



**Trakya Üniversitesi
Mühendislik Bilimleri Dergisi**

Cilt: 13

Sayı: 2

Aralık

2012

**TRAKYA
UNIVERSITY
JOURNAL OF
ENGINEERING
SCIENCES**

Volume: 13

Number: 2

December

2012

Trakya Univ J Eng Sci

<http://fbe.trakya.edu.tr/tujes>

e-mail: tujes@trakya.edu.tr

ISSN 2147 0308

**Trakya Üniversitesi
Mühendislik Bilimleri Dergisi**

Cilt: 13

Sayı: 2

Aralık

2012

**Trakya University
Journal of Engineering Science**

Volume: 13

Number: 2

December

2012

Trakya Univ J Eng Sci

<http://fbe.trakya.edu.tr/tujes>

e-mail: tujes@trakya.edu.tr

ISSN 2147 0308

Dergi Sahibi / Owner

Trakya Üniversitesi Rektörlüğü
Fen Bilimleri Enstitüsü Adına
On behalf of Trakya University Rectorship, Graduate
School of Natural and Applied Sciences
Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN

Editör / Editor

Prof. Dr. Metin AYDOĞDU

Yardımcı Editör / Associate Editor

Y.Doç. Dr. Deniz AĞIRSEVEN

Dergi Yayın Kurulu / Editorial Board

Başkan / Chairman

Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN

Üyeler / Members

Prof. Dr. Metin AYDOĞDU
Y.Doç. Dr. Deniz AĞIRSEVEN
Prof. Dr. Taner TIMARCI
Y.Doç. Dr. Derya ARDA
Y.Doç. Dr. Oğuzhan ERDEM

Dizgi / Design

Recep KARA, recepkara91@gmail.com
Prof. Dr. Metin AYDOĞDU, metina@trakya.edu.tr

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Binası, Balkan Yerleşkesi – 22030 Edirne / TÜRKİYE
e-mail: tujes@trakya.edu.tr
Tel: +90 284 2358230
Fax: +90 284 2358237

Baskı / Publisher

Trakya Üniversitesi Matbaa Tesisleri / Trakya University Publishing Centre

Trakya University Journal of Engineering Science

Danışma Kurulu / Advisory Board

Ahmet PINARBAŞI, Çukurova Üniversitesi, **ADANA**

Asım KURTOĞLU, Royal Institute of Technol, **SWEDEN**

Ayşegül AKDOĞAN EKER, Yıldız Teknik Üniversitesi, **İSTANBUL**

Burhan ÇUHADAROĞLU, Karadeniz Teknik Üniversitesi, **TRABZON**

Bülent DOYUM, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, **ANKARA**

Erhan AKIN, Fırat Üniversitesi, **ELAZIĞ**

Erhan COŞKUN, Karadeniz Teknik Üniversitesi, **TRABZON**

Fahri YAVUZ, Atatürk Üniversitesi, **ERZURUM**

H.Avni CİNEMRE, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, **SAMSUN**

İsmail H. TAVMAN, Dokuz Eylül Üniversitesi, **İZMİR**

Kadir KIRKKÖPRÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, **İSTANBUL**

Kai CHENG, Brunel University, Uxbridge, **West London, UK**

Mehmet Baki KARAMIŞ, Erciyes Üniversitesi, **KAYSERİ**

Mehmet BOZOĞLU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, **SAMSUN**

Mehmet KOPAÇ, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, **ZONGULDAK**

Nadia ERDOĞAN, İstanbul Teknik Üniversitesi, **İSTANBUL**

Narayana BALASUBRAMANIAN, Center for the Study of Science, **Bangalore, INDIA**

Şazuman SAZAK, Trakya Üniversitesi, **EDİRNE**

Tülay YILDIRIM, Yıldız Teknik Üniversitesi, **İSTANBUL**

Türkan Göksal ÖZBALTA, Ege Üniversitesi, **İZMİR**

Visvalingam BALASUBRAMANIAN, Annamalai University, **CEMAJOR, Nagar, INDIA**

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

- Behavior of Biaxially Loaded Concrete Columns under Fire Exposure**
Ataman HAKSEVER **73-87**
- Maximizing Tensile Strength and Minimizing Interface Hardness of Friction Welded Dissimilar Joints of Austenitic Stainless Steel and Aluminium Alloy**
G.Vairamani, T.Senthil Kumar, S.Malarvizhi and V.Balasubramanian **89-107**
- A Web-Control Based Student Classroom Attendance Tracking System Application: TUODS**
Deniz Mertkan GEZGİN **109-119**
- 3D Modellemede Kullanılan Ardışık Yansıtma Yapılandırılmış Işık Yöntemleri**
Eser SERT, Deniz TAŞKIN, Olcay ÖZCAN, Cem TAŞKIN, Kenan BAYSAL **121-141**
- VHDL Kullanılarak FPGA İle Yüksek Kapasiteli, Toplayıcı Ünite Tasarımı**
Deniz TAŞKIN, Kenan BAYSAL, Eser SERT, Cem TAŞKIN, Murat Olcay ÖZCAN **143-156**

BEHAVIOR OF BIAXIALLY LOADED CONCRETE COLUMNS UNDER FIRE EXPOSURE

Ataman HAKSEVER

Department of Civil Engineering, Namık Kemal University, Tekirdağ, TURKEY

ÖZET

Eğik eğilmeye maruz betonarme kolonların yangın dayanımı, karmaşık bir hesap işlemi gerektirmektedir. Burada tanıtılacak olan bir yöntem ile yangın durumu için betonarme kolonların eğik eğilme problemi, tek eksenli dayanım hesabına indirgenmektedir.

ABSTRACT

This paper aims at developing a simplified calculational method to be used to determine the behavior of biaxial loaded reinforced concrete columns in fire. By aid of a developed calculation method, which uses the superposition principle, the uniaxial bending of reinforced concrete columns has been analyzed.

Keywords: Fire, reinforced concrete columns, fire resistance, numerical modelling, fire design, Eurocode 2, thermal curvature.

1.INTRODUCTION

Fire is one of the serious potential risks to most buildings and structures. The extensive use of concrete as a structural material has led to the need to understand the effects of fire on reinforced concrete structures. Generally, concrete is known to have good fire resistance.

Reinforced concrete columns are predominantly stressed by the comp-reSSION forces. They are in buildings connected to other structural members, like beams, girders and slabs. If a building or part of it is exposed to a local fire, the reinforced concrete columns experience in addition to direct thermal and mechanical stress attacks also loadings due to uneven thermal deformation of surrounding structures /1-3/. Gradually the strength reduction in materials, cracking, spalling of individual concrete regions yielding of steel reinforcement as well will result in complete different statical systems due to plastic hinges in statically indeterminate structures /4/.

To build up a model to analyse these effects, an extensive investigation of reinforced concrete columns was carried out at the special fire research department of the Technical University Braunschweig (SFB 148¹) /5, 6/. In this paper, the behavior of biaxially loaded concrete columns is analyzed as a part of this project and a simplified calculation method is developed for the fire case.

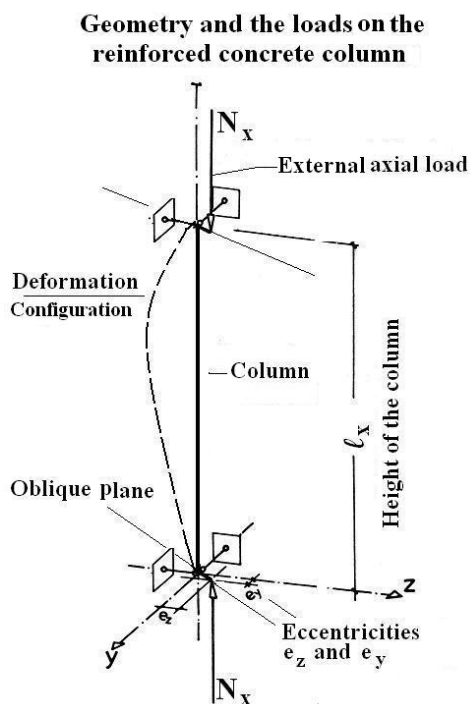
¹ Sonderforschungsbereich 148, a special research project for investigation of fire behavior of structural systems

1. BIAXIALLY LOADED REINFORCED CONCRETE COLUMNS UNDER FIRE EXPOSURE

Due to the uneven temperature distribution and the behavior of the neighboring structures, the cross-sections of the column will take rather large deformations, and they do not remain as plane in the deformation any more. However in the method developed, the presumption about retaining the planar, but biaxial inclined cross-section is adopted. This loading corresponds to three-dimensional beam bending with biaxial deformation. In figure 2.1, the deformed geometry and the applied loads are illustrated /9/. The deformed shape of the cross-section will take on the base of the presumptions a form of an oblique plane. The beam buckling with bending corresponds to a possible collapse of the column. The possible loading conditions for a reinforced concrete column in case of fire in which a biaxial deformation shape can take place are indicated below.

- THREE DIMENSIONAL END DEFORMATIONS
- NONUNIFORM HEATING OF THE CROSS-SECTION
- TWO-DIMENSIONAL BENDING CASE

Due to a nonsymmetric heating of the cross-section, the developing expansions will



cause directly a biaxial bending of the concrete column. On the other hand, if the acting bending moments result in stress condition which may not coincide with the both main axes y and z , a biaxial deformation will follow due to the non-uniform expansions additionally. These deformation conditions can also appear in different combinations. However, this paper will take into account only the bending moments which cause a biaxial bending situation under symmetrical heating. Figure 2.2 shows the warping of the cross-section in case of biaxial bending.

This paper aims at developing simplified calculational method to be used in iterative computation in order to determine the behavior of biaxial loaded reinforced concrete columns in fire and verify the calculation results by means of the test results.

Fig. 2.1: Statical System /9/

3.MATERIAL PROPERTIES AND THE DIMENSIONS OF THE TEST SPECIMENS

Six fire tests with concrete columns were carried out in order to investigate the loss of stiffness under fire attack and loading conditions /9/. In SFB148 mainly, the uniaxially loaded columns were investigated under fire action.

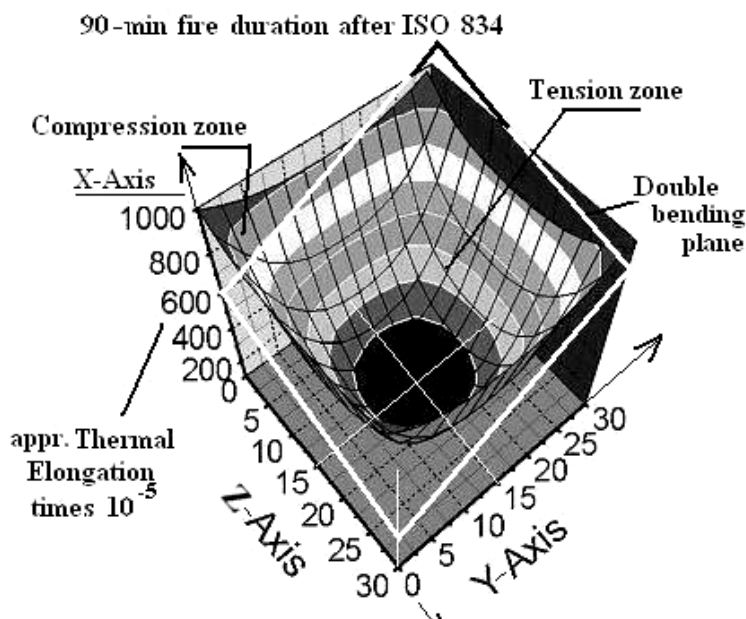


Fig. 2. 2: Biaxial bending plane for a 30/30 cross-section in fire case

In the tests, a uniform heating of the column was maintained from all sides which rendered the possibility that the bending took place in the loading plane. These tests did not consider how-ever that the deformation of the columns can be restricted by surrounding structures, yielding biaxial bending deformations. The bearing and deformation behavior of such columns can be substantially determined by the bending rigidities of the cross-section in

main directions /9, 10/. In Table 3.1, the geometry and the dimensions of the specimens are presented, whilst Table 3.2 gives information about the material properties of the specimens (s. also Fig. 3.1).

Table 3.1: Geometry and the dimensions of specimens /9/

Specimens	Height	Cross Section		Longitudinal Reinforcement			Stirrups	
	I_x	b	h	Amount	d_l	c_l	a_s	d_s
	mm	mm	mm	-	mm	mm	mm	mm
SB1	5905	200	400	6	16	34	175	6
SB2	5900	200	400	6	16	34	175	6
SB3	5910	200	400	6	16	34	175	6
SB4	5903	200	400	6	20	36	175	6
SB5	7502	200	400	8	16	34	175	6
SB6	7501	200	400	8	16	34	175	6

Experimental and theoretical research covered systematic tests which were performed for biaxially loaded concrete columns in SFB148 /9, 10/. The temperatures in the furnace were controlled with respect to the ISO 834 temperature curve. In contrary to the uniaxial loaded columns, the boundary conditions were constructed to be three-dimensional hinges at each end, so that the correspondence to Euler Case II for beam buckling was reached. The loading regions at the column ends were protected carefully against the thermal loading.

Table 3.2: Material properties of the specimens /9/

Test Specimens	Material properties of concrete				Material properties of the reinforcing steel			
	$f_{c,cube}$	$f_{c,cyl}$	ϵ_{cu}	E_c	f_p	f_t	ϵ_u	E_s
	$N/mm^2 \cdot 10^2$	$N/mm^2 \cdot 10^2$	$\cdot 10^{-3}$	$N/mm^2 \cdot 10^5$	$N/mm^2 \cdot 10^2$	$N/mm^2 \cdot 10^2$	$\cdot 10^{-3}$	$N/mm^2 \cdot 10^5$
SB1	0.50	0.45	2.24	2.92	5.03	6.19	2.52	19.92
SB2	0.50	0.45	2.24	2.92	5.03	6.19	2.52	19.92
SB3	0.48	0.41	2.50	2.57	5.03	6.19	2.52	19.92
SB4	0.48	0.41	2.50	2.57	4.77	6.05	2.37	20.11
SB5	0.50	0.45	2.24	2.92	5.03	6.19	2.52	19.92
SB6	0.48	0.41	2.50	2.57	5.03	6.19	2.52	19.92

GEOMETRY OF THE TEST SPECIMENS

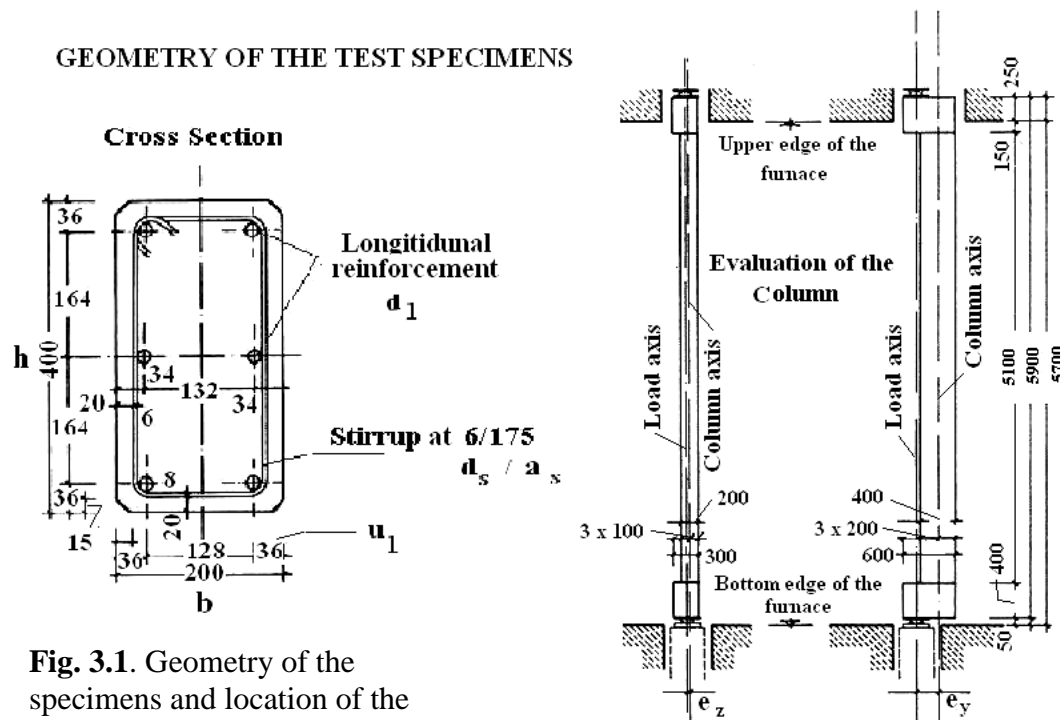


Fig. 3.1. Geometry of the specimens and location of the reinforcements /9, 10/

The bending stiffnesses of the cross-section chosen deviate obviously from each other. The slendernesses in two main directions are 51 and 102, respectively /9, 10/. The reinforcement bars are distributed uniformly along the sides of the cross-section. The systematic axial loads applied in the tests were in many cases somewhat lower than the design loads for room temperatures. Despite this fact, no specimen attained the fire resistance of an hour, though the columns satisfied the regulations of DIN 4102. In figure 3.1 the geometry and the location of the reinforcing of the specimens are illustrated.

4.CALCULATION METHOD

4.1 Assumptions

In order to determine the fire behavior of concrete columns under fire attack in case of biaxial loading, a simple calculation method has been developed. It is based on the uniaxial stress distribution. The calculation method takes into account the following assumptions:

1. At each time step, at which the stability analysis will be carried out, the temperature distribution over the cross-section remains unchanged.
2. Beam theory is applied, shear stresses are neglected.
3. Cross-sections retain their planes in the deformation. Torsion and shear effects will not be taken into account.
4. Applied loads remain constant during the fire.
5. Local effects are excluded.
6. The temperature bound thermal properties of the material are taken into account with time effects
7. The stability analysis is carried out according to the second order theory.

Load bearing capacity and deformation behavior of concrete columns in fire are mainly influenced by nonsteady temperature distribution. The determination of the temperature fields in these members is therefore the primary assumption for the further computational treatment of the fire problem except that the temperature distributions were obtained by means of experiments prior to calculations /5, 6, 11/.

4.2 Nonsteady temperature developments in cross-sections

The mathematical treatment of the non-steady temperature problem was first carried out by J. R. Fourier in 1822. The general heat transfer equation named after him has the form:

$$c_p(T) \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div } \lambda(T) [\text{grad} T] + W \quad (4.1)$$

The development of efficient computers now allows more realistic solutions by the use of numerical techniques. The term $T(t)$ is the temperature distribution in a cross-section which has to be considered as an additional unknown parameter, while $\lambda(T)$ shows the thermal conductivity, $c_p(T)$ indicates specific heat capacity of the concrete material. Because there is no heat source in the column the internal heat source W is set to zero. The solution of the Eq. 4.1 is obtained from the consideration of one-dimensional heat transfer conditions. It is accepted that the heat transfer along the column axis to be uniform. The mathematical treatment of this equation is discussed in the relevant literature [3, 11]. For this purpose, the cross-section is divided into surface elements by a net-like system.

4.3 Determination of the deflections

Several methods are available for the determination of displacements and the the slope at each point on the column axis. A numerical solution of the differential equation for deflection can be obtained by finite differences. Calculation of the deformations is carried out at equidistant nodes of the column by applying elastic weights \bar{w}_i at the nodes as concentrated loading with respect to the equation Eq. 4.2.

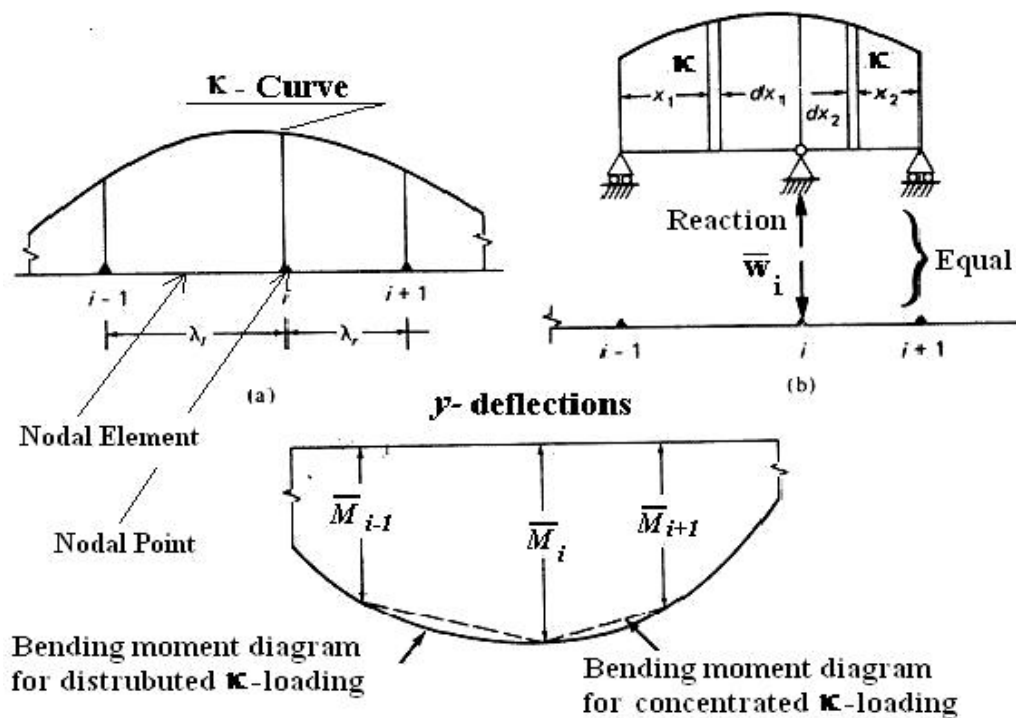


Fig. 4.1: Elastic weights for the calculation of the y deflections

It can be shown that the moment \bar{M}_i at any nodal point of the conjugate column due to the elastic weights is equal to the deflection y at the corresponding point in the actual column. The elastic weights are calculated by Eq. 4.2.

$$\bar{w}_i = \frac{1}{\lambda_l} \int_0^{\lambda_l} x_1 \kappa_l dx_1 + \frac{1}{\lambda_r} \int_0^{\lambda_r} x_2 \kappa_r dx_r \quad (4.2)$$

Figure 4.1 shows schematically three successive nodal points $i-1, i, i+1$ in a column subjected to irregular loading along the x -axis. These points will be referred to as nodes. The curvature κ must be determined with respect to the biaxial bending, which means that strains at three separate points of the cross-section must be determined (s. Figs. 2.2, 4.3).

4.4 Calculation of the warping of the cross-sections

The non-linear warping of a cross-section is related to the acting internal forces and temperature distribution. It can be expressed by the Eq. (4.1)

$$\kappa_{P,T} = \kappa_{P,T}(M, N, T) \tag{4.1}$$

The curvature function $\kappa_{P,T}$ is generally nonlinear and can be determined iteratively by numerical procedures which can give sufficient accuracy. In this case, the curvature of the beam axis is dependent on the bending moment, applied axial load and actual temperature distribution on the cross-section plane. The curvature κ of the beam under applied loads and the fire action can be written in Eq. (4.2) for an *uniaxial bending* as

$$\kappa_{P,T} = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{h} \tag{4.2}$$

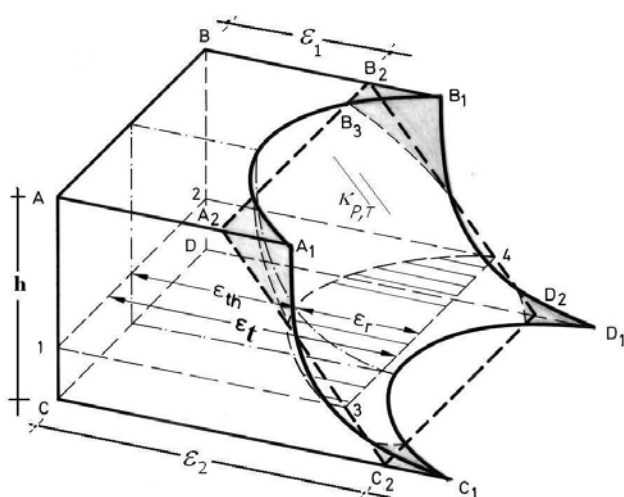


Fig. 4.2: Deformation and equilibrium condition of a cross section in case of fire for uniaxial bending [3].

In figure 4.2, the thermal expansion ε_{th} and the deformed cross-section plane are illustrated in the equilibrium condition of a cross-section. ε_r represents the cracked area in concrete while ε_{th} is the thermal expansion and ε_r shows the total strain on the Bernoulli-Plane. Figure 4.2 shows that the thermal expansion is naturally not uniform on the cross-section plane. Restrained areas and the strains which cause the internal stress distribution are hatched on the picture. Stress calculation considers the nonlinear material behavior $\sigma = \sigma(\varepsilon_r, T)$ related to the acting temperature and stress history.

The acting internal forces are dependant on the edge strains $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ and can be written as given in Eq. (4.3).

$$N = f_1(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \quad M = f_2(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \quad (4.3)$$

In case of biaxial bending Eq. (4.3) becomes a more complex expression as shown in Eq. (4.4).

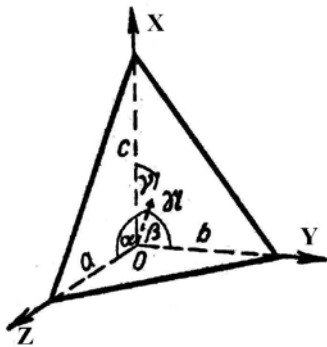
$$N = f_1(a, b, c) \quad M_y = f_2(a, b, c) \quad M_z = f_3(a, b, c) \quad (4.4)$$

The strains of the nodal element a, b, c can be determined iteratively by the solution of the total differentials of the simultaneous functions in Eq. (4.5)

$$\frac{\delta N}{\delta a} \Delta a + \frac{\delta N}{\delta b} \Delta b + \frac{\delta N}{\delta c} \Delta c = \Delta N \quad (4.5.1)$$

$$\frac{\delta M_z}{\delta a} \Delta a + \frac{\delta M_z}{\delta b} \Delta b + \frac{\delta M_z}{\delta c} \Delta c = \Delta M_z \quad (4.5.2)$$

$$\frac{\delta M_y}{\delta a} \Delta a + \frac{\delta M_y}{\delta b} \Delta b + \frac{\delta M_y}{\delta c} \Delta c = \Delta M_y \quad (4.5.2)$$



The ΔN , ΔM_z and ΔM_y values indicate the differences between the calculation and the external forces at the nodal point at each iteration step while a, b, c are the coordinates of the biaxial plane as strains (s. Fig. 4.3), by which the plane equation can be written as given by the Eq. (4.6).

Fig. 4.3: Coordinates of the biaxial plane

$$\frac{x}{c} + \frac{y}{b} + \frac{z}{a} = 1 \quad (4.6)$$

The iterations must be set simultaneously so the equations (4.7) are sufficiently verified:

$$\Delta N_{i+1} = N_{i+1}(a, b, c) - N_i \rightarrow 0 \quad (4.7.1)$$

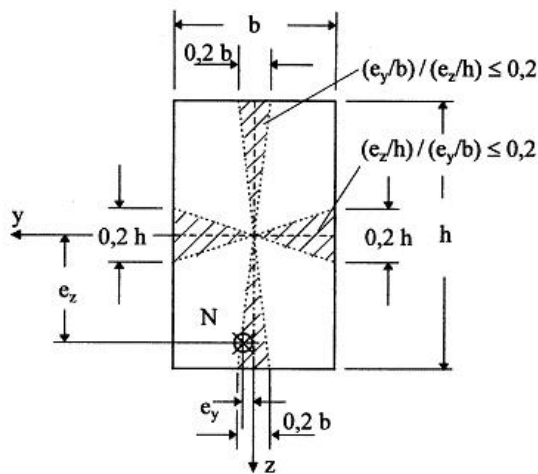
$$\Delta M_{z,i+1} = M_{z,i+1}(a, b, c) - M_{z,i} \rightarrow 0 \quad (4.7.2)$$

$$\Delta M_{y,i+1} = M_{y,i+1}(a, b, c) - M_{y,i} \rightarrow 0 \quad (4.7.3)$$

The coordinates a , b and c can be improved at each iteration step i in Eq. (4.8) by the correction values Δa , Δb and Δc

$$a_{i+1} = a_i + \Delta a_{i+1} \tag{4.8}$$

Similar equations can be written also for b and c . However, the simultaneous solution of those parameters becomes rather laborious and even the computer application is time consuming. In order to simplify the calculation, a method is developed here which uses the regulations in DIN 1045 /7, 8/ and it is verified with the tests in SFB148. In DIN 1045, it is shown that the biaxial bending design of reinforced concrete columns can be transferred to the uniaxial bending case if certain conditions are present. This regulation in DIN is shown in figure. 4.4.



I
Fig. 4.4: Condition for the separate calculation for the biaxial bending /7, 8/

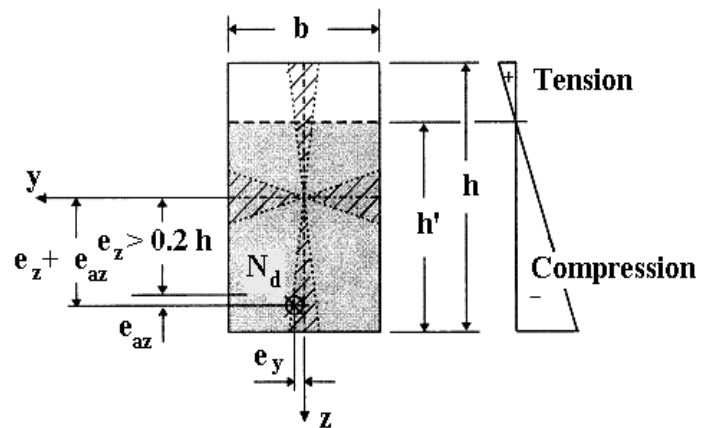


Fig. 4.5 The effective width h' in y-direction when $e_z \geq 0.2 \times h$ is in z-direction

If one of the following assumptions is satisfied for the acting point of axial force N_d in above figures as given in Eq. 4.9

$$\frac{e_z / h}{e_y / b} \leq 0.2 \text{ or } \frac{e_y / b}{e_z / h} \leq 0.2 \tag{4.9}$$

the N_d in figure 4.4 is then located in the hatched area and in this case a separate analysis is permitted for bending about the z and y axes. In order to consider the geometrical imperfections of the column, an additional eccentricity e_a must be taken into account as the DIN 1045 prescribes /7, 8/. If $e > 0.2 \times h$ is then, a reduced cross-section must be taken into account as shown in figure 4.5 for a separate analysis. If none of assumptions (4.9) is valid, a

separate analysis is not permitted. The simplified method developed in this paper takes into account a reduced cross-section when $e > 0.2 \times h$ is present.

5. Comparison between test and calculational results5.

5.1 Fire resistance

In Table 5.1 the loads, buckling length s_k and the applied eccentricities of the specimens are presented. The specimen SB4 in /9/ is not analyzed, because an unsymmetrical heating was simulated in the test.

Table 5.1: Loads on the reinforced concrete columns in tests

1	2	3	4	5	6	7	8
Specimen		Design Loads			Applied Loads		
Name	s_k [cm]	N_d [kN]	e_y [m]	e_z [m]	N_x [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
SB1	590.5	238	0.010	0.250	182	45.50	1.82
SB2	590.0	227	0.050	0.150	192	28.80	9.60
SB3	591.0	343	0.010	0.150	343	51.45	3.43

Taking into account the regulations of DIN 1045, the dimensions of the cross-sections SB1-SB3 were determined and the resulting new eccentricities were combined in Table 5.2 (cols.3-8). The eccentricity of a cross-section is calculated with respect to the dimensions of the compression zone $b \cdot h'$ (s. Fig. 4.5). Calculated uniaxial fire resistances of the specimens are given in columns 9 and 10 together with the test results in column 12. Column 11 shows the mean values of the calculated fire resistances. In column 13 the fire resistances of biaxial calculation are given /9, 10/.

Table 5.2 shows clearly that the calculation results are not in good agreement with the test results. As a consequence the determination of the cross-section dimensions must be adjusted for the fire case based on the regulations of Eurocode 2, /7, 8/. In this case, some purpose-oriented calculations were carried out in order to determine the effective dimensions of the column cross-sections.

Table 5.2: Effective dimensions of the cross sections according to Eurocode 2 and DIN 1045 /7, 8/ and calculated fire resistance in comparison with test results

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Specimen		y-direction			z-direction			Fire resistance [min]				
Name	s_k [cm]	$b_z/h_y/e_y$ [cm] by DIN1045			$b_y/h_z/e_z$ [cm] by DIN 1045			$t_{F,y}$	$t_{F,z}$	$t_{F,m}$	t_F	$t_{F,cal}$ [9]
SB1	590.5	b'_z 25	20	1.0	20	40	25.0	62	67	65	55	50
SB2	590.0	Separate analysis is not permitted. Eq. (4.9) is not valid									38	34
SB3	591.0	b'_z 29	20	1.0	20	40	15.0	35	54	45	21	27

The numerous calculations carried out have confirmed that the dimensions of the cross-section must be reduced in relation with the applied load N_x and the load bearing capacity of the cross-section N_u , if the eccentricity of the load is outside of the hatched area. The investigations resulted in that the height of the cross-section must be reduced with an empirical factor α as shown in Eq. 5.1.

$$\alpha = \frac{1}{1 + (N_x / N_u)^n}$$

$$h' = \alpha \cdot h \quad (5.1)$$

$$N_u = A_c \cdot f_c + A_s \cdot f_p$$

$$n = 0.45 \approx 0.5$$

Table 5.3 shows the effective dimensions of the cross-sections determined. The effective dimensions (s. col. 4, 5 and 7, 8) are determined as multiplied by factor α in Eq. 5.1 and the calculations are carried out in both directions y and z separately for uniaxial bending. The fire resistances t_F in both directions are also presented (s. col. 9, 10). However the mean value of the fire resistances $t_{F,m}$ (col. 11) shows good agreement with the test results (col. 12).

It can be observed that the simplified method provides sufficiently reliable results for biaxially loaded concrete columns in fire. On the other hand, it must be mentioned that the fire resistance of reinforced concrete columns in an entire system are influenced by many complicated effects, like joints and heating conditions, material effects, spalling of the structural members and yielding of the reinforcement besides the elastic restraining effects. All those effects can be taken into account in theoretical investigations approximately. This simplified method uses a computer program developed by the author for uniaxial bending /5/ and need not any more sophisticated improvements.

Table 5.3: Effective dimensions of the cross-sections after Eq. 5.1 and the resulting fire resistances

1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12
Specimen			$b_z/h_y/e_y$ [cm]			$b_y/h_z/e_z$ [cm]			Fire resistance [min]			
Name	s_k [cm]	α							$t_{F,y}$	$t_{F,z}$	$t_{F,m}$	t_F
SB1	590.5	0.82	33	20	1.0	17	33	25.0	62	47	55	55
SB2	590.0	0.81	32	17	5.0	17	32	5.0	27	53	40	38
SB3	591.0	0.74	29	20	1.0	20	29	15.0	35	20	27	21

In figure 5.1, the calculation results are illustrated versus the test results.

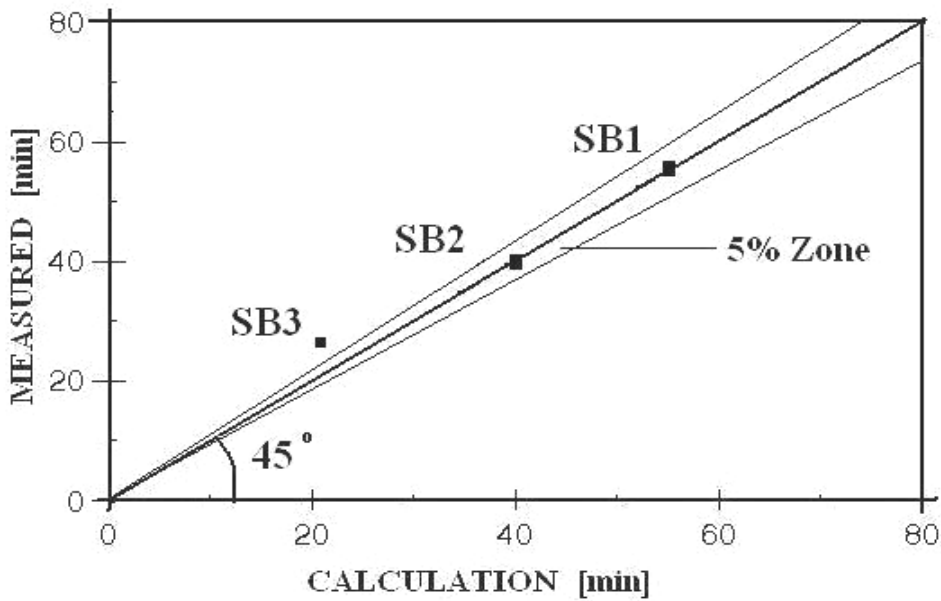


Fig 5.1: Calculated and measured fire resistance of the specimens

5.2 Load bearing capacity of biaxially bended columns in fire

In Table 5.4, the calculated load bearing capacities of the specimen SB3 during the fire are given together with the results of the biaxial-calculation. The load bearing capacity of a specimen is determined in the main directions *y* and *z* separately for uniaxial bending. The results are given in columns 3, 4 with the mean value of the same columns in column 5. On the contrary, the column 6 shows the results of the biaxial-calculation /9/. Figure 5.2 shows these results also graphically. It can here also be observed that the simplified method gives sufficiently good results in agreement with the biaxial-calculation.

Table 5.4: Calculated load bearing capacity of specimen SB3 (col. 3-5, /5/) versus results of biaxial-calculation (col. 6, /9/)

1	2	3	4	5	6
Specimen	Time [min]	$P_{u,z}$ [kN]	$P_{u,y}$ [kN]	$P_{u,m}$ [kN]	P_u [9] [kN]
SB3	0.	1150	407	779	750
	6.	948	392	670	681
	12.	794	368	581	544
	30.	443	274	359	342

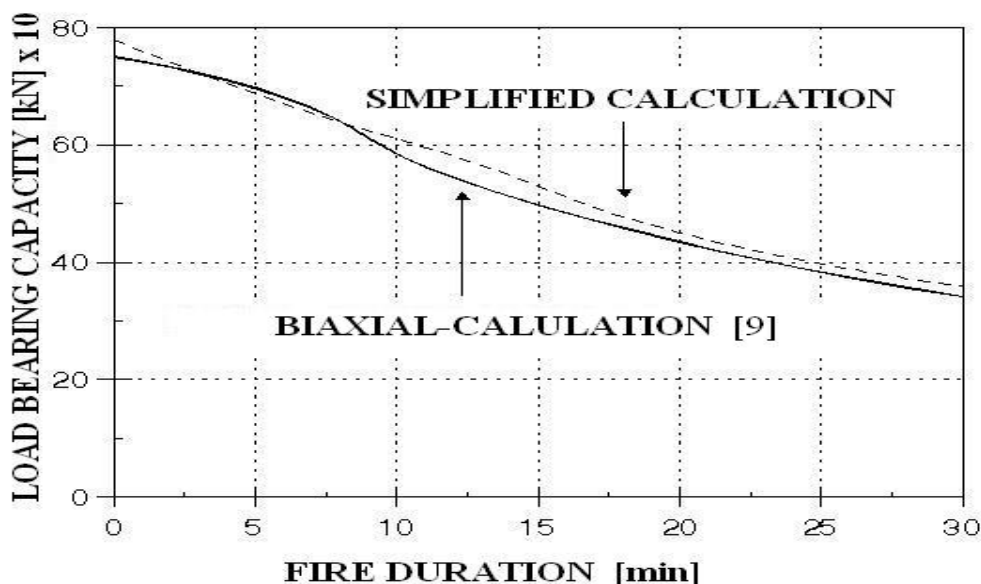


Fig 5.2: Calculated load bearing capacity of specimen SB3

6. SUMMARY

Fire is one of the serious potential risks to most buildings and structures. The behavior of concrete exposed to high temperatures is influenced by many factors. Generally for mature concrete an increase in temperature loading causes gradual loss of compressive strength of concrete. The reliable prediction of the fire behavior of the structures remains for this reason a responsible challenge for many structural engineers. In this context, some simplified methods can be helpful to avoid the laborious calculations. In this paper, such a calculation method is presented and checked with the results of the biaxial-calculation presented in /9/. It has been observed that the simplified method can provide sufficiently reliable results for biaxially loaded reinforced concrete columns subjected to fire.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author appreciates the editorial help of Dr. David D. Gustafson.

7. NOTATIONS

A_c	Area of the concrete cross-section	[mm ²]
A_s	Total Area of the reinforcements	[mm ²]
a	Interval of stirrups	[mm]
C_p	Specific heat capacity	[Wh/kgK]
c	Concrete cover	[mm]
d	Diameter of reinforcement	[mm]
e	Eccentricity	[mm]
e_a	Imperfection in eccentricity	[mm] f
	Strength	[N/mm ²]
l	Length	[mm]
M	Bending moment	[kNm]
N_d	Design load of axial force	[kN]
N_x	Applied axial force	[kN]
N_u	Total strength of the cross-section	[kN]
P_u	Load bearing capacity	[kN]
s_k	Buckling length	[cm, mm]
T	Temperature	[K]
t	Time	[sec]
t_F	Fire resistance	[min]
W	Heat source or heat absorber	[W]
α	Reduction factor	
λ	Heat conductivity	[W/mK]
ρ	Density	[kg/m ³]
κ	Curvature	[1/m]
ε	Strain	

8. INDICES

c	Concrete
cyl	Cylinder strength of concrete
$cube$	Cube strength of concrete
F	Fire
l	Longitudinal
P	Loading
p	Yield stress
r	Restrained strains
s	Stirrups
t	Tension strength
th	Thermal
u	Ultimate
x, y, z	Directions

9 . REFERENCES

- [1].Akhtaruzzaman, A., et al, Calculation of the deflections of reinforced concrete members during transient heating. Imperial College of Science and Technology, London, 1974.
- [2].Becker, J. et al, A computer program for the fire behavior of structures – reinforced concrete Frames. Uni. of Calif, Berkeley, 1974.
- [3].Haksever, A., Zur Frage des Trag- und Verformungsverhaltens ebener Stahlbetonrahmen im Brandfall. Diss. TU-Braunschweig, 1977.
- [4].Haksever, A., Gesamt Bauwerksverhalten bei einem lokalen Brandfall. Bauphysik, 1/1982.
- [5].Haksever, A., Stahlbetonstützen bei natürlichen Bränden. Habil. I.T.Ü, 1982 (in German TU-Braunschweig).
- [6].Klingsch, W., Traglastberechnung instationär thermisch belasteter schlanker Stahlbetondruckglieder. Diss. TU-Braunschweig, 1976.
- [7].Kordina, K., et al., Tragverhalten schlanker Einzeldruckglieder. Betonkalender 2001 (DIN 1045-I 05.00).
- [8].Roth, J. Grenzzustände der Tragfähigkeit-Knicksicherheits-nachweis. Stahlbeton- und Spannbetontragwerke nach Euro-code 2. Springer-Verlag. 2. Auflg. Berlin. (1995).
- [9].Rudolph, K., Zweiachsig biegebeanspruchte Stahlbetonstützen unter Brandbelastung. Abschlußkolloquium of SFB 148, TU-Braunschweig, 1987.
- [10].Rudolph, K., Traglastberechnung zweiachsig biegebeanspruchter Stahlbetonstützen unter Brandeinwirkung. Diss. TU-Braunschweig, 1988.
- [11].Wickström, U., A computer program for temperature analysis of structures exposed to fire. Rep. No. 79-2, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden, 1979.

MAXIMIZING TENSILE STRENGTH AND MINIMIZING INTERFACE HARDNESS OF FRICTION WELDED DISSIMILAR JOINTS OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL AND ALUMINIUM ALLOY

¹G.Vairamani*, ²T.Senthil Kumar, ³S.Malarvizhi and ⁴V.Balasubramanian

¹Department of Mechanical Engineering, Seshasayee Institute of Technology,
Tiruchirappalli.

²Department of Mechanical Engineering, Anna University of Chennai,
Tiruchirappalli campus.

^{3,4}Centre for Materials Joining & Research (CEMAJOR), Annamalai University,
Annamalainagar.

*Email: sitvairam@yahoo.co.in

ABSTRACT

Friction welding can be used to join different types of ferrous metals and non-ferrous metals that cannot be welded by traditional fusion welding processes. The process parameters such as rotational speed, friction pressure, forging pressure, friction time and forging time play the major role in determining the tensile strength and interface hardness of the joints. During dissimilar materials joining, the formation of intermetallic phase is inevitable. The formation of intermetallic phase and its hardness control the tensile strength of the joints. Hence, in this investigation, an attempt was made to optimize friction welding parameters to attain minimum hardness at the interface and maximum tensile strength of the dissimilar joints of AISI 304 austenitic stainless steel (ASS) and AA6082 Aluminium alloy using Response Surface Methodology (RSM).

Key words: friction welding, austenitic stainless steel, aluminium alloy, tensile strength, interface hardness, response surface methodology.

1.0 INTRODUCTION

Joints of dissimilar metal combinations are employed in different applications requiring certain special combination of properties as well as to save cost incurred towards costly and scarce materials [1]. Conventional fusion welding of many such dissimilar metal combinations is not feasible owing to the formation of brittle and low melting intermetallics due to metallurgical incompatibility, wide difference in melting point, thermal mismatch, etc. Solid-state welding processes that limit extent of intermixing are generally employed in such situations. Friction welding is one such solid-state welding process widely employed in such situations [2].

Mumin Sahin [3] studied the effects of friction time and friction pressure on welding strength of the joints was examined in the welding of equal diameter parts. The results of two sets of welding experiments, keeping the upset time and upset pressure constant at 20 s and 110 MPa. The change of friction time and friction pressure results the changing of the welding strengths of the joints. The welding strength of joints reaches a maximum and, then goes down. Beyond the maximum point, the heat produced brings about melting that decrease the welding strength. Meshram et al [4] investigated different dissimilar metal combinations, such as Fe–Ti, Cu–Ti, Fe–Cu, Fe–Ni and Cu–Ni. They found that the increased interaction time led to decrease in strength in eutectoid forming and insoluble systems and improved strength in soluble systems. Mechanical transport of the material was predominant at the peripheral region of the weld.

Ozdemir et al., [5] studied the microhardness distribution in the direction perpendicular to the weld interface of ASS/HSLA steel joints. The hardness of the (PDZ) and (FPDZ) increases with increasing rotational speed. The increasing hardness in the welding interface can be related directly to the microstructure formed in the welding interface as a result of the increasing heat input and plastic deformation. The plastic deformation causes a decrease in the grain size which leads to hardening in the region of the welding interface. The increase in the hardness values in the PDZ of AISI 304L stainless steel could be attributed to the work hardening of the austenitic stainless steel.

Mumin Sahin [6] reported the tensile strength for austenitic-stainless steel and copper parts were considered as positive results when compared with those of the base metals. Joint strength increased and reached a maximum, and then decreased again as the friction time and friction pressure increased. Sufficient heat to obtain a strong joint could not be generated with a shorter friction time. A longer friction time causes the excess formation of an intermetallic layer. Sammaiah et al.,[7] investigated the microhardness variations at interface with respect to welding parameters. The micro hardness increases with increase in forge pressure at the interface of dissimilar welding of aluminium alloy and ferritic stainless steel. The microhardness trend suggests that low friction pressures and high forge pressures led to high hardness. This can be due to lesser heat input available at the center resulting high degree of working.

Mumin Sahin [8] studied the effects of friction time and friction pressure on strength of the friction welded Cu / Al joints. As the friction time and pressure for the joints is increased, tensile strength of the joints increases up to a peak strength then decreases with further increase in friction pressure and time. Peak strength corresponds to about 70% that of aluminium parts and 50% that of copper parts. A grey layer was observed at the fracture surfaces of welded parts. This layer results in a decrease in the strength of the joints. Sammaiah et al., [9] studied the effects of friction pressure, upset pressure and burn-off length on the strength of the joints. The tensile strength decreases with increase in friction pressure due to high heat generation that leads to coarse grain structure. The fine microstructural features at high forge pressures can be attributed to the higher strain energy while the coarse microstructures are due to prolonged retention time at high temperature that resulted grain coarsening. The tensile strength is higher at low friction pressure and high upset pressures gave more plastic deformation and higher flash at interface. Khalid Rafi et al.,[10] evaluated the effects of friction welding process

parameters on joint strength. Analysis of Variance (ANOVA) was performed using the ultimate tensile strength as the response parameter (the higher the better), summarizes the results of ANOVA. As can be seen, friction pressure, spindle speed, and burn off length have statistically significant influence on joint strength. Among these three, friction pressure was found to have the strongest effect on joint strength followed by spindle speed and burn-off length. On the other hand, the effect of upset pressure, within the parameter range selected in this investigation, was found to be insignificant.

Sammaiah et al.,[9] investigated friction welded A6061 aluminum alloy and AISI 304 stainless steel joints. The structure of aluminum alloy was refined in the vicinity of the weld interface. However, the Vickers hardness was decreased near the interface since the precipitates were dissolved in the aluminum alloy matrix by the friction heat. The higher friction pressure made the joint strength decrease owing to the excess formation of brittle intermetallic compounds at the weld interface. Recently, Paventhan et al. [11] optimized friction welding parameters to attain maximum tensile strength using Response surface methodology.

From the literature review [12-15], it is understood that most of the published information on friction welding of dissimilar materials focused on the microstructural characteristics, microhardness variations, phase formation and tensile properties evaluation. All the above mentioned investigations were carried out on trial and other basis to attain optimum welding conditions. No systematic study has been so far reported to optimize the tensile strength of friction welded dissimilar joints of austenitic stainless steel and aluminium alloy. Hence in this investigation, an attempt was made to optimize friction welding parameters to minimize interface hardness of the joint and thus maximize tensile strength of the dissimilar joints of AISI 304 austenitic stainless steel (ASS) and AA6082 aluminium (Al) alloy using statistical tools such as design of experiments, analysis of variance, regression analysis and response surface methodology.

2.0 EXPERIMENTAL WORK

2.1 Evaluation of Base Metals Properties

The base metals used in this investigation were extruded rods of austenitic stainless steel and aluminium alloy. Chemical composition and mechanical properties were analysed to confirm the base metal properties. The chemical composition of the base metals was obtained using a vacuum spectrometer (Make: ARL USA; Model: 3460). Sparks were ignited at various locations of the base metal sample and their spectrum was analysed for the estimation of alloying elements. The chemical compositions of the base metals are given in Table 1. Tensile specimens were prepared to obtain the base metal tensile properties. ASTM E 8M-04 (ASTM, 2004a) guidelines were followed for preparing the test specimens. Tensile test was carried out in 100 kN, electro-mechanical controlled Universal Testing Machine (Make: FIE-BLUE STAR, India; Model: UNITEK-94100). The specimen was loaded at the rate of 1.5 kN/min as per ASTM specifications, so that tensile specimen undergoes uniform deformation. The specimen finally fails after the necking and the load versus displacement was

recorded. The 0.2% offset yield strength was derived from the diagram. The percentage of elongation and reduction in cross sectional area were evaluated and the values are presented in Table 2. A Vicker's microhardness testing machine (Make: Shimadzu, Japan; Model HMV-2T) was employed for measuring the hardness of the base metals with 0.5 kg load. Microstructural examination was carried out using a light optical microscope (Make: MEIJI, Japan, Model: ML7100). The optical micrographs of the as received base metals are shown in Fig. 1.

2.2 Finding the Working Limits of the Welding Parameters

From the literature [3-15] the predominant factors which are having greater influence on tensile strength and interface hardness of friction welded (FW) joints were identified. They are: (i) friction pressure, (ii) forging pressure, (iii) friction time and (iv) forging time and (v) rotational speed. Though there are five factors, in this investigation, these factors are combined in such a way that to make as three factors. They are: (i) the ratio between friction pressure and friction time (F), (ii) the ratio between forging pressure and forging time (D) and (iii) rotational speed per second (N). A large number of trial experiments were conducted to determine the working range of the above factors by varying one of the process parameters and keeping rest of them at a constant value. The working range was fixed in such a way that the friction welded joints should be free from any visible external defects.

- (i) If the friction pressure per second was lower than 4 MPa/s, the joint was not properly bonded due to less heat generation and insufficient pressure (Fig.2a).
- (ii) If the friction pressure per second was more than 20 MPa/s, then the Al alloy underwent large deformation due to high heat generation and excessive pressure (Fig. 2b)
- (iii) If the forging pressure per second was lower than 4 MPa/s, deformation of the material is low, then the joints were weakly bonded (Fig.2c)
- (iv) If the forging pressure per second was more than 20 MPa/s, then resulted in extensive deformation in the Al alloy side (Fig.2d)
- (v) If the rotational speed was lower than 12 rev/s, the frictional heat generation was too low and hence bonding was improper (Fig. 2e);
- (vi) If the rotational speed was greater than 24 rev/s, the frictional heat generation was too high and hence excessive flash formation occurred in Al alloy side (Fig. 2f)

2.3 Developing Experimental Matrix & Fabrication of Joints

As the range of individual factor was wide, a central composite rotatable three-factors, five-level, central composite rotatable design matrix was selected. The chosen welding parameters and the levels are presented in Table 3. The experimental design matrix consisting 20 sets of coded condition and comprising a full replication three-factor factorial design of 8 points, 6 star points, and 6 center points was used (Table 4). The method of designing such matrix is dealt elsewhere [16]. The upper and lower limits of the parameters were coded as +1.682 and –

1.682, respectively. The coded values for intermediate levels can be calculated from the following relationship [16].

$$X_i = 1.682 [2X - (X_{\max} + X_{\min})] / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (1)$$

Where,

X_i is the required coded value of a variable X ;

X is any value of the variable from X_{\min} to X_{\max} ;

X_{\min} is the lower level of the variable;

X_{\max} ; is the highest level of the variable;

Cylindrical rods of ASS and Al alloy having 12 mm diameter were cut to the required length of 75 mm by power hacksaw. The surfaces to be joined were faced using a lathe machine to fabricate friction welded joints. Hydraulic controlled, continuous drive friction welding machine (15 hp; 3000 rpm; 20 kN) was used to fabricate the joints. The friction welded joints were made as per the conditions dictated by the design matrix (Table 4) at random order so as to avoid the noise creeping output response. Fig. 3 shows the photograph of welded joints.

2.4 Recording the Responses (Tensile strength and Interface hardness)

The schematic representation of extraction of tensile specimen from the welded joints for preparing tensile specimens is shown in Fig. 4a. The welded joints were machined to the required dimensions (Fig. 4b). Three tensile specimens from each welding conditions were fabricated as per the American society for Testing of Materials (ASTM E8M-04) standards to evaluate the tensile strength of the joints. Tensile test was carried out in 100 kN, electro-mechanical controlled Universal Testing Machine. The specimen was loaded at the rate of 1.5 kN/min as per the ASTM specifications. The average of three tensile tested specimen value of each condition was presented in Table 4 for developing empirical relationship. Vickers's microhardness testing machine (Make: SHIMADZU, Japan; Model: HMV-T1) was employed for measuring the hardness along the joint interface with 0.5 kg load @ 15 seconds dwell time. Five readings were taken in each joint and the average is recorded in Table 4 for developing empirical relationship.

3.0 DEVELOPING EMPIRICAL RELATIONSHIPS

The responses, tensile strength (TS) and interface hardness (IH) of friction welded joints are the functions of the friction welding parameters such as a friction pressure per second (F), forging pressure per second (D) and rotational speed per second (N) and they can be expressed as [17]

$$TS = f \{F, D, N\} \quad (2)$$

$$IH = f \{F, D, N\} \quad (3)$$

The second-order polynomial (regression) equation used to represent the response surface Y (TS or IH) is given by [17]

$$Y = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ii} X_i^2 + \sum b_{ij} X_i X_j, \quad (4)$$

and for three factors, the selected polynomial could be expressed as

$$TS \text{ or } IH = \{b_0 + b_1(F) + b_2(D) + b_3(N) + b_{12}(FD) + b_{13}(FN) + b_{23}(DN) + b_{11}(F^2) + b_{22}(D^2) + b_{33}(N^2)\} \quad (5)$$

Where b_0 is the average of the responses and $b_1, b_2, b_3, \dots, b_{44}$ are regression coefficients that depend on respective linear, interaction, and squared terms of factors. The value of the coefficient was calculated using Design Expert Software. The significance of each coefficient was determined by Student's t test and p values, which are listed in Tables 5 and 6. Values of "Prob>F" less than 0.0500 (**95% confidence level**) indicate that model terms are significant. Values greater than 0.10 indicate that model terms are not significant.

The final empirical relationship was constructed using only these coefficient and the developed final empirical relationships are given below:

Tensile strength of the joint,

$$(TS) = \{191.13 - 4.270 (F) + 6.56 (D) - 9.86 (N) - 2.37 (FD) - 10.375 (FN) - 2.62 (DN) - 24.79 (F^2) - 19.84 (D^2) - 18.60 (N^2)\} \text{ MPa} \quad (6)$$

Interface Hardness of the joint,

$$(IH) = \{118.23 + 3.94 (F) - 6.75 (D) + 10.09 (N) + 1.125 (FD) + 7.125 (FN) + 4.37 (DN) + 16.8079 (F^2) + 11.67 (D^2) + 12.03 (N^2)\} \text{ Hv} \quad (7)$$

4.0 CHECKING ADEQUACY OF THE DEVELOPED RELATIONSHIPS

The adequacy of the developed relationships was tested using the analysis of variance (ANOVA) technique and the results of second order response surface model fitting in the form of analysis of variance (ANOVA) are given in Tables 5 and 6. The determination coefficient (R^2) indicates the goodness of fit for the model. In this case, the values of the determination coefficient (R^2) indicate that the model does not explain only less than 5% of the total variations [18]. The values of adjusted determination coefficient (adjusted R^2) should be high, which indicates a high significance of the model. Predicted R^2 denotes the agreement with the adjusted R^2 . Adequate precision compares the range of predicted values at the design points to the average prediction error. The value of ' R^2 ' for the above-developed relationships is found to be above 0.95, which indicates high correlation between experimental values and predicted values. Fig. 5 shows the high correlation existing between experimental values and predicted values.

5.0 OPTIMIZATION

5.1 Response Surface Methodology (RSM)

Response surface methodology (RSM) is a collection of mathematical and statistical technique useful for analyzing problems in which several independent variables influence a dependent variable or response and the goal is to optimize the response. In many experimental conditions, it is possible to represent independent factors in quantitative form as given in Eqn. (8). Then these factors can be thought of as having a functional relationship or response as follows:

$$Y = \Phi(x_1, x_2, \dots, x_k) \pm e_r \quad (8)$$

Between the response Y and x_1, x_2, \dots, x_k of k quantitative factors, the function Φ is called response surface or response function. The residual e_r measures the

experimental errors. For a given set of independent variables, a characteristic surface is responded. When the mathematical form of Φ is not known, it can be approximated satisfactorily within the experimental region by a polynomial. Higher the degree of the polynomial the better is the correlation; but at the same time the costs of experimentation become higher. In this present investigation, RSM was applied for developing empirical relationships in the form of multiple regression equations for the quality characteristic of the friction welded dissimilar joints of ASS and Al. In applying the response surface methodology, the independent variable was viewed as a surface to which a mathematical model is fitted.

5.2 Contour Plots and Response Graphs

Contour plots show a distinctive circular mound shape indicative of possible independence of factors with response. A contour plot is produced to visually display the region of optimal factor settings. For second order response surfaces, such a plot can be more complex than the simple series of parallel lines that can occur with first order models. Once the stationary point is found, it is usually necessary to characterize the response surface in the immediate vicinity of the point. Characterization means, identifying whether the stationary point found is a maximum response or minimum response or a saddle point. To classify this, the most straightforward way is to examine through a contour plot. Contour plots play a very important role in the study of the response surface. By generating contour plots using software for response surface analysis, the optimum is located with reasonable accuracy by characterizing the shape of the surface. If a contour patterning of circular shape occurs, it tends to suggest independence of factor effects while elliptical contours may indicate factor interactions [16].

Response surfaces have been developed for the models, considering two parameters in the middle level and plotting these in 'X' and 'Y' axes and response in 'Z' axis. The response surfaces clearly indicate the optimal response point. Figs. 6 and 7 show the contour plots and response graphs for the model developed for tensile strength of the joint and interface hardness of the joint (Eqns. 6 and 7). By analyzing the response surfaces and contour plots (Fig. 6), the maximum achievable tensile strength of the friction welded dissimilar joints of ASS and Al is found to be 181 MPa. By analyzing the response surface and contour plots (Fig. 7), the minimum achievable interface hardness of friction welded dissimilar joints of ASS and Al is found to be 124 Hv. The corresponding parameters that yielded the maximum tensile strength and minimum interface hardness are: friction pressure per second of 10 MPa/s, forging pressure per second of 10.25 MPa/s and rotational speed of 16.5 rev/s.

To validate and confirm the predictions of tensile strength and interface hardness by the RSM, three experiments were conducted by setting the optimized process parameter values. The experimental results, predicted values and percentage error between predicted and the experimental values are presented in Table 7. It is found from the results that the maximum percentage error is $\pm 5\%$, which indicates the prediction capability of the developed optimization procedures.

6.0 CONCLUSIONS

- (i) Empirical relationships were developed to predict the tensile strength and interface hardness of friction welded dissimilar joints of AISI 304 austenitic stainless steel (ASS) and AA6082 aluminium alloy incorporating friction welding parameters.
- (ii) The developed empirical relationships can be effectively used to predict the tensile strength and interface hardness of friction welded dissimilar joints of ASS and Al alloy at 95% confidence level.
- (iii) A combination of friction welding parameters, namely, friction pressure per second of 10 MPa/s, forging pressure per second of 10.25 MPa/s and rotational speed of 16.5 rev/s yielded maximum tensile strength and minimum interface hardness for the dissimilar joints of ASS and Al alloy.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors also wish to record their sincere thanks to **Dr.S.Rajakumar**, Assistant Professor, Department of Manufacturing Engineering, Annamalai University, Annamalainagar for his help in statistical analysis. The authors are grateful to **Dr.R.Paventhana**, Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, JJ College of Engineering, Tiruchirappalli for rendering help during fabrication of joints.

REFERENCES

- [1]. Ozdemir N. Investigation of mechanical properties of friction – welded joints between AISI 304 L and AISI 4340 steel as a function of rotational speed. *Mater Lett* 2005;59:2504–9.
- [2]. Han-Ki Yoon, Yu-Sik Kong, Seon-Jin Kim, Akira Kohyama. Mechanical properties of friction welds of RAFs (JLF-1) to SUS 304 steels as measured by the acoustic emission technique. *Fusion Eng Des* 2006;81:945–50.
- [3]. Mumin Sahin, Erol Akata H, Turgut Gulmez. Characterization of mechanical properties in AISI 1040 parts welded by friction welding, *Materials Characterization* 58 (2007) 1033–1038.
- [4]. Meshram S.D., T. Mohandas, G. Madhusudhan Reddy, Friction welding of dissimilar pure metals, *Journal of Materials Processing Technology*, (2007), 184, 330–337
- [5]. Ozdemir N. F. Sarsilmaz, A. Hascalik, Effect of rotational speed on the interface properties of friction-welded AISI 304L to 4340 steel, *Materials and Design* 28 (2007), 301–307.
- [6]. Mumin Sahin, Joining of stainless-steel and aluminium materials by friction welding; *Int J Adv Manuf Technol* (2009) 41:487–497.

- [7]. Sammaiah P, Tagore G R N, and Madhusudhan, G.R. Effect of parameters on mechanical properties of ferritic stainless steel(430) and 6063 Al alloys by friction welding, *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 3 No. 1 January-June 2009
- [8]. Mumin Sahin, M., Joining of aluminium and copper materials with friction welding". *Int J Adv Manuf Technol* (2010) 49:527–534
- [9]. Sammaiah P., Arjula Suresh, G. R. N. Tagore, Mechanical properties of friction welded 6063 aluminum alloy and austenitic stainless steel, *J Mater Sci* (2010) 45:5512–5521
- [10]. Khalid Rafi H, Janaki Ram G D,. Phanikumar G, Prasad Rao K, Microstructure and tensile properties of friction welded aluminum alloy AA7075-T6, *Materials and Design* 31 (2010) 2375–2380.
- [11]. Paventhan R, Lakshminarayanan PR, Balasubramanian V. Prediction and optimization of friction welding parameters for joining aluminium alloy and stainless steel. *Transac. Of Nonferrous Metals Soc. Of China* 2011; 21:342-349.
- [12]. Sathiya, P. Aravindan, S. Noorul Haq, A. Mechanical and metallurgical properties of friction welded AISI 304 austenitic stainless steel [J]. *International Journal of Advanced Manufacturing and Technology*, 2005, 26: 505–511.
- [13]. Ananthapadmanaban, D. A study of mechanical properties of friction welded mild steel to stainless steel joints [J]. *Materials & Design*, 2009, 30: 2642–2646.
- [14]. Sathyanarayana, VV. Madhusudhan Reddy, G. Mohandas T. Dissimilar metal friction welding of austenitic–ferritic stainless steels [J]. *Journal of Materials Processing and Technology*, 2005, 60(2): 128–137.
- [15]. Afes Hakan, Turker Mehmet, Kurt Adem. Effect of friction pressure on the properties of friction welded MA956 iron based super alloy [J]. *Materials & Design*, 2007, 28: 948–953.
- [16]. Montgomery D.C. *Design and Analysis of Experiments*. 2001; 4th ed, John Wiley & Sons, New York.
- [17]. Rajakumar S., Balasubramanian V. Correlation between weld nugget grain size, weld nugget hardness and tensile strength of friction stir welded commercial grade aluminium alloy joints, 2012 *Materials and Design* 34 , pp. 242-251.
- [18]. Miller J.E, Freund, and Johnson R. *Probability and Statistics for Engineers*, 1996; Vol.5, Prentice Hall, New Delhi.

Table 1 Chemical composition (wt %) of ASS and Al alloy

Elements	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe	Al
ASS (AISI304)	0.06	1.38	0.32	0.06	0.1	18.4	8.7	0.04	Bal	0.5
Al alloy (AA6082)	--	0.70	0.90	--	--	0.25	--	--	0.5	Bal

Table 2 Mechanical properties of ASS and Al alloy

Materials	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation in 50 mm gauge length (%)	Reduction in cross sectional area (%)	Micro hardness @ 0.5 kg (Hv)
ASS (AISI 304)	410	560	30	24	300
Al alloy (AA6082)	260	310	20	18	102

Table 3 Feasible working range of the friction welding parameters

S.No.	Parameter	Notation	Unit	Levels				
				-1.682	-1.0	0	+1.0	+1.682
1	Friction Pressure per second	F	MPa/s	4	7.25	12	16.75	20
2	Forging pressure per second	D	MPa/s	4	7.25	12	16.75	20
3	Rotational speed per second	N	rev/s	12	15	18	21	24

Table 4 Design Matrix and Experimental Results

Expt. No.	F	D	N	F (MPa/s)	D (MPa/s)	N (rev/s)	Tensile strength (TS) of the joint (MPa)	Interface hardness (IH) of the joint (Hv)
1	-1	-1	-1	7.25	7.25	15.25	126	163
2	+1	-1	-1	16.75	7.25	15.25	142	156
3	-1	+1	-1	7.25	16.75	15.25	145	138
4	+1	+1	-1	16.75	16.75	15.25	159	135
5	-1	-1	+1	7.25	7.25	21.75	123	160
6	+1	-1	+1	16.75	7.25	21.75	105	181
7	-1	+1	+1	7.25	16.75	21.75	139	152
8	+1	+1	+1	16.75	16.75	21.75	104	178
9	-1.682	0	0	4	12	18	128	162
10	+1.682	0	0	20	12	18	107	172
11	0	-1.682	0	12	4	18	120	163
12	0	+1.682	0	12	20	18	143	142
13	0	0	-1.682	12	12	15	145	136
14	0	0	+1.682	12	12	24	125	171
15	0	0	0	12	12	18	197	115
16	0	0	0	12	12	18	186	121
17	0	0	0	12	12	18	190	113
18	0	0	0	12	12	18	188	118
19	0	0	0	12	12	18	189	122
20	0	0	0	12	12	18	198	120

Table 5 ANOVA Test Results for Tensile Strength Model

Source	Sum of Squares (SS)	Degrees of freedom (df)	Mean Square (MS)	'F' Ratio	p-value Prob > F	
Model	19497.93	9	2166.437	46.99242	< 0.0001	Significant
F	249.0287	1	249.0287	5.401708	0.0425	
D	588.9148	1	588.9148	12.77422	0.0051	
N	1327.305	1	1327.305	28.79072	0.0003	
FD	45.125	1	45.125	0.978811	0.3458	
FN	861.125	1	861.125	18.67876	0.0015	
DN	55.125	1	55.125	1.195722	0.2998	
F ²	8857.895	1	8857.895	192.1376	< 0.0001	
D ²	5674.015	1	5674.015	123.0757	< 0.0001	
N ²	4988.381	1	4988.381	108.2035	< 0.0001	
Residual	461.0183	10	46.10183			
Lack of Fit	337.685	5	67.537	2.737987	0.1466	Not significant
Std. Dev.		6.789	R-Squared		0.9769	
Mean		147.95	Adj R-Squared		0.9561	
C.V. %		4.5892	Pred R-Squared		0.8606	
PRESS		2780.85	Adeq Precision		18.601	

Table 6 ANOVA Test Results for Interface Hardness Model

Source	Sum of Squares (SS)	Degrees of freedom (df)	Mean Square (MS)	'F' Ratio	p-value Prob > F	
Model	9637.004	9	1070.778	117.9321	< 0.0001	Significant
F	212.0817	1	212.0817	23.35801	0.0007	
D	624.0492	1	624.0492	68.7308	< 0.0001	
N	1391.692	1	1391.692	153.2766	< 0.0001	
FD	10.125	1	10.125	1.115135	0.3158	
FN	406.125	1	406.125	44.72932	< 0.0001	
DN	153.125	1	153.125	16.8647	0.0021	
F ²	4069.149	1	4069.149	448.1632	< 0.0001	
D ²	1965.013	1	1965.013	216.4203	< 0.0001	
N ²	2085.807	1	2085.807	229.7242	< 0.0001	
Residual	90.79614	10	9.079614			
Lack of Fit	27.96281	5	5.592562	0.445031	0.8025	Not significant
Std. Dev.		3.013	R-Squared			0.9906
Mean		145.9	Adj R-Squared			0.9825
C.V. %		2.065	Pred R-Squared			0.9689
PRESS		302.26	R-Squared			29.53

Table 7 Validation of optimization procedures

Optimized Process Parameters	Predicted Tensile Strength of the joints (MPa)	Experimental Tensile Strength of the joints (MPa)	Error (%)	
F=10.00 MPa/s; D= 10.25 MPa/s; N= 16.50 rev/s	181	190	+4.9	
		174	-3.8	
		186	+2.7	
	124	Predicted Interface Hardness of the joints (Hv)	Experimental Interface Hardness of the joints (Hv)	
		124	120	-3.2
			130	+4.8
	119		-4.0	

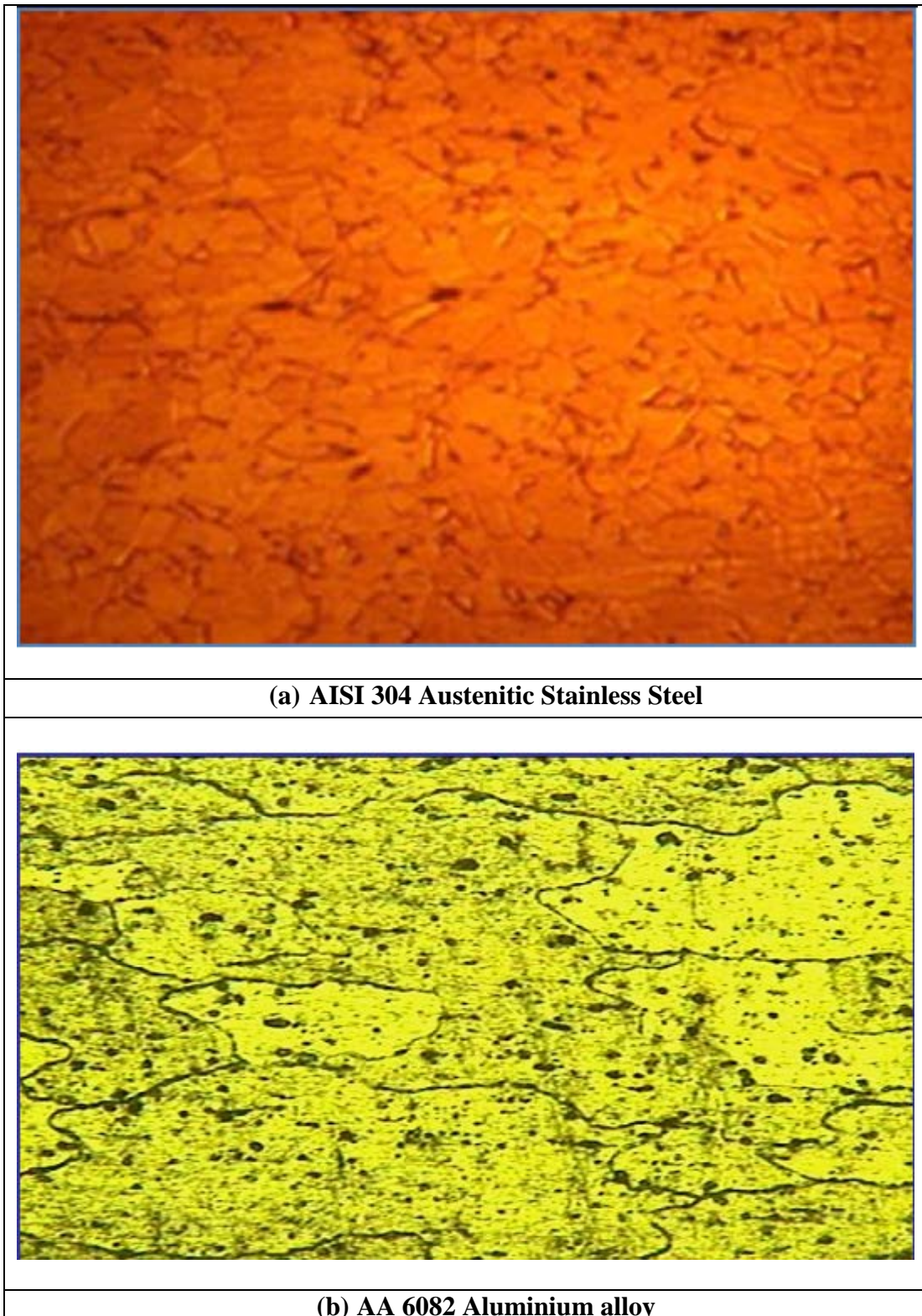


Fig. 1 Optical micrographs of ASS and Al alloy

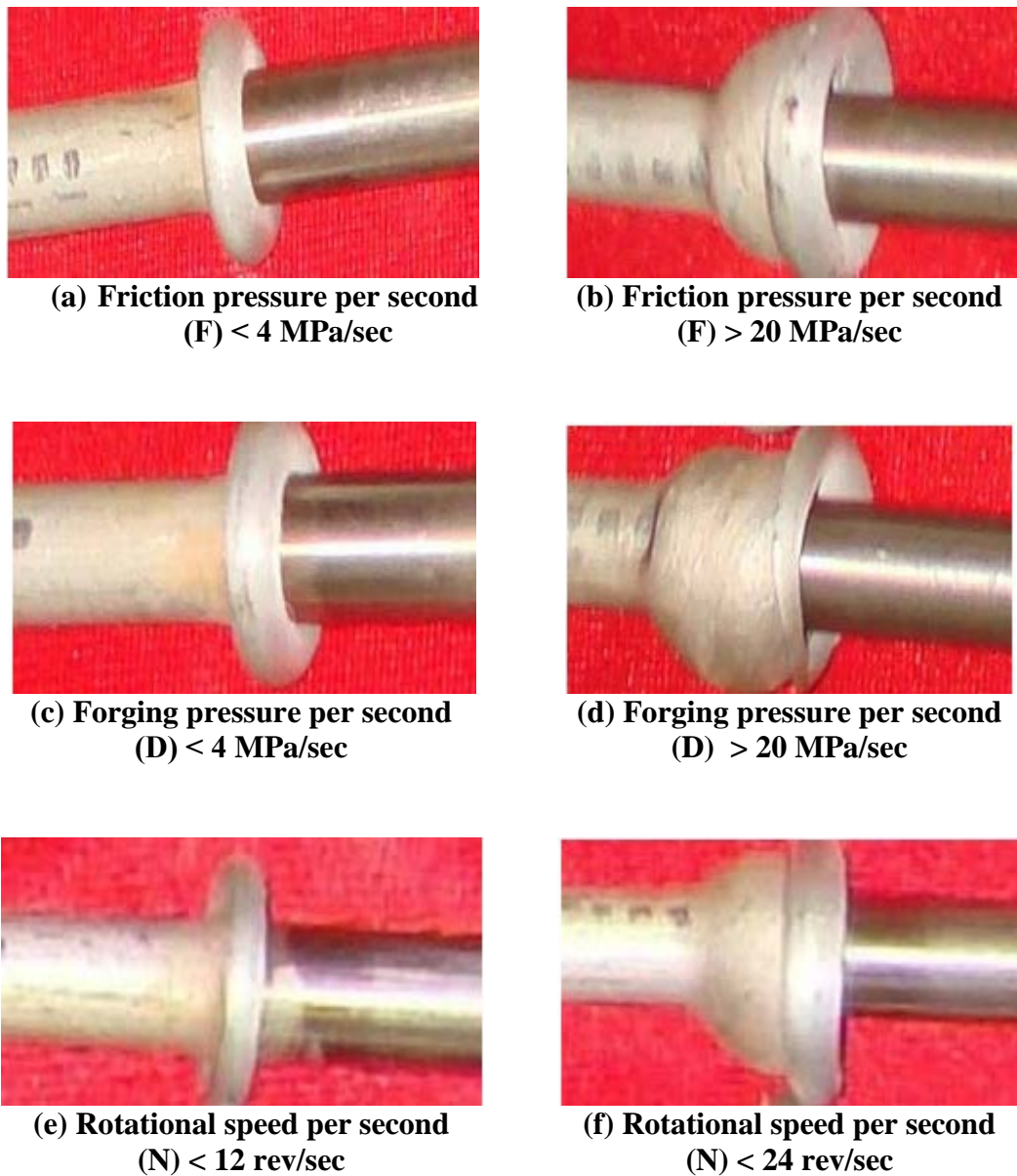
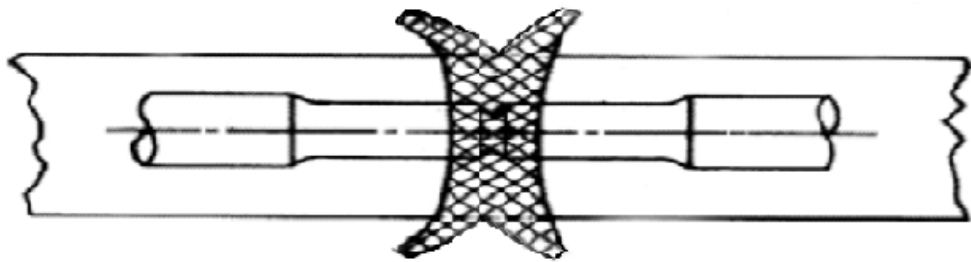


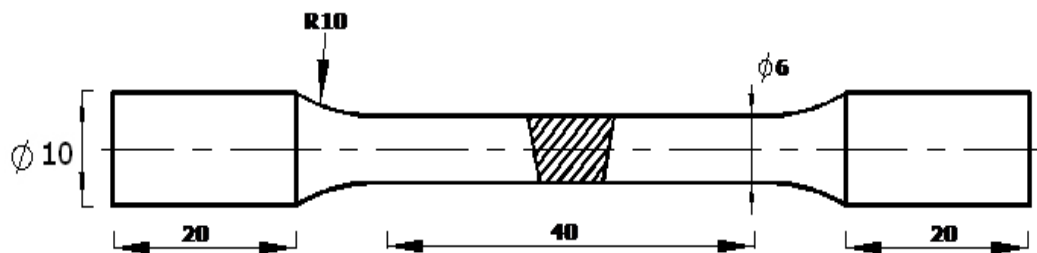
Fig. 2 Photographs of the joint fabricated outside the feasible working limits



Fig. 3 Photograph of Friction welded ASS-Al Joints

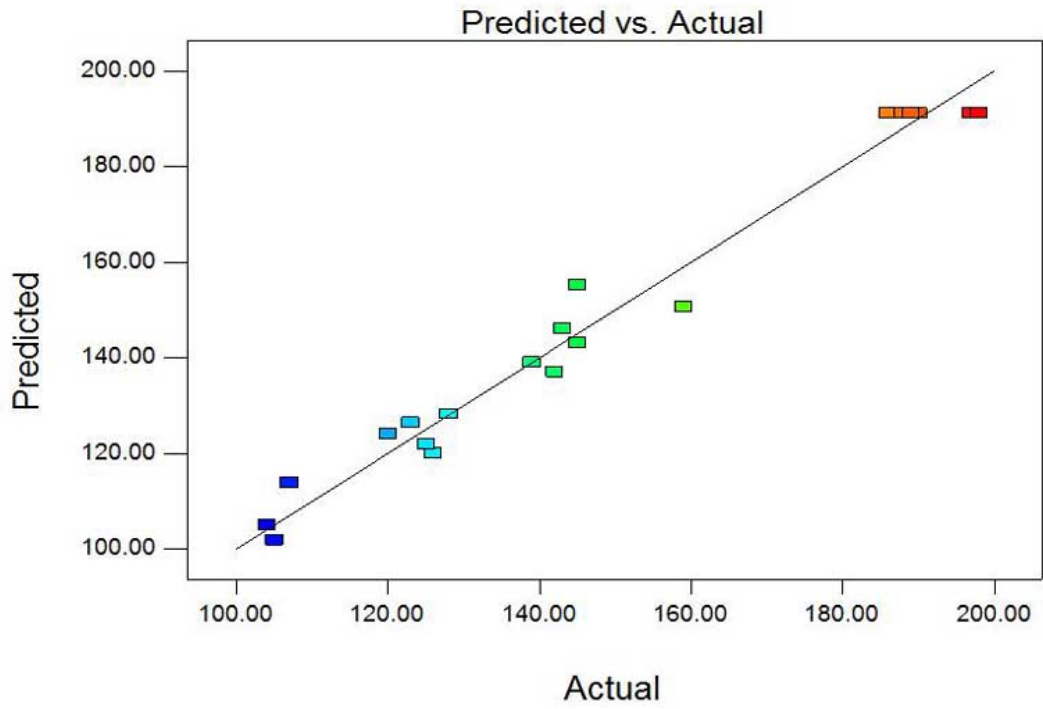


(a) The schematic representation of extraction of tensile specimen

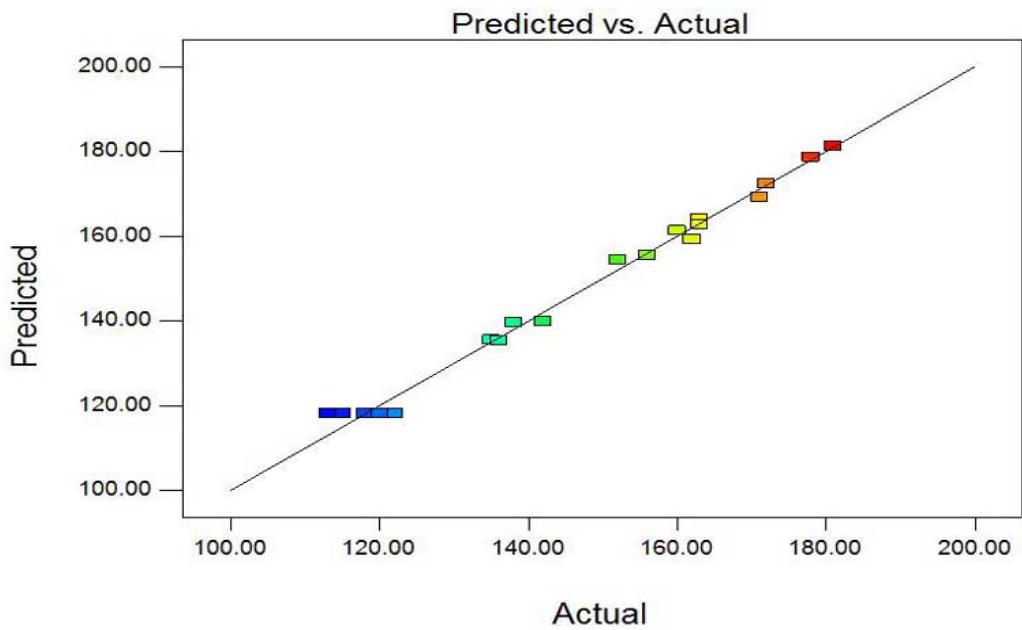


**(b) Tensile Specimen
(All dimensions are in mm)**

Fig.4 Dimensions of tensile specimen



(a) Tensile strength model



(b) Interface Hardness model

Fig. 5 Correlation graphs

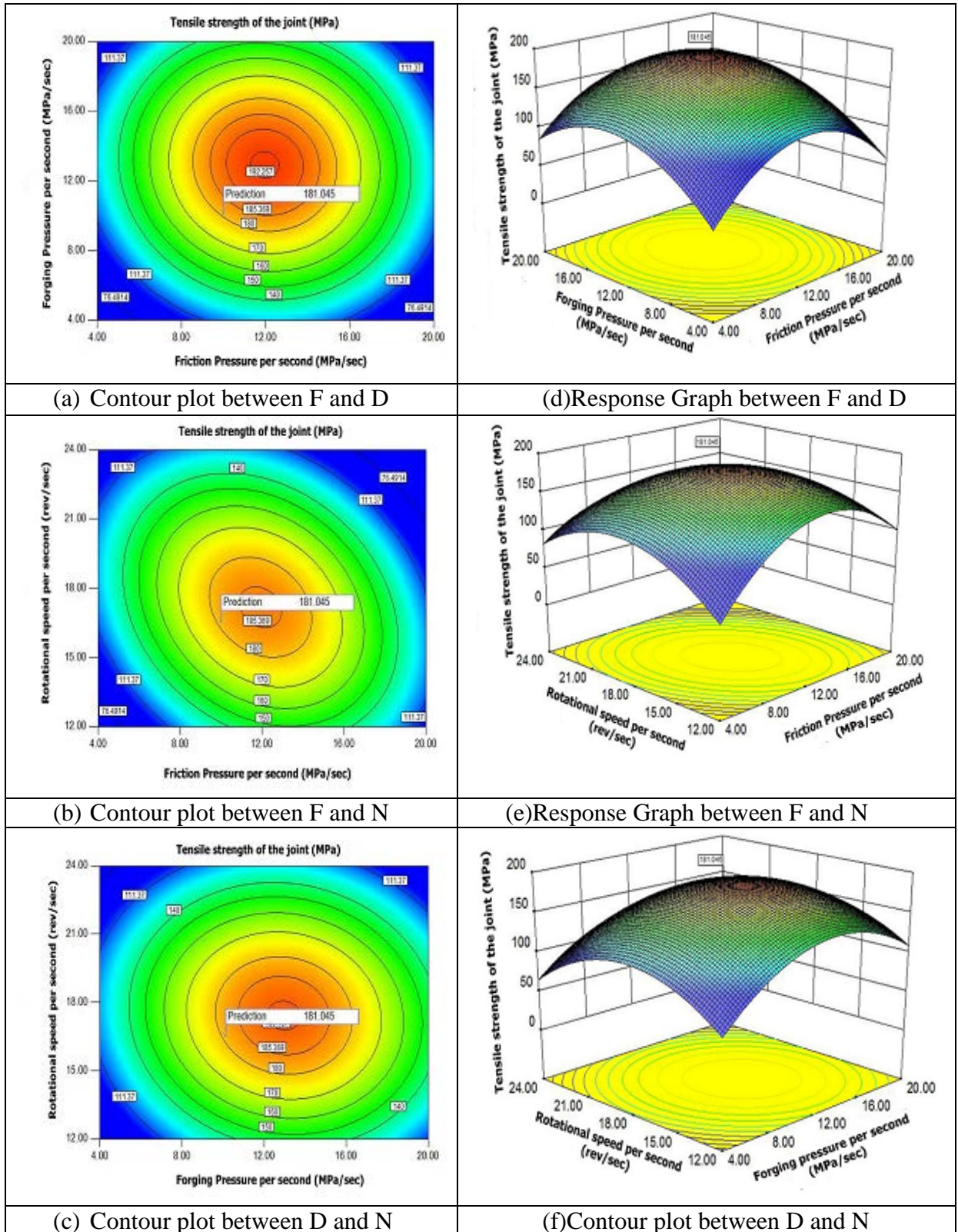


Fig. 6 Response Graphs and Contour Plots for Tensile Strength Model

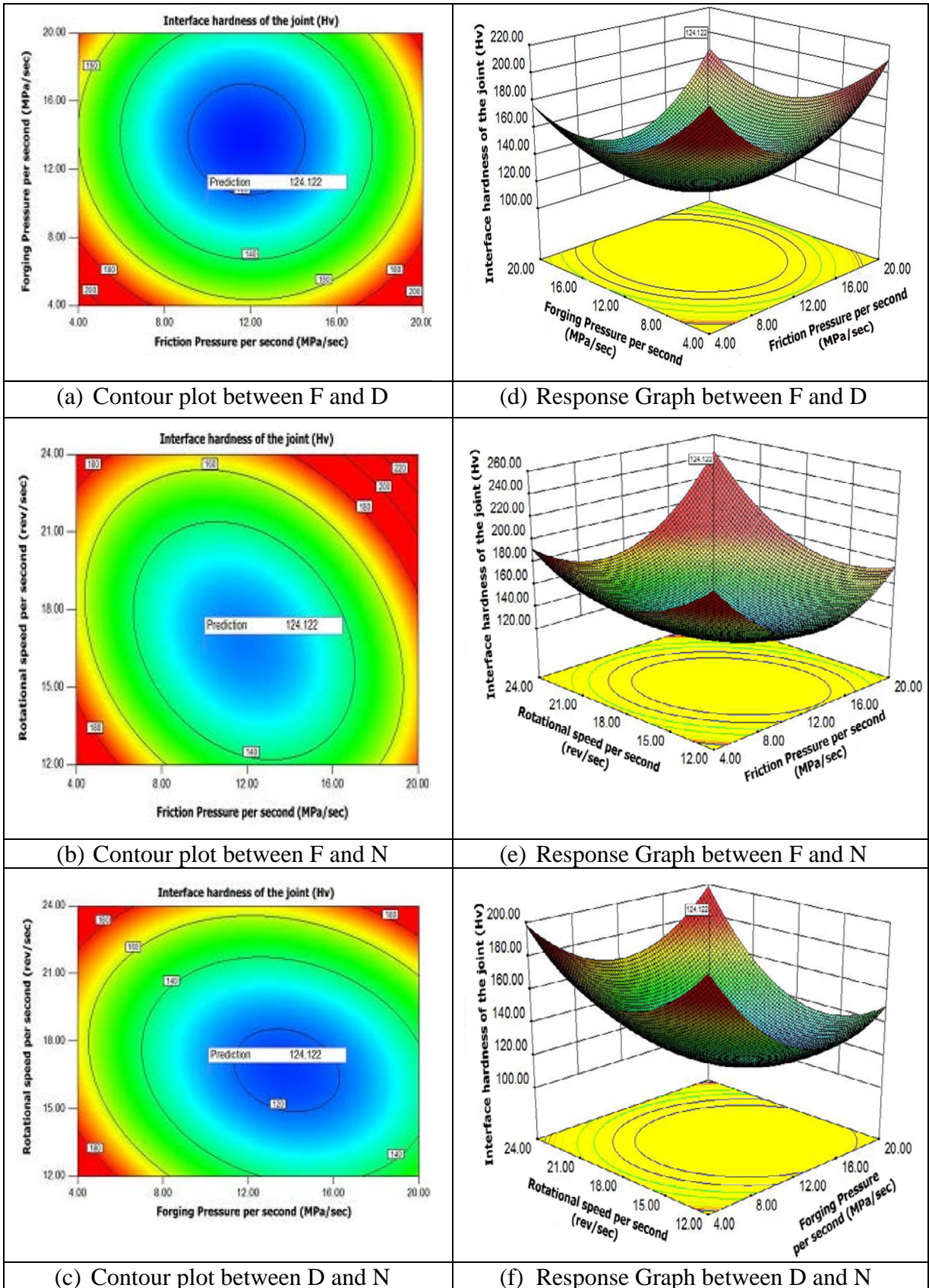


Fig. 7 Response Graphs and Contour Plots for Interface Hardness Model

A WEB-CONTROL BASED STUDENT CLASSROOM ATTENDANCE TRACKING SYSTEM APPLICATION: TUODS

Deniz Mertkan GEZGİN

*Trakya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, 22030 Edirne
e-mail: mertkan@trakya.edu.tr*

ABSTRACT

The focus matter of this study is to track the classroom attendance/absence of students through digital techniques instead of paper-based methods. The purpose is to create and implement an electronic, web-based student attendance tracking system in order to save from paperwork expenses, to save lecture time by eliminating the need for roll calls via an online processing fingerprint ID system and to report attendance/absence data over a student web portal. The study required extensive research and investigation into the structure of biometric fingerprint ID scanner devices and other elements that are required in order to integrate and control these devices with computer software. Consequentially, a Web and Microsoft Windows based computer software has been developed.

Keywords: Biometrics, Fingerprint, Attendance/Absence, Web

WEB KONTROL TEMELLİ BİR ÖĞRENCİ DEVAM/DEVAMSIZLIK TAKİP SİSTEMİ UYGULAMASI: TUODS

ÖZET

Bu çalışmanın ana konusu, öğrenci devam/devamsızlık işleminin artık dijital ortamda kontrol edilmesi ve hesaplanmasıdır. Amaç, maliyetten (kâğıt masrafı) tasarruf, öğrencilerin sınıflara giriş yaparken parmak izi okuma cihazı ile çevrimiçi işlem sayesinde zamandan (ders saatinden) tasarruf ve öğrenci web portalı ile devam/devamsızlık raporlama gibi işlemleri yerine getirebilen bir Elektronik ve Web kontrolleri tabanlı bir devam/devamsızlık öğrenci takip sistemi oluşturmaktır. Bu çalışma kapsamında biyometrik parmak izi okuyucusu cihazların yapısı, yazılım ile bütünleşmiş çalışabilmesi için gerekli elemanları araştırılıp ve

incelenmiştir. Bunun sonucu olarak bir Web ve Windows Tabanlı bir bilgisayar yazılım programı geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biometri, Parmak izi, Devam/Devamsızlık, Web

INTRODUCTION

Especially when the fields of healthcare, security and education are considered, the use of biometric devices in our country has been getting more and more popular recently. (Sönmez et al., 2007). Among the various purposes of use for these devices are the follow-up of employee arrival and departure times and monthly reporting of these. As for the public sector, biometric devices combined with fingerprint identification tools are used in schools to monitor the entries and exits of students from the building. Such systems are generally used at a more hardware-oriented level and in combination with mechanisms such as turnstiles. However, there's still need for a system in which the hardware works along with a sophisticated software component. Such a system could bring an electronic solution to problems regarding the tracking of student classroom attendance in terms of security, timeliness and paper waste. For this reason, a system that is comprised of a biometric fingerprint ID device and a compliant software, which brings a solution to student classroom attendance tracking problems, has been developed and implemented at the sample of Trakya University Department of Computer Education and Instructional Technologies (CEIT) students.

Today, tracking-automation systems that employ biometric devices are actively used and new systems that closely follow the developments in the field of biometry keep emerging rapidly. The most popular ones among these recent systems, which find use in the education sector, are the student attendance tracking system from Perkotek Company (Perkotek,2010) and the personal tracking system from Meyer (Meyer PDKS,2011).

In the development of the web-based student attendance tracking system application: TUODS, the ASP.NET technology and the C# programming language have been used for the web-side of the system, whereas C# programming language has been used for the Microsoft Windows side.

The author shall provide information on biometrics and fingerprint ID systems in Section 2, discuss the existing attendance tracking systems in schools or universities and point out their disadvantages in Section 3, detail the hardware used in compliance with TUODS in

Section 4, explain the attendance tracking software that has been developed and provide the Unified Modeling Language (UML) diagram in section 5 and finally report the results and provide recommendations in Section 6.

BIOMETRICS AND FINGERPRINT IDENTIFICATION

Biometrics is the science of verifying the identity of an individual by analysing biological data, namely the physical attributes or the behavior of the individual (Woodward ve Ark., 2003). Among physical attributes are fingerprints, palm prints, hand geometry and iris and face recognition. As for behavior patterns, autographs, voice and walking style can be considered (Sönmez et al., 2007)

The biometric system scans an attribute or a behavior of an individual and compares it to the pre-generated record stored within a database. The system scans attributes such as fingerprints, hand shape or retina and hence needs to be extremely sensitive and accurate. During the initial acquisition of the individual's anatomical or physiological attributes, accurate and repeated measurements must be made. All biometric systems need to possess the five qualities stated below (Chellappa et al.,1995):

1. Universality: All individuals must carry the said biometric feature.
2. Uniqueness: The biometric characteristic should be different and unique in each individual
3. Constancy: The characteristic should remain constant through the passage of time.
4. Ease of Acquisition: The biometric feature should be easily acquired with practical tools.
5. Acceptability: Individuals should be consenting to the acquisition of the biometric feature (Ergen and Çalışkan,2011)

As a first step, the records of authorized persons such as executives, employers or teachers are entered into the biometric system. This process would take longer than the normal acquisition of records. The reason for this longer duration is the need for acquiring several samples of the same person's attribute for the purpose of education. The number of samples is usually two. As for the normal use, which is also referred to as the online mode, the feature extraction process which is similar to data acquisition but carried out for a single sample follows compression and decompression; after which the matching and decision making stages are carried out. (Kholmatov, 2003)

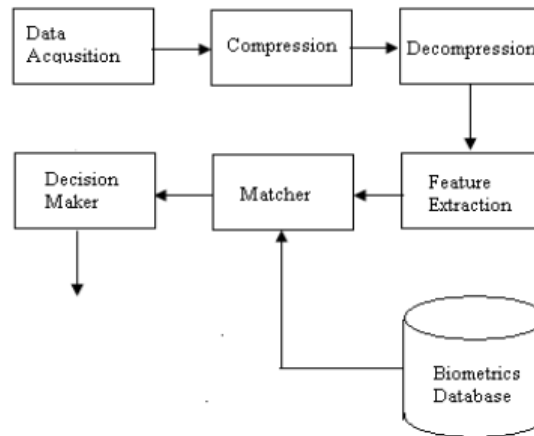


Figure 1. The general operation structure of biometric systems (Şamlı and Yüksel,2009)

The biometric identification systems that exist today are as follows:

- Hand (palm) geometry identification
- Facial recognition
- Blood Vein recognition
- Voice recognition
- Iris recognition
- Retinal recognition
- Fingerprint recognition
- Autograph recognition

Among the biometric methods that have been listed above in bullets, the methods that are the easiest to implement, most cost-efficient, most common and most reliable in terms of recognition are facial and fingerprint recognition methods (Daugman,1993). For the system that is the subject of this study, the fingerprint identification biometric method has been chosen. The fingerprint is a physically unique attribute in every human being (Chikkerur, 2005). The imitations of fingerprints can be prevented today with the use of aliveness-testing fingerprint sensors (Varlık and Çorumluoğlu ,2011). An automated fingerprint identification system (AFIS) that works with this principle usually relies on detecting feature anchor points

in fingerprints and the comparison of the parameters of these with existing records (Sağıroğlu and Özkaya, 2006).

Another interesting system recently developed in the field of biometrics is the palm-based tracking system which scans blood vein patterns in the palm of the human hand. As of today, individuals who seek services in the offices of the Turkish Social Security Institution found in 20 provinces are identified by palm prints rather than citizenship ID's, driver's licenses, passports or certificate of marriage; therefore providing an effective solution against fraud and similar forms of abuse.

EXISTING ATTENDANCE TRACKING PROCESSES AND THEIR DISADVANTAGES

Currently, attendance tracking in schools is usually carried out with traditional pen and paper methods, which has several disadvantages, such as:

- Paperwork expenses
- Loss of precious classroom time due to time taken in collecting signatures
- Students signing on behalf of their absent classmates
- Loss of attendance sheets causing the loss of all relevant attendance data
- Difficulty in accurately following up the attendance statuses of students for a particular class, causing pressure on the lecturer.

An electronic system has been developed in order to overcome the said disadvantages. The aim is to achieve the following:

- Entries into the attendance system made upon entering the classroom
- Singular key with a fingerprint ID system.
- Solution for the paperwork expenses.
- Providing attendance reports to students with web support
- Control provided to lecturers with updated administrative panel
- Secure processes, retrospective access

THE HARDWARE USED WITH THE STUDENT ATTENDANCE TRACKING SYSTEM APPLICATION AND THE SYSTEM FLOW STRUCTURE

The following hardware have been used for the creation of the TUODS System.

a- Fingerprint ID Scanner

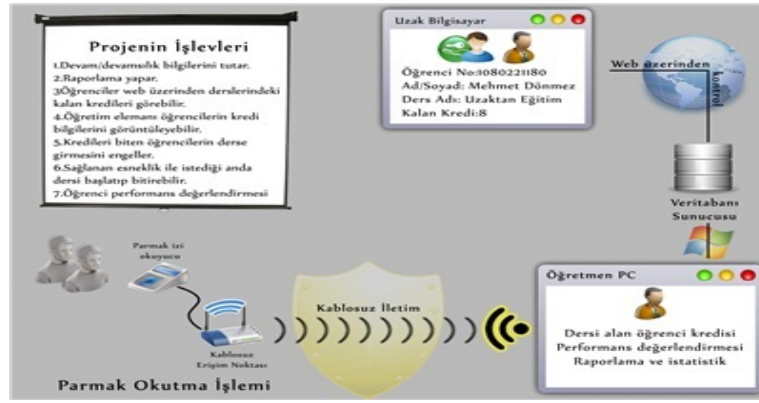
A device that enables the acquisition of fingerprint data from students. Supports TCP/IP, interface and audio feedback languages include Turkish, wall-mounted device can store more than 3000 fingerprint ID records and hold more than 100000 log entries. Technical specifications for the fingerprint ID scanner is as follows: Model ZKSoftware T4, Capacity: 3000 Fingerprints/50.000 Log Biometric Fingerprint Time Control (PKS) and Optical Glass Sensor, Ring alerts, TCP/IP, RS232/485 LCD Display ,Keypad.

b- Desktop or Laptop Computer

The software that runs on the Microsoft Windows side runs on a standard desktop or laptop computer, which is connected to the fingerprint ID scanner and which the lecturer uses to run the lecture modules on. Today, laptops are preferred more frequently due to mobility and default wireless connectivity advantages. The specifications of the Desktop PC used for the study is as follows: Intel Core i5 – 320 GHz processor, 6 GB's of RAM, 560 GB HDD , 17" LCD monitor, CPU case, keyboard, mouse and Windows 7 Ultimate-64 bit as operating system.

c- Wireless Access Point

The connection between the computer and the fingerprint ID scanner is made via data cables normally. However, it is also possible to connect the fingerprint ID scanner to a wireless access point in order to establish connection between it and the computer. The wireless connectivity standard to prefer is 802.11n. Technical specifications for the Wireless Router used for the study is as follows: Asus RT-n13U , 1 x RJ45 for 10/100 BaseT Wan Port , 4 x RJ45 for 10/100 BaseT Lan Ports , 1 x USB 2.0 Port and WPS.



Şekil 2. The Operation of the Tuods System and the Hardware Infrastructure

SYSTEM SOFTWARE

This system software has been tested on the 4th year students of Trakya University Faculty of Education Department of Computer Education and Instructional Technologies during the Spring semester of the 2011-2012 academic year. The classroom attendance of 40 students have been tracked for one semester with this system. The system has been employed through two modules namely the Windows-based instructor's module and web-based student's module.

a-Microsoft Windows Based Lecturer Module Software

The TUODS Windows based module works in compliance with the Fingerprint scanner device. As shown in Figure 3, this module can connect to the fingerprint scanner device in either wired or wireless modes. The lecturer may log on to the system with the username and password that belongs to him and create virtual classrooms for departments that he gives lectures in. When the time of the said class comes, he logs on at the respective virtual classroom and proceeds to take into the classroom the students of the said class one by one, acquiring their fingerprint ID's in the process. He may choose to end the acquisition process manually or set it to end after a predefined duration. He may generate reports regarding the attendance data of the students and make changes on these. This software normally works on a classroom computer or the lecturer's mobile personal computer.

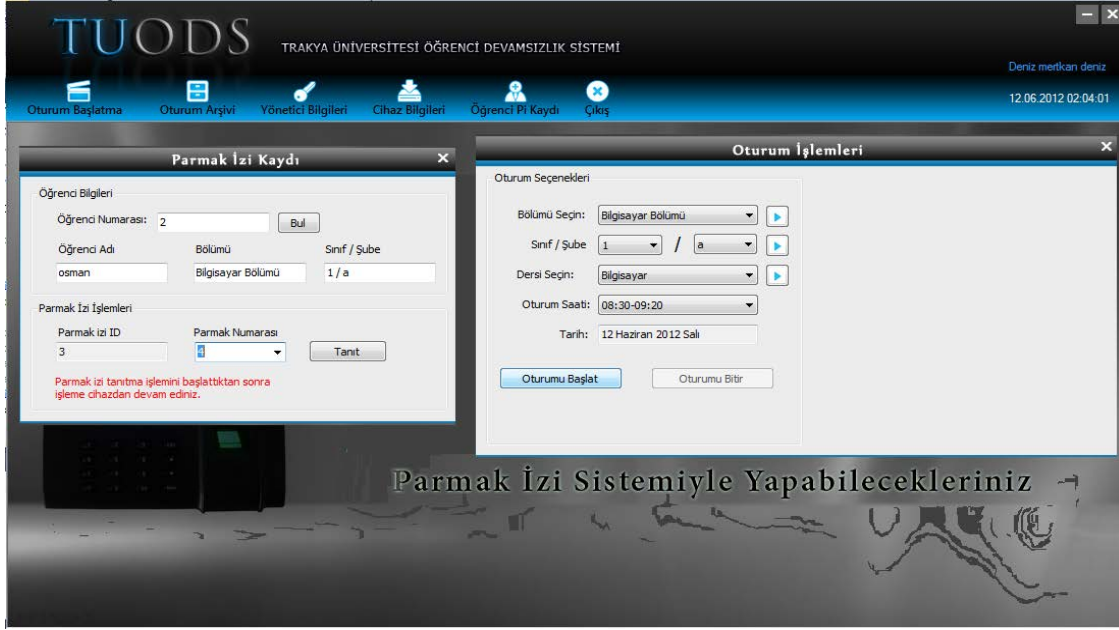


Figure 3. Tuods Windows Based Module Fingerprint ID Registry and Session Preferences Screen

b- Web Based Student and Administrator (Lecturer) Module Software

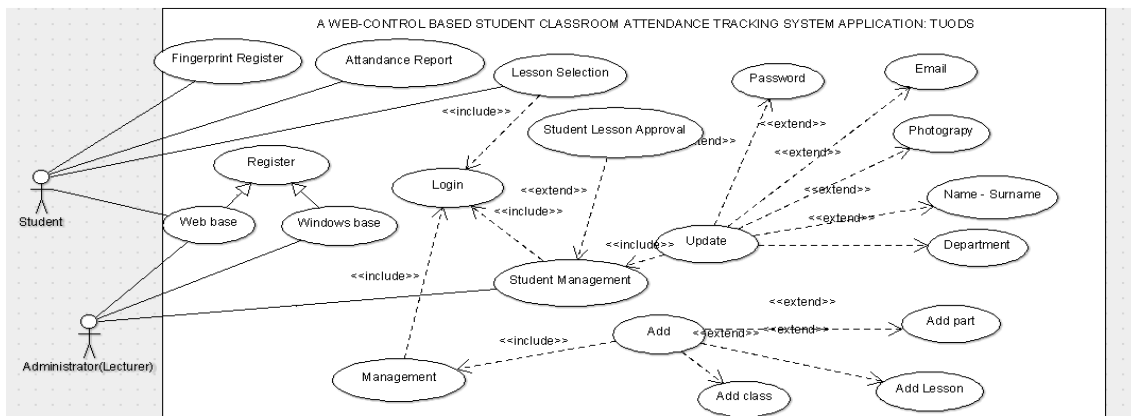
The students that are registered in the TUODS student module are allocated to their respective classes by their lecturers after the former choose pick the classes they will take in the beginning of the semester. The students' names do not show up on the attendance tracking list for the classroom in case they have not picked the said class, preventing them from continuing the class. After they pick their classes, the web based module can list which classes they are taking, how much of their absence quota they have used, which class hours they have missed and how much credit they have left from a particular class. Therefore, the student may log on to the web based module and access information about his attendance any time he likes.



Figure 4. TUODS Web Based Module Log On Screen



Figure 5. TUODS Student Absence Report Screen



Şekil 5. The Use-Case UML Diagram for the TUODS Software (UML Modelling Tools, 2011)

RESULTS AND DISCUSSION

During this study, a web-control based student attendance/absence tracking system application named TUODS has been developed. This way, a more secure, controlled, cost-efficient and socially & environmentally responsible alternative to traditional absence tracking systems has been developed. Another advantage of this system is its relatively low cost. The outsourcing of the software product has been prevented and the newest technologies have been used in its development. The system is fully upgradeable, providing the ability to customize according to emerging needs. In cases of loss of Internet connectivity, the system may encounter problems, for which case a back-up system may be implemented on the

computer that holds the records and asynchronous syncing of the data on the computer may be carried out once the connectivity has been restored. Keeping the accuracy of the fingerprint ID scanner high may help the processes to take shorter time.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank the Trakya University Department of Scientific Research Projects, which has funded the research and my respected colleague Asst. Prof. Dr. Cem Çuhadar, who has reviewed the article before printing and provided valuable advice.

REFERENCES

- [1]. CHELLAPPA R., WILSON C. L., SIROHEY S., Human and machine recognition of faces: A survey. *Proceedings IEEE*, 83(5):705-740, 1995.
- [2].CHIKKERUR S. S., Online Fingerprint Verification System, *Master Thesis*, 2005 , StateUniversity of New York
- [3].DAUGMAN J. G., High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence, *IEEE Trans. Pattern Analysis and MachineIntelligence*, Vol. 15, No. 11, pp. 1148-1161, 1993.
- [4].ERGEN B.,ÇALIŞKAN A., “Biyometrik Sistemler ve El Tabanlı Biyometrik Tanıma Karakteristikleri”, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 455-460,2011.
- [5].KHOLMATOV A. A., Biometric Identity Verification Using On-Line & Off-Line Signature Verification ,*Springer*.2003
- [6].MEYER PDKS, <http://www.meyer.com.tr/pdks.htm>, 2011.
- [7].PERKOTEK öğrenci Takip Sistemi, <http://www.perkotek.com/12/220/detay/ogrenci-takip-sistemi/>, 2010.

[8].SAĞIROĞLU Ő., ÖZKAYA N., Otomatik Parmak izi Tanıma Sistemlerinde Kullanılan Önişlemler İçin Yeni Yaklaşımlar, *Gazi Üniv.Müh. Mim. Fak. Der.* Cilt 21, No 1, 11-19,2006.

[9].SOSYAL GÜVENLİK KURUMU (SGK) , <http://www.sgk.gov.tr/>,2012

[10].SÖNMEZ E. B., ÖZBEK N. Ö., ÖZBEK Ö. , Avuç İzi ve Parmak İzine Dayalı Bir Biyometrik Tanıma Sistemi, *Akademik Bilişim'07 - IX. Akademik Bilişim Konferansı.* 577-582,2007, Kütahya.

[11].ŞAMLI R.,YÜKSEL M. E. , “Biyometrik Güvenlik Sistemleri”,*Akademik Bilişim'09*, 683-689,2009, Şanlıurfa

[12].UML BLOG ,<http://univera-ng.blogspot.com/2009/11/uml-ve-modelleme-bolum-3-use-case.html>,2012

[13]. UML MODELLING TOOLS,<http://argouml.tigris.org/>,2011.

[14].VARLIK A., ÇORUMLUOĞLU Ö., Dijital Fotogrametri Teknikleri İle Kişi Tanıma , *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 3, No: 2, 1-24, 2011.

[15].WOODWARD J. D., ORLANS N.M. , HIGGINS P. T. ,*Biometrics, McGraw-Hill*, 2003.

3D MODELLEMEDE KULLANILAN ARDIŞIK YANSITMALIYAPILANDIRILMIŞ IŞIKYÖNTEMLERİ

¹Eser SERT, ²Deniz TAŞKIN, ³Olca ÖZCAN, ⁴Cem TAŞKIN, ⁵Kenan BAYSAL

¹Trakya Üniversitesi, Edirne Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik Teknolojisi Programı, Edirne

email:esersert@trakya.edu.tr

²Trakya Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Edirne

email:deniztaskin@trakya.edu.tr

³Namık Kemal Üniversitesi, Hayrabolu Meslek Yüksekokulu, Bilgi Yönetimi Programı, Tekirdağ

email: moozcan@nku.edu.tr

⁴Trakya Üniversitesi, Tunca Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojisi Programı, Edirne

email:cemtaskin@trakya.edu.tr

⁵Namık Kemal Üniversitesi, Hayrabolu Meslek Yüksekokulu, Bilgi Yönetimi Programı, Tekirdağ

email: kbaysal@nku.edu.tr

ÖZET

Yapılandırılmış ışık tekniği, nesnelerin 3D modellemesini gerçekleştirmede en güvenilir temassız ölçüm yöntemlerinden birisidir. Yapılandırılmış ışık tekniğinde, kalibre edilmiş kamera-projeksiyon çifti ve bilgisayar kullanılmaktadır. Projeksiyon, sahneye belirli kodlama yöntemleri aracılığıyla kodlanmış desenleri yansıtmaktadır. Sonra, kamera aracılığıyla bu desenlerin fotoğrafları alınmaktadır. Yansıtılan ve kameradan alınan desenler arasındaki ilişki yorumlanarak 3D derinlik bilgisine ulaşılmaktadır. Yapılandırılmış ışık sisteminde kullanılan kodlama yöntemi, elde edilecek 3D görüntünün kalitesini yakından etkilemektedir. Bu çalışmada ardışık yansıtma temelli yöntemler incelenmiş ve bu yöntemler çeşitli yönlerden karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yapılandırılmış ışık, 3D Modelleme, Üç Faz Kaydırma Algoritması, Ardışık Yansıtma Yöntemleri

SEQUENTIAL PROJECTIVE STRUCTURED LIGHT METHODS USED FOR 3D MODELING

ABSTRACT

Structured light technique is the most reliable contactless measurement method for the realization of the 3D modeling of the objects. In the structured light technique, calibrated camera-projection pairs and PC are used. The projection reflects the coded patterns, which have been coded by specific methods, on to the scene. Then, the photos of these patterns are taken by the camera. By making comment about projected and taken patterns from camera, the 3D depth information can be reached. The coding method used for structural light system will closely affect the quality of 3D image that will be obtained. In this study, sequential projection based methods have been reviewed and this methods have been compared in various ways.

Key Words: Structured Light, 3D Modeling, Three Phase Shifting, Sequential Projection Methods

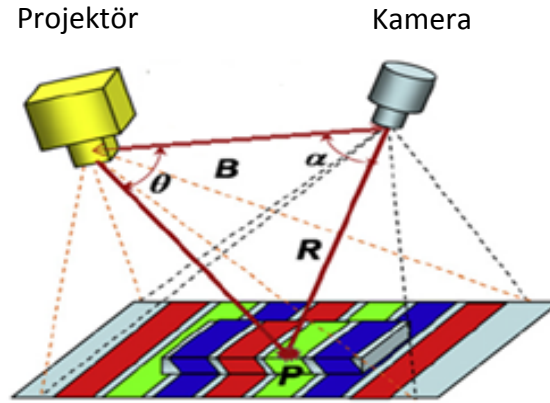
1. GİRİŞ

Klasik kameralarla alınan görüntüler 2 boyutlu olduğundan derinlik bilgisi içermezler. Bu durum gerçek dünyayı algılamakta sorunlar yaratabilmektedir. 3D teknolojisinin 2 boyutlu görüntülerden farklı olarak sunmuş olduğu derinlik bilgisi, nesnelerin sayısal sistemler tarafından daha doğru yorumlanmalarına olanak sağlamaktadır. Bu avantajlardan dolayı 3D görüntüleme teknolojileri savunma sanayi, tıp, eğitim ve sanayi alanlarında yaygınlıkla kullanılmaktadır.

Son yıllarda 3D modelleme ve görüntüleme teknolojilerinde hızlı gelişmeler yaşanmaktadır. Nesne ya da nesnelerin 3D modelini çıkarmak için kullanılan en etkili çözümlerden birisi yapılandırılmış ışıkla modellemedir.

Bir yapılandırılmış ışık modeli, 3D şekil ölçümü için Şekil 1’de görülmekte olan kamera ve projeksiyon ikilisinden oluşan bir sistemi kullanmaktadır. Belirli yöntemler ile kodlanan yapılandırılmış ışık desenlerini yansıtmak için projeksiyon makinesi kullanılır.

Kamera ise sahnenin fotoğrafını bilgisayara aktarmaktadır. Sahne görüntüleri bilgisayar tarafından işlenerek 3D bilgisine ulaşılmaktadır.



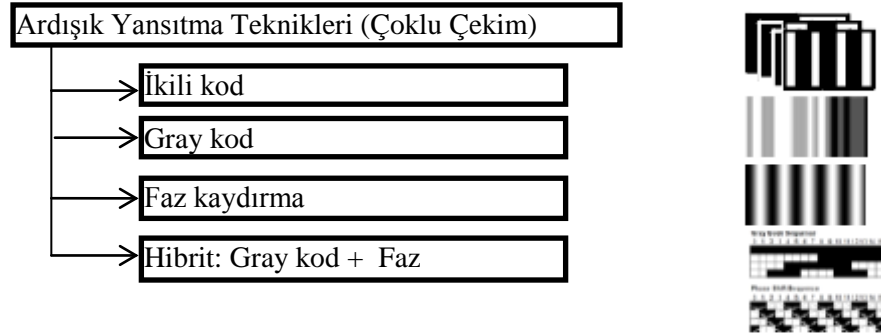
Şekil 1: Sahnede 3D nesne(Geng, 2011)

Bu görüntüler işlenirken, sahnede bulunan nesnenin yansıtılan yapılandırılmış ışıkta meydana getirdiği bozulma miktarı dikkate alınmaktadır. Sahnede bulunan nesnenin derinlik miktarına paralel olarak yapılandırılmış ışık deseninde bozulmalar meydana gelmektedir. Benzer biçimde nesnenin derinliği sıfıra yaklaştığında, yapılandırılmış ışık desenindeki bozulma da azalmaktadır.

Yapılandırılmış ışıkla üç boyutlu modelleme tekniğinde sahneye yansıtılan desenler değişik kodlama türlerine sahip olabilmektedirler. Bu türlere örnek olarak ardışık yansıtma, sürekli değişen, şerit indeksleme, ızgara indeksleme ve hibrit metotları verilebilir. Bu çalışmada ardışık yansıtmalı (çoklu çekim) 3D yüzey görüntüleme teknikleri incelenmiştir.

2. 3D GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Yapılandırılmış ışık ile 3D modellemede çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemler tekli çekim ve çoklu çekim olarak iki ana gruba ayrılmaktadırlar. Ardışık yansıtma tekniklerinde (çoklu çekim) birden fazla desen sahneye yansıtılıp fotoğrafları alınmaktadır. Tekil çekimde ise sadece tek bir desen sahneye yansıtılıp fotoğrafı alınmaktadır. Yapılandırılmış ışık ile 3D yüzey görüntüleme işleminde kullanılan teknik, elde edilecek 3D modelin performansını yakından etkilemektedir. Bu çalışmada, Şekil 2’de görülmekte olan ardışık yansıtmalı 3D yüzey görüntüleme tekniklerinin tamamı incelenmiştir.



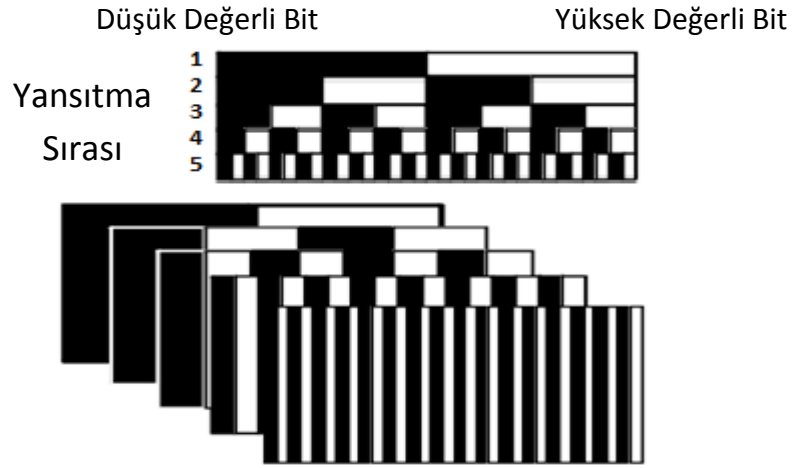
Şekil 2:Yapılandırılmış ışık Temelli 3D Görüntüleme Tekniklerinin Sınıflandırılması

3.ARDİŞIK YANSITMA TEKNİKLERİ

Ardışık yansıtma teknikleri kendi arasında ikili kod, gray kod, faz kaydırma ve hibrit tekniği olmak üzere dörde ayrılmaktadır

3.1 İkili Kod

Bu teknikte, 0 ve 1 olarak kodlanmış yalnızca iki aydınlatma düzeyi kullanılmaktadır. 0 ve 1,desende siyah ve beyaza karşılık gelmektedir. İkili desenin her pikseline karşılık gelen kendi kodu mevcuttur; bu kod kelimeleri ise 0 ve 1'lerin sırasıyla belirlenmiştir. Bir kod kelimesi yalnızca sıralama tamamlandığı zaman elde edilmektedir. Nesnenin yüzeyindeki her bir nokta, diğer noktadaki kodlamadan farklı benzersiz bir koda sahiptir. 1981'de ilk defa **Posdamer ve Altschuler** tarafından desenin 2^m şerit kodlayabildiği ortaya konmuştur. Şekil 3'te 5-bit'lik yansıtılan desen modelleri gösterilmektedir. Öncelikle bu desenler sırayla sahneye yansıtılmaktadır. Böylece benzersiz şeritlerle 32 (2^5) adet farklı alan kodu oluşturulur(Geng, 2011; Salvi vd. 2004).

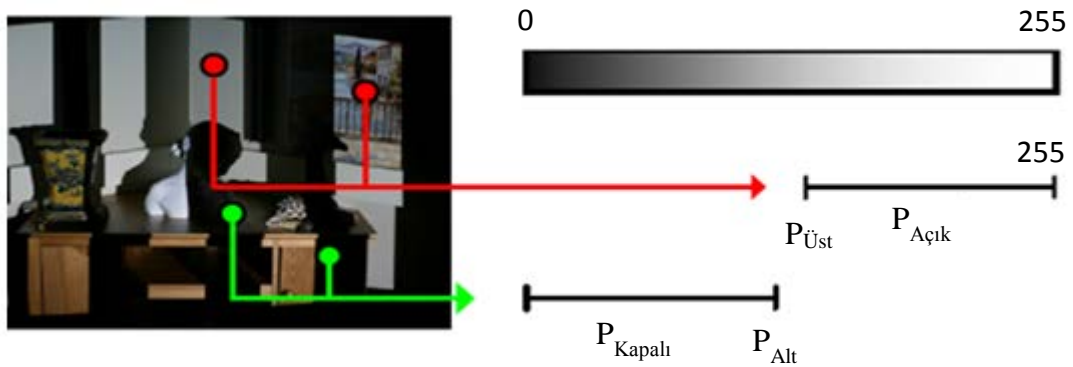


Şekil 3:3D Görüntüleme İçin İkili Kodlanmış Desen Yapısı

3.1.1 İkili Desenin Yansıtıldığı Resimde Piksel Yoğunluklarını Elde Etme

8 bit kapasiteli bir kameranın çıkış değer aralığı $[0 \ 255]$ arasındadır. Bu değer aralığı ise P_{on} ve P_{off} olarak sınıflandırılabilir. Piksel sınıflandırma metotları bu iki aralığın üst ve alt sınırına göre belirlenmektedir.

İkili desen yansıtılan bir sahneden alınan görüntü Şekil 4'te verilmiştir (Xu ve Aliaga, 2007). Şekilde, ikili desenin beyaz (aydınlık) kısımlarına karşılık gelen bölgelerin yoğunluk değeri $[p_{üst} \ 255]$ arasında; siyah (karanlık) kısımlarına karşılık gelen bölgelerin yoğunluk değeri $[0 \ p_{alt}]$ arasındadır. Şekil üzerinde bu aralıklar kırmızı ve yeşil çizgiyle işaretlenmiştir.



Şekil 4:Eşikleme Yöntemiyle Pikselleri Sınıflandırma

Temel eşikleme yöntemi ile, pikselin p yoğunluğunun $[0 \ p_{alt}]$ aralığına girdiğinde $P_{kapalı}$ olması, $[p_{üst} \ 255]$ aralığına girdiğinde de $P_{açık}$ olması sağlamaktadır. Bu şekilde sahnedeki tüm pikseller sınıflandırılmaktadır. İkili şeridin bir periyodunu temsil eden

piksellerin sayısı P_n 'dir. İkili dizi 1 numaralı denkleme bağlı olarak elde edilmektedir (Xu ve Aliaga, 2007; Song vd., 2011).

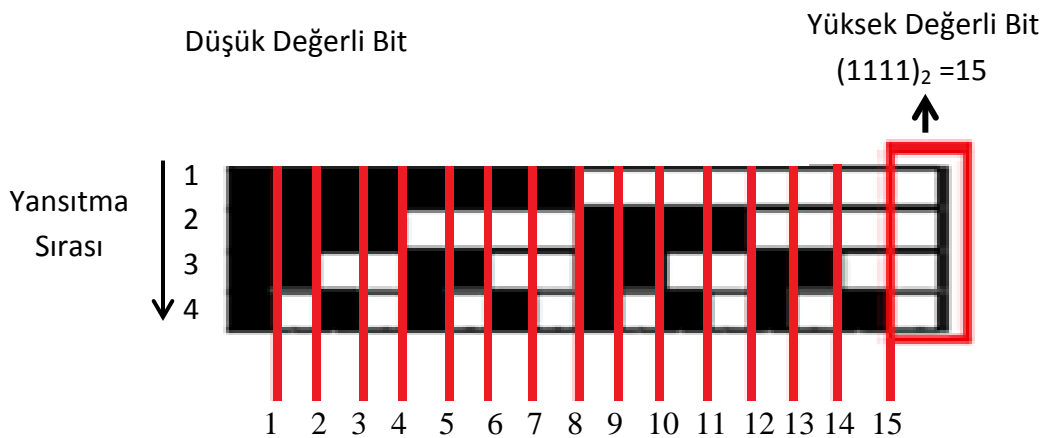
$$B_k(x,y) = \begin{cases} P_{\text{kapalı}}(0) \text{MOD} [\text{Int} (2x/ P_n)] = 0 \\ P_{\text{açık}}(1) \quad \text{Değilse} \end{cases} \quad (1)$$

Sahnede bulunan nesnelerin oluşturduğu gölgeler, nesne ya da zeminin geometrisinden kaynaklanan sorunlar gibi faktörlerden dolayı piksel sınıflandırmada hatalar olabilmektedir. Bu sorunları azaltmak için farklı sınıflandırma algoritmaları geliştirilmiştir.

3.1.2 İkili Kod temelli Kodlama ve Kod çözme

İkili desenin yansıtıldığı sahne görüntüsü kamera tarafından alınır. Alınan bu desenlerin kesitlerinin aynı zamanda paralel sıralanması sonucunda Şekil 5'teki görüntü elde edilebilmektedir. Dört bitlik ikili sayı için 2^4-1 bağıntısına bağlı olarak 15 kenar oluşmaktadır.

Kod çözme sürecinin başlangıcında, kamera görüntülerinin pikselleri sınıflandırılarak sayısallaştırılır. Ardından dört adet desenden alınan örnekleme noktalarına karşılık gelen ikili değerler birleştirilerek kod kelimelerine ulaşılır. Örneğin sıra numarası 15 olan kesitin örnekleme noktaları birleştirildiğinde ikilik tabanda 1111 sayısı elde edilmektedir. İkili tabanda 1111'in onluk tabandaki kod karşılığı ise 15'tir. Bu şekilde ilgili kodun sıra numarasına ve onluk tabandaki karşılıklarına ulaşılmaktadır. Elde edilen ikili kodlar derinlik bilgisine ulaşmak için kullanılmaktadır.



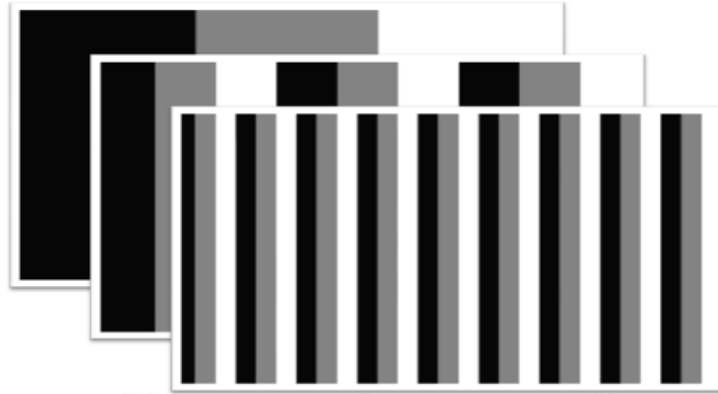
Şekil 5: Zaman sırasına göre ikili desenlerin paralel dizilimi

3.1.3 3D Modeli Elde Etme

Bu adım, ikili kodlama tekniğiyle taranmış olan nesnenin 3D modelini çıkarmak için gerekli süreci içermektedir. Bu süreç sırasında elde edilen derinlik haritası ile nesne ve arka plana ait doku 3 boyutlu modeli oluşturacak biçimde birleştirilmektedir.

3.2. Gray Kod

İkili kodlamada ihtiyaç duyulan desen sayısını azaltmak için geliştirilmiş olan görüntüleme tekniğidir. Desenlerde A farklı düzeyde yoğunluk değişimi sağlanarak ikili koda göre daha fazla şerit elde edilmektedir. Bu durumda B desen A^B şerit kodlayabilir. Örneğin, $B=3$ ve $A=8$ ise, benzersiz kodlu şeritlerin sayısı $512 (=8^3)$ olarak bulunabilmektedir. Karşılaştırıldığında, ikili kodla 512 şerit için oluşturmak için 9 desene ihtiyaç duyulurken, gray kodlamada aynı şerit sayısını 8 desenle oluşturmak mümkündür. Şekil 6'da, örnek gray kodlanmış desen dizisi görülmektedir. Şekilde, $A=3$, $B=3$ olduğu için benzersiz şerit sayısı $27(3^3)$ olarak bulunabilmektedir (Geng, 2011).



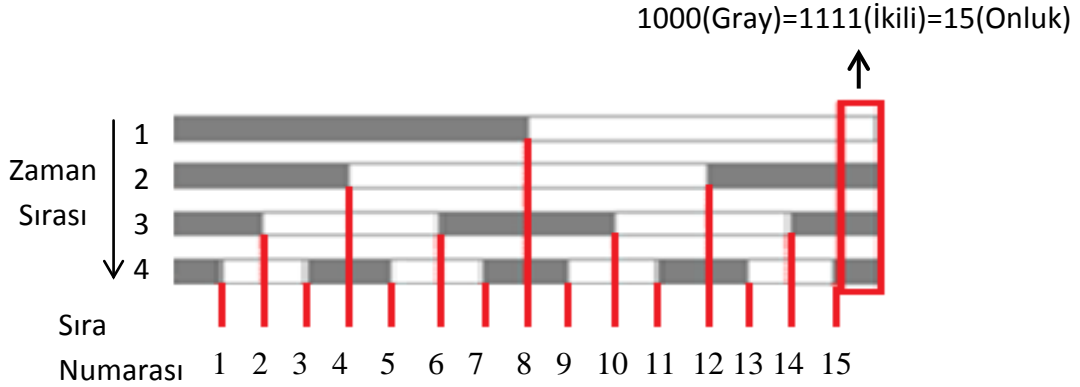
Şekil 6: 3D Görüntüleme İçin Gri Seviye Kodlama ($A=3$, $B=3$)

3.2.1 Gray Kod temelli Kodlama ve Kod çözme

Gray desenin yansıtıldığı sahne görüntüsü kamera tarafından alınır. Alınan bu desenlerin kesitlerinin aynı hızda paralel sıralanması sonucunda Şekil 7'deki görüntü elde edilebilmektedir. Dört bitlik ikili sayı için 2^4-1 bağıntısına bağlı olarak 15 kenar oluşmaktadır.

Kod çözme sürecinin başlangıcında, kamera görüntülerinin pikselleri sınıflandırılarak sayısallaştırılır. Ardından, dört adet desenden alınan örnekleme noktalarına karşılık gelen ikili değerler birleştirilerek gray kod kelimelerine ulaşılır. Örneğin, sıra numarası 15 olan kesitin gray kod karşılığı 1000, ikili kod karşılığı 1111 ve onluk tabanda kod karşılığı 15'tir. Bu

şekilde ilgili kodun sıra numarasına ve onluk tabandaki karşılıklarına ulaşılmaktadır. Elde edilen ikili kodlar derinlik bilgisine ulaşmak için kullanılmaktadır. Şekil 7’de,gray kodlu desenlerin iç kenarları birbiriyle kesişmemektedir. Bu nedenle kodların değerlendirmesinde hata yapma olasılığı düşmektedir.

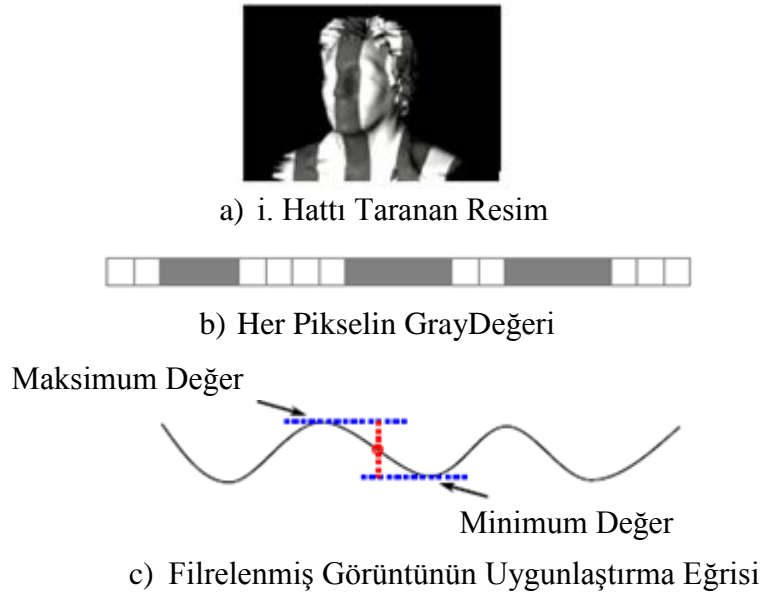


Şekil 7:Zaman Sırasına Göre Gray Desenlerin Paralel Dizilimi

3.2.2. 3D Modeli Elde Etme

Bu adım, ikili kodlama tekniğiyle taranmış olan nesnenin 3D modelini çıkarmak için gerekli süreci içermektedir. Bu süreç sırasında elde edilen derinlik haritası ile nesne ve arka plana ait doku 3 boyutlu modeli oluşturacak biçimde birleştirilmektedir.

Şekil 8’de, yatay tarama ve eğri uygunlaştırma işlemine ait şekiller verilmiştir. Modellenecek nesne üzerine gray desen yansıtılmış, i. hat taranmış ve her bir pikselin gri değeri Şekil 8.b’de gösterilmiştir. Desenin filtrelenmesinden sonra gri seviyesinin sinyal değişimi Şekil 8.c’de görülmektedir. Bu sinyalin üst ve alt limitlerine bağlı olarak ortalaması bulunarak Şekil 8.c’de bu sonuç işaretlenmiştir. Bu işlemin sonunda kenar tespiti gerçekleşmektedir(Wu vd., 2006).



Şekil 8: Yatay tarama ve Eğri uygunlaştırma(Wu vd., 2006)

3.3 Faz Kaydırma

Faz kaydırma, 3D yüzey görüntüleme için iyi bilinen bir 3D görüntüleme metodudur. Faz-kaydırma metodları yaygın avantajlarından dolayı ölçümlerde sıklıkla kullanılmaktadır. **Zhang, Sansoi Srinivasan** vd. tarafından faz kaydırma tekniği konusunda çalışmalar yapılmıştır.

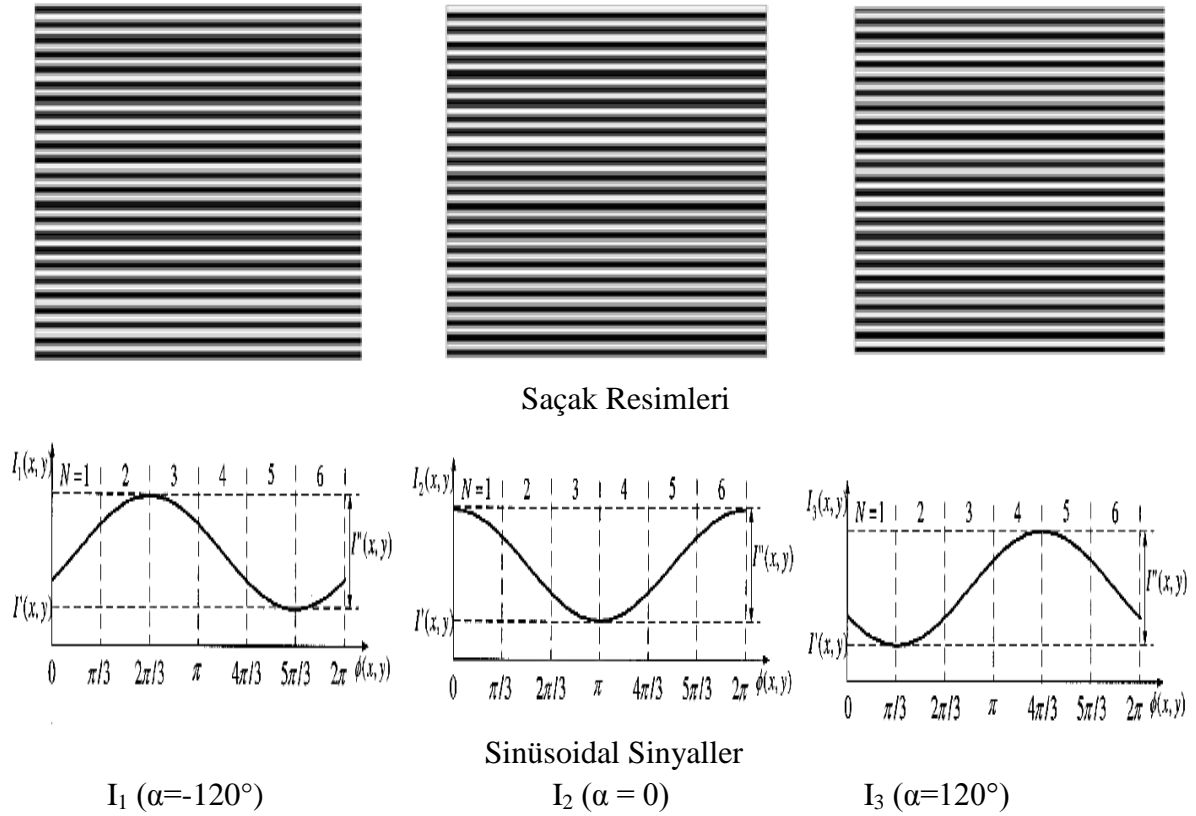
3D modellemesi yapılacak nesne üzerine yansıtılacak saçak desenlerinin parlaklıkları (Zhang, 2010):

$$I_1(x,y) = I'(x,y) + I''(x,y) \cos[\Phi(x,y) - 2\pi/3], \quad (2)$$

$$I_2(x,y) = I'(x,y) + I''(x,y) \cos[\Phi(x,y)], \quad (3)$$

$$I_3(x,y) = I'(x,y) + I''(x,y) \cos[\Phi(x,y) + 2\pi/3], \quad (4)$$

olarak ifade edilebilmektedir. Burada $I'(x,y)$ ortalama yoğunluk, $I''(x,y)$ yoğunluk modülasyonudur.



Şekil 9: Sinüsoidal Sinyallere Karşılık Oluşan Saçak Resimleri

Denklem 2,3,4'deki sinüzoidal sinyal denklemlerine karşılık oluşan saçak resimleri Şekil 9'da görülmektedir.

3.3.1 3D Modeli Elde Etme

İlk olarak, I₁ fazı nesne üzerine yansıtılırken kamera tarafından nesnenin görüntüsü alınır. Aynı süreç I₂ ve I₃ fazı içinde gerçekleştirilmektedir.

I₁, I₂ ve I₃ kullanılarak ortalama yoğunluk denklem 5'te bulunmuştur.

$$I'(x, y) = (I_1 + I_2 + I_3) / 3 \quad (5)$$

Yoğunluk modülasyonu denklem 6'da bulunmuştur.

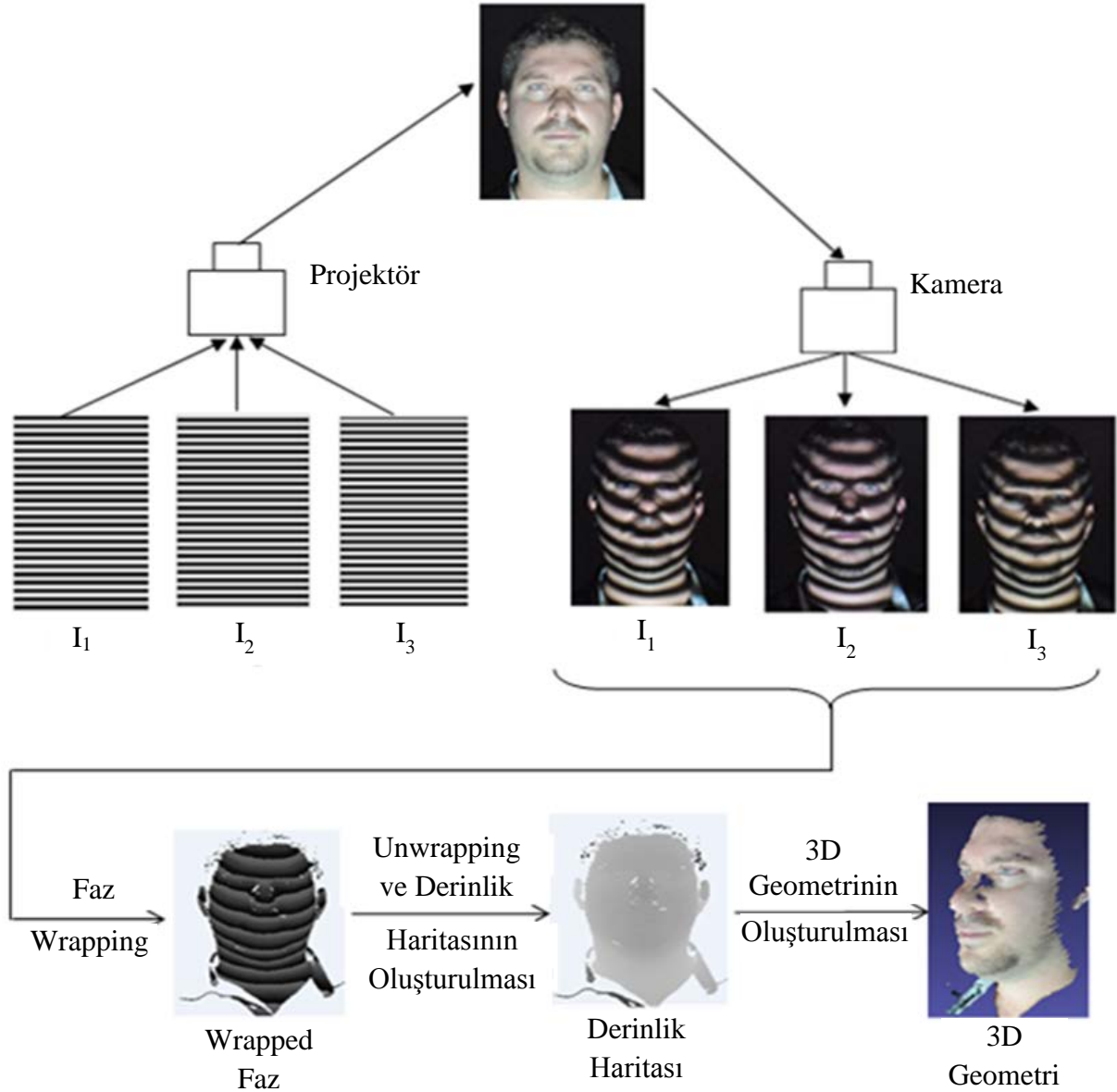
$$I''(x, y) = \frac{\sqrt{3(I_1 - I_3)^2 + (2I_2 - I_1 - I_3)^2}}{3} \quad (6)$$

Denklem 7'ye bağlı olarak faz matrisi elde edilmektedir (Karpinsky ve Zhang, 2010; Zhang, 2010; Zhang ve Huang, 2006).

Faz :

$$\Phi(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{3}(I_1 - I_3)}{2I_2 - I_2 - I_3} \right) \quad (7)$$

0-2 π aralığındaki saçak desenlerinin faz değerleriyle wrapped resmi elde edilmektedir. Wrapped sürecinden önce, üç faz resminin hesaplanan renk aralığına bağlı olarak bir maske matrisi kullanılır. Wrapped resim, resmin merkezinden başlayarak resim piksellerini tamamı taranarak oluşturulmaktadır. Wrapped resim işlenerek unwrapped resim elde edilir. Unwrapped derinlik bilgisi için yeterli değildir. Eğim açısı ve derinlik çarpanı kullanılarak işlenmelidir. Bu adımın sonunda, z eksenini için derinlik bilgisi elde edilmektedir (Zhang, 2010). Sistemin çalışmasını açıklayan akış şeması Şekil 10'da görülmektedir.

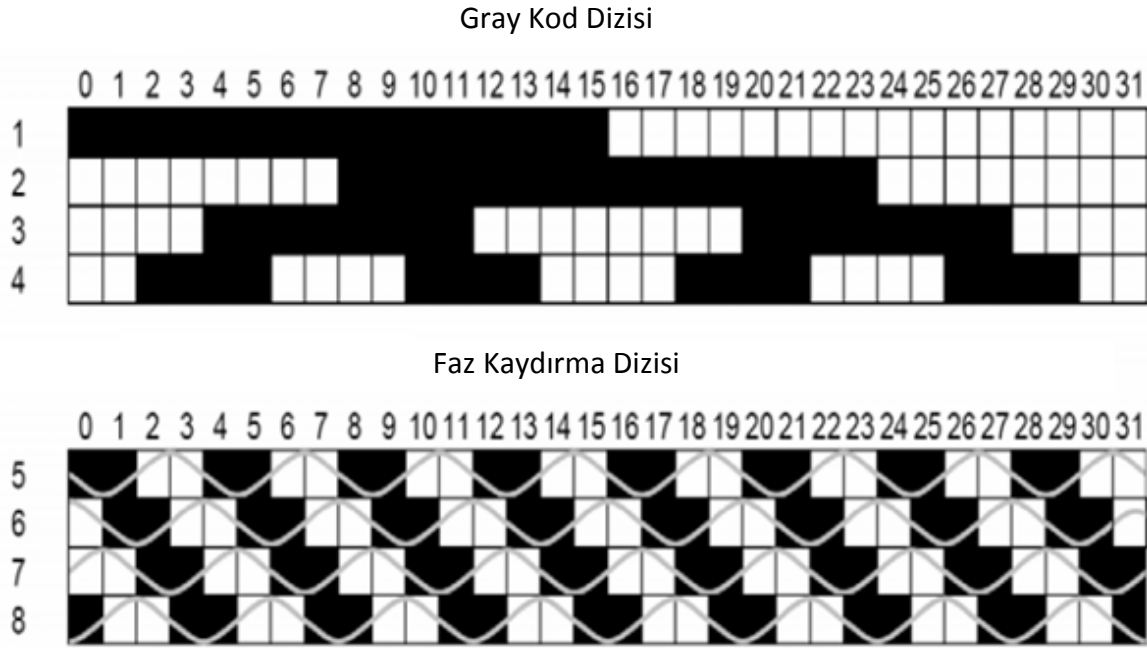


Şekil 10: Üçlü Faz Kaydırma Algoritmasının Akış Şeması

3.4 Gray Kod+ Faz Kaydırma

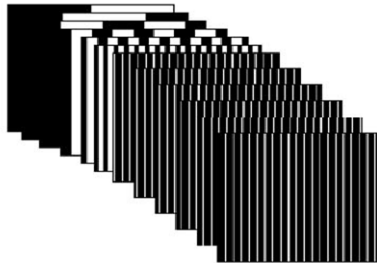
Gray kodlar, piksel kodlamada zamanlama avantajı sağlamaktadır ancak desen aralıkları sınırlıdır. Faz kaydırma metodunda ise periyodik olarak birkaç desen yansıtılıp yüksek çözünürlüğe ulaşılabilmektedir. Her iki metodun avantajlarından yararlanabilmek için birleştirilmeleriyle oluşturulmuş olan tekniktir. Böylece, yüksek çözünürlüğe sahip 3D modellemeler yapılabilmektedir.

Gray ve faz kaydırma kod dizileri Şekil 11'de görüldüğü gibi 32 şeritli kodlama sırasıyla kombine edilerek hibrit deseni elde edilmektedir.



Şekil 11:Faz Kaydırmayla Gray Kod Kombinasyonu (Gühring, 2000)

Bergmann, Sansoi, WioraGühring tarafından hibrit (gray kod + faz kaydırma) tekniği üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Şekil 12’de gray kod + faz kaydırma tekniğine ait desen dizisi görülmektedir.



Şekil 12:Gray Kod+Faz Kaydırma

3.4.1 3D Modeli Elde Etme

Her bir piksel için denklem (8) ve denklem (9)’dan maksimum yoğunluk(I_{\max}) ve minimum yoğunluk (I_{\min}) değerleri hesaplanmaktadır.

$$I_{\min}(x,y) = I'(x,y) - I''(x,y) \quad (8)$$

$$I_{\max}(x,y) = I'(x,y) + I''(x,y) \quad (9)$$

I_{\min} , I_{\max} ve $B_k^n(x, y)$ kullanılarak normalizasyon işlemi denklem 10'abağlı olarak gerçekleştirilmektedir (Song vd., 2011).

$$B_k^n(x, y) = \frac{B_k(x, y) - I_{\min}(x, y)}{I_{\max}(x, y) - I_{\min}(x, y)} \quad (10)$$

Ardından, kod kelimesi denklem 11'e bağılı olarak hesaplanmaktadır.

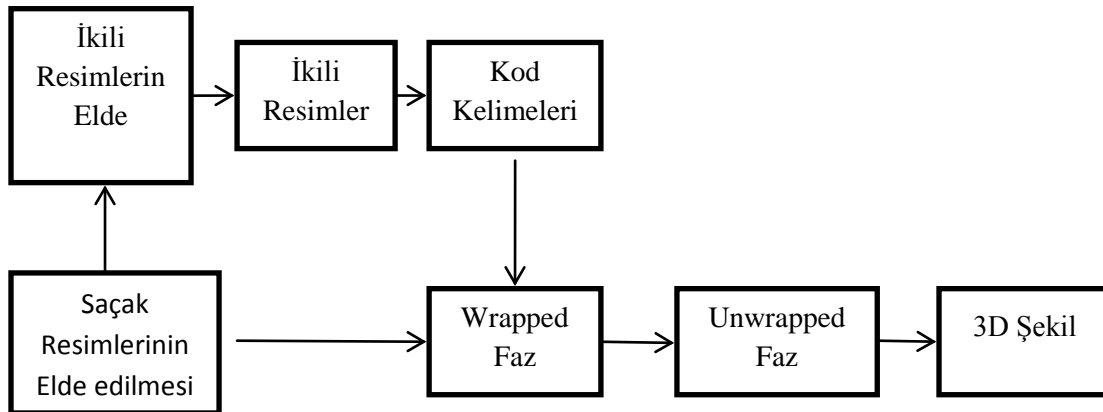
$$CD(x, y) = \sum_{k=1}^n [2^{N-k-1} B_k^n(x, y)] \quad (11)$$

Kod kelimesi kullanılarak faz değeri denklem 12'yebağlı olarak bulunmaktadır.

$$\Phi(x, y) = \Phi(x, y) + CDx2\pi \quad (12)$$

(Song vd., 2011; Gühring, J., 2001)

Hibrit metodunun akış diyagramı Şekil 13'te verilmiştir. Başta, desenler sahneye yansıtılıp fotoğrafları çekilmektedir. Ardından, bu resimler işlenerek kod kelimeleri üretilir. Faz kaydırma algoritmasından elde edilen faz değeri ve kod kelimesi kullanılarak yeni faz değeri elde edilir. Yeni faz değeri kullanılarak wrapped faz değeri bulunur. Sonra, unwrapped faz işlemi yapılır. Son adımda ise, elde edilen uzaysal koordinatlara bağılı olarak 3D modelleme gerçekleştirilir.

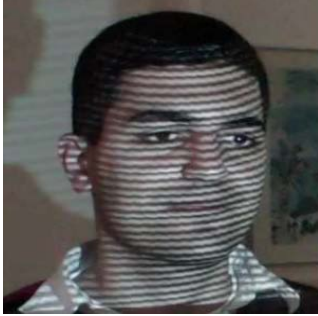

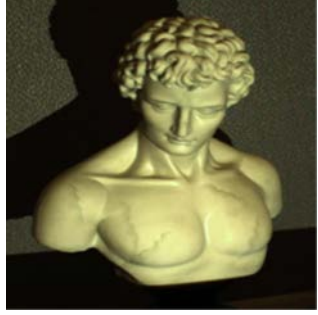
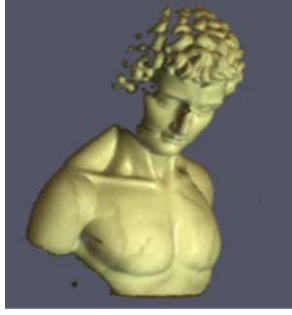




Şekil 13: Hibrit Metodunun Akış Diyagramı (Song vd., 2011)

4.DENEYSEL SONUÇLAR

İkili kodlama, gray kodlama ve hibrit tekniklerinin performanslarını karşılaştırmak için yapılmış analizlerin sonuçları Tablo 1’de sunulmuştur.

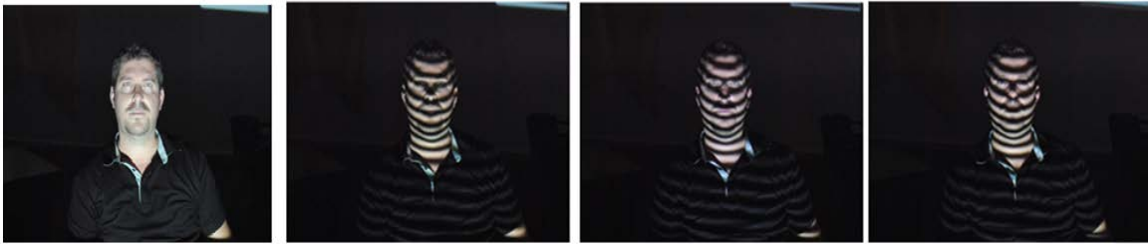
Tablo 1.Nesneler ve 3D Modelleme Sonuçları

Kodlama Yöntemi	Nesne	3D Modeli
İkili Kodlama Tekniği (Giryevd.,2008)		
Gray Kodlama Tekniği(Lanman ve Taubin, 2009)		
Hibrit Tekniği (Reitemeiervd.,2004)		

Tablo 1’de sunulan örneklerde; Giryev vd. tarafından obje üzerine ikili desen dizisi, Lanman ve Taubin tarafından obje üzerine gray kodlama dizisi, Reitemeier vd. tarafından ise obje üzerine hibrit tekniği kullanılarak desen dizisi yansıtılmıştır. Ardından, elde edilen resimler işlenerek 3D modelleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen 3D modelleme sonuçları Tablo 1’in son sütununda sunulmaktadır. Tablo 1’de de görüldüğü gibi en iyi 3D

modelleme çözünürlüğü hibrit tekniğiyle, en düşük 3D modelleme çözünürlüğü ise ikili kodlama tekniğiyle elde edilmiştir.

Üçlü faz kaydırma algoritmasıyla yapmış olduğumuz test işlemlerinin sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur. Test sürecinin başlangıcında, Şekil 14.a'da görülen modellenecek kişinin üzerine birbiriyle 120° faz farkı olan üç adet faz deseni sırayla yansıtılmış ve herbir desenin görüntüsü kamera aracılığıyla alınmıştır. Kameradan alınan bu görüntüler Şekil 14.a'da görülmektedir. Ardından, alınan bu görüntüler işlenerek Tablo 3'te görülen "Wrapped Faz 1" şekli elde edilmiştir. Wrapped resmi işlenerek unwrapped resmi elde edilmiştir. Sonra, unwrapped faz kullanılarak derinlik analizi yapılmış ve Tablo 3'te görülen "Derinlik Haritası 1" elde edilmiştir. Son adımda, derinlik haritası kullanılarak 3D modelleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen 3D modelleme sonuçları, Tablo 3'te "3D Görünümler 1" kısmında sunulmuştur. Şekil 14.b'de görülen faz resimleri üzerinde aynı işlem süreçleri yürütülerek Tablo 3'te görülen "Wrapped Faz 2", "Derinlik Haritası 2" ve "3D Görünümler 2" elde edilmiştir.












a) 3D Modellenek KİŞİ ve Üç Faz Deseninin KİŞİ Üzerine Yansıtılması



b) 3D Modellenek KİŞİ ve Üç Faz Deseninin KİŞİ Üzerine Yansıtılması

Şekil 14: Modellenek KİŞİ Üzerine Faz Desenlerinin Yansıtılma Süreci

Tablo 3. Üçlü Faz Kaydırma Tekniğiyle Elde Edilen 3D Modeller

3D Modellenen Kişi 1	Analiz Sonucu Elde Edilen Sonuçlar 1		
	Wrapped Faz 1	Derinlik Haritası 1	
			
	3D Görünümler 1		
	3D Görünüm 1	3D Görünüm 2	3D Görünüm 3
3D Modellenen Kişi 2	Analiz Sonucu Elde Edilen Sonuçlar 2		
	Wrapped Faz 2	Derinlik Haritası 2	
			
	3D Görünümler 2		
	3D Görünüm 1	3D Görünüm 2	3D Görünüm 3
			

Sonuçlarını Tablo 3'te sunduğumuz bu deneysel çalışmada yalnızca üç faz deseni kullanmamıza rağmen gray ve ikili kodlama sistemlerine göre daha yüksek, hibrit

kodlamayaise yakın çözünürlükte 3D modelleme gerçekleştirilmiştir.Şekil 14.a'da görülen 1. kişi için 3D modeli elde etme süresi10,43 sn, 2.kişi için 3D modeli elde etme süresiise 12.86 sn'dir. Diğer algoritmalarda daha fazla desen işlendiği için 3D modeli elde etme süresi üçlü faz kaydırma algoritmasına göre çok daha uzundur.

5.TARTIŞMA

İkili kodlama tekniği güvelidir ve zemin karakteristiklerine daha az duyarlıdır. Buna karşın, yüksek çözünürlüğe ulaşmak için çok sayıda desene ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum 3D modelin oluşturulma zamanını uzatmaktadır.

Şekil 7'de görülebildiği gibi gray kodlu desenlerin iç kenarları birbiriyle kesişmemektedir. Bu nedenle kodların değerlendirmesinde hata yapma olasılığı düşmektedir. Bu açıdan ikili kodlanmış desenlere göre daha güvenlidirler. Gray kodlamada daha az desene ikili kodlamanın şerit sayısına ulaşılmaktadır. Örneğin, ikili kodla 512 şerit oluşturmak için 9 desene ihtiyaç duyulurken, gray kodlamada aynı şerit sayısını 8 desene oluşturmak mümkündür. Gray kodlamada, ikili kodlamada olduğu gibi yüksek çözünürlüğe ulaşmak için çok sayıda desene ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da 3D modelin oluşturulma zamanını uzatmaktadır.

Üçlü faz kaydırma algoritmasında sahneye yalnızca üç adet desen yansıtılmaktadır. Bu nedenle ardışık yansıtma yöntemleri içerisinde en az desene gereksinim duyulan tekniktir. Buna karşın bu teknikle yüksek çözünürlüklü 3D görüntüler elde edilebilmektedir.Faz kaydırma algoritmasının diğer avantajları, sahne zeminine daha az duyarlılık göstermeleri ve ölçüm sonuçlarının ortamın ışık miktarının değişiminden az etkilemesidir. 3D modelleme süresi diğer metotlara göre daha kısadır.

Hibrit yöntemi faz kaydırma algoritması ve gray kodlamanın özelliklerini birleştirdiğinden yüksek çözünürlükte 3D görüntüler elde edilebilmektedir. Buna karşın, modellenecek nesne üzerine çok sayıda desen yansıtmaya gereksinim duymaktadırlar. Desenler yansıtılırken nesnenin uzun süre hareketsiz olması gerektiğinden hareketli görüntülerde uygulamak elverişli değildir. Ayrıca çok sayıda desenin bilgisayar tarafından işlenmesine ihtiyaç duyulduğundan 3D görüntüyü elde etme süreci uzundur(Geng, 2011).

6. SONUÇ

Bu çalışmada, ardışık yansıtımlı yapılandırılmış ışık teknikleri incelenmiş; her bir tekniğin kullandığı desen yapısı ve kod çözme sistematığı sunulmuştur. Seçilen teknikler üzerinde yapılan testlere bağlı olarak avantaj ve dezavantajları ortaya konmuştur.

Üçlü faz kaydırma algoritmasıyla az desenle yüksek performans elde edilmektedir. Hibrit, ikili ve gray kodlama tekniklerinde çok sayıda desen kullanımıyla yüksek kalitede 3D görüntüler elde edilmektedir. Ancak, çok sayıda desen kullanımı dezavantajlar doğurmaktadır. Bu nedenle üçlü faz kaydırma algoritmasının diğer tekniklere göre daha avantajlı olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

- [1].GENG, J.Structured-Light 3D Surface Imaging A Tutorial.*Advances In Optics And Photonics*. 3: 128-160, 2011.
- [2].GIRYES, R., BRONSTEIN, A. M., MOSHE, Y., BRONSTEIN, M. M. Embedded System for 3D Shape Reconstruction.*Proc. of the 3rd European DSP Education and Research Symposium (EDERS 2008)*.265-272, 2008, Telaviv.
- [3].GÜHRING, J.Dense 3-D surface acquisition by structured light using off-the-shelf components.*Photonics West, Videometrics VII*. 4309, 2011, USA.
- [4].GÜHRING, J., BRENNER, C., BÖHM, J., FRITSCH, D. Data Processing and Calibration of a Cross-Pattern Stripe Projector.*International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*.XXXIII, 2000, Amsterdam.
- [5].HE, Y., CAO, Y. A. Composite-Structured-Light 3D Measurement Method Based On Fringe Parameter Calibration.*Optics and Lasers in Engineering*. 49:773-779, 2011.
- [6].HUANG, P. S., ZHANG, S. Fast Three-Step Phase-Shifting Algorithm. *Applied Optics*.45:5086-5091, 2006.
- [7].KARPINSKY, N., ZHANG, S. High-Resolution, Real-Time 3D Imaging With Fringe Analysis.*Journal of Real-Time Image Processing*.7:55-66, 2012.

- [8].LANMAN, D., TAUBIN, G. Build Your Own 3D Scanner: 3D Photography for Beginner, SIGGRAPH 2009 Course Notes, USA, 2009.
- [9].REITEMEIER, B., NOTHI, G., HEINZE, M., SCHÖNE, C., SCHMIDT, A., FICHTNER, D. The Journal of Prosthetic Dentistry. *Optical Modeling of Extraoral Defects*. 91:80-84, 2004.
- [10].ROCCHINI, C., CIGNONI, P., MONTANI, C. A Low Cost 3D Scanner Based On Structured Light. *Computer Graphics Forum*. 20:299-308, 2002.
- [11].SALVI, J., FERNANDEZ, S., PRIBANIC, T., LLADO, X. A State Of The Art in Structured Light Patterns for Surface Profilometry. *Pattern Recognition*. 43:2666-2680, 2010.
- [12].SEO, B. K., LEE, M. H., PARK, H., PARK, J. I., KIM, Y. S. Direct-Projected AR Based Interactive User Interface for Medical Surgery. *17th International Conference on Artificial Reality and Telexistence*. IEEE Computer Society, S. 105-112, 2007, Denmark.
- [13].SALVI, J., PAGES, J., BATTLE, J. Pattern Codification Strategies in Structured Light Systems. *Pattern Recognition*. 37:827-849, 2004.
- [14].SONG vd., Patent Application Publication, Pub. No.: US 2011/0080471 A1 (Yayınlanma Tarihi: 07/04/2011).
- [15].XU, Y., ALIAGA, D.G. Robust Pixel Classification for 3D Modeling with Structured Light. *Appeared in Proceedings of 33rd Graphics Interface Conference (GI)*. S. 233-240, 2007, Canada.
- [16].WU, H.B., CHEN, Y., WU, M.Y., GUAN, C.R., YU, X.Y. 3D Measurement Technology by Structured Light Using Stripe-Edge-Based Gray Code. *Journal of Physics: Conference Series* 48.S. 537-541, 2006, China.
- [17].ZHANG, S. High-Resolution, High-Speed 3-D Dynamically Deformable Shape Measurement Using Digital Fringe Projection Techniques, S. 29-50, 2010. [Editor: Milind Kr Sharma, *Advances in Measurement Systems*, ISBN: 978-953-307-061-2 in Book: *Advances in Measurement Systems*].
- [18].ZHANG, S. Recent Progresses On Real-Time 3d Shape Measurement Using Digital Fringe Projection Techniques. *Optics and Lasers in Engineering*. 48:149–158, 2010.

- [19].ZHANG, S., HUANG, P.S.Novel Method for Structured Light System Calibration.*Optical Engineering, Instrumentation, Measurement, and Metrology*.45:1-8,2006.
- [20].ZHANG, S., YAU, S.T. High-Resolution, Real-Time 3D Absolute Coordinate Measurement Based On A Phase-Shifting Method.*Optics Express*. 14:2644–2649, 2006.
- [21].ZOLLMANN, S., LANGLOTZ, T., BIMBER O. Passive-Active Geometric Calibration for View-Dependent Projections onto Arbitrary Surfaces.*Journal of Virtual Reality and Broadcasting*. 4: 1-10,2007.

VHDL KULLANILARAK FPGA İLE YÜKSEK KAPASİTELİ TOPLAYICIÜNİTE TASARIMI

Deniz TAŞKIN¹, Kenan BAYSAL², Eser SERT³, Cem TAŞKIN⁴, Murat Olcay
ÖZCAN⁵

¹Trakya Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
Bölümü, Edirne

email: deniztaskin@trakya.edu.tr

²Namık Kemal Üniversitesi, Hayrabolu Meslek Yüksekokulu, Bilgi Yönetimi
Programı, Tekirdağ

email:kbaysal@nku.edu.tr

³Trakya Üniversitesi, Edirne Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik
Teknolojisi Programı, Edirne

email: esersert@trakya.edu.tr

⁴Trakya Üniversitesi, Tunca Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojisi Programı,
Edirne

email:cemtaskin@trakya.edu.tr

⁵Namık Kemal Üniversitesi, Hayrabolu Meslek Yüksekokulu, Bilgi Yönetimi
Programı, Tekirdağ

email:moozcan@gmail.com.tr

ÖZET

Alan Programlanabilir Kapı Dizileri (FPGA), esnek tasarım kapasitesi ve araştırma geliştirme aşamalarındaki uygun maliyetleri sebebiyle sayısal sistemlerde en çok tercih edilen donanım platformlardandır. FPGA sistemlerinin tercih edilmesindeki en önemli neden, deneme ve yanılma metoduyla karmaşık devreler

oluşturmak yerine Yüksek Hızlı Donanım Tasarlama Dili (VHDL) ile binlerce kez programlanabilmeleridir.

Şifreleme biliminin bilgisayar teknolojisi ile birleşmesi ile birlikte artan güvenlik sunan algoritmaların yüksek kapasiteli veriler ile çalışmaya başladığı görülmektedir. Yüksek kapasiteli verilerin işlenmesindeki en büyük sorun veri işleme süresi ve gelişmiş donanım yapılarına ihtiyaç duymalarıdır. Bu çalışmanın amacı yüksek kapasiteli verileri işleyebilecek bir donanım tasarımı gerçekleştirerek veri işleme süresini kısaltılmaktır.

Anahtar Kelimeler:FPGA, VHDL, kriptoloji, bilgisayar aritmetiği, yüksek kapasiteli aritmetik toplayıcı

DESIGNING HIGH CAPACITY ARITHMETIC UNIT WITH FPGA USING BY VHDL

ABSTRACT

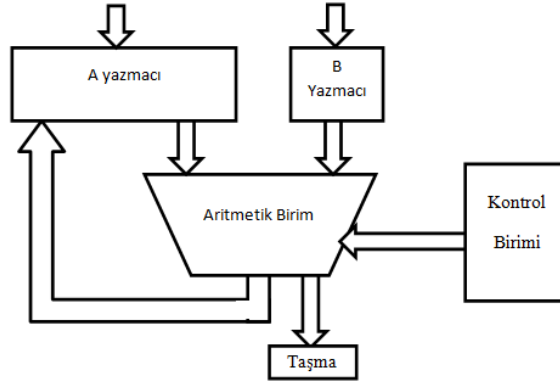
Field Programmable Gate Arrays (FPGA) are most preferred hardware platforms at digital systems, because of flexible design capacity and cheap cost at the research and development level. The reason of preference FPGA systems, instead of building complex circuits at the try and error method are could be program thousands of times using by Very High Speed Hardware Design Language (VHDL)

With the merging of computer technology and cryptography science, algorithms, that provide increased security, are started to working with high capacity data. The biggest issue of processing high capacity data is processing time and needs to advanced hardware structure. The aim of this study is to shorten the duration of data processing by practicing to design of hardware that able to process high capacity data.

Keywords: FPGA, VHDL, cryptology, computer arithmetic, high capacity arithmetic adder

GİRİŞ

Bilgisayarda gerçekleştirilen veri işleme, kod çalıştırma ve hesaplama işlemlerinin çoğu toplama işlemine dayanır. Bu işlemler ikili sistem tabanlı olarak gerçekleştirilmektedir. Bilgisayarın veri işleme kapasitesine bağlı olarak toplama işlemi yapılacak olan veri, aritmetik üniteye alınır. Veri boyutu aritmetik ünitenin tek seferde işleyebileceğinden fazla ise, veri, paketler halinde bölünerek her saat vuruşunda aritmetik ünitenin işleyebileceği kadar olan kısmı iletilir ve işlenir. Bu durumda toplama işleminden artan elde kısmı taşma bayrağı ile bir sonraki saat vuruşunda işlenecek olan pakete aktarılır (Hwang, 2004).

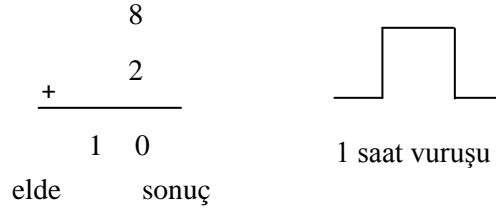


Şekil 1:Aritmetik İşlem Birimi

Aritmetik işlem biriminde aynı anda toplanacak bit sayısı arttığında işlem sürecinde uzayacaktır. Ancak, toplayıcının aynı anda işlemiş olduğu bit sayısı artırılarak işlem süreci kısaltılabilmektedir. Bu çalışmada FPGA platformu kullanılarak yüksek hızlı toplayıcı devre tasarımı gerçekleştirilmiştir (Harris ve Harris, 2007).

ARİTMETİK İŞLEM BİRİMLERİNDE TOPLAMA İŞLEMİ

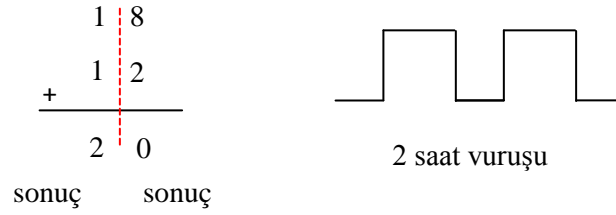
Onluk sistemde basit bir toplama işlemi örneği Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2: Tek Basamaklı Toplama İşlemi

Bir basamaklı bir aritmetik ünite varsa bir saat vuruşu içinde bir basamaklı bir toplama işlemi gerçekleştirir ve aynı saat vuruşu içinde elde basamağına artanı gönderir. Şekil 2’de bu durum görülmektedir.

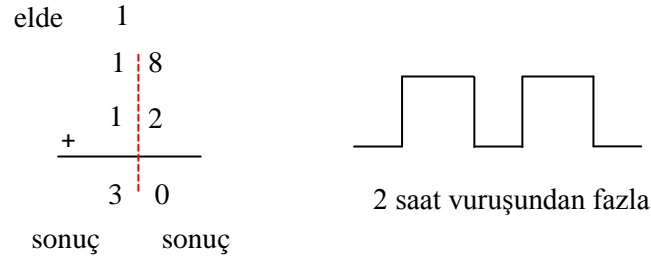
Bir basamaklı aritmetik toplayıcı kullanılarak iki basamaklı iki rakamın toplama işlemi Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3: İki Saat Vuruşu Süresinde Hatalı İki Basamaklı Toplama İşlemi

18 ile 12 sayılarının toplama işleminde, bir saat vuruşu içerisinde ilk basamakta yapılan işlemin sonucunda oluşan elde değeri diğer basamağın sonucunu etkilemektedir. Ancak bir saat vuruşu içerisinde elde aktarımı mümkün olamamaktadır. Şekil 4’te görüldüğü gibi, toplama işleminin yapılabilmesi ve birinci basamakta oluşan elde değerinin bir sonraki basamağın toplamına aktarılabilmesi için iki saat vuruşundan fazla süre gerekmektedir (Paar ve Jan, 2010).

ÖZCAN



Şekil 4: İki Basamaklı Toplama İşlemi

Tablo 1’de, günümüzde kullanılan 32 bitlik ve 64 bitlik işlemcilerin 1 saat vuruşunda işleyebildikleri veri boyutları ve 1024 bitlik bir veriyi işleme süreleri görülmektedir.

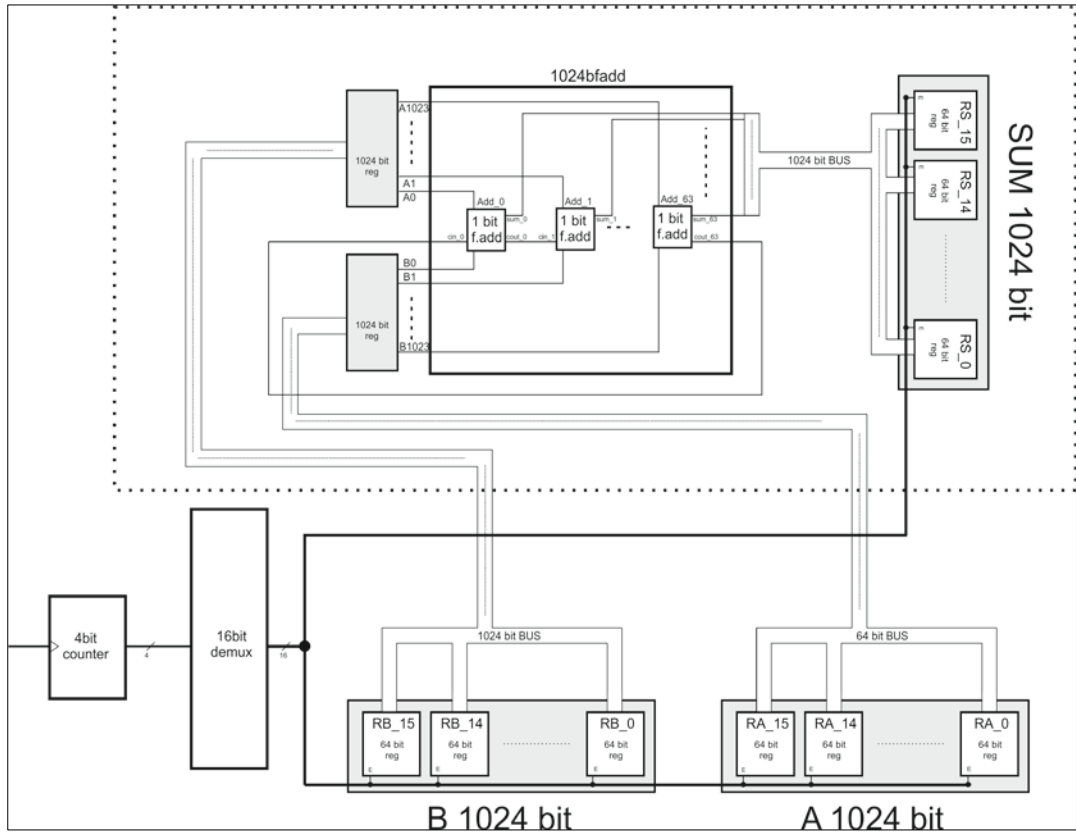
Tablo 1. 32 bit 64 bit işlemci ile işlenebilecek veri boyutlarının karşılaştırılması

32 bit	64 bit
32 bit işlemci	64 bit işlemci
32 bit işletim sistemi	64 bit işletim sistemi
32 bit derleyici	64 bit derleyici
1 saat vuruşunda 4 byte ’lık veri işlenebilir	1 saat vuruşunda 8 byte ’lık veri işlenebilir.
1024 bitlik bir toplama işlemi için 32 saat vuruşundan daha fazla	1024 bitlik bir toplama işlemi için 16 saat vuruşundan daha fazla

Günümüzde kullanılan şifreleme algoritmalarının anahtar uzunluklarının 2048 bit boyutlarında olduğunu düşünülürse, her anahtar için şifreleme algoritmasının işleme süresi oldukça uzun süreler almaktadır (Buluş, 2006).

TOPLAYICI TASARIMI

Yüksek kapasiteli verilerin işlenmesinde karşılaşılan uzun süre gereksinimi sorununa çözüm olarak FPGA ile doğrudan anahtar boyutuna uygun kapasitede bir aritmetik ünite tasarlanabilir. Standart bir tasarım sürecinde milyonlarca transistor kullanılarak gerçekleştirilen bu işlem süreci, FPGA üzerine sadece birkaç VHDL kodunun yüklenmesi ile gerçekleştirilebilir (Aydın,2005).



Şekil 5:1024 bit toplayıcı blok şema

1024 bitlik devrede bulunan bir bitlik bir toplayıcı devresinin uygun şekilde genişletilmesi yoluyla toplama kapasitesi arttırılabilmektedir(Chen ve Ark., 2006). Tek bitlik toplayıcının VHDL kodları tablo 2’de ve RTL görüntüsü Şekil 6’da verilmiştir. Bu devrenin ModelSIM benzetim sonuçları ise Şekil 7’de verilmiştir.

Tablo 2. Tek bit toplayıcı VHDL kodları

```

libraryieee;
useieee.std_logic_1164.all;
useieee.std_logic_unsigned.all;
useieee.std_logic_arith.all;

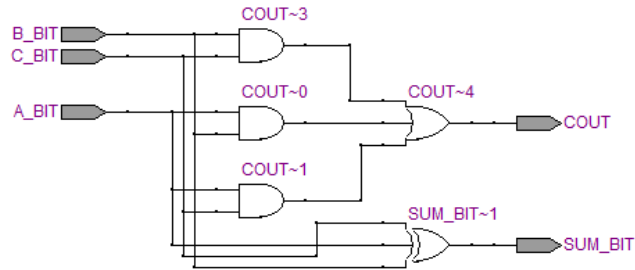
entityobfaddis port(
  A_BIT    :    in std_logic;
  B_BIT    :    in std_logic;
  C_BIT    :    in std_logic;
  COUT     :    outstd_logic;
  SUM_BIT  :    outstd_logic);
Endobfadd;

Architecturestructofobfaddis
  begin

    process(A_BIT, B_BIT, C_BIT)

    begin
      SUM_BIT    <=    (A_BIT xor B_BIT) xor C_BIT;
      COUT <=    (A_BIT and B_BIT) or (A_BIT and C_BIT) or (B_BIT and
C_BIT);
      Endprocess;
    Endstruct;

```

**Şekil 6:** Tek bit toplayıcı RTL görünüşü

Messages									
♦ /obfadd/a_bit	1								
♦ /obfadd/b_bit	1								
♦ /obfadd/c_bit	1								
♦ /obfadd/cout	1								
♦ /obfadd/sum_bit	1								

Şekil 7: Tek bit toplayıcı ModelSIM benzetim sonuçları

n'bitlik bir toplayıcı devresi oluşturabilmek için tek bit toplayıcı devresinden n sayıda kullanılmalıdır. Bu çoğaltma işlemi, Tablo 3'te VHDL kodları verilen yapıda "entity" kısmında tanımlanan "generate" bölümünde "SZ" genişletilebilir değişken boyutu olarak tanımlanmıştır (Ashenden, 1990).

Tablo 3. 64 bit toplayıcı VHDL kodları

```

libraryieee;
useieee.std_logic_1164.all;
useieee.std_logic_unsigned.all;
useieee.std_logic_arith.all;

entity nbfadd is
generic (
SZ:natural:=63;                                     --64 bit verilerin sabit bellek içerisinde tanıtılması
A:std_logic_vector(63 down to 0):="10000000000000000000000000000000";
B:std_logic_vector(63 down to 0):="01000000000000000000000000000000";
port (
E      : in std_logic;
RESULT : outstd_logic;
COUT   : outstd_logic);
end nbfadd;
architecture struct of nbfadd is

signal SUM_T :std_logic_vector(SZ downto 0);
signal SUM   :std_logic_vector(SZ downto 0);
signal T     :std_logic_vector(SZ+1 downto 0);

component obfadd                                     --1 bit toplayıcı devresinin dahil edilmesi
port (
A_BIT,B_BIT,C_BIT : in std_logic;
SUM_BIT, COUT     : out std_logic);
end component;

begin

T(0) <= '0';

FA: for i in 0 to SZ generate                         --1 bit toplayıcı devresinin istenilen sayıda
obfadd_i:obfadd                                       çoğaltılması
port map(A(i), B(i), T(i), SUM_T(i), T(i+1)));
end generate FA;

process (E)                                           --Toplama işleminin gerçekleştirilmesi ve
begin                                                 sonuç verisinin sabit belleğe aktarılması
if E='1' then

COUT <= T(SZ);
SUM<=SUM_T;
RESULT<='1';
End if;
End process;
End struct;

```

Tablo 3'te VHDL kodları verilen 64 bitlik toplayıcı için veriler dışarıdan verilmek yerine kod içerisinde “generic” bölümünde ROM olarak tanımlanmıştır. 64 bitlik toplayıcıda 64 bit A veri girişi, 64 bit B veri girişi, 64 bit SUM çıkışı, elde ve kontrol bitleri ile 200 bit giriş çıkış pin sayısını geçmemektedir. Ancak 1024 ve 2048 bit gibi yüksek kapasiteli tasarımlarda giriş ve çıkışlarının toplamı FPGA'nın fiziksel sınırlarını aşmaktadır. Bu yüzden işlenecek verinin içeride bir RAM veya ROM bellek bölgesinde tutulması zorunludur.

DENEYSEL SONUÇLAR

Yapılan deneyler benzetim seviyesindedir. Deneysel amaçla kullanılan donanımlar toplam veri giriş ve çıkışları işlenen veriyi doğrudan görüntülemeye yetersiz kalmaktadır (Munoz ve Ark., 2010). Bu sebeple gerçekleştirilen deneyde veriler FPGA içerisinde tanımlanan sabit hafıza içerisinde kullanılmıştır. Çıkış verisi de sabit hafıza içerisine kaydedilmiştir.

Benzetim sonuçlarının kolay görüntülenebilmesi için A girişinin 64 bitlik veri değeri için en yüksek değerlikli biti “1” olarak seçilmiştir. Bu değer ise $2^{63} = (9223372036854775808)_{10}$ sayı değerine karşılık gelmektedir. B girişinin 64 bitlik veri değeri için 62. biti “1” olarak seçilmiştir. Bu değer $2^{62} = (4611686018427387904)_{10}$ sayı değerine karşılık gelmektedir. Şekil 8 ve Şekil 9'da ModelSIM benzetim sonuçları görülmektedir.

Şekil 8'de görüldüğü gibi sadece bir saat vuruşunda 64 bitlik iki verinin toplama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3'te verilen kodların aynısı kullanılarak 1024 bitlik bir toplayıcı devresi gerçekleştirilebilir. Sadece “generic” kısmında tanımlanan “SZ” boyutunun 1023 olarak değiştirilmesi ile A, B veri alanlarının 1024 bit boyutuna ayarlanarak 1024 bit boyutunda veri ile doldurulmasını gerektirmektedir.

Benzetim sonuçlarının kolay görülebilmesi için önceki örnekte olduğu gibi A girişinin en yüksek değerlikli biti “1” olarak seçilmiştir. $2^{1023} \cong (89 \times 10^{306})_{10}B$ ifadesinde de en yüksek değerlikli bitin bir solundaki bit “1” olarak seçilmiştir. $2^{1022} \cong (45 \times 10^{306})_{10}$ eşitliği bulunabilmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yüksek güvenli şifreleme algoritmalarında kullanılan yüksek basamaklı anahtar boyutlarından dolayı karşılaşılan, donanım seviyesindeki yetersizliklere FPGA ile tasarlanan işleme özgü yüksek basamaklı aritmetik üniteler ile çözüm bulunmaktadır (Kawakami ve Ark., 2008; M. Bečvář ve Štukjunger, 2005). Yazılım destekli çözümlerde karşılaşılan sorunları aşabilme konusunda FPGA tasarımcıya esnek bir platform sunmaktadır. Hız ve kapasite değerleri göz önüne alındığında günümüzde satın alınabilecek yüksek işlem kapasitesine sahip güçlü bir bilgisayar bile çok daha düşük bir fiyata satın alınabilecek bir FPGA ile yüksek basamaklı sayıların aritmetiği konusunda yarışmamaktadır. FPGA platformu yüksek başarımlı seviyelerinde, düşük maliyetlerde, tutarlı sonuçlar üretmektedir (Beauchamp ve Ark., 2006).

FPGA ile gerçekleştirilen şifreleme ve şifre çözme donanımları, artan yüksek aritmetik işlem kapasitesi sayesinde daha güvenli şifreleme algoritmalarının geliştirilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1].ASHENDEN, P. J.The VHDL Cookbook, First Ed., Dept. Computer Science University of Adelaide, Australia, 1990.
- [2].AYDIN, A.FPGA Yonga Mimarisi ve Kullanımı.,Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, S.50, Isparta, 2005.
- [3].BEAUCHAMP, M. J., SCOTT, H., KEITH, D. U., HEMMERT, K. S. Embedded Floating-Point Units in FPGAs. *14th International Symposium on Field Programmable Gate Arrays*, Proceedings of the 2006 ACM/SIGD,S. 12-20, 2006, USA.
- [4].BEČVÁŘ, M., ŠTUKJUNGER, P. Fixed Point Arithmetic in FPGA.*ActaPolytechnica.45: 67–72*, 2005.
- [5].BULUŞ, H. N.Temel Şifreleme Algoritmaları ve Kriptanalizlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi,Trakya Üniversitesi, Edirne, 2006.
- [6].CHEN D., CONG J., PAN, P. FPGA Design Automation. *Foundations and Trends® in Electronic Design Automation.1:139-169*, USA.
- [7]. HARRIS, D. M., HARRIS, S. L. Digital Design and Computer Architecture, 2nd Edition, Elsevier Inc., San Francisco, 2007.
- [8].HWANG, E. O.DigitalLogicandMicroprocessor Design With VHDL, Thomson 2006, La Sierra University, Riverside, CA.
- [9].KAWAKAMI K., SHIGEMOTO K., NAKANO K. Redundant Radix-2^r Number System for Accelerating Arithmetic Operations on the FGPA.s.*PDCAT 2008. Ninth*
- [10].*International Conference, Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies*, S. 370-377, 2008, New Zealand.

[11].MUNOZ D. M., SANCHEZ D. F., LLANOS C. H., RINCON M. A. Tradeoff of FPGA Design of a Floating-point Library for Arithmetic Operators. *Journal Integrated Circuits and Systems*.5:42-52, 2010.

[12].ÖCAL, F. Güvenli İletişim İçin FPGA Kullanarak Şifreleme Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi,Gazi Üniversitesi, Ankara, 2006.

[13].PAAR, C., JAN, P. Understanding cryptography, 1st Ed.2nd Printing, Springer, Berlin, 2010.

Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Telif Hakları Devretme Formu

Eserin Adı :

Eserin Cinsi :

Yukarıda belirtilen, baskı ve yayın hakkını Trakya Üniversitesi'ne devrettiğim ve basım işlerinin Üniversiteler Yayın Yönetmeliği ve Trakya Üniversitesi Yayın Uygulama Yönergesi hükümleri gereğince yapılmasını kabul ettiğim eserimin telif hakkından feraget ettiğimi, buna ilişkin mali haklarımı Trakya Üniversitesi'ne devrettiğimi beyan ederim.

Adı, Soyadı :

Ünvanı :

İmza :

Tarih :

Trakya Univ J Eng Sci

Copyright Release Form

Please read the notes, fill complete, sign and send this form to the Journal Editor. We transferred copyright of below article to the Trakya University (Edirne - Turkey). The material presented in the article has not been published or submitted elsewhere. I am aware of manuscript submission in its present form. Additionally, data collection has been done under all legal requirements. We accepted the conditions of publication below the article. I (we) agree that the above conditions of publication form.

Title of the Article :
Type of the Article :
Name and the surname of the author(s) :
Title of the author(s) :
Address of the author(s) :
Signature :
Date :

YAZIM KURALLARI

Trakya University Journal of Engineering Sciences, her yıl Haziran ve Aralık aylarında olmak üzere yılda iki sayı çıkar ve Türkçe veya İngilizce dillerinde **Mühendislik ve Mimarlık** alanındaki teorik ve deneysel makaleleri yayınlar. Dergide orijinal çalışma, araştırma notu, derleme, teknik not, editöre mektup, kitap tanıtımı yayınlanabilir. Makalelerin başlıkları Türkçe ve İngilizce olarak yazılır. Basılacak eserlerin daha önce hiçbir yerde yayınlanmamış ve yayın haklarının verilmemiş olması gerekir. Dergide yayınlanacak yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)ına aittir. Dergimizde Türkçe ve İngilizce metinler yayınlanabilir. Ancak, metin İngilizce yazılmış ise Türkçe özet, Türkçe yazılmış ise geniş İngilizce özet olmalıdır. İngilizce özet kısmında kısaca giriş, materyal ve metod, sonuçlar ve tartışma başlıkları yer almalıdır. ***İngilizce olarak yazılan makalelere yayın önceliği verilir.***

Makalelerin sunulması

Makaleler e-posta yoluyla editör veya editör yardımcısına gönderilir. Makalede yer alan tüm yazarlar, çalışmalarının yayın haklarını ***Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi'*** ne verdiklerine dair **Telif Hakları Formu'**nu imzalamalıdır. Makalede yer alan tüm şekil, resim, tablolar v.s. elektronik ortamda sunulmalıdır. Dergi yönetimi bunları elektronik ortama aktarmaktan sorumlu değildir.

Makale sunumu yapılırken:

- Makalenin dergiye sunulduğuna dair üst yazı.
- Makale ile ilgili dökümanlar
- Yazarlar tarafından imzalanmış olarak Telif Hakları Devretme Formu (*Bu form editörden veya dergi internet sitesinden alınabilir*), Editör veya Editör yardımcısına iletilmelidir.

Eserler, Yayın Komisyonu'na **Word** programıyla **12 punto** büyüklüğündeki **Times New Roman** tipi harflerle ve en az 1.5 aralıklı olarak yazılmış olarak gönderilir. ***Makaleler, 15 basılı sayfayı geçmemelidir.*** Yazar adları yazılırken herhangi bir akademik unvan belirtilmez. Çalışma herhangi bir kurumun desteği ile yapılmış ise, birinci sayfanın altına kurumun bu çalışmayı desteklediği yazılır.

Makale aşağıdaki sıraya göre düzenlenir:

Başlık: Kısa ve açıklayıcı olmalı, büyük harfle ve ortalanarak yazılmalıdır.

Yazarlar: Adlar kısaltmasız, başlığın altına yan yana, soy adlar büyük harfle ortalanarak yazılır. Adres (ler) tam yazılmalı, kısaltma kullanılmamalıdır. 1’den fazla yazarlı çalışmalarda, yazışmaların hangi yazarla yapılacağı belirtilmeli ve **yazışma yapılacak yazarın adres, telefon, fax ve e-posta adresi başlığın hemen altına yazılmalıdır.**

zet ve Anahtar kelimeler: Türkçe ve İngilizce zet 250 kelimeyi geçmemelidir. zetin altına küçük harfle ve yanına anahtar kelimeler (key words) yazılmalıdır. Anahtar kelimeler, zorunlu olmadıkça başlıktakilerin tekrarı olmamalıdır. İngilizce zet sayfanın sol kenarından “Abstract” söz cg ile başlamalı, ve İngilizce başlık İngilizce zetin üstüne büyük harfle ortalanarak yazılmalıdır. Makaledeki ana başlıklar ve varsa alt başlıklara **numara verilmemelidir.**

Giriş: Çalışmanın amacı ve geçmişte yapılan çalışmalar bu kısımda belirtilmelidir. Makalede SI (Systeme International) birimleri ve kısaltmaları kullanılmalıdır. Diğer kısaltmalar kullanıldığında, metinde ilk geçtiği yerde 1 kez açıklanmalıdır.

Materyal ve Metod: Eğer alışma deneysel ise kullanılan deneysel yöntemler detaylı ve açıklayıcı bir biçimde verilmelidir. Makalede kullanılan metod/metodlar, başkaları tarafından tekrarlanabilecek şekilde açıklayıcı olmalıdır.

Sonuçlar: Bu bölümde elde edilen sonuçlar verilmeli, yorum yapılmamalıdır. Sonuçlar gerekirse tablo, şekil ve grafiklerle de desteklenerek açıklanabilir.

Tartışma: Sonuçlar mutlaka tartışılmalı fakat gereksiz tekrarlardan kaçınılmalıdır. Bu kısımda, literatür bilgileri vermekten çok, çalışmanın sonuçlarına yoğunlaşılmalı, sonuçların daha önce yapılmış araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, bunların muhtemel nedenleri tartışılmalıdır. Bu bölümde, elde edilen sonuçların bilime katkısı ve önemine de mümkün olduğu kadar yer verilmelidir.

Teşekkür: Mümkün olduğunca kısa olmalıdır. Teşekkür, genellikle çalışmaya maddi destek sağlayan kurumlara veya kişilere veya makale yayına gönderilmeden önce inceleyip önerilerde bulunan uzmanlara yapılır. Teşekkür bölümü kaynaklardan önce ve ayrı bir başlık altında yapılır.

Kaynaklar: Yayınlanmamış bilgiler kaynak olarak verilmemelidir. (*Yayınlanmamış kaynaklara örnekler: Hazırlanmakta olan veya yayına gönderilen makaleler, yayınlanmamış bilgiler veya gözlemler, kişilerle görüşülerek elde edilen bilgiler, raporlar, ders notları, seminerler gibi*). Ancak, tamamlanmış ve jüriden geçmiş tezler ve DOI numarası olan makaleler kaynak olarak verilebilir. Kaynaklar, makale sonunda alfabetik sırada (yazarların soyadlarına göre) sıra numarası ile belirtilerek verilmelidir.

Makale ve kitapların referans olarak veriliş şekilleri aşağıdaki gibidir:

Makale: Yazarın soyadı, adının baş harfi, makalenin başlığı, derginin adı, cilt numarası, sayfa numarası, basıldığı yıl. Dergi adı italik yazılır

Örnek:

FEUGARD DC., ABNER R., WAYLAND D. Modelling daylight illuminance. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 23: 93-109, 1994.

MEHTA PK. Studies on Blended Cements Containing Santorin Earth. *Cement and Concrete Research*. 11: 507–518, 1981.

Kitap: Yazarın soyadı, adının baş harfi, kitabın adı (varsa derleyen veya çeviren ya da editör), cilt numarası, baskı numarası, sayfa numarası, basımevi, basıldığı şehir, basıldığı yıl.

Örnek:

DUFFIE JA., BECKMAN WA. Solar Engineering of Thermal Processes, Second Ed. Wiley Interscience, New York, 54-59, 1991.

Kitapta Bölüm: Yazarın soyadı, adının baş harfi, makale adı, sayfa numaraları, basıldığı yıl. Parantez içinde: Kitabın editör(ler)i, kitabın adı, Sayfa sayısı, yayınlayan şirket veya kurum, yayınlandığı yer.

Örnek:

BROWN B, AARON M. The politics of nature. New York, 230-257, 2001. [Editörler: SMİTH J. The rise of modern genomics. 3rd edn. Wiley].

Kongre, Sempozyum: Yazar (lar)ın soyadı, adının başharfi, makale başlığı, kongre adı, kitapçık adı, varsa cilt numarası, sayfa numarası, yıl ve kongrenin yapıldığı yer.

Örnek:

CAPPLEMAN O. Communication in the Studio. *FIDE' 98 International Conference on First Year Architectural Design Education Proceedings*, Faculty of Architecture Istanbul Technical University, Cilt V. S. 48-54, 1998, Istanbul.

İnternet: Eğer bir bilgi herhangi bir internet sayfasından alınmış ise (*internetden alınan ve dergilerde yayınlanan makaleler hariç*), kaynaklar bölümüne internet sitesinin ismi tam olarak yazılmalı, siteye erişim tarihi verilmelidir.

Kaynaklara metin içinde numara verilmemeli ve aşağıdaki örneklerde olduğu gibi belirtilmelidir. Örnekler:

... x maddesi atmosferde kirliliğe neden olmaktadır (Landen, 2002). İki yazarlı bir çalışma kaynak olarak verilecekse, (Landen ve Bruce, 2002) veya Landen ve Bruce (2002)'ye göre. ... şeklinde olmuştur; diye verilmelidir. Üç veya daha fazla yazar sözkonusu ise, (Landen ve Ark., 2002) veya Landen ve Ark. (2002)'ye göre olduğu gösterilmiştir; diye yazılmalıdır.

Kaynak gösterilecek yayında kaç isim varsa, kaynaklar bölümünde tümü belirtilmeli, Landen ve Ark., 2002, gibi kısaltma yapılmamalıdır.

Dipnotlar: Mümkünse dipnotlardan kaçınılmalı, bu tip notlar kaynaklar kısmında verilmelidir.

Grafik ve Tablolar: Tablo dışında kalan fotoğraf, resim, çizim ve grafik gibi göstermeler “Şekil“ olarak verilmelidir. Resim, şekil ve grafikler net ve ofset baskı tekniğine uygun olmalıdır. Her tablo ve şeklin metin içindeki yeri belirtilmelidir. Tüm tablo ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalı (Tablo 1., Şekil. 1), başlık ve açıklamalar içermelidir. Grafik ve şekiller basılı sayfa boyutları dikkate alınarak çizilmelidir. Şekillerin sıra numaraları ve başlıkları, alta, tabloların ki ise üstlerine yazılır.

Ekler: Tüm ekler ayrı sayfaya yazılmalı ve Romen rakamları ile numaralandırılmalıdır.

Sunulan makaleler, öncelikle Dergi Yayın Kurulu tarafından ön incelemeye tabii tutulur. **Dergi Yayın Kurulu, yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı veya yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleleri hakemlere göndermeden red kararı verme hakkına sahiptir.** Değerlendirmeye alınabilecek olan makaleler, incelenmek üzere iki ayrı hakeme gönderilir. Dergi Yayın Kurulu, hakem raporlarını dikkate alarak makalelerin yayınlanmak üzere kabul edilip edilmemesine karar verir. Makaleler, aşağıda verilen adrese gönderilmelidir. Daha fazla bilgi için <<http://fbe.trakya.edu.tr>> sitesine girilebilir veya Editör – Yardımcı Editör ile iletişime geçilebilir:

Editör : Prof.Dr. Metin AYDOĞDU

Yardımcı Editör: Y.Doç. Dr. Deniz AĞIRSEVEN

Trakya Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Balkan Yerleşkesi

22030 - EDİRNE

Tel : 0284 235 82 30

Fax : 0284 235 82 37

e-mail : tujes@trakya.edu.tr

