



T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

BİLGİ SİSTEMLERİNDE HATA AĞACI ANALİZİ YAKLAŞIMI İLE RİSK DEĞERLENDİRME

Yüksek Lisans Tez

Esra KUTLUGÜN

136402236

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Volkan Çakır

İSTANBUL,2018





T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

**BİLGİ SİSTEMLERİNDE HATA AĞACI ANALİZİ
YAKLAŞIMI İLE RİSK DEĞERLENDİRME**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan: **Esra KUTLUGÜN**

İSTANBUL, 2018

T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
TEZLİ YÜKSEK LİSANS SINAV TUTANAĞI

08/08/2018

Enstitümüz *Mühendislik Yönetimi* yüksek lisans programı öğrencilerinden 136402236 numaralı *Esra KUTLUGÜN* "İstanbul Arel Üniversitesi Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddesine göre hazırlayarak, Enstitümüze teslim ettiği "*Bilgi Sistemlerinde Hata Ağacı Analizi Yaklaşımı ile Risk Değerlendirme*" konulu tezini, Yönetim Kurulumuzun 02/07/2018 tarih ve 2018/18 sayılı toplantısında seçilen ve Sefaköy Yerleşkesinde toplanan biz jüri üyeleri huzurunda, ilgili yönetmeliğin 39. maddesi gereğince (45) dakika süre ile aday tarafından savunulmuş ve sonuçta adayın tezi hakkında *oyçokluğu/oybirliği* ile *Kabul/Red veya Düzeltme* kararı verilmiştir.

İşbu tutanak, 1 nüsha olarak hazırlanmış ve Enstitü Müdürlüğü'ne sunulmak üzere tarafımızdan düzenlenmiştir.



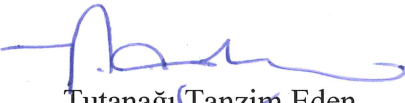
DANIŞMAN
DR.ÖĞR.ÜYESİ VOLKAN ÇAKIR



ÜYE
DR.ÖĞR.ÜYESİ YAVUZ S. ÖZDEMİR



ÜYE
DR.ÖĞR.ÜYESİ SEZGİN KILIÇ



Tutanağı Tanzim Eden
Jüri Başkanı
Dr. Öğr. Üyesi Volkan ÇAKIR

Not 1: Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç 1 ay içinde toplanarak öğrenciyi tez sınavına alır. Tez sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru cevap bölümünden oluşur. Sınav süresi en az 45, en çok 90 dakikadır.

Not 2: Tez sınavının tamamlanmasından sonra, jüri tez hakkında salt çoğunlukla (kabul), (red) veya (düzeltme) kararı verir. Bu karar ilgili anabilim dalı başkanlığınca tez sınavını izleyen 3 gün içinde ilgili Enstitüye tutanakla bildirilir. Tezi reddedilen öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç 3 ay içinde gereğini yaparak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sonunda da tezi kabul edilmeyen öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir.

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “BİLGİ SİSTEMLERİNDE HATA AĞACI ANALİZİ YAKLAŞIMI İLE RİSK DEĞERLENDİRME” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Esra KUTLUGÜN

ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumunyıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

Esra KUTLUGÜN

TEŐEKKÜR

Çalıőmamın her aőamasında bilgi, tecrübe ve fedakarlıklarıyla bana büyük desteği olan danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Volkan Çakır'a, tez çalıőmam boyunca desteği için iş arkadaőım Burcu Sakız'a, her daim desteği için eőime ve aileme, ve eserlerinden yararlandığım tüm bilim insanlarına teőekkür ederim.



ÖZET

Bilgi toplumu olarak adlandırılan günümüzde, bilgi vazgeçilmez bir kaynak olarak önem arz etmektedir. Bilginin iletilmesi, işlenmesi, saklanması gibi önemli süreçleri yerine getiren bilgi teknolojisi sistemleri, kurumlar için bilgi kadar hayatidir. Yaşanan her sistem kesintisinin kurumlara bir maliyeti vardır; kurumların öncelikli amaçlarından biri kesintileri önleyici tedbirleri almaktır.

Bu çalışmada bilgi teknolojisi sistemlerinde kesinti sebeplerini inceleyerek, kesintilerin sebep olduğu sistem maliyetlerini azaltmak amaçlanmıştır. Başlangıç olarak analiz edilecek bilgi teknolojisi sistemi tanımlanmış; sistemin genel akışı, sistemdeki girdi ve çıktı işlemleri, sistem üzerinde çalışan işler ve sistemde yaşanan problemler tanımlanmıştır. Sistem kesintileri incelenirken, kök sebep analizi için sıklıkla kullanılan bir yöntem olan Hata Ağacı Analizi yöntemi kullanılmıştır. Sistem arıza raporları ele alınarak kesintiye sebep olan olaylar Hata Ağacı Analizi yöntemi ile incelenmiştir.

İncelenen bilgi teknolojisi sisteminde kesinti maliyetlerinin azaltılması ve performans iyileştirme için öncelikli hangi problemlerin iyileştirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Belirlenen problemlere göre alınması gereken önlemler ve kullanılan yöntemin geliştirilmesi üzerine çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: kök sebep analizi, hata ağacı analizi, bilgi teknolojisi sistemleri

ABSTRACT

In today's information society, information is an indispensable source of information. Information technology systems, which carry out important processes such as the transmission, processing and storage of information, are as much life as information for institutions. There is a cost for each system interruption to the institutions; one of the primary objectives of institutions is to take preventive measures at intervals.

In this study, it is aimed to examine the causes of interruptions in information technology systems and reduce the system costs caused by interruptions. The information technology system to be analyzed initially was introduced; the general flow of the system, the input and output operations in the system, the jobs running on the system and the problems experienced in the system. While analyzing system failures, Fault Tree Analysis method, which is a frequently used method for root cause analysis, is used. The system failure reports were analyzed and the events causing the interruption were analyzed by Fault Tree Analysis method.

In the information technology system examined, it has been determined which of the problems should be improved in order to reduce downtime costs and improve performance. Based on the determined problems, we propose solutions for the measures to be taken and the development of the method used.

Key Words: root cause analysis, fault tree analysis, information technology systems

İÇİNDEKİLER

1	GİRİŞ	1
1.1	Problemin Tanımı.....	2
1.2	Çalışmanın Amacı.....	2
1.3	Araştırmada Kullanılan Yöntemler.....	3
1.4	Araştırma Soruları.....	3
1.5	Çalışma Planı.....	4
2	KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1	Bilgi Teknolojisi Sistemleri.....	5
2.2	Hata Ağacı Analizi.....	6
3	YÖNTEM	11
3.1	Hata Ağacı Analizi ile ilgili Genel Bilgiler.....	11
3.1.1	Hata Ağacı Sembolleri.....	13
3.1.2	Boolean Matematiği.....	15
3.1.3	En Küçük Kesim Seti Kümesi.....	16
3.2	Hata Ağacı Analizi Aşamaları.....	18
3.2.1	Problemin Tanımı.....	18
3.2.2	Sistem Sınırları ve Tepe Olayın Belirlenmesi.....	19
3.2.3	Hata Ağacının Oluşturulması.....	19
3.2.4	En Küçük Kesim Setlerinin Bulunması.....	19
3.2.5	Hata Ağacının Kantitatif Analizi.....	20
4	UYGULAMA	21
4.1	Sistem Hakkında Bilgi.....	21

4.2	Hata Ağacı Analizinin Uygulanması.....	22
4.2.1	Problemin Tanımlanması	22
4.2.2	Sistem Sınırları ve Tepe Olayın Belirlenmesi.....	23
4.2.3	Hata Ağacı Analizi Modelleri	23
4.2.4	En Küçük Kesim Setlerinin Bulunması	38
4.2.5	Hata Ağacının Kantitatif Analizi	39
4.2.6	Sistemin Maliyet Analizi	41
5	SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	42
6	ARAŞTIRMA SORULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	44



KISALTMALAR

HAA : Hata Ağacı Analizi

FFTA : Fuzzy Fault Tree Analysis



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.2. HAA ile ilgili yapılan çalışmalar.....	10
Tablo 3.1. Hata ağacı analizinde kullanılan semboller.....	14
Tablo 3.2. Boolean matematiği kuralları.....	15
Tablo 4.2 Hata ağacı olay tanımları.....	24
Tablo 4.3. En küçük kesim setleri.....	39
Tablo 4.4. Temel olay olasılıkları.....	40

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Çalışma planı.....	4
Şekil 2.1. Basit sistem gösterimi.....	5
Şekil 3.5. En küçük kesim seti örneği.....	16
Şekil 3.6. Hata Ağacı üzerinde En Küçük Kesim Seti incelemesi.....	17
Şekil 3.9. Hata Ağacı Analizi Akış şeması.....	18
Şekil 4.1.1 Sistemin genel mimarisi.....	21
Şekil 4.1.2. Sistemin ağ şeması.....	22
Şekil 4.2. HAA-M Sistem Kesintisinin Sebepleri.....	25
Şekil 4.3. HAA-A Giriş sayfası ile ilgili problemleri gösteren hata ağacı.....	26
Şekil 4.4. HAA-B Sistem fonksiyonlarının çalışmaması ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı.....	27
Şekil 4.5. HAA-C Planlı çalışma ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı.....	28
Şekil 4.6. HAA-D Toplu İş Problemi ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı.....	29
Şekil 4.7. HAA-D Ağ Kaynaklı Problemler ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı..	30
Şekil 4.8. HAA-B12 Sistemsel Problemler ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı....	31
Şekil 4.9. HAA-B13 Veritabanı Problemleri ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı.	32
Şekil 4.10. HAA-B21 Yazılımsal Problemler ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı.....	32

Şekil 4.11. HAA-D1 Veri Dosyaları Kaynaklı Problemler ile ilgili sebepleri gösteren HAA.....	35
Şekil 4.12. HAA-D2 Toplu İş Konfigürasyon Kaynaklı Problemler ile ilgili sebepleri gösteren HAA.....	36
Şekil 4.13. HAA-D1 İzleme Sistemleri Kaynaklı Problemler ile ilgili sebepleri gösteren HAA.....	37



1 GİRİŞ

Günümüzde bilgi, vazgeçilmez bir kaynak olarak önem arz etmektedir. Bilgi toplumu olarak adlandırılan gelişmişlik seviyesinin ortaya çıkmasında ve şekillenmesindeki temel etki bilim ve teknoloji alanındaki gelişmelerdir. Makinalaşmanın önemli olduğu ilk süreçlerin aksine; bilgi toplumuna geçiş sürecinde bilginin elde edilmesi, saklanması ve yönetilmesindeki gelişmelerle ulaşılan bilgi teknolojisi seviyesi belirleyici olmuştur. Bilginin kritik olması, bilgi teknolojisi sistemlerini de kurumlar için kritik bir parça haline getirmiştir (Bengshir, 1996).

Bilgi denilince, anlamlı hale getirilmiş veri anlaşılmaktadır (Akolaş, 2004). Diğer bir ifadeyle bilgi, “verilerin karar alma sürecine destek olacak şekilde anlamlandırılması amacıyla, analiz edilip işlenerek ulaşılan sonuçlar” (Bengshir, 1996) olarak tanımlanabilir. Karar verme durumundaki ve kurumlardan hizmet alan konumdaki kişiler için güvenilir ve güncel bilgi oldukça önemlidir. Bu bağlamda güvenilir ve güncel bilgiyi üretmek, saklamak ve bilgiye hızlı ve etkin biçimde ulaşmak için bilgi teknolojine ihtiyaç vardır.

Günümüzde büyük küçük tüm işletmelerin bilgi teknolojileri servisine ihtiyacı vardır. Bilgi teknolojileri; kurumun işlevini yerine getirmesi için gerekli bilgiyi alıp, işleme, iletme, koruma ve saklama işlerini yaparken bilgisayar altyapısından yararlanılmasıdır. Bazı kurumlar bu hizmeti satın almayı tercih ederken; bilgi güvenliği ve esneklik gibi temel sebeplerden dolayı kendi bünyesinde bu hizmeti üretmeyi tercih eden kurumlar da mevcuttur. Her iki durumda da kurumların ihtiyacı ve beklentisi hizmetin belirlenen düzeyde sağlanmasıdır. Bilgi teknolojisi hizmetini veren sistemin temel görevi, kurumun önceden belirlediği ihtiyaç ve özelliklere göre hizmet verir durumda olmaktır.

1.1 Problemin Tanımı

İşletmelerin iş ihtiyaçları doğrultusunda kullandıkları bilgi teknolojisi sistemleri, çoğunlukla işletmelerin ana faaliyetinin yürütüldüğü ve içinde yer aldığı organizasyon hakkında bilgi içeren ortamlardır. Bu sebeple sistemlerdeki hizmeti aksatan her türlü durum işletmeyi doğrudan etkilemektedir. Bilgi teknolojisi sistemlerindeki kesintilerin sebeplerini etkin bir şekilde tespit etmek, hizmet süresini arttırıcı önlemler almayı hızlandıracağından işletmeler için önem arz etmektedir.

Sistemin kendisine gelen hizmet isteklerine cevap vermemesi durumu sistem kesintisi olarak tanımlanabilir. Sistem kesintisinin kurumlar için bir maliyeti vardır; sistemin hizmet vermesi gerektiği şekilde ve/veya zaman diliminde ihtiyacı karşılamaması, çoğu kurum için müşteriye verilen hizmetin aksaması anlamına gelmektedir. Bu durum kurum güvenilirliğinin ve imajının zarar görmesi, kurumun hizmet karşılığı gelirlerinin azalması gibi istenmeyen sonuçlara sebep olmaktadır.

Kurumları sistem kesintisi maliyetinden kurtarmak, sistemin hizmet verememesi sebebiyle zarar etmesini önlemek için sistem kesintilerini asgari düzeyde tutmak oldukça önemlidir. Çünkü her sistem kesintisinin kuruma maddi ve manevi bir maliyeti vardır. Kurumlar, çalışır durumda tutmak için maddi ve insan olarak ciddi bir kaynak ayırdıkları sistemler sebebiyle zarara uğramaktan mümkün olduğunca kaçınmaktadır. Bu sebeple sistemleri ayakta tutmanın yanı sıra yaşanan kesintileri inceleyip tekrarlanmasını önlemek de kurumların bilgi teknolojisi hizmeti veren birimlerden beklentileri arasındadır. Bunun için ilk ve en önemli adım kesintileri inceleyip kök sebepleri tespit etmektir. Bu çalışmada, bir bilgi teknolojisi sistemindeki kesintiler incelenerek, problemlerin kök sebeplerinin etkin bir şekilde tespit edilmesi amaçlanmıştır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, bilgi teknolojisi sistemlerinde sistem kesintilerini analiz edip kesintilerin kök sebeplerini belirlemektir. Bu sayede kurumların kök sebepleri önleyici önlemler olarak belirledikleri azami hizmet zamanı ve seviyesinde hizmet almalarına olanak sağlamak ve sistem kesintisi maliyetlerinde iyileştirme sağlamalarına yardımcı olmak amaçlanmaktadır.

1.3 Araştırmada Kullanılan Yöntemler

Sistemler çalışmak için tasarlanır; hata ağacı analizi yöntemi sistem tasarımına değişik bir çerçeveden bakarak sistemlerin hangi durumlarda çalışmadığını analiz etmek için kullanılır. Hata ağacı analizi nükleer güç santralleri gibi karmaşık sistemlerin güvenilirliğini ve emniyetini sağlamak için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Fussel & Barlow, 1975). Bir sistem tasarımında potansiyel problemlere sebep olabilecek hataları tanımlar ve maliyetli tasarım değişiklikleri ile yenilemelerin önüne geçmeye yardımcı olur. Hata ağacı analizinde süreç, sistemdeki hatalı durumların tespiti ile başlar ve bu durumlara sebep olan olayların tanımlanması ile devam eder.

Sistemlerin güvenilirliğini analiz etmek için birçok yöntem mevcuttur. Bu araçlar sistemin hata olasılığını ve bir sistemin başarılı bir şekilde çalışması ihtimalini belirlemek için kullanılır. Bu çalışmada bilgi teknolojisi sistemlerinin hizmet vermesini aksatan durumların önüne geçmek amacıyla, muhtemel problemlerin kök sebeplerinin belirlenmesi için ‘‘Hata Ağacı Analizi’’ (HAA) yönteminden faydalanılmıştır. Kesintileri önlemek için öncelikle kesinti sebeplerini belirlemek gerekmektedir. Hata ağacı metodu ile sistem kesintisine sebep olan hataların kök nedenleri ve olayın gerçekleşme olayı incelenmiştir. Analiz aşamasındaki veriler tez çalışması kapsamında incelenen bilgi teknolojisi sistemine ait kesinti raporlarından derlenmiştir.

1.4 Araştırma Soruları

Bu alışma sonucunda kapsamında bir bilgi teknolojisi sistemindeki kesintilere ait veriler analiz edilerek, aşağıdaki soruların cevabı aranmaktadır.

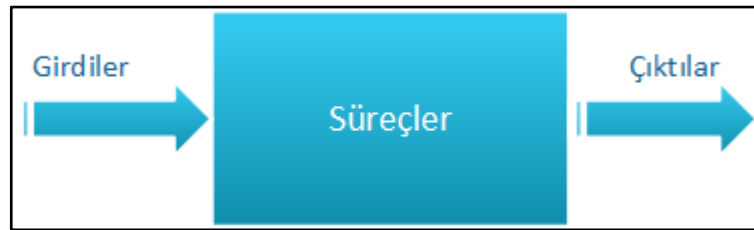
1. Bilgi teknolojisi sistemlerinde kesintiye sebep olan problemlerin kök sebepleri nelerdir?
2. Sistemdeki zaman ve kar açısından maliyeti en yüksek problemler nelerdir?
3. Tespit edilen kök sebeplerden dolayı sistemde problem olma olasılığı nedir?

2 KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Bilgi Teknolojisi Sistemleri

Sistem, bir amacı/çıktıyı sağlamak için beraber çalışan ve birbirleri ile düzenli etkileşim ve bağımlılık içinde bulunan parçalar/alt sistemler bütünüdür. Bu tanımdan yola çıkarak bir sistemde bulunması gereken başlıca özellikler; herhangi bir amacı olması ve parçaların birbirini etkileyerek çalışması olarak söylenebilir. Bu iki temel özellik, sistemi ‘parçalar yığını’ yerine ‘birbiri ile uyumlu parçalar bütünü’ yapmaktadır. Sistemler girdileri çıktılarına dönüŐtürür; bir sistemin çok sayıda girdisi ve çıktısı olabilir.

Bir sistemin çeşitli temel bileşenleri vardır. Sistemin kendisi veya alt sistemleri tarafından üretilen bileŐenine çıktı denir. Sisteme dışarıdan gelen, işlenerek çıktıya dönüŐtürülen sistem bileŐenine girdi denir. Çıktıya dönüştürme sürecinde sistemin amacı dikkate alınır. Sistemin amacı, sistemin neye hizmet etmek veya ne üretmek üzere tasarlandığı ile ilgilidir. Sistemin amaçlarını gerçekleŐtirmek için girdileri çıktılarına dönüştürme işlemine süreç denir. Süreç sistemi oluşturan davranıŐlar kümesidir. Girdileri çıktılarına dönüştürme işlemi sistemin etkin ve verimli çalışmasını doğrudan etkiler, bu sebeple en uygun şekilde tasarlanmalıdır. Şekil 2.1’de basit bir sistemde girdileri çıktılarına dönüştürme süreci gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Basit sistem gösterimi

Bilgi teknolojisi sistemleri ile ham veriyi bilgiye dönüştürme sürecine hizmet eden teknolojiler (bilgisayar, ağ ve iletişim sistemleri, veri depolama araçları, yazılım), uygulamalar, hizmetler (bilgi erişim hizmetleri, yazılım geliştirme) ve sistem üzerindeki bilgilerin tümü kastedilmektedir. Kurumların ana faaliyetlerini yapmasını sağlamasının yanı sıra, kurum içinde de sınırları kaldırarak, temel yönetim işlerinin posta, tele-konferans gibi araçlarla etkin ve kolayca yapılmasına olanak verir. Bu bağlamda bilgi teknolojisi sistemlerinin kurumları daha etkin bir yapıya kavuşturduğu söylenebilir (Akolaş, 2004).

Bilgi teknolojisi sistemlerinin gelişimi, bilgisayarların gelişimi ile büyük paralellik göstermektedir. Bilgi teknolojisi sistemlerinin tarihsel sürecini incelerken öncelikle bilgisayarın tarihçesine bakmak gerekir. İlk bilgisayarın bundan 5000 yıl önce Orta Asya'da ortaya çıkan abaküs olduğu düşünülebilir (Şahin, 2011). İkinci Dünya Savaşı ile beraber bilimsel çalışmaların hız kazanması, günümüzdeki modern bilgisayarların temellerinin atılmasını sağlamıştır. Transistörün gelişimi ile beraber, 1970'li yıllarda bilgisayar modelleri ve kullanımında çoğalma başlamıştır. Bilgi teknolojisinin gelişmesi ve maliyetlerin ucuzlaması ile beraber yaygınlaşması, endüstriyel üretim alanında da etkilerini göstermiş; tasarım ve üretim aşamalarında bilgisayarlar etkin bir şekilde yer almaya başlamıştır (Tokol, 2000).

2.2 Hata Ağacı Analizi

HAA ilk olarak 1962 yılında, Minuteman Fırlatma Kontrol Sistemi'nde kullanılmak üzere, Bell Laboratuvarları'ndaki H. A. Watson tarafından Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri için geliştirildi. HAA'nın başlangıç yılları sayılan 1961-1970 arasında Watson tarafından yeraltında saklanan kıtalararası roketlerin uzaya gönderilme kontrol sistemlerinin değerlendirilmesini yapmak amacıyla geliştirildi ve kullanıldı. HAA'nın değerli bir araç olduğunu farkeden Boeing şirketi, sonrasında tüm Minuteman Füze Sistemine bu yöntemi uygulayacak bir takım oluşturdu. Minuteman programının sonuçlarını gören Boeing, HAA yöntemini ticari uçak tasarımlarında da kullanmaya başladı. 1965 yılında Boeing ve Washington Üniversitesi'nin sponsorluğunda ilk kez gerçekleşen System Safety Conference'da HAA ile ilgili ilk makaleler yayınlanarak, yöntem dünya genelinde ilgi çekmeye başladı (Ericson, 1999).

Barlow ve Chatterjee, HAA ile ilgili okunabilir ve mantıklı bir kaynak oluşturması amacıyla bir makale yazmışlardır (Barlow & Chatterjee, 1973). alışmalarında HAA'nin matematiksel teorisini geliştirmeyi ve bağımsız olayların nasıl analiz edileceğini göstermeyi amaçlamışlardır.

Barlow ve Proschan karmaşık sistem analizinde, sistem bileşenlerinin güvenilirlik hesaplamalarında HAA yönteminden nasıl yararlanılacağı üzerinde durmuştur (Barlow & Proschan, 1975). HAA yönteminde tepe olayın olma olasılığı ile en küçük kesim kümesinin olma olasılığının örtüştüğünü matematiksel yöntemlerle kanıtlamıştır.

Fussel ve arkadaşları, verilen bir hata ağacında en küçük kesim setleri ve en kısa yol setlerini bulan, MOCUS adında bir bilgisayar programı yazmışlardır (Fussel, et al., 1974). FORTRAN IV programlama dilinde ve IBM 360/75 makinası üzerinde geliştirilmiş olan programın, hata ağacındaki tepe olaydan başlayıp en alttaki temel olaylara kadar giderek, hata ağacının en küçük kesim setlerini hızlı bir şekilde tespit ettiğı belirtilmiştir.

Ramamoorthy ve arkadaşları, HAA yöntemi ile bir bilgisayar sisteminin güvenilirliğini incelemişlerdir (Ramamoorthy, et al., 1977). Bilgisayar sisteminde sıra bağımlı olayları hata ağacına aktararak, tüm hata senaryolarını analiz etmişlerdir. Ancak, çok fazla sıra bağımlı olay olması ve sistem bileşenlerinin hata oranlarını elde etmenin zor olması sebebiyle, bir bilgisayar sisteminin analiz edilmesinin çok karmaşık olduğunu ve bu tür sistemler için hata ağacının otomatik ve dinamik olarak çizilebilmesinin üzerinde çalışılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Köse ve arkadaşları, balıkçı gemileri kazalarını sistematik analiz ederken hata ağacı analizi yönteminden faydalanmıştır (Köse, et al., 1998). Ancak yöntem sadece sistemin başarılı ya da başarısız olması ile ilgilendiğı için, sistemin çok katmanlı performansını inceleme açısından zayıf kaldığı belirtilmiştir.

Ericson, yaptığı çalışmada 1961'den itibaren HAA ile ilgili başlıca çalışmaları listeleyerek, yöntemin süreç içinde gösterdiği gelişmeleri uygulama, yazılım, felsefe, yaklaşım ve teknik açılardan incelemiştir (Ericson, 1999). Analizin ilk ortaya çıktığı

dönem ile gösterdiği gelişmeleri karşılaştırarak, yöntemin yazılımlar ile daha kolay ve daha görsel bir yapıda olduğunu belirtmiştir.

Hurdle ve arkadaşları, sistem arızalarını sistem bileşenleri açısından incelerken HAA yöntemini kullanmıştır (Hurdle, et al., 2007). VE ve VEYA mantıksal kapılarının kullanıldığı ağaçları uyumlu ağaç olarak adlandırarak, bileşenlerin başarısız olduğu durumları incelemiştir. Uyumlu ağaç yapısını genişleterek, DEĞİL mantıksal kapısı ile uyumsuz ağaçları oluşturmuş ve bileşenlerin hem başarılı hem başarısız olduğu durumları incelemek için uyumsuz ağaçlardan faydalanmıştır.

Ferdous ve arkadaşları, HAA yapmak için yazılmış bilgisayar programlarını incelemiş ve analitik simülasyon metoduna dayalı çalışan bir paketi ele alarak, paketin kullandığı metodun gözden geçirilmiş bir sürümünü sunmuştur (Ferdous, et al., 2007). Yaptıkları çalışmada, metodun işlem süresi, analiz için gerekli uzmanlık ve analizin tekrar edilebilirliği gibi bazı kısıtları ortadan kaldırmayı sağlayan bir yöntemle çalışan bilgisayar destekli bir HAA uygulaması geliştirmişlerdir.

Veldhuis ve arkadaşları, Harlem şehrini vaka incelemesi olarak seçerek, şehirlerdeki su baskınlarının sebeplerini incelemek için HAA kullanmışlardır (Ten Veldhuis, et al., 2009). Su baskınlarının sebeplerini HAA ile tespit ettikten sonra, risk analizi yaparak, buldukları sonuçların su baskınlarının ekonomik değerlendirmesi için kullanılabilmesini belirtmişlerdir.

Füze sistemleri, deniz trafiği gibi durumlardaki istenmeyen olayları analiz etmek için sıklıkla tercih edilen HAA yöntemi, yazılım için de uyarlanmıştır. Ata ve Yüceer, yazılımdaki bir hatanın ölümcül sonuçlara sebebiyet verebileceği aviyonik sistemler için HAA yöntemini yazılım analizinde kullanmışlardır (Ata & Yüceer, 2010). Yazılım için HAA yönteminin zaman maliyeti açısından yazılımın tamamına uygulanmasının etkin olmadığını belirterek; aviyonik sistemlerdeki yazılım kaynaklı ölümcül hataya sebep olan olayları tespit edip, sadece bu olaylar için yazılım HAA uygulamışlardır.

Menteş, çok noktalı tanker-şamandıra bağlama sistemi risk analizinde, klasik hata ağacı yöntemi ile bulanık hata ağacı yöntemini aynı anda uygulayıp sonuçlarını karşılaştıran yeni bir risk analizi yöntemi önermiştir (Menteş, 2010). Bulanık hata

ağacı yöntemi, klasik hata ağacının aksine, belirgin olmayan ve eksik hata oranları ile de risk çözümlemesi yapabilmeyi sağladığından, iki yöntemi karşılaştırmalı kullanmayı tercih etmişlerdir.

Klasik hata ağacı yöntemi, insan hataları gibi belirsiz ve kesin olmayan olayların risk analizinde etkin bir şekilde kullanılamamaktadır. Ayrıca hata oranlarının tam olarak tahmin edilemediği yada veri eksikliği olan durumları da analiz etmek oldukça zordur. Bu problemlerin üstesinden gelmek için bulanık küme teorisine dayanan bir HAA yöntemi, Menteş ve Helvacıoğlu tarafından önerilmiş ve tanker şamandıra bağlama sistemi risk analizinde uygulanmıştır (Menteş & Helvacıoğlu, 2011). Bulanık hata ağacı analizi (FFTA) olarak adlandırılan yöntemin, klasik HAA yöntemine göre daha esnek ve uyarlanabilir olduğu belirtilmiştir. Aynı yöntemi Zhang ve arkadaşları, yüksek risk içeren bir proje olması ve analiz için gerekli birçok verinin eksik olması sebebiyle, metro yapımı risk analizi için kullanmışlar ve yöntemin birçok aşan için uygulanma potansiyeli olduğunu belirtmişlerdir (Zhang, et al., 2014).

Talay, Haydarpaşa Limanı bölgesinde meydana gelen gemi kazalarına neden olan faktörleri HAA ile incelemiştir (Talay, 2012). Analiz için veri kümesi olarak 1991-2010 arasındaki kaza raporları kullanılmıştır. Bazı raporların kazalar hakkında kısıtlı veri içermesi, analiz çalışması için kısıt oluşturmuştur. Hata ağacı analizi sırasında en küçük kesim setlerini tespit edebilmek için MOCUS programının algoritması kullanılmıştır.

Hata ağacı analizi, emniyet ile ilgili çalışmalarda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Kılıç ve Sanal, yapmış oldukları çalışmada, Çanakkale Boğazı'nda meydana gelen ve karaya oturma ile sonuçlanan deniz kazalarını hata ağacı analizi ile incelemiştir (Kılıç & Sanal, 2015). Bu çalışmada veri kümesi olarak sadece 2000-2011 arasında ve Çanakkale Boğazı'nda meydana gelen kazalar kullanıldığından, kazaların sebepleri hakkında kısıtlı bilgi vermektedir.

Raylı sistemlerde hata ağacı analizi oldukça yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Koyun ve Kaymakçı, İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından işletilen T1 tramvay hattının besleme sisteminin güvenilirliğini incelerken hata ağacı analizinden yararlanmışlardır (Koyun & Kaymakçı, 2015). Bu çalışmada İstanbul'daki raylı sistem ağının sadece ufak bir bölümü analiz edilmiştir.

Yavuz, likit petrol gazı depolama tankında meydana gelebilecek patlama olayının risk değerlendirmesi çalışmasında HAA yöntemini kullanmıştır (Yavuz, 2016). Olası risk senaryolarını belirleyebilmek için HAZOP (Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi) çalışması yaparak olayların nedenlerini elde etmiş; sonrasında ise bu nedenleri HAA ile inceleyerek sistemin risk analizini yapmıştır.

Arslan ve arkadaşları, deniz taşımacılığının önemli bir parçası olan tanker gemilerindeki kazaları incelemiş ve HAA yöntemini kullanarak kaza nedenlerini ulaşımlardır (Arslan, et al., 2018).

HAA ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. HAA ile ilgili yapılan çalışmalar

Yıl	Yazar	Yöntem/Çalışma
1962	Watson	Minuteman Fırlatma Kontrol Sistemi’nde kullanılmak üzere, Bell Laboratuvarları’ndaki H. A. Watson tarafından Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri için geliştirildi
1973	Barlow	HAA'nin matematiksel teorisini geliştirmeyi amaçlamışlardır.
1975	Barlow, Proschan	Tepe olayın olma olasılığı ile en küçük kesim setinin olma olasılığının örtüşüğünü kanıtlamışlardır.
1974	Fussel, Henry, Marshall	Verilen bir hata ağacında en küçük kesim setleri ve en kısa yol setlerini bulan, MOCUS adında bir bilgisayar programı yazmışlardır.
1977	Ramamoorthy, Ho , Han	HAA yöntemi ile bir bilgisayar sisteminin güvenilirliğini incelemişlerdir.
1998	Köse, Dinçer, Durukanoğlu	Balıkçı gemileri kazalarını sistematik olarak incelerken HAA yönteminden faydalanmışlardır.
1999	Ericson	1961’den itibaren HAA ile ilgili başlıca çalışmaları listeleyerek, yöntemin süreç içinde gösterdiği gelişmeleri uygulama, yazılım, felsefe, yaklaşım ve teknik açılarından incelemiştir.
2007	Hurdle, Bartlett, Andrews	Sistem arızalarını sistem bileşenleri açısından incelerken HAA yöntemini kullanarak, uyumlu ve uyumsuz ağaç yapıları üzerinde çalışmıştır.
2007	Ferdous, Khan, Veitch, Amyotte	HAA yapmak için yazılmış bilgisayar programlarını incelemiş ve analitik simülasyon metoduna dayalı çalışan bir paketi ele alarak, paketin kullandığı metodun gözden geçirilmiş bir sürümünü sunmuştur.
2009	Veldhuis, Clemens, van Gelder	Harlem şehrini vaka incelemesi olarak seçerek, şehirlerdeki su baskınlarının sebeplerini incelemek için HAA kullanmışlardır.
2010	Ata,Yüceer	Yazılımdaki bir hatanın ölümcül sonuçlara sebebiyet verebileceği aviyonik sistemler için HAA yöntemini yazılım analizinde kullanmışlardır.
2010	Menteş	Klasik hata ağacı yöntemi ile bulanık hata ağacı yöntemini aynı anda uygulayıp sonuçlarını karşılaştıran yeni bir risk analizi yöntemi önermiştir.
2011	Menteş, Helvacioğlu	Belirsiz ve kesin olmayan olayların risk analizinde bulanık küme teorisine dayanan bulanık hata ağacı yöntemi (FFTA) önermiştir.
2014	Zhang, Skibniewski, Wu, Chen, Deng	FFTA yöntemini metro yapımı risk analizi için kullanmışlardır.
2012	Talay	Haydarpaşa Limanı bölgesinde meydana gelen gemi kazalarına neden olan faktörleri HAA ile incelemiştir.
2015	Kiliç, Sanal	Çanakkale Boğazı’nda meydana gelen ve karaya oturma ile sonuçlanan deniz kazalarını hata ağacı analizi ile incelemişlerdir.
2015	Koyun, Kaymakçı	İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından işletilen T1 tramvay hattının besleme sisteminin güvenilirliğini incelerken hata ağacı analizinden yararlanmışlardır.
2016	Yavuz	Likit petrol gazı depolama tankında meydana gelebilecek patlama olayının risk değerlendirmesi çalışmasında HAA yöntemini kullanmıştır.
2018	Arslan, Zorba , Svetak	Tanker gemilerindeki kazaları incelerken HAA yöntemini kullanmışlardır.

3 YÖNTEM

3.1 Hata Ağacı Analizi ile ilgili Genel Bilgiler

Bir sistemde oluşan hataların, tek başına sistemin normal çalıştığı duruma göre ele alınması, hatanın kök sebebini belirlemek açısından yeterli değildir. Sistem çalıştığı ve etkileşim içinde bulunduğu sistem sınırları içinde oluşan her türlü olay, başka bir olayın tetiklemesi sonucu ortaya çıkmıştır.

HAA adını, sistemin arızalanmasına sebep olabilecek hatalara ulaşılmasını sağlayan ağaç şeklindeki grafik yapısından almaktadır. Alt sistem arızaları ve nedenleri gibi olaylar arasındaki ilişkileri haritalamak için kullanılan bu metot, tümdengelimli mantığa dayanır (Peeters, et al., 2018). Başka bir deyişle, verilen istenmeyen olaya ait ilişkileri sistematik olarak kurulmasını sağlayan bir yöntemdir. Belirli bir arıza üzerine yoğunlaşır ve o arızanın nedeninin belirlemek üzere bir sistem geliştirir. HAA, kök neden analizi, risk değerlendirmesi ve güvenlik tasarımı için uygulanır.

Hata ağacı analizinin temel amacı, bir sistemin güvenilirliğinin tanımlanması, bir probleme sebep olan karmaşık ve birbiriyle ilişkili etkenlerin belirlenmesidir. Karmaşık sistemleri değerlendiren; istenmeyen bir olaya sebep olan olayları tanımlayan; emniyet, güvenilirlik, kullanılamazlık ve kaza araştırması yapan bir araçtır. Sanal bir model oluşturur, sebep sonuç ilişkilerini görsel olarak tanımlanması analizin güçlü yanlarından.

Hata ağacı, bir olay (çoğunlukla hata) ve olayın sebepleri arasındaki (genellikle bileşen hatası) ilişkileri mantıksal bir şema ile anlatır. Bileşen durumlarının bir bütün olarak sistemin durumuyla nasıl alakalı olduğunu modellemek için mantıksal kapıları ve olayları kullanır.

Hata ağacı analizi yaparken devamlı “Muhtemel bir başarısızlığa ne sebep olabilir?” sorusu sorulur. Kapsamında başarısızlıklar, hata durumları, normal olaylar, sistemler, alt sistemler ve bileşenler, sistem elemanları, zaman çevresel etkiler vardır (Ericson, 1999). Analiz yapılırken sistem yukarıdan aşağıya doğru incelenir, yani incelemeye istenmeyen olaydan veya arızadan başlayarak geriye doğru gider. Muhtemel üst düzey bir sistem hatası ele alınır ve muhtemel arıza yolları izlenerek sistemde aşağıya doğru ilerlenir. Her arıza yolunun alt kısmında temel arıza olayları bulunur. Bu temel arıza olaylarının her birine, eldeki arıza verilerine göre hesaplanmış bir başarısızlık oranı atanır (Dan M.Shalev,JosephTiran, 2007).

Temel başarısızlık oranları, ara olayların başarısızlık oranına neden olacak şekilde mantık kapıları boyunca ilerler ve son olarak üst olay başarısızlık oranını belirler. Sistem güvenilirliği, üst olay başarısızlık oranından yani sistemin başarısız olma ihtimali veya sistemin başarılı bir şekilde çalışması ihtimalinden türetilir.

Hata ağacını temel olarak 3 adımda uygulanır. İlk olarak analiz edilecek sistemin durumu, sistemdeki istenmeyen olay veya hata incelenir. İkinci adımda istenmeyen olay veya hatadan yola çıkılarak hata ağacı oluşturulur. Son adımda ise oluşturulan hata ağacının kantitatif değerlendirmesi yapılarak sistemin güvenilirlik durumu incelenir.

Hata ağacı analizi sistemin varlığından söz edilebilen her yerde kullanılabilir. Hata ağacı analizi sadece istenmeyen olaya odaklanır, bu sebeple sistemin sadece istenmeyen olaya sebep olan elemanlarıyla ilgilenir. Bu da analizin zaman ve maliyet açısından daha tasarruflu bir yaklaşımda olmasını sağlar. Hata ağacı analizi sonuçlarının kullanım alanları aşağıdaki gibidir (Erdoğan, 2015):


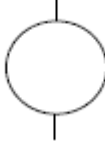
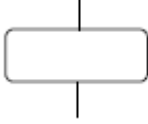
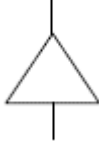
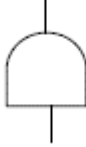


- Tasarımın güvenlik gereksinimlerine uygunluğunun test edilmesi
- Tasarımın eksik güvenlik gereksinimlerinin belirlenmesi
- Ortak başarısızlık sebeplerinin tanımlanması
- Tasarımdaki güvenlik eksikliklerini önleyici tedbirlerin tanımlanması
- Geliştirilen güvenlik eksikliklerinin yeterliliğinin test edilmesi
- Bir sonraki tasarım aşaması için ihtiyaçların belirlenmesi.

3.1.1 Hata Ağacı Sembolleri

Hata ağacı tasarlarken birçok sembol kullanılmaktadır. Bu sembolleri mantıksal kapılar ve olaylar olarak iki kategoride ifade edebiliriz. Bileşen durumu veya daha genel olarak temel olay, sistem ögesi tarafından gerçekleştirilen işlevlerin belirtilen sınırlardan sapması durumunda ortaya çıkan hata durumudur; hata ağacı analizinin başlangıç noktasını oluşturur. Kapılar, giriş olarak verilen olayları birleştiren mantıksal operatörlerdir; olaylar arasındaki bağlantının türünü belirtmek için kullanılır. Genelde hata ağacı analizinde “VE” ve “VEYA” kapıları sıklıkla kullanılır.

Olay sembolleri Tablo 3.1’de gösterildiği gibi farklı geometrik şekillerden oluşur. Dikdörtgen olay sembolü, birden fazla olaydan kaynaklanan olaylar için kullanılır; temel hataların ve/veya ara olayların mantıksal kapılar üzerinden kombinasyonu ile ifade edilir. Çember olay sembolü temel olayları ifade etmek için kullanılır; hata ağacında çember olay sembolü genelde en alt seviyededir. Karo biçimindeki olay sembolü gelişmemiş olay olarak adlandırılır, temel olay olmadığı halde veri eksikliğinden dolayı başka bir ağaca dönüştürülemeyen olaylar için kullanılır. Üçgen sembolü tam olarak bir olayı ifade etmez; daha çok bir ağaçtan diğerine geçiş için kullanılan bir semboldür. Üçgen sembolü iki şekilde kullanılır; üst kısmında dikey bir çizgi olduğunda dışarıdan aktarılan bir hata ağacını belirtirken, alt tabanında yatay bir çizgi olduğu durumda kendisine bağlanan bir olayın hata ağacının bir başka dalına aktarıldığını gösterir.

Tablo 3.1. Hata ağacı analizinde kullanılan semboller

SEMBOL	TANIM
	Olay: Mantık kapısı ile bağlı daha basit olayların, elementlerin veya faktörlerin kombinasyonu ile ortaya çıkan; daha temel olaylardan oluşan olay.
	Temel olay: Birincil durumdaki olay için kullanılır. Daha ileri bir gelişimi gerektirmeyen olay.
	Durumsal olay: Mantık kapısı ile bağlı yapılması zorunlu olay.
	Transfer sembolü: Bağlantı ve birleştirme işlerinde kullanılır. Ağacın başka bir yerde daha ileri noktaya geliştiğini gösterir.
	VE kapısı: Sadece sembol altındaki girdi olaylarının gerçekleşmesi durumunda yukarıda yer alan olayın meydana gelmesi.
	VEYA kapısı: Sembolün altındaki bir veya birden fazla olaydan en az herhangi birinin gerçekleşmesi durumunda yukarıda yer alan olayın meydana gelmesi.
	Gelişmemiş olay: Sebebi tanımlanmamış ve belirsiz bir son olayı tanımlanmaktadır.

3.1.2 Boolean Matematiği

Boolean matematiği, George Boole tarafından 1847 yılında, ilk kitabı Mantık Matematiksel Analizi'nde tanıtıldı (Wikipedia, 2018). Lojiği sistematik olarak ele alan Boole, 1854 yılında Boolean matematiğini geliştirdi. Devre matematiği olarak da bilinen Boolean matematiği, dijital mantıksal devreleri analiz edip basitleştirmek için kullanılır (tutorialspoint, 2018). Sadece ikili sayı sistemi sayıları olan 1 ve 0 kullanıldığı için, ikili cebir veya mantıksal cebir olarak da isimlendirilir. Karmaşık bir Boolean ifadesini basitleştirmek için Boolean kuralları kullanılır; bu sebeple Boolean matematiği kendi kanunları ve/veya kuralları olan bir mantığa dayanan bir matematiksel sistemdir (Revision, 2018).

Boolean matematiğinde değişkenler 1 veya 0 olmak üzere sadece 2 değer alabilirler. Ancak bir Boolean ifadesinde, her biri bağımsız olarak belirtilmiş bir girdiyi temsil etmek üzere, sonsuz sayıda değişken içerebilir.

Boolean matematiğinde “x” ve “+” olmak üzere iki tür temel işlem vardır. Bu işlemlerin mantıksal kapı olarak karşılığı VE ve VEYA kapılarıdır. Boolean matematiği kuralları Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Mantıksal diyagram içinde kullanılan tüm mantık kapılarının olasılıkları ve olasılık teoremleri Boolean matematiği kullanılarak hesaplanır.

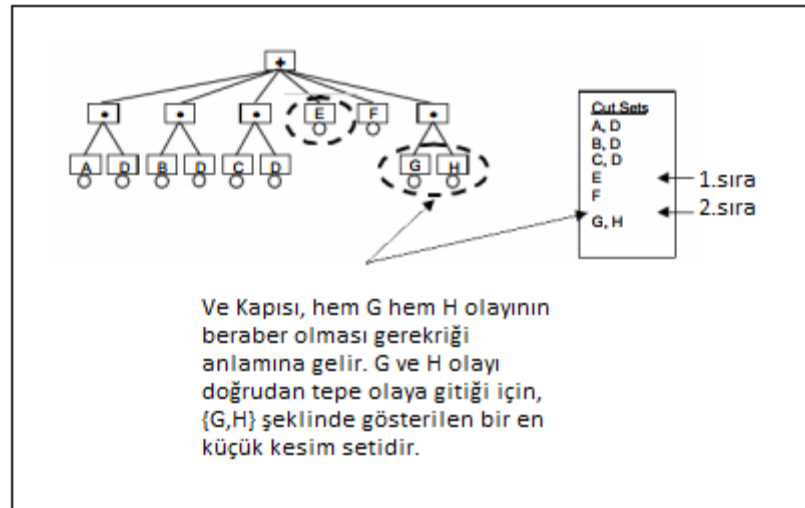
Tablo 3.2. Boolean matematiği kuralları

Değişebilirlik Kuralı (Commutative Law)	$A + B = B + A$
	$A \cdot B = B \cdot A$
Birleşme Kuralı (Associative Law)	$(A + B) + C = A + (B + C)$
	$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
Dağılma Kuralı (Distributive Law)	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$
	$A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$
Özdeşlik Kuralı (Identify Law)	$(A + A) = A$
	$A \cdot A = A$
Fazlalık Kuralı (Redundance Law)	$A \cdot (A + B) = A$
Soğurma Kuralı (Absorption Law)	$(A \cdot B) + A = A$
	$(A + B) \cdot B = B$
De Morgan Kuralı (De Morgan Law)	$(A + B) = A \cdot B$
	$(A \cdot B) = (A + B)$

3.1.3 En Küçük Kesim Seti Kümesi

Hata ağacı analizi hem kalitatif hem de kantitatif bir analiz yöntemidir (Erdoğan, 2015). Kantitatif analiz ile tepe olayın olma olasılığı belirlenir, buna göre sistemin güvenilirliği incelenebilir. Kalitatif analiz ile de hatanın olasılığının değerlendirilmesi, sistemdeki asıl hataların tespit edilebilmesi için en küçük kesim seti (minimal cut set) değerlendirmesi yapılır.

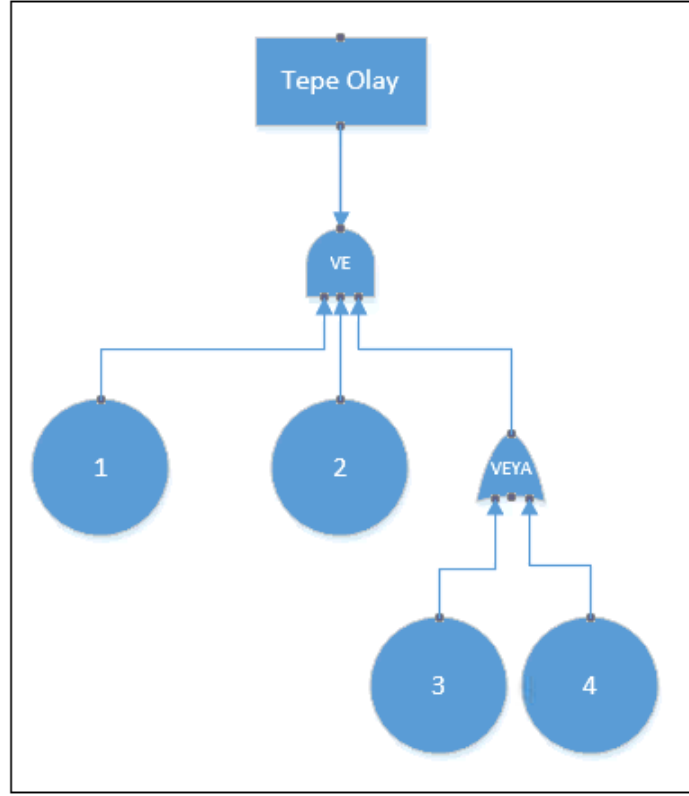
Kesim seti, oluşumu ağaçtaki istenmeyen tepe olayın meydana gelmesine sebep olan bir dizi temel olaydır. En küçük kesim seti, tepe olayın gerçekleşmesine sebep olabilen asgari sayıdaki temel olaydır (Ramamoorthy, et al., 1977). Bu olaylardan herhangi biri setten çıkarıldığında artık tepe olay oluşmaz. Tüm en küçük kesim setleri belirlenerek, sistemin hata karakteristiği ortaya çıkarılabilir (Ramamoorthy, et al., 1977).



Şekil 3.5. En küçük kesim seti örneği

En küçük kesim seti araştırması; sistemin tanımlanması, zaafalarının azaltılması ve başarılı olmasına yardımcı olur (Saka, 2012). En küçük kesim seti, tepe olayın meydana gelmesine neden olan asgari hata ağacı grubudur. Teorem olarak bulunan kesim seti, Boolean matematiği ile en küçük kesim setine indirgenir (Saka, 2012). Karmaşık bir sistemde, tüm en küçük kesim setlerini kontrol ederek bulmak oldukça zordur; bu durumda önce tepe olayın oluşumu Boolean matematiği ile gösterilir (Ramamoorthy, et al., 1977). Başka bir deyişle en küçük kesim seti analizi, mantıksal

olarak asıl hata ağacına eşdeğer, girişleri en küçük kesim seti olan, tepe olayın altında VEYA kapıları ile bağlı yeni hata ağaçları oluşturma işlemidir (Ahmad, 2016). Her en küçük kesim seti, tepe olaya neden olması için gerekli ve yeterli bir dizi temel olay içeren bir VE kapısı içerir.



Şekil 3.6. Hata Ağacı üzerinde En Küçük Kesim Seti incelemesi

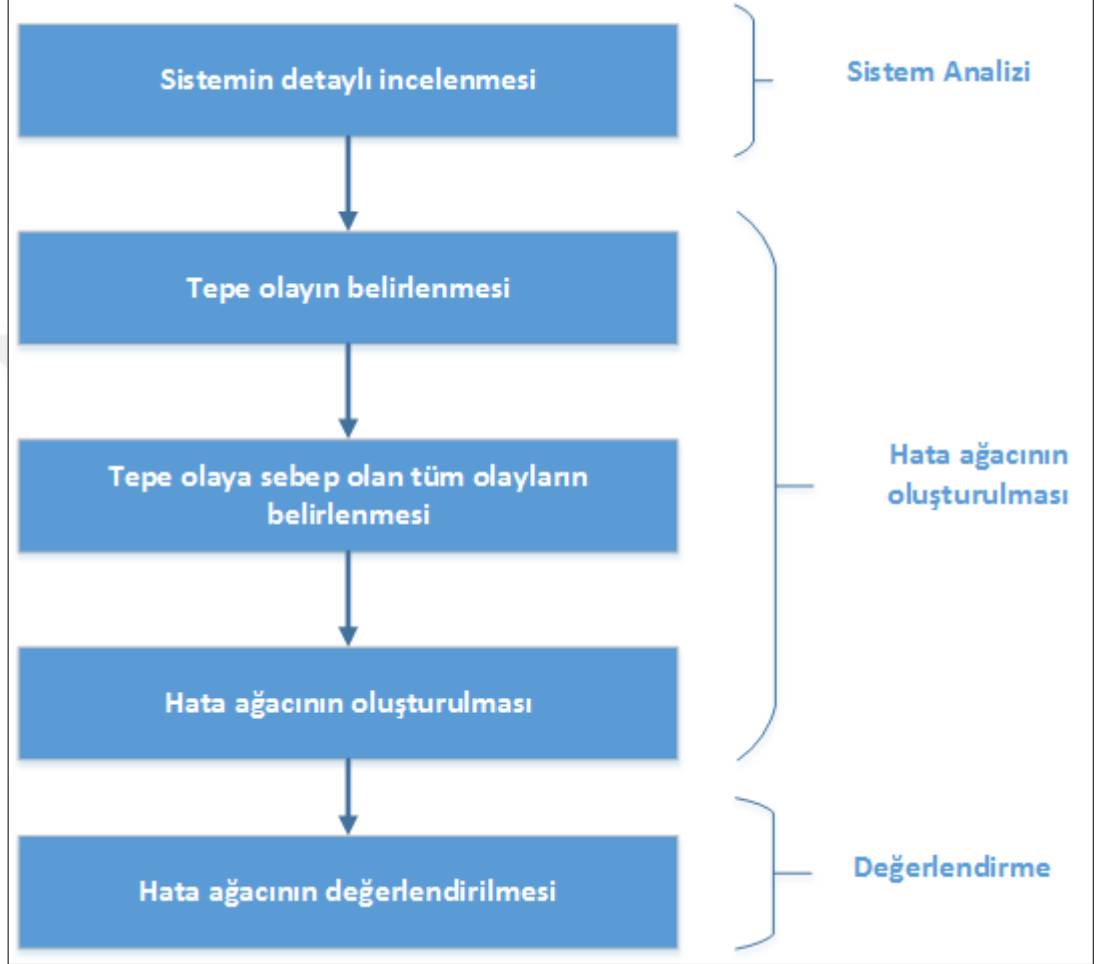
Şekil 3.5 teki hata ağacında, tepe olayın gerçekleşmesi için;

- {1,2,3 ve 4} olaylarının olması veya
- {1,2 ve 3} olaylarının olması veya
- {1,2 ve 4} olaylarının olması gerekmektedir.

Bu kümelerin hepsi kesim setidir. Bütün olayları içeren a seti, en küçük kesim seti değildir çünkü bu setten 3 veya 4 olayı çıkarıldığında geriye kalan olaylar bir kesim seti oluşturur. bu sebepten, bu hata ağacı için en küçük kesim seti b ve c setleridir.

3.2 Hata Ağacı Analizi Aşamaları

HAA temel olarak 3 adımdan oluşmaktadır: sistem analizi, hata ağacının oluşturulması ve hata ağacının değerlendirilmesi. Hata ağacının oluşturulması adımı kendi içinde alt adımlara ayrılmaktadır. Hata ağacı analizinin akış şeması Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Hata Ağacı Analizi Akış şeması

3.2.1 Problemin Tanımı

HAA yöntemini bir sisteme uygulamaya başlamadan önce, bu yöntemi uygulamaya neden ihtiyaç olduğu belirlenmelidir. HAA sistemin neden çalışmadığını analiz etmek üzere tasarlanmıştır. Bu sebeple yöntemi uygulayabilmek için öncelikle analiz edilecek problem tanımlanmalıdır.

3.2.2 Sistem Sınırları ve Tepe Olayın Belirlenmesi

HAA yönteminin ilk adımı tepe olayın belirlenmesidir. Bunun için uygulama yapılacak olan sistem doğru bir şekilde analiz edilmeli ve sistemdeki istenmeyen olaylar veya arıza durumları tespit edilmelidir. Birden fazla tepe olay olması durumunda birden fazla hata ağacı üretilebilir.

Bu basamaktan sonra, tepe olay olarak seçilen hatalı durum veya olaya sebep olabilecek hatalar belirlenmelidir. Bunun için sistemin ve sistem sınırlarının iyi analiz edilmiş olması gereklidir.

3.2.3 Hata Ağacının Oluşturulması

Hata ağacını oluşturabilmek için sistemin nasıl çalıştığını anlamak gerekmektedir. Ağacı oluştururken, eğer birden fazla temel olayın aynı hatayı oluşturduğuna dair bir gösterge yok ise, tüm temel olaylar istatistiksel olarak birbirinden bağımsız değerlendirilir.

Tepe olay ve ona sebep olan olaylar kabaca belirlendikten sonra ağacı oluşturmaya başlanabilir. Hata ağacı inşa edilirken mantıksal kapılar ve olay sembolleri olmak üzere iki tür sembol kullanılır. Mantıksal kapılar olaylar arasındaki ilişkilerin kurulması için kullanılır. İlk adım, tepe olayın birden fazla ve bağımsız alt olay tarafından oluşturulup oluşturulamayacağını belirlenmesidir; bağımsız olaylar söz konusu iken VEYA mantıksal kapısı kullanılır. Analiz bu şekilde yukarıdan aşağıya doğru alt olayları uygun şekilde bağlayarak devam eder. Hata ağacının tepe olaydan başlayarak yukarıdan aşağıya doğru inşa edilmesi yinelemeli bir işlemdir.

Hata ağacının inşa edilmesi, bir deneme yanılma sürecidir, hataya neden olabilecek hiçbir önemli neden atlanmamalıdır (Öktem, 2006). Tamamlanmış ağaç, analizin amacına göre güvenilirlik hesaplamaları için değerlendirilir.

3.2.4 En Küçük Kesim Setlerinin Bulunması

En küçük kesim seti, olasılık hesaplamaları için bir mekanizma sağlamaktadır. Hata ağacı üzerindeki tüm en küçük kesim setleri mantıksal kapılar yardımı ile bulunur. Ağaç üzerindeki her bir olayın olma olasılığı belirlenir. Her kesim seti için, olayların olma olasılıkları kullanılarak tepe olayın olma olasılığı hesaplanır.

3.2.5 Hata Ağacının Kantitatif Analizi

Sistemde seçilen tepe olaya göre hata ağacı çıkarılıp en küçük kesim setleri belirlendikten sonra, kantitatif analiz yapılır. Bu analizin amacı tepe olayın olma olasılığı hesaplanmaktadır.

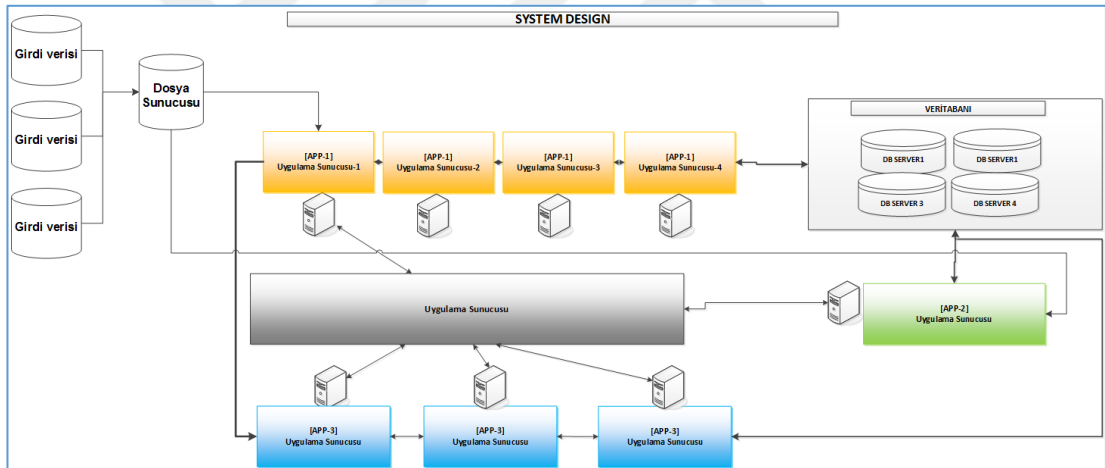
Yapılan çalışmalarda tepe olayın olma olasılığının, en küçük kesim setinin olma olasılığına eşit olduğu görüldüğünden; tüm ağaç için hesaplama yapmak yerine en küçük kesim setleri kullanılmaktadır. Ağaç üzerindeki en küçük kesim setleri kullanılarak, herbir olayın olma olasılığı alınır ve ağaç üzerindeki mantıksal kapılar yardımı ile Boolean matematiği kurallarına göre hesaplama yapılır.



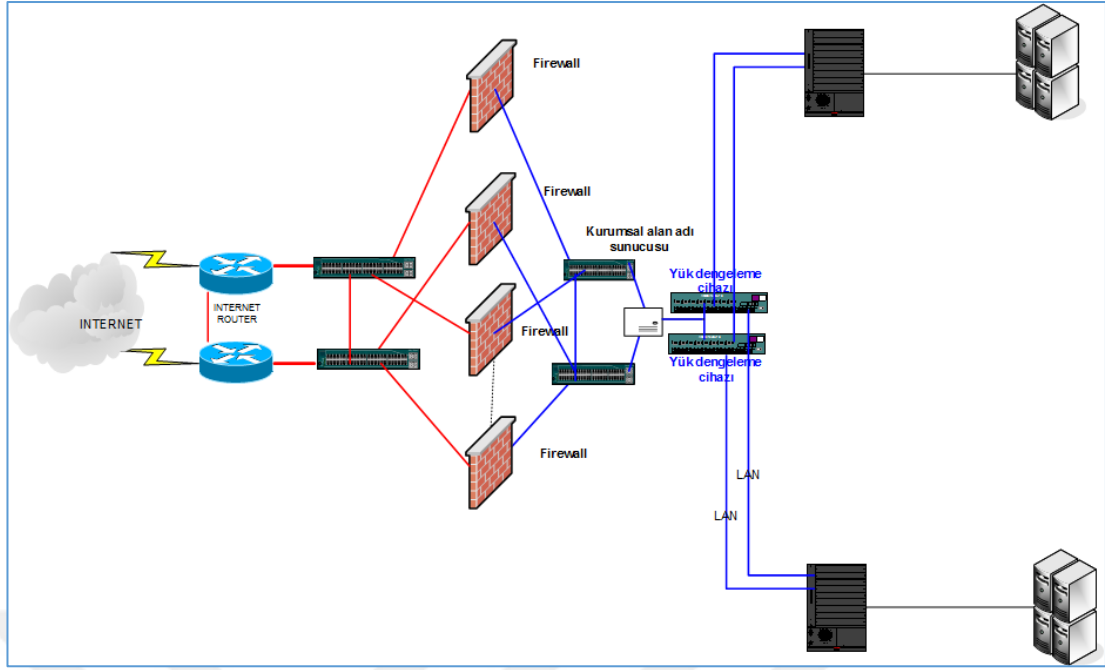
4 UYGULAMA

4.1 Sistem Hakkında Bilgi

Tez çalışması kapsamında uygulama ve veritabanı Linux işletim sisteminde çalışan sunuculardan oluşan, Java programlama dili kullanılarak yazılmış uygulamalardan oluşan bir bilgi teknolojisi sistemi incelenmiştir. Sistem, kimlik doğrulama ve yetkilendirme amaçlı yazılım ve donanımların yer aldığı bir ağ yapısı içerisinde çalışmaktadır. Sisteme geliştirme, yönetme, yenileme, kontrol etme ve izleme amaçlı erişimler mevcuttur. Sistemde her akşam gün sonu toplu işleri çalışarak gün içinde toplanan verileri işleyip çeşitli raporlar üretmektedir. Gün içinde de sistem eş zamanlı yaklaşık 400 kullanıcı tarafından kullanılmaktadır. Sistemin kurumdaki ana fonksiyonu ise kurumun yaptığı ticari işlemlerde kârlılığını arttırmaktır. Sistemin genel mimarisi ve ağ şeması Şekil 4.1.1 ve Şekil 4.1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1.1. Sistemin genel mimarisi



Şekil 4.1.2. Sistemin ağ şeması

4.2 Hata Ağacı Analizinin Uygulanması

4.2.1 Problemin Tanımlanması

Yetkili kullanıcıların erişebildiği rapor verileri mesai saati başlamadan önce üretilmiş ve gün sonu işleri tamamlanmış olmalıdır. Sistemde çalışan gün sonu toplu işleri her akşam otomatik olarak aynı saatte başlamaktadır. Gün sonu işlerinin çalışması için çeşitli gereksinimler vardır, bu gereksinimler sağlanmadığı takdirde işler tamamlanamaz. İlk olarak sistem, gün sonu işleri başladığında girdi olarak başka sistemlerden çeşitli veri dosyalarının belirli dizinlerde mevcut olmasını bekler, dosyaları alıp yükler ve iş bir sonraki adıma geçerek devam eder. İş çalışırken sistemden çıktı olarak raporun yanı sıra başka sistemlere anlık veri akışı da sağlanmaktadır. Sistemin gerekli girdiyi alamaması, çıktı için gerekli diğer sistemlere erişememesi gibi durumlar gün sonu işlerini aksatmaktadır. Bu aksama ertesi gün mesai saatleri içinde çalışan yetkili kullanıcıların, sistemde üretilmiş güncel veri olmadığı için çalışmalarının da aksaması anlamına gelmektedir. Sistemin hata ağacı çıkarılırken, temel olayların birbirinden bağımsız olduğu ve birbirini etkilemediği kabul edilmiştir. Sistem kesintisine ait hata ağacı Ek-1’de gösterilmiştir.

4.2.2 Sistem Sınırları ve Tepe Olayın Belirlenmesi

Hata ağacı analizinde ilk adım tepe olayın yani istenmeyen olayın belirlenmesidir. Tüm ağaç, istenmeyen olay çerçevesinden bakılarak oluşturulur. Ağacı oluştururken sistem sınırlarını belirlemek, amaçtan muhtemel sapmaları önlemektedir.

İncelediğimiz sistemde tepe olay, sistem kesintisidir. Sistem kesintisi sisteme erişimde yaşanan sorunların yanı sıra, gün sonu işlerinin mesai saatleri başlamadan önce tamamlanmamış olması anlamına da gelmektedir. Sistemin sınırları ise incelediğimiz bilgi teknolojisi sistemi uygulama yazılımı ve üzerinde çalıştığı donanım; veritabanının üzerinde yer aldığı donanım ve veritabanı yönetim yazılımı; uygulama ve veritabanı sunucularının fiziksel olarak yer aldığı ağ yapısı ve sisteme erişen kullanıcıların lokal bilgisayarlarından oluşmaktadır. Sistemin etkileşimde bulunduğu diğer sistemler sadece aradaki bağlantı açısından ele alınmıştır.

4.2.3 Hata Ağacı Analizi Modelleri

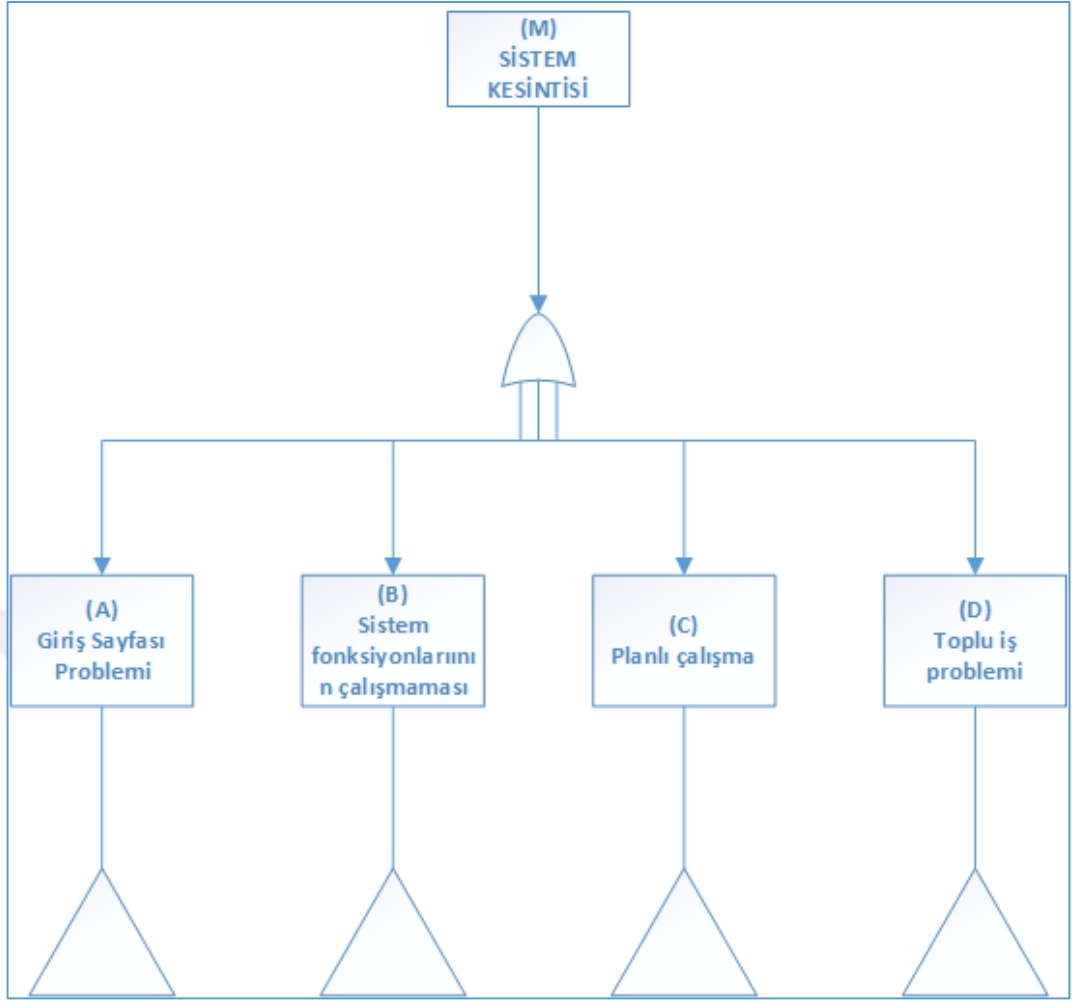
Sistemdeki tepe olay olan sistem kesintisi ve kesintiye sebep olan alt olaylar Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

4.2.3.1 HAA-M Sistem Kesintisi

Sistem kesintisi bilgi teknolojileri terimi olarak ele alındığında yazılımsal ve/veya donanımsal olarak sistemin alt sistemlerinin ve/veya tamamının kapalı olması anlamında kullanılır. Ancak sistemin bir anlamda “müşterisi” olan iş birimi açısından durum sistem erişilebilirliği olarak değerlendirilmektedir. Kurum içinde kullanıcılardan gelen problem bildirimlerinde kullanıcının sistemde çalışmadığı tüm durumlar sistem kesintisi olarak yer almaktadır. Kullanıcı bakış açısından “Sistem Kesintisi”, giriş sayfası problemi, sistem fonksiyonlarının çalışmaması, sistemde planlı çalışma yapılması ve toplu iş problemleri olarak 4 ana sebepten kaynaklanmaktadır. Sistem kesintisi olarak tanımlanabilecek durumlar “VEYA” mantıksal kapısı ile bağlanmıştır çünkü bu sebeplerin en az birinin olması bile kullanıcı açısından sistem erişilebilirliğinin etkilenmesi demektir. Şekil 4.2’de “Sistem Kesintisi” hata ağacı gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Hata ağacı olay tanımları

Olay Referansı	Olay Tanımı	Olay Referansı	Olay Tanımı
M	Sistem Kesintisi	D21	Firma kaynaklı yanlış konfigürasyon
A	Giriş sayfası problemi	D22	Admin kaynaklı yanlış konfigürasyon
B	Sistem fonksiyonlarının cevap vermemesi	D23	Kullanıcı kaynaklı yanlış konfigürasyon
C	Planlı çalışma	D3	İzleme sistemleri problemi
D	Toplu iş problemi	D31	İzleme sistemleri çalışmaması
A1	Giriş ekranı açılmaması	D311	İzleme sistemlerinin üzerinde çalıştığı donanım problemi
A11	Kullanıcı bilgisayar lokal problemi	B211	Firmanın yetkin olmayan geliştirme yapması
A111	Kullanıcı bilgisayar lokal ağa bağlanmaması	B212	Firmanın proaktif olmayan geliştirme yapması
A112	Kullanıcı bilgisayar donanım problemi	B213	Firmanın kullandığı paket yazılımlarda problem olması
D1	Sisteme girdi olarak verilen veri dosyalarının girdi dizinine gelmemesi	C1	Sistemin üzerinde çalıştığı sunucunun işletim sistemi yeni sürüm yüklenmesi
A12	Kullanıcı erişim yöneticisi problemi	C2	Sistemde yer alan yazılım versiyon yeni sürüm yüklenmesi
A2	Giriş ekranından giriş yapılamaması	C3	İşletim sistemi/yazılım yama yüklenmesi
A122	Erişim yöneticisinin çalışmaması	C4	Sistemin üzerinde çalıştığı donanımın değiştirilmesi
A1221	Erişim yöneticisi donanım problemi	A113	Kurumsal alan adı kaydı olmaması
A1222	Erişim yöneticisi yazılım problemi	D11	Sisteme girdi olarak verilen veri dosyalarının üretilmemesi
A121	Ağ problemlerinden ötürü kullanıcının erişim yöneticisine erişememesi	D12	Sisteme girdi olarak verilen veri dosyalarının kaynak sunucudan hedef sunucuya taşınmaması
A21	Erişim yöneticisi tanım eksikliği	D121	Verilen üretileceği kaynak sunucuda problem olması
A22	Kullanıcı kurum dizini tanım eksikliği	D122	Verilen taşınacağı hedef sunucuda problem olması
D2	Sistemde toplu işin çalışmasını etkileyen parametrelerde eksik/yanlış konfigürasyon	D123	Verileri kaynak sunucudan hedef sunucuya taşıyan ara katman yazılımlarında problem olması
B11	Sistemin yer aldığı ağda genel problem	B1	Sistemsel Yavaşlık
B111	Sistemin yer aldığı ağda plansız çalışma/arıza	B12122	Sistem yöneticisi kaynaklı yanlış konfigürasyon
B1111	Sistemin yer aldığı ağda, ağ cihazı üzerinde yazılım kaynaklı problem	B1213	Sistemin çalıştığı sunucuda donanım arızası
B1112	Sistemin yer aldığı ağda, ağ cihazı üzerinde konfigürasyon kaynaklı problem	B13	Sistemin bağlı olduğu veritabanı ile ilgili problem
B11121	Sistemin yer aldığı ağda, ağ cihazı üzerinde firma kaynaklı konfigürasyon problemi	B14	Sistemin bağlı olduğu dosya sistemi problemi
B111212	Sistemin yer aldığı ağda, ağ cihazı üzerinde sistem yöneticisi kaynaklı konfigürasyon problemi	B2	Sistem fonksiyonlarının biri/birkaçının hata cevabı dönmesi
B1113	Sistemin yer aldığı ağda, ağ cihazı üzerinde donanım kaynaklı problem	B21	Sistemde çalışan yazılımlardan biri/birkaçı ile ilgili uygulamasal problem olması
B112	Sistemin yer aldığı ağda planlı çalışma	D313	İzleme Sistemleri yazılım problemi
B12	Uygulamanın çalıştığı sistem problemi	D312	İzleme sistemlerinin hata iletim için kullandığı mail sunucu çalışmaması
B121	Sistemin üzerinde çalıştığı sunucu ile ilgili donanımsal problem	D32	Sistemdeki izleme sistemleri ajanı çalışmaması
B1211	Sistemin çalıştığı sunucunun kaynakları sistem için yetersiz olması	D33	İzleme sistemlerinde sistemde alınan spesifik hatanın tanımı olmaması
B1212	Sunucu/işletim sisteminde sistem için uygun olmayan/eksik konfigürasyon yapılması	D34	İzleme sistemlerinin ürettiği hata alarmının takibi problemleri
B12121	Firma kaynaklı yanlış konfigürasyon	B131	Veritabanı uygulamasının, ana sunucuda problem durumunda yedek sunucuya geçiş yapamaması
D3	İzleme Sistemleri Problemi	B1311	Veritabanı ana sunucu ile yedek sunucu arasında ağ problemi olması
C5	Sistemin yer aldığı ağda planlı çalışma	B1312	Veritabanı yedek sunucunun çalışır durumda olmaması
C6	Planlı çalışma duyurusunun zamanında ve uygun alıcılara yapılmaması	B1313	Veritabanı ana sunucudan yedek sunucuya geçiş ayarlarının doğru yapılmaması
B1121	İlgili sistem yöneticisinin bilgi eksikliği olması		



Şekil 4.2. HAA-M:Sistem Kesintisinin Sebepleri

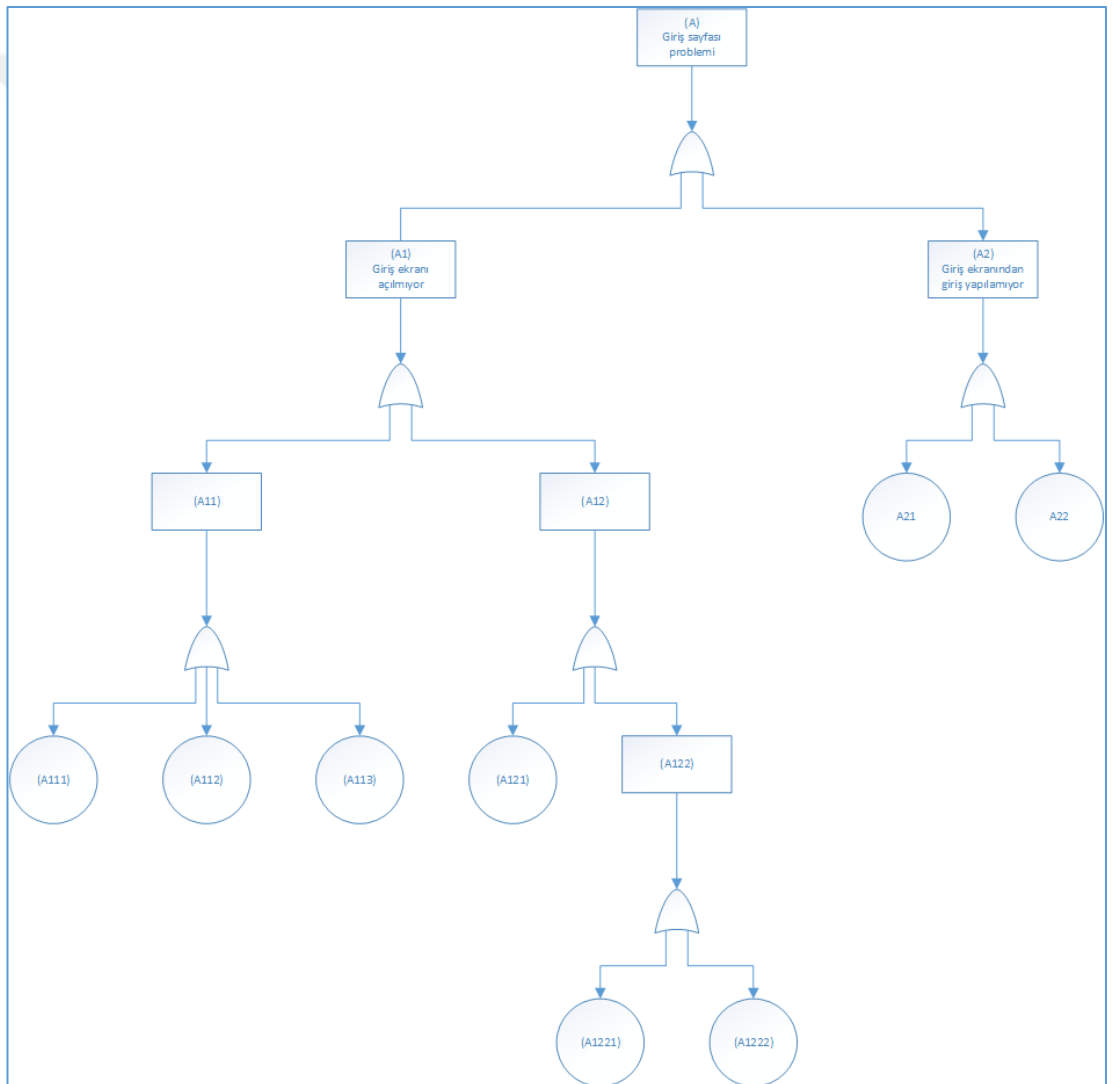
4.2.3.2 HAA-A Giriş Sayfası Problemi

Sistem bir uygulama sunucusu altyapısında çalışmaktadır, ve bir arayüzü vardır. Bu arayüze erişmek için kullanıcılar bilgisayarlarındaki tarayıcıdan uygulamanın erişim adresini çağırma yapıyorlar. Arayüzden önce sadece tanımlı ve yetkili kullanıcıların erişimini sağlamak amacıyla erişim yöneticisinin kullanıcı ad ve şifre istediği giriş sayfası gelmektedir. Kullanıcının giriş sayfası problemi olarak bildirdiği bu hata tipinde, bu giriş sayfası hiç gelmemekte veya gelen giriş sayfasından gerekli bilgiler girildikten sonra uygulama arayüzüne yönlendirme olmamaktadır.

Giriş sayfasının hiç gelmemesi problemi kullanıcının bilgisayarındaki yerel bir donanımsal ve/veya yazılımsal sorundan kaynaklanabilmektedir. Kurum içinde kullanılan bilgisayarlar için kurumsal alan adı kaydı yapılmaktadır. Kayıtlı olmayan

bir bilgisayardan kurumsal bir sisteme erişim sağlanamamaktadır. Eğer kullanıcının bilgisayarının alan adı kaydı mevcut değilse, giriş sayfası ekranına ulaşamamaktadır.

Giriş sayfasından sistem arayüzüne yönlendirmenin olmaması, girilen kullanıcı bilgileri ile ilgili bir eksik yetki ve/veya tanım durumu olduğu anlamına gelmektedir. Giriş sayfası, kurumdaki kayıtlı kullanıcılardan ancak bu sisteme erişmeye yetkili olarak erişim yöneticisinde tanımlanmış olan bir kullanıcı bilgisi geldiğinde açılmaktadır. Dolayısıyla kullanıcının kurumsal kullanıcı bilgilerinin ve erişim yöneticisindeki bu sistem için tanımlı yetkilerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Şekil 4.3'te "Giriş Sayfası Problemi" hata ağacı gösterilmiştir.

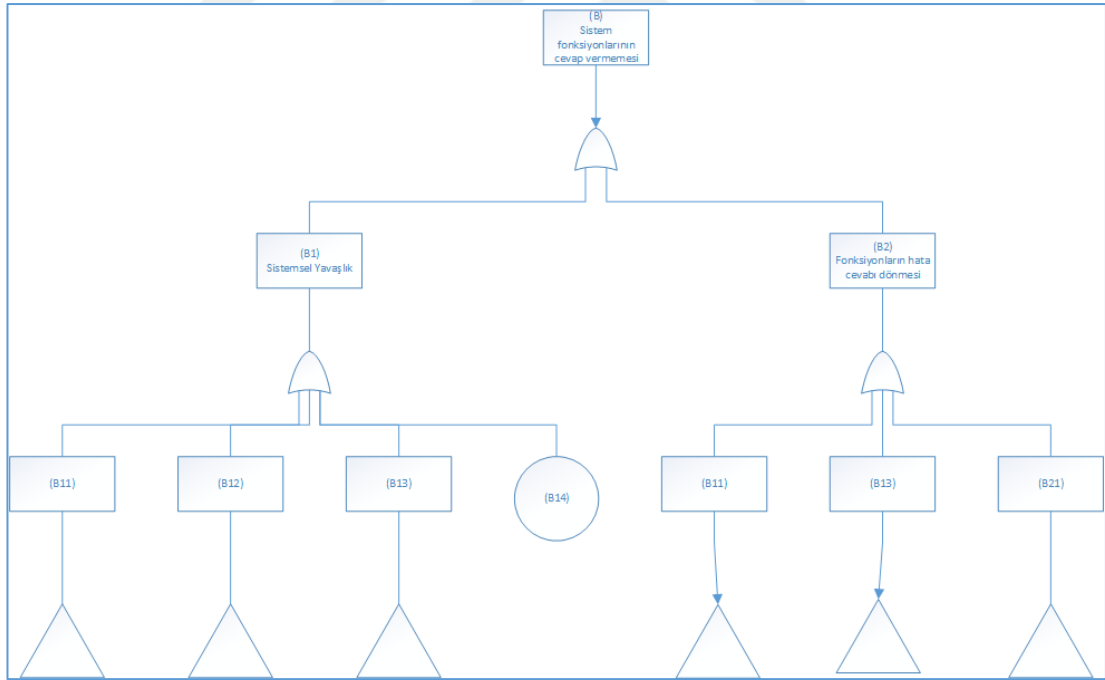


Şekil 4.3. HAA-A:Giriş sayfası ile ilgili problemleri gösteren hata ağacı

4.2.3.3 HAA-B Sistem Fonksiyonlarının Çalışmaması

Kullanıcılar sistemde çalışırken, belirli veri girişleri yaptıklarında görmeyi bekledikleri çıktılar vardır. Bu çıktıyı üreten sürece sistem fonksiyonu denir. Kullanıcıların bir sistem fonksiyonunu çalıştırdıklarında bekledikleri çıktıyı alamamaları durumu sistem fonksiyonlarının çalışmaması olarak belirtilmektedir.

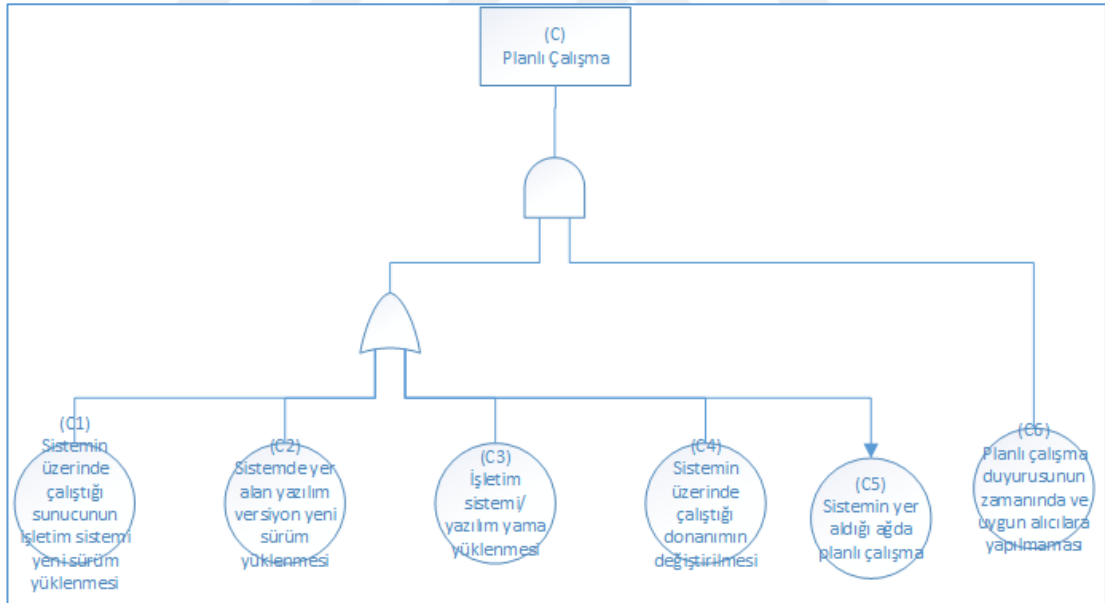
Bu durumun kök sebepleri 2 ana sınıfta toplanmaktadır: Sistemde çalışan tüm işlemlerin normal cevap süresinden daha uzun sürede çalışmakta ise sistemde yavaşlık sorunu yaşanmaktadır. Sistemsel yavaşlık durumunda fonksiyonlar yavaş çalışıyor olabilir ve/veya ürettikleri çıktı verisini kullanıcı arayüzüne yollarken bir yavaşlık durumu olabilir ki bu sistemin yer aldığı ağ içerisinde bir probleme işaret etmektedir. Ağ problemleri HAA-B11 başlığı altında incelenmiştir. Fonksiyonların yavaş çalışması durumu ise sistemin donanımsal ve/veya yazılımsal bir anormallikten ötürü beklendiği verimde çalışmamasıdır. Şekil 4.4'te “Sistem Fonksiyonlarının Çalışmaması” hata ağacı gösterilmiştir.



Şekil 4.4. HAA-B:Sistem fonksiyonlarının çalışmaması ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı

4.2.3.4 HAA-C Planlı Çalışma

Bilgi teknolojisi sisteminin üzerinde çalıştığı ana katmanlar yazılım ve donanım olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Yazılım katmanı sistemdeki girdileri çıktılara çevirerek kullanıcının sistemde beklediği ana fonksiyonu yerine getirmektedir. Donanım katmanı ise sistemin kabul edilebilir bir performansta çalışırılığını sağlayan fiziksel parçalardan oluşmaktadır. Yazılım katmanının üzerinde çalıştığı donanım katmanı ile entegrasyonunu işletim sistemi sağlamaktadır. Tüm bu parçaların -sistemi oluşturan yazılım, üzerinde çalıştığı donanım, entegrasyonu sağlayan işletim sistemi- güvenlik, yeni fonksiyon, var olan bir hatanın giderilmesi, performans artırımı gibi çeşitli sebeplerle periyodik ve/veya ani bir şekilde sürüm yenileme, fiziksel olarak yenilenme, yama yüklenmesi ihtiyaçları olmaktadır. Bahsedilen çalışmaların hepsi için çalışma öncesinde sistem tamamen kapatılmakta; çalışma tamamlandı yapılan değişikliklerin başarıyla devreye girdiği sistem yöneticileri tarafından teyit edilene kadar da kullanıcılar sisteme erişememektedir. Planlı çalışma sebebiyle yapılan sistem kesintileri Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



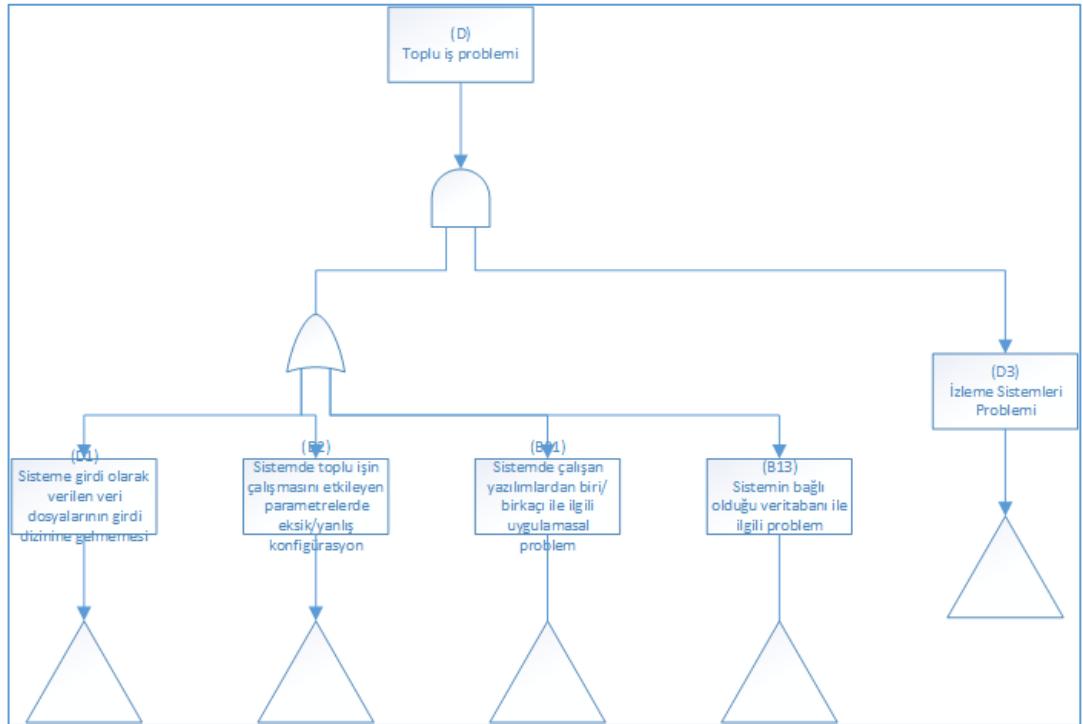
Şekil 4.5. HAA-C Planlı çalışma ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı

4.2.3.5 HAA-D Toplu İş Problemi

Sistemde her gece aynı saate başlayan, seri halde çalışan alt işlerden oluşan bir toplu iş çalışmaktadır. Toplu iş girdi olarak, sistemin bağlı olduğu başka sistemlerden o gün üretilen verileri almaktadır. Ayrıca kullanıcıların sistem arayüzünden girdiği veriler de

toplu iş sırasında kullanılmaktadır. Günlük verilerin yüklenmesi ile başlayan toplu iş, devamında sistemin pencere parametresinde tanımlanmış gün kadar veri üretmektedir.

Her sabah ofis saati başlamadan toplu işin belli bir kısmının tamamlanmış olması gerekmektedir. Çünkü kullanıcılar sabah gelip sisteme bağlandıklarında, toplu işin ürettiği veri üzerinde çalışmaktadır. Dolayısıyla ile toplu işin zamanında başlamaması, her gün yüklenmesi gereken verilerin yüklenmemesi veya olması gerekenden geç bir saatte/sürede yüklenmesi, toplu işin alt işlerinin normalden daha uzun sürede çalışıp bitmesi/bitmemesi, toplu işin tamamlanmadan hata alıp durması gibi verilerin sistemde zamanında üretilmesini engelleyen problemler, izleme sistemlerince tespit edilip gerekli aksiyonun alınması için e-posta yoluyla ilgili gruplara bildirim yapmaktadır. Problemin oluşmasını takiben izleme sistemlerinin problemi farkedip bildirmesi, ilgili grupların probleme zamanında müdahale etmesine olanak vermektedir; bu durumda oluşan problem ile kaybedilen zaman telafi edilebilmektedir. Ancak izleme sistemlerinin, herhangi bir sebepten, bu resimden çıkması, problemin çözülmeden beklemesi anlamına gelmektedir. Toplu işle ilgili yaşanan tüm problemler “Toplu İş Problemi” olarak adlandırılmakta olup, Şekil 4.6’daki hata ağacında gösterilmiştir.

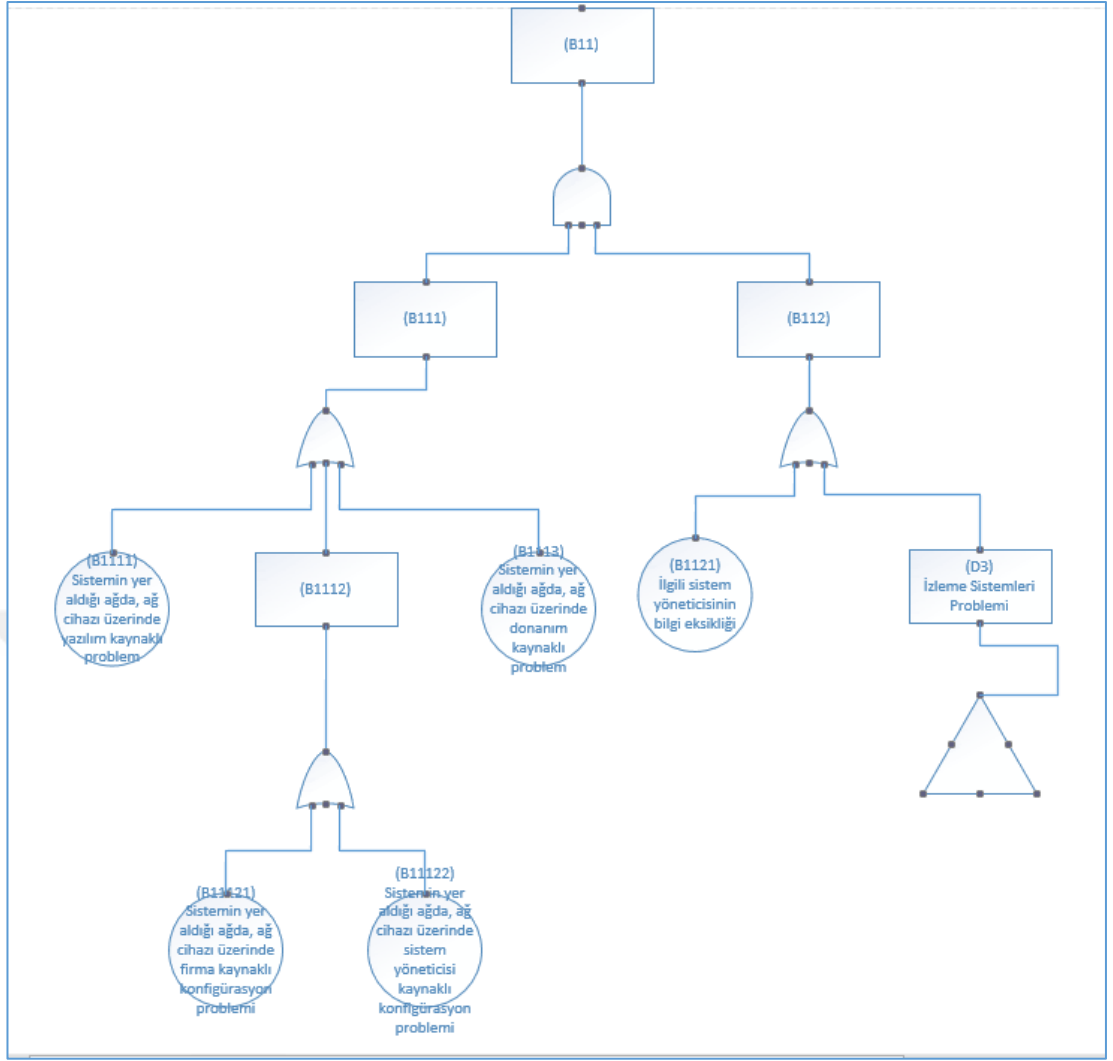


Şekil 4.6. HAA-D Toplu İş Problemi ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı

4.2.3.6 HAA-B11 Ağ Kaynaklı Problem

Sistemin yer aldığı lokal ağ yapısında çeşitli katmanlar ve ağ cihazları mevcuttur. Bu cihaz ve katmanlar güvenlik, ağ üzerindeki yükü sistemlere uygun dağıtma, hız gibi ihtiyaçlardan dolayı kullanılmaktadır. Cihazların üzerinde yönetim yazılımları bulunmaktadır, ağ sistem yöneticileri ve/veya cihazı üreten firma tarafından bu cihazların konfigürasyonu ve bakımı yapılmaktadır. Ağ cihazlarının periyodik bakımı, konfigürasyon değişikliği ve yeni cihaz ekleme gibi durumlarda ağ yöneticileri bu çalışmalarını planlayıp tüm paydaşlara duyurarak yapmaktadır. Ancak ağda yaşanan herhangi bir problem sebebiyle plansız kesintiler de olmaktadır. Arıza sonucu yaşanan plansız kesintiler, izleme sistemleri tarafından farkedilmezse, probleme müdahale ve çözüm zamanı uzamaktadır. Bu da sistemde kesinti süresini arttıran bir etmendir. Problemin uygun sürede çözülememesi, zaman zaman sistem yöneticilerinin yetkinlikleriyle de alakalı olabilmektedir.

Sistemin çalıştığı ağ üzerinde yapılan planlı/plansız tüm çalışmalar sonucu sistemin çalışması, kullanıcıların sisteme erişimi, sistemin bağlı olduğu veritabanı gibi alt sistemlerle bağlantısı aksayabilmektedir. Sistemde “Ağ Kaynaklı Problem” sebebiyle oluşan kesintiler Şekil 4.7’deki hata ağacında gösterilmiştir.

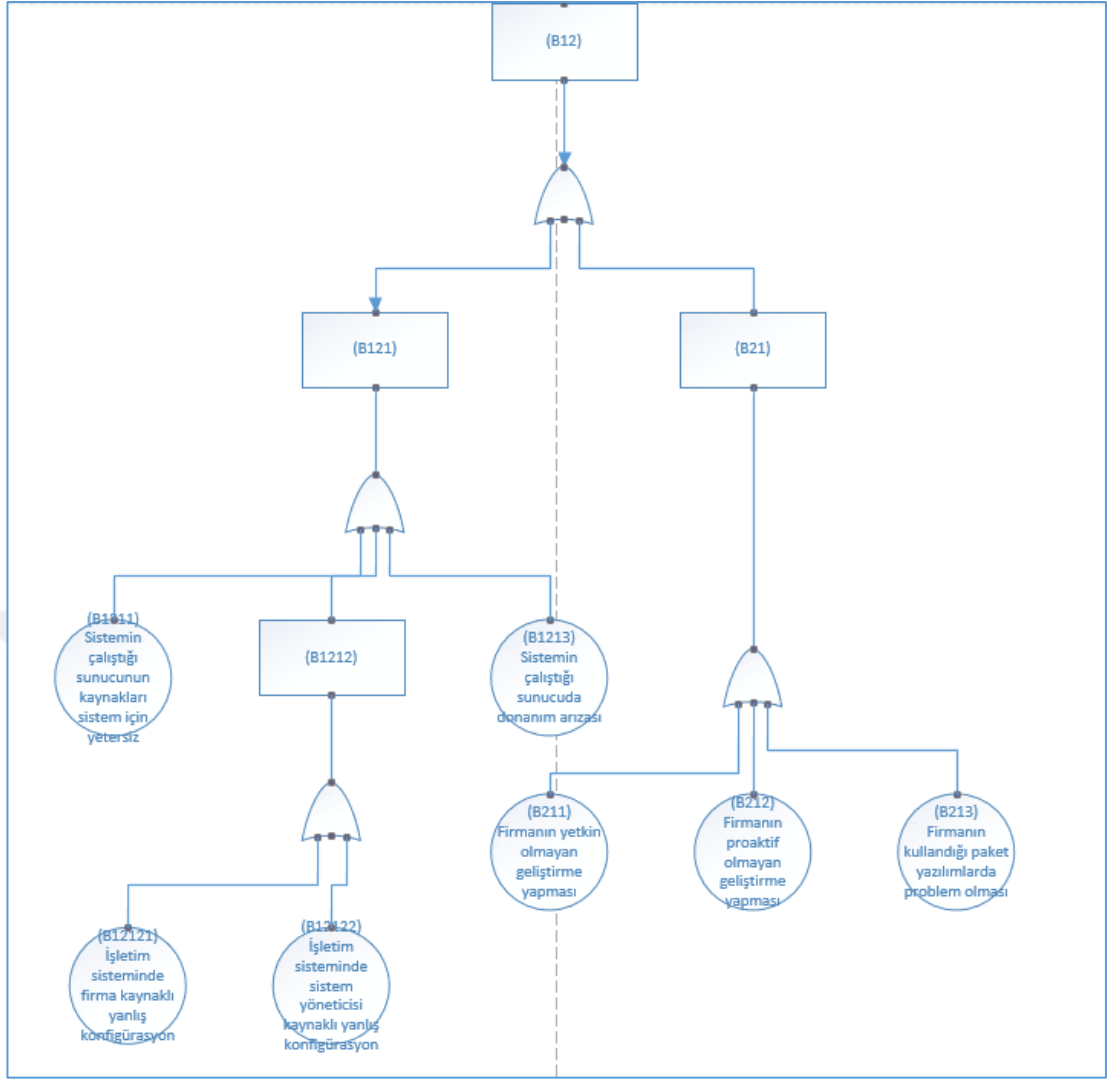


Şekil 4.7. HAA-D Ağ Kaynaklı Problemler ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı

4.2.3.7 HAA-B12 Sistemsel Problem

Sistem kelimesi; sistem fonksiyonlarını yerine getiren yazılım, yazılımın üzerinde çalıştığı donanım ve verilerin tutulduğu disk sistemi gibi bileşenlerin hepsini içermektedir.

Sistemin üzerinde çalıştığı donanımda fiziksel olarak bozulmalar nadiren de olsa yaşanmaktadır. Donanım üzerinde uygulamanın en optimum şekilde çalışması için çeşitli konfigürasyonlar yapılmaktadır. Bu konfigürasyonların eksikliği, yanlışlığı veya yapılmamış olması uygulamanın çalışmaması/doğru çalışmaması ile sonuçlanmaktadır. Uygulamanın çalışabilmesi için gerekli an az donanım kaynağı tahsis edilmediğinde de sistem çalışmamaktadır. Bütün bu problemler “Sistemsel Problem” olarak adlandırılmış olup, Şekil 4.8’de sebepleri gösterilmiştir.



Şekil 4.8. HAA-B12 Sistemsel Problemler ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı

4.2.3.8 HAA-B13 Veritabanı Problemi

Sistemin verilerinin saklandığı, okunduğu ve yeni verilen yazıldığı bir veritabanı ortamı bulunmaktadır. Veritabanı ortamı mevcut sistem yazılımının çalıştığı donanımlardan farklı, ayrı bir donanım üzerinde çalışmakta olup, başka sistemlere ait veritabanları tarafından donanım ortak kullanılmaktadır. Veritabanı sistem yöneticileri tarafından yönetilen veritabanı ortamı için, yönetim yazılımı da mevcuttur. Yönetim yazılımı üzerinden her bir sisteme ait veritabanı için gerekli donanımsal kaynak tahsisleri yapılmaktadır.

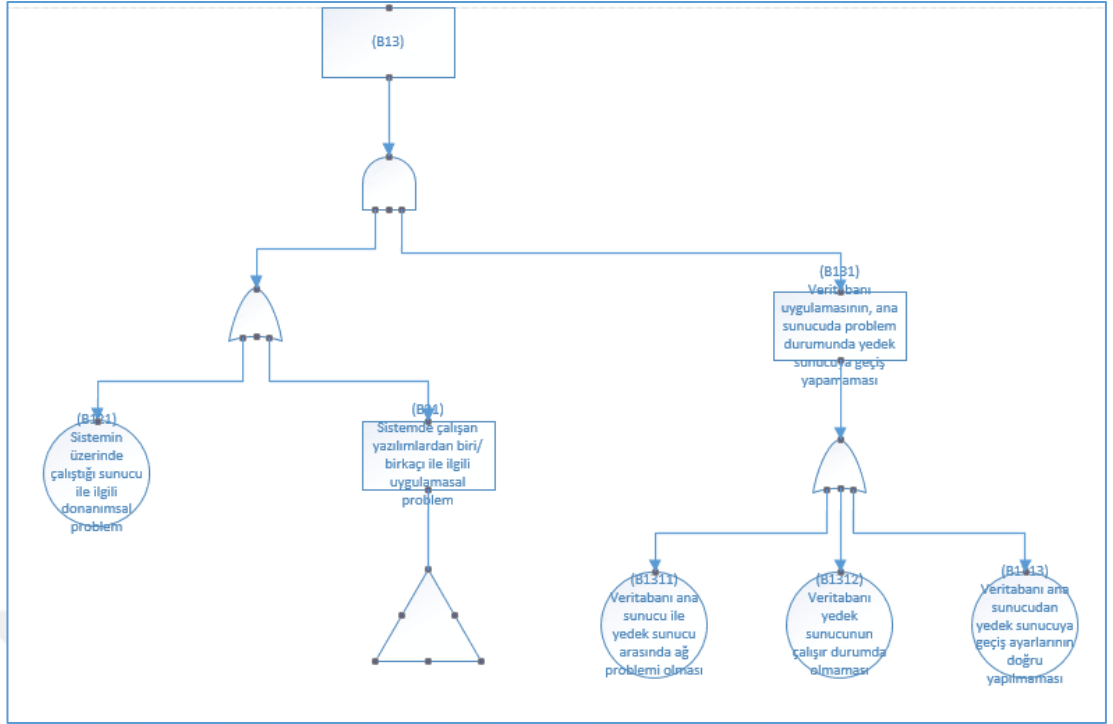
Veritabanı sistemi yedekli bir yapıda çalışmaktadır. Uygulama sunucuları, veritabanına, ağdaki adresinden bağımsız genel bir bağlantıyla erişmektedir. Bu erişim

yönteminin faydası, uygulama ortamının veritabanı ortamındaki fiziksel değişiklikleri farketmeden, kesintisiz bir şekilde verilere ulaşmaya devam edebilmesidir. Veritabanı ortamındaki sunuculardan herhangi birinde problem olması durumunda, problemlili sunucudan diğerlerine elle müdahale olmaksızın geçiş yapılabilir. Ancak bu geçiş çeşitli sebeplerden yapılamazsa uygulamanın veritabanı bağlantısı kesilmekte ve sistemde çalışan toplu işler ve kullanıcılar probleminden etkilenmektedir.

Veritabanı ortamında donanımsal arızalar olabildiği gibi, veritabanını kullanan sistem yazılımı kaynaklı problemler de yaşanmaktadır. Bu problemler Şekil 4.9'daki hata ağacında gösterilmiştir.

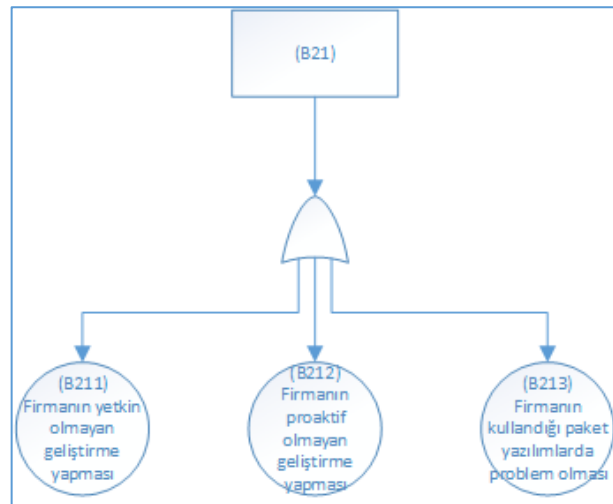
4.2.3.9 HAA-B21 Yazılımsal Problem

Sistem üzerinde ana fonksiyonları yerine getiren bileşen yazılımdır. Sistemde girdileri çıktılarına çevirme sürecini yazılım ile sağlanan fonksiyonlar yerine getirmektedir. Yazılımın sağlaması gereken çeşitli standartlar vardır; her yeni versiyonun, eski versiyondaki tüm fonksiyonları desteklemesi, yazılımın müdahale edilebilir ufak kod parçalarından oluşması, kullanıcı girdilerinde insan kaynaklı hataları öngörmesi, tüm kullanıcı senaryolarının detaylı test edilmeden yazılımın üretim ortamına yüklenmemesi, proaktif ve yetkin olması gibi standartları sağlamalıdır. Yazılımda bazı fonksiyonlar paket yazılım denemeleri hazır yazılımlar ile sağlanmaktadır. Bu yöntemde, özellikle yazılım lisans ücreti olmayan paket yazılım tercih edildiğinde, problem durumunda destek verecek bir birim olmaması gibi riskler mevcuttur.



Şekil 4.9. HAA-B13 Veritabanı Problemleri ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı

Yazılımdan ana beklenti yerine getirmesi istenen fonksiyonları yeterince ve istenen zamanda sağlamasıdır. Standartları sağlamadığı durumda, toplu iş gibi önem arzeden işlerde gecikme yaşanmasına neden olacak yazılım hataları ile karşılaşmaktadır. Yazılım hatalarına uygulama geliştiriciler dışında müdahale edip düzeltmek mümkün değildir. “Yazılımsal Problem” kaynaklı hatalar Şekil 4.10’daki hata ağacında gösterilmiştir.



Şekil 4.10. HAA-B21 Yazılımsal Problemler ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı

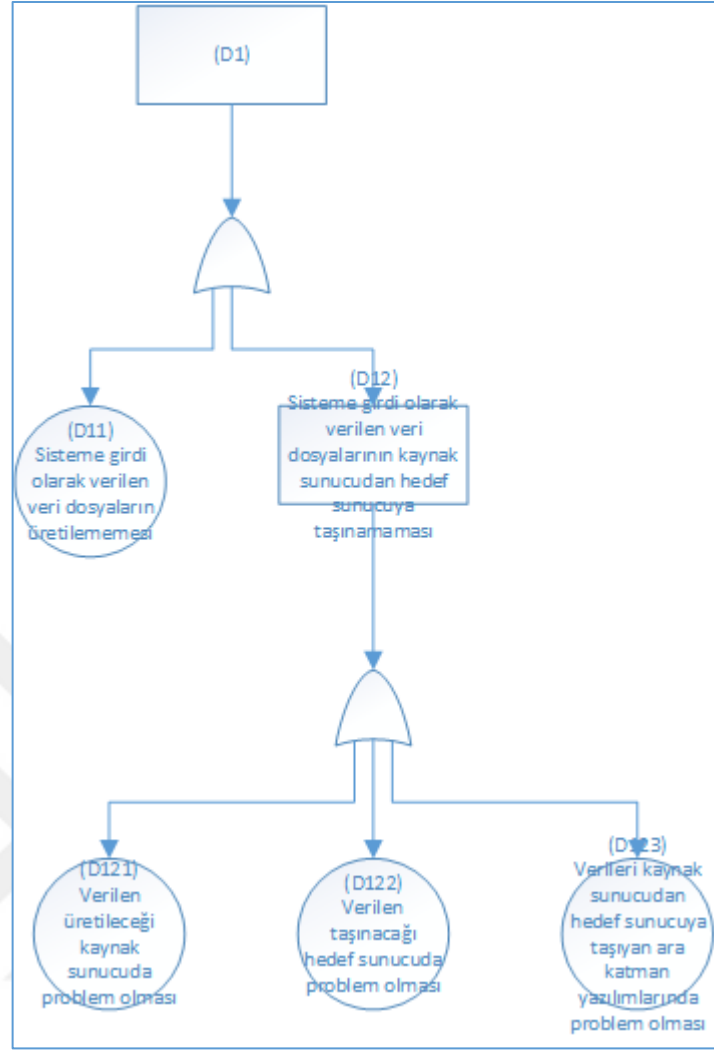
4.2.3.10 HAA-D1 Veri Dosyaları Kaynaklı Problem

Sisteme her gece, gün sonu toplu iş başlangıcında başka sistemlerde üretilmiş veri dosyaları aktarılarak yüklenmektedir. Yüklenen veri dosyaları toplu iş sırasında işlenerek kullanıcı için anlamlı veriler üretilmektedir. Veri dosyalarından birinin bile yüklenmemesi, toplu işin çalışmamasına sebep olmaktadır. Toplu işin gecikmeden bitmesi, veri dosyalarının zamanında sisteme yüklenmesi ile doğrudan ilişkilidir.

Farklı sistemlerde üretilen veri dosyaları; üretilen sistem, kullanılan kaynak ve hedef depolama birimlerinin kapasitesi ve altyapısı, veriyi kaynak depolama ünitesinden hedef depolama ünitesine taşımak için kullanılan taşıma teknolojisi ve kurgusu ve veriyi yükleme için kullanılan iş adımlarında yaşanan arıza/aksaklık sebebiyle sisteme yüklenmemekte veya geç yüklenmektedir. Her iki durumda da sistemde toplu iş hedeflenen sürede tamamlanamamaktadır. Sistemde kesintiye yol açan “Veri Dosyaları Kaynaklı Problem” analizi, Şekil 4.11’de gösterilmiştir.

4.2.3.11 HAA-D2 Konfigürasyon Kaynaklı Toplu İş Problemi

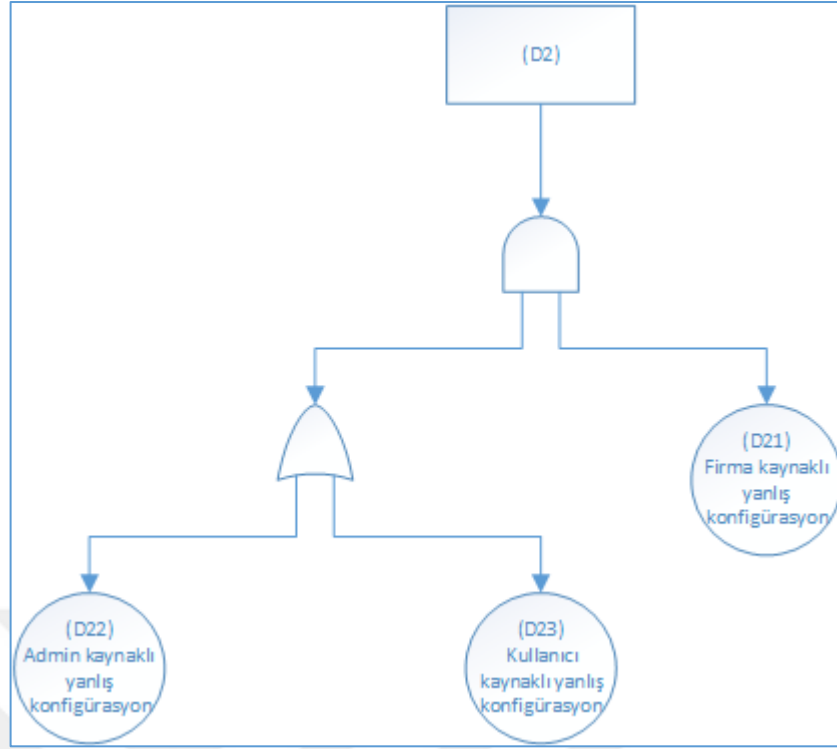
Sistemde çalışan toplu işle ilgili çeşitli konfigürasyonlar mevcuttur. Bunların bir kısmını iş mantığı kapsamında üretilecek verinin doğruluğu ve kalitesi için, sistemi kullanan kullanıcı grubundan yetkili kullanıcılar düzenlemektedir. Çalışan işlerin sistemsel performansı, süresi, paralel ve/veya seri çalışabilirliği gibi ayarlar ise sistem yöneticilerinin sorumluluğundadır. Yetkili kullanıcı veya sistem yöneticisi, toplu iş ayarlarındaki değerleri girerken ve/veya değiştirirken, yazılımı üreten firmadan onay alarak ve bilgi vererek; bazı durumlarda tavsiye isteyerek ilerlemektedir. Bu durumda toplu iş konfigürasyonunda kurum tarafında ilgili değişikliği yapan kullanıcının veya sistem yöneticisinin sorumluluğundan bahsedilmekte olup, her durumda bilgi verildiği için firma da sorumludur. Bu durum Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. HAA-D1 Veri Dosyaları Kaynaklı Problemler ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı

4.2.3.12 HAA-D3 İzleme Sistemleri Kaynaklı Problem

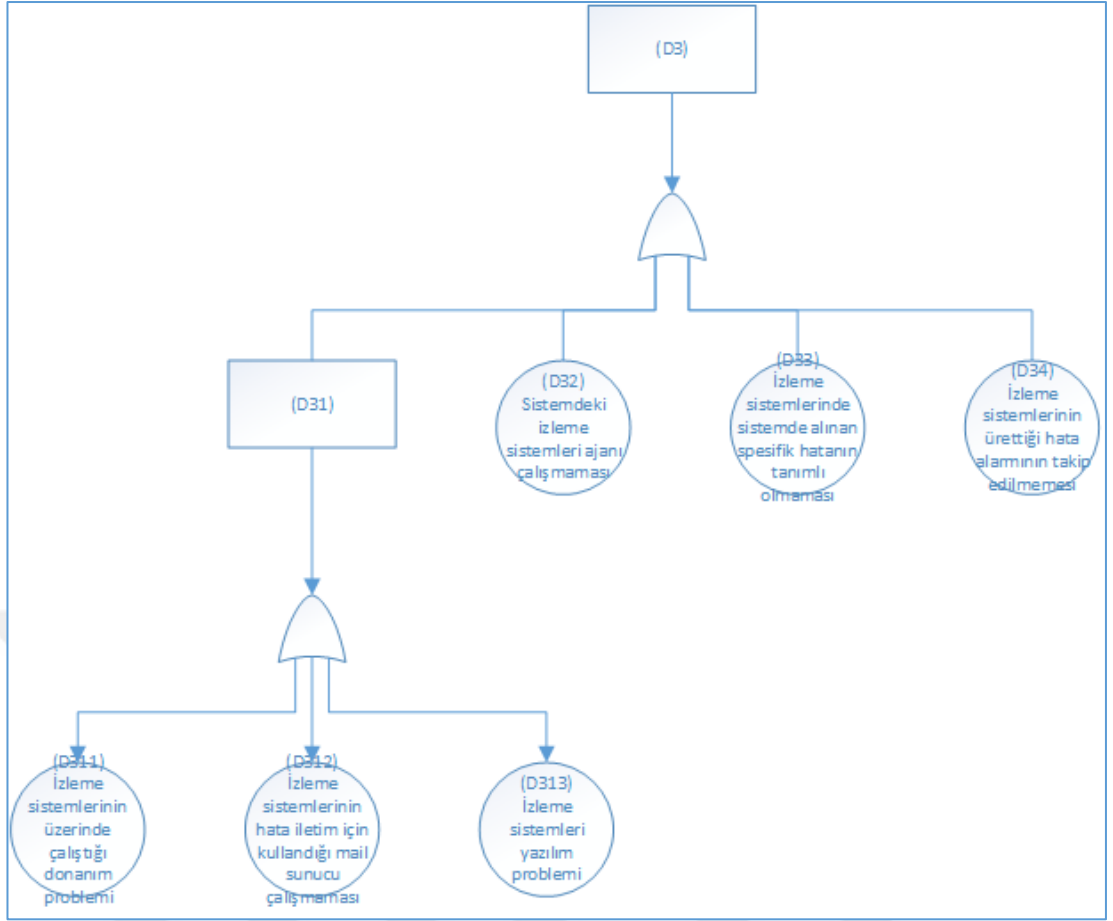
Sistemde gün sonunda çalışan toplu işlerde yaşanabilecek problemlere en hızlı sürede müdahale edilmesi, kesintiyi önlemek veya azaltmak için zaruridir. Bu sebeple toplu işler, izleme sistemi olarak adlandırılan bir yazılım ile, tanımlanan hata kriter ve önceliklere göre takip edilmektedir. Tanımlı hatalardan biri veya birkaçının gerçekleşmesi durumunda, izleme sistemi yazılımı farkedip alarm üreterek tanımlanan aksiyonları almaktadır. Tanımlı aksiyon genellikle birinci seviye destek ve müdahale ekiplerine e-posta yolula bildirimde bulunmaktadır. Birinci seviyedeki ekipler gerekli müdahaleyi yapıp gerekirse ikinci seviye ekiplere yönlendirilmektedir.



Şekil 4.12. HAA-D2 Toplu İş Konfigürasyon Kaynaklı Problemler ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı

İzleme sistemlerinin çalışmaması, toplu işlerin takip edilmemesi anlamına gelmektedir. Toplu işler herhangi bir hata alıp çalışmadığında, izleme sistemleri otomatik alarm üretmez ise müdahale etmesi gereken ekiplerin farketmesi zaman almaktadır veya farkedilememektedir. İşlerin zamanında çalışması, hatalara zamanında ve doğru şekilde müdahale edilmesi, izlemenin hatalara açık bir şekilde manuel olarak değil otomatize edilebilmesi için izleme sistemleri kritik derecede öneme sahiptir.

İzleme sistemlerinde yaşanan aksaklıklar; izleme sistemi ajanının çalışmaması, izleme sisteminin çalışmaması/alarm üretmemesi, e-posta yapısının çalışmaması, izleme sisteminde alarm tanımlarının eksik/yanlış olması, birinci seviye müdahaledeki aksamalar olarak Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. HAA-D1 İzleme Sistemleri Kaynaklı Problemler ile ilgili sebepleri gösteren hata ağacı

4.2.4 En Küçük Kesim Setlerinin Bulunması

Şekil 4'te gösterilen, sistemin tamamına ait hata ağacı, 'VEYA' ve 'VE' mantıksal kapıları kullanılarak oluşturulmuştur. Hata ağacının Boolean cebiri ile oluşturulmuş modeline göre en küçük kesim setleri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$M=A+B+C+D$$

Yukarıdaki ifadenin hata ağacına göre açık hali şu şekildedir:

$$M=A111+A112+A113+A1221+A1222+A121+A21+A22+(B1111+B11121+B11122+B1113).(B1121+D311+D312+D313+D32+D33+D34)+B1211+B12121+B12122+B1213+B211+B212+B213+B14+(B121+B211+B212+B213).(B1311+B1312+B1313)+(B1111+B11121+B11122+B1113).(B1121+D31$$

$$1+D312+D313+D32+D33+D34)+(B121+B211+B212+B213).(B1311+B1312+B1313)+B211+B212+(C1+C2+C3+C4+C5).C6+(D11+D121+D122+D123+(D21+D22).D23+B211+B212+B213+(B121+B211+B212+B213).(B1311+B1312+B1313)).(D311+D312+D313+D32+D33+D34)$$

Gerekli Boolean cebiri işlemlerinden aşağıdaki hata ağacı için şu ifade edilmiştir. Bu ifade aynı zamanda hata ağacının en küçük kesim setlerini içermektedir.

$$M=A111+A112+A113+A1221+A1222+A121+A21+A22+B1211+B12121+B12122+B1213+B14+B211+B212+B213+B121+(D311+D312+D313+D32+D33+D34).(B1111+B11121+B11122+B1113+D11+D121+D122+D123+(D21+D22).D23)+(C1+C2+C3+C4+C5).C6$$

Tablo 4.3 En küçük kesim setleri

A111	B1111	C1	D11
A112	B11121	C2	D121
A113	B11122	C3	D122
A121	B1113	C4	D123
A1221	B121	C5	D21
A1222	B1211	C6	D22
A21	B12121		D23
A22	B12122		D311
	B1213		D312
	B14		D313
	B211		D32
	B212		D33
	B213		D34

Hata ağacından kesim setleri çıkarılmış; sadece en küçük kesim setlerinden oluşacak şekilde indirgenmiştir. İndirgenmiş hata ağacı Ek-2’de gösterilmiştir.

4.2.5 Hata Ağacının Kantitatif Analizi

Bir kurumun bilgi teknolojisi sistemine ait yaklaşık bir yıllık kesinti raporları analiz edildi, rapordaki kesintiler tek tek incelenip herbir kesintiye sebep olan temel olay belirlendi. Bu şekilde her temel olayın ne kadar tekrar ettiği tespit edilerek temel olayların frekansı ayrı ayrı hesaplandı. Bulunan frekans değerleri kullanılarak, temel

olayların olasılık değerleri hesaplandı. Tablo 4.4'te, hata ağacının en k¼¼k kesim setindeki temel olayların olasılık değerleri g¼sterilmiřtir. Sisteme ait hata ağacının matematiksel modelinden faydalalanılarak tepe olayın yani sistem kesintisinin olma olasılığı aşağıdaki şekilde hesaplandı.

Tablo 4.4. Temel olay olasılıkları

Hata Referans Kodu	Olasılık
A111	0,009259
A112	0,009259
A113	0,009259
A121	0,009259
A1221	0,009259
A1222	0,009259
A21	0,009259
A22	0,009259
B1111	0,027778
B11121	0,009259
B11122	0,009259
B1113	0,018519
B121	0,018519
B1211	0,018519
B12121	0,027778
B12122	0,046296
B1213	0,018519
B14	0,009259
B211	0,064815
B212	0,037037
B213	0,009259
C1	0,009259
C2	0,407407
C3	0,018519
C4	0,027778
C5	0,027778
C6	0,027778
D11	0,009259
D121	0,046296
D122	0,027778
D123	0,009259
D21	0,027778
D22	0,018519
D23	0,046296
D311	0,009259
D312	0,009259
D313	0,009259
D32	0,018519
D33	0,027778
D34	0,12037

$$M=A111+A112+A113+A1221+A1222+A121+A21+A22+B1211+B12121+B12122+B1213+B14+B211+B212+B213+B121+(D311+D312+D313+D32+D33+D34).(B1111+B11121+B11122+B1113+D11+D121+D122+D123+(D21+D22).D23)+(C1+C2+C3+C4+C5).C6$$

$$M= 0,528280272$$

4.2.6 Sistemin Maliyet Analizi

Sisteme gelen istek sayısının en fazla olduğu zaman diliminde, sistem loglarından yapılan analize göre sistemin 1 günde yaklaşık 145 milyon isteğe cevap verdiği görülmüştür. Bu isteklerin 3,6 milyonu doğrudan kuruma kazanç sağlayan isteklerdir. Dolayısıyla, 1 dakikada gelen ortalama 4500 tane isteğin 106 tanesi doğrudan kazanç sağlayan isteklerden oluşmaktadır. Bu değerlere göre, sistemde bir dakika kesinti yaşanması demek, 106 tane ticari işlemin daha az kâr oranı ile yapılması; yani kurum için kazanç kaybı anlamına gelmektedir. Kurumun sistem üzerinde yaptığı bir ticari işlemde dolayı sağladığı kazanç ortalama 300\$ olarak kabul edilmektedir. Bu durumda 1 dakikalık kesinti kurum için 31800\$ kazanç fırsatı kaybı demektir.

Hata ağacındaki en küçük kesim setinde yer alan olaylar hata raporlarından kesinti süresine göre incelendiğinde, toplamda 30 dakikalık bir kesintiye sebep oldukları görülmüştür. Bu da $30 \times 31800 = 954000\$$ kazanç fırsatı kaybı demektir.

5 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bilgi teknolojisi sistemlerinin, faaliyet gösterdikleri sektörlerde iç ve dış müşterilere kesintisiz ve kaliteli hizmet vermeleri beklenmektedir. Bu sistemlerdeki kesintiler ve arızalar, müşteri memnuniyetinde azalma, kurumun güvenilirliğini ve karlılığını olumsuz etkileme gibi istenmeyen olayların yaşanmasına sebep olabilmektedir. Mevcut riskler ve alınmayan önlemler sonucu firmalar zarara uğrayabilmektedir. Dolayısıyla, hangi sektör olursa olsun, işin devamlılığı süresince, farklı sebeplerden kaynaklanan ve hizmet verilen sistemlerin erişilebilirliğini tehdit eden tüm durumlar risk analizi teknikleri yardımı ile ele alınarak, mevcut sistemin sahip olduğu riskler, eksiklikler tespit edilecek ve eksiklikleri düzeltecek, mevcut risklerin önüne geçecek planlar hazırlanabilecektir. Bu sayede, yaşanabilecek aksaklık ve kesintiler tamamen önlenemese de asgari düzeyde tutulabilecektir.

Bu çalışmada, bir kurumun bilgi teknolojisi sistemlerinde oluşabilecek kesinti riskinin tespit edilmesi, bu riskin oluşmasına neden olabilecek nedenlerin belirlenmesi, bu nedenlerin önlenmesi veya azaltılması amacıyla alınması gerekli tedbirlerin tespiti ve bu yolla kurumların bilgi teknolojisi sistemlerinde kesintilerin en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

Seçilen bir kurumun bilgi teknolojisi sistemine ait kesinti raporları ele alınmıştır. Raporlanmış ve çözülmüş problemlere ait verilerden yola çıkılarak, bilgi teknolojisi sisteminde yaşanan sistem kesintileri Hata Ağacı Analizi yöntemi ile incelenmiş ve problemlerin kök sebeplerine ulaşılacak hedeflenmiştir. Kesinti raporları yaklaşık bir senelik süreyi kapsamaktadır. Elde edilen kök sebeplerin neden olduğu problemler ilgili raporlarda tespit edilmiş; problemlerin tekrar etme sıklığından yola çıkılarak kök sebeplerin frekansları elde edilmiş ve gerçekleşme olasılıkları hesaplanmıştır. Hata ağacından en küçük kesim kümeleri tespit edilmiştir. En küçük kesim kümelerindeki olayların olasılık değerleri temel olayın gerçekleşme olasılığı hesaplanmıştır. Sistemin kuruma sağladığı kazanç göz önüne alınarak, sistemde yaşanabilecek bir dakikalık bir

kesintinin kuruma getirdiği ticari kayıp 31800 \$ olarak hesaplanmıştır. En küçük kesim kümesinde yaşanan problemlerin sistemde sebep olduğu kesintiler hata raporlarından elde edilerek, bu olaylardan dolayı kurumun uğradığı ticari kayıp hesaplanarak maliyet analizi yapılmıştır.

Bilgi teknolojisi sistemi, kesintiye sebep olacak bir hata olduğunda algılanması ve sorunun olduğu alt sistemin yapacağı işlemlerin başka bir alt sisteme taşınması sürecini otomatik yönetecek bir mimariye sahip değildir. Sorunun algılanması ve sorunlu alt sistemin sağlıklı olan ile değiştirilmesi süreçleri operasyonel birimler, anahtar kullanıcılar ve sistem yöntemcileri tarafından manuel olarak yürütölmektedir. Sistemin bu kısıtından dolayı, hata ağacındaki bağlantıların tamamına yakını 'VEYA' kapısından oluşmaktadır.

Bu çalışmada incelenen bilgi teknolojisi sistemi; gün sonu raporları üretmek gibi işlerin yanında, kurumun yaptığı ticari faaliyetlerde doğrudan hizmet veren birimlere sahiptir. Bu sebeple sistemde yaşanan kesintilerin, kullanıcıların çalışamaması gibi dolaylı maliyetlerin yanı sıra ticari işlemlere cevap verilememesi gibi doğrudan maliyeti mevcuttur.

Yapılan maliyet analizine göre sistemde yaşanan bir dakikalık bir kesintinin bile kuruma maliyeti oldukça yüksektir. Bu sebeple sistemde problem yaşanmaması için önleyici aksiyonlar almak kurum için oldukça önem arz etmektedir. Karar vericiler, maliyeti bu kadar yüksek olan arızaları önlemeye gerekli önemi vermelidir. Hata ağacı analizi gibi yöntemlerle, yaşanan hatalar analiz edilerek, kurumlara bu kadar yüksek maliyeti olan kesintileri önlemeye yönelik tedbirler alınmalıdır.

Bu çalışmada analiz edilen veri seti yaklaşık bir yıllık bir süreyi kapsamaktadır. Bunun yerine farklı ve daha uzun zaman periyotları veya daha fazla veri kullanılarak bu çalışma iyileştirilebilir.Çalışmada kullanılan hata ağacı analizi, yaşanan problemleri analiz ederek kök sebepleri bulmaya yöneliktir. İleriki çalışmalarda başka yöntemler seçilerek, sistemin zayıf noktaları problem yaşanmadan da tespit edilip, iyileştirmeye yönelik önlemler alınabilir. Sistemdeki analizler, alt olayların birbirinden bağımsız olduğu kabul edilerek yapılmıştır. Sonraki çalışmalarda alt olayların bağımsızlığı test edilerek sistemin güvenilirlik analizi yapılabilir.

6 ARAŞTIRMA SORULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

1. Bilgi teknolojisi sistemlerinde kesintiye sebep olan problemlerin kök sebepleri nelerdir?

Sistemde kesintiye sebep olan problemler, en küçük kesim setinde yer alan olaylardan oluşmaktadır. Bu problemlerin kök sebepleri, kullanıcının eğitim eksikliği, sistem yöneticisinin eğitim eksikliği, kullanıcı grubu ile sistem yöneticileri arasında koordinasyon eksikliği ve sistem izleme grubunun dikkat hatası olarak söylenebilir.

2. Sistemdeki zaman ve kar açısından maliyeti en yüksek problemler nelerdir?

Planlı çalışmalar ve toplu iş problemleri sistemde uzun süre kesintiye sebep olduğundan, zaman ve kar açısından maliyeti en yüksek problemlerdir.

3. Tespit edilen kök sebeplerden dolayı sistemde problem olma olasılığı nedir?

Sistemde problem olma olasılığı 0,528280272 olarak hesaplanmıştır.

KAYNAKÇA

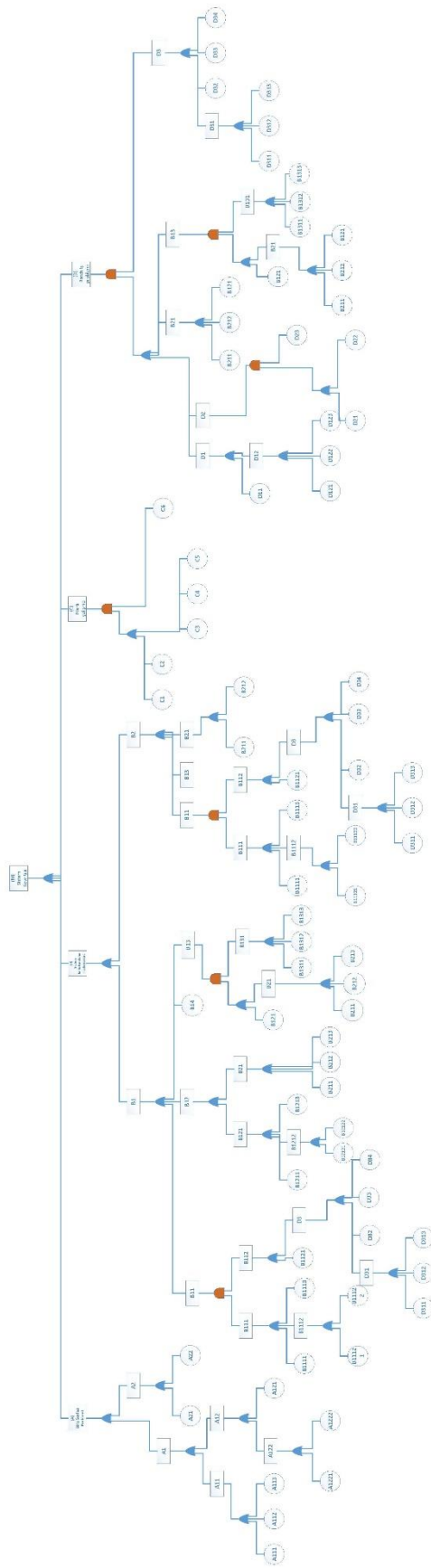
- Ahmad, A., 2016. *Minimal Cutset*. [Çevrimiçi]
Available at: <https://arshadahmad.files.wordpress.com/2016/09/raam-p5-2-fta-minimal-cutset.pdf>
- Akolaş, A., 2004. Bilişim Sistemlerive Bilişim Teknolojisinin Küreselleşme Olgusu Ve Girişimcilik Üzerine Yansımaları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, pp. 29-43.
- Arslan, Ö., Zorba, Y. & Svetak, J., 2018. Tanker Terminallerinde Yükleme ve Tahliye Operasyonları Sırasında Gemilerde Meydana Gelen Kazaların Hata Ağacı Yöntemi ile Analizi. *JOURNAL OF ETA MARITIME SCIENCE*, 6(1), pp. 3-16.
- Ata, B. & Yüceer, R. E., 2010. Emniyet Kritik Aviyonik Sistemlerde Yazılım Hata Ağacı İle Tek Hata Durumlarının İncelenmesi.
- Barlow, R. E. & Chatterjee, P., 1973. *Introduction To Fault Tree Analysis*, Ohio: United States Air Force Air Force Systems Command.
- Barlow, R. E. & Proschan, F., 1975. *Importance Of System Components and Fault Tree Events*. Ohio, yazarı bilinmiyor, pp. 153-173.
- Bengshir, T. K., 1996. *Bilgi Teknolojileri ve Örgütsel Değişim*. Ankara: TODAİ.
- Dan M.Shalev,JosephTiran, 2007. Condition-based fault tree analysis (CBFTA): A new method for improved fault tree analysis (FTA), reliability and safety calculations. *Reliability Engineering & System Safety*, pp. 1231-241.
- Erdoğan, A., 2015. Hata Ağacı Analizi, Literatür Araştırması ve Orta Ölçekli Bir İşletmede Uygulama. *Çalışma Dünyası Dergisi*, pp. 106-122.
- Ericson, C., 1999. *Fault Tree Analysis - A History*. basım yeri bilinmiyor, yazarı bilinmiyor
- Ericson, C., 1999. *fta_tutorial_2Hr*. [Çevrimiçi]
Available at: <http://www.cs.ucf.edu/~hluco/cop4331/ericson-fta-tutorial.pdf>
- Ferdous, R., Khan, F. I., Veitch, B. & Amyotte, P. R., 2007. *Methodology for computer-aided fault tree analysis*. basım yeri bilinmiyor, yazarı bilinmiyor, pp. 70-80.
- Fussel, J. B. & Barlow, R. E., 1975. *Reliability and Fault Tree Analysis*. UC Berkeley, SIAM Pub.
- Fussel, J. B., Henry, E. B. & Marshall, N. H., 1974. *MOCUS - A Computer Program to Obtain Minimal Sets From Fault Trees*, Idaho: U. S. ATOMIC ENERGY COMMISSION IDAHO OPERATIONS OFFICE.
- Hurdle, E. E., Bartlett, L. & Andrews, J., 2007. *System fault diagnostics using fault tree analysis*. basım yeri bilinmiyor, yazarı bilinmiyor, pp. 43-55.

- Kılıç, A. & Sanal, H. T., 2015. Çanakkale Boğazı'nda Karaya Oturmayla Sonuçlanan Gemi Kazaları. *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi Cilt 17(2)*, pp. 38-50.
- Koyun, A. & Kaymakçı, Ö. T., 2015. Bir Tramway Hattının Güvenilirlik Analizi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 30, No 4*, pp. 615-626.
- Köse, E., Dinçer, C. & Durukanoglu, F., 1998. *Risk assessment of fishing vessels*. basım yeri bilinmiyor, yazarı bilinmiyor, pp. 417-428.
- Menteş, A., 2010. *Açık Deniz Yapıları Bağlama Sistemlerinin Dizaynında Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulanması*, basım yeri bilinmiyor: Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Menteş, A. & Helvacıoğlu, İ. H., 2011. An application of fuzzy fault tree analysis for spread mooring systems.. *Ocean Engineering*, pp. 285-294.
- Öktem, R., 2006. *Hata Ağacı Analizi-TTB*. [Çevrimiçi]
Available at: www.ttb.org.tr/RD/data/FTA.doc
- Peeters, J. W., Basten, R. J. I. & Tinga, T., 2018. Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner. *Reliability Engineering & System Safety*, pp. 36-44.
- Ramamoorthy, C. V., Ho, G. S. & Han, Y.-W., 1977. *Fault tree analysis of computer systems*. 1977, yazarı bilinmiyor
- Revision, B. E. T. a., 2018. *Laws o Booealan Algebra and Boolean Algebra Rules*. [Çevrimiçi]
Available at: https://www.electronics-tutorials.ws/boolean/bool_6.html
- Saka, K., 2012. *Hata Ağacı Analizi Metodolojisi*. [Çevrimiçi]
Available at: <https://isgfrm.com/threads/hata-agaci-analizi-metodolojisi-fault-tree-analysis-fta.2246/>
- Şahin, F., 2011. <http://fatihshahinn.blogspot.com.tr/2011/10/bilgisayarn-tarihcesi.html>. [Çevrimiçi].
- Talay, A. A., 2012. *A Decision Support Model To Improve Navigational Safety In Port Areas With An Application To The Port Of Haydarpaşa Zone*, basım yeri bilinmiyor: Doktora Tezi, Deniz ulaştırma Mühendisliği.
- Ten Veldhuis, M.-C., Clemens, F. & Van Gelder, P. H., 2009. *Fault tree analysis for urban flooding*. basım yeri bilinmiyor, yazarı bilinmiyor, pp. 1621-1666229.
- Tokol, A., 2000. Yeni Teknolojiler ve Değişen Endüstri İlişkileri. *İş, Güç*.
- tutorialspoint, 2018. *Boolean Algebra*. [Çevrimiçi]
Available at:
https://www.tutorialspoint.com/computer_logical_organization/boolean_algebra.htm
- Wikipedia, T. F. E., 2018. *Booealan algebra*. [Çevrimiçi]
Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Boolean_algebra
- Yavuz, İ., 2016. *Petrokimya Sektörü Likit Petrol Gazı Depolama Ünitesinde Patlama Olayının Değerlendirilmesi*, Ankara: İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi.
- Zhang, L. ve diğerleri, 2014. A probabilistic approach for safety risk analysis in metro construction. *Safety Science*, pp. 8-17.

EK-1

Sistem kesintisi tepe olayına ait hata ağacı

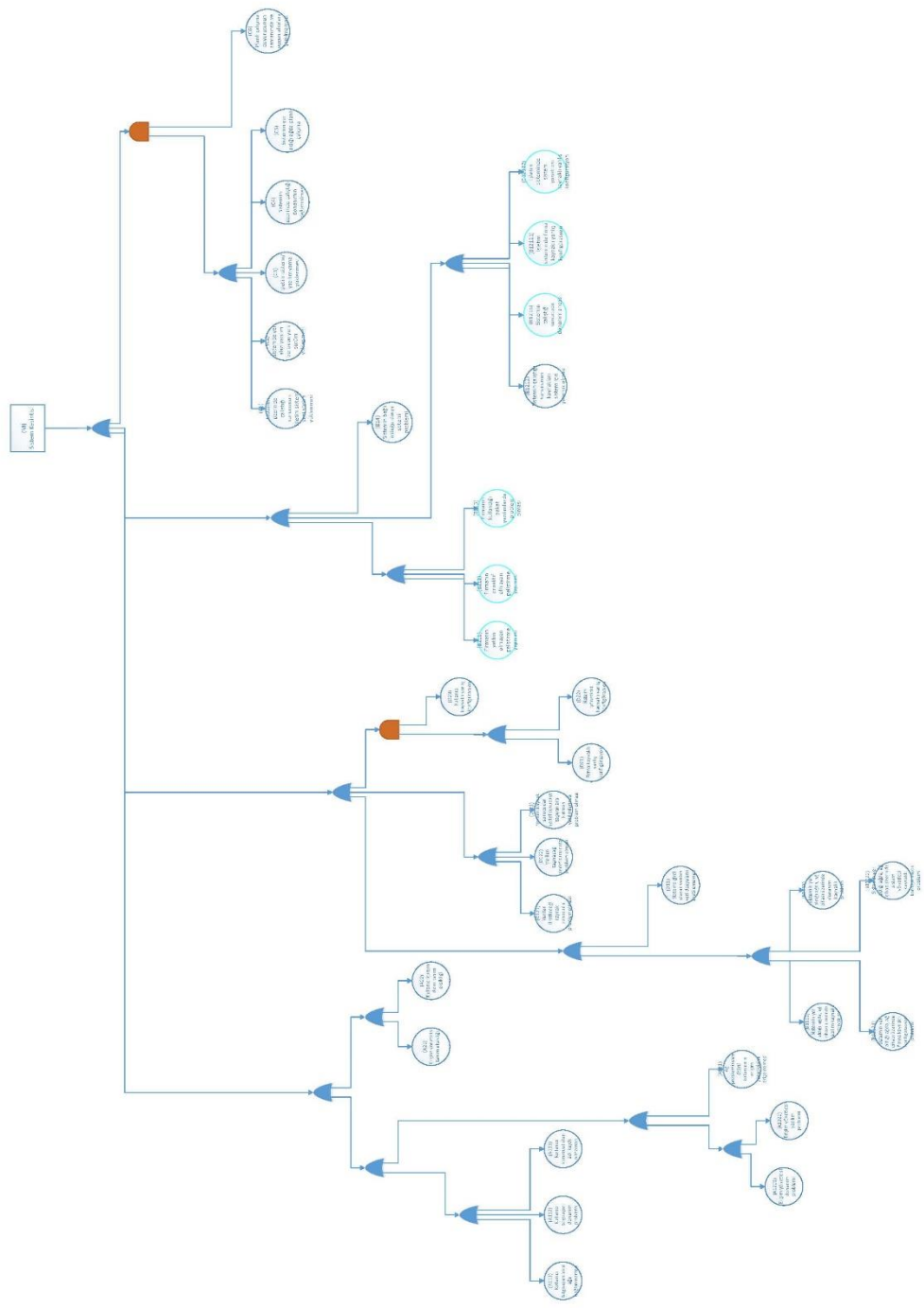




EK-2

Hata ağacının en küçük kesim setlerini içeren indirgenmiş hata ağacı





ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

ADI VE SOYADI : Esra KUTLUGÜN

DOĞUM YERİ VE TARİHİ: İstanbul 20.05.1987

MEDENİ HALİ : Evli

E-MAIL : shnesra@gmail.com

EĞİTİM DURUMU

2001-2005 İstanbul Ataköy Lisesi

2005-2009 İstanbul Üniversitesi Bilgisayar Müh.

2013-2018 İstanbul Arel Üniversitesi

YABANCI DİL

İngilizce

İŞ TECRUBESİ

2010-2011 Intertech Denizbank Bilgi işlem

2011- Türk Hava Yolları KGBT

YAYINLAR

Sakız B. ve Kutlugün E. (2018). *Blockchain Teknolojisi ve Yapay Zeka Algoritmaları ile Bidprice Fiyat Tahminleme*. 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU 2018), İzmir, (IEEE : s. 10.1109/SIU.2018.8404719).