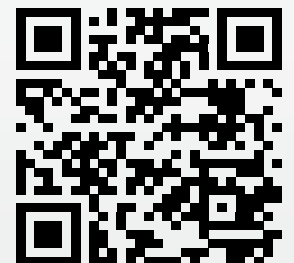


# IJIEA



INTERNATIONAL JOURNAL OF  
INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS



---

---

**Editor-in-Chief**

Prof. Dr. Niyazi ÖZDEMİR

Prof. Dr. Hikmet ESEN

**Executive Editor-in-Chief**

Prof. Dr. Messaoud SAIDANI

Prof. Dr. Niyazi BULUT

Prof. Dr. Kemal LEBLEBİCİOĞLU

Asst. Prof. Dr. Salwa BOUADILA

**Editorial Secretary / Layout Editor**

Res. Assist. Abdullah KAPICIOĞLU

---

---

**Associate Editor**

Prof. Dr. Engin AVCI

Assoc. Prof. Dr. Özge HANAY

Prof. Dr. Oğuzhan KELEŞTEMUR

Assoc. Prof. Dr. Ayhan ORHAN

Prof. Dr. Bahar DEMİREL

Assoc. Prof. Dr. Ulaş ÇAYDAŞ

Assoc. Prof. Dr. Resul COTELİ

Assoc. Prof. Dr. Murat GÖKÇEK

Asst. Prof. Dr. G. Tuna KELEŞTEMUR

**Editorial Office**

Prof. Dr. Hakan ÖZTOP

Assoc. Prof. Dr. Muhammet KARATON

Assoc. Prof. Dr. Ali Kaya GÜR

Dr. Mert GÜRTÜRK

Assoc. Prof. Dr. İnanç ÖZGEN

Dr. Türker TUNCER

**Secretariat**

Instructor Habip ŞAHİN

Res. Assist. Cihangir KALE

---

---

International Journal of Innovative Engineering Applications is published June and December.

Adress for the manuscripts and correspondence:

Uluslararası Yenilikçi Mühendislik Uygulamaları Dergisi  
Fırat Üniversitesi Kampüsü Teknoloji Fakültesi Merkez –Elazığ  
Tel: +90 424 237 0000/ Ext.7655  
e-mail: ijieatr@gmail.com

ISSN: 2587-1943

Elazığ-2017

## CONTENTS

<b>Türker TUNCER, Engin AVCI</b>	<b>1</b>
A new watermarking algorithm based on visual cryptography and secret sharing for color image authentication and tamper detection <i>Renkli imgelerde kimlik doğrulaması ve saldırı tespiti için görsel sır paylaşım tabanlı yeni bir kırılğan damgalama algoritması</i>	
<b>Niyazi ÖZDEMİR, Zülküf BALABAN</b>	<b>9</b>
Friction welding of Al-Cu-SiC composite to AISI 304 austenitic stainless steel	
<b>Hikmet ESEN, Abdullah KAPICIOĞLU, Onur ÖZSOLAK</b>	<b>13</b>
Cooled and uncooled photovoltaic panels modeling by using genetic expression programming	
<b>Gülüzar Tuna KELEŞTEMUR, Ali Atilla USLU</b>	<b>23</b>
Use of new nutrition materials in fish feeding <i>Balık beslemede yeni besin maddelerinin kullanımı</i>	
<b>Türker TUNCER</b>	<b>27</b>
A novel fast logititc authentication method for digital images <i>Sayısal imgeler için yeni bir hızlı lojistik kimlik doğrulama yöntemi</i>	

# RENKLİ İMGELERDE KİMLİK DOĞRULAMASI VE SALDIRI TESPİTİ İÇİN GÖRSEL SIR PAYLAŞIM TABANLI YENİ BİR KIRILGAN DAMGALAMA ALGORİTMASI

*Turker Tuncer<sup>1</sup>, Engin Avcr<sup>2</sup>*

Original scientific paper

Adli bilişim, bilişim sistemleri üzerinden genellikle veri olarak elde edilen delillerin toplanması, saklanması, derlenmesi ve analizi konusunda standartları oluşturulan çok disiplinli bir yapıdır. Adli bilişim sanılan aksine özel bir alan değil, geniş alan disiplindir. Bu makalede adli bilişim uygulamalarında sıklıkla kullanılan özet fonksiyonlarının yerine kırılğan damgaların kullanılması önerilmiştir. Özet fonksiyonları saldırının yapıldığı bölgeyi tespit edemezler bu sebepten dolayı sayısal verilerde kimlik doğrulama için kırılğan damgaların kullanılması önerilmiştir. Bir damgayı kırılğan hale getirebilmenin en iyi yolu sır paylaşım tabanlı algoritmaları kullanmaktır. Bu makalede Wu ve Chen' in görsel sır paylaşımı algoritması kullanılarak, RGB imgeler için kimlik doğrulama ve saldırı tespiti yapılmıştır. Önerilen kırılğan damgalama algoritması yüksek görsel kaliteye sahip, kırılğan, güvenilir ve yüksek veri gizleme kapasitesine sahip bir algoritmadır. Wu ve Chen görsel sır paylaşımı algoritması sayesinde açışal ataklara karşı hassas, yeni bir kırılğan damgalama sistemi önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Veri Gizleme; Damgalama; Görsel Sır Paylaşımı; Adli Bilişim; Kriptolojik Özet Fonksiyonları; Bilgi Güvenliği; Görüntü İşleme.

## 1 Giriş

Bilgi güvenliğini sağlayabilmek için veriyi yetkiz erişimlerden korumak gerekmektedir. [1]. İnternetin yaygın olarak kullanılması, akıllı cihazların taşınabilir hale gelmesiyle birlikte kişisel veriler hızlı bir şekilde sayısal ortama aktarılmaya başlamıştır. Sayısal ortamda bulunan verilerin güvenliğini sağlanması ise çok önemli bir konu haline gelmiştir. Günümüzde, siber saldırı ve savunma yöntemlerinin ülkelerin milli savunma politikaları içerisinde yer almaya başlamıştır. Bilgi güvenliğini sağlamanın iki yolu vardır. Bunlar şifreleme ve veri gizlemedir. Şifreleme biliminde simetrik şifreleme, asimetrik şifreleme ve görsel sır paylaşımı kullanılmaktadır. Şifrelemenin sağlanabilmesi için güvenilir anahtar üretme, karıştırma ve seçme gibi işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için rastgele sayı üreteçlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Veri gizlemenin ilk örneklerine antik çağlarda rastlanmaktadır. Bu bilim dalının ilk bilinen uygulaması antik çağlarda gerçekleşen kafa derisine mesajı dövme olarak çizdirip, saçları uzatarak kafa derisindeki mesajı gizlemektir. Bu örnekten de anlaşılacağı gibi, veri gizlemenin temel amacı, veri için güvenilir bir veri iletim hattı oluşturmaktır. Günümüzde, birçok veri gizleme uygulaması geliştirilmektedir [2]. Veri gizleme biliminin en sık kullanılan alt dalları ise steganografi ve damgalamadır (watermarking). Steganografi, gizlenen verinin sezilememesini hedeflemektedir. Günümüzde birçok firma ve kurum steganografiyi kullanarak veri gizliliğinin sağlamayı hedeflemektedir [3-7]. Damgalamada da ilgili multimedya mesajın kimlik doğrulamasının yapılması hedeflenmiştir.

Veri gizleme algoritmalarını oluşturan öğeler aşağıdaki gibi verilmiştir [8].

- Örtü nesnesi (Cover object)
- Gizli mesaj (Secret message)
- Veri gizleme fonksiyonu (Data hiding function)
- Veri gizlenmiş nesne (Stego object)
- Veri gizleme anahtarı (Stego key)
- Veri çıkarma fonksiyonu (Data extraction function)

Örtü nesnesi metin, ses, imge ve video gibi multimedya verilerden oluşmaktadır [6]. Gizli mesaj, örtü

nesnesinin içerisine veri gizleme fonksiyonu kullanılarak gömülür ve çıktı olarak veri gizlenmiş nesne elde edilir. Veri çıkarma aşamasında ise, veri gizleme anahtarı kullanılarak veri gizlenmiş nesnede bulunan veri gizleme indisleri tespit edilir. Veri çıkarma fonksiyonu kullanılarak gizli mesaj elde edilir [9-10]. Bu konuyla ilgili literatürde bulunan birkaç çalışma aşağıda verilmiştir.

Qi vd. [11] imge kimlik doğrulaması için, tekil değer tabanlı yarı kırılğan yeni bir damgalama şeması sunmuşlardır. Bu metot içerik bağımlı olarak güvenilir bir damga üretir ve bu damgayı tekil değer dizisine mantıksal operatörler kullanarak gömer. Botta vd. [12] kendi çalışmalarından önce tespit edilmeyen atakları tespit edebilmek ve saldırının lokasyonunu bulabilmek için yeni bir kırılğan damgalama sistemi önermiş ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Yu vd. [13] imge kimlik doğrulaması ve saldırı tespiti yapabilmek için yeni bir kırılğan damgalama algoritması geliştirmiştir. Düşük gömme kapasitesi kullanılarak saldırı tespiti yapılır. Bu sebepten dolayı önerilen algoritmanın görsel kalitesi yüksek elde edilmiştir. Ghosal vd. [14] binom dönüşümünü tabanlı kırılğan damgalama algoritması önermiştir ve elde edilen sonuçlar başarılı bulunmuştur. Tong vd. [15] kaos tabanlı saldırı tespit etme ve yeniden yapılandırma yeteneğine sahip bir kırılğan damgalama algoritması önermiştir. Deneysel sonuçlar bu algoritmanın daha güvenilir, daha iyi saldırı tespiti yapabilen ve kendini onarabilen bir algoritma olduğunu ortaya koymuştur. Tu vd. [16] doküman koruyabilmek için sır paylaşımı ve steganografi tabanlı yeni bir algoritma önermiştir. (k,n) sır paylaşımı şeması tabanlı bu algoritmada  $k < n$  ve gizli veri n parçaya ayrılmaktadır. Bu n adet sır parçasının k adeti bir araya geldiğinde mesaj elde edilmektedir. Deneysel sonuçlar bu metodun güvenilir ve uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Lee vd. [17] tarafından Shamir'in (k,n) eşiksel sır paylaşım modeli tabanlı PNG imgelerde kimlik doğrulama algoritması önerilmiştir. Bu veri gizleme algoritma yüksek veri gizleme kapasitesine sahip, güvenilir, verimli ve yüksek görsel kaliteli bir veri gizleme algoritmasıdır.

Bu makalenin 2. bölümünde kriptolojik özet fonksiyonları, 3. bölümünde görsel sır paylaşım modelleri, 4. bölümünde önerilen yöntem, 5. bölümünde deneysel

sonuçlar 6. ve son bölümünde ise sonuçlardan bahsedilecektir.

## 2 Kriptolojik Özet Fonksiyonları

Kriptografik özet fonksiyonları değişken uzunluktaki herhangi bir veriden sabit veya genellikle daha küçük uzunlukta özet değerleri çıkartmak için kullanılır [18-22].

Özet bilgi sabit uzunluğa sahiptir. Özet fonksiyonlarında, tek yönlü (one-way) fonksiyonlar kullandığı için özet değerinden giriş verisine ulaşılması veya giriş verisi ile ilgili bilgi edinme teorik olarak imkânsızdır. Çünkü özet değeri, veri ile ilişki kurulamayan, anlam bütünlüğü içermeyen ve rastgele seçilmiş sayılar gibi görünmektedir.

Özet değeri elde edilen veriye özeldir. Özetleme işlemi her tekrarlandığında aynı sonucu verir. Veride gerçekleşen 1 bitlik değişiklik özet bilgisini de değiştirmektedir. Bu yüzden bu değere genellikle verinin dijital parmak izi veya özet değeri denilmektedir.

Özet fonksiyonları çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Asimetrik şifrelemede, elektronik imza şemalarında, rastgele sayı üreticilerinde ve adli bilişim alanında kullanılmaktadır.

Kriptografik özet fonksiyonlarında aranan özellikler aşağıdaki gibidir [22-24]:

- Bilinen ve ispat edilebilir bir özet fonksiyonu algoritması kullanılmalıdır.
- Bir özet fonksiyonu herhangi bir uzunluktaki veriyi girdi olarak alabilmeli ve sabit uzunlukta çıktı üretmelidir.
- Verilen herhangi bir  $x$  değeri ve  $h$  özet fonksiyonu için  $h(x)$  değerini hesaplamak kolay olmalıdır.
- Ters görüntü direnci (Preimage resistance):  $h(x)$  değerini veren  $x$  değerinin bulunması zor olmalıdır.
- İkinci ters görüntü direnci (Second preimage resistance):  $x$  ve  $h(x)$  verildiği zaman  $h(x') = h(x)$  olacak şekilde  $x$  ten farklı bir  $x'$  bulmak zor olmalıdır.

Çakışma direnci (Collision resistance): Herhangi bir  $x$  için  $h(x') = h(x)$  olacak şekilde  $x$  ten farklı bir  $x'$  bulmak zor olmalıdır.

Adli bilişim uygulamalarında blok şifreleme tabanlı özet fonksiyonları kullanılmaktadır. Bu özet fonksiyonlar ise MD4, MD5, SHA0, SHA1, SHA256, SHA-3 vb. algoritmalarıdır.

Adli bilişim uygulamalarında özet fonksiyonları bir verinin değiştirilip değiştirilmediğinin doğrulanması için kullanılmaktadır.

## 3 Görsel Sır Paylaşımı Modelleri

Görsel sır paylaşımı kavramı ilk kez 1996' da Moni Naor ve Adi Shamir tarafından ortaya atılmıştır [25]. Sır paylaşımını en basit şekliyle ifade etmek için 0 ve 1'lerden oluşan ikilik görüntüler kullanılmıştır.

$p$	Probability	$s_1$	$s_2$	$r = s_1 \otimes s_2$
□	1/6			
	1/6			
	1/6			
	1/6			
	1/6			
	1/6			
■	1/6			
	1/6			
	1/6			
	1/6			
	1/6			
	1/6			

Şekil 1. Genişletilmiş GSP modeli

$p_1$	$p_2$	Probability	$s_1$	$s_1^{-\theta}$	$s_2$	$s_1 \otimes s_2$	$s_1^{-\theta} \otimes s_2$
□	□	1/4					
		1/4					
		1/4					
		1/4					
□	■	1/4					
		1/4					
		1/4					
		1/4					
■	□	1/4					
		1/4					
		1/4					
		1/4					
■	■	1/4					
		1/4					
		1/4					
		1/4					

Şekil 2. Wu ve Chen kodlama tablosu

Naor ve Shamir' in önerdiği metodun genişletilmiş görsel sır paylaşımı (2, 2) algoritması şekil 1'de verilmiştir.

Bu modelin açısız olarak daha da geliştirilmiş hali, Wu ve Chen tarafından 2005 yılında geliştirilmiştir. Önerilen algoritmada 3 adet sır parçası ve 2 bitlik veri gizleme fonksiyonu kullanılacağı için Wu ve Chen' nin modelinin kullanılması öngörülmüştür [26,27]. Wu ve Chenin kodlama tablosu şekil 2' de verilmiştir.

Önerilen yöntemde rastgele sayı üreticileri kullanarak sır parçaları seçilebilir. 3 adet sır parçası kullanılmıştır ve kullanılan sır parçalarından 2 bit çıkış üretilmiştir. Şekil 2' de gösterilen p1 ve p2 çıkış bitleri, s1, s1-ø ve s2 ise sır parçaları olarak kabul edilmiştir.

#### 4 Önerilen metod

Bu makalenin en temel amacı, adli bilişimde sıklıkla kullanılan özet fonksiyonlarının yetersiz kaldığı yerlerde kırılğan damgaları kullanmaktır. Önerilen metod ile öncelikle damga sır paylaşımı şeması kullanılarak parçalarına ayrılacak ve ardından damga 2LSBs (Least Significant Bits Insertion – En anlamsız bit yerleştirme) veri gizleme fonksiyonu kullanılarak veri gizlenecektir.

Önerilen veri gizleme algoritmasında görsel sır paylaşımı algoritması olarak Wu ve Chen'in görsel sır

paylaşımı algoritmasının kullanılması önerilmiştir. Şekil 2'de verilen tablo kullanılarak damga gürültüsüz olarak elde edilmektedir. Önerilen veri gizleme algoritmasının blok diyagramı şekil 3' deki gibidir.

Önerilen veri gizleme algoritmasının adımları da aşağıdaki gibidir.

(1) Renkli RGB imge sırasıyla R, G ve B kanallarına ayrılır.

(2)Wu-Chen algoritması kullanılarak damga 3 sır parçasına ayrılmıştır.

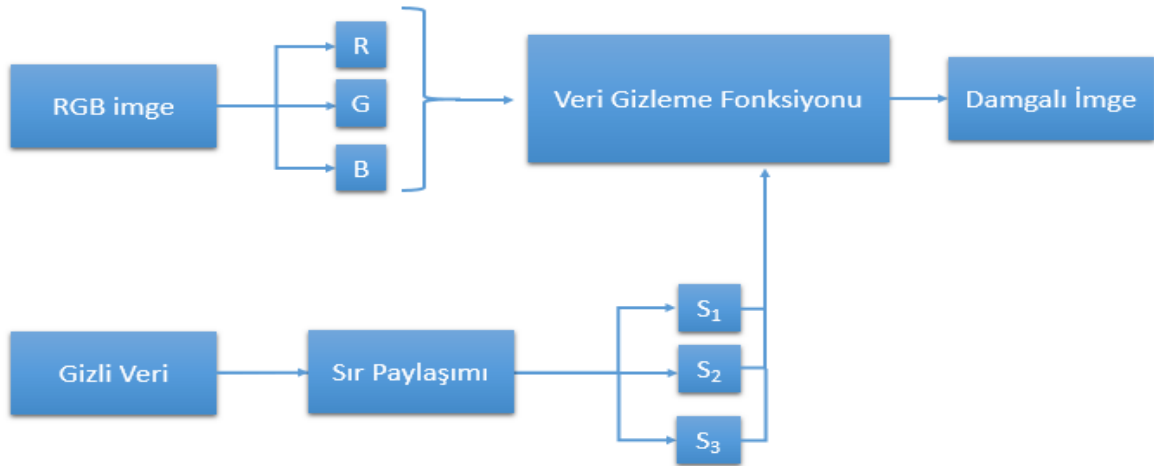
(3) Sır parçası olacak elemanları seçebilmek için ise sözde rastgele sayı üreticileri kullanılmıştır. Bu makalede lineer eşiksel sayı üretici kullanılmıştır.

$$X_{i+1}=(aX_i+c)mod m \quad (1)$$

X rastgele sayı dizisi, a çarpan, c artım ve m modül katsayılarıdır. Bu formül kullanılarak istenilen uzunlukta 0 ile m-1 arasında rastgele sayı üretilebilmektedir.

(4) Elde edilen 3 sır parçası 2LSBs veri gizleme algoritması kullanılarak örtü imgesine gömülür.

Yukarıdaki adımlar gerçekleştikten sonra damgalanmış imge elde edilir. Damgalanmış imgeden, damgayı elde etmek için ise kullanılacak adımların blok diyagramı şekil 4' de verilmiştir.



Şekil 3. Önerilen veri gizleme algoritmasının blok diyagramı.



Şekil 4. Önerilen veri çıkarma algoritmasının blok diyagramı.

Önerilen algoritma kullanılarak damgayı yeniden elde etmek için aşağıdaki adımlar kullanılır.

(1) Damgalanmış imge katmanlarına ayrılır.

(2) Veri çıkarma fonksiyonu kullanılarak S1, S2 ve S3 kümeleri oluşturulur. Bu çalışmada 2LSBs veri gizleme algoritması kullanıldığı için aşağıdaki formül kullanılarak veri çıkarma işlemi gerçekleştirilir.

$$S_{1ij}=R_{ij}(\text{mod } 4), i=\{1,2,\dots,m\}, j=\{1,2,\dots,n\} \quad (2)$$

$$S_{2ij}=G_{ij}(\text{mod } 4), i=\{1,2,\dots,m\}, j=\{1,2,\dots,n\} \quad (3)$$

$$S_{3ij}=B_{ij}(\text{mod } 4), i=\{1,2,\dots,m\}, j=\{1,2,\dots,n\} \quad (4)$$

(3) Şekil 2' deki kurallar kullanılarak sır parçalarından damga elde edilir.

Önerilen metodun avantajları aşağıdaki gibi verilmiştir.

- Toplanan veriler için kimlik doğrulama işlemi yapabilmek.
- Toplanan verinin orijinal olduğunu anlayabilmek.
- Eğer veri saldırıya uğramışsa, verinin hangi bölgesine saldırı yapıldığı kolaylıkla tespit edilebilir.

## 5 Deneysel Sonuçlar

Bu makalede kullanılan yöntemi değerlendirebilmek için veri gizleme algoritmalarını değerlendirebilmek için önerilmiş 6 adet gereksinimi sağlaması gerekmektedir. Bu gereksinimler ise aşağıdaki gibi verilmiştir. Bu gereksinimleri test etmek için SIPI imge veri tabanından 8 adet imge seçilmiştir ve seçilen imgeler 512 x 512 x 3 boyutunda imgelerdir. Örtü imgelere 512 x 512 boyutunda damgalar gizlenmektedir. Örtü verisi olarak kullanılan imgeler Şekil 5' de verilmiştir.

*Optimum veri gizleme fonksiyonu:* Bu makalede veri gizleme fonksiyonu olarak 2LSBs kullanılmıştır. LSB veri gizleme algoritmalarında en sık kullanılan ve en çok bilinen veri gizleme fonksiyonlarıdır. Bu fonksiyonların uygulaması kolaydır ve bu fonksiyonlar kullanılarak veri gizleme işlemi hızlı bir şekilde yapılmaktadır. Şekil 2' de verilen tablo kullanılarak damga sır parçalarına ayrılır ve 2LSBs fonksiyonu kullanılarak renkli imgeye gömülür.

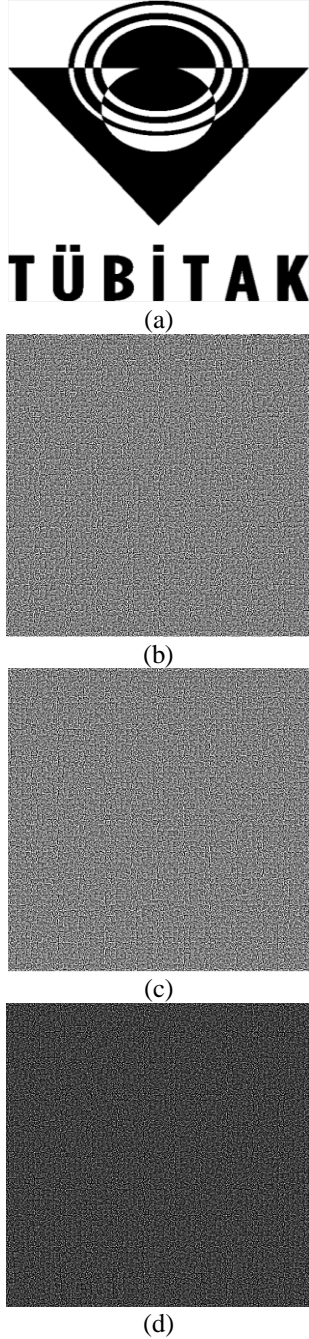
*Optimum veri çıkarma fonksiyonu:* Önerilen metotla veri çıkarabilmek için (mod 4) işlemi kullanılarak sır parçaları elde edilmektedir. Sır parçaları elde edildikten sonra mantıksal veya işlemi veya Şekil 2 ' de verilen Wu ve Chen' in kodlama tablosu kullanılarak damga elde edilir.



Şekil 5. Deneysel sonuçlar için kullanılan test imgeler (a) Orijinal imge (b) Stego-imge

**Kapasite:** Önerilen algoritma kullanılarak renkli imgenin her bir katmanına 2bpp (bit per pixel – piksel başına bit) kapasitede veri gizlenmektedir.

**Gizlilik:** Wu ve Chen' in görsel sır paylaşımı metodu kullanılarak damganın gizliliği sağlanmaktadır. Aynı zamanda sır parçalarının rastgele seçimi sayesinde güvenilir bir dağılım sağlanacaktır. Rastgele sayı üreticinin en büyük avantajlarından birisi ise elemanların tekrarlanma sayısını birbirine yakınlştırmasıdır. Şekil 6'da, ikilik bir imge ve imgeye önerilen görsel sır paylaşım şemasının uygulanmasının ardından elde edilen sır parçaları verilmiştir.



Şekil 6. Wu ve Chen görsel sır paylaşımı yönteminin uygulanması (a) Orijinal imge (b) İlk sır parçası (c) ikinci sır parçası (d) üçüncü sır parçası

Elde edilen 3 adet sır parçası sırasıyla R,G ve B katmanlarına gömülmektedir. Veri çıkarma fonksiyonu bilinse de damgaya doğrudan ulaşamayacaktır. Wu ve Chen' in görsel sır paylaşımı yöntemi kullanılarak damganın gizliliği sağlanmaktadır.

**Ataklara Karşı Dayanıklılık:** Bu makalede, kırılğan ve atağın hangi bölgeye yapıldığını tespit edebilen yeni bir algoritma önerilmiştir. Test resimleri olarak şekil 5' de gösterilen renkli imgeler kullanılmıştır. Bu imgelerin 100 x 100' lük kısmına aşağıdaki ataklar uygulanmıştır[28-30]. Saldırıları tespit edebilmek için tüm elemanları 1 olan beyaz damganın gömülmesi öngörülmüştür.

- Kesme atağı
- Kolaj atağı
- Döndürme atağı
- JPEG sıkıştırma atağı
- Medyan filtre atağı
- Boyutlandırma atağı

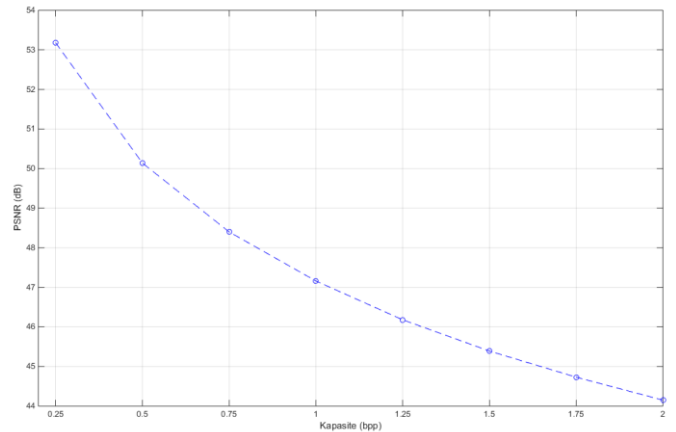
Tablo 1' de gösterildiği gibi özet fonksiyonlar kullanılarak saldırı tespiti yapılamamaktadır. Saldırının, imgenin hangi bölgesine yapıldığını tespit edebilmek için önerilen metot kullanılmalıdır. Elde edilen sonuçlar, önerilen metodun yüksek kırılğanlığa sahip olduğunu göstermektedir.

**Yüksek Görsel Kalite:** Bir veri gizleme algoritmasının sağlaması gereken en önemli özelliklerden birisi de yüksek görsel kalitedir. Gizlenen verinin gözle ve kulakla fark edilememesi gerekmektedir. Görsel kaliteyi ölçmek için MSE (mean square error – ortalama karesel hata), PSNR (peak signal-to-noise ratio – tepe sinyal gürültü oranı) vb. ölçüm parametreleri kullanılmaktadır. MSE ve PSNR formülleri denklem 5 ve 6' da verilmiştir.

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i,j} (CI_{i,j} - SI_{i,j})^2 \quad (5)$$

$$PSNR = 10 \log \frac{Max(CI_{i,j}^2)}{MSE} \quad (6)$$

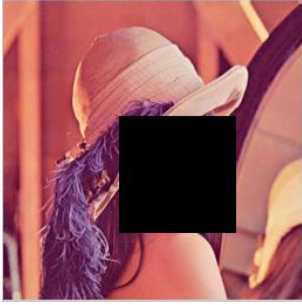

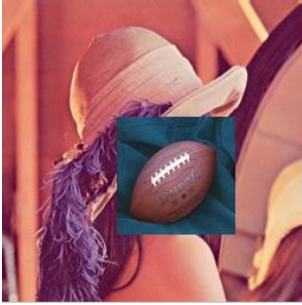



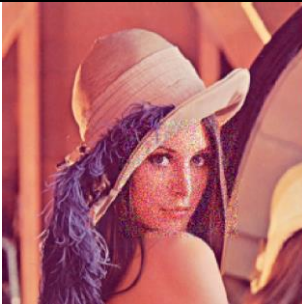

Şekil 7' de önerilen algoritmanın test resimlerine uygulanmasının ardından elde edilen PSNR kapasite değişim eğrisi verilmiştir.


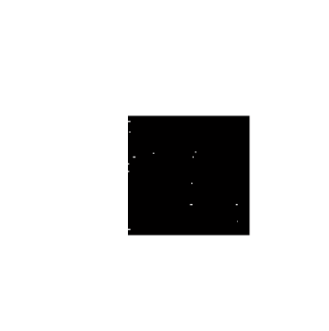


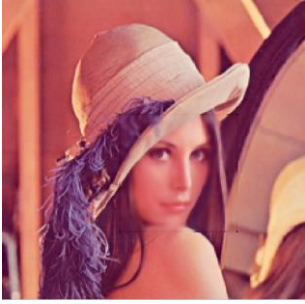

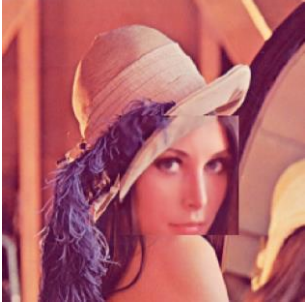
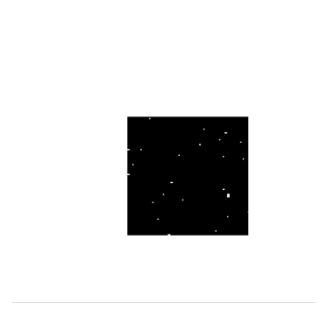


Şekil 7. Test resimlerinden elde edilen ortalama PSNR/ Kapasite değişim oranı.



Tablo 1. Saldırı tespiti ve MD5 özet fonksiyonları.

Atak	Saldırı Yapılan İmge	Elde Edilen Damga	Özet Fonksiyonları (MD5)
<b>Kesme Atağı</b>			<p>Orijinal imge: CB18648237B3DA26440D7F233AC503FE</p> <p>Kesme atağı uygulanmış imge: 7623195870C23B9E6AC11A0E947666B7</p>
<b>Kolaj Atağı</b>			<p>Orijinal imge: CB18648237B3DA26440D7F233AC503FE</p> <p>Kolaj atağı uygulanmış imge: 45385D2B552542C7A72DB42B0AD5D61D</p>
<b>Döndürme (90 derece)</b>			<p>Orijinal imge: CB18648237B3DA26440D7F233AC503FE</p> <p>Döndürme atağı uygulanmış imge: 31E01399DCB3C56904815AB7F377E663</p>
<b>Gaussian Gürültü (M=0.01, V=0.01)</b>			<p>Orijinal imge: CB18648237B3DA26440D7F233AC503FE</p> <p>Gürültü atağı uygulanmış imge: FC6FD9D3D494D0873907A9CA0D747A34</p>

<p><b>JPEG</b></p> <p><b>Sıkıştırma</b></p> <p><b>(%90)</b></p>			<p>Orijinal imge: CB18648237B3DA26440D7F233AC503FE</p> <p>JPEG sıkıştırma atağı uygulanmış imge: 0075BE44A271BE390B844504AB74BEB8</p>
<p><b>Medyan</b></p> <p><b>Filtre Atağı</b></p> <p><b>(3 x 3)</b></p>			<p>Orijinal imge: CB18648237B3DA26440D7F233AC503FE</p> <p>Medyan filtre atağı uygulanmış imge: 91EB75A75852D15BAF97E8E476BA601C</p>
<p><b>Wiener Filtre</b></p> <p><b>Atağı</b></p> <p><b>(3 x 3)</b></p>			<p>Orijinal imge: CB18648237B3DA26440D7F233AC503FE</p> <p>Wiener Filtre atağı uygulanmış imge: D8375C73852E20756471A5EEAB624C79</p>
<p><b>Boyutlandırma</b></p> <p><b>Atağı</b></p> <p><b>(150 x 150)</b></p>			<p>Orijinal imge: CB18648237B3DA26440D7F233AC503FE</p> <p>Boyutlandırma atağı uygulanmış imge: 40DDD296B5B7C7ACF8624F776AC8311E</p>

## 6 Sonuç

Bu makalede, toplanan verileri doğrulama ve bu verilere yapılan saldırıları tespit edebilmek için rastgele sayı üreteçleri, özet fonksiyonları, görsel sır paylaşım algoritmaları ve veri gizleme algoritmaları kullanılmıştır ve bu algoritmanın adli bilişim uygulamalarında da kullanılabilirliği gösterilmiştir. Birbirinden ayrı 3 alan kullanılarak veri doğrulama yapılmıştır. Özet fonksiyonlarının değiştirilen verileri tespit edebilmektedir ancak verinin hangi bölgesinin saldırıya uğradığını tespit edememektedir. Bu sebepten dolayı görsel sır paylaşımı tabanlı yeni bir kırılabilir damgalama önerilmiştir. Wu-Chen görsel sır paylaşım modeli ve 2LSBs veri gizleme

fonksiyonu kullanılarak oluşturulan bu algoritma, veri gizleme ölçütlerinin tümünü sağladığı gibi, saldırı tespiti yapabilmeye de yüksek performansa sahiptir. Özellikle açışal saldırılara karşı oldukça hassas bir damgalama yöntemi önerilmiştir. Bu işlem adli bilişimde sadece toplanan verilerin doğrulanması kısmında kullanılacaktır. Bu makale, adli bilişimin geniş alan bilgisine sahip olduğunu göstermekle beraber, veri gizlemenin tüm başarımlı ölçütlerini sağlamış, kırılabilir ve adli bilişimde uygulanabilir bir damgalama sistemi önerilmiştir

## 7 Kaynaklar

- [1] Z. Ni, Y.-Q. Shi, N. Ansari, W. Su, Reversible Data Hiding, IEEE Transactions On Circuits And Systems For Video Technology, 16 (3), 2006.
- [2] M. B. Begum, Y. Venkataramani, LSB Based Audio Steganography Based On Text Compression, Procedia Engineering, 30, 703-710, 2012.
- [3] F. Perez-Gonzalez F. Balado, Quantized projection data hiding, in Proc. IEEE Int. Conf. Image Process., 2, 889-892, 2002.
- [4] Y. Q. Shi, Z. Ni, D. Zou, C. Liang, Lossless data hiding: fundamentals, algorithms and applications, IEEE Int. Symp. Circuits Syst., 33-36, 2004.
- [5] Q. Mao, A fast algorithm for matrix embedding steganography, Digital Signal Processing, 25, 248-254, 2014.
- [6] L. Von Ahn and N. J. Hopper, Public-key steganography, in Advances in Cryptology-Eurocrypt, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 3027, 323-341, 2004.
- [7] G.S. Lin, Y.T. Chang, W.N. Lie, A framework of enhancing image steganography with picture quality optimization and anti-steganalysis based on simulated annealing algorithm, IEEE Trans. Multimedia, 12 (5), 345-357, 2010.
- [8] C. Cachin, An information-theoretic model for steganography, Information and Computation, 192 (1), 41-56, 2004.
- [9] Y.-H. Yu, C.-C. Chang, A new edge detection approach based on image context analysis, Image and Vision Computing, 24 (10), 1090-1102, 2006.
- [10] A. Westfeld, Detecting low embedding rates, In: Proceedings of information hiding workshop. LNCS, 2578, 324-339., 2003.
- [11] X. Qi, X. Xin, A singular-value-based semi-fragile watermarking scheme for image content authentication with tamper localization, Journal of Visual Communication and Image Representation, 30 (2015), 312-327, 2015.
- [12] M. Botta, D. Cavagnino, V. Pomponiu, A successful attack and revision of a chaotic system based fragile watermarking scheme for image tamper detection, International Journal of Electronics and Communications (AEÜ), 69 (1), 242-245, 2015.
- [13] M. Yu, J. Wang, G. Jiang, Z. Peng, F. Shao, T. Luo, New fragile watermarking method for stereo image authentication with localization and recovery, International Journal of Electronics and Communications (AEÜ), 69 (1), 361-370, 2015.
- [14] S.K. Ghosal, J. K. Mandal, Binomial transform based fragile watermarking for image authentication, Journal of Information Security and Applications, 19 (4&5), 272-281, 2014.
- [15] X. Tong, Y. Liu, M. Zhang, Y. Chen, A novel chaos-based fragile watermarking for image tampering detection and self-recovery, Signal Processing: Image Communication, 28 (3), 301-308, 2013.
- [16] S.Tu, C. Hsu, Protecting secret documents via a sharing and hiding scheme, Information Sciences, 279 (20), 52-59, 2014.
- [17] C. Lee, W. Tsai, A data hiding method based on information sharing via PNG images for applications of color image authentication and metadata embedding, Signal Processing, 93 (7), 2010-2025, 2013.
- [18] Vassil Roussev, An evaluation of forensic similarity hashes, Digital Investigation, Volume 8, Supplement, August 2011, Pages S34-S41
- [19] Ç. Koç, (2009). Cryptographic Engineering, Springer-Verlag.
- [20] J. Kartz, Y. Lindell, (2008). Introduction to modern cryptography : principles and protocols, Chapman & Hall.
- [21] C. Paar, J. Pelzl, (2010). Understanding Cryptography A Textbook for Student and Practitioners, Springer.
- [22] K. Kırkıl, A. B. Özer, F. Özkaynak, (2012). Kaos Tabanlı Kriptolojik Özetleme Fonksiyonları, Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu, Trabzon.
- [23] A. Menezes, P. Van Oorschot, S Vanstone. (1996). Handbook of Applied Cryptography. CRC Press.
- [24] B. Preneel, (1993). Analysis and Design of Cryptographic Hash Functions. PhD thesis, Katholieke Universiteit Leuven.
- [25] M. Naor, A. Shamir, (1995) Visual Cryptography, EUROCRYPT'94 – Springer.
- [26] C.C. Wu, L.H. Chen, A study on visual cryptography, Master Thesis, Institute of Computer and Information Science, National Chiao Tung University, Taiwan, R.O.C., 1998.
- [27] H.-C. Wu, C.-C. Chang, Sharing visual multi-secrets using circle shares, Comput. Stand. Interfaces 134 (28) (2005) 123-135.
- [28] J. Guo, P. Zheng, J. Huang, Secure watermarking scheme against watermark attacks in the encrypted domain, Journal of Visual Communication and Image Representation, Volume 30, July 2015, Pages 125-135.
- [29] M. Tanha, S. D. S. Torshizi, M. T. Abdullah, F. Hashim, An overview of attacks against digital watermarking and their respective counter measures. Paper presented at Cyber Security, Cyber Warfare and Digital Forensic (CyberSec), 2012 International Conference on, Kuala Lumpur, 265-70, 26-28 June 2012.
- [30] P. P. Thulasidharan, M. S. Nair, QR code based blind digital image watermarking with attack detection code, International Journal of Electronics and Communications (AEÜ), In Press, Uncorrected Proof, Available online 11 April 2015.

### Authors' addresses

**Dr. Türker Tuncer<sup>1</sup>, Asistant Research**  
Firat University  
Technology Faculty, Forensic Engineering  
[ttuncer@firat.edu.tr](mailto:ttuncer@firat.edu.tr)

**Dr. Engin Avci<sup>2</sup>, Professor**  
Firat University  
Technology Faculty, Software Engineering  
[evci@firat.edu.tr](mailto:evci@firat.edu.tr)

# FRICION WELDING OF Al-Cu-SiC COMPOSITE TO AISI 304 AUSTENITIC STAINLESS STEEL

Niyazi Ozdemir<sup>1</sup>, Zülküf Balalan<sup>2</sup>

Original scientific paper

The present study investigates the feasibility of joining an aluminium matrix composite reinforced with 5, 10 and 15 vol. % of SiCp particles to AISI 304 austenitic stainless steel by using friction welding technique. In the present study, optical and electron microscopy as well as lap shear strength test and microhardness measurements were used to evaluate the quality of bonding of Al-Cu-SiC and AISI 304 austenitic stainless steel joints produced by friction welding

**Keywords:** Friction welding, Aluminium metal matrix composite, Austenitic stainless steel

## 1 Introduction

Aluminium based metal-matrix composites (MMCs) show improved specific stiffness and strength, better wear resistance and greater thermal stability in respect to the corresponding unreinforced matrix alloys, thus finding application mainly in the aerospace, automotive and motorsport fields [1–3]. Among Al-based MMCs, those reinforced with ceramic particles (such as Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> or SiC) offer many advantages, such as: relatively simple and cost saving production routes, suitability to be processed by conventional secondary processes (forging, extrusion, etc.), as well as isotropic mechanical behaviour [4–6]. One of the main limitations in the use of these materials concerns their joining, since traditional fusion welding techniques (TIG, MIG, and laser) generally lead to microstructural defects, which in turn result in a decrease in their mechanical properties. In particular, the addition of the ceramic reinforcement causes higher viscosity in MMCs melts, particle segregation, evolution of the occluded gas and undesired matrix-reinforcement reactions [7,8], besides the typical defects commonly found in Al alloy fusion welds, such as solidification shrinkages, oxide inclusions and gas pores [8].

Friction welding is a solid-state joining process and one of the most effective processes for joining similar and dissimilar materials with high joint integrity. The present trend in the fabrication industries is the use of automated welding processes to obtain high production rates and high precision. To automate a welding process it is essential to establish the relationship between process parameters and weld quality [1]. Friction welding (FW) is preferred over other methods of welding of dissimilar materials because of its inherent qualities like easy control of process variables, high quality and prevention of atmospheric contamination of welding interface [2]. With the growing emphasis on the use of automated welding systems, FW is employed in semiautomatic or automatic mode in industry [3]. In such automated applications, a precise means of selection of the process variables and control of the amount of materials which is flash out in the welding interface has become essential. [2,3]. The acceptable or appropriate flash geometry and axial shortening on factors such as rotating speed, friction time, friction pressure, forging time and forging pressure, etc. Moreover, in the friction welding

with the increase of rotation speed, the axial shortening quantity increases at the short friction time. In other words, the axial shortening speed is increases with increasing the rotation speed. It is because that increasing the rotation speed could enhance the input power of friction welding, leading to the shorter time for the heat generation, softening, plastic deformation and axial displacement. Hence, study and control of flash geometry and axial shortening is very much essential. To do this precise relationship between the process parameters controlling the axial shortening is to be established. This may be achieved by the development of mathematical expressions, which can be fed into a computer relating the flash geometry and axial shortening dimensions to the important process control variables affecting these dimensions. Also, optimization of the process parameters to control and obtain the required shape and quality of weld is possible with these expressions. Several studies have been recently focused on friction welding of aluminium alloys and some data are also reported on FW of aluminium-based composites. The application of this solid state welding technique to particles reinforced composites seems very attractive, since it should eliminate some typical defects induced by the traditional fusion welding techniques, such as: gas occlusion, undesired interfacial chemical reactions between the reinforcement and the molten matrix alloy, inhomogeneous reinforcement distribution after welding. The aim of this investigation is to evaluate the effects of process parameters on joint strength.

## 2 Materials and Experimental Process

### 2.1 Preparation of metal matrix composites

The test materials used in the present work were SiCp reinforced aluminium alloy metallic matrix composites manufactured by means of powder metallurgical method. Specimens were prepared using 99.8% pure aluminum, 99.5% pure silicon carbide (SiCp) and 99.9 % Cu powders. Metal matrix composite specimens were produced in the reinforcement volume fractions of 5%, 10% and 15% SiCp and 5% Cu. The Al powder has average particle size of 230 μm, SiC and Cu powder has average size 325 μm. The powders were blended by a motorized mixer to produce a homogeneous particle distribution, and were cold pressed.

After cold pressing compacted powder mixtures were hot pressed uniaxially in a single-end circular die made of hot-work tool steel under a pressure of 50 MPa inside a protective argon atmosphere at a temperature of 550 °C for a sintering time of 20 min. Sintered parts were machined in a lathe to a diameter of 12 mm and a length of 50 mm for the friction welding. Immersion density measurements were performed according to Archimedes' method. In this technique density is determined by measuring the difference between a specimen's weight in air and when it is suspended in distilled water at room temperature.

## 2.2 Friction welding

For dissimilar friction welding, AISI 304 austenitic stainless steel and Al/SiCp metal matrix composite used test materials. Joining of these two dissimilar metals was performed on a continuous drive friction welding machine. The main welding process parameters employed were rotational speed, friction pressure, friction time, upset pressure and upset time. Friction welded specimens were cut longitudinally parallel to the welding interface for investigating the microstructural changes carry out in the welding interface and were polished using different grades of emery paper. Final polishing was done using the diamond compound (2 µm particle size) in the disc-polishing machine. For the microstructure examination, AISI 304 austenitic stainless steel side was etched with electrolytically in a solution of Oxalic acid (90% H<sub>2</sub>O+10% Oxalic acid) and Al/SiCp metal matrix composite was etched in Keller (3% HCl+2% HF+3% HNO<sub>3</sub>+92% H<sub>2</sub>O). Lap-shear test was carried out on a Shimadzu mark tensile testing machine. The hardness was measured perpendicular to weld interface on both sides of the weld at a load of 30 g.

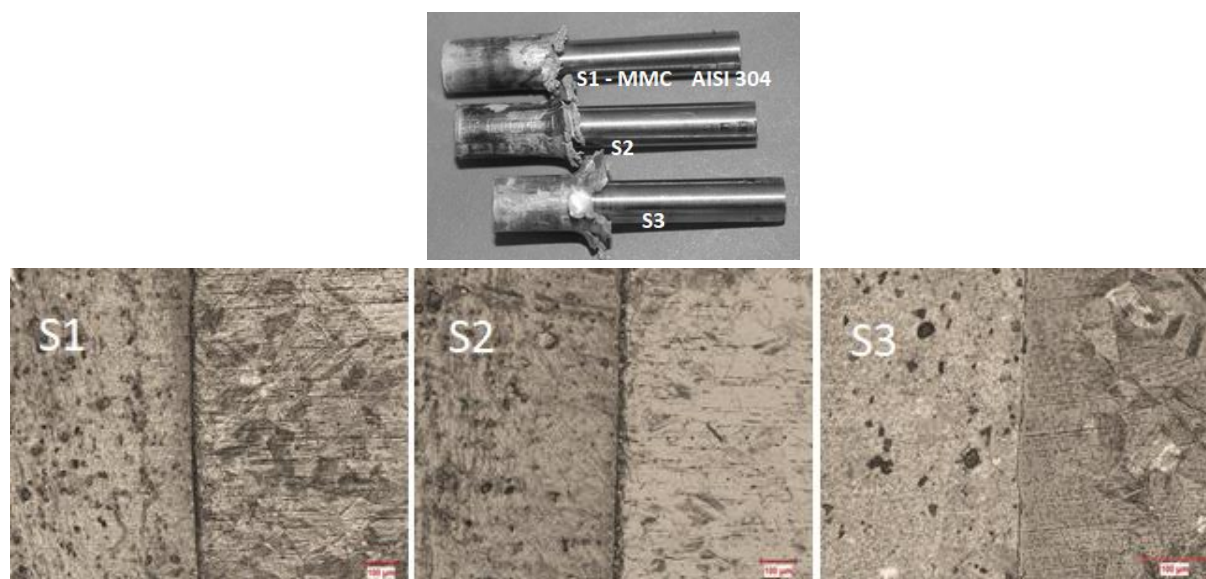
## 3 Result and discussion

### 3.1 Evaluation Microstructure

A view of dissimilar metal friction weld combination is shown in Fig1 and 2. It is observed that the amount of

flash, which much higher on the MMC compared to AISI 304 stainless steel. When the photographs of these welded joints are analyzed; an increase is observed on the material quantity that effuses depending on the increasing friction pressure despite sharing similarity in principle. As a result of the axial shortening measurements taken after welding, the greatest shortening has been established to be 5 mm on the sample no S6. Axial shortening has occurred only on the side of MMC. The reason why axial shortening has occurred on the side of MMC is that the metal matrix composite's hardness is low, density is less and resistance is high. When the macro interface photographs are also analysed (Figure 1,2), it has been clearly observed that diameter of the material that flanges outside as a result of the temperature increase on the interface due to increased friction pressure has been increased and it has caused the stainless steel to sink more into composite side.

Fig.1 and Fig.2 show the micrographs of specimens welded under different welding conditions. The Friction processed joints were sectioned perpendicular to the bond line and observed through a scanning electron microscopy (SEM). SEM photos revealed three distinct zones across the specimens identified as base material (BM), heat affected zone (HAZ) and plastically deformed zone (PDZ). The grain refinement occurred in the PDZ region by the combined effect of thermal and mechanical stresses. The width and geometry of these regions changed as a function of rotational speed, friction pressure and friction time. The most microstructural changes took place in the DZ region. High rotational speed can cause local heating at the interface to reach a high temperature at a short time. This condition causes lower cooling rates and a wider heat affected zone (HAZ), as a consequence a greater volume of viscous material transferred out of the interface. High rotational speed leads to narrower HAZ. It is well known that pressure used to bring joint pair together by plastic deformation results in dynamic recrystallization leading to a grain refinement in the central region of the weld [5]. The effect of increasing rotational speed over the friction welding joint is that both temperature gradient and axial shortening increase as a result of more mass transferred out of at the welding interface



**Figure 1.** The microstructure in the welding zone of the friction welds by using 1500 rpm. rotation speed.



Figure 2. The microstructure in the welding zone of the friction welds by using 1500 rpm rotation speed.

### 3.2 Hardness test results

In this study, the micro-hardness distribution of the friction welded joints changes in two zones in accordance with the literature (see Fig.3). These zones are referred to as deformed zone and excessively zone. It has been observed that the hardness distribution increases in DZ and EDZ closer to welding interface and then decreases and reaches the main metal hardness value. The existence of a band that has deformation hardness as a result of the thermo-mechanical effect on the AISI 304 austenitic stainless steel side had been detected in the interface microstructure analysis of these welded joints. In the same way, the zone which is adjacent to the joint interface on MMC side, which has hardened as a result of thermo-mechanical effect and in which SiCp carbide build up has increased, has been identified in the SEM analysis photographs. The obtained hardness values are parallel to the structural change on the joint interface of the welded joints. The highest micro-hardness value has been recorded as 283 Hv on the AISI 304 austenitic stainless steel side and 104 HV on the MMC side. As can be clearly seen from the results, an increase has been recorded in the hardness on the joint interface depending on the increased friction time. When a comparison is made between the hardness values taken from all these samples, it has been observed that the rotational speed, friction time and friction pressure have a significant effect on the hardness values reached on the interface. It has also been observed that the hardness increases on MMC side depending on SiCp reinforcement ratio. The main reason for this can be related to the fact that the material cannot be sufficiently viscous in order to be ejected from the interface since the MMC's plastic deformation ability decreases as SiCp reinforcement ratio increases.

### 3.3 Evaluation of lap-shear test results

The lap-shear test has been performed on the welded joints joined by friction welding through the usage of 15 s friction time specified in the experimental design table.

The lap-shear test has been primarily performed on unprocessed AISI 304 austenitic stainless steel and MMCs. When the lap-shear test results are analysed, it has been observed that all fractures display brittle fracture behaviour on the MMC side adjacent to the interface. As can be clearly seen from the results, the maximum shear strength of the welded joints reduces depending on the increased reinforcement ratio. In the literature related to the subject, it has been specified that in metal matrix composites, the hardness increases together with the increase of the reinforcement ratio but the shear strength reduces.

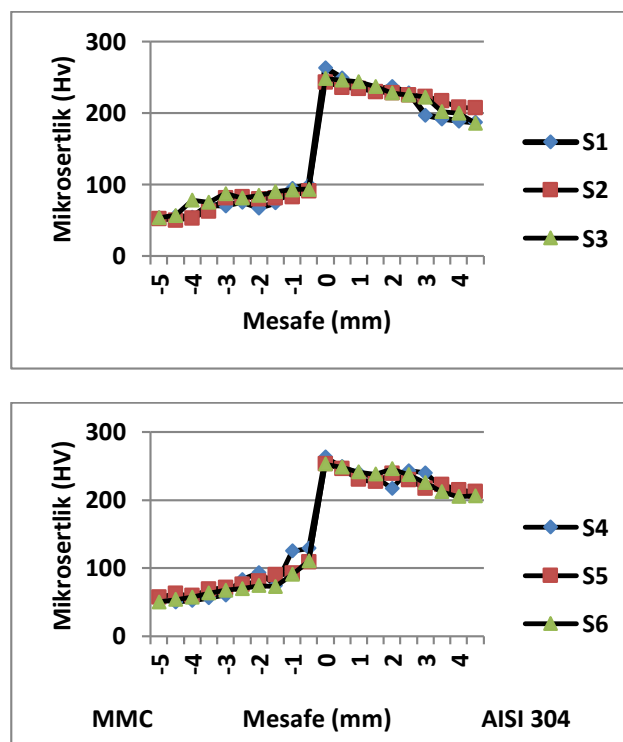


Figure 3. HV microhardness x distance bonding interface.

**Table 1.** Mechanical properties of friction welded samples.

Sample No	Rotation speed (rpm)	Friction pressure (MPa)	SiC <sub>p</sub> fraction rate (% Wt)	Shear strength (MPa)
S1	1500	5	5	96
S2		10	10	108
S3		15	15	98
S4	1700	5	5	153
S5		10	10	197
S6		15	15	118

#### 4 Conclusion

1. Al-Cu-SiC composite was successfully FS welded with to AISI 304 austenitic stainless steel with different parameters and material configurations.
2. The maximum tensile strength of the welding joints could reach up to 70% of the strength of the Al-Cu-SiC composite base metal. The joints strength increased up to a certain value and then decreased slightly with the applied friction pressure increasing.
3. The hardness at the interfaces was higher than that of the base material due to the presence of IMCs at the joints interfaces. The microhardness of Al side was almost no change under the welding parameters. Additionally, the microhardness distribution had slight variation from that of the base metals in the Mg side.

#### 5 References

- [1] Z. Balalan, Weldability of Al based SiC<sub>p</sub> reinforced composite to 304 stainless steel by friction welding. Ph Thesis, University of Firat, 2013.
- [2] Sahin M. Joining of stainless-steel and aluminium materials by friction welding. *Int J Adv Manuf Technol* 2009;41:487–97.
- [3] Uday MB, Ahmad-Fauzi MN, Zuhailawati H, Ismail AB. Effect of welding speed on mechanical strength of friction welded joint of YSZ–alumina composite and 6061 aluminum alloy. *Mater Sci Eng: A* 2011;528:4753–60.
- [4] Haşçalık A, Ünal E, Özdemir N. Fatigue behaviour of AISI 304 steel to AISI 4340 steel welded by friction welding. *J Mater Sci* 2006;41:3233–9.
- [5] Özdemir N, Sarsılmaz F, Haşçalık A. Effect of rotational speed on the interface properties of friction-welded AISI 304L to 4340 steel. *Mater Des* 2007;28:301–7.
- [6] Rafi HK, Ram G, Phanikumar. G, Rao KP. Microstructure and tensile properties of friction welded aluminum alloy AA7075-T6. *Mater Des* 2010;31:2375–80.
- [7] Dolatkhan A, Golbabaie P, Besharati Givi MK, Molaiekiya F. Investigating effects of process parameters on microstructural and mechanical properties of Al5052/SiC metal matrix composite fabricated via friction stir processing. *Mater Des* 2012;37:458–64.
- [8] Mishra RS, Ma ZY, Charit I. Friction stir processing: a novel technique for fabrication of surface composite. *Mater Sci Eng A* 2003;341:307–10.

#### Authors' addresses

**Dr. Niyazi Özdemir<sup>1</sup>, Professor**  
 Firat University  
 Metallurgy and Materials Engineering  
[nozdemir@firat.edu.tr](mailto:nozdemir@firat.edu.tr)

**Dr. Zülküf Balalan<sup>2</sup>, Assistant Professor**  
 Bingöl University  
 Metallurgy and Materials Engineering  
[zbalalan@bingol.edu.tr](mailto:zbalalan@bingol.edu.tr)

# COOLED AND UNCOOLED PHOTOVOLTAIC PANELS MODELING BY USING GENETIC EXPRESSION PROGRAMMING

*Hikmet Esen<sup>1</sup>, Abdullah Kapıcıoğlu<sup>2</sup>, Onur Ozsolak<sup>3</sup>*

Original scientific paper

The aim of this paper is to estimate the efficiency of photovoltaic (PV) panels with and without active cooling by using genetic expression programming (GEP). An active cooling system has been developed based on water spraying (non-uniformly) of PV panels, and we provide to increase the efficiency of PV panels. Panels is not cooled, the temperature of the panel is increased and the efficiency was calculated as 16.81%. When the panels are cooled, the panel temperature fell and the efficiency was calculated as 18.83%. GEP is preferred since it generates a mathematical function which fits to given experimental data. The test results indicate that for the model equations obtained, the determination coefficients ( $R^2$ ) are very high. These good agreements confirm the validity of the developed GEP models.

**Keywords:** Active cooling; photovoltaic; genetic expression programming; efficiency, GEP

## 1 Introduction

PV system is one of the renewable sources of energy. PV cells are semiconductor devices that can convert sunlight into electricity. PV panels work best in certain weather conditions, but since the weather is always changing and as designers are installing PV panels all over the world in different climate regions, most panels do not operating under ideal conditions [1]. Most of the PV panels, it cannot convert to a full radiation into electricity. It is important to have a cooling system so that the PV system may produce power more efficiently that is the PV system should maximize its potential power production [2]. The efficiency of solar cells decreases with increasing module temperature. So it must be cooled to the solar cells. A typical value for PV efficiency loss with temperature is 0.5%/°C though this varies with the type of cell. Cooling of the solar cell achieved by both water and air [3-7].

Solar cells can be cooled with active and passive methods. An external power requirements of the active system is concerned. There is no external power requirement in the passive system. Active system used machines such as pumps and fans [1]. Usually a PV panel converts only 10-15% of the incident power to electricity, the rest power is largely rejected as heat [8-9].

Many studies related to the cooling of the PV panel. Royne et al. [10] have examined a PV cooling methodologies, for use under concentrated lighting, it is desirable for the temperature to be uniform across the cells. Skoplaki and Palyvos reviewed efficiency/power correlations on the temperature dependence of PV module electrical performance [11]. Sanusi et al. [12] investigated effects of ambient temperature on the performance of a PV solar system in a tropical area, Ogbomoso, Nigeria. Teo et al. [13] reported an active cooling system for PV modules. Developing a heat transfer model, they have done very harmonious work with the actual temperature profiles. Chinamhora et al. [2] have done effective work by cooling the front and back of a PV panel with water. Moharram et al. [14] a non-pressured cooling system has been developed based on spraying the PV panels by water once in a while. A cooling rate model has been developed to determine how long it will take to cool the PV panels by water spraying to its operating temperature. Dorobantu and Popescu [15] proposed a solution to increase

efficiency PV panels. So they used a device that makes a water film on the surface of panels, obtaining simultaneously cleaning and decreasing the operating the temperature of the panel. Zhu et al. [16], have made water cooling to avoid distortion for high concentration of PV cells. Hybrid Photovoltaic/Thermal (PV/T) solar system is one of the most popular methods for cooling the photovoltaics panels nowadays. Tonoï and Tripanagnostopoulos [17] have studied a study that an improvement of heat extraction can be achieved by low cost modifications of the channels of PV/T air system. Abdulgafar et al. [7] investigated a PV panel cooling by water immersion technique to improve the performance and the electrical efficiency of polycrystalline silicon panel. Ceylan et al. [18] analyzed a study that the PV module was placed on the front of the solar collector. The water was pre-heated in the PV module which was placed on the front of the solar collector. In this way PV modules were cooled.

Intelligent methods (adaptive-neuro fuzzy inference systems; ANFIS, artificial neural network; ANN, support vector machine; SVM etc.) are widely used in various areas of energy-related research [19-21]. Ghaderi et al. presented an economic model for energy efficiency programs in order to evaluate their impacts on the GEP problem [22]. GEP is one of the earliest problems in power systems industry and numerous techniques have been applied to solve the problem [23]. In this study, the efficiency of PV panel was modeled by using the GEP. This method helps us to obtain a mathematical equation from values obtained from experimental data. A mathematical function is not possible to obtain from other intelligent systems.

The rest of this paper is organized as follows. The experimental setup and methodology of GEP modeling are described in Sections 2 and 3, respectively. The experimental results and findings of GEP is presented in Section 4. The study conclusions are given in Section 5.

## 2 Experimental system

### 2.1 Experimental setup

An experimental setup has been developed to validate both cooled and no cooled panel models, experimentally, and to study the influence of cooling on the efficiency of



PV panels. The PV panel is installed in the Firat University in Elazig in Turkey. Two solar panels, each of that has a power of 150 W, have been used in experimental studies. An experimental system has been built up as shown in Fig. 1, and further details can be found Table 1. Solar cell system and cooling system are provided separately in Table 1. Two of PV panels with the same characteristics are provided the same terms and to stand in the same direction. The appearance of the temperature point on the panel is given in Fig. 2.

The cooled panel was made from seven point measurements (front side 6, 7 and 8 points, the back side 2, 3, 4 and 5 points), in without cooled panel is the two points (the front 9, the back side 10 point) temperature measurement are made. Also during the experiment, ambient temperature (1 point) and the solar radiation were measured. The open-circuit currents and voltage of two PV panels were measured. Water is sprayed using water nozzles, which are installed at the back side of the panels, as shown in Fig. 2.

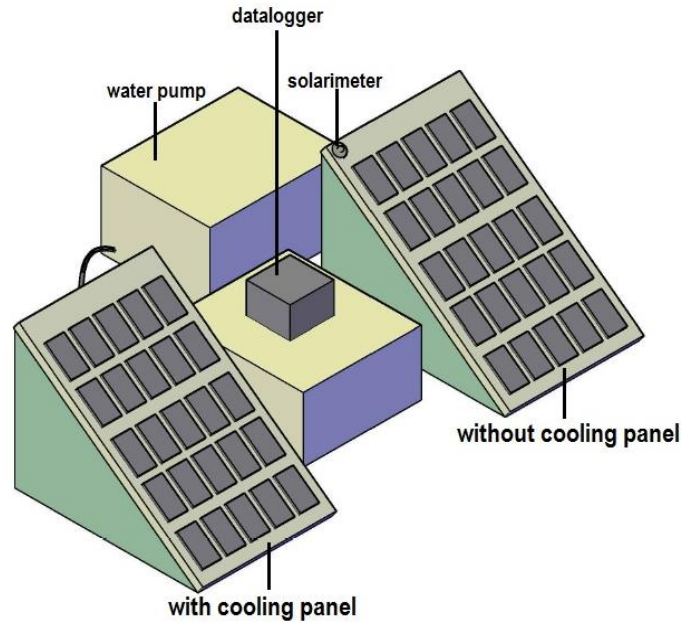


Figure 1 Experimental set-up



Figure 2 The view of the measured temperature point

**Table 1** The main components specification and characteristics of the PV systems studied [24]

Systems	Element	Technical specification
Photovoltaic system	Solar cells	Model type: Bluesun 150W, BSM-150M monocrystalline; Solar cell type: Mono; Date: July 2012; 156X156 cell; P <sub>m</sub> =150 W, V <sub>mp</sub> =18.2V, I <sub>mp</sub> =8.25 A, V <sub>oc</sub> =21.9 V, I <sub>sc</sub> =8.77A; size: 1483x666x40; weight: 11.3 kg.
	Solar cell fasteners	UV protected multicontact solar cables and connectors; Power cable.
Cooling system	Pressure water pump	Manufacturer: Normist; type: RR-2; pressure: 70 bar; flow LPM:2; engine power: 0.75 HP, 0.55 kW; nozzle diameter: 0.2 mm; water inlet/outlet diameter: 9.525/12 mm, noise level: 78 dB.
	Distribution system	Manufacturer: Normist; hexagonal nozzle series: nozzle flow value: 0.075 lt/min (at 70 bar), clamps, pressure switch, pump regulator, terminating line, quickly drain, high pressure plastic pipe, low pressure plastic pipe plastic clips, quick fittings, purge.

## 2.2 Experimental analysis of the system

Cooling the solar panels has been performed to determine the influence of cooling. Cooling and without cooling of the solar panels were performed for two days in July 2014, and the experiment started from 08:00 am till 17:00 pm using a controlled water flow rate of 2 liter per minute.

The output power  $P$  of the PV panel is calculated using the measured maximum voltage and current values as follows:

$$P = V_p \cdot I_p \quad (1)$$

where  $V_p$  is the maximum voltage of panel and  $I_p$  maximum current of panel. The efficiency,  $\eta$ , of the PV panels is calculated by [14, 18],

$$\eta = \frac{P}{I \cdot A} \quad (2)$$

where  $P$  (W) is the output power generated from the PV panels,  $A$  (m<sup>2</sup>) is the panel surface area, and  $I$  (W/m<sup>2</sup>) is the solar irradiance incident on the panels.

A pyranometer was used to capture the daily global solar irradiation. Temperature measurements are important in this experiment and therefore calibrated T-type thermocouples were utilized. The temperature distribution of the panels is measured using thermocouples located at the front and back of the panels. The output power, solar irradiance, and temperature are all monitored using a data acquisition system, employing Energy Systems Engineering Lab. All measurements are saved to an excel file for further calculation and analysis.

## 3 Genetic Expression Programming (GEP)

In 2001, Ferreira [25] proposed the GEP, which was developed to improve the genetic programming. Both GEP and genetic programming models apply the biological evolution concept for finding the best solution to a certain problem. The main difference between GEP and genetic programming is the implementation of chromosomes. The genetic programming utilizes a tree structure to represent a gene. These computer programs are complex tree structures that learn and adapt by changing their sizes, shapes, and composition, much like a living organism. Any mathematical description defined as figurative strings of fixed-length (chromosomes) in genetic algorithms is represented to be nonlinear entities of different size and shapes (parse trees). GEP computer program is encoded in linear chromosomes composed of genes structurally organized in a head and a tail. The head or tail domain of GEP genes (both normal and homeotic) is the basic building block of all GEP algorithms. However, gene expression programming also explores other chromosomal organizations that are more complex than the head or tail structure. Essentially these complex structures consist of functional units or genes with a basic head/tail domain plus one or more extra domains [26-27]. GEP algorithm flow chart is given in Fig. 3.

This algorithm arbitrarily makes up primary chromosome which denotes a mathematical function and then transform it into an expression tree as illustrated in Fig. 4. There is assessment between predicted values and actual values in subsequent step. When preferred results in accord with fault criteria originally nominated are found, the GEP process is finished. If preferred error criteria could not be found, some chromosomes are chosen by method called roulette-wheel sampling and they are

transformed to obtain new chromosomes. After preferred fitness mark is found, this method ends and then the knowledge's coded in genes in chromosomes are decoded for the best solution of the problem [28]. GEP model consist of two components called chromosomes and the expression trees. The chromosomes which may have one or more genes is coded some information using special language about the problem. Any mathematical model is coded in gene in chromosomes using bilingual and

conclusive language called Karva Language. Expression trees and Karva Language are explained in details by [30-33]. Before the analysis, the user regulates the certain operator degrees that explain a certain possibility of a genetic material. It is suggested that the inversion rate and cross-over rate are 0.1 and 0.4, respectively. The mutation rate is ordinarily employed between the 0.001 and 0.1 [28].

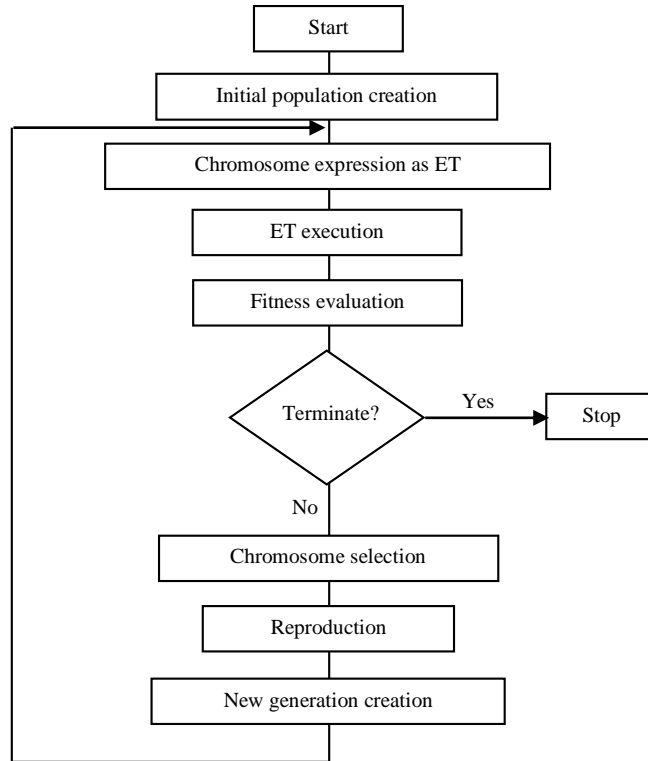


Figure 3 The algorithm of genetic expression programming [28]

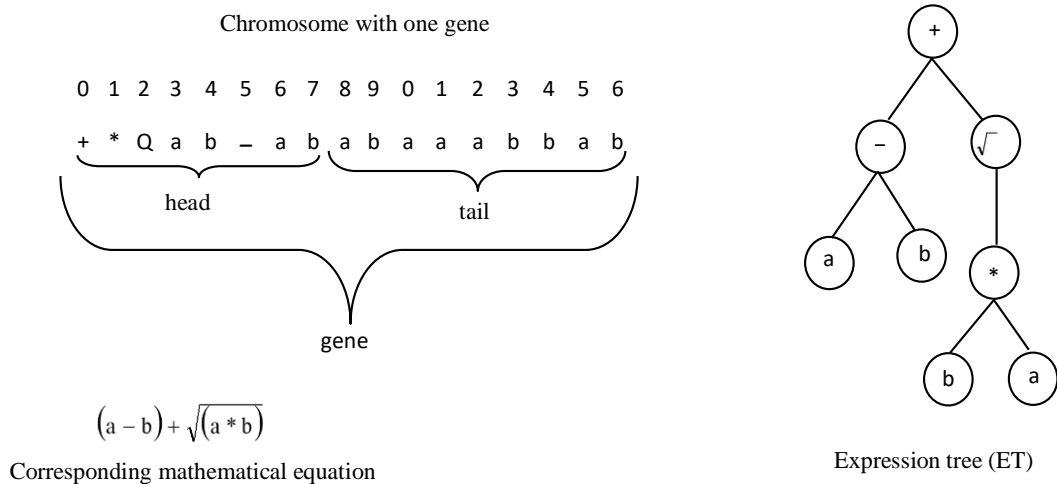


Figure 4 Expression of a chromosome with one gene and corresponding mathematical equation

**Table 2** Typical electrical characteristics of BSM-150 PV module

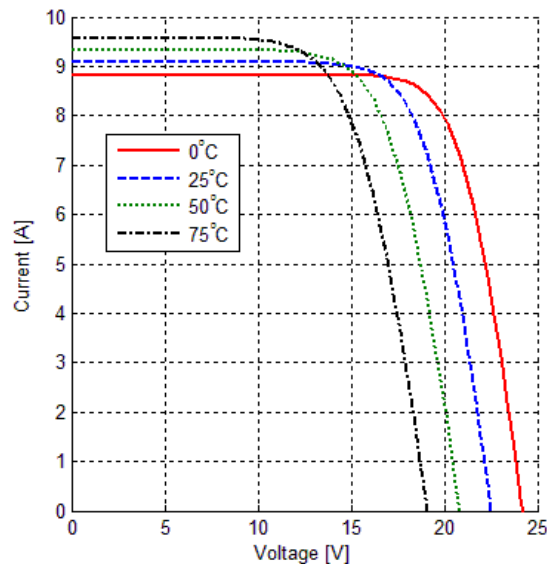
Parameter	Variable	Value	Parameter	Variable	Value
Maximum power	$P$	150 W	Cell size	$Mm$	156x156
Power tolerance	%	+5	$I_P$ temperature coefficient	(%/°C)	+0.1
Max-power voltage	$V_P (V)$	18.11	$V_P$ temperature coefficient	(%/°C)	-0.38
Max-power current	$I_P (A)$	8.32	P temperature coefficient	(%/°C)	-0.47
Open-circuit voltage	$V_{OC}(V)$	22.51	$I_{sc}$ temperature coefficient	(%/°C)	+0.1
Short circuit current	$I_{sc}(A)$	9.08	$V_{OC}$ temperature coefficient	(%/°C)	-0.38
Max-system voltage	$V_{DC}$	1000	NOCT-Nominal Operating Cell Temperature	°C	48±2
Cell efficiency	$\eta_c (%)$	≥17	Fill factor	%	≥73.3

The data are based on measurements made in a solar simulator at Standard Test Conditions (STC), which are:

- Illumination of 1 kW/m<sup>2</sup> (1 sun) at spectral distribution of AM 1.5;
- Cell temperature of 25°C or as otherwise specified (on curves).

#### 4 Experimental and modeling results/discussions

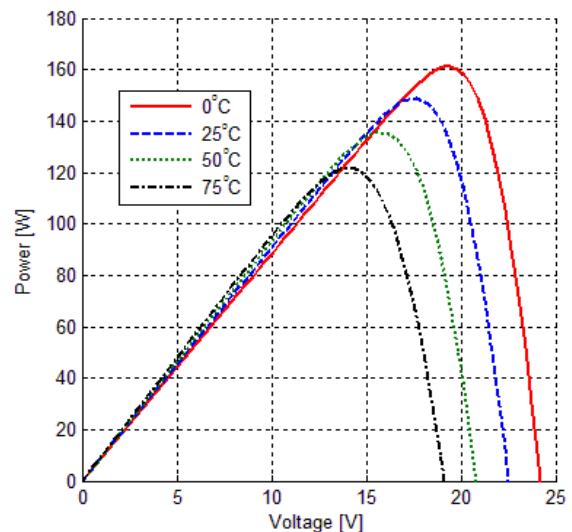
The Bluesun BSM-150 PV panel was chosen for modeling, due is well-suited to traditional applications of photovoltaic. The BSM-150 panel enables 150 Watt of nominal maximum power, and has 36 series connected mono-crystalline silicon (4x9) cells. The key terms are shown in Table 2. A number of discrete data points are shown on the curves in Fig. 5.



**Figure 5** Matlab model  $I_P$ - $V_P$  curves for various temperatures (BSM-150,  $G=1000 \text{ W/m}^2$ ,  $T=0, 25, 50, 75 \text{ }^\circ\text{C}$ )

These are points taken directly from the manufacturer’s published curves, and show excellent correspondence to the model. For the BSM-150 the curves show,  $I_L$  changes from 9.08 to 9.35A ( $\approx 3\%$ ) as T changes from 25 to 75°C. Figure 6 shows power voltage curves for several

temperatures, again the discrete data points taken directly from the manufacturer’s published curves, and show excellent correspondence to the model. The cell efficiency and fill factor (FF) of BSM-150 photovoltaic unit are calculated as 17.12% and 73.71, respectively (according to the data of Table 2). It is shown with the cooled panel P1 and the without cooling panel display with the P2. In the experiment, PV current (A), PV voltage (V), temperature of panels and solar irradiation were collected. As the solar radiation increased, panel power and availability increased as well.



**Figure 6** Matlab model  $P$ - $V_P$  curves for various temperatures (BSM-150,  $G=1000 \text{ W/m}^2$ ,  $T=0, 25, 50, 75 \text{ }^\circ\text{C}$ )

The change in the solar radiation and panel voltage/current ( $I_P/V_P$ ) were given in Fig. 7. Panel maximum radiation were changed according to solar radiation.

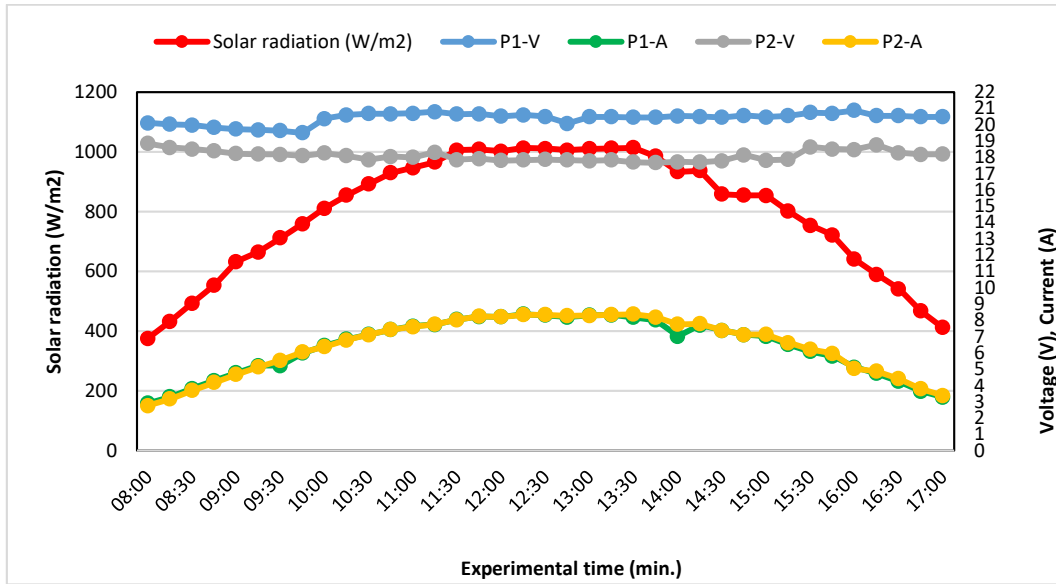


Figure 7 The solar radiation and voltage/current values on the days with a test

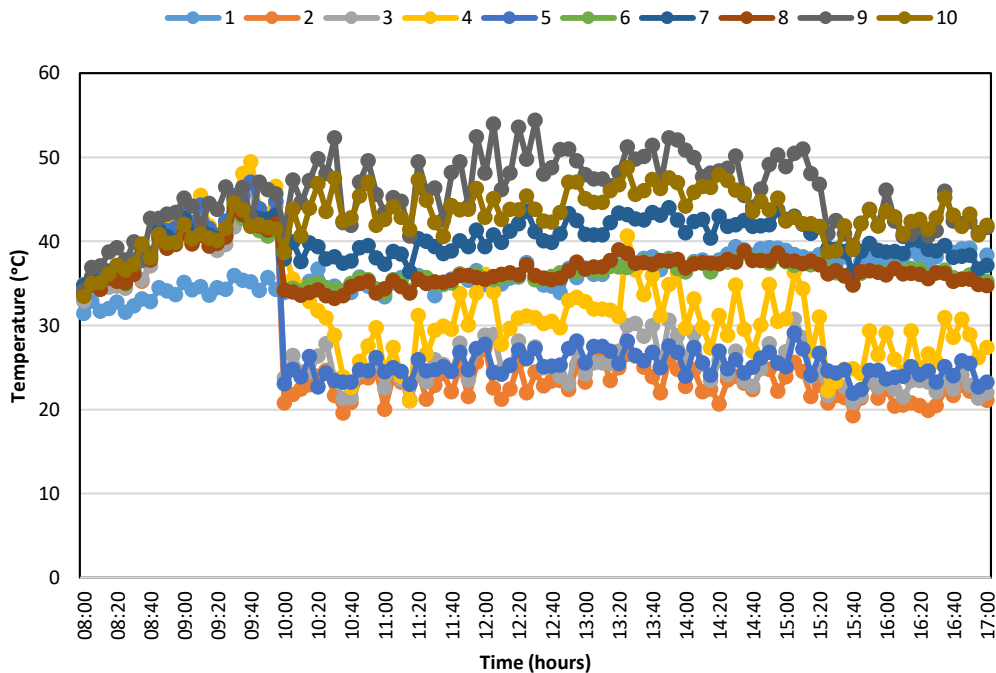


Figure 8 Graph of PV panel and ambient temperatures with time

The point of temperature in Fig. 2 are shown in Fig. 8. The cooled panel was made from seven point measurements (front side 6, 7 and 8 points, the back side 2, 3, 4 and 5 points), in without cooled panel is the two points (the front 9, the back side 10 point) temperature measurement is made. Also during the experiment, ambient temperature (1 point) was measured. Cooling experiments were started at 10:00 am. After that time, the average temperature of panels are in 40 °C, temperature falls to 20 °C.

Panel voltage/current increased and decreased in line with the solar radiation. Maximum power gains and panel

efficiency in the system were calculated in Eq. 1 and Eq. 2, respectively. Without active cooling, the temperature of the panel was high and solar cells can only achieve an efficiency of 18.83%. However, when the panel was operated under active cooling condition, the temperature dropped significantly leading to an increase in efficiency of solar cells to between 16.81%. It can be clearly seen from Fig. 9 that as the solar panel temperatures increases, the solar PV panel efficiency decreases gradually. Experimental measurements of the efficiency and the module temperature of PV panels, during July 2014, are shown in Figs. 8-9.

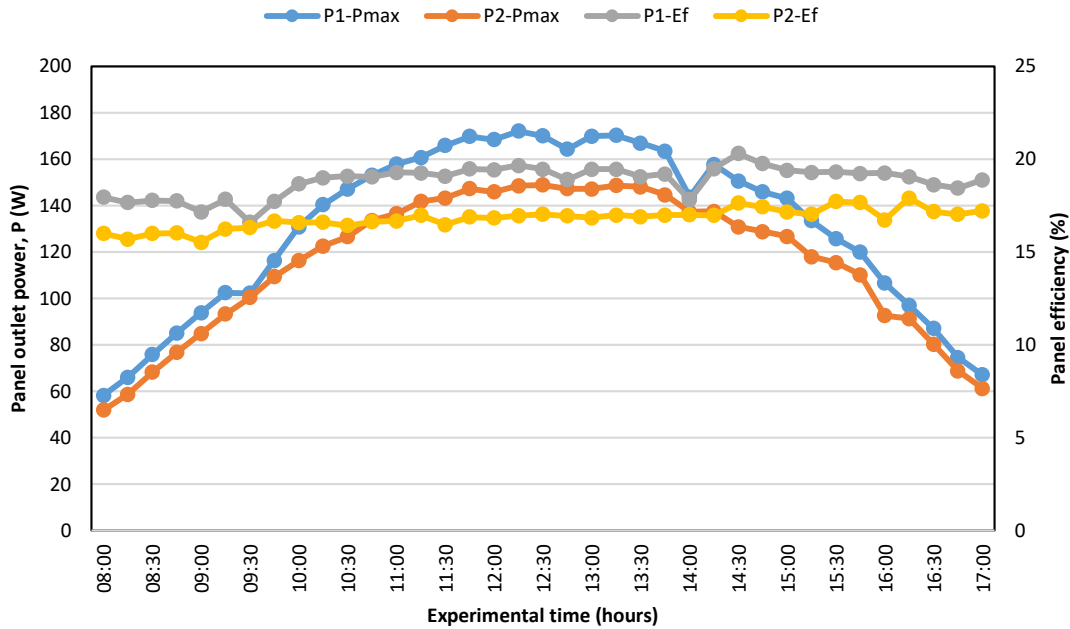


Figure 9 Variation of panel outlet power and panel efficiency

The experimental results in terms of the measured variables are shown by curves in Figs. 10-11. The data obtained from these tests are characterized by GEP model. Applying the employed GEP algorithm (Fig. 3), the GEP models have been developed beginning with the definition of terminal set (i.e. model variables) first, which is explained in detail above (Eq. (2)) as the independent (input) and dependent (output) variables. The dataset established from the experimental study was randomly divided into training and testing subsets where the testing test was not included within the training set [29].

In statistics, the mean absolute error (MAE) is a quantity used to measure how close forecast or predictions are to the eventual outcomes. The mean squared error (MSE) of an estimator measures the average of the squares of the “error”. In an analogy to standard deviation, taking the square root of *MSE* yields the root-mean-square error or root-mean-square deviation (RMSE), which has the same units as the quantity being estimated; for an unbiased estimator, the *RMSE* is the square root of the variance, known as the standard deviation. Smaller the *RMSE*, the more reliable estimation. The *R* measures how successful the fit is in explaining the variation of the data. The value of *R* ranges from 0 to 1 and it will be one for exact prediction. The purpose of the GEP model is to provide low error and high correlation accuracy. Error and correlation coefficients calculated from the following equation [30-33]:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_m - X_p| \tag{3}$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_m - X_p)^2 \tag{4}$$

$$RMSE = \left( \frac{\sum_{i=1}^N (X_m - X_p)^2}{N} \right)^{\frac{1}{2}} \tag{5}$$

$$R = \sum_{i=1}^N (X_m)^2 - \left( \frac{\sum_{i=1}^N (X_m - X_p)^2}{\sum_{i=1}^N (X_m)^2} \right)^{\frac{1}{2}} \tag{6}$$

where *N* is the number of data, *x<sub>m</sub>*, *x<sub>p</sub>* are the measured and predicted output values (efficiency), respectively.

This paper is aimed to generate the models for the prediction of PV panel efficiency. Two GEP models are generated for PV panels. For uncooled and cooled PV panels, two output equations are obtained. Eq. 7 is obtained for the uncooled PV panel and Eq. 8 is obtained for the cooled PV panel.

$$\eta = \left[ \frac{(-2.214996xI}{A_p^2 x V_p} + 2.749573 \right]^3 + 9.321222286 + \left[ \cos \frac{(0.999827908xI)}{A_p x V_p} \right]^3 \tag{7}$$

$$\eta = \left[ \cos V_p x \sqrt[5]{\frac{1}{V_p} \sqrt[4]{A_p}} \right] + \sin \left[ \arctan(\sqrt[3]{\arctan V_p} + \cos V_p) \right]^2 + \left[ \frac{2A_p x V_p^2 \sqrt[3]{V_p}}{I} \right] \tag{8}$$

In two models; *V<sub>p</sub>*, maximum voltage of PV panel, *A<sub>p</sub>*, maximum current of PV panel, and *I* (W/m<sup>2</sup>) is the solar radiation incident on the panels are model input parameters and *η* which indicates PV efficiency is model output parameter.

The predicted results from two models are compared with experimental results, as shown in Figs. 10-11

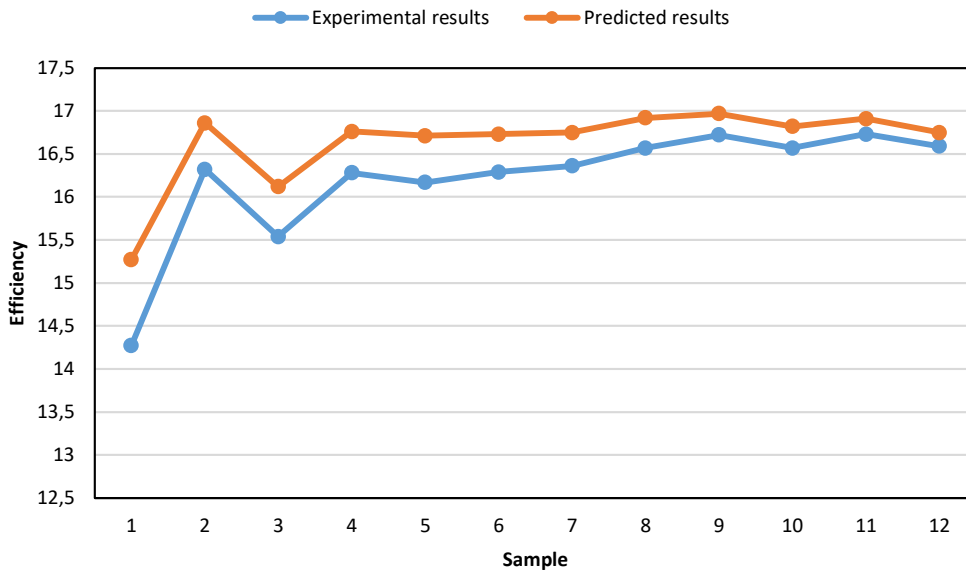


Figure 10 The predicted and measured values of efficiency for uncooled PV panel

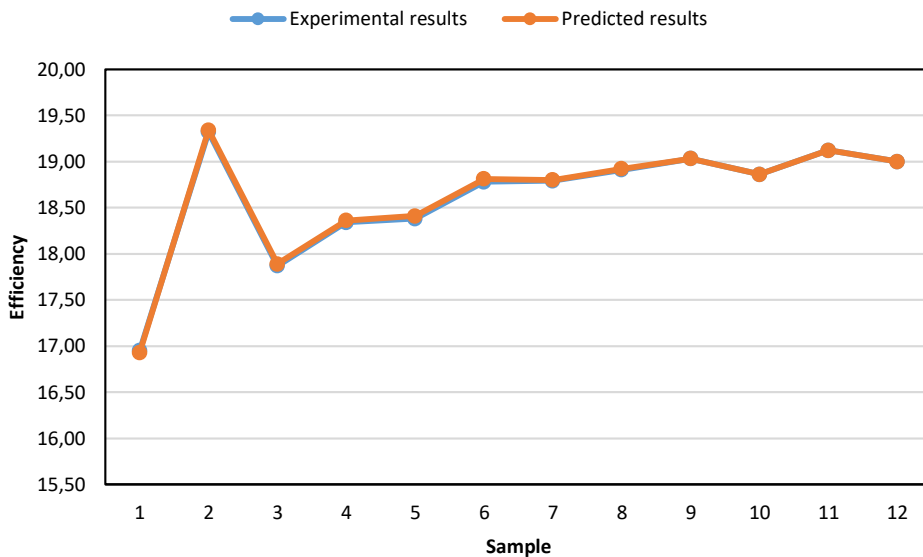


Figure 11 The predicted and measured values of efficiency for cooled PV panel

GEP models were developed according to laboratory data. The values of determination coefficient and error analysis results are presented in Table 3. All models were obtained high accuracy. The determination coefficient ( $R^2$ ) values of GEP uncooled PV model and GEP cooled PV model were 0.969 and 0.999, respectively. It was observed from the test data that better results were obtained with GEP model. Additionally, the error distributions were also examined. The value of minimum square error (MSE) of each condition is calculated. MSE values of PV efficiency are 0.233667 and 0.0004924, respectively. From the determination coefficients of mathematical functions, it can be emphasized that GEP can be used for estimating the efficiency of PV panels successfully.

Table 3 Values of determination coefficient and error analysis results for PV panel

Statistical values	Uncooled PV panel	Cooled PV panel
$R^2$	0.969	0.999
MSE	0.233667	0.0004924
RMSE	0.483392	0.022189
MAE	0.430858	0.015468

## 5 Conclusion

Efficient use of energy plays an important role in energy security risks and emission reducing problems. In this paper, energy efficiency resources are modeled as efficiency PV panels (cooled/uncooled) to evaluate their impacts on GEP. The PV panel efficiency improved when it was cooled. It can be concluded from the literature survey that using water as a coolant is found to be more effective than using air. Thus, this research is to build a water-based cooling system to solve the solar panels overheating problem with the minimum amount of water and energy.

Without active cooling, the temperature of the panel was high and solar cells can only achieve an efficiency of 18.83%. However, when the panel was operated under active cooling condition, the temperature dropped significantly leading to an increase in efficiency of solar cells to between 16.81%.

The determination coefficient ( $R^2$ ) values of GEP uncooled PV model and GEP cooled PV model were 0.969 and 0.999, respectively. Using the test results showed that GEP model yielded accurate results. GEP model using empirical equations with data obtained from experimental results have also been obtained. From all these results, GEP can be successfully used to estimate the cooled PV efficiency. Consequently, the GEP approach can be widely applied to help resolve many problems in energy systems engineering by reducing the time factor.

## 6 References

- [1] Photovoltaic Efficiency: Lesson 2, The Temperature Effect Fundamentals Article, URL: [https://www.teachengineering.org/collection/cub\\_/lessons/cub\\_pveff/Attachments/cub\\_pveff\\_lesson02\\_fundamentalsarticle\\_v6\\_tedl\\_dwc.pdf](https://www.teachengineering.org/collection/cub_/lessons/cub_pveff/Attachments/cub_pveff_lesson02_fundamentalsarticle_v6_tedl_dwc.pdf).
- [2] Chinamhora, T.; Cheng, G.; Tham, Y.; Irshad, W. PV panel cooling system for Malaysia climate conditions, Proceedings of International Conference on Energy and Sustainability, NED University of Engineering & Technology, Karachi, Pakistan, (2013).
- [3] Virtuani, A.; Pavanello, D.; Friesen, G. Overview of Temperature Coefficients of Different Thin Film Photovoltaic Technologies. 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 6-10 September (2010), Valencia, Spain.
- [4] King, D.L.; Kratochvil, J.A.; Boyson, W.E. Temperature Coefficients for PV Modules and Arrays: Measurement Methods, Difficulties, and Results. Photovoltaic Specialists Conference, 29 Sep -03 Oct 1997, Anaheim, CA. USA.
- [5] SEI, (2004). Photovoltaics Design and Installation Manual. New Society Publishers.
- [6] Hussain, F.; Anuar, Z.; Khairuddin, S.; Othman, M.Y.H.; Yatim, B.; Ruslan, H.; Sopian, K. Comparison study of air-based photovoltaic/thermal (PV/T) collector with different designs of heat exchanger. Proceedings of World Renewable Energy Forum 2012 (WREF2012), Denver, Colorado, USA.
- [7] Abdulgafar, S.A.; Omar, O.S.; Yousif, K.M. Improving the efficiency of polycrystalline solar panel via water immersion method. // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 3, 1(2014), pp. 8127-8132.
- [8] Teo, H.G.; Lee, P.S.; Hawlader, M.N.A. An active cooling system for photovoltaic modules. // Appl. Energ. 90, (2012) pp. 309-315.
- [9] Tarabshah, A. A.; Voutetakis, S.; Papadopoulos, A.I.; Seferis, P.; Etier, I.; Saraereh, O. Investigation of temperature effects in efficiency improvement of non-uniformly cooled photovoltaic cells. // Chemical Engineering Transactions, 35, (2013).
- [10] Roynce, A.; Dey, C.J.; Mills, D.R. Cooling of photovoltaic cells under concentrated illumination: a critical review. // Solar Energy Material & Solar Cells, 86, (2005), pp. 451-483.
- [11] Skoplaki, E.; Palyvos, J.A. On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations. // Solar Energy 83, (2009) pp. 614-624.
- [12] Sanusi, Y.K.; Fajinmi, G.R.; Babatunde, E.B. Effects of ambient temperature on the performance of a photovoltaic solar system in a tropical area, The Pacific Journal of Science and Technology, 12, 2(2011), pp. 176-180.
- [13] Teo, H.G.; Lee, P.S.; Hawlader, M.N.A. An active cooling system for photovoltaic modules. // Applied Energy 90, (2012), pp. 309-315.
- [14] Moharram, K.A.; Abd-Elhady, M.S.; Kandil, H.A.; El-Sherif, H. Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling. // Ain Shams Engineering Journal 4, (2013), pp. 869-877.
- [15] Dorobantu, L., Popescu, M.O. Increasing the efficiency of photovoltaic panels through cooling water film, U.P.B. Sci. // Bull. Series C, 75, 4(2013), pp. 223-232.
- [16] Zhu, L.; Boehm, R. F.; Wang, Y.; Halford, C.; Sun, Y. Water immersion cooling of PV cells in a high concentration system. // Solar Energy Materials & Solar Cells, 95, (2011) pp. 538-545.
- [17] Tonui, J.K.; Tripanagnostopoulos, Y. Air-cooled PV/T solar collectors with low cost performance improvements. // Solar Energy, 81, (2007) pp. 498-511.
- [18] Ceylan, İ.; Gürel, A.E.; Demircan, H.; Aksu, B. Cooling of photovoltaic module with temperature controlled solar collector. // Energy and Buildings, 72 (2014) 96-101.
- [19] Kalogirou, S.A. Application of artificial neural-networks for energy systems. // Appl. Energ., 67(2000), pp. 17-35.
- [20] Esen, H.; Inalli, M. Modelling of a vertical ground coupled heat pump system by using artificial neural networks. // Expert Sys. Appl., 36 (2009), pp. 10229-10238.
- [21] Esen, H.; Inalli, M. ANN and ANFIS models for performance evaluation of a vertical ground source heat pump system. // Expert Sys. Appl., 37 (2010) pp. 8134-8147.
- [22] Ghaderi, A.; Moghaddam, M.P.; Sheikh-El-Eslami, M.K. Energy efficiency resource modeling in generation expansion planning. // Energy, 68 (2014), pp. 529-537.
- [23] Gitizadeh, M.; Kaji, M.; Aghaei, J. Risk based multiobjective generation expansion planning considering renewable energy sources. // Energy, 50, 1(2013), pp. 74-82.
- [24] Esen, H.; Tuna, O. Investigation of photovoltaic assisted misting system application for arbor refreshment. // International Journal of Photoenergy, vol. 2015, Article ID 748219, 11 pages, (2015), doi:10.1155/2015/748219.
- [25] Ferreira, C. Gene expression programming: a new adaptive algorithm for solving problems. // Complex Syst., 13, 2(2001), pp. 87- 129.
- [26] Muñoz, D.G. Discovering unknown equations that describe large data sets using genetic programming techniques. Master thesis in Electronic Systems at Linköping Institute of Technology. LITH-ISY-EX--05/3697, (2005).



- [27] Cevik, A. A new formulation for longitudinally stiffened webs subjected to patch loading. // Journal of Constructional Steel Research, 63, (2007), pp. 1328–1340.
- [28] Teodorescu, L.; Sherwood, D. High Energy Physics event selection with Gene Expression Programming. // Computer Physics Communications, 178, (2008), pp. 409–419.
- [29] Güllü, H. Function finding via genetic expression programming for strength and elastic properties of clay treated with bottom ash. // Engineering Applications of Artificial Intelligence, 35, (2014), pp. 143–157.
- [30] Baylar, A.; Unsal, M.; Ozkan, F. GEP Modeling of Oxygen Transfer Efficiency Prediction in Aeration Cascades. // KSCE Journal of Civil Engineering, 15, 5(2011), pp. 799-804.
- [31] Unsal, M. GEP modeling of penetration depth in sharp crested weirs. // Arab J Sci Eng., 37, (2012), pp. 2163-2174.
- [32] Baylar, A.; Unsal, M.; Ozkan, F.; Kayadelen, C. Estimation of air entrainment and aeration efficiencies of weirs using genetic expression programming. // KSCE Journal of Civil Engineering, 18, 6(2014), pp. 1632-1640.
- [33] Unsal, M.; Baylar, A.; Kayadelen, C.; Ozkan, F. The modeling of oxygen transfer efficiency in gated conduits by using genetic expression programming. // Journal of Eng. Research, 2, 2(2014), pp. 15-28.

**Authors' addresses**

***Dr Hikmet Esen<sup>1</sup>, Professor***

University of Firat, Faculty of Technology,  
Department of Energy Systems Engineering  
23119, Elazig, Turkey  
[esenhikmet@gmail.com](mailto:esenhikmet@gmail.com)

***Abdullah Kapıcıoğlu<sup>2</sup>, Assistant Research***

University of Cumhuriyet, Faculty of Technology,  
Department of Automotive Engineering  
58100, Sivas, Turkey  
[abdullah.kapicioglu@gmail.com](mailto:abdullah.kapicioglu@gmail.com)

***Dr Onur Ozsolak<sup>3</sup>, Assistant Professor***

University of Cumhuriyet, Faculty of Technology,  
Department of Manufacturing Engineering  
58100, Sivas, Turkey  
[onurozsolak@gmail.com](mailto:onurozsolak@gmail.com)

# BALIK BESLEMEDE YENİ BESİN MADDELERİNİN KULLANIMI

*Gülizar Tuna Keleştemur<sup>1</sup>, Atilla Uslu<sup>2</sup>*

Original scientific paper

Besin maddelerinin maliyetleri su ürünleri yetiştiriciliği için önemlidir. Düşük maliyetli bir diyet formüle ederken, balık türlerinin besin ihtiyaçlarını (protein, lipid, karbohidrat, esansiyel amino asitler, esansiyel yağlar, vitaminler ve mineraller gibi) karşılamak için bileşenlerin maliyeti ve bunların besin içerikleri dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, protein kaynağı olarak balık diyetlerinde protein kaynağı olarak balık unu yerine tavuk yumurtası unu kullanımının besin kalitesi açısından ve ekonomik olarak önemi araştırıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Balık besleme, balık unu, yumurta unu, protein

## 1 Giriş

Dünyada su ürünleri yetiştiriciliği hâlihazırda balık unu ile balık yağı üretimine bağlıdır. Balık unu, balık karma yemleri içerisinde yoğunlukla kullanılan hayvansal bir protein kaynağı olup, Peru, Şili ve Ekvator dünya balık unu ihracatının % 60'ını gerçekleştirmektedirler. Türkiye'deki balık unu üretimi 2012 yılı hariç son 5 yıl içerisinde yaklaşık olarak 20.000 ton civarındadır. Bugün itibariyle ülkemizde 400.000 ton balık yemi üreten 20' ye yakın balık yemi fabrikası kurulmuş ve su ürünlerinin daha sağlıklı büyümesini sağlayan sektörlerden birisi olarak gelişimini sağlamıştır. Bu gelişmelere rağmen ihtiyaç duyulan balık ununun büyük bir kısmı ithal edilmektedir. İthalat sadece balık unuyla sınırlı değildir. Balık yeminde kullanılan hammaddelerin % 80'inde (balık unu, soya unu, mısır ve glutenler, katkı maddeleri) dış bağımlılık söz konusudur (Bilgüven, 2002; Yeşilayer ve ark. 2013). Kültür balıkçılığının yaygınlaşması ile birlikte balık ununa olan talepte günden güne artış göstermiştir. Tacon ve Methian, (2008)'a göre küresel balık unu ve balık yağı tüketim oranları son on yılda iki katına ulaşmıştır. Çeşitli çevresel olaylar sonucunda balık avcılığındaki azalmalar, balık unu fiyatlarının aşırı artışı beraberinde getirmiştir. Küresel iklim değişiklikleri, su ürünleri üretiminde yetiştiricilikten gelen üretim payının hızla artması, doğal stoklar üzerindeki av baskısı ve balık ununun yükselen fiyatı araştırmacıları yerli ve kolay bulunabilen protein kaynaklarına doğru yöneltmiştir (Erdoğan, 2008).

Balık unu balık karma yemleri içerisinde yoğunlukla kullanılan hayvansal bir protein kaynağıdır. Kültür balıkçılığının yaygınlaşması ile birlikte balık ununa olan talep de günden güne artış göstermiştir. Küresel balık unu ve balık yağı tüketim oranları son on yılda iki katına ulaşmıştır. Çeşitli çevresel olaylar sonucunda balık avcılığındaki azalmalar, balık unu fiyatlarının aşırı artışı beraberinde getirmiştir. Ülkemizde yıllık avlanan toplam hamsinin yaklaşık % 42'si balık unu ve yağı olarak işlenmektedir. Balık yeminde kullanılan balık unu miktarının 75-80 bin ton, balık yağının ise 15-20 bin litre olduğu tahmin edilmektedir. Mevcut balık unu ve yağı fabrikalarının 25-30 bin ton balık unu ve 5-8 bin litre balık yağı üretim kapasiteleri vardır. İhtiyaç duyulan balık ununun büyük bir kısmı ithal edilmektedir. Balık yeminde

kullanılan hammaddelerin % 80'inde (balık unu, soya unu, mısır ve glutenler, katkı maddeleri) dış bağımlılık söz konusudur. Bu nedenlerden dolayı dünya yem üreticileri balık ununa olan açığı kapatmak için alternatif protein kaynaklarına yönelmişlerdir. (Erdoğan, 2008; Aras, 1977).

Bu çalışma da, kaliteli bir protein yapısına sahip olan ve ülkemizde balık unundan daha ucuz ve kolay temin edilebilen yumurtanın balık yemlerinde besin değeri ve ekonomik açıdan kullanım olanakları çeşitli literatürler ışığında araştırılmıştır. Ayrıca yumurta unu ile balık ununun ham besin madde içerikleri belirlenmiştir.

## 2 Besin Maddeleri Açısından Balık Unu ve Yumurta Ununun Karşılaştırılması

Balığın üretim ve yetiştiriciliğinde ürün verimliliğinin artırılması su kalitesinin yanında, balığın yeterli ve dengeli besin maddelerince hazırlanan yemleri alabilmesine bağlıdır. Yetiştiricilikte temel amaç bir balığı en kısa sürede sofralık büyüklüğe ulaştırmaktır. Proteinler ve enerji hammaddeleri (lipid, karbohidrat) ile uygun vitamin ve mineraller büyüme olayını desteklemektedir (Bozaran, 2006; Türker ve Büyükhatipoğlu, 2006). Yumurta sarısı, yumurtanın ortasında, iç içe bir açık ve bir koyu renkli tabakalarla bunları en dıştan saran vitelin membranı ile çevrilmiş yumurtanın sarı renkli maddesidir. Yumurta sarısının renginin açık veya koyu sarı olmasının yumurtanın kalite ve beslenme değerini etkilemediği bildirilmiştir. Yumurta sarısının beslenmedeki önemi içerdiği yüksek biyolojik değerli protein yanında yapısındaki esansiyel yağ asitleri ve yağda çözünen A, D, E, K vitaminleri ile mineral bileşiminden ileri gelmektedir. Yumurta sarısındaki proteinler lipitlerle bağlanmış olarak lipoprotein (lipovitellin, lipovitelinin, livetin), bir kısmı da fosfoprotein (fosfovitin) şeklinde bulunur. Ayrıca, bu proteinler yumurta sarısına mayonez gibi emülsiyon ürünlerinde emülsifiye edici özelliğini kazandırmaktadır. Yumurta sarısı aroma verici olarak pasta, sos ve kremalarda, renklendirici olarak yapısındaki ksantofil etken maddesi yardımı ile kek, pasta ve ekmeklerde, emülsiyon özelliğiyle lesitin ve lipoprotein etken maddeleri yardımı ile mayonez, sos, krema, dondurmada, koagülant olarak lipoprotein etken maddesi ile kek, krema, pasta, dondurmada, antioksidan olarak fosvitin etken

maddesi yardımıyla gıdalarda kullanılmaktadır. (Anton ve Gandemer, 1997; Guilmineau ve Kulozik, 2005). Yumurta sarısının rengini başlıca karotenoidler olmak üzere ksantofiller ve oksikarotenoidler etkilemektedir. Sarı

rengin oluşumunda lutein-sarı, zeaksantin-altın sarısı rol alırken kırmızı rengin oluşumunda kapsantin ve copsorupin ön plana çıkmaktadır (Şamlı ve ark., 2005).

**Tablo 1.** Balık unu ve yumurtanın yenilebilir kısmının vitamin, mineral madde, esansiyel aminoasit ve yağ asidi kompozisyon değerleri (Anonim, 2011)

Yağ asitleri	Yumurta	Balık unu
18:2ω6	-	1,2
18:3ω3	-	0,8
18:4ω3	-	2,0
20:5 ω3	-	8,1
20:4ω6	-	1,5
20:4ω3	-	0,5
Total ω6	-	6-3
Total ω3	35-45	23
Doymuş-toplam	1,55	25,7
8:0 Kaprilik	0,002	-
10:0 Kaprik	0,002	-
12:0 Lorik	0,002	-
14:0 Mistirik	0,017	4,7
16:0 Palmitik	1,113	19
18:0 Sterik	0,392	2,9
20:0 Arakidik	0,02	-
Az doymuş -toplam	1,905	-
14:1 Mirostorik	0,005	-
16:1 Palmitioleik	0,149	8,3
18:1 Oleik	1,736	19,7
20:1 Eiosenoik	0,014	6,7
22:1 Orosik	0,002	7,7
Çok doymuş -toplam	0,682	-
18:2 Linoleik	0,574	-
18:3 Linolenik	0,017	-
20:4 Arakinolik	0,071	-
20:5 Eykosapentenoik	0,002	-
22:6 Dokosaheksenik	0,018	-
Kolesterol (mg)	213	70
Lesitin	1,15	-
Sepalin	0,23	-
Amino Asitler	Yumurta (g)	Balık unu (%)
Glisin	0,21	-
Alanin	0,34	-
Lysine	0,44	5,83
Methionine	0,19	2,27
Cystine	0,14	0,81
Tryptophan	0,07	0,83
Histidine	0,14	1,80
Leusin	0,53	5,60
Isoleucine	0,34	3,41
Arginin	0,35	5,0
Phenylalanine	0,33	2,94
Tyrosine	0,25	2,39
Thereonin	0,30	-
Valin	0,38	4,68
Aspartik asit	0,62	-
Glutamik asit	0,81	-
Serin	0,46	-
Prolin	0,24	-

**Tablo 2.** Balık unu ve yumurtanın yenilebilir kısmının vitamin, mineral madde değerleri (Anonim, 2011a)

Mineraller	Yumurta (mg)	Balık unu
Manganez	0,012	-
Lodin	0,024	-
Ca	25	6,25 %
P	89	0,59%
K	60	1,61%
Cl	87,1	2,7%
Mg	5	0,03%
Na	63	2,34%
S	82	0,12%
Cu	0,007	46,08 (mg)
Fe	-	223(mg)
Zn	0,55	44(mg)
Vitaminler	Yumurta	Balık unu (mg/kg)
A	317 IU	3960
D	24,5 IU	-
E	0,7 mg	5,7
Siyonokobolamin (B12)	0,5 mcg	150
Biotin	9,98 mcg	0,14
Kolin-mg	215,06 mcg	3389
Folik Asit-mcg	23 mcg	0,22
İnositol-mg	5,39 mg	-
Niasin mg	0,037 mg	175
Pantotenik asit	0,627 mg	35,2
Pyridoksin (B6)	0,07 mg	12,14
Riboflavin (B2)	0,254 mg	12,6
Tiamin (B1)	0,031mg	5

### 3 Balık Unu ve Yumurta Unu Eldesinin Endüstriyel Açından Karşılaştırılması

Son 10 yılda avlanan deniz balıkları türlerinde ve miktarında ciddi bir azalma söz konusudur. Bununla birlikte Türkiye'deki toplam su ürünleri üretimi incelendiğinde 2007 yılında 772.323 tona ulaşırken, 2012 yılında bu üretim 127.471 ton azalarak 644.852 tona inmiştir. Yıllara göre su ürünleri üretimi incelendiğinde, balık türlerinde ve miktarındaki azalmaya rağmen toplam su ürünlerinde meydana gelen bazı artışların temel

gerekçesi ise ülkemizde yetiştiricilik yoluyla yapılan balık üretiminin yıllar içinde gösterdiği pozitif ivmedir. 2007 yılında yetiştiricilik yoluyla üretilen balık miktarı 139.873 ton iken 2012 yılında yaklaşık %50 artarak 212.410 tona ulaşmıştır. Balık üretiminin artışına paralel olarak da ihracat 2012 yılında 74.006,5 ton olmuştur. 2001 yılında 12.971 ton balık ithal eden Türkiye, bu gün yaklaşık 65 bin ton balık ithal etmektedir. olup; Karadeniz Bölgesinde kişi başına tüketim 25 kg'ken, büyük şehirlerde (Ankara, İstanbul vb.) 16 kg Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise 0,50 kg' a kadar düşmektedir (TUİK, 2015).

Şekil 1. Balık unu elde edilmesi için gerekli teknolojik ekipman



(Koptur Balıkçılık Ltd. Şti.)



Şekil 2. Yumurta Unu Elde Etmek İçin Gerekli olan Malzeme ve Cihazlar

#### 4 Sonuçlar Ve Öneriler

Sonuç olarak bu çalışmada alternatif bir protein kaynağı olan yumurta ununun balık ununa alternatif olabirliği araştırılmış, protein ve amino asit yapısına sahip ucuz ve kolay temin edilebilen bir besin maddesi olması sebebi ile balıkçılık sektöründe protein kaynağı olarak kullanılması durumunda elde edilecek faydalar sıralanmıştır;

1. Balık ununa alternatif olacak etkin bir hayvansal protein kaynağı olan tavuk yumurtası ununun geliştirilmesi,
2. Tavuk yumurtasının yerli bir hammadde olması, ucuz, kolay ve sürekli temin edilebilirliğinden dolayı balık unu ithalatımızın azaltılması,
3. Çatlak yumurtaların ekonomiye döngüsü sağlanarak işletmelerin ekonomik kayıplarının giderilmesi,
4. Doğal stoklar üzerindeki baskının azaltılarak, hamsi ve çaça gibi balıkların doğal ortamda sürdürülebilirliğinin sağlanması,
5. Görsel anlamda, balıkentinin rengi tüketiciler tarafından çok önemli bir kalite kriteridir. Bu anlamda balıkentinin yumurta unu kullanımı ile renklenmesi ile balık Pazar payının genişletilmesi,
6. Yem ve hammaddelerinin ithalinde; fiyat, kalite ve tedarik sorunlarının giderilmesi,
7. Kültür balıklarının yetiştiriciliğinde alternatif protein kaynakları ile ilgili çalışmalara katkısı.

#### 5 Kaynaklar

- [1] Anton, M. and Gandemer, G., 1997. Composition, solubility and emulsifying properties of granules and plasma of egg yolk, Journal of Food Science, 62(3), 484-487.

- [2] Anonim, 2011c. What are fishmeal and fish oil?. International Fishmeal and Fish Oil Organization. www.iffonet - (28.01.2012).
- [3] Aras S., 1977. Balık Unu Üretimi ve Yem Olarak Değeri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi.
- [4] Bilgüven, M., (2002). Yemler Bilgisi, Yem Teknolojisi ve Balık Besleme. Akademisyen Yayınevi. Yayın No: 1. pp. 446, Mersin.
- [5] Bozaran Özkurt, G., 2006. Balıklarda deniz kirliliğinin biyobelirteçleri. Türk Veteriner Hekimler Birliği Derg., 1, No:2, 1-6.
- [6] Erdoğan, F., 2008. Alabalık Yemlerinde Alternatif Protein Kaynakları Kullanımı ve Kültür Balıkçılığının Geleceği Açısından Önemi. Muğla Üniversitesi, Ortaca Meslek Yüksek Okulu, Su Ürünleri Programı, Muğla. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi Cilt: 4 Sayı: 1-2 (2008).
- [7] Guilmineau, F., Kulozik, U. Influence of a thermal treatment on the functionality of hen's egg yolk in mayonnaise. Journal of Food Engineering, v. 78, p. 648-654, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.11.002>
- [8] Şamlı, H.E., A. Agma and N. Senkoğlu. 2005. Effect of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. Journal of Applied Poultry Research. 14: 548-553.
- [9] TÜİK, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu, Erişim Tarihi: 10.10.2014 <http://tuikapp.tuik.gov.tr/medas/?kn=80&locale=tr>
- [10] Tacon, A.G.J. ve Metian, M., 2008. Global Overview on the Use of Fishmeal and Fish Oil in Industrially Compounded Aquafeeds: Trends and Future Respects. Aquaculture, 285, 146-158.
- [11] Türker A. ve Büyükhatipoğlu Ş., 2006. Gökkuşak alabalıklarının yemlenmesinde alabalık ve palamut iç organları veya hamsi kullanılmasının performans ve yem materyali üzerine etkisi. O.M.Ü. Ziraat Fak. Derg., 21(2):167-172.

#### Yazar Adresleri

**Dr. Gülşar Tuna Keleştemur<sup>1</sup>**, Assistant Professor  
Fırat Üniversitesi  
Su Ürünleri Fakültesi  
[gkelestemur@firat.edu.tr](mailto:gkelestemur@firat.edu.tr)

**Dr. Ali Atilla Uslu<sup>2</sup>**,  
TAGEM  
Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü  
[atillauslu@gmail.com](mailto:atillauslu@gmail.com)

# SAYISAL İMGELER İÇİN YENİ BİR HIZLI LOJİSTİK KİMLİK DOĞRULAMA YÖNTEMİ

*Turker Tuncer<sup>1</sup>*

Original scientific paper

İmgelerde kimlik doğrulamak için sıklıkla kullanılan yöntemlerden biriside kırılğan damgalama yöntemleridir. Bu makalede lojistik harita fonksiyonunu kullanan yeni bir imge kimlik doğrulama (LİK) yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem damga üretme, damga gizleme, damga çıkarma ve saldırı tespit aşamalarından oluşmaktadır. LİK yönteminde pikseller 3 gruba ayrılır. En anlamlı 2 grup damga üretmek için kullanılır. En anlamsız grup ise damga gömme işleminde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, damga gömmek için LSB (Least Significant Bit, En anlamsız bit) ve 2LSBs kullanılmıştır. LİK yönteminin performansını test edebilmek için çalışma zamanı, görsel kalite ve saldırı tespiti yetenekleri kullanılmıştır. Saldırı tespiti yeteneğini ölçmek için, medyan filtre, JPEG sıkıştırma, ortalama filtre, döndürme atakları, gürültü ekleme, kolaj saldırıları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, deneysel sonuçlarda sunulmuştur. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin hızlı ve başarılı bir yöntem olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Veri Gizleme; Damgalama; Görsel Sır Paylaşımı; Adli Bilişim; Kriptolojik Özet Fonksiyonları; Bilgi Güvenliği; Görüntü İşleme.

## 1 Giriş

Günümüzde, IOT (Internet of things, nesnelerin interneti), sosyal medya, internet bağlantılı cihazlar vb. teknolojik aygıtlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu cihazlar kullanılarak ses, imge, video gibi çoklu ortam verilerinin transferi ve erişimi de kolaylaşmıştır. Sayısallaşan dünyadaki en önemli problem siber saldırılar olarak karşımıza çıkmaktadır [1-3]. İmge düzenleme araçlarının çok fazla gelişmesi, imgeler için bilgi güvenliği ve kimlik doğrulama önemli bir konu haline gelmiştir. İmgelerde kimlik doğrulama için genel olarak 2 ayrı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar;

- Sayısal imza tabanlı imge kimlik doğrulama
- Kırılğan damgalama yöntemleridir.

İmza tabanlı kimlik doğrulama yöntemlerinde genellikle kriptolojik özet fonksiyonları ve açık anahtar alt yapıli sayısal imza şemaları kullanılmaktadır. Bu tür yöntemlerde öncelikle imgenin kriptolojik özet değeri elde edilir. Ardından bu özet değeri RSA, Eliptik Eğri Şifreleme gibi açık anahtar alt yapısını kullanan bir imza şemasıyla imzalanır. Kimlik doğrulamayı gerçekleştirmek için özet değerleri karşılaştırılır. Eğer bu değerler birbirinden farklı ise kimlik doğrulama gerçekleştirilemez. İmza şemasında elde edilen değerler aynı ise imgenin kimlik doğrulaması başarılıdır. Kırılğan damgalama yöntemlerinde ise üretilen veya dışarıdan girilen damga veri gizleme fonksiyonları kullanılarak imgeye gömülür. İmgenin kimlik doğrulamasını gerçekleştirmek için dışarıdan girilen veya üretilen damga ile çıkarılan damga karşılaştırılır. Kırılğan damgalama tabanlı imge kimlik doğrulama yöntemlerini oluşturan bileşenler aşağıdaki gibi verilmiştir [4-6].

- Damga üretme
- Damga gömme
- Damga çıkarma
- Saldırı tespiti

Bir kırılğan damgalama yöntemi, yüksek görsel kaliteye ve yüksek imge kimlik doğrulama sahip olmalıdır [7-9].

Bu makalede lojistik harita tabanlı yeni bir imge kimlik doğrulama önerilmiştir. Önerilen yöntem güvenilir, hızlı, yüksek görsel kaliteye ve yüksek imge kimlik doğrulama yeteneğine sahip bir yöntemdir.

## 2 Önerilen Yöntem

Bu çalışmada, lojistik harita tabanlı yeni ve hızlı bir imge kimlik doğrulama yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem karmaşıklığı  $O(1)$ ' dir. LİK yöntemi, basit matematiksel işlemler yaparak imge kimlik doğrulamasını gerçekleştirmeyi planlanmaktadır. LİK yöntemi, damga oluşturma, damga gömme, damga çıkarma ve saldırı tespit aşamalarından oluşan kör ve kırılğan bir damgalama yöntemidir. LİK' in güvenilirliğini sağlamak için sözde rastgele sayı üreteçleri kullanılarak damgalar üretilmekte ve üretilen damgaların imgeyle ilişkilendirilmesi için, damga ve imge özelliği XOR işlemine tabi tutulmaktadır. Elde edilen damga LSB veya 2LSBs yöntemi kullanılarak imgeye gizlenmektedir. Bu çalışmada, LSB ve 2LSBs veri gizleme fonksiyonları optimum hale getirilmiştir. Önerilen veri gizleme yapısı xLSBs veri gizleme yöntemlerinin yanı sıra, modulo tabanlı veri gizleme yöntemlerini de içerisinde barındırmaktadır. LSB ve 2LSBs veri gizleme yöntemlerinde genellikle piksel değeri ikili forma çevrilir ve damga en anlamsız bitlere gömülür. Geleneksel bu yöntemde pikselleri ikili forma çevirmek maliyetli bir işlemde ve karmaşıklığı  $O(n)$ 'dir. Bu yöntemde optimum veri gizleme önerilerek karmaşıklık  $O(1)$ 'e düşürülmüştür. Veri çıkarma aşamasında ise sadece modulo fonksiyon kullanılmaktadır. Saldırı tespiti aşamasında, gömülen damga ile çıkarılan damga karşılaştırılmaktadır. LİK'in damga üretme algoritmasının adımları aşağıdaki gibidir.

**Adım 1:** Lojistik harita kullanılarak rastgele damga üretilir. Lojistik haritanın formülü Eşitlik 1 ve 2' de verilmiştir.

$$x_{i+1} = hx_i(1 - x_i), h \in [3.57, 4],$$

$$x \in (0,1), x \neq \{0.25, 0.5, 0.75\}$$
 (1)

$$x = \lfloor 2^b x \rfloor$$
 (2)

**Adım 2:** Eşitlik 3 ve 4 kullanılarak a ve b değerleri elde edilir.

$$a = \left\lfloor \frac{OI}{64} \right\rfloor$$
 (3)

$$b = \left\lfloor \frac{OI(\bmod 64)}{8} \right\rfloor$$
 (4)

Yukarıdaki denklemde a orijinal imge piksellerinin en anlamlı 2 bitini, b ise 3,4 ve 5. bitlerini, OI orijinal imgeyi temsil etmektedir. Bu iki parça imgeden özellik çıkarmak için kullanılmaktadır.

*Adım 3:* Doğrulama bitlerini elde etmek için lojistik haritaya benzer bir yöntem kullanılmaktadır. Doğrulama bitlerinin elde edildiği Eşitlik 5’te gösterilmektedir.

$$d = axbx(8-b)(\text{mod } 2^b) \oplus x \quad (5)$$

Bu çalışmada veri gizlemek için basit ama efektif bir yöntem kullanılmıştır. Kullanılan yöntemin matematiksel açıklaması Eşitlik 6’te verilmiştir.

$$SI = \left[ \frac{CI}{2^b} \right] 2^b + d \quad (6)$$

Yukarıdaki denklemde SI Stego imge ve d doğrulama bitlerini temsil etmektedir.

Önerilen yöntemin damga çıkarma yöntemi de damga gömme yöntemi kadar basittir. Damga çıkarma için sadece mod ve XOR operatörünün kullanılması yeterlidir. Eşitlik 7’de damga çıkarma yönteminin denklemi verilmektedir.

$$d = CI(\text{mod } 2^b) \oplus x \quad (7)$$

Yukarıdaki denklemde ed çıkarılan damgayı temsil etmektedir. Saldırı tespit aşamasında ed ve  $ed = axbx(8-b)(\text{mod } 2^b)$  değerlerinin birbirine eşit olması beklenmektedir. Eğer bu değerler birbirlerine eşit değilse saldırı tespiti yapılır. Saldırı tespitinin matematiksel açıklaması Eşitlik 8’de verilmiştir.

$$tp = \begin{cases} (0, ed = axbx(8-b)(\text{mod } 2^b)) \\ (1, ed \neq axbx(8-b)(\text{mod } 2^b)) \end{cases} \quad (8)$$

Yukarıdaki denklemde tp saldırı tespit değeridir. Bu değer her piksel için hesaplanır ve böylece W x H boyutunda saldırı tespiti matrisi oluşturulur.

### 3 Deneysel Sonuçlar

LIK yönteminin performansını test edebilmek için görsel kalite ve imge kimlik doğrulama yeteneği (saldırı tespiti) kullanılmıştır. Deneysel sonuçları elde edebilmek için literatürde sıklıkla kullanılan ve Şekil 1’de gösterilen imgeler kullanılmaktadır.

Görsel kaliteyi ölçmek için genellikle PSNR (Peak signal noise-to-ratio, Tepe sinyal gürültü oranı) kullanılmaktadır. PSNR’ nin formülü Eşitlik 9’de verilmiştir.

$$SNR = \frac{10 \log_{10}(255^2 \times W \times H)}{\sum_{I=1}^W \sum_{J=1}^H (OI_{I,J} - WI_{I,J})^2} \quad (9)$$

OI orijinal imge, WI damgalı imgeyi ifade etmektedir. LSBs ve 2LSBs’ e göre yani b=1 ve b=2 değerlerine göre elde edilen PSNR değerleri Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 1. 20 standart test imgesi [10].

**Tablo 1.** Test imgelerine LİK yönteminin uygulanması sonucu elde edilen PSNR değerleri.

İmge	b=1	b=2	İmge	b=1	b=2
Parot	51.15	44.14	Man	51.14	44.14
Baboon	51.14	44.16	Goldhill	51.14	44.17
Couple	51.12	44.14	Bridge	51.13	44.16
SailBoat	51.15	44.16	Cameraman	51.13	44.14
F16	51.13	44.15	House	51.14	43.78
Lena	51.13	44.16	Tiffany	51.15	44.15
Peppers	51.13	44.15	Crowd	51.13	44.16
Boat	51.14	44.12	Girl1	51.14	44.15
Barbara	51.14	44.15	Girl2	51.13	44.14
Pentagon	51.14	44.15	Girl3	51.12	44.09

**Tablo 2.** 20 resimden elde edilen ortalama BER değerleri.

Damga gömme fonksiyonu	Medyan		JPEG	Ortalama		Döndürme		Gürültü ekleme		Kolaj
	3 x 3	5 x 5	%50	3 x 3	5 x 5	45°	90°	SP (1)	Speckle (1)	%25
b=1 (LSB)	0.33	0.44	0.50	0.50	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.48
b=2 (2LSBs)	0.53	0.68	0.75	0.74	0.75	0.75	0.75	0.72	0.75	0.76

Önerilen LİK yönteminin imgel kimlik doğrulama yeteneğini test edebilmek için medyan filtre, JPEG sıkıştırma, ortalama filtre, döndürme atakları, gürültü ekleme ve kolaj saldırıları uygulanmıştır. Önerilen LİK yönteminin imge kimlik doğrulama yeteneğini ölçmek için saldırı tespiti yeteneğine bağlı BER (Bit Error Rate, Bit Hata Oranı) ölçüm metriği kullanılmıştır. BER' in denklemi Eşitlik 10' de verilmiştir.

$$BER = \frac{\sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H WM \oplus WM^1}{W \times H} \quad (10)$$

#### 4 Sonuç ve Öneriler

Bu makalede lojistik tabanlı yeni bir imge kimlik doğrulama yöntemi önerilmiştir. Yöntemi kırılğan hale dönüştürmek için lojistik harita kullanılmıştır. Önerilen yöntem damga üretme, damga gömme, damga çıkarma ve saldırı tespiti aşamalarından oluşmaktadır. LİK yöntemi aktif imge kimlik doğrulama yöntemlerinden biri olup saldırı zamansal karmaşıklığı  $O(1)$ ' dir. MATLAB programının paralel işlem yeteneği kullanılarak yazılan LİK efektif çalışan hızlı bir yöntemdir. LİK yönteminde damga üretmek için lojistik harita kullanılarak rastgele sayı dizisi üretilmiştir ve lojistik harita modifiye edilerek imgenin özellikleri elde edilmiştir. Rastgele üretilen değerlerle imgenin değerleri XOR işlemine tabi tutularak damga üretilmiştir. LİK yönteminin güvenliğini lojistik harita tabanlı rastgele sayı üretici sağlamaktadır. Önerilen LİK yönteminde LSB ve 2LSBs veri gizleme fonksiyonları kullanılmıştır. LSB veri gizleme fonksiyonunda görsel

kalite yüksek çıkarkan, 2LSBs veri gizleme fonksiyonunda saldırı tespit yeteneği yüksek çıkmaktadır. Deneysel sonuçlar önerilen yöntemin başarılı sonuçlar elde ettiğini göstermektedir.

Bu çalışma, gelecekteki çalışmalarda lojistik harita gibi doğrusal olmayan denklemler kullanılarak farklı imge kimlik doğrulama yöntemlerinin önerilebileceğini göstermektedir.

#### 7 Kaynaklar

- [1] Y. Xiang, S. Guo, W. Zhou, S. Nahavandi, Patchwork-based audio watermarking method robust to de-synchronization attacks, IEEE/ACM Trans. Audio Speech Lang. Process. 22 (9) (2014) 1413–1423.
- [2] A. Akter, N. E-Tajrina, M.A. Ullah, Digital image watermarking based on DWT-DCT: evaluate for a new embedding algorithm, in: Third Int. Conf. On Informatics, Electronics & Vision, May, Dhaka, Bangladesh, 2014, pp. 1–6.
- [3] Q. Su, Y. Niu, Q. Wang, G. Sheng, A blind color image watermarking based on DC component in the spatial domain, Optik 124 (23) (2013) 6255–6260.
- [4] C.Y. Lin, S.F. Chang A robust image authentication method distinguish JPEG compression from malicious manipulation, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. 11 (2), (2001), 153-168.
- [5] X. Qi, X. Xin, A quantization-based semi-fragile watermarking scheme for image content authentication, J. Vis. Commun. Image Represent. 22 (2) (2011), 187-200.
- [6] Y.-C. Hu, C.-C. Lo, W.-L. Chen, Probability-based reversible image authentication scheme for image



- demosacking, Future Generation Computer Systems 62 (2016), 92-103.
- [7] T. Tuncer, D. Avci, E. Avci, A new data hiding algorithm based on minesweeper game for binary images, Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 31.4 (2016): 951-959.
- [8] L. Yuan, Q. Ran, T. Zhao, Image authentication based on double-image encryption and partial phase decryption in nonseparable fractional Fourier domain, Optics & Laser Technology 88 (2017) 111–120.
- [9] X. Li, X. Meng, Y. Yin, X. Yang, Y. Wang, X. Peng, W. He, X. Pan, G. Dong, H. Chen, Hierarchical multilevel authentication system for multiple-image based on phase retrieval and basic vector operations, Optics and Lasers in Engineering 89 (2017) 59–71.
- [10] C. Qin, X. Chen, D. Ye, J. Wang, X. Sun, A novel image hashing scheme with perceptual robustness using block truncation coding, Information Sciences, 361-362, pp. 84-99, 2016.

**Authors' addresses**

*Dr. Türker Tuncer<sup>1</sup>, Asistant Research*  
Firat University  
Technology Faculty, Forensic Engineering  
[ttuncer@firat.edu.tr](mailto:ttuncer@firat.edu.tr)