

## SMARfacTory-Net: Mermerin Sınıflandırılması için Bilgisayarlı Görü, QR Kod ve Android Tabanlı Teknolojilerle Desteklenen Sistem Tasarımının Geliştirilmesi

SMARfacTory-Net: Development of System Design Supported by  
Computer Vision, QR Code and Android-Based Technologies for  
Classification of Marble

Cağlar Gurkan<sup>\*1</sup> , Merih Palandoken<sup>1,2,3</sup> 

<sup>1</sup>Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir,  
Türkiye

<sup>2</sup>Yapay Zeka ve Veri Bilimi Uygulama ve Araştırma Merkezi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi  
Üniversitesi, İzmir, Türkiye

<sup>3</sup>Akıllı Fabrika Sistemleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi  
Üniversitesi, İzmir, Türkiye

(cağlar.gurkan@outlook.com, merih.palandoken@ikcu.edu.tr)

---

Received: Sep.3, 2021

Accepted: Sep.16, 2021

Published: Oct.20, 2021

---

**Özetçe**— Mermer sınıflandırma işlemi mermer fabrikaları için en önemli aşamalardan biridir. Bu aşamada mermerin sınıflandırılması süreci manuel olarak uzman kişiler tarafından tamamlanmaktadır. Bu durum insan kaynaklı hataları beraberinde getirmektedir. Bu çalışmanın temel amacı mermerin sınıflandırılması ve takibinin insan etkisi en aza indirilerek sağlanmasıdır. Bu nedenle çalışmada evrişimli sinir ağlarına dayalı olarak bir sistem tasarımı geliştirilmiştir. Bu aşamada, dört yeni evrişimli ağları mimari tasarımını eğitmek için yirmi sekiz farklı mermer sınıfından oluşan bir veri seti kullanılmıştır. En iyi kestirimci performansı elde eden evrişimli sinir ağları mimari tasarımı SMARfacTory-Net olarak adlandırılmıştır. Sonrasında SMARfacTory-Net'e ait ağırlık dosyaları mermerin sınıflandırılması için grafik kullanıcı arayüzünün geliştirilmesinde kullanılmıştır. Ek olarak mermerin takibinin sağlanması için ise QR kod ve Android mobil sistem teknolojileri çalışmaya dahil edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mermer sınıflandırma, SMARfacTory-Net, evrişimli sinir ağları, QR kod, Android

**Abstract**— The marble classification process is one of the most important stages for marble factories. At this stage, the classification process of marble is completed manually by experts. This situation brings with it human-caused errors. The main purpose of this study is to provide the classification and tracking of marble by minimizing the human effect. For this reason, a system design has been developed based on convolutional networks. At this stage, a data set consisting of twenty-eight different classes of marble has been used to train the four novel convolutional neural networks architecture designs. The convolutional neural network architecture design that achieves the best predictive performance has been named as SMARfacTory-Net. After that, the weight files of

SMARfacTory-Net have been used to develop a graphical user interface for the classification of marble. In addition, QR code and Android mobile system technologies have been included in the study to provide tracking of marble.

**Keywords:** Marble classification, SMARfacTory-Net, convolutional neural networks, QR code, Android

## 1. Giriş

Mermerin mimari tasarım ve dekorasyon alanındaki kullanımı her geçen gün artmaktadır. Mermerin kullanım alanını ve satış fiyatını belirleyen en önemli etkenlerden bir tanesi mermerin türüdür. Günümüzde mermer üretim fabrikalarında mermer tür bilgisi alanında yetkin kişiler tarafından el ve göz yordamı ile yapılmaktadır. Bu durum ise insan kaynaklı hataları beraberinde getirmektedir. Tüm bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda, mermer sektöründe yapılacak teknolojik yenilikler önemli bir hale gelmektedir.

Bu çalışmada; mermerin sınıflandırılması ve takibi aşamasında insan kaynaklı hataların en aza indirildiği bir sistem tasarımının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle mermerin sınıflandırılması aşamasında kullanılması için bilgisayarlı görü tabanlı bir sistem tasarımı önerilmiştir. Bu sistem tasarımının oluşturulması aşamasında dört farklı yeni evrişimli sinir ağları (ESA) mimari tasarımı geliştirilmiştir. Bu ESA mimari tasarımları arasından en iyi sınıflandırma performansını elde eden ESA mimari tasarımı SMARfacTory-Net olarak isimlendirilmiştir. Sınıflandırılan mermerin takibi aşamasında ise QR kod teknolojisi ve Android tabanlı mobil uygulama kullanılmıştır. Böylelikle mermerin sınıf bilgisinin gerçek zamanlı olarak hem QR kod kullanımıyla hem de Android tabanlı mobil uygulama arayüzünden takip edilmesi sağlanmıştır.

Çalışmanın geri kalan bölümleri şu bilgileri içermektedir; 2.bölümde literatürdeki ilgili çalışmalar sunulmuştur. 3. Bölümde çalışmada izlenen metodoloji aktarılmıştır. 4. Bölümde deneysel çalışmalarla elde edilen sonuçlar sunulmuştur. 5. bölümde çalışma ile ilgili son bilgiler aktarılmıştır.

## 2. İlgili Çalışmalar

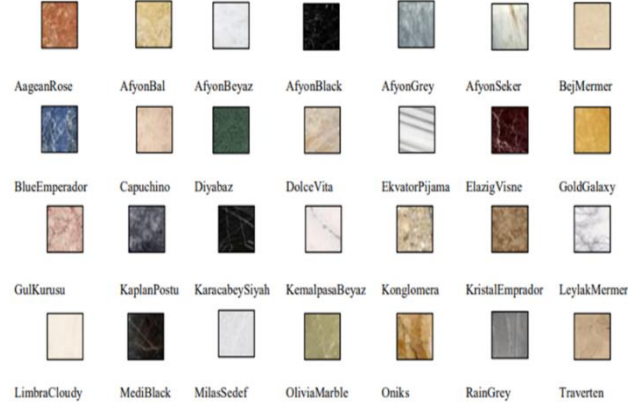
Canayaz ve Uludağ (Canayaz ve Uludağ, 2020) yapmış oldukları çalışmada yirmi sekiz sınıfta mermerin kalite sınıflandırması ResNet, VGG16 ve LeNet mimari tasarımlarına dayalı olarak transfer öğrenme yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada en iyi sınıflandırma performansını optimizasyon algoritması olarak olasılıksal eğim düşümü (SGD) kullanılan ve 1000 epok boyunca eğitilen VGG-16 mimari tasarımı elde etmiştir. Çeşmeli (Şişeci Çeşmeli, 2019) yapmış olduğu çalışmada iki sınıfta mermerin kalite sınıflandırması için ESA algoritmasını kullanmıştır. Çalışmada yeni bir ESA mimari tasarımı önermiştir. Bu mimari tasarımın elde ettiği doğruluk oranı ise %75'dir. Akkoyun (Akkoyun, 2010) yapmış olduğu çalışmada mermerin kalite sınıflandırması için görüntü işleme tekniklerini kullanmıştır. Görüntüleri ise bir üretim bantı aracılığıyla elde etmiştir. Doğan ve Akay (Doğan ve Akay, 2010) yapmış oldukları çalışmada mermerin kalite sınıflandırması için AdaBoost, destek vektör makineleri (DVM) ve yapay sinir ağları tabanlı algoritmaları kullanmışlardır. Çalışmada en iyi sınıflandırma performansını AdaBoost algoritmasını kullanarak elde etmişlerdir.

## 3. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan veri setinin özellikleri, hiperparametreler de dahil olmak üzere ESA modelleri ve bu modellerin eğitim aşaması, QR kodların ve grafik kullanıcı arayüzünün (GUI) oluşturulmasında izlenen metodoloji ve Android tabanlı mobil uygulamanın geliştirilmesinde izlenen yöntemler bu bölümde sunulmuştur.

### 3.1. Veri Seti

Canayaz ve Uludağ tarafından oluşturulan veri seti referans alınarak Kur Mermer'in destekleri ile görsel sayısının artırılması sonucunda yeni bir veri seti bu çalışmada oluşturulmuştur (Canayaz ve Uludağ, 2020; Kur Marble, n.d.). Kullanılan veri setinde toplam 28 sınıf bulunmakta olup bu sınıflara ait örnek görseller Şekil 1'de gösterilmiştir. Veri seti toplam 16532 görselden oluşurken bu görsellerin 13543'ü ESA modellerinin eğitimi 2989'u ise ESA modellerinin testi aşamasında kullanılmıştır. Ek olarak eğitim verisi görsellerinin %10'u ESA modellerinin doğrulanması aşamasında kullanılmıştır.



Şekil 1. Veri setindeki sınıflara ait örnek görseller (Canayaz ve Uludağ, 2020)

### 3.2. ESA Modelleri ve Eğitim Aşaması

Dört farklı ESA mimari tasarımı bu çalışmada önerilmiştir. Bu bölümde önerilen ESA mimari tasarımları arasında en iyi performansı elde eden ESA mimari tasarımı 1 yani SMARfacTory-Net katman detayları ve bu katmanlara ait hiperparametreleri ile birlikte sunulurken, ESA mimari tasarımı 2, 3 ve 4 sırasıyla Şekil 3, 4 ve 5'te gösterilmiştir. Ayrıca ESA mimari tasarımları için kullanılan eğitim aşaması parametreleri de bu bölümde aktarılmıştır.

**ESA Mimari Tasarımı 1:** Giriş görüntüleri dört farklı bloğa girdi olarak verilmiştir. Bu bloklar farklı hiperparametrelere sahip konvolüsyon ve maksimum havuzlama katmanlarına ek olarak toplu normalleştirme katmanlarından oluşmaktadır.

Bu bloklardan birincisinde özellik çıkarımı aşamasında üç adet konvolüsyon katmanı kullanılırken, son konvolüsyon katmanından sonra kernel boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Ek olarak her konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme katmanı kullanılmıştır. Kullanılan üç adet konvolüsyon katmanına ait hiperparametreler; ilk konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 16, 3, 2, uygun ve ReLu, ikinci konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 32, 7, 2, uygun ve ReLu, üçüncü konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 64, 3, 1, aynı ve ReLu şeklindedir.

Bu bloklardan ikincisinde özellik çıkarımı aşamasında üç adet konvolüsyon katmanı kullanılırken, konvolüsyon katmanlarından sonra toplu normalleştirme katmanı kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanlarını ise kernel boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı takip etmektedir. Kullanılan üç adet konvolüsyon katmanına ait hiperparametreler; ilk konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 16, 5, 1, uygun ve ReLu, ikinci konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 32, 5, 1, uygun ve ReLu, üçüncü konvolüsyon katmanı için filtre sayısı,

kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 32, 3, 1, aynı ve ReLu şeklindedir.

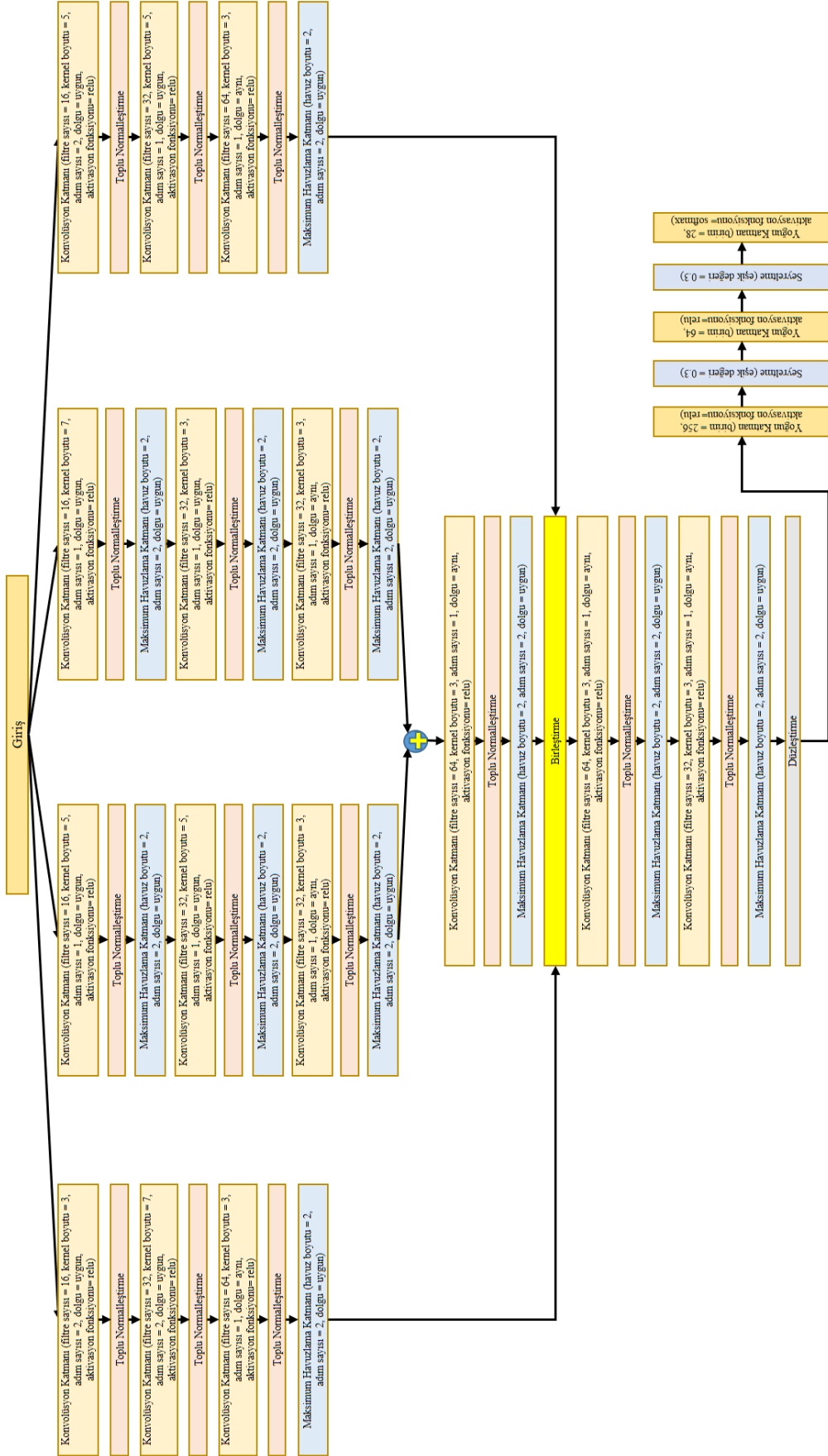
Bu bloklardan üçüncüsünde özellik çıkarımı aşamasında üç adet konvolüsyon katmanı kullanılırken, konvolüsyon katmanlarından sonra toplu normalleştirme katmanı kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanlarını ise kernel boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı takip etmektedir. Kullanılan üç adet konvolüsyon katmanına ait hiperparametreler; ilk konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 16, 7, 1, uygun ve ReLu, ikinci konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 32, 3, 1, uygun ve ReLu, üçüncü konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 32, 3, 1, aynı ve ReLu şeklindedir.

Bu bloklardan dördüncüsünde özellik çıkarımı aşamasında üç adet konvolüsyon katmanı kullanılırken, son konvolüsyon katmanından sonra kernel boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı kullanılmıştır. Ek olarak her konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme katmanı kullanılmıştır. Kullanılan üç adet konvolüsyon katmanına ait hiperparametreler; ilk konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 16, 5, 2, uygun ve ReLu, ikinci konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 32, 5, 1, uygun ve ReLu, üçüncü konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 64, 3, 1, aynı ve ReLu şeklindedir.

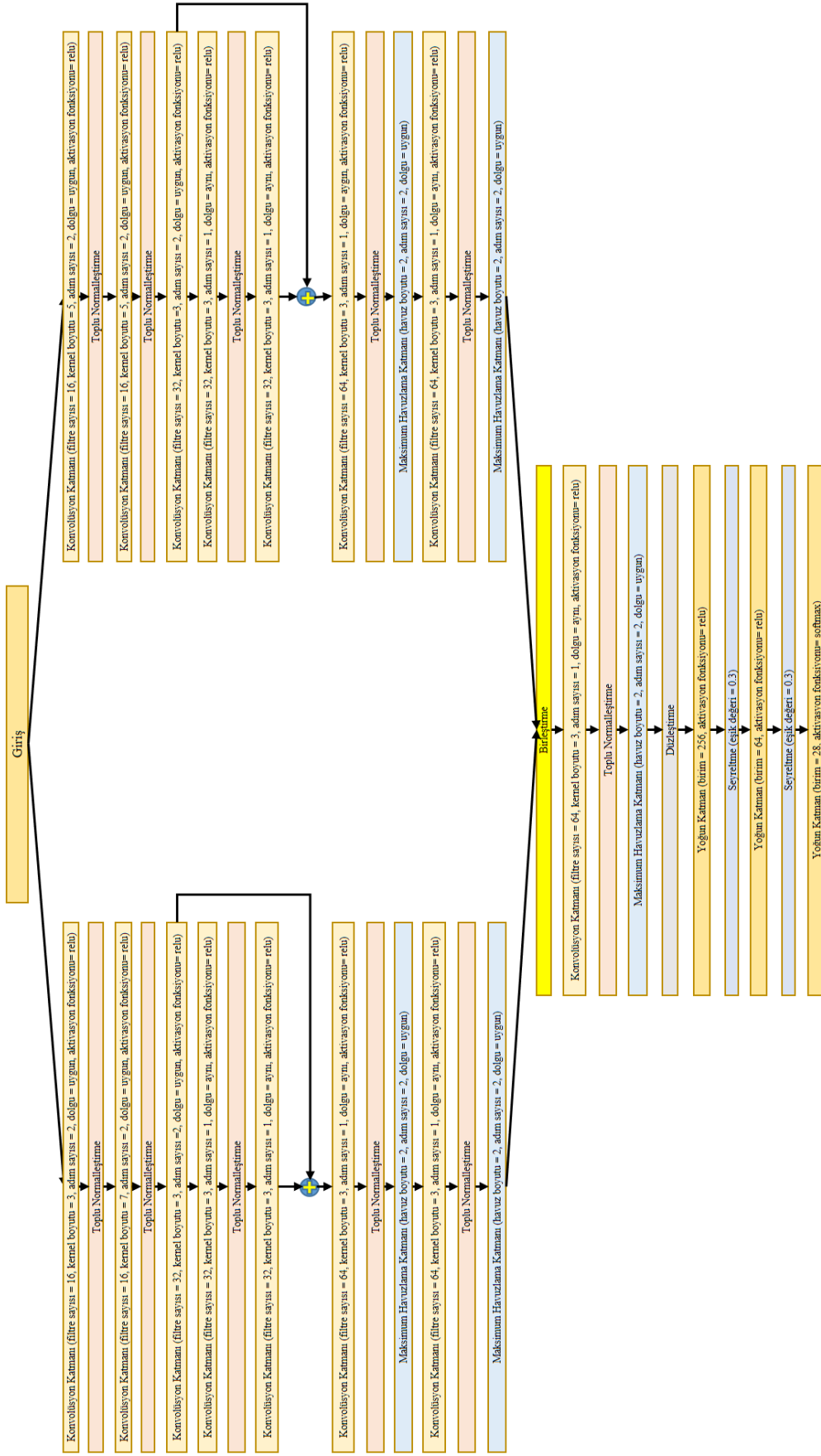
İkinci ve üçüncü seri bloklar ile elde edilen özellik haritaları aynı boyutta matematiksel operatörün kullanımıyla eklenmiş ve elde edilen çıkış bir diğer seri bloğa giriş olarak verilmiştir. Bu blokta öncelikle konvolüsyon katmanı kullanılırken, konvolüsyon katmanından sonra toplu normalleştirme katmanı kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanını ise kernel boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı takip etmektedir. Kullanılan konvolüsyon katmanına ait hiperparametreler; ilk konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 64, 3, 1, aynı ve ReLu şeklindedir. Bu seri bloğun kullanımı sonucunda elde edilen özellik haritası, birinci ve dördüncü blokların kullanımı sonucunda elde edilen özellik haritaları ile birleştirilmiştir. Birleştirme katmanından sonra iki adet konvolüsyon katmanı kullanılırken, konvolüsyon katmanlarından sonra toplu normalleştirme katmanı kullanılmıştır. Toplu normalleştirme katmanlarını ise kernel boyutu ve adım sayısı 2, dolgusu uygun olan maksimum havuzlama katmanı takip etmektedir. Kullanılan iki adet konvolüsyon katmanına ait hiperparametreler; ilk konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 64, 3, 1, aynı ve ReLu, ikinci konvolüsyon katmanı için filtre sayısı, kernel boyutu, adım sayısı, dolgusu ve aktivasyon fonksiyonu sırasıyla 32, 3, 1, aynı ve ReLu şeklindedir. Son olarak ise yukarıda açıklanan katmanlar ile elde edilen özellik haritası tek boyutta düzleştirilmesidir. Bu mimari tasarım Şekil 2'de gösterilmiştir.

**Önerilen ESA Mimari Tasarımlarının Eğitim Aşaması:** Optimizasyon algoritması, kayıp fonksiyonu ve öğrenme oranı sırası ile Adam, seyrek kategorik çapraz entropi ve  $1e-3$  olarak kullanılmıştır. ESA mimari tasarımlarının eğitimi için epok değeri ve küme boyutu sırası ile 50 ve 64 olarak kullanılmıştır. ESA mimari tasarımlarının son üç katmanında 0.3 eşik değeri ile seyreltme katmanı da dahil olmak üzere yoğun katmanlar kullanılmıştır. Bu yoğun katmanların birincisinde 256 nöron ReLu aktivasyon fonksiyonu ile ikincisinde 64 nöron ReLu aktivasyon fonksiyonu ile ve sonuncusunda 28 nöron Softmax aktivasyon fonksiyonu ile kullanılmıştır. Ek olarak GUI tasarımının geliştirilmesi için ESA mimari tasarımlarının ağırlık dosyaları kaydedilmiştir. Deneysel analiz aşamasında ise NVIDIA GeForce GTX950M ekran kartı, Keras kütüphanesi ve Spyder Tümlüştük geliştirme ortamı (IDE) kullanılmıştır.

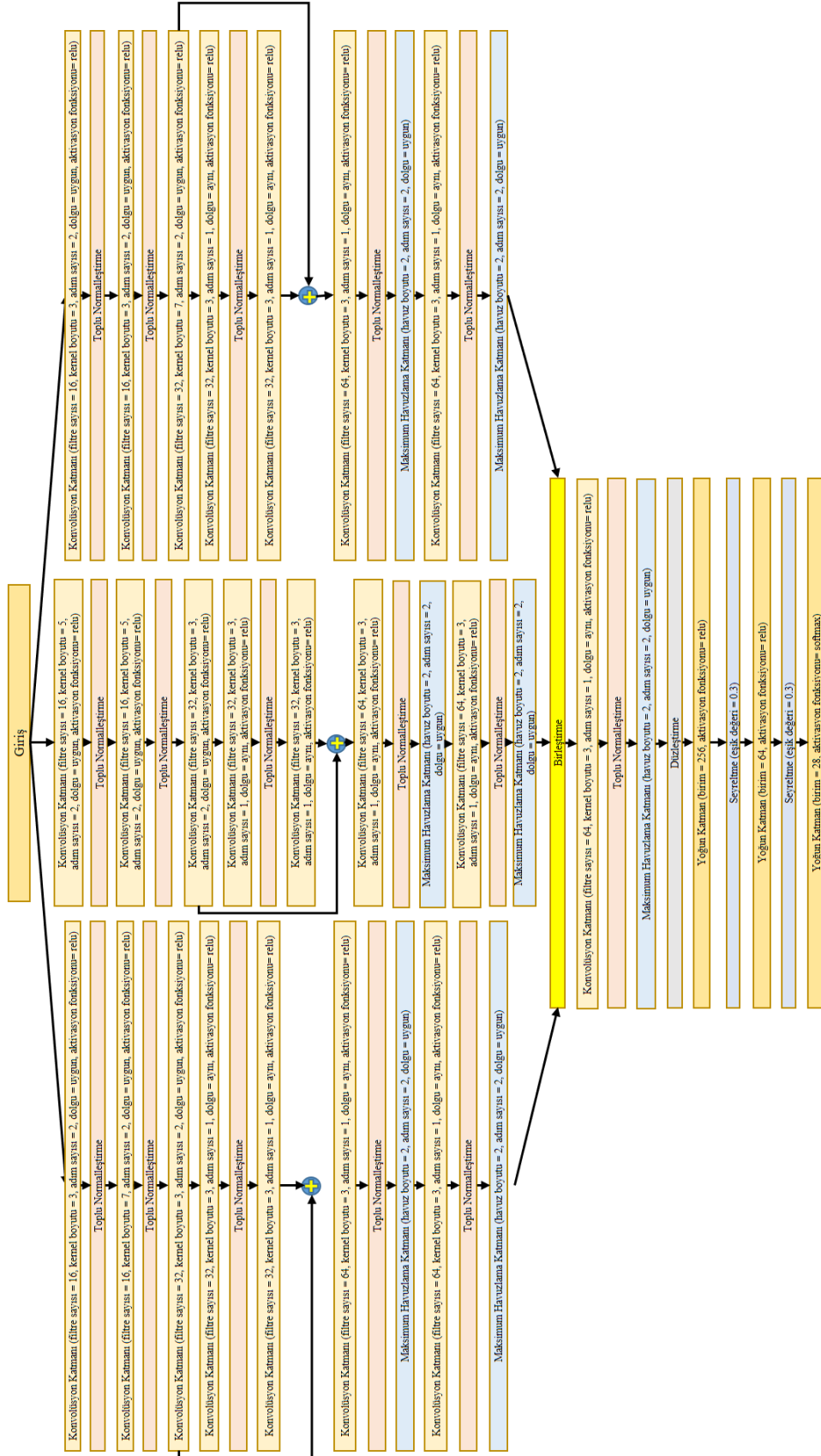
ESA modelleri için karşılaştırmalı analiz aşamasında doğruluk oranı ve F1-skoru performans değerlendirme metrikleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar bölüm 4'te sunulmuştur.



Şekil 2. ESA mimari tasarımı 1 (SMARfacTory-Net)



Şekil 3. ESA mimari tasarımı 2



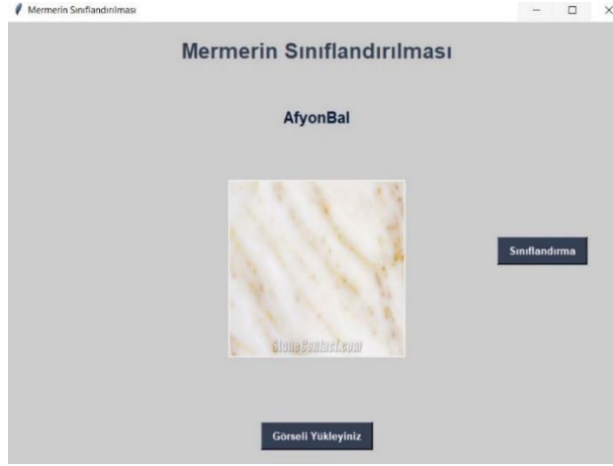
Şekil 4. ESA mimari tasarımı 3





### 3.3. QR Kod, GUI ve Android Tabanlı Uygulama

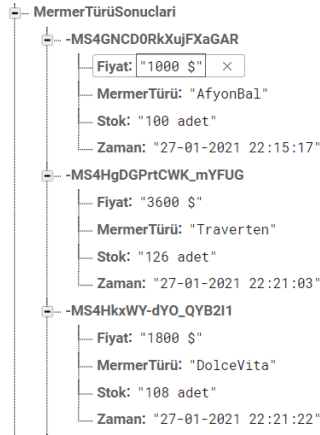
GUI tasarımı Python programlama dili ile Tkinter kütüphanesi kullanılarak Spyder IDE'sinde oluşturulmuştur. SMARfacTory-Net mimari tasarımına ait ağırlık dosyaları GUI'ye dahil edilmiştir. Oluşturulan GUI tasarımında iki adet buton bulunmaktadır. Bu butonlar görseli yükleyiniz ve sınıflandırma ipucu ile birlikte verilmiştir. Sınıflandırma butonu ilgili görselin yüklenmesi sonrasında aktive edilmektedir. Sınıflandırma butonuna tıklanması ile birlikte ilgili sınıflandırma işlemi tamamlanmaktadır. Bu aşamada mermer türüne ait sınıf bilgisine ek olarak mermerin birim fiyatı, stoktaki mermer sayısı miktarı ve taşın işlemden çıkma zamanı bilgileri çalışmaya dahil edilmiştir. Mermerin birim fiyatı ve stoktaki mermer sayısı miktarı bilgileri mermer türü bilgisi ile eşleşek şekilde ayrı birer '.txt' dosyası olarak for döngüsünün kullanımı ile yazılıma dahil edilmiştir. Taşın işlemden çıkma zamanı bilgisi için ise time ve datetime kütüphaneleri kullanılmıştır. Sonuç olarak bu işlemler sonucunda mermer türüne ait sınıf bilgisi, mermerin birim fiyatı, stoktaki mermer sayısı miktarı ve taşın işlemden çıkma zamanı bilgileri qr kütüphanesi kullanılarak QR kod içerisine gömülmüştür. Bu bilgilerin QR kod ile takip edilmesine ek olarak mobil uygulamadan da takip edilebilmesi amacıyla veriler firebase kütüphanesi kullanılarak Firebase gerçek zamanlı veritabanına aktarılmıştır. Geliştirilen GUI ve üretilen QR kodlar sırasıyla Şekil 6 ve 7'de gösterilmiştir. Veritabanına ait 'parent-child' yapısı Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Mermerin sınıflandırılması için geliştirilen GUI



Şekil 7. Üretilen örnek QR kodlar



**Şekil 8.** Sınıflandırma işlemi sonucunda oluşturulan veritabanı 'parent-child' yapısı

Mobil uygulama Android Studio Tümlşik Geliştirme Ortamında (IDE) Java programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Firebase, mobil uygulamanın bulut bilişim bölümünde kullanılmak üzere çalışmaya dahil edilmiştir. Mobil uygulamanın ön yüz tasarımında CardView, RecyclerView, TextView, ImageView ve Button gibi Android bileşenleri kullanılmıştır. Ön yüz tasarımında RelativeLayout yerleşim türü, Android XML yapısında kullanılmıştır. CardView tasarımları farklı XML dosyaları ile adaptör olarak tasarlanmıştır. Bu adaptör tasarımları RecyclerView bileşeni ve java adaptör kod blokları kullanılarak ön yüz tasarımına dahil edilmiştir. Ek olarak QR kod okuyucusunun geliştirilmesinde ise üçüncü parti kütüphaneler çalışmaya dahil edilmiştir.

#### 4. Deneysel Çalışmalar ve Analizler

Tablo 1'de ESA mimari tasarımları tarafından elde edilen doğruluk oranları, F1-skoru sonuçları ve incelenen parametre sayıları gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Elde edilen doğruluk oranı ve F1-skoru değerleri

Model	Doğruluk Oranı	F1-skoru	İncelenen Parametre Sayısı
ESA mimari tasarımı 1 (SMARfacTory-Net)	0.9545	0.9548	525.628
ESA mimari tasarımı 2	0.9542	0.9562	419.324
ESA mimari tasarımı 3	0.9415	0.9404	558.764
ESA mimari tasarımı 4	0.9542	0.9543	354.972

ESA mimari tasarımı 1 tarafından 525.628 parametre, ESA mimari tasarımı 2 tarafından 419.324 parametre, ESA mimari tasarımı 3 tarafından 558.764 parametre ve ESA mimari tasarımı 4 tarafından 354.972 parametre incelenmiştir. ESA mimari tasarımı 1 %95.45 doğruluk ve %95.48 F1-skoru, ESA mimari tasarımı 2 %95.42 doğruluk ve %95.62 F1-skoru, ESA mimari tasarımı 3 %94.15 doğruluk ve %94.04 F1-skoru, ESA mimari tasarımı 4 %95.42 doğruluk ve %95.43 F1-skoru elde etmiştir. Geliştirilen ESA mimari tasarımlarına ait en iyi sınıflandırma performansları sırasıyla; ESA mimari tasarımı 1, ESA

mimari tasarımı 2, ESA mimari tasarımı 4 ve ESA mimari tasarımı 3 tarafından elde edilmiştir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak en iyi sınıflandırma performansını elde eden ESA mimari tasarımı 1, SMARfacTory-Net olarak adlandırılmıştır. Ek olarak, ESA mimari tasarımları tarafından incelenen parametre sayıları, elde edilen doğruluk ve F1-skoru değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde ESA mimari tasarımı 4 de yüksek kullanılabilirliği sahiptir.



**Şekil 9.** (a) Mermerin sınıflandırılması sonuçlarının takibini sağlayan arayüz tasarımı, (b) QR kodun okutulması için oluşturulan arayüz tasarımı, (c) ve (d) QR kodun okutulması işlemi basamakları, (e) ve (f) QR kodun okutulması sonrasında elde edilen sonuçların gösterimi için oluşturulan arayüz tasarımı

Şekil 9 (a)'da gösterilen arayüz aracılığıyla mermer türüne ait sınıf bilgisi ve taşın işlemden çıkma zamanı bilgileri gösterilmiştir. Bu arayüz RecyclerView, CardView ve TextView bileşenlerini içermektedir. Bu CardView bileşeni içerisinde mermer türüne ait sınıf bilgisi ve taşın işlemden çıkma zamanı bilgisi olmak üzere iki adet TextView bileşenini içermektedir. Ayrıca CardView bileşeni RecyclerView bileşeni içerisinde kullanılmıştır. Böylelikle hem farklı mobil cihaz ekranlarına uyum sağlanmış hem de veritabanında yer alan tüm veriler aynı anda arayüzde gözlemlenebilmektedir.

Şekil 9 (b)'de gösterilen arayüzde 'lütfen QR kodunuzu okutunuz' ipucu verilen bir buton yer almaktadır. Bu butona tıklanması sonrasında kamera erişimi sağlanmaktadır. Böylelikle Şekil 9 (c) ve

(d)'de gösterilen QR kodun okutulması aşamasına geçilmektedir. Bu aşamada mermer türüne ait sınıf bilgisine ek olarak mermerin birim fiyatı, stoktaki mermer sayısı miktarı ve taşın işleminden çıkma zamanı bilgileri olmak üzere elde edilen sonuçlar Şekil 9 (e) ve (f)'de gösterilmiştir. Şekil 9 (e) ve (f)'de gösterilen arayüzde mermer türüne ait sınıf bilgisi, mermerin birim fiyatı, stoktaki mermer sayısı miktarı ve taşın işleminden çıkma zamanı bilgileri olmak üzere dört adet TextView bileşeni kullanılmıştır.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada mermerin sınıflandırılması ve takibi için uçtan uca tümleşik bir yapıda sistem tasarımı oluşturulmuştur. Mermerin sınıflandırılması için çalışmada ESA mimari tasarımlarına dayalı olarak geliştirilen algoritmalar kullanılmıştır. Bu bağlamda çalışmada dört farklı yeni ESA mimari tasarımı geliştirilmiştir. Önerilen ESA mimari tasarımları arasında en iyi sınıflandırma performansını elde eden model SMARfacTory-Net olarak adlandırılmış ve literatüre kazandırılmıştır. SMARfacTory-Net mimari tasarımına ait ağırlık dosyası GUI tasarımının oluşturulmasında kullanılmıştır. Böylelikle sınıflandırma işlemi daha optimize bir yapı ile sağlanmıştır. Ayrıca GUI aracılığıyla yapılan sınıflandırma işlemi esnasında mermer türüne ait sınıf bilgisine ek olarak mermerin birim fiyatı, stoktaki mermer sayısı miktarı ve taşın işleminden çıkma zamanı bilgileri oluşturulan QR kodlar içerisinde gömülmüştür. Oluşturulan bu QR kodların okutulması için Android tabanlı bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Ek olarak QR kodun okutulmasına gerek olmaksızında Android tabanlı mobil uygulama arayüzünden mermer türüne ait sınıf bilgisi ve taşın işleminden çıkma zamanı bilgisi gözlemlenebilmektedir. Sonuç olarak geliştirilen sistem tasarımı, mermer sınıflandırma işlemindeki insan kaynaklı hataları minimize etmesine ek olarak mermerin takibini de sağlamaktadır.

## Teşekkür

Bu çalışma, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Proje no: 2021-TYL-FEBE-0009 tarafından desteklenmiştir. Ayrıca Kur Mermer Granit A.Ş.'ye veri setinin oluşturulması sürecinde çalışmaya sağladıkları katkıları için teşekkürlerimi sunarım. Ek olarak Murat CANAYAZ ve Fatih ULUDAĞ'a oluşturdukları veri setini halka açık olarak paylaştıklarından dolayı bilime yapmış oldukları katkı için teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Canayaz M, Uludağ F (2020) Marble Classification Using Deep Neural Networks. *Journal of Technic* 10(1): 52–63.
- Şişeci Çeşmeli İ (2019) Deep Learning in Marble Slabs Classification. *Scientific Journal of Mehmet Akif Ersoy University* 2(1): 21–26.
- Akkoyun O. (2010) An evaluation of image processing methods applied to marble quality classification. *ICCTD 2010 - 2010 2nd International Conference on Computer Technology and Development, Proceedings*, pp: 158–162.
- Doğan H, Akay O. (2010) Using AdaBoost classifiers in a hierarchical framework for classifying surface images of marble slabs. *Expert Systems with Applications* 37(12): 8814–8821.
- Kur Marble. (n.d.). <http://www.kurmarble.com.tr/>. Accessed June 15, 2021.