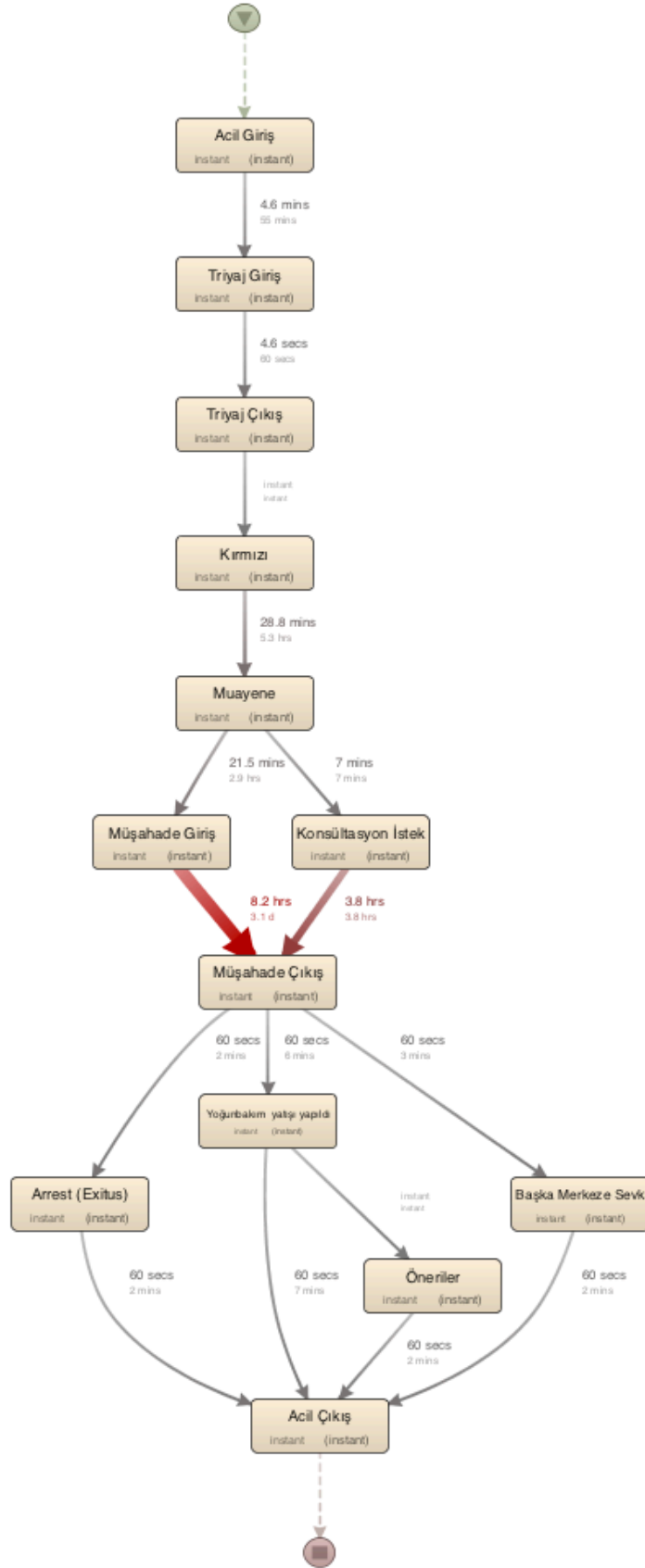
Acil servis süreci farklı analiz birimlerinden oluşturduğu için performans analizi kırmızı renk koduna sahip (Şekil 5-10) ve triyajı belirlenmemiş (Şekil 5-11) hastalar üzerinden de yapılmıştır. İki hasta grubu için, müşahede giriş ve çıkış ile konsültasyon istek ve karşılanma adımları arasında, iki darboğaz görülmüştür.

Çizelge 5-12 Acil servis sürecinde en çok izlenen 10 süreç varyasyonu

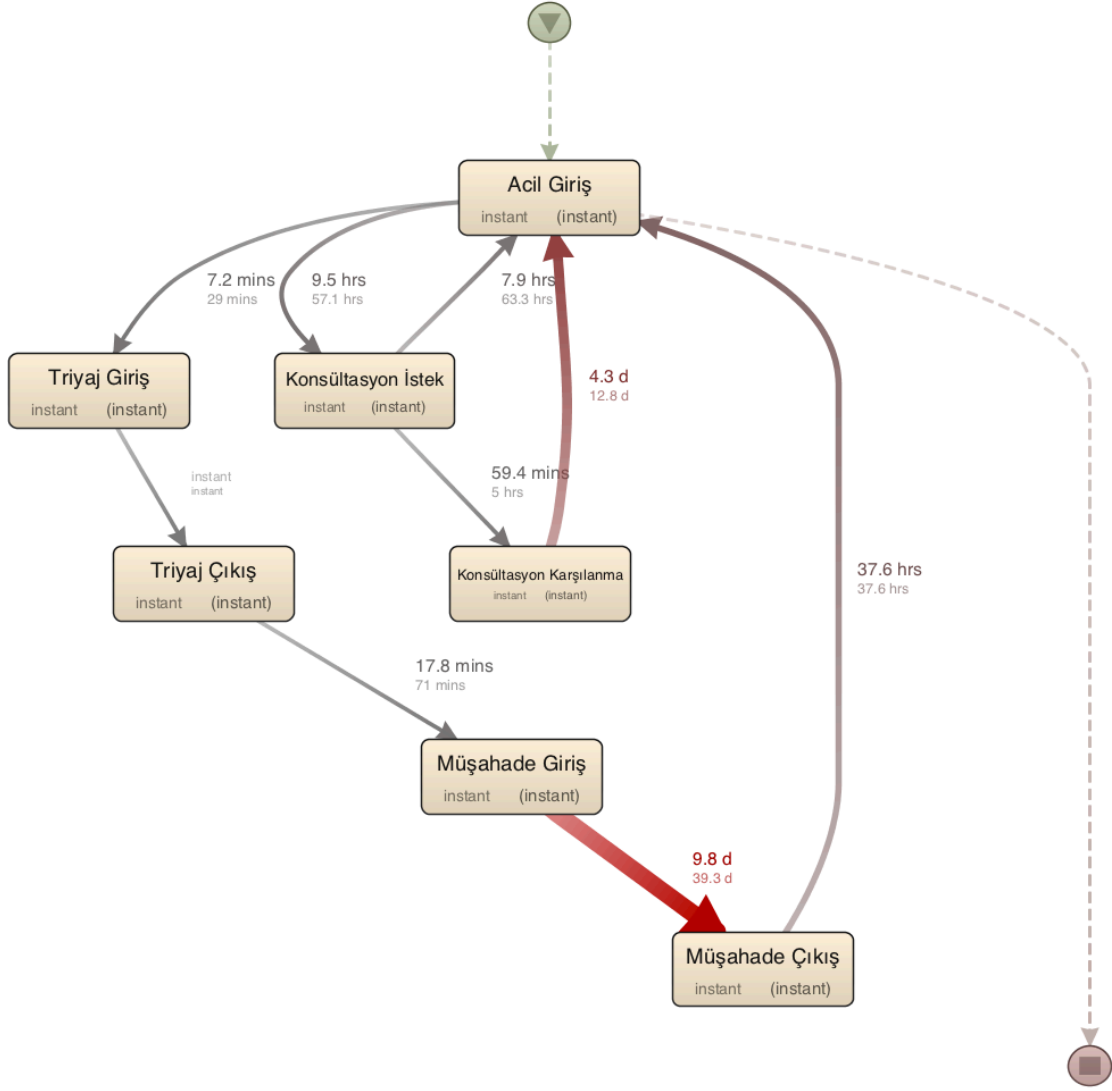
No	Süreç Varyasyonu	Sıklık	Yüzde (%)	Ortalama Zamanı (dakika)
V1	Acil giriş >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Müşahede giriş > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	405	42	192
V2	Acil giriş >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Karar sonucu > Acil çıkış	129	13	98
V3	Acil giriş >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Yeşil > Muayene > Karar sonucu > Acil çıkış	108	11	42
V4	Acil giriş > Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Yeşil > Muayene > Müşahede giriş> Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	103	10	88
V5	Acil giriş	40	4	0
V6	Acil giriş > Muayene >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Müşahede giriş > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	27	3	225
V7	Acil giriş > Muayene >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Karar sonucu > Acil çıkış	9	1	71
V8	Acil giriş > Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Acil giriş > Müşahede giriş > Acil giriş > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	8	1	8097
V9	Acil giriş > Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Müşahede giriş > Konsültasyon istek > Konsültasyon karşılanma > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	6	1	420
V10	Acil giriş >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Kırmızı > Muayene > Müşahede giriş> Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	6	1	180



Şekil 5-9 Acil servis süreci performans analizi



Şekil 5-10 Kırmızı renk koduna sahip hastalar için performans analizi



Şekil 5-11 Triyajı belirlenmemiş hastalar için performans analizi

5. Tanımlanan süreçten sapmalar var mı?

Uygunluk Kontrolü: Sürecin gözlenen davranışı ile modellenen davranışını karşılaştırmak için Disco aracındaki süreç haritasının ayrıntılı bir görünümü kullanılmıştır. Tüm sürecin süreç haritasına göre, çoğu hasta sıralı bir yol izlemiş ve bu yol: hastanın acile gelişi, triyajının belirlenmesi, muayene ve acilden çıkış adımlarını içermiştir. Etkinliklerin bu dizilimi, acil servis sürecinin modellenen ve beklenen davranışına uygundur. Modellenen davranışa uymayan dizilimler, Çizelge 5-13'de gösterilmiştir. V5 ve V12 etkinliği sadece acile girişi yapılan 44 hastaya aittir. Bu durum acil servis kaynaklarının olumsuz kullanımına yol açmakta ve sürecin modellenen davranışına uymamaktadır. V6, V7, V14, V22 ve V23 (n=51) varyasyonlarında, hastaların triyajdan sonra muayene edilmesi gerekirken hastalar

triyajdan önce muayene edilmiştir. V13 varyasyonunda müşahede sırasında muayene adımı gerçekleşmiştir.

Modellenen davranışa uymayan dizilimler göz önünde bulundurularak modellenen ve gözlenen süreç davranışının eşleşme oranı %85 olarak hesaplanmıştır.

5.5.2.6. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu aşamada, GQFI tablosunun bir örneği, acil servis süreci göstergelerinin gerçek değerleri kullanılarak türetilmiş ve nicel sonuçlar, sorulara (1-5) verilen cevaplar şeklinde özetlenmiştir.

1. Acil servise başvuran 945 hasta için ortalama hasta akış süresi (acile girişten acilden çıkışa kadar geçen süre) 11.9 saat olarak hesaplanmıştır. Bu hastalar arasından yaklaşık 62 (%6) hastanın acile gelişinden çıkışına kadar geçen süre 12 saatten uzun sürmüştür. Ayrıca 46 güne kadar acilde yatan hastalar gözlemlenmiştir. Bu durum, acil servis süreci ile ilgili performans problemlerinin varlığına işaret etmiştir.
2. Acil servise 112 ambulansı ile gelen hastaların triyaj ölçeklendirmesi incelendiğine, yeşil renk koduna sahip hasta sayısının toplam başvuruların %5'ine tekabül ettiği görülmüştür.
3. 65 farklı süreç varyasyonuna sahip acil servis sürecinin en çok takip edilen etkinlik dizilimi, tüm süreç örneklerinin %42'sini kapsamış ve birçok istisnai yol (26 süreç varyasyonu) gözlemlenmiştir. Bu sapmalar, bu varyasyonların uygulamasının farklı tanı grupları, hasta grupları veya triyaj kategorileri için farklı yollara bölünmesi gerektiğini göstermektedir.
4. İki farklı noktada darboğazlar tespit edilmiştir. Triyaj çıkışı ile muayene adımları arasında, kırmızı alandaki hastalar için bekleme süresi 28 dakika olarak ölçülmüştür. Çok acil durumdaki hasta için istenilen tüm tıbbi isteklerin doktor tarafından yapıldığı göz önünde bulundurulursa süreci hızlandırmak için yapılan faaliyetlerin sürecin akışında yanlış veri girişine neden olduğu söylenebilir. İkinci darboğaz ise konsültasyon isteği ile konsültasyon karşılanma adımları arasında 92 dakika olarak ölçülmüştür. Bu iki değer de beklenen değerlerin üstündedir.
5. Süreç uygunsuzlukları incelenmiştir. Hastaların %6'sının triyaj öncesinde muayene edilerek triyaj adımının atlandığı, %5'i için ise acile giriş yapıp konsültasyon istendiği veya başka bir etkinlikte bulunmadığı görülmüştür.

Çizelge 5-13 Acil servis sürecinin modellenen davranışına uymayan varyasyonları

No	Süreç Varyasyonu	Sıklık	Yüzde (%)	Ortalama Zamanı
V5	Acil giriş	40	4	0
V6	Acil giriş > Muayene >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Müşahede giriş > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	32	3	225 dk
V7	Acil giriş > Muayene >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Karar sonucu > Acil çıkış	9	2	71 dk
V8	Acil giriş > Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Acil giriş > Müşahede giriş > Acil giriş > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	8	1	14 gün
V12	Konsültasyon istek > Acil giriş	5	0,5	109 dk
V13	Acil giriş >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Müşahede giriş > Muayene > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	4	0,5	135 dk
V14	Acil giriş > Muayene >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Yeşil > Karar sonucu > Acil çıkış	4	0,5	35 dk
V15	Konsültasyon istek > Konsültasyon karşılanma > Acil giriş > Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Müşahede giriş > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	4	0,5	19 gün
V16	Acil giriş > Acil giriş > Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Müşahede giriş > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	3	0.5	3 gün
V17	Acil giriş > Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Müşahede giriş > Müşahede çıkış	3	0.5	7 gün
V18	Acil giriş > Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Müşahede giriş > Konsültasyon istek > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	3	0.5	239 dk
V19	Acil giriş >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Müşahede giriş> Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış > Acil giriş >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Müşahede giriş> Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	3	0.5	1 gün
V20	Acil giriş >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Müşahede giriş> Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış > Acil giriş >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Karar sonucu > Acil çıkış	3	0.5	3 gün
V21	Acil giriş >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Müşahede giriş > Karar sonucu	3	0.5	80 dk
V22	Acil giriş > Muayene >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Müşahede giriş > Acil giriş > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	3	0.5	117 sa
V23	Acil giriş > Muayene >Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Yeşil > Müşahede giriş > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	3	0,5	77 dk
V24	Müşahede giriş > Acil giriş > Triyaj giriş > Triyaj çıkış > Sarı > Muayene > Müşahede çıkış > Karar sonucu > Acil çıkış	3	0.5	188 dk

Ayrıca 25 (%3) hastanın acilden çıktıktan sonra birtakım nedenlerle tekrar acile girişinin yapıldığı tespit edilmiştir.

5.5.2.7. Süreç iyileştirme Önerileri

Acil servis süreci; acile giriş, triyaj giriş, triyaj çıkış, muayene, müşahede giriş, müşahede çıkış, karar ve acile çıkış olmak üzere, sekiz temel etkinlikten oluşmaktadır.

Türkiye’de acil sağlık hizmetlerine yapılan başvuru sayısı ve acil sağlık hizmetlerine yapılan harcamaların artması, büyük bir sorun haline gelmiştir. Acile gelen hastaların durumlarının gerçekten acil olması, her hastanın acilden en geç 12 saatte taburcu edilmesi ve triyajda acil durumunun belirlenmesi, acil servisin etkin kullanımı ve acil hastalara zamanında müdahale edilmesi bakımından önemlidir. Bu durum çalışmada, acil servis sürecinin zaman verimliliği; süreç varyasyonları, uygunsuzlukları ve darboğazları ile ilgili bazı temel göstergelerle ilişkilendirilmiştir.

İlk sorunun yanıtlanması ile acil servis sürecinde ortalama hasta akış zamanının 12 saat olarak ölçülmesi ve bazı hastaların 46 günü bulan acil servis yatışları, zaman verimliliği problemlerinin açık birer göstergesi olmuştur. Mevcut sağlık politikaları nedeniyle (SABİM şikayetleri, malpraktis davaları, yönetsel baskılar vb.) acil servis hekimleri, defansif tıp uygulamasına yönelmiştir. Defansif tıp uygulaması, hekimlerin tıp dışı korkular (görev sırasında şiddete uğrama, şikâyet edilme, cezai takibata uğrama veya tazminat davası açılma olasılığı) duyması nedeniyle davranışlarını buna göre gerçekleştirmesi olarak tanımlanır. Defansif tıbbin zararsız bir şekilde gerçekleştirilmesi paralelinde ofansif tıbbın daha iyi belirlenmesi, önerilen ilk süreç iyileştirme önerisidir. Böylece hem acil servis kaynakları daha gerekli kullanılacak hem de hasta bekleme süresinde azalış olacaktır.

İkinci sorunun yanıtlanması ile tespit edilen sürecin farklılaşmalarının önüne geçebilmenin birinci yolu, acilin sınıflandırılması (kadın doğum acili, ortopedi acili vb.) olabilir. Acil sınıflandırması ile konsültasyon bekleme zamanının azalması beklenir. İkinci yolu ise triyaj ölçeklendirmesinin 5’li renk koduna çıkarılması ve tüm hastalar için aktif olarak uygulanmasının sağlanması olabilir. Triage yapılmadan muayene yapılması ve bu oranın %5 olması, triyajın aktif olarak uygulanmadığının nicel bir değerlendirmesidir. Bu yaptırım, için kağıt ortamında yapılan kayıtların

hastane bilgi sistemine aktarılması ve tüm kayıtların sistemde yer alan kontroller aracılığıyla yönlendirilmesi gerekmektedir.

Üçüncü sorunun yanıtlanması sonucunda, 112 ambulansı ile başvuruda bulunan ve acile gelen hastaların yeşil triyaj ölçeklendirmesinin olmaması için, acil durumu olmayan hastaların 112 başvurularına ceza yükümlüğü getirilmesi gereği tespit edilmiştir.

Dördüncü sorunun yanıtlanması ile acil süreci uygunsuzlukları arasında, triyaj adımın atıldığı ve acilden konsültasyon taleplerinin yapıldığı tespit edilmiştir. Bu uygunsuzlukların önüne geçebilmek için, hastane bilgi sisteminde mevcut kontrollerin yapılması gerekmektedir.

Beşinci sorunun yanıtlanması sonucunda, acil konsültasyonlarında bekleme süresi ile ilgili darboğazın giderilmesi için, çağrı sistemi uygulamasının etkin bir şekilde kullanılması gereği ortaya çıkmıştır. Böylece hasta başına gelen hekimin çağrısı pratik bir şekilde butona basarak sonlandırması sağlanabilir. Mevcut durumda, hastanın durumuna bağlı olarak hastaneye çağrılan doktorun gelişi gerçekleşmesine rağmen konsültasyon karşılanma etkinliği girişi yapılamamaktadır. Ayrıca triyaj sonrasında muayene bekleme süresi, kırmızı renk koduna sahip hastalar için 28 dakika olarak ölçülmüştür. Bu durum ile ilgili tespit edilen darboğazın giderilmesi için bir öneri, hastanın tetkiğinin istendiği anda muayene girişinin yapılma şartının getirilmesi olabilir.

5.5.3. Değerlendirme Anketi Sonuçları

Üniversitesi hastanesinde, mevcut yöntemi kullanan kalite birimi personellerine önerilen yöntemin özellikleri anlatılmıştır. Ameliyat ve acil servis süreci ile ilgili elde edilen süreç haritası, performans analizi, darboğazlar ve süreç uygunsuzluklukları paylaşılmıştır. Bu operasyonel metriklerin nasıl elde edildiği açıklanmıştır. Anket görüşmesi her bir birey için yaklaşık 10 dakika sürmüştür. Anket görüşmeleri sonuçları toplanmıştır. Beşinci ve altıncı sorular için “kısmen katılıyorum”, diğer tüm sorular için katılıyorum cevabı en çok tercih edilen cevaplar olmuştur.

Acil servis ve ameliyat süreci için önerilen yöntem ile süreç iyileştirme önerileri elde edildiği anket cevapları ile de doğrulanmıştır. Neredeyse tüm soruların olumlu olarak yanıtlanması önerilen yöntemin mevcut yöntemden daha etkin ve verimli olduğunu göstermiştir.

5.6. Geçerlilik Değerlendirme

Sonuçların geçerliliği, sonuçları genelleştirmek istediğimiz popülasyonun tamamı için uygun ve doğru olarak değerlendirilmelidir. Bu bölüm, bu deneysel çalışmanın geçerliliğine yönelik tehditleri ve bunları hafifletmek için olası eylemleri sunmaktadır. Yapı geçerliliği, iç geçerlilik, dış geçerlilik ve güvenilirlik olmak üzere dört temel geçerlilik testi ele alınmıştır [21]:

Yapı geçerliliği: çalışılan kavramlar için doğru operasyonel önlemlerin belirlenmesi,

İçsel geçerlilik: nedensel ilişkilerden farklı olarak belirli koşulların başka koşullara yol açtığı nedensel bir ilişkinin kurmaya çalışılması,

Dış geçerlilik: çalışmanın bulgularının genelleştirilebileceği alanın tanımlanması,

Güvenilirlik: veri toplama prosedürleri gibi bir çalışmanın faaliyetlerinin aynı sonuçlarla tekrarlanabileceğinin gösterilmesidir.

Bu geçerlilik testleri Yin ve [21] tarafından önerilen durum çalışması stratejileri bağlamında incelenmiştir.

5.6.1. Yapı Geçerliliği

Yapı geçerliliği testi, üzerinde çalışılan operasyonel tedbirlerin ne ölçüde araştırmacının aklından geçenleri temsil ettiğini ve araştırma sorularına göre neyin araştırıldığını yansıtmaktadır.

Yapı geçerliliği için, ilk strateji olarak çoklu kanıt kaynağı kullanımı veri toplama sürecinde sağlanmıştır. Veri kaynakları; belgeler, arşiv kayıtları, görüşmeler, doğrudan gözlemler, katılımcı gözlemleri ve fiziksel eserler olabilir. Deney çalışmada kullanılan kaynaklar; belgeler, arşiv kayıtları, ve anket görüşmeleri olmuştur. Böylece kanıt zinciri de oluşturulmuştur. Deneysel çalışmaların tasarım ve planı rapor halinde hazırlanmış ve tez danışmanı tarafından gözden geçirilmiştir.

5.6.2. İçsel Geçerlilik

İçsel geçerlilik, bir araştırmacının y olayının nasıl ve niçin x olayına yol açtığını açıklamaya çalıştığı durumlarda, genellikle açıklayıcı türdeki durum çalışmalarına yönelik bir kaygıdır. Bu mantık bu tür nedensel durumla ilgilenmeyen keşifsel çalışmalara uygulanamaz. Doğası gereği yaptığımız durum çalışmaları keşifsel bir çalışma olduğu için içsel geçerlilik mantığı uygulanabilir değildir. Ancak, tek

araştırmacının çalışmaları yürütmüş olması içsel geçerliliğe bir tehdit oluşursa da bu tehdit ile başa çıkmak için çalışma sırasında alandaki uzmanlardan geri bildirim alınmıştır.

5.6.3. Dışsal Geçerlilik

Dış geçerlilik, bu çalışmanın, bulgularının uygulanan iki durum çalışmasının ötesinde genellenebilir olup olmadığıyla ilgilidir. Deneysel alışmalar sadece iki durum için yürütmüş olsa da önerilen yöntem sağlık süreçlerine yönelik geliştirilmiş ve operasyonel analiz senaryolarını tanımlamak için bir rehberlik sunmaktadır. Elde edilen sonuçlar popülasyona, yani tüm sağlık süreçlerine genelleştirilemez. Bu tehdit, farklı hastanelerin farklı sağlık süreçlerini içeren daha fazla örnek durum incelemesi yapılarak değerlendirilmelidir.

5.6.4. Güvenilirlik

Güvenilirlik testi, verilerin ve analizin belirli araştırmacılara ne ölçüde bağlı olduğuyla ilgilidir. Varsayımsal olarak, başka bir araştırmacı aynı çalışmayı aynı durum için yürütebilmelidir. Güvenilirliğin amacı, bir çalışmanın hatalarını ve önyargılarını en aza indirmektir. Bu çalışmada, deneysel çalışmaların durum çalışması protokolünün ve önerilen yöntemin izlenerek gerçekleştirilmiş olması, bu tehditi azaltmıştır.

6. SONUÇLAR

Süreç madenciliği, sağlık alanında iş süreçleri yönetimi için uygulanan ve gelişmekte olan teknikler bütünüdür ve literatür tarama çalışması ile sağlık alanında ilgili literatürün tanımlayıcı bir analizi sağlanmıştır. Dahil edilen çalışmaların haritalandırılması, araştırma alanının hızla büyüdüğünü ve daha fazla araştırma ve uygulamaya açık olduğunu göstermiştir.

Bu tez kapsamında, sağlık hizmeti süreçleri için süreç madenciliğine dayalı, hedefe yönelik bir süreç değerlendirme yöntemi sunulmuştur. Yöntem, bu süreçlere yönelik tipik ve sık sorulan soruları yanıtlamak için, operasyonel senaryolara dayanmaktadır. Öncelikle, önerilen yöntemin her aşamasının amaçları, faaliyetleri, girdileri ve çıktıları açıklanmıştır. Daha sonra süreç iyileştirme önerilerini sağlamada bu yöntemin geçerliliği, çoklu durum çalışmaları ile sınanmıştır. Önerilen yöntemin sınanması, süreç madenciliği faaliyetlerinin üç temel amacının (süreç keşfi, uygunluk kontrolü, süreç geliştirme) yanı sıra süreç varyasyon analizi ve performans analizi gibi diğer faaliyetleri de kapsamış ve durum çalışmaları için örnek GQFI tabloları türetilmiştir. Durum çalışmalarının hedefleri kapsamında önceden tanımlanan sorular ile süreç madenciliği etkinlikleri gerçekleştirilmiş ve göstergelerin ölçümleri ile değerlendirilerek yanıtlanmıştır. Takip edilen süreç varyasyonları ve istisnai varyasyonlar, darboğazlar ve süreçteki uygunsuzluklar ve temel istatistikler, süreç madenciliği faaliyetlerine dayalı olarak analiz edilmiştir. Süreç maliyetlerini en aza indirmek, ortalama akış süresini ve kaynak kullanımını azaltmak, sağlık hizmetlerinin ve süreç bakım hizmetlerinin kalitesini en üst düzeye çıkarmak için iyileştirme önerileri belirlenmiştir.

İlk durum çalışmasında ameliyat sürecinin zamanlaması; süreç varyasyonları, sapmaları, darboğazları ve tutarsızlıkları ile ilgili bazı temel göstergeler ile ilişkilendirilmiştir. Bazı olay günlüklerinde olayların atlanması, kayıp olaylar ve cerrahi operasyonun tekrarı tespit edilmiştir. Operasyon öncesinde ve sonraki süreçte, belirli kayıtların bulunmamasından kaynaklanan iki darboğaz tespit edilmiştir. *Sürecin gecikmesi, kaynakların ve personelin eksikliği veya uzmanlık niteliği ile ilgili* olabilir. Ayrıca hasta kabulü süreci ve ameliyatın bitişi ve çıkışı ile ilgili tutarsızlıklar da gözlenmiştir. *Hasta kayıt kabul sürecinde, hastane bilgi sistemi tarafından, veri girişi kontrolleri yapılabilir.* Ayrıca, hastanın operasyona girdiği ve çıktığı zamanları kaydeden ve bu bilgileri görselleştiren RFID etiketlerini kullanmak

ve entegre etmek, hastanedeki bakım kalitesini artırmaya yardımcı olabilir.

İkinci durum çalışması olan acil servis sürecinde ortalama hasta akış zamanının 12 saat olarak ölçülmesi ve bazı hastaların 46 günü bulan acil servis yatışları, zaman verimliliği problemlerinin açık birer göstergesi olmuştur. Mevcut sağlık politikaları nedeniyle (SABİM şikayetleri, malpraktis davaları, yönetsel baskılar vb.) acil servis hekimleri, defansif tıp uygulamasına yönelmiştir. *Defansif tıbbın zararsız bir şekilde gerçekleştirilmesi paralelinde ofansif tıbbın daha iyi belirlenmesi, çıkarılan ilk süreç iyileştirme önerisidir.* Böylece hem acil servis kaynakları daha gerekli kullanılacak hem de hasta bekleme süresinde azalış olacaktır. Ayrıca, 112 ambulansı ile başvuruda bulunan ve acile gelen hastaların yeşil triyaj ölçeklendirmesinin olmaması için, *acil durumu olmayan hastaların 112 başvurularına ceza yükümlüğü* getirilmelidir. Süreç farklılaşmalarının önüne geçebilmenin birinci yolu, *acilin sınıflandırılması (kadın doğum acili, ortopedi acili vb.)* olabilir. Acil sınıflandırması ile konsültasyon bekleme zamanının azalması beklenir. İkinci yolu ise *triyaj ölçeklendirmesinin 5'li renk koduna çıkarılması ve tüm hastalar için aktif olarak uygulanmasının sağlanması* olabilir. Triyaj yapılmadan muayene yapılması ve bu oranın %5 olması, triyajın aktif olarak uygulanmadığının nicel bir değerlendirmesidir. Bu yaptırım, için kağıt ortamında yapılan kayıtların hastane bilgi sistemine aktarılması ve tüm kayıtların sistemde yer alan kontroller aracılığıyla yönlendirilmesi gerekmektedir. Acil konsültasyonlarında bekleme süresi ile ilgili darboğazın giderilmesi için, *çağrı sistemi uygulaması etkin bir şekilde kullanılmalıdır.*

Yöntemin uygulanmasıyla ilgili iyileştirme önerileri sağlık çalışanlarıyla birlikte çıkarılmış ve yukarıda özetlenmiştir. Bu öneriler için üniversite hastanesinin çalışanlarından bir anket üzerinden geri bildirim almıştır. Bu geri bildirimler, önerilen yöntemin mevcut yöntemden süreç performans değerlendirme için daha etkin ve verimli olduğunu göstermiştir.

Çizelge 6-1, sağlık hizmeti alanında süreç madenciliğinin uygulanması için önerilen yöntemin SWOT ("güçlü yönleri – zayıflıkları – fırsatları – tehditleri") analizine genel bir bakış sunmaktadır. SWOT analizine dayanarak, önerilen yöntemin güçlü yönlerinin ve fırsatlarının, zayıflıklarından ve tehditlerinden daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 6-1 Önerilen yöntemin SWOT analizi

SWOT Analiz	Önerilen Yöntem
Güçlü yönleri	<p>Hedefler, sorular ve göstergeler açısından iş anlayışı (“business understanding”) sağlar.</p> <p>Sağlık alanı bilgisini dahil ederek hedef, soru ve göstergelerin belirlenmesini sağlar.</p> <p>Süreç madenciliği özellikleri aracılığıyla sorular ve göstergeler arasında köprü kurar.</p> <p>Sağlık alanı bilgisinin performans değerlendirme ve süreç iyileştirmeye dahil edilmesini destekler.</p> <p>Süreç madenciliği projelerine özgüdür.</p>
Zayıflıkları	<p>Dağıtık süreç madenciliği projeleri için çeşitli araçları kullanmayı gerektirir.</p> <p>Sağlık uzmanlığı için göstergelerin revize edilmeye ihtiyacı vardır.</p>
Fırsatları	<p>Kapsamlı ve yinelemeli bir yöntemdir.</p> <p>Operasyonel analiz senaryolarını tanımlamak için bir rehber sunar.</p> <p>Yeni tanımlanan süreç madenciliği özellikleri için genişletilebilir bir yapıdadır.</p>
Tehditler	<p>Yeni tanımlanan süreç madenciliği özellikleri için göstergelerin tanımlanmaya ihtiyacı vardır.</p> <p>Uygulanması için araç desteğine ihtiyaç vardır.</p>

Önerilen yöntemin en önemli kısıtı, uygulanması için araç desteğine ihtiyacı olmasıdır. Birden fazla araç ve teknik kullanılarak analizin yürütülmesi verileri ve analizi belirli araştırmacılara bağlı kılmaktadır. Her bir adım için kullanılacak süreç madenciliği araçları ve teknikleri önerilebilir. Ayrıca, keşif ve uygunluk algoritmaları iki farklı araçla koşularak modellerin/bulguların tutarlılığı karşılaştırılabilir.

Gelecekteki çalışma olarak, bu haritalama çalışmasında gerçekleştirdiğimiz tanımlayıcı analizi, [18] tarafından da önerildiği gibi, sistematik literatür incelemeleri (SLR'ler) yaparak derinleştirmeyi planlamaktayız. Örnek olarak, şu anda sağlık süreçlerinde yaşanan en faydalı ve problemlili süreç madenciliği tekniklerini vurgulayan bir SLR üzerinde çalışıyoruz. Bu incelemeden elde edilen sonuçların, süreç madenciliği tekniklerini kullanmanın avantajlarını ve zorluklarını daha iyi yansıtacağını ve gelecekteki çabaları yönlendirmek için daha derin anlayışlar sağlayacağını umuyoruz.

Gelecekteki deneysel çalışmalarda, önerilen yöntemi, farklı hastaneler için farklı durum çalışmaları yaparak diğer sağlık hizmetleri süreçlerine, örneğin ayakta tedavi, ilaç tedavisi süreci ya da tıbbi tedavi süreçlerinden nörolojik hastalıklar ya da şeker hastalığı gibi sağlık uzmanlıklarına uygulamayı planlıyoruz. Ayrıca, operasyonel senaryolar dahilinde yürütülen değerlendirme yönteminin ve diğer süreç madenciliği özelliklerinin (süreç keşfi araştırması, süreç karşılaştırması ve aykırı değer analizi) uygulanmasını destekleyecek alana özgü bir aracın geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle bir araç geliştirmek, özellikle tıp uzmanları ve hastane yöneticileri tarafından, sağlık hizmeti verilerinin yerinde analizini desteklemek için yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Quaglini, S., Information and communication technology for process management in healthcare: A contribution to change the culture of blame, *Journal of Software Maintenance and Evolution*, 22, 435–448, **2010**.
- [2] Rebuge, Á., Ferreira, D., Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining, *Information Systems* 37, **2012**.
- [3] Lenz, R., Reichert, M., IT support for healthcare processes - premises, challenges, perspectives, *Data and Knowledge Engineering*, 61, 39–58, **2007**.
- [4] Yilmaz, E., Evidence Based Medicine, *Journal of Clinical and Analytical Medicine*, 5, 537–542, **2014**.
- [5] Lenz, R., Reichert, M., IT support for healthcare processes - premises, challenges, perspectives, *Data and Knowledge Engineering*, 61, 39–58, **2007**.
- [6] Hawkins, R. C., The Evidence Based Medicine approach to diagnostic testing: practicalities and limitations., *The Clinical biochemist. Reviews / Australian Association of Clinical Biochemists*, 26, 7–18, **2005**.
- [7] Sackett, D., *Evidence-based medicine : how to practice and teach EBM*, 55, WB Saunders Company, **2000**.
- [8] Zhou, W., Piramuthu, S., Framework, strategy and evaluation of health care processes with RFID, *Decision Support Systems*, 50, 222–233, **2010**.
- [9] Huang, Z., Lu, X., Duan, H., Fan, W., Summarizing clinical pathways from event logs, *Journal of Biomedical Informatics*, 46, 111–127, **2013**.
- [10] Kinsman, L., Rotter, T., James, E., Snow, P., Willis, J., What is a clinical pathway? Development of a definition to inform the debate, *BMC Medicine*, 8, 8–10, **2010**.
- [11] Kirchmer, M., Laengle, S., Masias, V., Transparency-Driven Business Process Management in Healthcare Settings, *Technology and Society Magazine, IEEE (Volume:32 , Issue: 4)*, **2013**.
- [12] Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., Reijers, H. A., *Fundamentals of Business Process Management*, **2013**.
- [13] van der Aalst, W. M. P., *Process Mining: Data Science in Action*, **2016**.
- [14] IEEE Task Force on Process Mining, Process Mining Manifesto, *Business Process Management Workshops*, 169–194, **2011**.
- [15] Aalst, W. M. P. Van Der, Weijters, A. J. M. M., Process mining: a research

- agenda, 53, 231–244, **2004**.
- [16] Aalst, W., *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*, Springer, **2011**.
- [17] Erdogan, T., Tarhan, A., Systematic Mapping of Process Mining Studies in Healthcare, *IEEE Access*, **2018**.
- [18] Petersen, K., Vakkalanka, S., Kuzniarz, L., *Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update*, 64, Elsevier B.V., **2015**, 1–18.
- [19] Erdogan, T. G., Tarhan, A., A Goal-Driven Evaluation Method Based On Process Mining for Healthcare Processes, *Applied Sciences*, 8, 894, **2018**.
- [20] Hevner, A., March, S., Park, J., Ram, S., Design Science Research in Information Systems, *MIS quarterly*, 28, 75–105, **2004**.
- [21] Yin, R. K., *Case Study Research. Design and Methods.*, 5, **2009**.
- [22] Kim, E. *et al.*, Discovery of outpatient care process of a tertiary university hospital using process mining, *Healthcare Informatics Research*, 19, 42–49, **2013**.
- [23] Planning, L. R., SWOT Analysis : It ' s Time for a Product Recall, 6301, 46–52, **2016**.
- [24] D'Andreamatteo, A., Ianni, L., Lega, F., Sargiacomo, M., Lean in healthcare: A comprehensive review, *Health Policy*, 119, 1197–1209, **2015**.
- [25] Krafcik, J. F., Triumph of the lean production system, *MIT Sloan Management Review*, 30, 41, **1988**.
- [26] Womack, J. P., Jones, D. T., Lean thinking–banish waste and create wealth in your corporation, *Journal of the Operational Research Society*, 48, 1148, **1997**.
- [27] Masic, I., Miokovic, M., Muhamedagic, B., Evidence Based Medicine – New Approaches and Challenges, 16, 219–225, **2008**.
- [28] Å, B. H., Segrott, J., Re-mapping client journeys and professional identities : A review of the literature on clinical pathways, 45, 608–625, **2008**.
- [29] COCHRANE, L. J., CURTIS A. OLSON, SUZANNE MURRAY, MARTIN DUPUIS, TRICIA TOOMAN, SEAN HAYES, Gaps Between Knowing and Doing : Understanding and Assessing the Barriers to Optimal Health Care, 27, 94–102, **2007**.
- [30] Rovani, M., Maggi, F., De Leoni, M., Van der Aalst, W., Declarative process mining in healthcare, *Expert Systems with Applications*, 42, 9236–9251, **2015**.

- [31] Scheer, I. D. ., ARIS Process Performance Manager (ARIS PPM), <http://www.ids-scheer.com>, 2002, .
- [32] Process Mining and Automated Process Discovery Software for Professionals - Fluxicon Disco., <https://fluxicon.com/disco/> (February, **2018**).
- [33] Process Mining Group, ProM - the leading process mining toolkit, **2014**.
- [34] Rojas, E. *et al.*, PALIA-ER: Bringing question-driven process mining closer to the emergency room, *CEUR Workshop Proceedings*, 1920, 1–5, **2017**.
- [35] About Celonis | The Leader & Innovator in Process Mining, <https://www.celonis.com/company/> (February, **2018**).
- [36] Gatta, R. *et al.*, pMineR: An innovative R library for performing process mining in medicine, *AIME 2017*, 351–355, 10259 LNAI, **2017**.
- [37] Basili, V. R., Caldiera, G., Rombach, H. D., The Goal Question Metric Approach, 2, 1–10, **1994**.
- [38] Solingen, R. van, Berghout, E., van Solingen, R., The Goal/Question/Metric Method: A Practical Guide for Quality Improvement of Software Development, **1999**.
- [39] Kitchenham, B., Charters, S., Guidelines for performing Systematic Literature reviews in Software Engineering Version 2.3, *Engineering*, 45, 1051, **2007**.
- [40] Kaymak, U., Mans, R., Van De Steeg, T., Dierks, M., On process mining in health care, *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2012 IEEE International Conference on*, 1859–1864, **2012**.
- [41] Yang, W., Su, Q., Process Mining for Clinical Pathway Review, *Literature Directions, Future*, **2014**.
- [42] Rojas, E., Arias, M., Sepúlveda, M., Clinical processes and its data, what can we do with them?, *HEALTHINF 2015 - 8th International Conference on Health Informatics, Proceedings; Part of 8th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, BIOSTEC 2015*, 642–647, **2015**.
- [43] Mans, R., Van der Aalst, W., Vanwersch, R., Process mining in healthcare: Opportunities beyond the ordinary, **2013**.
- [44] Rojas, E., Munoz-Gama, J., Sepúlveda, M., Capurro, D., Process mining in healthcare: A literature review, *Journal of Biomedical Informatics*, 61, 224–236, **2016**.
- [45] Ghasemi, M., Amyot, D., Process mining in healthcare: a systematised literature review, *International Journal of Electronic Healthcare*, 9, 60:88, **2016**.

- [46] Kurniati, A., Johnson, O., Hogg, D., Hall, G., Process Mining in Oncology: A Literature Review, 291–297, **2016**.
- [47] Erdogan, T., Tarhan, A., Process mining for healthcare process analytics, *Proceedings - 26th International Workshop on Software Measurement, IWSM 2016 and the 11th International Conference on Software Process and Product Measurement, Mensura 2016*, 125–130, **2017**.
- [48] Wohlin, C., Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering, *18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE 2014)*, 1–10, **2014**.
- [49] Peterson, J., *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, **1981**.
- [50] Günther, C., Van Der Aalst, W., Fuzzy Mining – Adaptive Process Simplification Based on Multi-perspective Metrics, *Business Process Management - Lecture Notes in Computer Science*, 4714, 328–343, **2007**.
- [51] Dijkman, R. M., Dumas, M., Ouyang, C., Semantics and analysis of business process models in BPMN, 50, 1281–1294, **2008**.
- [52] Suriadi, S., Wynn, M. T., Partington, A., Karnon, J., Measuring patient flow variations: A cross-organisational process mining approach, *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, 494–508, 22, **2014**.
- [53] Mans, R., van der Aalst, W., Vanwersch, R., Moleman, A., Process mining in healthcare: Data challenges when answering frequently posed questions, *Process Support and Knowledge Representation in Health Care*, 140–153, **2013**.
- [54] Weijters, A., Van Der Aalst, W., De Medeiros, A., Process Mining with the HeuristicsMiner Algorithm, *Cirp Annals-manufacturing Technology*, 166, 1–34, **2006**.
- [55] Kuo, M., Chen, Y., A method to identify the difference between two process models, *Journal of Computers*, 7, 998–1005, **2012**.
- [56] Basole, R., Park, H., Gupta, M., Braunstein, M., Chau, D., Thompson, M., A visual analytics approach to understanding care process variation and conformance, *Proceedings of the 2015 Workshop on Visual Analytics in Healthcare*, 6:1–6:8, **2015**.
- [57] Fernández-Llatas, C., Meneu, T., Benedí, J., Traver, V., Activity-based process mining for clinical pathways computer aided design, *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*, 6178–6181, **2010**.

- [58] Neumuth, T., Jannin, P., Schlomberg, J., Meixensberger, J., Wiedemann, P., Burgert, O., Analysis of surgical intervention populations using generic surgical process models, *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 6, 59–71, **2011**.
- [59] Poelmans, J., Dedene, G., Verheyden, G., Van Der Mussele, H., Viaene, S., Peters, E., Combining business process and data discovery techniques for analyzing and improving integrated care pathways, *Advances in Data Mining. Applications and Theoretical Aspects 10th Industrial Conference on Data Mining*, 505–517, 6171 LNAI, **2010**.
- [60] Fernández-Llatas, C., Meneu, T., Benedi, J., Traver, V., Continuous clinical pathways evaluation by using automatic learning algorithms, *Healthinf 2011: Proceedings of the International Conference on Health Informatics*, 228–234, **2011**.
- [61] Wolf, H., Herrmann, K., Rothermel, K., Dealing with uncertainty: Robust workflow navigation in the healthcare domain, *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, 4, 1–23, **2013**.
- [62] Fernandez-Llatas, C., Martinez-Millana, A., Martinez-Romero, A., Benedi, J. M., Traver, V., Diabetes care related process modelling using Process Mining techniques. Lessons learned in the application of Interactive Pattern Recognition: Coping with the Spaghetti Effect, *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 2127–2130, 2015–Novem, **2015**.
- [63] Leemans, S., Fahland, D., Van Der Aalst, W., Discovering block-structured process models from event logs containing infrequent behaviour, *International Conference on Business Process Management*, 66–78, 171, **2013**.
- [64] Leemans, S., Fahland, D., Van Der Aalst, W., Discovering data-aware declarative process models from event logs, *Bpm*, 81–96, 8094, **2013**.
- [65] Maggi, F., Discovering metric temporal business constraints from event logs, *International Conference on Business Informatics Research*, 261–275, 194, **2014**.
- [66] Huang, Z., Dong, W., Ji, L., Gan, C., Lu, X., Duan, H., Discovery of clinical pathway patterns from event logs using probabilistic topic models, *Journal of Biomedical Informatics*, 47, 39–57, **2014**.
- [67] Prodel, M., Augusto, V., Xie, X., Discovery of patient pathways from a national hospital database using Process Mining and Integer Linear Programming, *Automation Science and Engineering (CASE), 2015 IEEE International Conference on*, 1409–1414, **2015**.
- [68] Meneu, T., Traver, V., Guillen, S., Valdivieso, B., Benedi, J., Fernández-Llatas, C., Heart Cycle: Facilitating the deployment of advanced care processes, *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th*

Annual International Conference of the IEEE, 6996–6999, 2013, **2013**.

- [69] Huang, Z., Lu, X., Duan, H., Latent treatment pattern discovery for clinical processes, *Journal of Medical Systems*, 37, **2013**.
- [70] Ghattas, J., Peleg, M., Soffer, P., Denekamp, Y., Learning the context of a clinical process, *International Conference on Business Process Management*, 545–556, 43 LNBIP, **2009**.
- [71] Ciccio, C., Maggi, F., Mecella, M., Mendling, J., Log-based understanding of business processes through temporal logic query checking log-based understanding of business processes, *On the Move to Meaningful Internet Systems: Otm 2014 Conferences*, 75–92, 8841, **2014**.
- [72] Williams, R., Brown, B., Peek, N., Buchan, I., Making medication data meaningful: Illustrated with hypertension, *Studies in health technology and informatics*, 228, 247–51, **2016**.
- [73] Perer, A., Wang, F., Hu, J., Mining and exploring care pathways from electronic medical records with visual analytics, *Journal of Biomedical Informatics*, 56, 369–378, **2015**.
- [74] Vogelgesang, T., Appelrath, H., Multidimensional process mining: A flexible analysis approach for health services research, *Proceedings of the Joint EDBT/ICDT 2013 Workshops*, 17, **2013**.
- [75] Vogelgesang, T., Appelrath, H., Multidimensional process mining with PMCube explorer, *BPM (Demos)*, 90–94, 1418, **2015**.
- [76] Huang, Z., Lu, X., Duan, H., On mining clinical pathway patterns from medical behaviors, *Artificial Intelligence in Medicine*, 56, 35–50, **2012**.
- [77] Huang, Z., Dong, W., Bath, P., Ji, L., Duan, H., *On mining latent treatment patterns from electronic medical records*, 29, Springer US, **2015**.
- [78] Burattin, A., Cimitile, M., Maggi, F., Sperduti, A., Online discovery of declarative process models from event streams, *IEEE Transactions on Services Computing*, 8, 833–846, **2015**.
- [79] Zhang, Y., Padman, R., Patel, N., Paving the COWpath: Learning and visualizing clinical pathways from electronic health record data, *Journal of Biomedical Informatics*, 58, 186–197, **2015**.
- [80] Fernández-Llatas, C., Benedi, J., García-Gómez, J., Traver, V., Process mining for individualized behavior modeling using wireless tracking in nursing homes, *Sensors*, 13, 15434–15451, **2013**.
- [81] Fernández-Llatas, C., Lizondo, A., Monton, E., Benedi, J., Traver, V., Process mining methodology for health process tracking using real-time indoor location systems, *Sensors (Switzerland)*, 15, 29821–29840, **2015**.

- [82] Ramezani, E., Fahland, D., Van der Aalst, W., Supporting domain experts to select and configure precise compliance rules, *Lecture Notes in Business Information Processing*, 498–512, 171, **2014**.
- [83] Neumuth, T., Liebmann, P., Wiedemann, P., Meixensberger, J., Surgical workflow management schemata for cataract procedures process model-based design and validation of workflow schemata, *Methods of Information in Medicine*, 51, 371–382, **2012**.
- [84] Fernández-Llatas, C., Valdivieso, B., Traver, V., Benedi, J., Using process mining for automatic support of clinical pathways design., *Data Mining in Clinical Medicine*, 1246, (eds.: Fernández-Llatas, C. and García-Gómez, J. M.), Springer New York, 79–88, **2015**.
- [85] Bouarfa, L., Dankelman, J., Workflow mining and outlier detection from clinical activity logs, *Journal of Biomedical Informatics*, 45, 1185–1190, **2012**.
- [86] Blum, T., Padoy, N., Feußner, H., Navab, N., Workflow mining for visualization and analysis of surgeries, *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 3, 379–386, **2008**.
- [87] Huang, Z., Bao, Y., Dong, W., Lu, X., Duan, H., Online treatment compliance checking for clinical pathways, *Journal of Medical Systems*, 38, **2014**.
- [88] Sun, Y., Du, Y., Li, M., A repair of workflow models based on mirroring matrices, *International Journal of Parallel Programming*, 1–20, **2016**.
- [89] Perer, A., Gotz, D., Data-driven exploration of care plans for patients, *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 439, **2013**.
- [90] Canensi, L., Leonardi, G., Montani, S., Terenziani, P., A context-aware miner for medical processes, *ICCBR Workshops*, 192–201, **2016**.
- [91] Detro, S. P., Morozov, D., Lezoche, M., Panetto, H., Santos, E. P., Zdravkovic, M., Enhancing semantic interoperability in healthcare using semantic process mining, *International Conference on Information Society and Technology (ICIST)*, 80–85, **2016**.
- [92] Zhou, M. *et al.*, Evaluation of trace alignment quality and its application in medical process mining, *IEEE International Conference on Healthcare Informatics*, **2017**.
- [93] Huang, Z., Dong, W., Ji, L., He, C., Duan, H., Incorporating comorbidities into latent treatment pattern mining for clinical pathways, *Journal of Biomedical Informatics*, 59, 227–239, **2016**.
- [94] Xu, X., Jin, T., Wei, Z., Wang, J., Incorporating domain knowledge into clinical goal discovering for clinical pathway mining, *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, 261–264, **2017**.

- [95] Xu, X., Jin, T., Wei, Z., Wang, J., Incorporating topic assignment constraint and topic correlation limitation into clinical goal discovering for clinical pathway mining, *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, **2017**.
- [96] Yang, S. *et al.*, Medical workflow modeling using alignment-guided state-splitting HMM, *2017 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)*, 144–153, **2017**.
- [97] Xu, X., Jin, T., Wang, J., Summarizing patient daily activities for clinical pathway mining, *International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*, 1–6, **2016**.
- [98] Liu, H., Liu, Y., Li, X., Xie, G., Lakshmanan, G. T., Towards pathway variation identification: Aligning patient records with a care pathway, *ACM International Conference on Conference on Information and Knowledge Management*, 1359–1368, **2014**.
- [99] Goila, T., Agrahari, A., A framework for evidence based business process redesign, *Available at SSRN*, **2014**.
- [100] Cho, M., Song, M., Yoo, S., A systematic methodology for outpatient process analysis based on process mining, *Asia-Pacific Conference on Business Process Management*, 31–42, 181 LNBIP, **2014**.
- [101] García, A., Pérez Alfonso, D., Armenteros, O., Analysis of hospital processes with process mining techniques, *World Congress on Health and Biomedical Informatics*, 216, 310–314, **2015**.
- [102] Forsberg, D., Rosipko, B., Sunshine, J., Analyzing PACS usage patterns by means of process mining: steps toward a more detailed workflow analysis in radiology, *Journal of Digital Imaging*, 29, 47–58, **2016**.
- [103] Mans, R., Schonenberg, M., Song, M., Van der Aalst, W., Bakker, P., Application of process mining in healthcare – A case study in a Dutch hospital, *International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies*, 425–438, 25, **2008**.
- [104] Delias, P., Manolitzas, P., Grigoroudis, E., Matsatsinis, N., Applying process mining to the emergency department, *Encyclopedia of Business Analytics and Optimization*, 168–178, **2014**.
- [105] Yoo, S. *et al.*, Assessment of hospital processes using a process mining technique: Outpatient process analysis at a tertiary hospital, *International Journal of Medical Informatics*, 88, 34–43, **2016**.
- [106] Caron, F., Vanthienen, J., Weerd, J., Baesens, B., De Weerd, J., Baesens, B., Beyond X-raying a care-flow: Adopting different focuses on care-flow mining gaining, *Proceedings of the First International Business Process Intelligence Challenge (BPIC11)*, 1–11, **2011**.

- [107] Fei, H., Meskens, N., Discovering patient care process models from event logs, *8th International Conference of Modeling and Simulation, MOSIM*, 10–12, **2010**.
- [108] Perimal-Lewis, L., Qin, S., Thompson, C., Hakendorf, P., Gaining insight from patient journey data using a process-oriented analysis approach, *Proceedings of the Fifth Australasian Workshop on Health Informatics and Knowledge Management (HIKM)*, 59–66, 129, **2012**.
- [109] Perimal-lewis, L., de Vries, D., Thompson, C., Health intelligence : Discovering the process model using process mining by constructing Start-to-End patient journeys, *Proceedings of the Seventh Australasian Workshop on Health Informatics and Knowledge Management (HIKM)*, 59–67, **2014**.
- [110] Caron, F., Vanthienen, J., Baesens, B., Healthcare analytics: Examining the diagnosis–treatment cycle, *Procedia Technology*, 996–1004, 9, **2013**.
- [111] Montani, S., Leonardi, G., Quaglini, S., Cavallini, A., Micieli, G., Improving structural medical process comparison by exploiting domain knowledge and mined information, *Artificial Intelligence in Medicine*, 62, 33–45, **2014**.
- [112] Lakshmanan, G., Rozsnyai, S., Wang, F., Investigating clinical care pathways correlated with outcomes, *Business Process Management*, 323–338, 8094 LNCS, **2013**.
- [113] Montani, S., Leonardi, G., Quaglini, S., Cavallini, A., Micieli, G., Knowledge-intensive medical process similarity, *Workshop Knowledge Representation for Health Care Data, Processes and Guidelines*, **2014**.
- [114] Montani, S., Leonardi, G., Quaglini, S., Cavallini, A., Micieli, G., Mining and retrieving medical processes to assess the quality of care, *International Conference on Case-Based Reasoning*, 233–240, 7969 LNAI, **2013**.
- [115] Mans, R., Reijers, H., van Genuchten, M., Wismeijer, D., Mining processes in dentistry, *Proceedings of the 2nd ACM SIGHIT International Health Informatics Symposium*, 379–388, **2012**.
- [116] Caron, F., Vanthienen, J., Vanhaecht, K., Van Limbergen, E., De Weerd, J., Baesens, B., Monitoring care processes in the gynecologic oncology department, *Computers in Biology and Medicine*, 44, 88–96, **2014**.
- [117] Binder, M. *et al.*, On analyzing process compliance in skin cancer treatment: An experience report from the evidence-based medical compliance cluster (EBMC 2), *Advanced Information Systems Engineering*, 398–413, **2012**.
- [118] Zhang, X., Chen, S., Pathway identification via process mining for patients with multiple conditions, *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, *2012 IEEE International Conference*, 1754–1758, **2012**.
- [119] Partington, A., Wynn, M., Suriadi, S., Ouyang, C., Karnon, J., Process mining

- for clinical processes: A comparative analysis of four Australian hospitals, *ACM Transactions on Management Information Systems*, 5, 1–18, **2015**.
- [120] Lang, M., Bürkle, T., Laumann, S., Prokosch, H., Process mining for clinical workflows: Challenges and current limitations, *Proceedings of MIE2008 The XXIst International Congress of the European Federation for Medical Informatics*, 229, **2008**.
- [121] Helmering, P., Harrison, P., Iyer, V., Kabra, A., Van Slette, J., Process mining of clinical workflows for quality and process improvement, *HIMSS conference proceedings*, 1–7, **2012**.
- [122] Mans, R. *et al.*, Process mining techniques: An application to stroke care, *Studies In Health Technology And Informatics*, 136, 573–578, **2008**.
- [123] Dagliati, A. *et al.*, Temporal data mining and process mining techniques to identify cardiovascular risk-associated clinical pathways in Type 2 diabetes patients, *Biomedical and Health Informatics (BHI), 2014 IEEE-EMBS International Conference*, 240–243, **2014**.
- [124] Song, M., Günther, C., Van Der Aalst, W., Trace clustering in process mining, *International Conference on Business Process Management*, 109–120, **2008**.
- [125] Rogge-solti, A., Mans, R., van der Aalst, W., Weske, M., Repairing event logs using stochastic process models, **2013**.
- [126] Neamsirorat, W., Premchaiswadi, W., Analysis of surgical event logs in a hospital by using heuristics miner technique, *International Conference on ICT and Knowledge Engineering*, 105–109, 2015–Decem, **2015**.
- [127] Ganesh, K., Supriya, K. V, Soundarya, M., Analyzing the waiting time of patients in hospital by applying heuristics process miner, *International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, 500–505, **2017**.
- [128] Yang, W., Qiang, S., Process mining for clinical workflows, *International Conference on Advances in Information Communication Technology & Computing*, 1–5, **2016**.
- [129] Lismont, J., Janssens, A., Odnoletkova, I., vanden Broucke, S., Caron, F., Vanthienen, J., A guide for the application of analytics on healthcare processes: A dynamic view on patient pathways, *Computers in Biology and Medicine*, 77, 125–134, **2016**.
- [130] Rebugue, Á., Lapão, L., Freitas, A., Cruz-Correia, R., A process mining analysis on a virtual electronic patient record system, *IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems*, 554–555, **2013**.
- [131] Hompes, B., Buijs, J., Van der Aalst, W., Dixit, P., Buurman, J., Discovering deviating cases and process variants using trace clustering, *Proceedings of*

the 27th Benelux Conference on Artificial Intelligence (BNAIC), 5–6, 2015.

- [132] Krutanard, C., Porouhan, P., Premchaiswadi, W., Discovering organizational process models of resources in a hospital using Role Hierarchy Miner, *International Conference on ICT and Knowledge Engineering*, 125–130, 2015–Decem, **2015**.
- [133] Webster, C., EHR business process management : From process mining to process improvement to process usability, *Proc Healthcare Systems Process Improvement Conference*, **2012**.
- [134] De Weerd, J., Caron, F., Vanthienen, J., Baesens, B., Getting a grasp on clinical pathway data: an approach based on process mining, *Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 22–35, **2012**.
- [135] Günther, C., Rozinat, A., van der Aalst, W., van Uden, K., Monitoring deployed application usage with process mining, **2008**.
- [136] Zhou, Z., Wang, Y., Li, L., Process mining based modeling and analysis of workflows in clinical care - A case study in Chicago outpatient clinic, *Networking, Sensing and Control (ICNSC), 2014 IEEE 11th International Conference*, 590–595, **2014**.
- [137] Micio, R., Fontanili, F., Marquès, G., Bomert, P., Lauras, M., RTLS-based process mining: Towards an automatic process diagnosis in healthcare, *Automation Science and Engineering (CASE), 2015 IEEE International Conference*, 1397–1402, 2015–Octob, **2015**.
- [138] Delias, P., Doumpos, M., Grigoroudis, E., Manolitzas, P., Matsatsinis, N., Supporting healthcare management decisions via robust clustering of event logs, *Knowledge-Based Systems*, 84, 203–213, **2015**.
- [139] Xu, X., Jin, T., Wei, Z., Lv, C., Wang, J., TCPM: Topic-based clinical pathway mining, *Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies (CHASE), 2016 IEEE First International Conference*, 292–301, **2016**.
- [140] Jaisook, P., Premchaiswadi, W., Time performance analysis of medical treatment processes by using Disco, *ICT and Knowledge Engineering (ICT & Knowledge Engineering 2015)*, **2016**.
- [141] Perimal-Lewis, L., Teubner, D., Hakendorf, P., Horwood, C., Application of process mining to assess the data quality of routinely collected time-based performance data sourced from electronic health records by validating, *Health Informatics Journal*, 1017–1029, **2016**.
- [142] Jaroenphol, E., Porouhan, P., Premchaiswadi, W., Analysis of the patients' treatment process in a hospital in Thailand using fuzzy mining algorithms, *International Conference on ICT and Knowledge Engineering*, 131–136, 2015–Decem, **2015**.

- [143] Szttyler, T., Völker, J., Carmona, J., Meier, O., Stuckenschmidt, H., Discovery of personal processes from labeled sensor data – an application of process mining to personalized health care, *International Workshop on Algorithms & Theories for the Analysis of Event Data*.
- [144] Rojas, E., Sepúlveda, M., Munoz-Gama, J., Capurro, D., Traver, V., Fernandez-Llatas, C., Question-driven methodology for analyzing emergency room processes using process mining, *Applied Sciences*, 7, 302, **2017**.
- [145] Rismanchian, F., Lee, Y. H., Process mining–based method of designing and optimizing the layouts of emergency departments in hospitals, *Health Environments Research and Design Journal*, 10, 105–120, **2017**.
- [146] Helm, E., Paster, F., First steps towards process mining in distributed health information systems, *International Journal of Electronics and Telecommunications*, 61, 137–142, **2015**.
- [147] Ganesh, K., Nagaraj, R., Nayana, M., Health care analysis for process deviation using alpha-fitness algorithm in process mining, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 88, 511–516, **2016**.
- [148] Xu, B., Xu, L., Cai, H., Jiang, L., Luo, Y., The design of an m-Health monitoring system based on a cloud computing platform, *Enterprise Information Systems*, 00, 1–20, **2015**.
- [149] Rattanavayakorn, P., Premchaiswadi, W., Analysis of the social network miner (working together) of physicians, *International Conference on ICT and Knowledge Engineering*, 121–124, 2015–Decem, **2015**.
- [150] Ferreira, D., Alves, C., Discovering user communities in large event logs, *International Conference on Business Process Management*, 123–134, **2011**.
- [151] Riz, G., Santos, E., Loures, E., Process mining to knowledge discovery in healthcare processes, *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 4, 1019–1028, **2016**.
- [152] Pérez-Castillo, R., Weber, B., Pinggera, J., Zugal, S., de Guzmán, I., Piattini, M., Generating event logs from non-process-aware systems enabling business process mining, *Enterprise Information Systems*, 5, 301–335, **2011**.
- [153] Grando, M., Schonenberg, M., Van Der Aalst, W., Semantic process mining for the verification of medical recommendations, *HEALTHINF 2011 - Proceedings of the International Conference on Health Informatics*, 5–16, **2011**.
- [154] Grando, M. A., Schonenberg, M. H., van der Aalst, W. M. P., Semantic-Based Conformance Checking of Computer Interpretable Medical Guidelines, *Communications in Computer and Information Science*, 219–232, 273, **2011**.
- [155] Sfyrla, V., Carmona, J., Henck, P., Process-oriented analysis for medical

- devices, *5th Workshop on Medical Cyber-Physical Systems: MCPS'14*, 143–146, 36, **2014**.
- [156] Maggi, F., Bose, R., Van der Aalst, W., A knowledge-based integrated approach for discovering and repairing declare maps, *International Conference on Advanced Information Systems Engineering*, 7908 LNCS, 433–448, **2013**.
- [157] Maggi, F., Declarative process mining with the declare component of ProM, *BPM (Demos)*, 32, **2013**.
- [158] Bose, R., Maggi, F., Van Der Aalst, W., Enhancing declare maps based on event correlations, *Business Process Management*, 97–112, 8094 LNCS, **2013**.
- [159] Yampaka, T., Chongstitvatana, P., An application of process mining for queueing system in health service, *International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, 1–6, **2016**.
- [160] Mannhardt, F., Blinde, D., Analyzing the trajectories of patients with sepsis using process mining, *CEUR Workshop Proceedings*, 1859, 72–80, **2017**.
- [161] Ganesh, K., Soundarya, M., Supriya, K. V, The best fit process model for the utilization of the physical resources in hospitals by applying inductive visual miner, *Proceedings of the International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies, ICICCT 2017*, 318–322, **2017**.
- [162] Bose, R., Van der Aalst, W., Analysis of patient treatment procedures, *Business Process Management Workshops*, 165–166, 99, **2012**.
- [163] Bose, R., Van der Aalst, W., Analysis of patient treatment procedures: The BPI challenge case study, **2011**.
- [164] Dunkl, R., Fröschl, K., Grossmann, W., Rinderle-Ma, S., Assessing medical treatment compliance based on formal process modeling, *Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society (USAB)*, 533–546, **2011**.
- [165] Senderovich, A., Weidlich, M., Yedidsion, L., Gal, A., Mandelbaum, A., Kadish, S., Conformance checking and performance improvement in scheduled processes: A queueing-network perspective, *CEUR Workshop Proceedings*, 1701, 72–74, **2016**.
- [166] Lu, X., Mans, R., Fahland, D., Van Der Aalst, W., Conformance checking in healthcare based on partially ordered event data, *International Conference on Business Process Management*, 75–88, 202, **2015**.
- [167] Kirchner, K., Herzberg, N., Rogge-solti, A., Weske, M., Embedding conformance checking in a process intelligence system in hospital

- environments, *Process Support and Knowledge Representation in Health Care*, 35–42, 16, **2013**.
- [168] Van de Klundert, J., Gorissen, P., Zeemering, S., Measuring clinical pathway adherence, *Journal of Biomedical Informatics*, 43, 861–872, **2010**.
- [169] Grando, M., Van Der Aalst, W., Mans, R., Reusing a declarative specification to check the conformance of different CIGs, *International Conference on Business Process Management*, 188–199, **2012**.
- [170] Dewandono, R. D., Fauzan, R., Sarno, R., Sidiq, M., Ontology and process mining for diabetic medical treatment sequencing, *International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS)*, 171–178, **2013**.
- [171] Kelleher, D., Bose, R., Waterhouse, L., Carter, E., Burd, R., Effect of a checklist on advanced trauma life support workflow deviations during trauma resuscitations without pre-arrival notification, *Journal of the American College of Surgeons*, 218, 459–466, **2014**.
- [172] Mans, R., Reijers, H., Wismeijer, D., Van Genuchten, M., A process-oriented methodology for evaluating the impact of IT: A proposal and an application in healthcare, *Information Systems*, 38, 1097–1115, **2013**.
- [173] Cardoso, J., Mans, R., Cunha, P., Van der Aalst, W., Berthold, H., Quaglini, S., A framework for next generation e-health systems and services, *Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*, 1–11, **2015**.
- [174] Hornix, P. T., Performance analysis of business processes through process mining, *Master's Thesis, Eindhoven University of Technology*, **2007**.
- [175] Leontjeva, A., Conforti, R., Di Francescomarino, C., Dumas, M., Maggi, F., Complex symbolic sequence encodings for predictive monitoring of business processes, *Business Process Management. BPM 2015. Lecture Notes in Computer Science*, 297–313, 9253, **2015**.
- [176] Han, B., Jiang, L., Cai, H., Abnormal process instances identification method in healthcare environment, *Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom)*, 1387–1392, **2011**.
- [177] Huang, Z., Dong, W., Duan, H., Li, H., Similarity measure between patient traces for clinical pathway analysis: Problem, method, and applications, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 18, 4–14, **2014**.
- [178] Mărușter, L., Jorna, R., From data to knowledge: A method for modeling hospital logistic processes, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 9, 248–255, **2005**.
- [179] Yang, S. *et al.*, A data-driven process recommender framework, *ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*,

2111–2120, **2017**.

- [180] Villamil, M. D. P. *et al.*, Strategies for the quality assessment of the health care service providers in the treatment of Gastric Cancer in Colombia, *BMC Health Services Research*, 17, 1–16, **2017**.
- [181] Wang, T., Tian, X., Yu, M., Qi, X., Yang, L., Stage division and pattern discovery of complex patient care processes, *Journal of Systems Science and Complexity*, 30, 1136–1159, **2017**.
- [182] Di Francescomarino, C., Dumas, M., Maggi, F. M., Teinmaa, I., Clustering-based predictive process monitoring, *IEEE Transactions on Services Computing*, 14, 1–1, **2017**.
- [183] Riemers, P., Jansen -Vullers van Dongen HJ BM van der Linden, M. B., Process improvement in Healthcare: A data-based method using a combination of process mining and visual analytics EXECUTIVE SUMMARY, *Master's Thesis of Eindhoven University of Technology, Technology Management*, **2009**.
- [184] Caron, F., Vanthienen, J., Vanhaecht, K., Van Limbergen, E., Deweerdt, J., Baesens, B., A process mining-based investigation of adverse events in care processes, *Health Information Management Journal*, 43, 16–25, **2014**.
- [185] Rojas, E., Sepulveda, M., Munoz-Gama, J., Capurro, D., Seret, A., Calculating emergency room metrics through process mining, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, **2016**.
- [186] Peleg, M., Soffer, P., Ghattas, J., Mining process execution and outcomes—Position paper, *Business Process Management Workshops*, 395–400, 4928, **2008**.
- [187] Fernandez-Llatas, C., Bayo, J. L., Martinez-Romero, A., Benedi, J. M., Traver, V., Interactive pattern recognition in cardiovascular disease management. A process mining approach, *Biomedical and Health Informatics (BHI)*, 348–351, **2016**.
- [188] Dagliati, A. *et al.*, Temporal electronic phenotyping by mining careflows of breast cancer patients, *Journal of Biomedical Informatics*, 66, 136–147, **2017**.
- [189] Mariscal, G., Marbán, Ó., Fernández, C., A survey of data mining and knowledge discovery process models and methodologies, *Knowledge Engineering Review*, 25, 137–166, **2010**.
- [190] Ana Azevedo and M.F. Santos, KDD, SEMMA and CRISP-DM: A parallel overview, **2014**.
- [191] Bozkaya, M., Gabriels, J., Werf, J. M. Van Der, Process Diagnostics: A Method Based on Process Mining, *2009 International Conference on Information, Process, and Knowledge Management*, 22–27, **2009**.

- [192] Eck, M. L. Van, Lu, X., Leemans, S. J. J., Aalst, W. M. P. Van Der, PM 2 : a Process Mining Project Methodology.
- [193] Hompes, B., Business Process Comparison : A Methodology and Case Study A Methodology and Case Study, **2017**.
- [194] Rebuge, Á., Ferreira, D. R., Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining, *Information Systems*, 37, 99–116, **2012**.
- [195] Osses, A. S., Quelves, L., Silva, D., Rojas, E., Munoz-gama, J., Business Process Analysis in Publicity: an Extension to a Methodology Based on Process Mining Projects, **2016**.
- [196] M. Valle, A., A.P. Santos, E., R. Loures, E., Applying process mining techniques in software process appraisals, *Information and Software Technology*, 87, 19–31, **2017**.
- [197] Buijs, J. C. a M., *Flexible Evolutionary Algorithms for Mining Structured Process Models*, **2014**.
- [198] Van der Aalst, W., Challenges in Business Process Mining, *Information Systems Journal*, 2010-01, **2010**.
- [199] Mans, R. S., Aalst, W. M. P. Van Der, Vanwersch, R. J. B., *Process Mining in Healthcare Evaluating and Exploiting Operational Healthcare Processes*, **2015**.
- [200] Mans, R. S., Aalst, W. M. P. Van Der, Vanwersch, R. J. B., *Process Mining in Healthcare Evaluating and Exploiting Operational Healthcare Processes*, **2015**.
- [201] Runeson, P., Höst, M., Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering, *Empirical Software Engineering*, 14, 131–164, **2009**.
- [202] Crowe, S., Cresswell, K., Robertson, A., Huby, G., Avery, A., Sheikh, A., The Case Study Approach, *BMC Medical Research Methodology*, **2011**.
- [203] SHGM, Gösterge Yönetimi Rehberi, **2015**.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Tuğba Erdoğan
Doğum Yeri : Ankara
Medeni Hali : Evli
E-posta : tugba@cs.hacettepe.edu.tr
Adresi : Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Beytepe 06532 Ankara / Türkiye

Eğitim

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği (2004 - 2009)
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği (2009 - 2012)
Doktora : Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği (2012 - 2018)

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce- KPDS 75 (2009-Güz)

İş Deneyimi

Hacettepe Üniversitesi : Araştırma Görevlisi, 2009 - (Devam ediyor)

Deneyim Alanları

Yazılım Mühendisliği, Süreç İyileştirme, Süreç Modelleme, Süreç Madenciliği, Sağlık Süreçleri, Süreç Performans Değerlendirme

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçeleri

Tezden Üretilmiş Yayınlar

- Erdogan T, Tarhan A (2018) Systematic Mapping of Process Mining Studies in Healthcare, IEEE Access, doi:10.1109/ACCESS.2018.2831244.
- Erdogan T, Tarhan A (2018) A Goal-Driven Evaluation Method Based On Process Mining for Healthcare Processes,” *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 6, p. 894
- Erdogan T, Tarhan A (2016) Process mining for healthcare process analytics. In: Proc. - 26th Int. Work. Softw. Meas. IWSM 2016 11th Int. Conf. Softw. Process Prod. Meas. Mensura 2016. pp 125–130

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

- Erdogan T, Tarhan A (2017) Cerrahi Süreçlerin Keşfi için Süreç Madenciliği Çalışmalarının Değerlendirilmesi. 2. Uluslararası Sağlıkta Bilişim ve Bilgi Güvenliği Kongresi
- Erdogan T, Tarhan A (2017) Sağlık hizmetlerinin tedavi protokollerine uygunluğunu süreç madenciliği yoluyla tespit eden çalışmaların incelenmesi, 12.Uluslararası Sağlıkta Kalite, Akreditasyon ve Hasta Güvenliği Kongresi
- Erdogan T, Tarhan A (2016) Sağlık Süreçleri Yönetimi için Süreç Madenciliği. 1. Uluslararası Sağlıkta Bilişim ve Bilgi Güvenliği Kongresi



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 19/07/2018

Tez Başlığı / Konusu: Sağlık Süreçlerini İyileştirmede Süreç Madenciliği Tekniğini Kullanan Bir Performans Analiz Metodu
Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 98 sayfalık kısmına ilişkin, 19/07/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 4 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza
19/07/2018

Adı Soyadı: Tuğba Erdoğan
Öğrenci No: N11249846
Anabilim Dalı: Bilgisayar Mühendisliği
Programı: Doktora Programı
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Dr. Öğr. Üyesi Ayça Tarhan

(Unvan, Ad Soyad, İmza)