

PATLAYICI ETKİ ANALİZİ SİMÜLASYON YAZILIMI

2019

KAPAK SAYFASI

İçindekiler	i
Şekiller Listesi.....	ii
Tablolar Listesi.....	iii
Kısaltmalar ve Simgeler Listesi	iv
ÖZET.....	v
1. GİRİŞ	1
1.1. Projenin Amacı ve Önemi.....	1
1.2. Projenin içerdiği yenilik (özgünlük) unsuru.....	2
1.3. Projenin ilgili olduğu teknoloji alanları	2
1.4. Patlayıcı Etkileri	3
2. YÖNTEM VE TEKNİKLER.....	5
2.1. Patlama Parametrelerinin Hesaplanması.....	6
2.2. TNT Eşdeğeri.....	6
2.3. Kingery-Bulmash Formülü	7
2.4. Derin Sinir Ağı ile Aşırı Basınç Değerinin Tahmin Edilmesi	8
2.5. Proje İş-Zaman Çizelgesi	9
3. BULGULAR.....	10
3.1. Blast Parametrelerinin Hesaplanması.....	10
3.2. Aşırı Basınç Verisinin Derin Sinir Ağı ile Tahmin Edilmesi.....	13
4. SONUÇ ve TARTIŞMA	14
5. ÖNERİLER	15
6. KAYNAKLAR	16
7. EKLER.....	17

Şekiller Listesi

Şekil 1. Normal kulak zarı ile delinmiş kulak zarı.	4
Şekil 2. Oklahoma City bombalı saldırısının GSY üzerinde modellenmiştir.	17
Şekil 3. Modellenen Oklahoma City bombalı saldırısının GSY etki analizi sonuçları.	17
Şekil 4. Modellenen Oklahoma City bombalı saldırısının GSY üzerine yerleştirilen insan ve yapılar üzerine etkileri.	18
Şekil 5. Modellenen Oklahoma City bombalı saldırısının GSY üzerinde analiz edilen, basınç dalgasının insan üzerindeki etkileri.	18
Şekil 6. Modellenen Oklahoma City bombalı saldırısının GSY üzerinde analiz edilen basınç dalgasının yapılar üzerindeki etkileri.	19
Şekil 7. Modellenen Oklahoma City bombalı saldırısının GSY üzerindeki etkilerinin raporlanması.	19
Şekil 8. LAB modülü ve patlayıcı verileri paneli.	20
Şekil 9. Derin Sinir Ağı (DSA) modeli üzerinde eğitim için kullanılan örnek sentetik veri seti için, LAB modülü içerisinde bulunan sentetik veri set oluşturma eklentisi.	20
Şekil 10. Patlayıcı verilerinin DSA'na uygulandığı ve modelin oluşturulduğu modül.	21
Şekil 11. Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırıda kullanılan GBU-12 bombası GSY üzerinde 87 kg H6 patlayıcısı baz alınarak modellenmiştir	21
Şekil 12. Hava saldırısından önce, 22 Mayıs 2011 tarihinde Bani Walid'deki Jfara familyası bölgesindeki iki evin uydu görüntüsü (kaynak: İnsan Hakları İzleme Örgütü).	22
Şekil 13. Hava saldırısından sonra 4 Eylül 2011'de Bani Walid'deki Jfara familyası bölgesindeki iki evin uydu görüntüsü (kaynak: İnsan Hakları İzleme Örgütü).	22
Şekil 14. Jfara familya bölgesi 2019 yılında Google aracılığı ile elde edilen uydu görüntüsü.	22
Şekil 15. Jfara familya bölgesi 2019 yılında Google aracılığı ile elde edilen harita.	22
Şekil 16. GSY üzerinde Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırının modellenmesi.	22
Şekil 17. GSY üzerinde Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırı modeli üzerine yerleştirilen insan nesneleri.	22
Şekil 18. DSA Modeli Loss/Epoch eğrisi.	23
Şekil 19. DSA Modeli Test/Tahmin eğrisi.	23
Şekil 20. DSA Modeli MSE/Epoch eğrisi.	23
Şekil 21. DSA modeli MAE/Epoch eğrisi.	23
Şekil 22. 33kg TNT patlayıcısının DNN modeli ile tahmin edilen basınç dalgası.	23

Tablolar Listesi

Tablo 1. Patlama basınçlarının ve patlama maksimum rüzgarının, insanlar ve yapılar üzerindeki etkileri.....	3
Tablo 2. Blast dalgasının kulak zarı üzerindeki etkileri.....	4
Tablo 3. Basıncın akciğer üzerindeki etkileri.....	4
Tablo 4. TNT patlayıcısının patlama sonrası ortaya çıkan enerji salınımı.....	6
Tablo 5. Bazı Patlayıcı Maddeler İçin Hesaplanmış TNT Eşdeğerleri	7
Tablo 6. TNT ile gerçekleştirilen küresel ve yarı küresel patlama deneyleri.....	7
Tablo 7. Blast dalgası sonucu ortaya çıkan parametreler.....	7
Tablo 8. DSA modelinin parametreleri	9
Tablo 9. Oklahoma City bombalı saldırısında kullanılan patlayıcı yükü ve patlama sonucu ortaya çıkan basınç.....	10
Tablo 10. Oklahama City saldırısında kullanılan patlayıcı yükünün geliştirilen simulasyon yazılımı tarafından hesaplanan yansıyan basınç parametresi sonucu.	10
Tablo 11. FEMA tarafından yayınlanan Oklahoma City Saldırısına ait verilerin, GSY tarafından hesaplanan yansıyan basınç parametresi ile karşılaştırılması.....	10
Tablo 12. Oklahoma City Saldırısının GSY üzerindeki etki analiz sonuçları.....	10
Tablo 13. Oklahoma City saldırısın da kullanılan patlayıcı yükünün insan üzerindeki etkilerinin, GSY üzerinde hesaplanması.....	11
Tablo 14. Oklahoma City saldırısın da kullanılan patlayıcı yükünün yapılar üzerindeki etkilerinin, GSY üzerinde hesaplanması.	11
Tablo 15. Vaka çalışması, Bani Walid kasabasına gerçekleştirilen hava saldırısına ait bilgiler.	11
Tablo 16. Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırının GSY üzerinde modellenmesi sonucu blast dalgası etki alanları.....	12
Tablo 17. Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırının GSY üzerinde modellenerek farklı mesafelerdeki insan objeleri üzerine etki eden blast dalgası parametreleri ve etkileri hesaplanmıştır.....	12
Tablo 18. 33 kg TNT patlayıcısının 1-5 metre arasındaki basınç değerlerinin DSA modeli ile tahmin edilen basınç değeri ile karşılaştırılması.	13
Tablo 19. Eğitimi Tamamlanan DNN Modelinin Test Edilmesi Sonucu Hesaplanan Metrik Değerleri.....	13

Simgeler ve Kısaltmalar Listesi

TSK	Türk Silahlı Kuvvetleri
NATO	Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
GSY	Geliştirilen Simülasyon Yazılımı
DSA	Derin Sinir Ağı
FEMA	Federal Acil Durum Yönetim Kurumu (Federal Emergency Management Agency)
TNT	Trinitrotoluen
MSE	Ortalama Kare Hata (Mean Squared Error)
RMSE	Kök Ortalama Kare Hata (Root Mean Square Error)
MAE	Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error)
R^2	Uyumluluk Hatası (Regression error)
kPa	Kilopaskal
Wh	Watt Saat
Mph	1 saatte alınan mil (miles per hour)

ÖZET

Bu proje, patlayıcıların çevreye olan etkilerinin analiz edilmesine olanak sağlayan bir simülasyon yazılımının geliştirilmesini amaçlamıştır. Yarı küresel patlamalar sonucu ortaya çıkan blast dalgası parametrelerinin hesaplanması sağlanmıştır.

Patlama esnasında ortaya çıkan blast dalgası (aşırı basınç) parametrelerinin hesaplanması ve insan ve yapılar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için literatür taraması yapılmıştır. Elde edilen bilgiler ile blast dalgası parametreleri uygulama üzerinde birleştirilmiştir.

Blast dalgası parametrelerinin hesaplanmasında, gerçek patlama verilerine dayanan, Charles Kingery ve Gerald Bulmash tarafından ortaya konulan formül modellenmiştir. Bu model dışında sentetik veya gerçek patlama verilerinden oluşturulan veri setlerinin derin sinir ağı ile eğitilmesine olanak sağlayan bir modül geliştirilmiştir. Bu modül ile ilgili patlayıcı verilerinin kayıt altına alınması sağlanmıştır. Bu veri seti ile eğitilen model üzerinden aşırı basınç tahmini yapılmakta ve bu modül derin sinir ağının tekrar eğitilmesine olanak sağlamaktadır.

Geliştirilen yazılım ile askeri alanda gerçekleştirilecek ana unsuru patlayıcı olan faaliyetlerin çevresel etkilerinin simüle edilmesi, askeri stratejik bilgi sağlanması, terör faaliyetlerinde kullanılan patlayıcı yüklerinin çevresel etkilerinin analiz edilmesi ve ana unsuru patlayıcı olan operasyonlarda imha edilmesi beklenen bölge için ideal patlayıcı yükünün belirlenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Patlayıcı, Bomba, Blast dalgası, Etki, Derin Sinir Ağı, Analiz

1. GİRİŞ

Savaşların toplum ve çevre üzerindeki, yıpratıcı ve yok edici etkileri tartışılmaz bir gerçektir. Gelişen teknoloji ile birlikte askeri alanda geliştirilen silahların toplum ve çevre üzerindeki etkileri toplumları, şehirleri yok etme noktasına gelmiştir.

Savaşlarda orduların vazgeçilmez unsurları olan patlayıcılar savaşın seyrini değiştiren en önemli askeri unsur olarak öne çıkmaktadır.

Bu proje patlayıcıların aşırı basınç dalgası parametrelerinin (blast dalgasının) hesaplanması ile insan ve çevresel yapılar üzerindeki etkilerinin bilgisayar ortamında simüle edilerek aşağıda maddeler halinde belirtilmiş alanlarda kullanılması hedeflenmiştir.

- Askeri operasyonlar için patlama sonuçlarının önceden hesaplanarak çevresel ön bilginin sunulmasında.
- Askeri alanda gerçekleştirilecek operasyonlarda belirlenen hedefe atılacak patlayıcı yüklü bombaların yazılım üzerinde simüle edilerek, ilgili bölge için ideal patlayıcı ağırlığının belirlenmesinin sağlanmasında.
- Patlayıcının ana unsur olarak kullanıldığı terör faaliyetlerinin analiz edilmesinde.

Bu amaçlar doğrultusunda Patlayıcı etki analizi simülasyon yazılımı geliştirilmiştir. Bu çalışma ülkemizin bu alandaki ihtiyacını giderme potansiyeline sahip olduğu için büyük öneme sahiptir. Ayrıca askeri amaçlar için stratejik bilgi sağlayabileceğinden dolayı yaygın etkisi de yüksektir.

1.1. Projenin Amacı ve Önemi

Ordular tarafından kullanılan patlayıcı yüklü bombaların çevresel etkilerinin hesaplanarak ilgili operasyon ekibine ön bilgi sunulması, ilgili hedefin en azami çevresel etki ile imha edilmesi için gerekli olan patlayıcı yük bilgisinin belirlenmesinde ve ana unsuru patlayıcı olan terör faaliyetlerinin analizlerinde kullanılması amaçlanmıştır.

Ayrıca ordular tarafından gerçekleştirilen ana imha unsuru patlayıcı olan, tüm operasyonların yazılım üzerinde simüle edilerek çıktılarının, sivil ve çevresel faktörleri göz önüne alarak operasyonların gerçekleştirildiğinin matematiksel ve fiziksel bir kanıtı olması projenin en önemli hedeflerinden biridir.

Son yüzyıl içerisinde, bölgemizde yaşanan askeri hareketlilikler, sivil halk ve çevre üzerinde yıkım etkisi oluşturmuştur. Ağır bombardıman altında çok sayıda sivil yaşamını yitirmiş ve

devletin en önemli unsurlarından olan eğitim, sağlık ve yaşamsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği yapılar yıkılmıştır. Sivil halkı hedef alan devletlerin kural tanımazlığının aşılması için patlayıcı unsuru kullanılan tüm askeri faaliyetlerin gerçekleştirilmeden önce simüle edilmesi ile sivil ve çevresel faktörlerin ana hedef olmadığına ortaya konulması, hesaplamaların rapor haline getirilerek Devletler, Uluslararası Örgüt ve Kuruluşların erişimine açılması sağlanmalıdır. Bu raporların yayınlanmasının zorunlu hale getirilmesi ve savaş hukukunun bir maddesi olması en önemli beklentimizdir.

Bu amaçlar doğrultusunda geliştirilen yazılımın önemi ortaya konularak basınç dalgası parametrelerinin hesaplanmasına olanak sağlayan, insan ve çevre üzerindeki etkilerin analiz ve simüle edilebileceği bir yazılım geliştirilmiştir.

1.2. Projenin içerdiği yenilik (özgünlük) unsuru

- a) Ülkemizde patlayıcı yüklü bombaların etkilerini analiz eden ve tahmin yeteneğine sahip yazılımın bulunmaması bu alandaki ihtiyaçları karşılaması kapsamında belirlenmiştir.
- b) GSY (Geliştirilen Simülasyon Yazılımı) literatürde deneyler ile ortaya konulmuş blast dalgası parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan formüllere dayanmaktadır. Bunun yanı sıra GSY’de Derin Sinir Ağı (DSA) ile aşırı basınç parametresi tahmini de yapılmaktadır.
- c) GSY matematiksel model ile parametre hesaplama işlemleri modülü dışında en önemli özelliği DSA modeli ile tahmin yeteneğine sahip olmasıdır. Patlayıcı etkilerinde DSA ile etki analizi uygulayan başka bir ürüne rastlanmamıştır.

1.3. Projenin ilgili olduğu teknoloji alanları

Bu proje, bilgisayar, yapay zekâ, malzeme ve askeri teknoloji alanları ile ilgilidir. Basınç parametrelerinin modellenmesi ile bilgisayar, veriler üzerinden tahmin çıkarımı ile yapay zekâ, patlayıcı türleri, silah ve mühimmat ile askeri teknolojiler ile yakından ilgilidir.

1.4. Patlayıcı Etkileri

Patlayıcılar yüksek basınç oluşturmaları özellikleri ile askeri ve endüstride birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Patlama esnasında ortaya çıkan yüksek basınç ve ısı, patlayıcıların askeri alanda yaygın olarak kullanılmasında en önemli bir etken olmuştur.

Yer altı sığınakları, mağaralar, yüksek korunaklı yapılar ve zırhlı araçların etkisiz hale getirilmesi ve canlılar üzerinde yüksek tahribatı ile askeri alanda kullanılan en önemli argümanlardan biridir.

İnsanlar ve Yapılar Üzerindeki Etkileri

Birincil patlama yaralanmalarının temel sebebi olan aşırı basınç dalgaları (blast dalgası), canlılar ve yapılar üzerinde ciddi hasarlar meydana getirmektedir. Tablo 1’de insanlar ve yapılar üzerinde, basınç dalgasının etkileri verilmiştir.

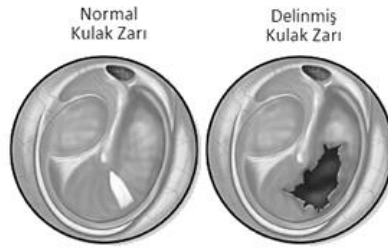
Tablo 1. Patlama basınçlarının ve patlama maksimum rüzgarının, insanlar ve yapılar üzerindeki etkileri. (Glasstone ve Dolan (1977) ve Sartori (1983))

En Yüksek Basınç	Mak. Rüzgâr Hızı	Yapılar Üzerindeki Etki	İnsanlar Üzerindeki Etki
0 - 6.9 kPa	38 mph	Pencere camlarının kırılması.	Şarapneller tarafından meydana gelen hafif yaralanmalar.
6.9 - 13.8 kPa	70 mph	Evlerde orta dereceli hasarlar.	Cam ve Enkaz yaralanmaları.
13.8 - 20.1 kPa	102 mph	Konu yapılarının çökmesi.	Ciddi yaralanmalar. Sık görülen ölümler.
20.1 - 34.5 kPa	163 mph	Çoğu binaların çökmesi.	Evrensel yaralanmalar ve yaygın ölümler.
34.5 - 69 kPa	294 mph	Betonarme yapılar üzerinde ciddi hasarlar.	Çoğu insanın ölmesi.
69 - 137.1 kPa	502 mph	Ağır inşaat yapılarının ciddi hasar görmesi veya yıkılması.	100% ölümler.

Aşırı Basıncın İnsanlar Üzerindeki Etkileri

Kulak Zarı

Kulak zarı, orta ve dış kulağı birbirinden ayıran ince bir doku parçasıdır. Kulak zarının zarar görmesi veya delinmesi, farklı nedenlere bağlı olarak meydana gelir. Timpan membran deliği olarak da bilinen kulak zarı yırtılması, işitme kaybı ve orta kulak enfeksiyonlarına yol açabilmektedir. (medikalakademi, 2017)



Şekil 1. Normal kulak zarı ile delinmiş kulak zarı.

Tablo 2. Blast dalgasının kulak zarı üzerindeki etkileri. (Ashok Malhotra, Dan Carson, Scott McFadden 2017)

Hasar Türü [6]	Etkili Maksimum Aşırı Basınç (Dinamik veya Yansıyan Basınç) kPa
Geçici İşitme Kaybı Görülebilir	<35
Kulak Zarı Yırtılma Eşiği	35
%50 Yırtılmış Kulak Zarı	325 ve üstü

Akciğer

Göğüs boşluğunun büyük bir bölümünü dolduran, sağlı sollu iki parçadan oluşan, solunuma yarayan ve bu yolla kanı temizleyen organdır. Patlama sonrası göğüs duvarına etki eden basınç değeri, iç basınçtan daha yüksek olduğunda, göğüs duvarı içe doğru hareket etmekte ve yaralanmaya sebep olmaktadır (medikalakademi, 2017)

Tablo 3. Basıncın akciğer üzerindeki etkileri. (Ashok Malhotra, Dan Carson, Scott McFadden 2017)

Hasar Türü [6]	Etkili Maksimum Aşırı Basınç (kPa)
Eşik	210 – 280
%50 Akciğer Hasarı	560 ve üstü
Ölümcül Eşik	700 – 850
%50 Ölümcül	900 – 1300
%100'e Yakın Ölümcül	1400 ve üzeri
Patlama süresinin uzun olması tablo 3’de belirtilen değerlerden çok daha düşük basınçlarda etki gösterebilmektedir.	

2. YÖNTEM VE TEKNİKLER

Bu projede, yarı küresel patlamalar için blast parametrelerinin hesaplanmasında Kingery-Bulmash formülü kullanılmıştır. Patlama ölçeklendirmesi için Hopkinson (1915), Cranz (1926) ve Sachs (1944) tarafından geliştirilen ölçeklendirme yasaları kullanılmıştır.

Hopkinson (1915), Cranz (1926) ve Sachs (1944) tarafından ortaya konulan patlama ölçeklendirme formülü denklem 1 de verilmiştir.

$$Z = \frac{R}{\sqrt[3]{W}} \quad (1)$$

Burada R patlama kaynağından belirtilen noktaya kadar olan mesafedir ve birimi metredir (m), W patlayıcının kütlesidir birimi kg'dır.

Patlama sonucu çevreye salınan enerji miktarının ölçülmesinde kullanılan birime TNT eşdeğeri denir. Patlayıcıların enerji salınımları TNT eşdeğeri ile ifade edilmektedir.

$$\text{TNT EŞDEĞERİ} = \frac{\text{patlayıcı enerjisi MJ/kg}}{4.19 \text{ MJ/kg}} \quad (2)$$

1 kg TNT patlayıcısının çevreye salmış olduğu enerji miktarı $4.19 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ olarak hesaplanmıştır.

Hopkinson (1915), Cranz (1926) ve Sachs (1944) patlama ölçeklendirme formülünde W parametresi; TNT eşdeğerinin, patlayıcı kütlesi ile çarpımı olarak ifade edilir.

$$W = \text{TNT Eşdeğeri} * \text{Patlayıcı Kütlesi (kg)} \quad (3)$$

Patlama ölçeklendirmesi, TNT eşdeğeri ile hesaplanarak, blast (aşırı basınç) parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan formülün diğer patlayıcı çeşitleri için de hesaplama yapılabilmesini sağlamaktadır.

2.1. Patlama Parametrelerinin Hesaplanması

Patlayıcıların canlı ve yapı üzerindeki etkilerinin hesaplanmasında kullanılan birden fazla formül vardır. Patlama sonrası oluşan aşırı basınç (blast dalgası) parametrelerinin hesaplanmasında Kingery ve Bulsman tarafından ortaya konulan deneylere dayandırılan formül kullanılmıştır. Aşırı basınç (blast dalgası) parametrelerinin tüm patlayıcılar için hesaplanabilmesi için patlayıcı etkileri, TNT eşdeğeri kullanılarak patlama ölçeklendirilmesi hesaplanarak gerçekleştirilmektedir.

2.2. TNT Eşdeğeri

Patlamada salınan enerji miktarının ölçülmesinde kullanılan bir birimdir. Yapılan ölçümlerde standart haline getirilmiştir.

Tablo 4. TNT patlayıcısının patlama sonrası ortaya çıkan enerji salınımı.

Birim (gram)	Sembol	Birim (ton)	Simge	Enerji	Enerji (Wh)
TNT gram	G	TNTN Mikroton	µt	4.184×10^3	1.162 Wh
TNT kilogram	Kg	TNT Militon	Mt	4.184×10^6	1.162 kWh
TNT megagram	Mg	TNT Tonu	T	4.184×10^9	1.162 MWh

TNT eşdeğeri, patlayıcılar tarafından patlama esnasında salınan enerji miktarının sabit olarak belirlenen, TNT patlayıcısının infilak etmesi sonucu ortaya çıkan enerji miktarına bölünmesi sonucu belirlenmektedir.

TNT Eşdeğer Formülü (Robert Panowicz, Marcin Konarzewski, Michał Trypolin 2017):

$$\text{TNT EŞDEĞERİ} = \frac{\text{patlayıcı enerjisi}}{\text{tnt enerjisi}} \quad (4)$$

TNT Eşdeğer Formülü (TNT):

$$\text{TNT EŞDEĞERİ} = \frac{\text{patlayıcı enerjisi}_{\text{Mj/kg}}}{4.19 \text{ MJ/kg}} \quad (5)$$

Bu formül dışında, Patlama esnasında ortaya çıkan basınç verisi kullanılarak da eş değereleme yapılmıştır. Formül 6, gerçekleştirilen deney sonuçlarına dayanmaktadır.

TNT Eşdeğer Basınç Formülü (Zoran Bajić, Jovica Bogdanov, Radun Jeremić 2019):

$$\theta = \frac{(P + 20.9)}{40} \quad (6)$$

Açıklama 1 - Burada P (basınç) GPa (gigapascal) birimidir.

Tablo 5’de bazı patlayıcı türlerinin TNT eşdeğerleri ve diğer parametreleri verilmiştir.

Tablo 5. Bazı Patlayıcı Maddeler İçin Hesaplanmış TNT Eşdeğerleri

Patlayıcı	Yoğunluk (g/cm ³)	Mol n	Isı (kJ/kg)	P (kBar)	D (m/s)	TNT (q)	TNT (p)	TNT Mean	Ortalama Sapma
TNT	1.64	25.9	5569	190	6950	1.00	1.00	1.00	0.00
Pentrite	1.77	32	6400	335	8300	1.15	1.76	1.34	16.04
Tetryl	1.68	27.5	5920	245	7560	1.06	1.29	1.13	7.52
C-4	1.66	33.8	6650	257	8370	1.19	1.35	1.26	1.24
COMP. B	1.72	30.6	6000	281	8052	1.08	1.48	1.22	10.41
SEMTEX	1.40	33.80	6372	198	7220	1.14	1.04	1.13	8.19
Octogen	1.9	33.8	6538	393	9100	1.17	2.07	1.46	20.55
COMP. A-3	1.67	33.4	6780	286	8470	1.22	1.51	1.31	7.63

2.3. Kingery-Bulmash Formülü

Kingery-Bulmash (1984) formülünün temeli, (1966) yılında (5-500 ton) TNT ile gerçekleştirilen 4 yüzey patlamadan alınan verilerine dayanmaktadır. Yüzey patlamaları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. TNT ile gerçekleştirilen küresel ve yarı küresel patlama deneyleri. (Kingery 1966)

Patlama Numarası	TNT (ton)	YIL
1	5	1959
2	20	1960
3	100	1961
4	500	1964

Tablo 7. Blast dalgası sonucu ortaya çıkan parametreler.

Parametre Numarası	Parametre	Parametre
1	Tepe Aşırı Basıncı	Peak Overpressure
2	Ölçekli Varış Zamanı	Scaled Time Of Arrival
3	Ölçekli Pozitif Faz Süresi	Scaled Positive Phase Duration
4	Ölçekli Pozitif Faz Darbe	Scaled Positive Phase Impulse
5	Yansıyan basınç	Reflected Pressure
6	Yansıyan Darbe	Reflected Impulse
7	Şok Ön Hız	Shock Front Velocity

Kingery-Bulmash (Genel Polinom Formu) (IATG 2011)

$Y = C_0 + C_1 U + C_2 U \dots \dots \dots + C_n U$	(7)
<p>Y = blast parametresinin 10 tabanlı logaritması $C_{0,1,2,3}$ = sabit $U = K_0 + K_1 * \text{Log}(Z)$, patlama ölçekleme K = sabit</p>	

Incident Pressure (Olay Basıncı) (IATG 2011)

$U = K_0 + K_1 * \text{Log}(Z)$ $Y = C_0 + C_1 U + C_2 U \dots \dots \dots + C_{11} U$	(8)
<p>T = Mesafenin ortak logaritması (m) Y = Yarı küresel ortak logaritması $C_{0,1,2,3}$ = sabit K = sabit Z = Hopkinson-Cranz ve Sachs Ölçekleme Yasası Formülü</p>	

Incident Impulse (Olay Dürtüsü) (IATG 2011)

$U = K_0 + K_1 * \text{Log}(Z)$ $Y = C_0 + C_1 U + C_2 U \dots \dots \dots + C_4 U$	(9)
<p>T = Mesafenin ortak logaritması (m) Y = Yarı küresel ortak logaritması $C_{0,1,2,3}$ = sabit K = sabit Z = Hopkinson-Cranz ve Sachs Ölçekleme Yasası Formülü</p>	

2.4. Derin Sinir Ağı ile Aşırı Basınç Değerinin Tahmin Edilmesi

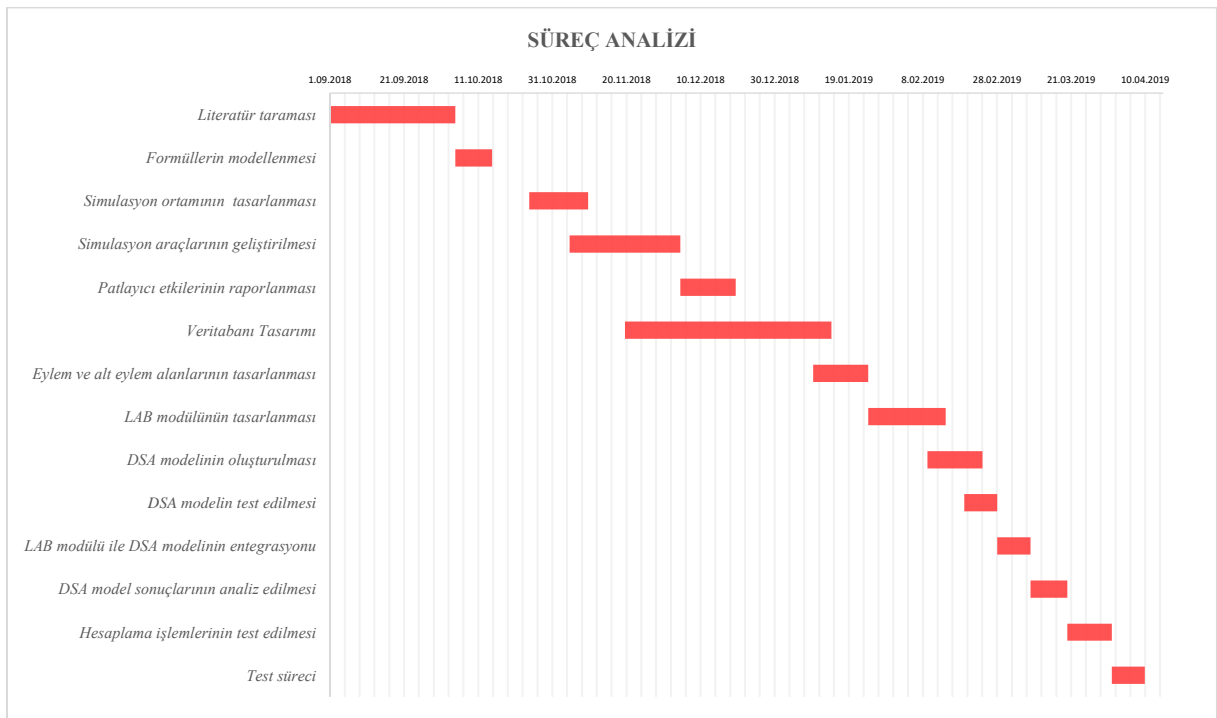
Derin sinir ağı modeli kullanılarak patlama verileri üzerinde patlama basıncı tahmini yapılması amaçlanmıştır. DSA modeline giriş olarak ağırlık ve belirtilen mesafelerdeki basınç verileri öz nitelik olarak verilmiştir. Model çıkış verisi olarak belirtilen mesafelerdeki basınç verisini

tahmin etmektedir. İlgili mesafelerde tahmin edilen basınç değerleri ağırlık bilgilerine göre üstel bir fonksiyon olarak ifade edilmiştir. Üstel fonksiyon ile basınç dalga grafiği elde edilerek mesafe parametresine göre basınç tahmini yapılmıştır. Sonuçlar 3.2 başlığı altında belirtilmiştir. Model python dilinde yazılmıştır ve açık kaynaktır. Bu nedenle model üzerinde geliştirmeler yapılabilmektedir.

Tablo 8. DSA modelinin parametreleri

Parametreler	Değerler
Giriş katmanı nöron sayısı	234
Gizli katman sayısı	n adet (mesafe/basınç)
Gizli katman-1'deki nöron sayısı	75
Gizli katman-2'deki nöron sayısı	24
Gizli katman-3'deki nöron sayısı	55
Gizli katman-4'deki nöron sayısı	45
Gizli katman-5'deki nöron sayısı	35
Çıkış katmanındaki nöron sayısı	n adet (mesafe/basınç)
Gizli kat. aktivasyon fonksiyonları	relu
Çıkış katmanı aktivasyon fonksiyonu	relu
Öğrenme Döngüsü	5000 Epochs
Kayıp Fonksiyonları	Mean square error
Optimizasyon (Öğrenme Algoritması)	adam

2.5. Proje İş-Zaman Çizelgesi



3. BULGULAR

3.1. Blast Parametrelerinin Hesaplanması

I. Vaka Çalışması

Oklahoma City bombalı saldırısı, ABD'nin Oklahoma City kentinde 19 Nisan 1995 günü meydana gelen bombalama saldırısıdır. Bu saldırı sonucunda 166 kişi ölmüştür. Oklahoma City bombalı saldırısının geliştirilen simülasyon yazılımı üzerinde etkileri analiz edilmiştir.

Tablo 9. Oklahoma City bombalı saldırısında kullanılan patlayıcı yükü ve patlama sonucu ortaya çıkan basınç.

TNT Eşdeğer Ağırlık (kg)	Mesafe (m)	Yansıyan Basınç (kPa)
1814.36948	4.572	66189.670015

GSY üzerinde Tablo 9'da belirtilen patlayıcı ağırlığı uygulanmıştır. Şekil 2'de (Ek-1) GSY üzerinde model çıktısı verilmiştir. Tablo 9'da belirtilen mesafede hesaplanan etki alanı Şekil 3'de (Ek-1) simülasyon çıktısı olarak verilmiştir. 2.1.3 başlığı altında belirtilen Kingery ve Bulsman tarafından geliştirilen matematiksel model uygulanarak geliştirilen simülasyon yazılımı üzerinde elde edilen basınç parametre sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Oklahama City saldırısında kullanılan patlayıcı yükünün geliştirilen simülasyon yazılımı tarafından hesaplanan yansıyan basınç parametresi sonucu.

TNT Eşdeğer Ağırlık (kg)	Mesafe (m)	Yansıyan Basınç (kPa)
1814,36948	4.572	66381,68571

FEMA tarafından belirtilen basınç parametresi ile GSY tarafından hesaplanan basınç parametresi Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. FEMA tarafından yayınlanan Oklahoma City Saldırısına ait verilerin, GSY tarafından hesaplanan yansıyan basınç parametresi ile karşılaştırılması.

FEMA		GSY		Fark (kPa)	Fark (%)
Mesafe (m)	Yansıyan Basınç (kPa)	Mesafe (m)	Yansıyan Basınç (kPa) (simülasyon)		
4.572	66189,67001	4.572	66381,6857	192,0157	0,3

Tablo 12'de bombanın tesir ettiği etki alanı ve basınç aralıkları belirtilmiştir. GSY üzerinde hesaplanan etki analizi sonuçları Şekil 3'de verilmiştir.

Tablo 12. Oklahoma City Saldırısının GSY üzerindeki etki analiz sonuçları.

Seviye	Etki Alanı (m ²)	Basınç Aralığı (kPa)
Merkez	3421	143.9 - 46505
Yüksek	11535	34.9 – 135
Orta	33093	13.8 – 34.1
Düşük	675238	2.3 – 13.7

Tablo 10’da belirtilen TNT yükünün simülasyon üzerinde analiz edilmesi sonucunda belirli mesafelere yerleştirilen insan ve yapı objeleri üzerine etki eden blast dalgası parametreleri Tablo 13 ve Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 13. Oklahoma City saldırısının da kullanılan patlayıcı yükünün insan üzerindeki etkilerinin, GSY üzerinde hesaplanması.

Olay Basıncı (kPa)	Yansıyan Basıncı (kPa)	Zaman (ms)	Mesafe (m)	Etki
901.5	4814.4	8.04	14,7	Yüksek oranda ölüm. %50 Akciğer Hasarı %50 Kulak zarı yırtılması.
121.7	352,8	41,3	35.6	%100’e yakın ölüm. Akciğer hasar eşiği. Kulak zarı yırtılma eşiği.
39.4	90,9	108,7	64,1	Evrensel yaralanmalar. Yaygın ölümlerin görülmesi.

Tablo 14. Oklahoma City saldırısının da kullanılan patlayıcı yükünün yapılar üzerindeki etkilerinin, GSY üzerinde hesaplanması.

Olay Basıncı	Yansıyan	Zaman	Mesafe	Etki
604	2858,9	11,1	17,5	Ağır inşaat yapılarının ciddi
10,1	21,1	376,1	162,4	Evlerde orta dereceli hasarlar.

GSY etki alanı içerisine yerleştirilen objeler (insan ve yapı nesneleri) ile etki analizleri hesaplanmıştır. 1.4 Patlayıcı Etkileri başlığı altında belirtilen çevresel etki sonuçları esas alınarak insan ve yapılar üzerindeki basınç dalgası etkileri analiz edilmiştir. Şekil 4, 5 ve Şekil 6’da (Ek-1) insan ve yapılar üzerindeki etki analizleri paneli ekran görüntüsü verilmiştir.

2. Vaka çalışması

2011 Libya askerî müdahalesi sırasında NATO güçleri tarafından gerçekleştirilen hava saldırılarında sivil halk üzerine tahribat gücü yüksek bombalar (GBU-12) atılmıştır. Vaka çalışmasında Libya’da bulunan Bani Walid kasabasına gerçekleştirilen hava saldırısı ele alınmıştır.

Tablo 15. Vaka çalışması, Bani Walid kasabasına gerçekleştirilen hava saldırısına ait bilgiler.

Saldırı Tarihi	Yer	Kul. Bomba	Patlayıcı Yüğü
30 Ağustos 2011, 03:30	Bani Walid, Libya	GBU-12 (2 adet)	87kg H6

Bu saldırıda beş kişi öldü. Bir kişi yaralandı. Tüm zayıatlar aynı ailenin üyeleridir. İki erkek, iki kadın ve 9 yaşında bir kız öldürüldü. 15 yaşında bir kız yaralandı. 2 ev yıkıldı. Üç ceset,

patlama etkisi ile yaklaşık 25 metre fırlatıldı. Diğer iki ceset evin içinde molozla kaplı halde bulundu. Yaralı kız için beyin hasarı olduğu iddia ediliyor.

Bu saldırıda kullanılan bombanın insanlar ve yapılar üzerindeki etkilerini simüle etmek amacıyla GSY yazılımında modelleme yapılmıştır. Şekil 12’de (Ek-3) Bani Walid kasbasında patlama öncesi uydu görüntüsü gösterilmektedir. Şekil 12’de (Ek-3) gösterilen bölge, google haritalar üzerinden bulunarak alan hesabı yapılmıştır. Taralı bölge yaklaşık 2717 m² alana sahiptir. Bu ölçümler Şekil 14 ve Şekil 15’de (Ek-3) gösterilmektedir. Vaka çalışmasında atılan bombanın, Şekil 13’de (Ek-3) verilen haritada taralı bölgenin merkez noktasının hedef alınarak atıldığı varsayılmıştır. Simülasyonda H6 patlayıcı yüküne sahip GBU-12 bombası kullanılmıştır. GBU-12 bombasında H6 patlayıcı yükü genel olarak 87-89 kg aralığındadır. Ancak simülasyonda bu yük 87 kg olarak alınmıştır ve Şekil 13’de (Ek-3) gösterildiği gibi modellenmiştir. Sonuç olarak atılan bomba etkisi Tablo 16’da ifade edildiği gibi ölümcül hasara neden olmuştur. Çeşitli mesafelere insan objeleri yerleştirilerek basınç etkileri analiz edilmiştir. Sonuçlar Tablo 17’de verilmiştir. Merkezi noktada ölümcül tehlike görülmektedir, merkezden itibaren 168 m² bir alanda ölüm oranı %100’e yakındır.

Tablo 16. Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırının GSY üzerinde modellenmesi sonucu blast dalgası etki alanları.

Ölümcül	Yüksek	Orta Tehlike	Düşük	Ölümcül Etki	Orta Etki
168 m ²	196 m ²	526 m ²	20.736 m ²	729 m ²	2601 m ²

Tablo 17. Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırının GSY üzerinde modellenerek farklı mesafelerdeki insan objeleri üzerine etki eden blast dalgası parametreleri ve etkileri hesaplanmıştır.

Mesafe (m)	Olay Basıncı (kPa)	Yansıyan Basınç (kPa)	Zaman (ms)	Etki
5,1	1218,5	7099,9	2,5	Yüksek oranda ölüm. %50 Kulak zarı yırtılması. %50 Akciğer, ölüm oranı.
18,7	70,63	179,5	26,3	Yüksek oranda ölüm. Akciğer eşiği Kulak zarı yırtılması eşiği.
22,1	51,7	124	34,4	Yüksek oranda ölüm. Akciğer hasar eşiği. Kulak zarı yırtılma eşiği.
20,3	60,4	149	30	Yüksek oranda ölüm. Akciğer hasar eşiği. Kulak zarı yırtılma eşiği.
48,8	14,8	31,7	105,4	Ciddi yaralanmalar, sık görülen ölümler görülebilir.
31	28,6	63,8	58	Yaralanmalar evrenseldir, ölümler yaygındır.

3.2. Aşırı Basınç Verisinin Derin Sinir Ağı ile Tahmin Edilmesi

Oluşturulan Derin Sinir Ağı modeli (2.4), Kingery ve Bulmash tarafından geliştirilen formül tarafından üretilen sentetik veri seti üzerinde test edilmiştir. Lab modülü Şekil 8 (Ek-2) üzerinde bulunan sentetik veri seti oluşturma modülü Şekil 9 (Ek-2) verilmiştir. 1-30 kg ağırlık ve 1-25 metre mesafe arasında üretilen veri seti, eğitim ve test olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Model üzerinde eğitim veri seti ile öğrenme gerçekleştirilmiş ve test veri seti ile model test edilmiştir.

Şekil 18,19,20 ve 21’de (Ek-3) eğitim/test verileri üzerinde gerçekleştirilen eğitim modelinin metrik eğrileri verilmiştir.

$$y = c * r^b \quad (12)$$

Eğitilmiş model üzerinde 33 kg TNT patlayıcısının 1-25 metre arası basınç değerleri tahmin edilmiş ve denklem 12’de ifade edilen üstel fonksiyon kullanılarak basınç dalga eğrisi hesaplanmıştır. Hesaplanan basınç dalgası eğrisi Şekil 22’de (Ek-3) verilmiştir.

Tablo 18. 33 kg TNT patlayıcısının 1-5 metre arasındaki basınç değerlerinin DSA modeli ile tahmin edilen basınç değeri ile karşılaştırılması.

Basınç	Tahmin	Basınç	Tahmin	Basınç	Tahmin	Basınç	Tahmin	Basınç	Tahmin
9668	9810	3375	3390	1557	1557	836	829	503	496
1m		2m		3m		4m		5m	

Tablo 19. Eğitimi Tamamlanan DNN Modelinin Test Edilmesi Sonucu Hesaplanan Metrik Değerleri.

R^2	MSE	RMSE
0.93	20.84	4.56

Tablo 18’de tahmin edilen basınç değerleri verilmiştir. Tablo 19’da 33 kg TNT patlayıcı veri seti ile eğitilen modelin metrik değerleri verilmiştir.

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Basınç dalgası parametrelerinin hesaplanması Kingery-Bulsman formülü ile modellenmiş ve gerçekleştirilmiştir. TNT haricindeki patlayıcıların etkilerinin de simüle edilebilmesi için Hopkinson-Cranz ve Sachs tarafından geliştirilen patlayıcı ölçekleme formülü kullanılmıştır. Bu sayede modeller sadece TNT patlayıcısı için basınç dalgası parametrelerinin hesaplanması haricinde diğer patlayıcı çeşitleri içinde hesaplama yapabilme özelliği kazandırılmıştır. Patlayıcı tipleri, TNT eşdeğeri ile basınç dalgası parametreleri hesaplanmaktadır.

Basınç dalgası parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan formüller (başlık 2.3) deneysel olarak gerçekleştirilmiş patlamalar sonucu ortaya çıkartılmıştır. Kingery-Bulsman Patlama dalgası eğrisi Tablo 6'da belirtildiği gibi yüksek miktarda TNT patlayıcısının patlatılması ile ortaya çıkan basınç dalgası parametrelerinin analiz edilmesi sonucu ifade edilmiştir.

GSY deneyler sonucu ortaya konan formül modellenerek, patlama sonucu ortaya çıkan basınç dalgası parametrelerini hesaplayabilme yeteneğine kavuşmuştur. Askeri ve terör eylem analizinde kullanılması için deneysel verilere dayanan formül ve verilere başvurulmuştur.

Tasarlanan yazılım ile askeri alanda patlayıcı unsuru bulunan operasyonların analizinde stratejik önemi olduğu, gerçek patlama olaylarının modellenmesi ve hesaplanması sonucunda ortaya çıkan basınç parametrelerinin başarı oranı bulgular kısmında verilen vaka olayları ile ortaya konmuştur.

Geliştirilen yazılım ile askeri alanda, patlayıcı kullanılan operasyonlar öncesi patlayıcı etkilerinin hesaplanmasında, insan ve yapılar üzerindeki etkilerinin önceden tahmin edilmesinde ve patlayıcı ideal yükünün belirlenmesinde önemli bir unsur olacaktır.

GSY ile operasyon öncesi çevresel etkilerinin analizi ile siviller ve sivil yapıların hasar görmesinin engellenmesinde önemli bir argüman olacaktır.

5. ÖNERİLER

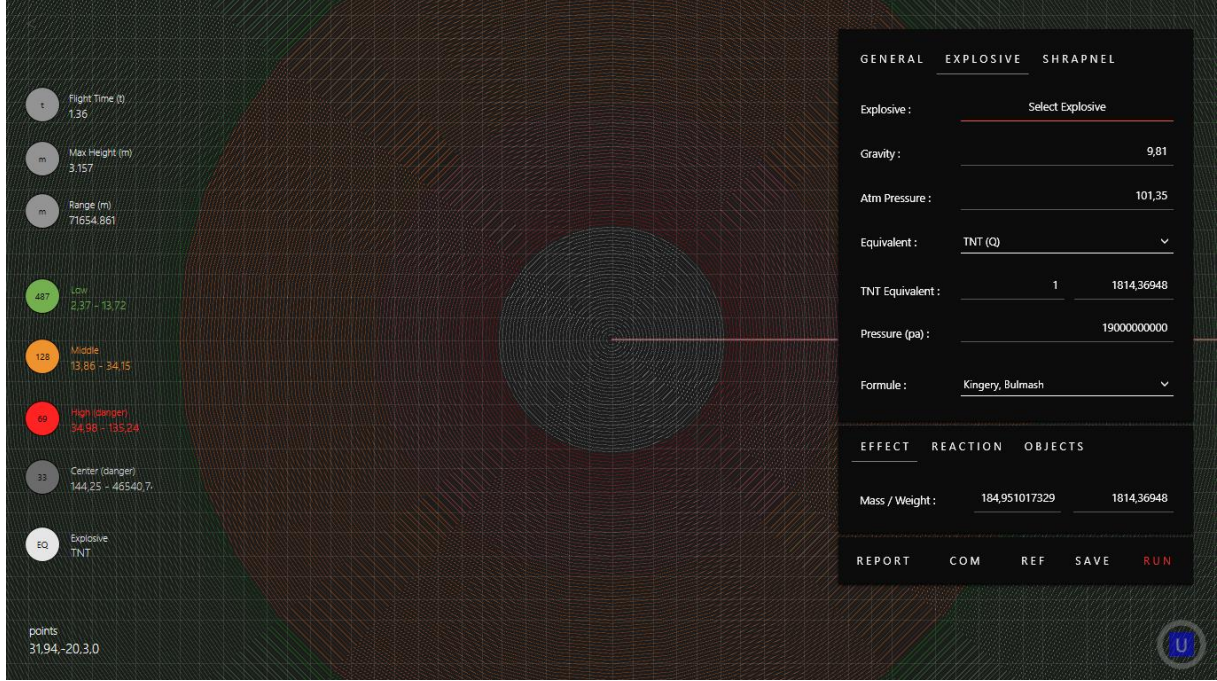
- Patlama sonrası meydana gelen blast dalgası parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan formüller gerçek patlamalar sonucu elde edilmiştir. Uluslararası devletler gerçekleştirdiği birçok deney ve operasyon verilerini kayıt altına almakta ve patlayıcı etkilerinin analizinde kullanmaktadır. Bu sebep ile ülkemizde gerçekleştirilen askeri operasyon ve tatbikatlarda patlama sonrası ortaya çıkan blast dalgası parametrelerini ve çevresel etkilerinin kayıt altına alınarak, blast dalgası sonrası ortaya çıkan parametrelerin ve çevresel etkilerin analizinde kullanılmak üzeri yeni modellerin geliştirilmesinde ve var olan modellerin güncellenerek daha stabil hale getirilmesi amaçlanmalıdır.
- Blast dalga parametrelerinin hesaplanmasında ve sonuçların analiz edilmesinde, patlayıcı etkilerinin hesaplanmasında ve blast dalgası parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan formüllerin geliştirilmesinde kullanılabilecek bir platformun tasarlanması gerekmektedir.
- Projenin amaçlarından biri olan ideal patlayıcı yükünün belirlenmesi ve uygulanabilmesi için, imha unsuru patlayıcı madde olan tüm askeri silahların (füze, bomba, vb.) patlayıcı yüklerinin modüler hale getirilerek belirlenen patlayıcı yükünün askeri silahlar içerisine yüklenebilmesi gerekmektedir. TSK bünyesinde etkin olarak kullanılan Mark serisi bombalar sabit patlayıcı yükleri taşımakta ve patlayıcı yüklerine müdahale edilememektedir. Bu neden ile belirlenen hedefin imhasında kullanılacak bomba yükünün seçilmesinde alternatifler kısıtlıdır. Patlayıcı yüklerinin bir kısmının gereksiz kullanılması hem patlayıcı hammaddesi hem de çevresel etkileri açısından maliyet sorunu ortaya çıkartmaktadır. Bu sorunun askeri silahların patlayıcı haznelerinin modüler hale getirilmesi ile çözüme ulaşacaktır.

6. KAYNAKLAR

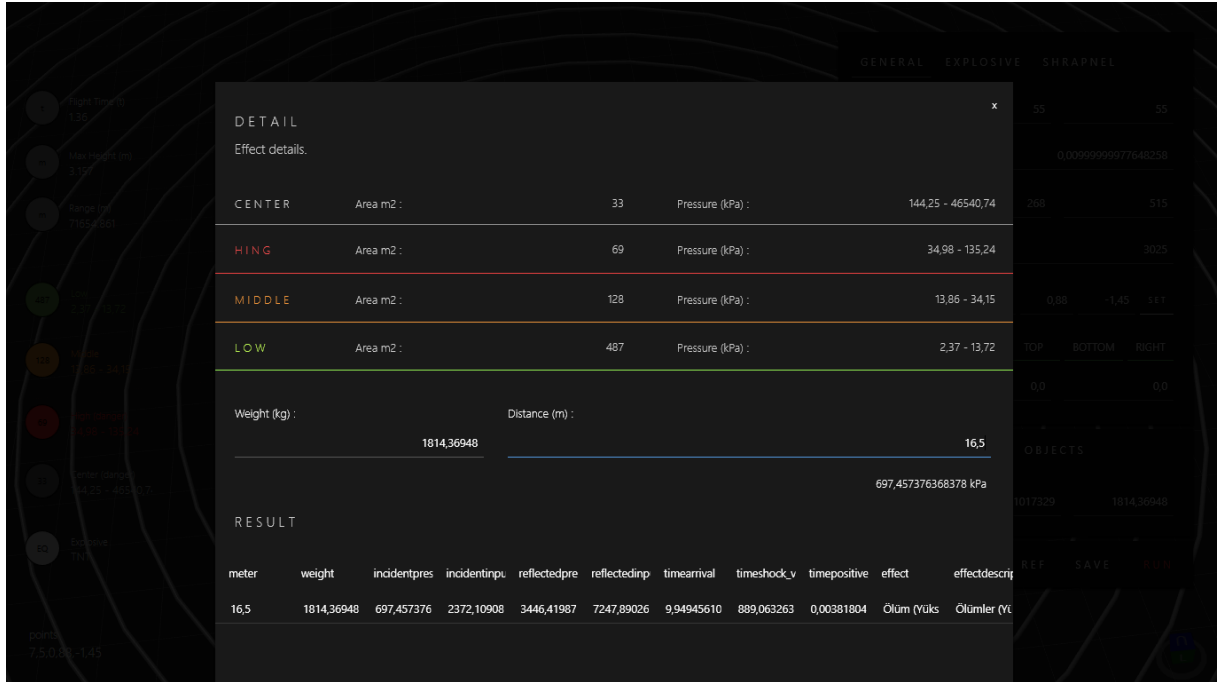
- (IATG), I. A. (2011). *Formulae for Ammunition Management*. New York: United Nations.
- Ashok Malhotra, D. C. (2017). Blast pressure leakage into buildings and effects on humans. *Procedia Engineering*, 210. doi:10.1016/j.proeng.2017.11.092
- Cranz, C. (1926). *Lehrbuch der Ballistik, II Band*. Berlin, De Silva: Verlag von Julius Springer.
- FEMA. (2003). *Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings*. Washington, DC, ABD: FEMA. 01 17, 2019 tarihinde <https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1455-20490-6222/fema426.pdf> adresinden alındı
- G, K. C. (1984). *Air blast parameters from TNT spherical air burst and hemispherical burst*. ABD, Aberdeen Proving Ground: U.S. Army Ballistic Research Laboratory.
- GICHD. (2016). *Characterisation of explosive weapons*. 5 29, 2019 tarihinde <http://characterisationexplosiveweapons.org>:
<http://characterisationexplosiveweapons.org/studies/annex-e-mk82-aircraft-bombs/> adresinden alındı
- Hopkinson, B. (1915). *British ordnance board minutes*. London, UK: British Ordnance Office.
- HRW. (2012). *Unacknowledged Deaths, Civilian Casualties in NATO's Air Campaign in Libya*. Sidney: Human Rights Watch. 5 29, 2019 tarihinde <https://www.hrw.org/report/2012/05/13/unacknowledged-deaths/civilian-casualties-natos-air-campaign-libya> adresinden alındı
- HWR. (2012). *Unacknowledged Deaths*. Sidney: Human Rights Watch. 5 29, 2019 tarihinde https://www.hrw.org/sites/default/files/reports/libya0512_brochure_low.pdf adresinden alındı
- Kingery, C. N. (1966). Air Blast Parameters versus Distance for Hemispherical TNT Surface Bursts. *ARMY BALLISTIC RESEARCH LAB ABERDEEN PROVING GROUND MD*, s. 1-76. Ocak 15, 2019 tarihinde <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/811673.pdf> adresinden alındı
- Kingery, C., & Bulmash. (1984). *G. Air Blast Parameters from TNT Spherical Air Burst and Hemispherical Surface Burst*. Aberdeen, MD, USA: Ballistic Research Laboratories.
- Maurizio Martellini, A. M. (2017). *Cyber and Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, Explosives Challenges* (Cilt 1). Springer. <https://books.google.com.tr/books?id=kIE8DwAAQBAJ> adresinden alındı
- medikalakademi. (2019, 03 12). *Kulak zarı delinmesi neden olur. Zar yırtılmasının belirtileri ve tedavisi*. medikalakademi: <https://www.medikalakademi.com.tr/kulak-zari-delinmesi-neden-olur-zar-yirtilmasinin-belirtileri-ve-tedavisi/> adresinden alındı
- R. Karl Zipf, K. L. (2017). *Explosions and Refuge Chambers, Effects of blast pressure on structures and the human body*. Columbus, OH: Docket Number 125. National Institute for Occupational Safety and Health.
- Radun Jeremić, Z. B. (2006). An approach to determining the TNT equivalent of high explosives. *Scientific Technical Review*, s. 3-4. 02 6, 2019 tarihinde <http://www.vti.mod.gov.rs/ntp/rad2006/1-06/jere/jere.pdf> adresinden alındı
- Robert Panowicz, M. K. (2017). Analysis of Criteria for Determining a TNT Equivalent. *Journal of Mechanical Engineering*. doi:10.5545/sv-jme.2016.4230
- Sachs, R. G. (1944). *The Dependence of Blast on Ambient Pressure and Temperature*. Aberdeen, Md.: Ballistics Research Laboratory. 04 13, 2019 tarihinde <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a800535.pdf> adresinden alındı
- Zoran Bajić, J. B. (2009). Blast Effects Evaluation Using TNT Equivalent. *Scientific Technical Review*, s. 1-2. 12 3, 2018 tarihinde <http://www.vti.mod.gov.rs/ntp/rad2009/34-09/7/7.pdf> adresinden alındı

7. EKLER

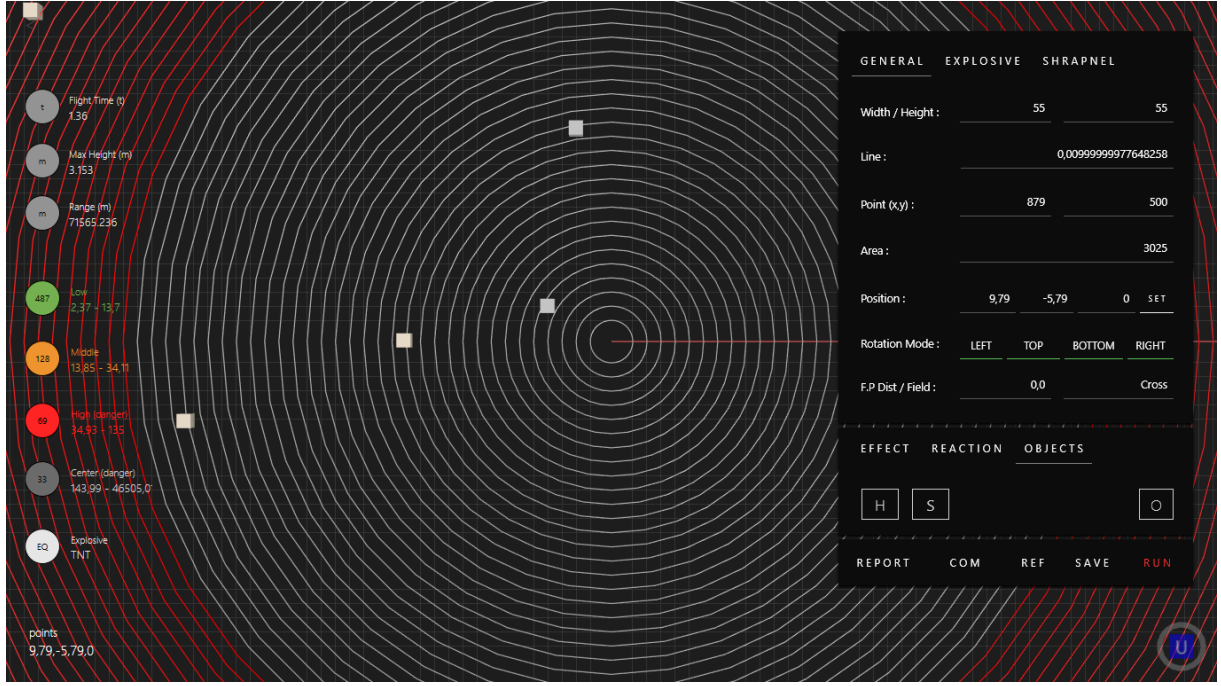
EK 1: Vaka çalışması 1, Oklahoma City bombalı saldırısı modeline ait şekilleri içermektedir.



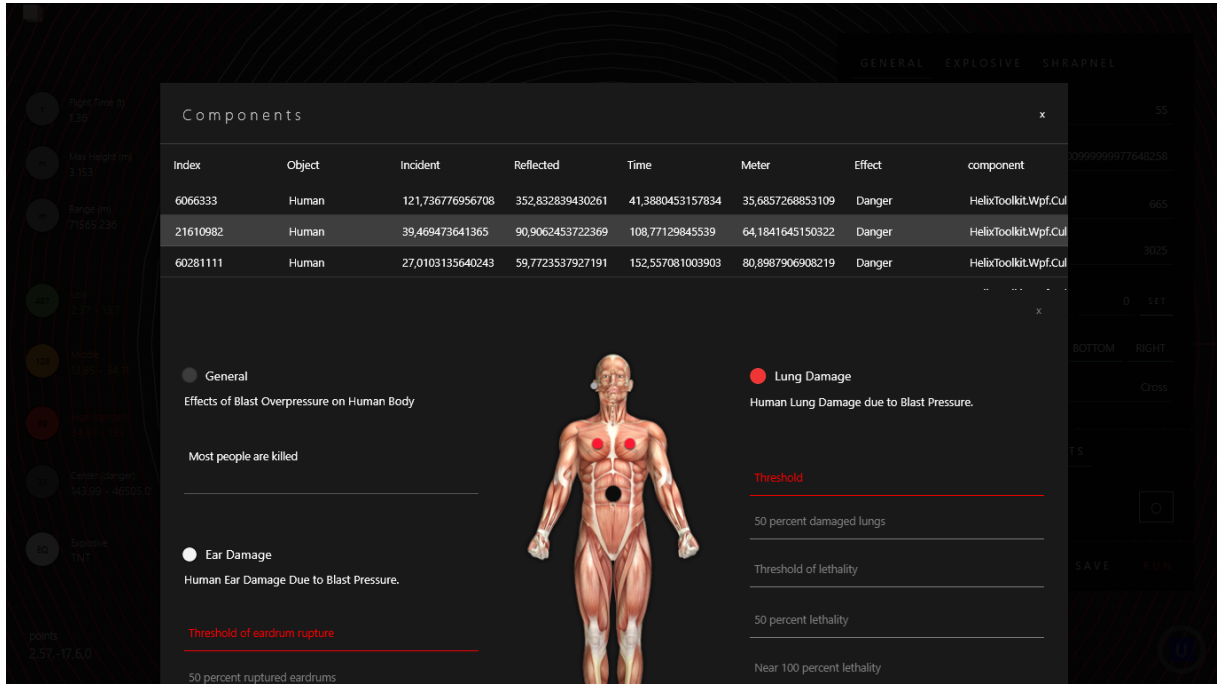
Şekil 2. Oklahoma City bombalı saldırısının GSY üzerinde modellenmiştir.



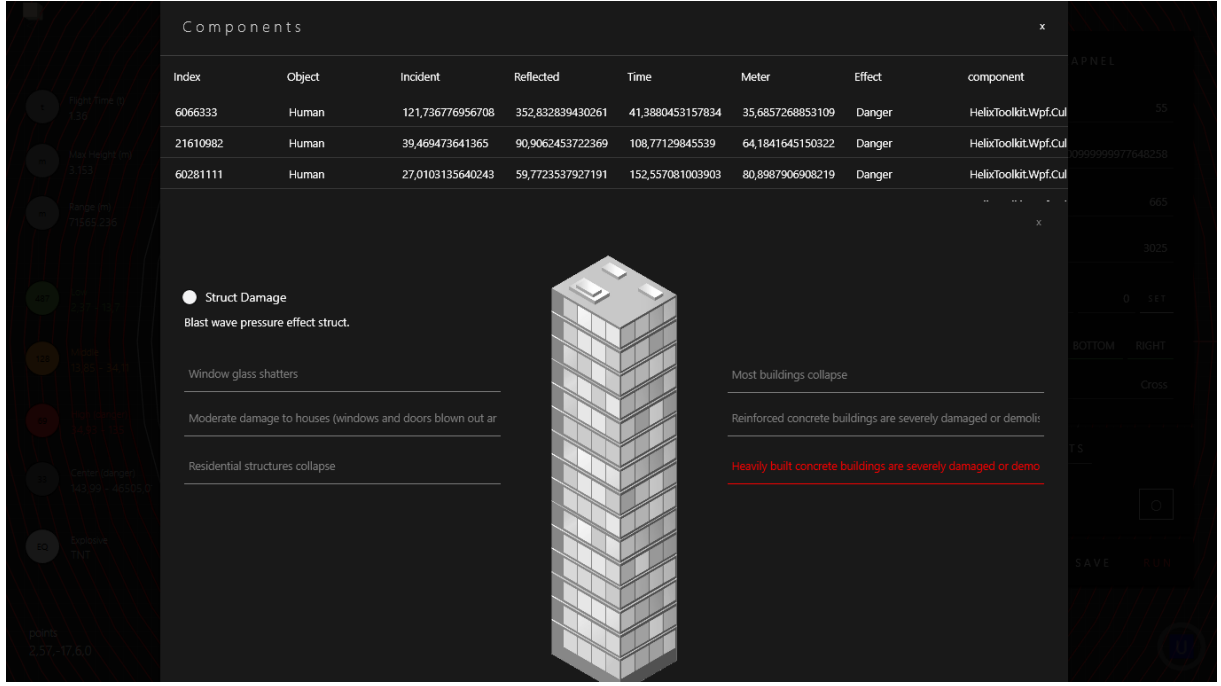
Şekil 3. Modellenen Oklahoma City bombalı saldırısının GSY etki analizi sonuçları.



Şekil 4. Modellenen Oklahoma City bombalı saldırısının GSY üzerine yerleştirilen insan ve yapılar üzerine etkileri.



Şekil 5. Modellenen Oklahoma City bombalı saldırısının GSY üzerinde analiz edilen, basınç dalgasının insan üzerindeki etkileri.



Şekil 6. Modellenen Oklahoma City bombalı saldırısının GSY üzerinde analiz edilen basınç dalgasının yapılar üzerindeki etkileri.

REPORT
TNT Explosive report.

OPERATION DETAILS

Action Code : AC1904250820452 Action Name : TNT Tests

Operation Code : OP1905270447893 Operation Name : Oklahoma Saldırısı

EXPLOSIVE DETAILS

Name :

Formule : Kingery, Bulmash Weight : 1814,36948

Description :

BLAST DETAILS

meter	weight	incidentpress	incidentinpuls	reflectedpress	reflectedinpuls	timearrival	timeshock_vel	timepositive_g	effect	effectdescripti
1	1814,36948	46540,744296	25414,730171	580782,17255	702348,20371	0,1557325415	6455,3509046	12,196684845	Ölüm (Yüksek	Ölümler (Yüksek
2	1814,36948	22145,850945	6373,0469756	249860,69205	183093,56727	0,3456575262	4510,4734266	12,196684845	Ölüm (Yüksek	Ölümler (Yüksek
3	1814,36948	13263,592788	3311,3244545	134256,10624	89758,055114	0,6025235846	3508,2876111	2,7911525016	Ölüm (Yüksek	Ölümler (Yüksek
4	1814,36948	6073,6700000	1474,3007016	87510,620516	55756,04706	0,0144300377	2005,3033378	3,7130130377	Ölüm (Yüksek	Ölümler (Yüksek

Şekil 7. Modellenen Oklahoma City bombalı saldırısının GSY üzerindeki etkilerinin raporlanması.

EK 2: Lab modülü ve derin sinir ağı modeli oluşturma eklentisine ait şekilleri içermektedir.

LABS
GENERATOR
EXPLOSIVES
LEARNING
TESTS
RESULTS
INSERT
X

Explosive details:
Name :
TNT
Test (count) :
68000
Date Time :
27.05.2019 20:04:51
Description :
Dataset

TESTS

Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman
27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019
Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman
27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019
Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman
27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019
Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman	Synthetic Kingery-Bulsman
27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019	27 May 2019

Şekil 8. LAB modülü ve patlayıcı verileri paneli.

LABS
GENERATOR
EXPLOSIVES
LEARNING
TESTS
RESULTS
INSERT
X

Explosive details:
Name :
Description :

TESTS

< GENERATOR SAVE START

Equations Weight Start Weight End Weight Increase Distance (start) Distance (end) Distance (increase) TNT Equ :
Kingery-Bulsman 1 30 1 1 25 1 1,0

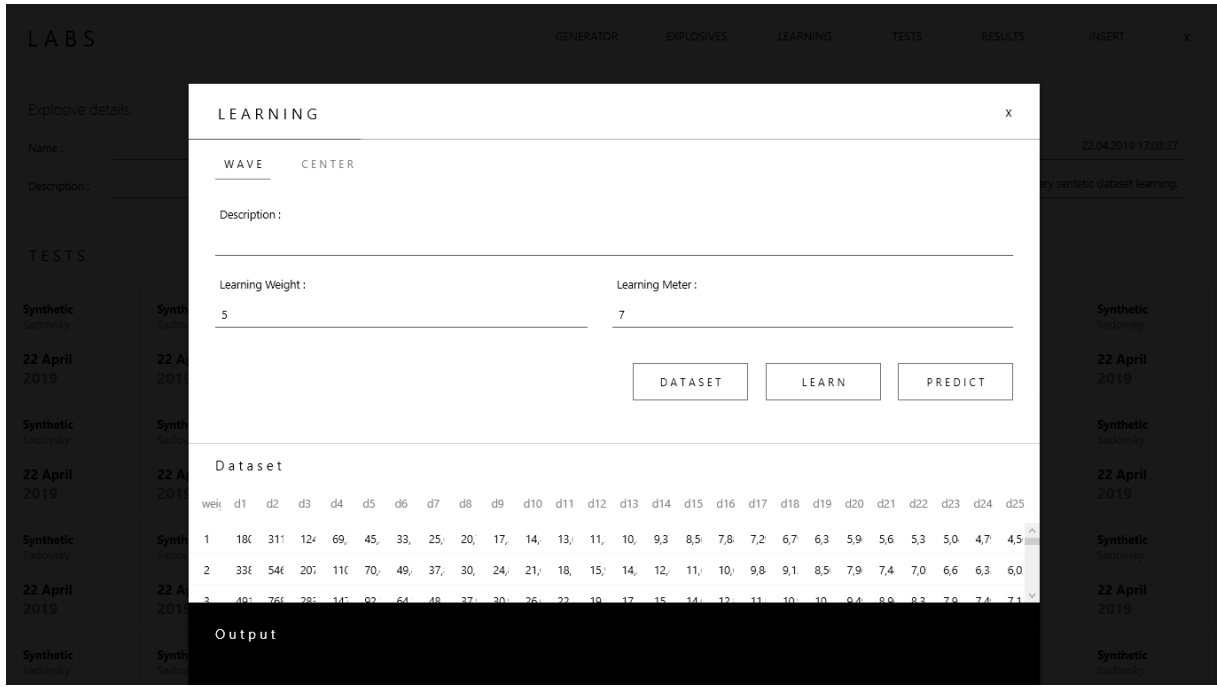
Dataset Directory
dataset.csv
SELECT EXPORT

☐ Distance Vertical Table

Dataset Total Count: 750

weight	pressure	distance	time
1	1356,739	1	0,468
1	283,758	2	1,696
1	115,667	3	3,544
1	64,907	4	5,783
1	43,184	5	8,245
1	31,749	6	10,83

Şekil 9. Derin Sinir Ağı (DSA) modeli üzerinde eğitim için kullanılan örnek sentetik veri seti için, LAB modülü içerisinde bulunan sentetik veri set oluşturma eklentisi.



Şekil 10. Patlayıcı verilerinin DSA'na uygulandığı ve modelin oluşturulduğu modül.

EK 3: Vaka çalışması 2, Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırıya ait model ve harita şekillerini içermektedir.



Şekil 11. Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırıda kullanılan GBU-12 bombası GSY üzerinde 87 kg H6 patlayıcısı baz alınarak modellenmiştir



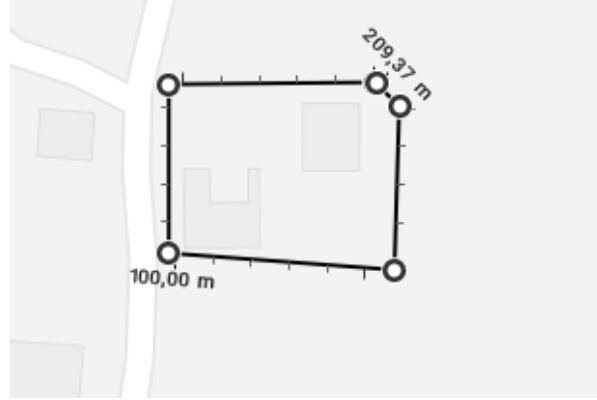
Şekil 12. Hava saldırısından önce, 22 Mayıs 2011 tarihinde Bani Walid'deki Jfara familyası bölgesindeki iki evin uydu görüntüsü (kaynak: İnsan Hakları İzleme Örgütü).



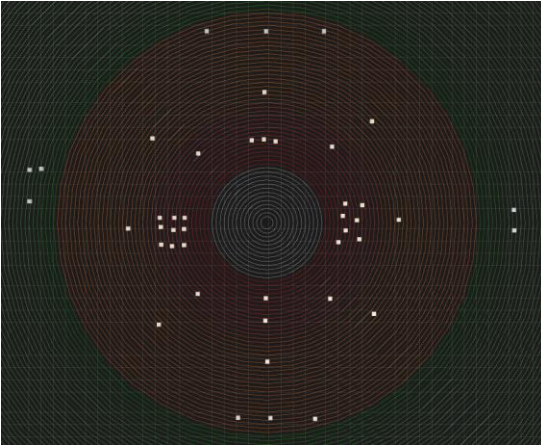
Şekil 13. Hava saldırısından sonra 4 Eylül 2011'de Bani Walid'deki Jfara familyası bölgesindeki iki evin uydu görüntüsü (kaynak: İnsan Hakları İzleme Örgütü).



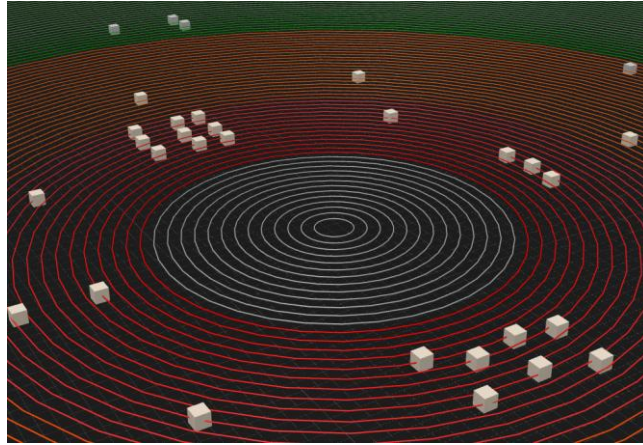
Şekil 14. Jfara familya bölgesi 2019 yılında Google aracılığı ile elde edilen uydu görüntüsü.



Şekil 15. Jfara familya bölgesi 2019 yılında Google aracılığı ile elde edilen harita.

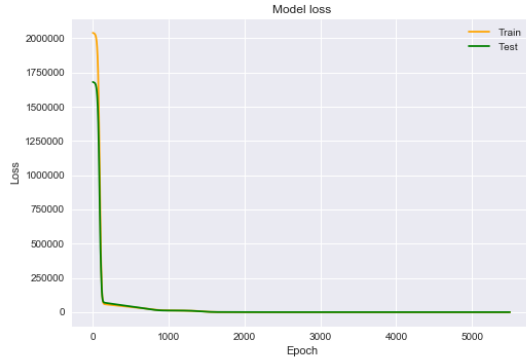


Şekil 16. GSY üzerinde Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırının modellenmesi.

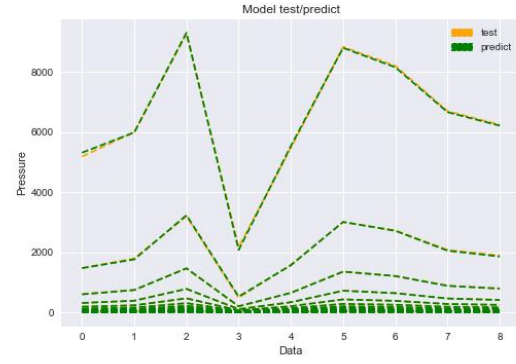


Şekil 17. GSY üzerinde Bani Walid kasabasında gerçekleştirilen saldırı modeli üzerine yerleştirilen insan nesneleri.

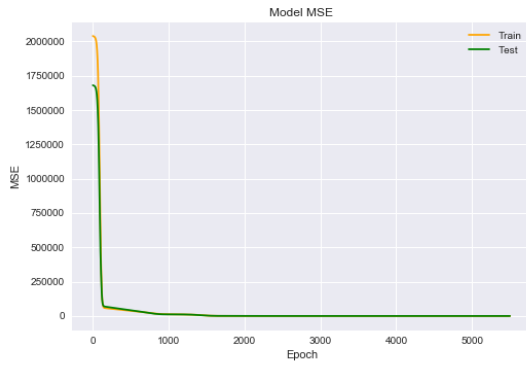
EK 3: DSA modeline ait şekilleri içermektedir.



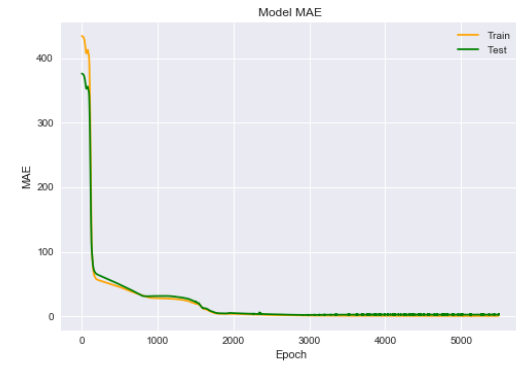
Şekil 18. DSA Modeli Loss/Epoch eğrisi.



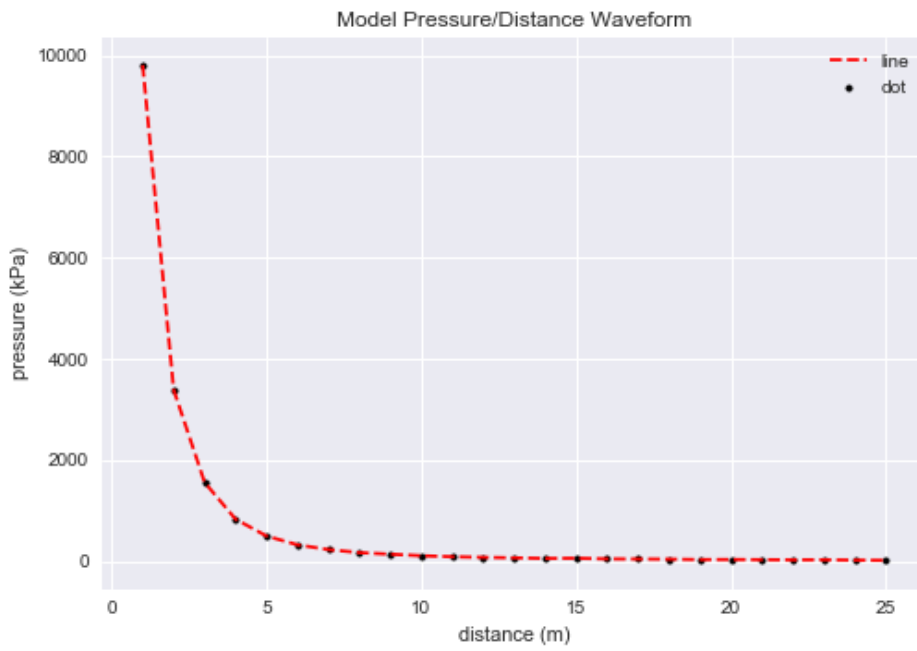
Şekil 19. DSA Modeli Test/Tahmin eğrisi



Şekil 20. DSA Modeli MSE/Epoch eğrisi.



Şekil 21. DSA modeli MAE/Epoch eğrisi.



Şekil 22. 33kg TNT patlayıcısının DNN modeli ile tahmin edilen basınç dalgası.