

# ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΕΤΗΡΙΔΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

# APPLIED RESEARCH REVIEW

Περιοδική Επιστημονική Έκδοση  
του ΤΕΙ Πειραιά

Journal of the Technological Education  
Institute of Piraeus

Έκδοση Τεχνολογία και Επιστήμη

Technology & Science Edition

---

**VOL. XI**

**No 1**

**2006**

**ISSN - 1106 - 4110**

---

G. GAGALIS, N. ZIKOS, F. KOMISOPOULOS, S. NTERIS: Basic Mathematical Properties of Trees .....	5
V. AGGELIS: RFM analysis with Data Mining .....	17
K. TENEKETZHS: Κοινωνικές συνθήκες υπό το καθεστώς της 4 <sup>ης</sup> Αυγούστου 1936 .....	29
Δ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ: Ανάλυση της Μεταφορικής Ζήτησης για τον Υπόγειο Αστικό Σιδηρόδρομο (ΜΕΤΡΟ) .....	53
M. VOSKOGLU: Derivations on Coordinate Rings of smooth varieties .....	75
I. ΣΠΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ, G. BERGER: Διηλεκτρική Συμπεριφορά του Εξαφθοριούχου Θείου. II. Παράμετροι Επίδρασης στη Διηλεκτρική Αντοχή .....	81
C. SIGALAS: The Effect of Reflexivity, Conflict and Groupthink as Moderators to Team Effectiveness in Diverse Workforce.....	99
Δ. ΦΩΛΙΝΑΣ, Η. ΜΑΡΚΕΛΗΣ: Πλαίσιο ανάπτυξης και τεκμηρίωσης διαδικτυακών εφαρμογών.....	115
S. KARAGIANNIS, D. PAPACHRISTOS, C. BALAFOURIS, I. KRİKOS: Intelligent Robotic System for Performing Dermal Allergy Tests.....	135
A. ÇAY, S. VASSILIADIS, C. PROVATIDIS: Prediction of the air permeability of woven fabrics using a modified Kozeny-Carman relationship .....	151

Copyright© ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 2006  
Π. Ράλλη και Θηβών 250  
122 44 Αιγάλεω  
Τηλ.: 210.53.81.100

**ISSN - 1106 - 4110**

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΕΤΗΡΙΔΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**  
**APPLIED RESEARCH REVIEW**

Περιοδική Επιστημονική Έκδοση του ΤΕΙ Πειραιά: Έκδοση Τεχνολογία και Επιστήμη  
Οδός Θηβών 250, 122 44 Αιγάλεω

Journal of the Technological Education Institute of Piraeus: Technology & Science Edition  
250, Thivon str. 122 44 Egaleo, Greece

**ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Κικίλιας Παναγιώτης	ΤΕΙ Πειραιά, Πρόεδρος
Αντωνίου Σόλων	ΤΕΙ Πειραιά
Γούδας Κων/νος	Πανεπιστήμιο Πατρών
Διαμαντόπουλος Δημήτρης	ΤΕΙ Πειραιά
Εξαρχάκος Θεόδωρος	Πανεπιστήμιο Αθηνών
Κάντζος Κων/νος	ΤΕΙ Πειραιά
Κοντέσης Μιχαήλ	ΤΕΙ Πειραιά
Κορωνάκης Περικλής	ΤΕΙ Πειραιά
Καζαντζής Παναγιώτης	Πανεπιστήμιο Πατρών

Γραμματεία: Κερμελή Ευαγγελία

**EDITORIAL COMMITTEE**

Kikilias Panayiotis	TEI of Piraeus, President
Antoniou Solon	TEI of Piraeus
Goudas Constantine	University of Patra
Diamadopoulos Dimitris	TEI of Piraeus
Exarchakos Theodoros	University of Athens
Cantzos Constantine	TEI of Piraeus
Kontesis Michalis	TEI of Piraeus
Koronakis Periclis	TEI of Piraeus
Kazantzis Panayiotis	University of Patra

Secretary: Kermeli Evangelia



# Basic Mathematical Properties of Trees

*George N. Gagalis. Ph.D*  
*Computer Engineering*  
*Mathematic University Mesina Italy*

*Nick X. Zikos*  
*Computer Science*  
*T.E.I. -Athens*

*Fedon F. Komisopoulos*  
*University Pirea*

*Sotiris S. Nteris*  
*Business Administration*  
*T.E.I. -Athens*

---

## Abstract

Is natural to ask at this point whether Kirchhoff's law is the strongest possible set of equations that can be given for the case of program flow charts, Any execution of a computer program that goes from "start" to "stop" gives us a set of values  $E_1, E_2, \dots, E_{27}$  Because Kirchhoff himself applied it to electrical circuits instead of program flow charts.

And the emphasis iw done, If there are solutions which meet Kirchhoff's conditions but do not correspond to actual program execution.

---

## Περίληψη

Είναι φυσικό να ερωτηθεί κανείς εάν ο νόμος Kirchhoff είναι το ισχυρότερο πιθανό σύνολο εξισώσεων που μπορεί να δοθεί για την περίπτωση των διαγραμμάτων ροής προγράμματος, δεδομένου ότι ο Kirchhoff ο ίδιος την εφάρμοσε στα Ηλεκτρικά κυκλώματα, αντί των διαγραμμάτων ροής προγράμματος. Οποιαδήποτε εκτέλεση ενός προγράμματος Υπολογιστών που πηγαίνει από [Star to Stop] μας δίνει ένα σύνολο τιμών  $E_1, E_2, \dots, E_{27}$  και η έμφαση δίδεται εάν υπάρχουν λύσεις που ικανοποιούν τους όρους Kirchhoff αλλά δεν αντιστοιχούν στην πραγματική εκτέλεση προγράμματος.

Tree structures have been the object of extensive mathematical investigations for many years, long before the advent of computers, and many interesting facts have been discovered about them. In this section we will survey the mathematical theory of trees, which not only gives us more insight into the nature of tree structures but also has important applications to computer algorithms.

The material which follows comes mostly from a larger area of mathematics known as the theory of graphs.

**Free trees.** A graph is generally defined to be a set of points (called vertices) together with a set of lines (called edges) joining certain pairs of distinct Vertices. There is at most one edge joining any pair of vertices. Two vertices are called adjacent if there is an edge joining them. If  $V$  and  $V'$  are vertices and if  $n \geq 0$ , we say that  $(V_0, V_1, \dots, V_n)$  is a path of length  $n$  from  $V$  to  $V'$  if  $V=V_0$ ,  $V_k$  is adjacent to  $V_{k+1}$  for  $0 \leq k < n$ , and  $V_n=V'$ . The path is simple if  $V_0, V_1, \dots, V_{n-1}$  are distinct and if  $V_1, \dots, V_{n-1}, V_n$  are distinct. A graph is connected if there is a path between any two vertices of the graph. A cycle is a simple path of length three or more from a vertex to itself.

These definitions are illustrated in Fig. 1 which shows a connected graph with five vertices and six edges. Vertex  $C$  is adjacent to  $A$  but not to  $B$ ; there are two paths of length two from  $B$  to  $C$ , namely  $(B, A, C)$  and  $(B, D, C)$ . There are several cycles, including  $(B, D, E, B)$ .

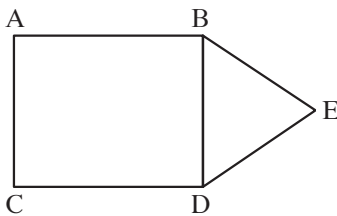


Fig. 1. A graph

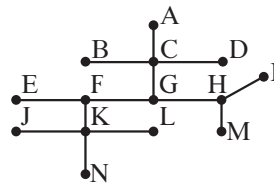


Fig. 2. A free tree

A free tree or “unrooted tree” (Fig. 2) is defined to be a connected graph with no cycles. This definition applies to infinite graphs as well as finite ones, although for computer applications we naturally are most concerned with finite trees. There are many equivalent ways to define a free tree; some of these appear in the following well-known theorem:

**Theorem A.** *If  $G$  is a graph, the following statements are equivalent :*

- a)  $G$  is a free tree ;
- b)  $G$  is connected, but if any edge is deleted, the resulting graph is no longer connected.
- c) If  $V$  and  $V'$  are distinct vertices of  $G$ , there is exactly one simple path from  $V$  to  $V'$ .

**Furthermore, if  $G$  is finite, containing exactly  $n > 0$  vertices, the following properties are also equivalent to (a), (b), and (c):**

**d)  $G$  contains no cycles and has  $n-1$  edges.**

**e)  $G$  is connected and has  $n-1$  edges.**

**Proof:** (a) implies (b), for if the edge  $V V'$  is deleted but  $G$  is still connected, there must be a simple path  $(V, V_1, \dots, V')$ -and then  $(V, V_1, \dots, V', V)$  would be a cycle in  $G$ .

(b) implies (c), for there is at least one simple path from  $V$  to  $V'$ . And if there were two such paths  $(V, V_1, \dots, V')$ , and  $(V, V'_1, \dots, V')$ , we could find the smallest  $k$  for which  $V_k \neq V'_k$ ; deleting the edge  $V_{k-1} V_k$  would not disconnect the graph, since there would still be a path  $(V_{k-1}, \dots, V, V'_1, \dots, V', \dots, V_k)$  from  $V_{k-1}$  to  $V_k$  which does not use the deleted edge.

(c) implies (a), for if  $G$  contains a cycle  $(V, V_1, \dots, V)$ , there are two simple paths from  $V$  to  $V_1$ .

To show that (d) and (e) are also equivalent to (a), (b), and (c), let us first prove an auxiliary result: If  $G$  is any finite graph which has no cycles and at least one edge, then there is at least one vertex which is adjacent to exactly one other vertex. For we take an arbitrary vertex  $V_1$  and an adjacent vertex  $V_2$ ; for  $k \geq 2$  either  $V_k$  is adjacent to  $V_{k-1}$  and no other, or it is adjacent to a vertex which we may call  $V_{k+1} \neq V_{k-1}$ . Since there are no cycles,  $V_1, V_2, \dots, V_{k+1}$  must be distinct vertices, so this process must ultimately terminate.

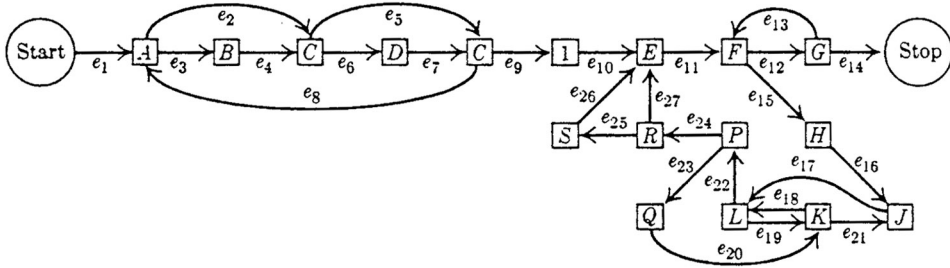
Now assume  $G$  is a tree with  $n > 1$  vertices, and let  $V_n$  be a vertex which is adjacent to only one other vertex, namely  $V_{n-1}$ . If we delete  $V_n$  and the edge  $V_{n-1} V_n$ , the remaining graph  $G'$  is a tree, since  $V_n$  appears in no simple path of  $G$  except as the first or the last element. This argument proves (by induction on  $n$ ) that  $G$  has  $n-1$  edges, i.e., (a) implies (d).

Assume that  $G$  satisfies (d) and let  $V_n, V_{n-1}, G'$  be as in the preceding paragraph. Then the graph  $G$  is connected, since  $V_n$  is connected to  $V_{n-1}$  which (by induction on  $n$ ) is connected to all other vertices of  $G'$ . Thus (d) implies (e).

Finally assume that  $G$  satisfies (e). If  $G$  contains a cycle, we can delete any edge appearing in that cycle and  $G$  would still be connected. We can therefore continue deleting edges in this way until we obtain a connected graph  $G'$  with  $n - 1 - k$  edges and no cycles.

But since (a) implies (d), we must have  $k = 0$ , that is,  $G = G'$ .

The idea of a free tree can be applied directly to the analysis of computer algorithms. We discussed the application of Kirchhoff's law to the problem of counting the number of times each step of an algorithm is performed; we found that Kirchhoff's law does not completely determine the number of times each step is executed, but it reduces the number of unknowns that must be specially interpreted. The theory of trees tells us how many independent unknowns will remain, and it gives us a systematic way to find them.



**Fig. 3.** Abstracted flow chart of Program A

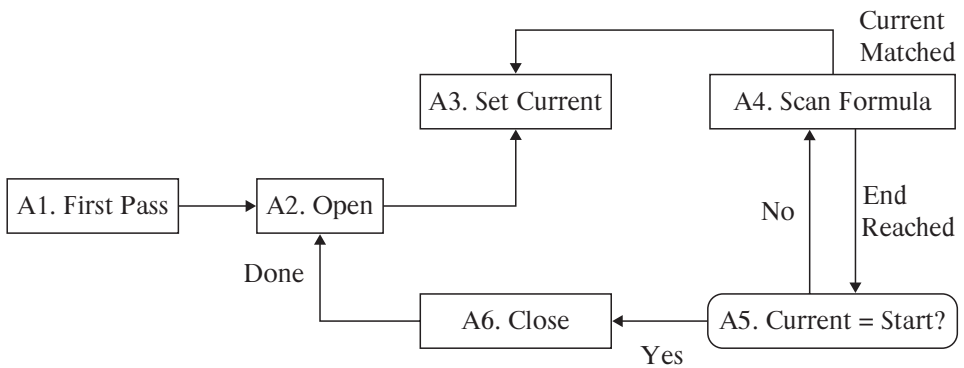
**Algorithm A** (Multiply permutations in cycle form).

This algorithm takes a product of cycles, such as  $\{(a\ c\ f\ g)\{b\ c\ d)(a\ e\ d)(f\ a\ d\ e)(b\ g\ f\ a\ e)\}$ , and Computes the resulting permutation in the form of a product of disjoint cycles. ‘We do not describe the removal of singleton cycles, which is a fairly simple extension of the algorithm. As this algorithm is performed, we successively “tag” the elements of the input formula, i.e., mark somehow those symbols of the input formula which have essentially been processed.

- A1.** [First pass.] Tag all left parentheses, and replace all right parentheses by a tagged copy of the element following their matching left parentheses. (See the example in Table 1.)
- A2.** [Open.] Searching from left to right, find the first untagged element of the input. (If all elements are tagged, the algorithm terminates.) Set START equal to it; output a left parenthesis; output the element; and tag it.
- A3.** [Set CURRENT.] Set CURRENT equal to the next element of the formula.
- A4.** [Scan formula.] Proceed to the right until either reaching the end of the formula, or finding an element equal to CURRENT; in the latter case, tag it and go to step A3
- A5.** [CURRENT == START?] If CURRENT = START, output CURRENT and go back to step A4 starting again at the left of the formula (thereby continuing the development of a cycle in the output).
- A6.** [Close.] (A complete cycle in the output has been found.) Output a right parenthesis, and go back to step A2

**Table 1.**  
**ALGORITHM A APPLIED TO (6)**  
**An "x" Indicates a target element.**

After step no.	START	CURRENT	( a c f g a	( b c d b	( a e d a	( f a d e f	( b g f a e b	Output
A1			x	x x	x x	x x	x x	x
A2	a		x x↑	x x	x x	x x	x x	x (a
A3	a	c	x x↑	x x	x x	x x	x x	x
A4	a	c	x x	x x	x↑ x x	x x	x x	x
A4	a	d	x x	x x	x x x	x↑ x x	x x	x
A4	a	a	x x	x x	x x x	x x x	x↑ x x	x
A5	a	d	x x	x x	x x x	x x x	x x x	x↑ d
A5	a	g	x x	x x	x x x x	x x x	x x x x	x↑ e
A5	a	a	x x	x x x	x x x x x	x x x	x x x x x	x↑
A6	a	a	x x	x x x	x x x x x	x x x	x x x x x	x↑ )
A2	c	a	x x x↑	x x x	x x x x x	x x x	x x x x x	x (c
A5	c	e	x x x	x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x	x↑ e
A5	c	b	x x x	x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x↑ b
A6	c	c	x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x↑ )
A6	f	f	x x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x x x x x	x↑ (f)



**Fig. Algorithm A for multiplying permutations**

**Program A (Multiply permutations in cycle form)**

This program implements **Algorithm A**, and it also includes provision for input, output, and the removing of singleton cycles

01	CARDS	EQU	16		Unit number for card reader
02	PRINTER	EQU	18		Unit number for pinder
03	ANS	ORIG	*+1000		Place for answer
04	OUTBUF	ORIG	*+24		For copies of input
05	PERM	ORIG	*+1000		The input permulation
06	BEGIN	IN	FERM (CARDS)		Read first card
07		ENT2	0		
08		LDA	EQUALS		
09	1H	JBUS	*(CARDS)		Wait for cycle computer.
10		CMPA	PERM+15,2		
11		JE	*+2		is it the last card?
12		IN	PERM+16,2(CARDS)		No,read another.
13		ENT1	OUTBUF		
14		JBUS	*(PRINTER)		Print input card.
15		MOVE	PERM,2(16)		
16		OUT	OUTBUF (PRINTER)		
17		INC2	16		
18		JNE	1B		Repeat unit input complete.
19		*			At this point (r12) words
20		DEC2	1	1	of input are in PERM,PERM+,...
21		ST2	SIZE	1	
22		ENT3	0	1	A1. first pass.
23		2H	LDAN PERM,3	A	Get next element of input.
24		CMPA	LPREN(1:5)	A	is it “(“?
25		JNE	IF	A	
26		STA	PERM,3	B	Tag it.
27		INC3		B	Put next nonblankelement
28		LDXN	PERM,3	B	in Rx.
29		JXZ	*-2	B	
30	1H	CMPA	RPREN(1:5)	C	
31		JNE	*+2	C	
32		STX	PERM,3	D	Replace “)” by tagged Rx.
33		INC3	1	C	
34		CMP3	SIZE	C	Have all elementsbeen processed?
35		JL	2B	C	
36		*			
37		LDA	LPREN	1	Prepare for main program.
38		ENTI	ANS	1	rL1=place to storenext answer
39	OPEN	ENT3	0	E	A2. open.
40	1h	LDXN	PERM,3	F	Look for untagged element.

41		JXN	GO	F	
42		INC3	1	G	
43		CMP3	SIZE	G	
44		JL	IB	G	
45	*				All are tagged. Now comes the output
46	DONE	CMP1	=ANS=		
47		JNE	*+2		Is answer the identity permutation?
48		MOVE	LPREN(3)		If so, change to "(1)".
49		MOVE	=0=		Put 23 words of blanks after answer.
50		MOVE	-1,1(22)		
51		ENT3	0		
52		OUT	ANS,3(PRINTER).		
53		INC3	24		
54		LDX	ANS,3		Print as many lines as necessary.
55		JXNZ	*-3		
56		HLT			
57	LPREN	ALF		(	Constants used in program.
58		ALF	1		
59	RPREN	ALF	)		
60	EQUALS	ALF	=		
61	*				
63		MOVE	PERM,3	H	
64		STX	START	H	
65	SUCC	STX	PERM,3	J	Tag an element.
66		INC3	1	J	Move one step to right.
67		LDXN	PERM,3(1:5)	J	As. Set CURRENT (namely rX).
68		JXN	IF	J	skip past blanks.
69		JMP	*-3	0	
70	4H	CMPX	PERM,3(1:5)	K	A4. Scan formula.
71		JE	SUCC	K	element = CURRENT ?
72	1H	INC3	1	L	move to right.
73		CMP3	SIZE	L	End of formula?
74		JL	4B	L	
75		CMPX	START(1:5)	P	A5. CURRENT = START?
76		JE	CLOSE	P	
77		STX	O,1	Q	No , output CURRENT.
78		INC1	1	Q	
79		ENT3	0	Q	Scan formula again.
80		JMP	4B	Q	Go back to A4.
81	CLOSE	MOVE	RPREN	R	A6. close.
82		CMPA	-3,1	R	Note :rA="(?"
83		JNE	OPEN	R	
84		INC1	-3	S	Suppress singleton cycles.
85		JMP	OPEN	S	
86		END	BEGIN		

It is easier to understand the method which follows if an example is studied, so we will work an example as the theory is being developed. Figure 3 shows an abstracted flow chart for Program 1.3.3A, which was subjected to a “**Kirchhoff’s law**”. Each box in Fig. 3. represents part of the computation, and the letter or number inside the box denotes the number of times that computation will be performed during one run of the program. An arrow between boxes represents a possible jump in the program. The arrows have been labeled  $e_1, e_2, \dots, e_{27}$ . Our goal is to find all relations between the quantities **A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, P, Q, R,** and **S** that are implied by **Kirchhoff’s law**, and at the same time we hope to gain some insight in to the general problem.

Let  $E_j$  denote the number of times branch  $e_j$  is taken during the execution of the program being studied; **Kirchhoff’s law** is

$$“\text{sum of } E\text{'s into box} = \text{value in box} = \text{sum of } E\text{'s leaving box}”; \tag{1}$$

e.g., in the case of the box marked K we have

$$“E_{19} + E_{20} = K = E_{18} + E_{21}.” \tag{2}$$

In the discussion which follows, we will regard  $E_1, E_2, \dots, E_{27}$  as the unknowns, instead of A, B, ... S.

The flow chart in Fig. 3. may be further abstracted so that it becomes a graph G as in Fig. 32. The boxes have shrunk to vertices, and the arrows  $e_1, e_2, \dots$  now represent edges of the graph. (A graph, strictly speaking, has no implied direction in its edges, and when we refer to graph-theoretical properties of G, the direction of the arrows should be ignored. The application to Kirchhoff’s law, however, makes use of the arrows, as we will see later). For convenience an extra edge  $e_0$  has been drawn from the “stop” vertex to the “start” vertex, so that Kirchhoff’s law applies uniformly to all parts of the graph. Figure 4 also includes some other minor changes from Fig.3 an extra vertex and edge have been added to divide  $e_{13}$  into two parts  $e'_{13}$ , so that the basic definition of a graph (no two edges join the same two vertices) is valid;  $e_{19}$  has also been split up in this way. A similar modification would have been made if we had any vertex with an arrow leading back to itself.

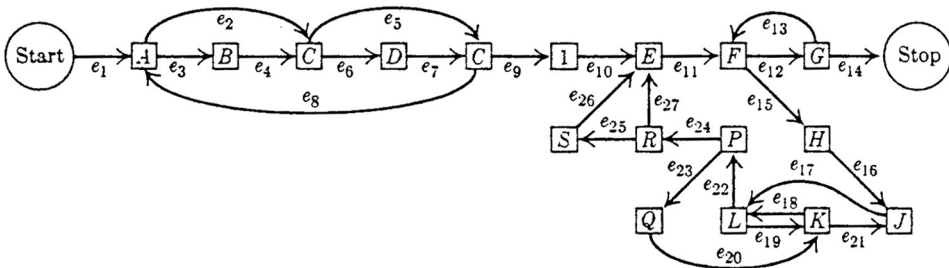


Fig. 4. Graph corresponding to Fig. 3 including a free subtree

Some of the edges in Fig. 4 have been drawn much heavier than the others. These edges form a free subtree of the graph, connecting all the vertices. It is always possible to find a free subtree of the graphs arising from flow charts, because the graphs must be connected and, by part (b) of Theorem A, if  $G$  is connected and not a free tree, we can delete some edge and still have the resulting graph connected; this process can be iterated until we reach a subtree. We can in fact always discard the edge  $e_0$  (which went from the “stop” to the “start” vertex) first, so that we may assume  $e_0$  does not appear in the subtree chosen.

Let  $G'$  be a free subtree of the graph  $G$  found in this way, and consider any edge  $V V'$  of  $G$  that is not in  $G'$ . We may now note an important consequence of Theorem A:  $G'$  plus this new edge  $V V'$  contains a cycle, and in fact there is exactly one cycle having the form  $(V, V', \dots, V)$ , since there is a unique simple path from  $V'$  to  $V$  in  $G'$ . For example, if  $G'$  is the free subtree shown in Fig. 4, and if we add the edge  $e_2$ , we obtain a cycle which goes along  $e_2$  and then (in the direction opposite to the arrows) along  $e_4$  and  $e_3$ . This cycle may be written algebraically as “ $e_2 - e_3 - e_4$ ”, using plus signs and minus signs to indicate whether the cycle goes in the direction of the arrows or not.

If we carry out this process for each edge not in the free subtree, we obtain the so-called fundamental cycles, which in the case of Fig. 4 are

$$\begin{aligned}
 C_0: & e_0 + e_1 + e_3 + e_4 + e_6 + e_7 + e_9 + e_{10} + e_{11} + e_{12} + e_{14}, \\
 C_2: & e_2 - e_3 - e_4, \\
 C_5: & e_5 - e_6 - e_7, \\
 C_8: & e_8 + e_3 + e_4 + e_6 + e_7, \\
 C''_{13}: & e''_{13} + e_{12} + e'_{13}, \\
 C_{17}: & e_{17} + e_{22} + e_{24} + e_{27} + e_{11} + e_{15} + e_{16}, \\
 C''_{19}: & e''_{19} + e_{18} + e'_{19}, \\
 C_{20}: & e_{20} + e_{18} + e_{22} + e_{23}, \\
 C_{21}: & e_{21} - e_{16} - e_{15} - e_{11} - e_{27} - e_{24} - e_{22} - e_{18}, \\
 C_{25}: & e_{25} + e_{26} - e_{27}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Obviously an edge  $e_j$  which is not in the free subtree will appear in only one of the fundamental cycles, namely  $G_j$ .

We are now approaching the climax of this construction. Each fundamental cycle represents a solution to Kirchhoff’s equations; for example, the solution corresponding to  $C_2$  is to let  $E_2 = +1$ ,  $E_3 = -1$ ,  $E_4 = -1$ , and all other  $E$ ’s = 0. It is clear that flow around a cycle in a graph always satisfies the condition (1) of Kirchhoff’s law. Moreover, Kirchhoff’s equations are “homogeneous,” so the sum of difference of solutions to (1) yields another solution. Therefore we may conclude that the values of  $E_0, E_2, E_5, \dots, E_{25}$  are independent in the following sense:

If  $x_0, x_2, \dots, x_{25}$  are any read numbers (one  $x_j$  for each  $e_j$  not in the free subtree  $G'$ ), there is a solution to Kirchhoff’s equations

**(1). Such that**

$$\begin{aligned}
 E_0 &= x_0, \\
 E_2 &= x_2, \\
 &\dots, \\
 &\dots\dots \\
 E_{25} &= x_{25}.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Such a solution is found by going  $x_0$  times around cycle  $C_0$ ,  $x_2$  times around cycle  $C_2$ , etc. Furthermore, we find that the values of the remaining variables  $E_1, E_3, E_4, \dots$  are completely dependent on the values  $E_0, E_2, \dots, E_{25}$ :

*The solution mentioned in statement (4) is unique.* (5)

For if there are two solutions to Kirchhoff's equations such that  $E_0=x_0, \dots, E_{25}=x_{25}$ , we can subtract one from the other and we thereby obtain a solution in which  $E_0=E_2=E_5=\dots=E_{25}=0$ . But now all  $E_j$  must be zero, for it is easy to see that a nonzero solution to Kirchhoff's equations is impossible when the graph is a free tree (see exercise 4). Therefore the two assumed solutions must be identical. We have now proved that all solutions of Kirchhoff's equations may be obtained as sums of multiples of the fundamental cycles.

When these remarks are applied to the graph in Fig. 4 we obtain the following general solution of Kirchhoff's equations in terms of the independent variables  $E_0, E_2, \dots, E_{25}$ :

$$\begin{aligned}
 E_1 &= E_0, & E_{14} &= E_0, \\
 E_3 &= E_0 - E_2 + E_8, & E_{15} &= E_{17} - E_{21} \\
 E_4 &= E_0 - E_2 + E_8, & E_{16} &= E_{17} - E_{21}, \\
 E_6 &= E_0 - E_5 + E_8, & E_{18} &= E'_{19} + E_{20} - E_{21}, \\
 E_7 &= E_0 - E_5 + E_8, & E'_{19} &= E'_{19} \\
 E_9 &= E_0, & E_{22} &= E_{17} + E_{20} - E_{21}, \\
 E_{10} &= E_0, & E_{23} &= E_{20}, \\
 E_{11} &= E_0 + E_{17} - E_{21}, & E_{24} &= E_{17} - E_{21}, \\
 E_{12} &= E_0 + E'_{13}, & E_{26} &= E_{17} - E_{21}, \\
 E'_{13} &= E'_{13}, & E_{27} &= E_{17} - E_{21} - E_{25},
 \end{aligned} \tag{6}$$

To obtain these equations, we merely list, for each edge  $e_j$  in the subtree, all  $E_k$  for which  $e_j$  appears in cycle  $C_k$ , with the appropriate sign.

Strictly speaking,  $C_0$  should not be called a fundamental cycle, since it involves the special edge  $e_0$ . We may call  $C_0$  minus the edge  $e_0$  a fundamental path from "start" to "stop". Our boundary condition, that the "start" and "stop" boxes in the flow chart are performed exactly once, is equivalent to the relation

$$E_0 = 1. \tag{7}$$

The preceding discussion shows how to obtain all solutions to Kirchhoff's law; the same method may be applied (as Kirchhoff himself applied it) to electrical circuits instead

of program flow charts. It is natural to ask at this point whether Kirchhoff's law is the strongest possible set of equations that can be given for the case of program flow charts, or whether more can be said: Any execution of a computer program that goes from "start" to "stop" gives us a set of values  $E_1, E_2, \dots, E_{27}$  for the number of times each edge is traversed, and these values obey Kirchhoff's law; but are there solutions to Kirchhoff's equations which do not correspond to any computer program execution? (In this question, we do not assume any information about the computer program as given to us, except its flow chart.) If there are solutions which meet Kirchhoff's conditions but do not correspond to actual program execution, we can give stronger conditions than Kirchhoff's law. For the case of electrical circuits Kirchhoff himself gave a second law: the sum of the voltage drops around a fundamental cycle must be zero. This second law does not apply to our problem.

There is indeed an obvious further condition that the  $E$ 's must satisfy, if they are to correspond to some actual path in the flow chart from "start" to "stop"; they must be integers, and in fact they must be nonnegative integers. This is not a trivial condition, for we may not simply assign arbitrary nonnegative integer values to the independent variables  $E_2, E_5, \dots, E_{25}$ ; for example, if we take  $E_2=2$  and  $E_8=0$ , we find from (6), (7), that  $E_3=-1$ . (Thus, no execution of the flow chart in Fig. 31 will take branch  $e_2$  twice without taking branch  $e_8$  at least once). The condition that all the  $E$ 's be nonnegative integers is not enough either; for example, consider the solution in which  $E_{19}=1$ ,  $E_2=E_5=\dots=E_{17}=E_{20}=E_{21}=E_{25}=0$ ; there is no way to get to  $e_{18}$  except via  $e_{15}$ . The following condition is a necessary and sufficient condition which answers the problem raised in the previous paragraph: Let  $E_2, E_5, \dots, E_{25}$  be any given values, and determine  $E_1, E_3, \dots, E_{27}$  according to (6), (7). Assume that all the  $E$ 's are nonnegative integers, and assume that the graph whose edges are those  $e_j$  for which  $E_j > 0$ , and whose vertices are those which touch such  $e_j$ , is connected. Then there is a path from "start" to "stop" in which edge  $e_j$  is traversed exactly  $E_j$  times. This fact is proved in the next section

Let us now summarize the preceding discussion:

**Theorem K.** If a flow chart (such as Fig. 3) contains  $n$  boxes (including "start" and "stop") and  $m$  arrows, it is possible to find  $m-n+1$  fundamental cycles and a fundamental path from "start" to "stop", such that any path from "start" to "stop" is equivalent (in terms of the number of times each edge is traversed) to one traversal of the fundamental path plus a uniquely determined number of traversals of each of these fundamental cycles. (The fundamental path and fundamental cycles may include some edges which are to be traversed in a direction opposite that shown by the arrow on the edge; we conventionally say that such edges are being traversed -1 times).

Conversely, for any traversal of the fundamental path and the fundamental cycles in which the total number of times each edge is traversed is nonnegative, and in which the vertices and edges corresponding to a positive number of traversals form a connected graph, there is at least one equivalent path from "start" to "stop".

The fundamental cycles are found by picking a free subtree as in Fig. 4; if we choose a different subtree we get, in general, a different set of fundamental cycles. The fact that there are  $m-n+1$  fundamental cycles follows from Theorem A. The modifications we made to get from Fig. 3 to Fig. 4 do not change the value of  $m-n+1$ , although they may increase both  $m$  and  $n$ ; the construction could have been generalized so as to avoid these trivial modifications entirely.

Theorem K is encouraging because it says that **Kirchhoff's law** (which consists of  $n$  equations in the  $m$  unknowns  $E_1, E_2, \dots, E_m$ ) has just one "redundancy", i.e., these  $n$  equations allow us to eliminate  $n-1$  unknowns. Note however that throughout this discussion the unknown variables have been the number of times the edges have been traversed, not the number of times each box of the flow chart has been entered.

## References

1. Horovits and Sahl, Fundamentals of Data Structures, Computer Science Press 1976.
2. Knuth D., The art of computer programming , Vol. 1 Fundamental Algorithms Addison – Westey, 1973.
3. Tenenbaum and Augenstein, Data Structures using Pascal , prentice – Hall, 1981
4. Spence R., Clipper Programming Guide , Microtrend Series, 1992.
5. Bruce J. MacLennan, Principles of Programming Languages, HRW, 1983.
6. Neill Graham, An Introduction to Computer Science, A Structured Approach, Second Edition , West Publishing Company, 1982.

# *RFM analysis with Data Mining*

*Vasilis Aggelis  
University of Patras  
Department of Computer  
Engineering and Informatics  
Rio, Patras, Greece  
Vasilis.Aggelis@egnatibank.gr*

---

## **Abstract**

RFM (Recency, Frequency, Monetary) analysis is a method to identify high-response customers in marketing promotions, and to improve overall response rates, which is well known and is widely applied today. Less widely understood is the value of applying RFM scoring to a customer database and measuring customer profitability. RFM analysis is considered significant also for the banks and their specific units like e-banking. A customer who has visited an e-banking site Recently (R) and Frequently (F) and created a lot of Monetary Value (M) through payment and standing orders is very likely to visit and make payments again. After evaluation of the customer's behaviour using specific RFM criteria the RFM score is correlated to the bank interest, with a high RFM score being more beneficial to the bank currently as well as in the future. Data mining methods can be considered as tools enhancing the bank RFM analysis of the customers in total as well as specific groups like the users of e-banking.

---

## **Περίληψη**

Η RFM ανάλυση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την αναγνώριση πελατών με μεγάλη πιθανότητα ανταπόκρισης σε διαφημιστικές καμπάνιες και για την βελτίωση της ανταπόκρισης τους. Η μέθοδος είναι ευρέως γνωστή και εφαρμοσμένη σήμερα. Λιγότερο κατανοητή είναι η αξία της RFM βαθμολόγησης σε πελατολόγια και στην μέτρηση της κερδοφορίας των πελατών. Η RFM ανάλυση θεωρείται σημαντική για τις Τράπεζες και ειδικότερες μονάδες τους, όπως η ηλεκτρονική τραπεζική. Ένας πελάτης που έχει επισκεφθεί μια ηλεκτρονική υπηρεσία πρόσφατα και συχνά και έχει δημιουρ-

γήσει μια πιστή σχέση μέσω των εντολών πληρωμής και των παγίων εντολών που καταχωρεί, είναι ο πλέον πιθανός να επισκεφθεί και πάλι την υπηρεσία και να κάνει αγορές. Μετά από τον υπολογισμό της συμπεριφοράς του πελάτη χρησιμοποιώντας ειδικά RFM κριτήρια, η βαθμολογία του πελάτη σχετίζεται με το ενδιαφέρον που δείχνει η τράπεζα για πελάτες με υψηλή βαθμολογία. Οι μέθοδοι data mining μπορούν να θεωρηθούν ως εργαλεία για την RFM ανάλυση των πελατών μιας τράπεζας συνολικά, καθώς και για την ανάλυση ομάδων πελατών όπως αυτοί της ηλεκτρονικής τραπεζικής.

**Keywords:**

Data Mining, e-Banking, RFM analysis, Clustering.

**Introduction**

RFM analysis [DataPlus Millenium (2001)] is a three-dimensional way of classifying, or ranking, customers to determine the top 20%, or best, customers. It is based on the 80/20 principle that 20% of customers bring in 80% of revenue.

In order to group customers and perform analysis, a customer segmentation model known as the pyramid model [Curry J. and Curry A. (2000)] is used. The pyramid model groups customers by the revenue they generate, into the categories shown in Figure 1. These categories or value segments are then used in a variety of analytics. The advantage of this approach is that it focuses the analytics on categories and terminology that are immediately meaningful to the business.

The pyramid model has been proven extremely useful to companies, financial organisations and banks. Indicatively some issues that can be improved by the use of the model follow:

- ◆ Decision making.
- ◆ Future revenue forecast.
- ◆ Customer profitability.
- ◆ Predictions concerning the alteration of customers' position in the pyramid.
- ◆ Understanding the reasons of these alterations.
- ◆ Conservation of the most important customers.
- ◆ Stimulation of inactive customers.

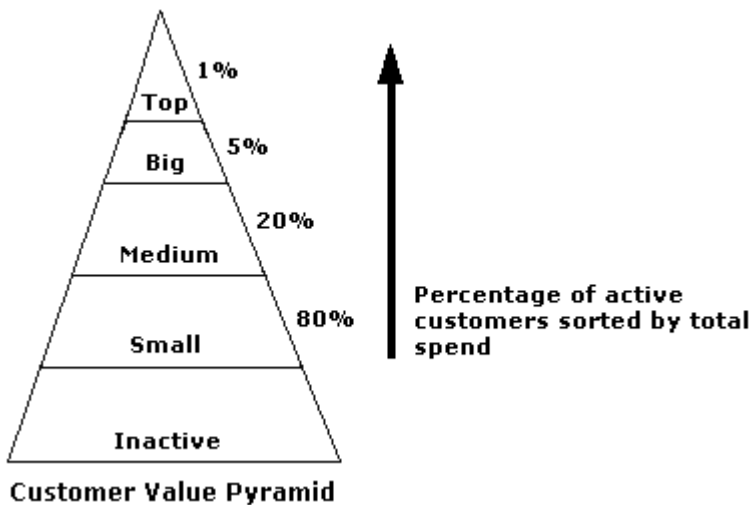


Figure 1

Essentially RFM analysis suggests that the customer exhibiting high RFM score should normally conduct more transactions and result in higher profit for the bank.

RFM analysis [SPSS (2001), Madeira S.A. (2002), COMPAQ (2001), Im K. and Park S. (1999)] nowadays can be conducted by the use of Data Mining methods like clustering. These methods contribute to the more efficient determination and exploitation of RFM analysis results.

In the present paper, the RFM scoring of active e-banking users is studied along with the ranking of these users according to the pyramid model. The software used is SPSS Clementine 7.0. Description of various clustering techniques and algorithms follow in section 2 while in section 3 the calculation of the RFM scoring of active e-banking users is described. Section 4 contains experimental results derived from the data set of section 3 and conclusions and future work is stated in section 5.

## 1. Clustering basics

Clustering techniques [Hand D., Mannila H., Smyth P. (2001), Collier K., Carey B., Grusy E., Marjaniemi C., and Sautter D. (1998)] fall into a group of undirected data mining tools. The goal of undirected data mining is to discover structure in the data as a whole. There is no target variable to be predicted, thus no distinction is being made between independent and dependent variables.

Clustering techniques are used for combining observed examples into clusters (groups) that satisfy two main criteria:

- each group or cluster is homogeneous; examples that belong to the same group are similar to each other.
- each group or cluster should be different from other clusters, that is, examples that belong to one cluster should be different from the examples of other clusters.

Depending on the clustering technique, clusters can be expressed in different ways:

- identified clusters may be exclusive, so that any example belongs to only one cluster.
- they may be overlapping; an example may belong to several clusters.
- they may be probabilistic, whereby an example belongs to each cluster with a certain probability.
- clusters might have hierarchical structure, having crude division of examples at highest level of hierarchy, which is then refined to sub-clusters at lower levels.

## 1.1 K-means algorithm

K-means [Hand D., Mannila H., Smyth P. (2001), Collier K., Carey B., Grusy E., Marjaniemi C., and Sautter D. (1998), Bradley P., and Fayyad U. (1998), Zha H., Ding C., Gu M., He X., and Simon H.(2001)] is the simplest clustering algorithm. This algorithm uses as input a predefined number of clusters that is the  $k$  from its name. Mean stands for an average, an average location of all the members of a particular cluster. When dealing with clustering techniques, a notion of a high dimensional space must be adopted, or space in which orthogonal dimensions are all attributes from the table of analysed data. The value of each attribute of an example represents a distance of the example from the origin along the attribute axes. Of course, in order to use this geometry efficiently, the values in the data set must all be numeric and should be normalized in order to allow fair computation of the overall distances in a multi-attribute space.

K-means algorithm is a simple, iterative procedure, in which a crucial concept is the one of *centroid*. *Centroid* is an artificial point in the space of records that represents an average location of the particular cluster. The coordinates of this point are averages of attribute values of all examples that belong to the cluster. The steps of the K-means algorithm are given in Figure 2.

1. *Select randomly  $k$  points (it can be also examples) to be the seeds for the centroids of  $k$  clusters.*
2. *Assign each example to the centroid closest to the example, forming in this way  $k$  exclusive clusters of examples.*
3. *Calculate new centroids of the clusters. For that purpose average all attribute values of the examples belonging to the same cluster (centroid).*
4. *Check if the cluster centroids have changed their “coordinates”. If yes, start again from the step 2). If not, cluster detection is finished and all examples have their cluster memberships defined.*

Figure 2

Usually this iterative procedure of redefining *centroids* and reassigning the examples to clusters needs only a few iterations to converge.

## 1.2 Two Step Cluster

The Two Step **cluster analysis** [SPSS (2002)] can be used to cluster the data set into distinct groups in case these groups are initially unknown. Similar to K-Means algorithm, Two Step Cluster models do not use a target field. Instead of trying to predict an outcome, Two Step Cluster tries to uncover patterns in the set of input fields. Records are grouped so that records within a group or cluster tend to be similar to each other, being dissimilar to records in other groups.

Two Step Cluster is a two-step clustering method. The first step makes a single pass through the data, during which it compresses the raw input data into a manageable set of subclusters. The second step uses a hierarchical clustering method to progressively merge the subclusters into larger and larger clusters, without requiring another pass through the data. Hierarchical clustering has the advantage of not requiring the number of clusters to be selected ahead of time. Many hierarchical clustering methods start with individual records as starting clusters, and merge them recursively to produce ever larger clusters. Though such approaches often break down with large amounts of data, Two Step's initial pre-clustering makes hierarchical clustering fast even for large data sets.

## 2. RFM scoring of active e-banking users

The data sample used concern the period between January 1<sup>st</sup> and December 12<sup>th</sup> of the year 2002.

The term «active e-banking user» describes the user who has conducted at least one financial transaction during this period. In order RFM scoring to express customer profitability, all values concerning financial transactions are taken into consideration.

The following variables are calculated for this specific time period.

### *Recency (R)*

R is the date of the user's last transaction. Since the R value contributes to the RFM scoring determination, a numeric value is necessary. Therefore, a new variable,  $R_{new}$  is defined as the number of days between the first date concerned (1/1/2002) and the date of the last active user's transaction. For example a user who has conducted his last transaction on 29/11/2002 is characterized by  $R_{new}=332$ , while one who has conducted his last transaction on 4/4/2002 will have  $R_{new}=93$ .

*Frequency (F)*

R is defined as the count of financial transactions the user conducted within the period of interest (1/1/2002 to 12/12/2002).

*Monetary (M)*

M is the total value of financial transactions the user made within the above stated period.

RFM Score (RFM Factor) is calculated using the formula:

$$\text{RFM\_Factor} = R_{\text{new}} + F + M.$$

A sample of the data set on which data mining methods are applied lies in Table 1.

**Table 1**

User	R <sub>new</sub>	F	M	RFM_Factor
...	...	...	...	...
User522	330	20	€20.856,39	21.206,39
User523	216	6	€16.932,15	17.154,15
User524	304	8	€12.866,25	13.178,25
User525	92	1	€27.245,42	27.338,42
...	...	...	...	...

The sample includes 1904 active users in total.

Customer classification is performed using the K-means and Two Step Clustering methods.

### 3. Experimental results

As seen in the histogram of Figure 3, RFM distribution is high over values less than 1.000.000. This is a natural trend since, as concluded in paragraph 1, 80% of the customer exhibits low RFM Factor.

Application of the K-means algorithm results in the 4 clusters of Figure 4. Next to each cluster one can see the number of appearances as well as the average value of each variable.

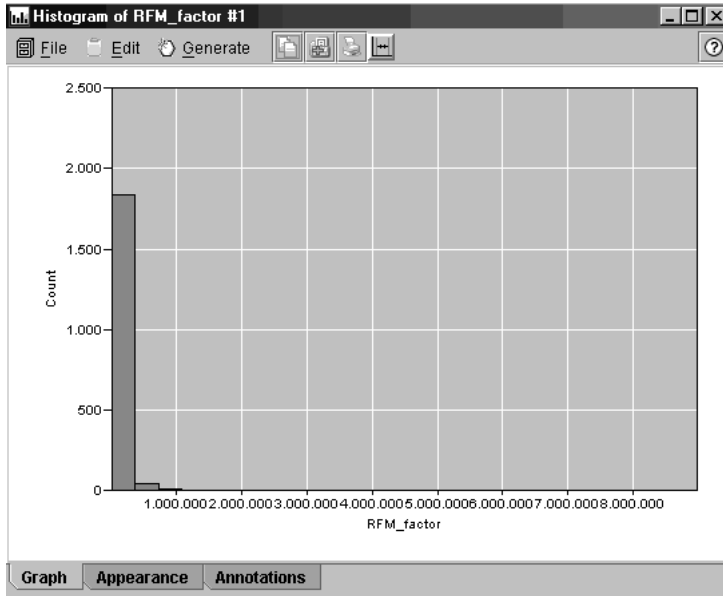


Figure 3

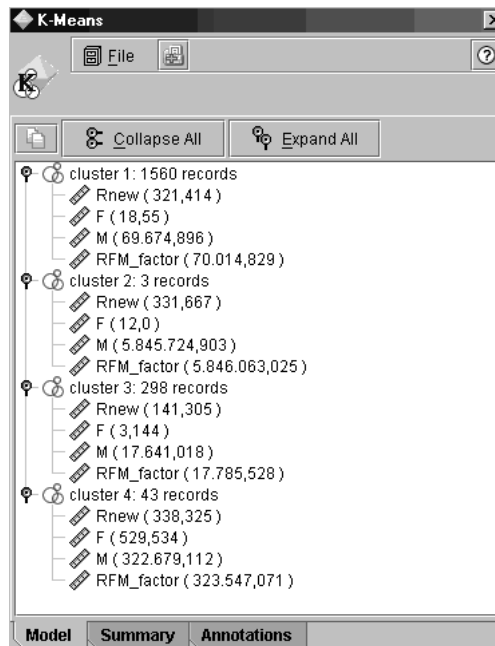


Figure 4

The above clustering results in the distribution of Figure 5. The similarity of this distribution to the pyramid model is apparent:

Cluster 1	(81,93%)	⇒	Small	80%
Cluster 3	(15,65%)	⇒	Medium	15%
Cluster 4	(2,26%)	⇒	Big	4%
Cluster 2	(0,16%)	⇒	Top	1%

Value	Proportion	%	Count
cluster-1		81,93	1560
cluster-3		15,65	298
cluster-4		2,26	43
cluster-2		0,16	3

Figure 5

Additionally as another way of certifying the existence of different customer clusters, the Two Step Cluster method was used. This method yielded the four clusters of Figure 6. The number of appearances is also supplied in this case accompanied with the average value and standard deviation of the variables of each class.

Cluster	Records	RFM_factor (Average)	Standard deviation
cluster 1	1548	21.683,682	26.196,838
cluster 2	277	164.557,887	48.758,392
cluster 3	67	496.274,756	157.400,399
cluster 4	12	2.732.276,157	2.087.977,727

Figure 6

The distribution derived from the above clustering procedure is seen in Figure 7. The similarity to the pyramid model is even greater. Specifically:

Cluster 1	(81,3%)	⇒	Small	80%
Cluster 2	(14,55%)	⇒	Medium	15%
Cluster 3	(3,52%)	⇒	Big	4%
Cluster 4	(0,63%)	⇒	Top	1%

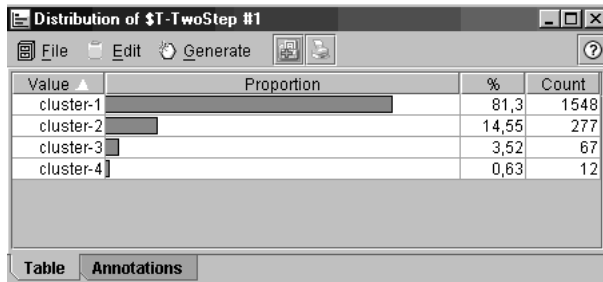


Figure 7

Finally, cross-tabulation of the fields of the two different clustering procedure results in the Matrix of Figure 8.

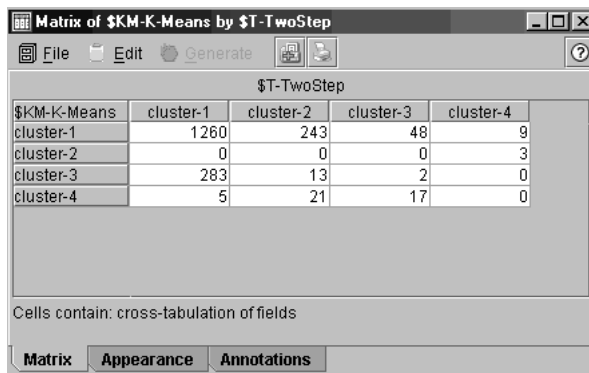


Figure 8

The lines are interpreted like this:

From the total of 1560 records of Cluster 1 as derived from the K-means algorithm 1260 (80.76%) are included in Cluster 1, 243 (15,57%) records in Cluster 2, 48 (3.07%) in Cluster 3 and 9 (0.6%) in Cluster 4 derived from the Two Step method. Next lines are interpreted the same way.

The most important observations concerning the matrix are the following:

- 1260 users belong to the category of «small» customers, 13 in the «medium» category, 17 in the «big» and 3 in the top category as a result of the application of the two models combined.
- 9 users of the «top» class as derived from the Two Step method belong to the «small» category of K-means method.
- 5 users that belong to the «small» class according to the Two Step method belong to the «big» category according to the K-means.
- Despite some differences in the classification of customers in the various categories of the pyramid, the two models are certified from the majority of the records.

#### **4. Conclusions and Future Work**

In the present paper it is shown that the knowledge of RFM scoring of active e-banking users can rank them according to the pyramid model. This result was highlighted by the use of 2 clustering methods. Therefore, the e-banking unit of a bank may easily identify the most important users-customers. The model continuously trained reveals also the way customers are transposed between different pyramid levels so that the bank administration has the opportunity to diminish customer leakage.

At the same time customer approach and new services and products promotion is improved since it is the bank's knowledge that it is more likely a customer to respond to a promotion campaign if this customer belongs to the 20% of more beneficial ones.

Correct recognition and analysis of the clustering results offers an advantage to the e-banking unit of a bank over the competition. Users-customers clustering could be subjected to further exploitation and research.

Crucial hints of future work are the payment types preferred in each category, e-banking use, user profiles and other general characteristics of each customer category.

The use of other clustering algorithms as well as other data mining methods is a promising and challenging issue for future work. The application of RFM analysis can also be used in larger data sets, in order to produce completed results that will be updated continuously by training of the models.

## References

- Bradley P., and Fayyad U., (1998) “*Refining Initial Points for K-Means Clustering*”, Proc. 15th International Conf. on Machine Learning.
- Collier K., Carey B., Grusy E., Marjaniemi C., and Sautter D., (1998) “*A Perspective on Data Mining*”, Northern Arizona University.
- COMPAQ, (2001) “*Retain Customers and reduce risk*”, White Paper.
- Curry J. and Curry A., (2000) “*The Customer Marketing Method: How to Implement and Profit from Customer Relationship Management*”.
- DataPlus Millenium, (2001) “*Data-Driven Analysis Tools and Techniques*”, White Paper.
- Hand D., Mannila H., Smyth P. (2001), “*Principles of Data Mining*”. The MIT Press.
- Im K. and Park S., (1999) “*A Study on Analyzing Characteristics of Target Customers from Refined Sales Data*”, APIEMS.
- Madeira S.A., (2002). “*Comparison of Target Selection Methods in Direct Marketing*”, MSc Thesis, Technical University of Lisbon.
- SPSS, (2001) “*Clementine Application Template for Customer Relationship Management 6.5*”. Integral solutions Limited.
- SPSS, (2002) “*Clementine 7.0 Users’s Guide*”. Integral solutions Limited.
- Zha H., Ding C., Gu M., He X., and Simon H., (2001) “*Spectral Relaxation for K-means Clustering*”, Neural Info. Processing Systems.



# Κοινωνικές συνθήκες υπό το καθεστώς της 4<sup>ης</sup> Αυγούστου 1936

Κωνσταντίνος Τενεκετζής  
Διδάκτωρ Δημοσίου Δικαίου  
και Πολιτικών Επιστημών

## Περίληψη

Οι νέες κοινωνικοοικονομικές δομές, που δημιουργήθηκαν το 1922, επηρέασαν την μετέπειτα πολιτική κατάσταση. Οι μεταβολές, που υπήρξαν στην ταξική διάρθρωση, προσδιόρισαν καθοριστικά τις μορφές κοινωνικής οργάνωσης, την κινητικότητα, την κοινωνική διαμαρτυρία, τα κοινωνικά κινήματα και την πολιτική.

Η κοινωνική πραγματικότητα επηρεάστηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό από την έλευση των προσφύγων. Ο ερχομός τους σήμαινε μια βίαιη ρήξη στον οικονομικό και τον κοινωνικό ιστό της χώρας. Η οικονομική κρίση, η οποία συνόδευε τον κοινωνικό μας σχηματισμό κατά τον Μεσοπόλεμο, έπληξε κυρίως τους εξαθλιωμένους αγροτικούς πληθυσμούς και τους εργαζόμενους. Ο εξωτερικός δανεισμός της χώρας, οι πτωχεύσεις, η ανεργία, η μετανάστευση, ο αναλφαβητισμός, ο υποσιτισμός, η βρεφική θνησιμότητα, η έλλειψη υγειονομικής περίθαλψης, υπήρξαν εμπόδια για την ομαλή πορεία του ελληνικού κράτους και συνέτειναν στη δημιουργία του δικτατορικού καθεστώτος της 4<sup>ης</sup> Αυγούστου.

## Abstract

The new social and financial points that have been created in 1922 influenced the afterwards political situation. The modifications that have been existed in the articulation of the classes defined the shapes of the social organization, the mobility, the social complain, the movements and the politics.

The social reality has been affected in a remarkable point, by the arrival of the immigrants. That arrival mends to be a violent rapture to the financial and social web of the coun-try. The financial crisis that followed the social formation during the middle-war

(1920-1940) hit mainly the miserable farm population and the workers. The external lending of the country, the bankruptcies, the unemployment, the immigration, the illiteracy, the nourishment, the infant mortality and the deficiency of the sanitary care, prevent the normal process of the Greek state and contribute to the creations of the dictatorship of the 4<sup>th</sup> August 1936.

### **Λέξεις - Κλειδιά:**

Δικτατορία 4<sup>ης</sup> Αυγούστου, Μεσοπόλεμος, περιφερειακός καπιταλισμός, πρόσφυγες, συνδικαλιστικό κίνημα, φεμινιστικό κίνημα, κοινωνικές τάξεις, μικροαστική τάξη, εργατική τάξη, αγροτικά στρώματα, «πελατεία - πατρωνία», ιδεολογική κρίση, αντικομμουνισμός, οικονομική κρίση, ανεργία, αναλφαβητισμός, κοινωνική ασφάλιση, ίδρυση του Ι.Κ.Α.

## **Εισαγωγή**

Η κοινωνική εξέλιξη στον χώρο δράσης του ελληνισμού παρουσίασε καθυστέρηση μερικών αιώνων, σε σύγκριση με την πορεία των κοινωνικών σχηματισμών της Δυτικής Ευρώπης. Στο μεσοπολεμικό κοινωνικό σχηματισμό της χώρας δεν εμφανίστηκαν τα επαναστατικά φαινόμενα που συγκλόνιζαν εκείνη την περίοδο την Ευρώπη.<sup>1</sup> Εδώ, η πολιτική αφορούσε κυρίως δύο αντιμαχόμενους αστικούς πολιτικούς κόσμους. Η ανυπαρξία μαζικών κινήσεων κοινωνικής αμφισβήτησης είχε να κάνει και με μια άλλη σειρά από λόγους, όπως ήταν, ο διάχυτος συντηρητισμός που επικρατούσε στον κοινωνικό μας σχηματισμό, η ανιστόρητη ταύτιση αστισμού και εθνισμού, η αδυναμία κατοχύρωσης της δημοκρατίας ως τρόπου ζωής, η έλλειψη ταξικών οργανώσεων και η ταύτιση του κράτους με την εκάστοτε κυβέρνηση.<sup>2</sup>

Το γιατί επικρατούσε αυτή η κατάσταση είναι δύσκολο να απαντηθεί. Κάθε απόπειρα απάντησης απαιτεί προσέγγιση, ανάλυση και κατανόηση του τρόπου διαμόρφωσης των βασικών δομικών χαρακτηριστικών του κοινωνικού μας σχηματισμού στο σύνολό του. Πάντως δεν μπορούμε να αναφερόμαστε γενικά και αφηρημένα σε κάποιον ελληνικό λαό, αποδίδοντάς του διάφορες φυλετικές ιδιαιτερότητες. Μια τέτοια ερμηνεία είναι θετική για την άρχουσα τάξη. Ο σημαντικός της ρόλος είναι η απόσπαση της προσοχής από τις κοινωνικές ανισότητες, που αποτελούν τη βάση της ανθρωπίνης ύπαρξης, προς ιδιομορφίες που είναι τάχα κοινές για όλα τα μέλη της κοινότητας. Σε καμιά περίπτωση η σπουδή των χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς ενός λαού δεν πρέπει να διαχωρίζεται από την ανάλυση του κοινωνικού περιβάλλοντος.<sup>3</sup>

Στις περιφερειακές κοινωνίες, όπως η δική μας, το κράτος είναι εκείνο που συγκροτεί και διαμορφώνει τις κοινωνικές τάξεις. Το κράτος στην περιφέρεια παραμένει αυτόνομο, ανεξάρτητο, γιατί λειτουργεί στη θέση της κυρίαρχης τάξης, γεγονός που το καθιστά το κυρίαρχο στοιχείο του περιφερειακού καπιταλισμού.<sup>4</sup> Η Ελλάδα είχε τον πιο αναπτυγμένο κρατικό μηχανισμό από όλες τις βαλκανικές κοινωνίες στην περίοδο του Μεσοπολέμου.

Η διόγκωση του κρατικού μηχανισμού, εξαιτίας του κοινοβουλευτικού συστήματος και της καθολικής ψηφοφορίας, ήταν αναπόφευκτη, γιατί εκείνο που είχαν να προσφέρουν τα κόμματα για την προσέλκυση ή τη συγκράτηση ψηφοφόρων, ήταν οι κρατικές θέσεις, οι οποίες ήταν τόσο πιο περιζήτητες όσο η καχεξία της οικονομίας και γενικότερα η κοινωνική καθυστέρηση έκαναν τις υπόλοιπες επαγγελματικές διεξόδους λιγότερες και αβέβαιες. Πάντως η διόγκωση και η διαμόρφωση του ελληνικού κράτους ούτε από κάποια εντόπια αστική τάξη υποκινήθηκε ούτε και την αστική τάξη ωφέλησε. Ο όγκος, η δυσκαμψία και η δαπανηρότητα του κράτους αποτέλεσε τροχοπέδη για τη διοχέτευση πόρων και ενεργειών σύμφωνα με τις ανάγκες μιας αμιγούς καπιταλιστικής ανάπτυξης.<sup>5</sup>

## Ο πελατειακός ρόλος του κράτους

Η επιβολή αυταρχικών καθεστώτων δημιουργείται εξαιτίας των προβλημάτων που παρουσιάζονται στις σχέσεις παραγωγής.<sup>6</sup> Μπορούμε να πούμε εξαρχής ότι η ανώμαλη πολιτική περίοδος, που ξεκίνησε με το κίνημα του Πλαστήρα τον Μάρτιο του 1935 μέχρι την επιβολή της δικτατορίας της 4<sup>ης</sup> Αυγούστου 1936, ήταν απόρροια της νέας κοινωνικοοικονομικής κατάστασης η οποία ξεκίνησε το 1922. Επίσης, συνετέλεσε το γεγονός ότι από τη μια οι βιομήχανοι αρνούνταν να συμφωνήσουν σε μια αύξηση των εισοδημάτων των εργαζομένων και από την άλλη υπήρχε αδυναμία των λαϊκών οργανώσεων και των αγροτικών στρωμάτων να αντιμετωπίσουν την αστική τάξη, που υπερείχε.<sup>7</sup>

Σε περίπτωση που τα πράγματα οδηγούν στην εγκαθίδρυση αυταρχικού ή φασιστικού καθεστώτος, αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα, από τη μερίδα της κυρίαρχης τάξης, να επιβάλει την πολιτική της στις άλλες τάξεις με τα μέσα που της διαθέτει ένα δημοκρατικό κράτος. Υπάρχει πολιτική κρίση στον βαθμό που η αστική δημοκρατία δεν κατορθώνει να υπερβεί την τυπική της διάσταση και να αποκτήσει κοινωνικό περιεχόμενο, παρά μόνο δρώντας ηγεμονικά ως προς τα καταπιεζόμενα κοινωνικά στρώματα, τάξεις, και κατηγορίες.<sup>8</sup>

Το ζήτημα του κοινωνικού ρόλου του κράτους στην Ελλάδα συμπεριλαμβάνει και το «σύστημα της πελατείας – πατρωνίας». Η χρήση της έννοιας «πελατεία - πατρωνία» αναφέρεται για να χαρακτηρίσει το ελληνικό πολιτικό σύστημα, όπως αυτό αποκρυ-

σταλλώθηκε κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα. Η έννοια αυτή είναι αρκετά συγκεχυμένη. Είναι γενικά περίπου αποδεκτό ότι η σχέση πελατείας ορίζεται σαν μια σχέση εκούσιας διπολικής συναλλαγής ανάμεσα σε κοινωνικούς φορείς άνισης κοινωνικής και οικονομικής ισχύος, που συνοψίζεται στην αμοιβαία ανάληψη υποχρεώσεων παροχής ορισμένων διαφορετικών υπηρεσιών, χωρίς το πλέγμα αυτό των αμοιβαίων υποχρεώσεων να εντάσσεται σε ένα δεδομένο έννομο ή οπωσδήποτε θεσμοποιημένο σύστημα αξιολογικών κανόνων συμπεριφοράς και αντίστοιχων κυρώσεων.

Τα συμφέροντα των δύο «πόλων» της σχέσης της πατρωνίας δεν είναι αντιφατικά αλλά συμπληρωματικά. Και οι δύο συγκροτούν και νομιμοποιούν μια προνομιακή κοινωνική κατηγορία, που στο σύνολό της αντλεί προσόδους που προέρχονται από το υπόλοιπο κοινωνικό σώμα. Η ανταλλαγή υπηρεσιών δεν είναι λοιπόν παρά η δευτερογενής δομή, που επιτρέπει τη συντονισμένη και κοινωνικά αποδεκτή γενική πρόσβαση στο σύστημα επιμερισμού των κρατικών πόρων. Ολόκληρο το σύστημα των πελατειακών σχέσεων στηρίζεται λοιπόν σε μια προηγούμενη και μαζική μεταφορά πλούτου από τους άμεσους παραγωγούς προς το κράτος.<sup>9</sup>

Στις κοινωνίες που είναι οργανωμένες σύμφωνα με το πελατειακό πρότυπο, οι ταξικές σχέσεις φαίνεται να αποδυναμώνονται και τελικά να εξαφανίζονται σαν προσδιοριστικοί παράγοντες του κοινωνικού γίγνεσθαι. Το ατομικιστικό ιδίωμα για τη διατύπωση αιτημάτων, που προωθεί η πελατειακή μορφή πολιτικής ενσωμάτωσης, αποτελεί ένα πλατιά διαδεδομένο ιδεολογικό ιδίωμα στην ελληνική κοινωνία, το οποίο εμποδίζει την ανάπτυξη ταξικής συνείδησης από τα εργατικά στρώματα. Το φαινόμενο της πατρωνίας θεωρείται ότι αναπτύσσεται από την κορυφή της κοινωνικής ιεραρχίας, δηλαδή αποτελεί ένα μηχανισμό πολιτικής ενσωμάτωσης και ελέγχου των μαζών που ασκεί η άρχουσα τάξη. Οι σχέσεις πελατείας - προστασίας επηρέασαν άμεσα τους θεσμούς και την πολιτική κατά το Μεσοπόλεμο. Η σημασία που δόθηκε όμως σε αυτόν τον παράγοντα ήταν πολύ μικρή. Πιστεύεται ότι η αποσιώπησή του οφείλεται και στην αυταπάτη, που καλλιεργήθηκε στους κόλπους της αστικής τάξης, ότι η νεοελληνική κοινωνία είχε δυτικοποιηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό.<sup>10</sup>

## Η ταξική διαστρωμάτωση των εργαζομένων

Η ανάλυση της ταξικής σύνθεσης του ελληνικού πληθυσμού αποτελεί δύσκολο εγχείρημα, διότι προϋποθέτει διαδοχικές προσεγγίσεις.<sup>11</sup> Πρωταρχικός παράγοντας θεωρείται ο οικονομικός, με βάση τον οποίο πρέπει να διερευνώνται τα προβλήματα των τάξεων σε μια κοινωνία. Η ταξική δομή της ελληνικής κοινωνίας του Μεσοπολέμου αποτελείτο από την τάξη των μονοπωλητών, τις μερίδες του μεγάλου και μεσαίου κεφαλαίου, μερίδες που συνέθεταν αντίστοιχα τη μεγαλοαστική τάξη και τα τμήματά της. Η δικτατορία της 4ης Αυγούστου δεν ήρθε σαν εγγύηση της εκβιομηχάνισης, αλλά σαν

συνέπεια των κοινωνικών αποτελεσμάτων της εκβιομηχάνισης. Η εκβιομηχάνιση αυτή είχε τεράστιες κοινωνικές συνέπειες. Για πρώτη φορά έσπασε η ανοχή των μικροαστών προς την αστική τάξη, οι οποίοι αποτελούσαν καινούρια στρώματα και δεν ήταν οι παραδοσιακοί μικροϊδιοκτήτες. Δεν ήταν βέβαια η άμεσα παραγωγική εργατική τάξη, αλλά ήταν μισθωτοί.<sup>12</sup>

Η Ελλάδα ήταν αποκλειστικά μικροαστική χώρα. Αυτό οφειλόταν στη σύνθεση και το ειδικό βάρος που είχαν ο αγροτικός πληθυσμός και τα μεσαία στρώματα. Η ανάπτυξη της τάξης αυτής άρχισε αρκετά νωρίς, ακόμη από το 1909. Η μικροαστική τάξη αποτελείτο από την τάξη ή τις τάξεις των βιοτεχνών, μικροεμπόρων, των μη-παραγωγικών μισθοσυντήρητων, τόσο του ιδιωτικού όσο κυρίως του δημοσίου τομέα. Επίσης, από τις εκτεταμένες γεωργικές απαλλοτριώσεις διαμορφώθηκε ένα στρώμα μικροϊδιοκτητών γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Η μεγάλη ανάπτυξη των μικροαστικών στρωμάτων συνέτεινε στην αργόρρυθμη ανάπτυξη του μονοπωλιακού καπιταλισμού και επομένως στη μη-προλεταριοποίηση του αγροτικού και μικροαστικού πληθυσμού.<sup>13</sup>

Το βιομηχανικό εργατικό δυναμικό από 60.000 εργάτες το 1920, αυξήθηκε σε 181.512 το 1930 και σε 227.500 το 1938. Όμως το μέγιστο μέρος των εργαζόμενων, περίπου το 93%, απασχολείτο σε μικρές επιχειρήσεις με προσωπικό από ένα έως πέντε άτομα.<sup>14</sup> Έτσι, δημιουργήθηκε ένα ισχυρό προλεταριάτο, που, ειδικά στον βιομηχανικό του πυρήνα, ήταν το μεγαλύτερο στη Βαλκανική. Παρ' όλα αυτά, το ποσοστό της εργατικής τάξης παρέμεινε μικρό, η αστική τάξη ήταν ασθενής, υπήρχε ροπή προς τη δημοσιοϋπαλληλία και προς την πανεπιστημιακή και γυμνασιακή μόρφωση.<sup>15</sup>

Τα χρόνια του Μεσοπολέμου, εκτός από την εξέλιξη των κοινωνικών τάξεων, έχουν ιδιαίτερη σημασία και για την εξέλιξη του γυναικείου κινήματος στην Ελλάδα. Οι γυναίκες προλεταριοποιήθηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό από τους άνδρες, οι οποίοι μετατράπηκαν κυρίως σε μικροϊδιοκτήτες. Οι φεμινίστριες του Μεσοπολέμου δεν αναγόρευσαν μόνο σε κύριο αίτημά τους την κατάκτηση των πολιτικών δικαιωμάτων, αλλά επιχείρησαν να ανιχνεύσουν και πώς ακριβώς μπορούσε να σχετιστεί η άσκηση της πολιτικής με την πλήρη κοινωνική ένταξη των γυναικών. Την εποχή αυτή εμφανίστηκαν νέα γυναικεία σωματεία και τέθηκαν σε αμφισβήτηση οι προϋπάρχουσες μορφές δράσης, ενώ όσα επιβίωσαν οδηγήθηκαν σε σταδιακό μαρasmus. Τα πλαίσια μέσα στα οποία κινούνταν οι φεμινίστριες του Μεσοπολέμου ήταν σε μεγάλο βαθμό ασαφή και η εικόνα που παρουσίαζαν οι γυναικείες οργανώσεις ήταν συχνά αντιφατική.<sup>16</sup>

Η δικτατορία της 4ης Αυγούστου θεωρούσε ότι ο φυσικός προορισμός των γυναικών ως συζύγων και μητέρων, αποτελούσε συστατικό στοιχείο της ιδεολογίας της. Έτσι, αντιμετώπισε με βίαιο τρόπο τα γυναικεία σωματεία από την επομένη της εγκαθίδρυσής της. Στο ζήτημα όμως της εργασίας των γυναικών δεν αντέγραψε τα ξένα φασιστικά πρότυπα, για να περιορίσει την έξοδο των γυναικών από το σπίτι, αλλά ακολούθησε την κοινωνική πραγματικότητα.<sup>17</sup>

Η κοινωνική πραγματικότητα επηρεάστηκε σε πολύ μεγάλο βαθμό από την έλευση των προσφύγων. Η Ελλάδα όταν δέχτηκε τους πρόσφυγες το 1922 είχε 5.500.000 εκατομμύρια κατοίκους. Ο συνολικός αριθμός των προσφύγων σήμαινε μια ξαφνική αύξηση του πληθυσμού 23,26% με ετήσιο ποσοστό αύξησης 3,10%.<sup>18</sup> Ένα πλεονέκτημα που προέκυψε για την Ελλάδα ήταν η εθνολογική ομοιογένεια. Το 1926 οι Έλληνες κάλυπταν το 89% του πληθυσμού της χώρας.<sup>19</sup>

Ο ερχομός των προσφύγων υπήρξε μια κορυφαία δημογραφική ανατροπή, με εκτεταμένες συνέπειες στην οικονομία, την κοινωνία, την πολιτική και τον πολιτισμό. Σήμαινε μια βίαιη ρήξη στον οικονομικό και τον κοινωνικό ιστό της χώρας. Το 54% εγκαταστάθηκε σε αγροτικές περιοχές, κυρίως της Μακεδονίας και της Θράκης, και το υπόλοιπο μέρος εγκαταστάθηκε στα μεγάλα αστικά κέντρα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την ταυτόχρονη ενίσχυση τόσο της γεωργίας όσο και της βιομηχανίας. Οι πρόσφυγες, οι οποίοι εγκαταστάθηκαν στα μεγάλα αστικά κέντρα, δημιούργησαν μια καινούρια εργατική δύναμη και ανανέωσαν την παραδοσιακή αστική στελέχωση της χώρας.<sup>20</sup> Το 1928, στις πόλεις με περισσότερους από 20.000 κατοίκους, το 31,7% του πληθυσμού αποτελούσαν οι πρόσφυγες.<sup>21</sup> Εκεί που πριν το 1922 η εργατική δύναμη μόλις υπήρχε, οκτώ χρόνια αργότερα μπορούμε να μιλάμε για μια σχηματισμένη εργατική τάξη με τις ανάγκες της και τα κοινωνικά μεταρρυθμιστικά της αιτήματα.

Η κοινωνική και επαγγελματική προέλευση των προσφύγων τους ωθούσε στις ίδιες δραστηριότητες, που είχαν στον τόπο τους, δηλαδή την αυτοαπασχόληση, το εμπόριο και τη βιοτεχνία. Οι πρόσφυγες που προλεταριοποιήθηκαν απασχολήθηκαν κυρίως σε μικρές βιομηχανίες. Επομένως, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η συμβολή των προσφύγων στη δημιουργία της ελληνικής εργατικής τάξης δεν ήταν διευρυμένη. Αντίθετα, σοβαρότατη ήταν η συμβολή τους στη διεύρυνση των μικροαστικών στρωμάτων. Το μεγαλύτερο μέρος των προσφύγων στράφηκε στην αγροτική οικονομία. Μόνο το 25% παρέμεινε στο χώρο της βιομηχανίας και το 10% στο χώρο των υπηρεσιών. Γι' αυτό οι πρόσφυγες κράτησαν ως «σώμα» μια μετριοπαθή στάση απέναντι στο λαϊκό και εθνικό κίνημα.<sup>22</sup>

Ο μεγάλος ρυθμός αστικοποίησης και η εγκατάλειψη της υπαίθρου είναι χαρακτηριστικά γνωρίσματα της εποχής. Κατά το έτος 1928 το 42,5% του πληθυσμού κατοικούσε στα αστικά και ημιαστικά κέντρα της χώρας και το υπόλοιπο 57,5% στους αγροτικούς οικισμούς.<sup>23</sup> Κατά το έτος 1936 ο αγροτικός πληθυσμός υπερείχε του αστικού σε ποσοστό 67%.<sup>24</sup> Στα 1940 ο αστικός πληθυσμός αντιπροσώπευε το 32,8% στο σύνολο και ο αγροτικός το 52,4%.<sup>25</sup> Στα τέλη της δεκαετίας του 1930, η Ελλάδα ήταν η πλέον πυκνοκατοικημένη χώρα της Ευρώπης, από γεωργική άποψη. Σε ένα τετραγωνικό χιλιόμετρο γεωργικής γης αντιστοιχούσαν 157 άτομα αγροτικού πληθυσμού. Στη Γαλλία ήταν 48, τη Γερμανία 52, τη Ρουμανία 97, τη Βουλγαρία 118.<sup>26</sup>

## Το επίπεδο διαβίωσης

Βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα της περιόδου του Μεσοπολέμου αποτελεί η οικονομική κρίση, η οποία συνόδευσε τον κοινωνικό μας σχηματισμό. Ο αντίκτυπος της κρίσης έπληξε κυρίως τους εξαθλιωμένους και υπερχρεωμένους αγροτικούς πληθυσμούς και τους εργαζόμενους, με πρώτη την εργατική τάξη των πόλεων. Για πρώτη φορά επλήγησαν έντονα και τα τεράστια μικροαστικά στρώματα.<sup>27</sup> Από έγγραφα του Foreign Office καταδεικνύεται, μεταξύ των άλλων, και η απελπιστική οικονομική-κοινωνική κατάσταση των εργατών. Σε ένα από αυτά αναφέρεται ότι «το γενικό εισοδηματικό επίπεδο βρίσκεται επί χρόνια πολύ χαμηλά και οι μισθοί των νέων εργατών και υπαλλήλων, ειδικά μετά την εισροή των προσφύγων το 1922-1923, μόλις και μετά βίας επαρκούν για να τους κρατήσουν ζωντανούς».<sup>28</sup>

Τον Ιούλιο του 1936 ο τότε υφυπουργός εργασίας Κασιμάτης, χαρακτήριζε κόλαση τη ζωή της εργατικής τάξης. Θεωρούσε ότι «το επίπεδο της ζωής του Έλληνα εργάτη ήταν ανέκαθεν χαμηλότερο του χαμηλότετου και η ανεργία εκτεταμένη». Ο υποσιτισμός των εργαζόμενων είχε φτάσει σε τρομακτικό βαθμό.<sup>29</sup> Αυτό δείχνει και μια έρευνα που έγινε το 1938-1939 σε εργατικές οικογένειες της Αθήνας, η οποία, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ένα ποσοστό 30% υποσιτίζονταν αισθητά.<sup>30</sup> Συγκεκριμένα, στην ενορία του Προφήτη Ηλία στο Παγκράτι, από τις 3.500 οικογένειες των ενοριτών οι 500 στερούνταν ακόμη και το ψωμί, οι 1.500 μόλις που εξασφάλιζαν το ελάχιστο του απαιτούμενου μηνιαίου εισοδήματος, και οι υπόλοιπες 1.500 αντεπεξέρχονταν κανονικά.<sup>31</sup> Στην Πάτρα η φτώχεια έκανε την εμφάνισή της από τους πρώτους μήνες της δικτατορίας. Οι δρόμοι είχαν γεμίσει ζητιάνους και ο νομάρχης πήρε απόφαση περισυλλογής των παιδιών. Επίσης επιβλήθηκε δελτίο στα τρόφιμα και ιδρύθηκε Φιλανθρωπική Εταιρεία.

Εκείνο που δυσκόλευε την κοινωνική κατάσταση ήταν το μέγεθος των απολύσεων και της ανεργίας, η οποία χτύπησε περισσότερο τους οικογενειάρχες και τους έκανε να αντιμετωπίζουν έντονα το πρόβλημα της στέγης και της διατροφής.<sup>32</sup> Το 1938 μόνο το 17% των οικογενειών είχαν εισόδημα ίσο ή ανώτερο από αυτό που θεωρείτο το ελάχιστο όριο. Το κόστος της ζωής ανέβηκε τα τέσσερα χρόνια της δικτατορίας κατά 50%. Με βάση επίσημες στατιστικές, 2.841.000 Έλληνες (το 39% του πληθυσμού) είχαν το 1938 ετήσιο εισόδημα 18.727 δρχ., ενώ το κατώτερο όριο διαβίωσης ήταν 25.000 δρχ. Ταυτόχρονα, αυτή η μάζα των απόρων πλήρωνε το 15,54% των άμεσων φόρων.<sup>33</sup>

Η μεγάλη πλειοψηφία του πληθυσμού επιβίωνε σε συνθήκες που δεν της εξασφάλιζαν ούτε τα απαραίτητα αγαθά. Για να ζήσει κανείς κάπως άνετα, απαιτείτο να έχει ετήσιο οικογενειακό εισόδημα 60.000 δρχ., ποσό που είχαν μόνο τα 21,50% του πληθυσμού της χώρας. Τα 38,50% είχαν εισόδημα το οποίο κάλυπτε μόνο τις στοιχειώδεις δαπάνες για ανεκτή ζωή, που βρίσκονταν πολύ πιο κάτω από αυτή του ελαχίστου ορίου συντήρησης. Τα 40% του πληθυσμού της χώρας είχαν εισόδημα που άγγιζε τα όρια της εξαθλίωσης, διότι δεν κάλυπτε ούτε τις δαπάνες για τα βασικότερα είδη υποτυπώδους διατήρησης του ανθρώπου στη ζωή.<sup>34</sup>

Το χαμηλό βιοτικό επίπεδο μπορεί να διαπιστωθεί και από το επίπεδο της κατανάλωσης τροφών, το οποίο ήταν ανεπαρκές και ποιοτικά και ποσοτικά. Η σύνθεση της διατροφής του ελληνικού πληθυσμού ήταν από τις πλέον λιτοδίαιτες των χωρών της Ευρώπης. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στα 1939 ο μέσος εργαζόμενος έπρεπε να διαθέσει για ένα κιλό κρέας το μισό του ημερομισθίου του και για ένα κιλό γάλα το ένα πέμπτο, ενώ ο άγγλος εργάτης διέθετε αντίστοιχα το ένα δέκατο και το ένα εικοστό.<sup>35</sup> Η Ελλάδα του 1940 ήταν μια φτωχή χώρα. Οι κάτοικοι κατατάσσονταν ανάμεσα στους τελευταίους, ερχόμενοι ακριβώς πριν από τους Πορτογάλους και τους Αλβανούς, στο θέμα της διατροφής τους. Ακόμα και σε σύγκριση με τις Βαλκανικές χώρες, η Ελλάδα δεν είχε επάρκεια σε μέσα διατροφής, ενώ εκείνες είχαν περισεύματα.<sup>36</sup>

Μέχρι τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο πάνω από το μισό του ελληνικού πληθυσμού συντηρείτο από τη γεωργία, με άθλιες συνθήκες διαβίωσης. Η πείνα πήρε το ψευδώνυμο της λιτοδίαιτης αρετής των Ελλήνων. Ο εξωτερικός δανεισμός της χώρας, οι πτωχεύσεις, η μετανάστευση, ο αναλφαβητισμός, ο υποσιτισμός, η βρεφική θνησιμότητα, η έλλειψη υγειονομικής περίθαλψης, υπήρξαν εμπόδια για την ομαλή πορεία της χώρας.<sup>37</sup>

Σύμφωνα με την απογραφή του 1928 ο αριθμός των αναλφάβητων στη χώρα μας ανέρχονταν στο 49% του πληθυσμού.<sup>38</sup> Υπολογίζεται ότι το 1940 το ποσοστό αναλφαβητισμού έπεσε περίπου στο 33%. Βασικές αιτίες για το υψηλό αυτό ποσοστό, που περιλαμβάνεται στην περίοδο της δικτατορίας, ήταν τα πανάκριβα βιβλία, οι διάφορες εισφορές στα σχολεία, η έλλειψη σχολείων σε πάρα πολλά χωριά (στα 1938, 3.800 χωριά και συνοικισμοί δεν είχαν δικό τους σχολείο και υπήρχαν 281 άστεγα σχολεία), και προπαντός η δυστυχία και η αθλιότητα της ελληνικής υπαίθρου.<sup>39</sup> Ο ίδιος ο Μεταξάς είχε παραδεχτεί ότι η Ελλάδα είχε ακόμα ανάγκη από 4.100 σχολεία.<sup>40</sup> Το εκπαιδευτικό σύστημα αποδείχτηκε απροσάρμοστο στις απαιτήσεις της εποχής. Το 1938 το ποσοστό των πτυχιούχων των νομικών σπουδών στο σύνολο των χορηγηθέντων πτυχίων ήταν 45%. Σε μια χώρα γεωργική, οι πτυχιούχοι γεωπόνου ήταν λιγότεροι και από τους θεολόγους.<sup>41</sup>

Κατά τα έτη 1934-1938 και η υγειονομική κατάσταση ήταν επίσης κακή. Η βρεφική θνησιμότητα έφτανε σε ένα ποσοστό 12%, ενώ στην Αγγλία ο αντίστοιχος αριθμός ήταν 5%.<sup>42</sup> Το ποσοστό θνησιμότητας από φυματίωση ήταν 10 φορές υψηλότερο από τις Η.Π.Α. Η μεγάλη θνησιμότητα επιβράδυνε την ανάπτυξη της χώρας.<sup>43</sup> Οι πληθυσμοί των πόλεων μαστίζονταν κυρίως από την ασθένεια της φυματίωσης, ενώ στην επαρχία θέριζε η ελονοσία.<sup>44</sup> Ο υπουργός της Γεωργίας επί 4ης Αυγούστου Κυριακός, επιστρέφοντας από μια περιοδεία στην Ήπειρο, είπε πως ο λαός εκεί καταστρέφεται από κληρονομική σύφιλη, από ελονοσία και από την πείνα.<sup>45</sup>

Συνέπεια του υποσιτισμού ήταν η πρόωγη θνησιμότητα στην οποία συνέβαλε και η έλλειψη υγειονομικής περίθαλψης. Ένας γιατρός αντιστοιχούσε προπολεμικά σε 300 κατοίκους της Αθήνας, σε 500 στα υπόλοιπα αστικά κέντρα και σε 1900 στα χωριά.<sup>46</sup> Σαν αποτέλεσμα των κακών συνθηκών διαβίωσης και υγιεινής ο μέσος όρος ζωής του Έλληνα είχε κατέλθει σε χαμηλά επίπεδα, μόλις 49 έτη για τους άνδρες και 51 για τις

γυναίκες. Επίπεδα πολύ κατώτερα από του μέσου Ευρωπαίου,<sup>47</sup> ο οποίος έφθανε τα 66,5 έτη. Δηλαδή οι Έλληνες ζούσαν κατά 15 χρόνια λιγότερο από τους άλλους λαούς.<sup>48</sup> Με βάση αυτά τα στοιχεία θα μπορούσαμε να πούμε ότι η υγεία του πληθυσμού αντανάκλα στο σύνολο των ανθρωπίνων σχέσεων. Χωρίς αμφιβολία η βιολογική διάσταση είναι σφιχτοδεμένη με την ιστορική.<sup>49</sup>

## Η ανάπτυξη των κοινωνικών κινήματων

Στην ελληνική κοινωνία, αν και κυριαρχούσε το μικρό αγροτικό νοικοκυριό, η εκβιομηχάνιση που συντελέστηκε μετέβαλε τη μορφή του αστικού χώρου. Μια νέα εργατική τάξη πρόβαλε δυναμικά στο προσκήνιο. Οι χθεσινοί αγρότες δεν μπορούσαν εύκολα να προσαρμοστούν στην πειθαρχία που επέβαλε η βιομηχανική εργασία. Οι μεταβολές αυτές στην ταξική διάρθρωση προσδιόρισαν καθοριστικά τις μορφές κοινωνικής οργάνωσης, την κινητικότητα, την κοινωνική διαμαρτυρία, τα κοινωνικά κινήματα και την πολιτική. Εμφανίστηκε το συνεταιριστικό καθώς και το εργατικό συνδικαλιστικό κίνημα, το οποίο αμφισβητούσε τις παραδεδομένες αρχές και αξίες του συστήματος.<sup>50</sup>

Μέχρι το 1936, οι ανατιμήσεις στα βασικά είδη διατροφής, λόγω της ανόδου των παγκοσμίων τιμών, όξυναν τις εργατικές διαμάχες. Στις αρχές του 1936 το κύμα των απεργιών είχε λάβει μεγάλη έκταση, κυρίως, εξαιτίας της ανόδου των τιμών και των καθηλωμένων ημερομισθίων. Ακόμη περισσότερο για το λόγο ότι η κυβέρνηση δεν σκόπευε «να διορθώσει μια κατάσταση πραγμάτων στην οποία η πλειονότητα των Ελλήνων εργατών επιβιώνει στα όρια της λιμοκτονίας λαμβάνοντας μικρή έως ανύπαρκτη κρατική αρωγή». Είναι γεγονός ότι υπήρχε έλλειμμα κοινωνικής δικαιοσύνης. Το Λαϊκό Κόμμα (το συντηρητικό εκείνης της εποχής) την άνοιξη του 1936 έκανε έκκληση για «μία δικαιότεραν οργάνωσιν της οικονομικής και κοινωνικής ζωής».<sup>51</sup>

Με σκοπό την καταπολέμηση των συνεπειών της κρίσης, τα κινήματα αυτά τροφοδοτούσαν μια μαζική και πολύμορφη κοινωνική διαμαρτυρία. Οι αντιδράσεις, κυρίως του κράτους και δευτερευόντως των εργοδοτών, διαμόρφωσαν συνθήκες εμφυλίου πολέμου. Έτσι, ο κοινωνικός χώρος του Μεσοπολέμου δεν ήταν παρά η αντανάκλαση της οικονομίας. Η οικονομική ανάπτυξη δημιούργησε τα νέα κοινωνικά στρώματα. Η οικονομική κρίση επέφερε την κοινωνική κρίση και την κοινωνική διαμαρτυρία. Οπωσδήποτε η ταξική πάλη δεν είναι στοιχείο εξωτερικό προς την οικονομία. Οι σχέσεις παραγωγής, οι τάξεις, η ταξική πάλη είναι ουσιαστικά στοιχεία της καπιταλιστικής οικονομίας και των νόμων ανάπτυξής της.

Εκτός από τα παραπάνω υπήρχε και ιδεολογική κρίση. Ήταν αυτή που, ύστερα από τη συντριβή της Μεγάλης Ιδέας, συμπαρέσυρε μαζί της και την εμπιστοσύνη στις αξίες και τους θεσμούς του αστικού πολιτικού συστήματος. Η εμφάνιση του κομμουνιστι-

κού κινδύνου, ως υποκατάστατου του ιδεολογικού κενού, προφανώς δεν κατόρθωσε να το αναπληρώσει. Στην Ελλάδα του Μεσοπολέμου, που κατακλυζόταν από τις μάζες των εξαθλιωμένων προσφύγων, υπήρχαν φαντασιώσεις κομμουνιστικές ή παράλληλες αντικομμουνιστικές ιδεοληψίες, που ήθελαν να αντιτάξουν κατά του ανύπαρκτου κινδύνου της δικτατορίας του προλεταριάτου μια πραγματική δικτατορία των αντιδραστικών, και μάλιστα να την επιβάλουν σαν εθνική ανάγκη. Το κάθε τι που ερχόταν σε αντίθεση με την άρχουσα τάξη, όπως το εργατικό κίνημα, εκτός του ότι χαρακτηριζόταν σαν κομμουνιστικό, είχε την έννοια του ανήθικου, αντιχριστιανικού, αντικοινωνικού, επιβλαβούς, αναρχικού κλπ.<sup>52</sup>

Η ανάπτυξη του συνδικαλιστικού κινήματος και η εντυπωσιακή άνοδος των απεργιακών αγώνων, μετά το 1930, συνέβαλαν αποφασιστικά στην επίσπευση των μέτρων κοινωνικής πολιτικής. Τα περισσότερα από αυτά τα μέτρα ήταν αμυντικά, συντηρητικά. Η σκέψη λήψης τους ήταν ότι μπροστά στις αναστατώσεις που προήλθαν από την κρίση, και η απλή συντήρηση και επιβίωση των εργαζόμενων ήταν επιτυχία. Ο στόχος τους δεν ήταν τόσο η βελτίωση των συνθηκών εργασίας και διαβίωσης των εργαζόμενων όσο η αποφυγή χειροτέρευσής τους.

Οι διεκδικητικές κινητοποιήσεις και οι κοινωνικοί αγώνες είναι μια αναπόφευκτη διεργασία στην πορεία μιας ταξικής κοινωνίας. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα και προσπάθεια ανατροπής του κοινωνικού καθεστώτος. Κατά την περίοδο αυτή ανακαλύπτει κανείς τις αντικειμενικές οικονομικοκοινωνικές συνθήκες που ωθούσαν τις καταπιεζόμενες τάξεις σε ριζική αμφισβήτηση του συστήματος. Η Ελλάδα ανήκε στις χώρες όπου το κοινωνικό ζήτημα είχε την πηγή του, κατά ένα μεγάλο μέρος, όχι στις συγκρούσεις κεφαλαίου και εργασίας, αλλά κυρίως στην έλλειψη συγκεντρωμένου κεφαλαίου και τεχνολογίας, στην υπερπληθώρα αδιάθετης εργασίας και στην ακαταστασία και την ανεπάρκεια της εθνικής παραγωγής.<sup>53</sup>

Στη μεταβατική και ταραγμένη αυτή περίοδο, η μισθοβίωτη εργατική τάξη διακρινόταν σε διάφορες κατηγορίες. Οι εργαζόμενοι στις βιοτεχνικές και μικροβιοτεχνικές επιχειρήσεις απάρτιζαν το μεγαλύτερο μέρος της εργατικής μισθωτής δύναμης και ήταν σκορπισμένοι σε επιχειρήσεις με πολύ μικρό εργατικό δυναμικό. Αυτό τους εμπόδιζε να παίξουν σπουδαίο ρόλο στη διεκδίκηση των αιτημάτων τους. Εξαιρέσεις αποτέλεσαν οι εργαζόμενοι στην υποδηματοποιία, οι καπνεργάτες και οι λιμενεργάτες. Σημαντικό ρόλο έπαιξαν επίσης οι σιδηροδρομικοί, οι ναυτικοί, οι εκπαιδευτικοί και οι δημόσιοι υπάλληλοι. Το καινούργιο στοιχείο που προστέθηκε στην περίοδο 1922-1940 ήταν η δημιουργία ενός πυρήνα εργατικής βιομηχανικής τάξης, αδύναμης και ασυνειδητοποιήτης, που θα διαδραμάτιζε σημαντικό ρόλο στις πολιτικές διαφοροποιήσεις που θα ακολουθούσαν.<sup>54</sup>

## Η κοινωνική πολιτική της δικτατορίας

Στον κοινωνικοοικονομικό τομέα, η πολιτική της δικτατορίας της 4<sup>ης</sup> Αυγούστου ήταν συνάρτηση των βασικών επιδιώξεων και στόχων του καθεστώτος, και απέβλεπε στη σταθεροποίηση και ενίσχυσή του στα πλαίσια του ολοκληρωτικού κράτους που επιθυμούσε να δημιουργήσει. Τον ίδιο στόχο είχαν και τα διάφορα κοινωνικά μέτρα που έλαβε το καθεστώς. Τα μέτρα αυτά δεν έλυναν τα βασικά κοινωνικά προβλήματα της χώρας παρά μόνο ανακούφιζαν προσωρινά, και μερικές φορές επιφανειακά, τις ασθενέστερες κοινωνικές τάξεις. Η διαφορά με τις προηγούμενες κυβερνήσεις ήταν ότι η πολιτική αυτή εξυπηρετούσε τους μακροπρόθεσμους πολιτικούς στόχους του καθεστώτος, καθώς και την παραμονή του στην εξουσία.<sup>55</sup>

Το καθεστώς της 4<sup>ης</sup> Αυγούστου ενίσχυσε τον κρατικό έλεγχο στην αγορά εργασίας. Για να μειώσει την ανεργία, εφάρμοσε το σύστημα των «κλειστών» επαγγελματιών, εφοδιάζοντας του εργάτες με επαγγελματικές ταυτότητες, ώστε να περιοριστεί η κινητικότητα στην αγορά εργασίας. Απαγόρευσε στις επιχειρήσεις να απολύουν προσωπικό, χωρίς την άδεια της κυβέρνησης. Καθιερώθηκε ελάχιστο όριο ημερομισθίου, το οποίο έπρεπε να τηρηθεί από τους εργοδότες. Βελτιώθηκαν οι συλλογικές συμβάσεις και σε πολλούς κλάδους καθιερώθηκε ελάχιστο κατώτατο ημερομίσθιο. Οι εργοδοτικές οργανώσεις δυσφόρησαν με την εργατική πολιτική του Μεταξά.<sup>56</sup> Χαρακτηριστική ήταν η φράση του Μεταξά προς αυτούς: «δώστε λίγα για να σώσετε τα πολλά».<sup>57</sup> Το καθεστώς τους προσέφερε ως αντάλλαγμα την κατάργηση των απεργιών και τον κρατικό έλεγχο του συνδικαλισμού.

Το πρόγραμμα δημοσίων έργων που εφαρμόστηκε από τη δικτατορία, αν και πέτυχε να μειώσει την ανεργία, ήταν βασικά πληθωριστικό και κατά συνέπεια αντιλαϊκό. Κατασκευάστηκαν νέα νοσοκομεία, και από άποψη ασφάλειας, εκμηδενίστηκε η προσπάθεια των ελάχιστων ανατροπέων του κοινωνικού καθεστώτος. Η νομοθεσία για την ιατρική περίθαλψη των εργατών αποδείχτηκε κενή. Η δικτατορική κυβέρνηση μπορεί να διόρισε τριακόσιους γιατρούς αλλά δεν τους πλήρωνε κανονικά και γι' αυτό πολλοί παραιτήθηκαν.<sup>58</sup>

Ένας θεσμός στον οποίο έδωσε ιδιαίτερη σημασία η δικτατορία, ήταν η θέσπιση των κοινωνικών ασφαλίσεων, το 1937. Η αξία αυτού του θεσμού ήταν περισσότερο δυνητική, γιατί στην αρχή έλειπαν οι πόροι για τη χρηματοδότησή του και η ασφάλιση των εργαζόμενων έγινε με αργό ρυθμό. Η κοινωνική ασφάλιση το 1936 κάλυπτε μόνο το 15% περίπου του πληθυσμού.<sup>59</sup>

Πολλοί υποστηρίζουν πως ο Μεταξάς ίδρυσε τις κοινωνικές ασφαλίσεις. Αυτό αποτελεί ανακρίβεια, και μάλιστα σε αυτή βασίστηκαν ακόμα και θεωρίες για το χαρακτήρα του καθεστώτος της 4ης Αυγούστου. Εξάλλου ούτε και ο ίδιος ο Μεταξάς διεκδίκησε την πατρότητα του σχετικού νόμου. Η οικειοποίηση έγινε σταδιακά από τους υμνητές του καθεστώτος. Πρέπει να σημειωθεί ότι η εισηγητική έκθεση του νομοσχεδίου για την ίδρυση του Ι.Κ.Α. ψηφίστηκε το 1932, από την κυβέρνηση Βενιζέλου.

Ο ρόλος του κράτους μεταβλήθηκε από αυτόν του φύλακα σε εκείνον του κράτους πρόνοιας. Ο λόγος ήταν ότι οι κοινωνικές ασφαλίσεις αποτελούσαν προληπτικό μέτρο για την διαφύλαξη του καθεστώτος και την πρόληψη του κομμουνισμού.<sup>60</sup> Την αναγκαιότητα των κοινωνικών ασφαλίσεων για τους εργαζόμενους είχε τονίσει ο Αλ. Παπαναστασίου, στις 27 Απριλίου 1936, στην αγόρευσή του στη Βουλή κατά τις προγραμματικές δηλώσεις Μεταξά. Έλεγε πως, ενώ είχε ψηφιστεί νομοσχέδιο και από τους Φιλελευθέρους και από τους Λαϊκούς, η πολιτική των κοινωνικών ασφαλίσεων δεν εφαρμοζόταν.<sup>61</sup> Οι κοινωνικές ασφαλίσεις δεν ήταν προσφορά του Μεταξά προς τους εργαζόμενους, όπως τις παρουσίαζε η προπαγάνδα της δικτατορίας, αλλά κατάκτηση της ίδιας της εργατικής τάξης.

Τα κεφάλαια του Ι.Κ.Α. μαζεμένα από το υστέρημα του εργάτη, τα εισέπραττε η κυβέρνηση της δικτατορίας για έξοδα κυρίως του υπουργείου Ασφαλείας, με ειδικό νόμο που ψήφισε, και της έδινε το δικαίωμα να «δανείζεται» μεγάλα ποσά από τα ασφαλιστικά ταμεία. Έτσι η μεγαλύτερη κοινωνική προσφορά του Μεταξά, που ήταν η επιβολή της υποχρεωτικής κοινωνικής ασφάλισης, αποδείχθηκε ότι ήταν μια ιδιαίτερη επικερδής επιχείρηση, καθώς τα κεφάλαια των ασφαλιστικών οργανισμών χρησιμοποιήθηκαν για να χρηματοδοτήσουν την αστυνομία και την προπαγάνδα του καθεστώτος ή το πρόγραμμα εξοπλισμού. Με το πρόσχημα της αγοράς αεροπλάνων για την ενίσχυση της εθνικής άμυνας, το δικτατορικό καθεστώς δήμευσε τα κεφάλαια των ασφαλιστικών οργανισμών. Το πόσο ψεύτικος ήταν ο ισχυρισμός για τη δήθεν ενίσχυση της εθνικής άμυνας αποκαλύφθηκε, όταν στον πόλεμο με την Ιταλία δεν υπήρχε ουσιαστική αεροπορική ή άλλη αμυντική κάλυψη. Οι κοινωνικές ασφαλίσεις, κατά πρώτο λόγο, αποτέλεσαν μια νέα φορολογία του εργατικού εισοδήματος.<sup>62</sup>

Η δημιουργία του Ι.Κ.Α., η παράταση στα αγροτικά χρέη, η προστασία μιας σειράς βιοτεχνικών επαγγελματιών κλπ., σε συνδυασμό ότι από το 1934 μέχρι το 1937 υπήρξε κάποια γενική άνοδος της παγκόσμιας οικονομίας, προκαλούσαν την εντύπωση ότι το δικτατορικό καθεστώς έδειχνε μεγάλο ενδιαφέρον για τους εργαζόμενους, τους οποίους όμως δεν κέρδισε. Εκείνο που κατάφερε ήταν να αποσπάσει για ένα διάστημα την ανεκτικότητα τους και την παθητική τους αναμονή.<sup>63</sup> Η πολιτική και η κοινωνική κατάσταση ήταν στο σύνολό της ήρεμη και ομαλή, μετά από τα γεγονότα της 9ης Μαΐου. Η οικονομία της χώρας βρισκόταν σε ανάρρωση. Ο κόσμος ήθελε ησυχία και ομαλότητα, ιδίως μετά τις αναστατώσεις που είχαν σημειωθεί ύστερα από την 1η Μαρτίου 1935. Δεν υπήρχε η παραμικρή επαναστατική διάθεση σε κάποια αξιολόγη μερίδα του πληθυσμού. Μόνο το Κ.Κ.Ε. διακατεχόταν από έξαψη επαναστατικής μαχητικότητας, δίχως όμως αυτό να σημαίνει κίνδυνο σοβαρότερης αναταραχής.<sup>64</sup>

Ο Μεταξάς προσπάθησε να πάρει με το μέρος του και τους αγρότες. Γνώριζε βέβαια ότι κατά το 1936 το συνολικό αγροτικό χρέος ξεπερνούσε τα 13 δισεκατομμύρια δραχμές, όπως γνώριζε και ο γεωργός ότι η υπερεργασία του απορροφόταν από τους πιστωτές του. Ο αγρότης είχε καταστεί ένας ιδιοκτήτης μόνο από τυπική άποψη. Σε πολλές περιφέρειες της χώρας επικρατούσε, ως και τον πόλεμο του 1940 και μετά, η

επίμορτη καλλιέργεια, σύστημα που ήταν συγγενές με το κολιγικό. Μπροστά στον κίνδυνο που εγκυμονούσε η συνειδητοποίηση της κατάστασης αυτής από τους χωρικούς, η δικτατορική κυβέρνηση, μέσα στα πλαίσια της «λαϊκίστικης» πολιτικής της, εξήγγειλε στα 1937 μια σειρά από ευεργετικά μέτρα υπέρ των αγροτών, όπως ήταν ο Α.Ν. 677/1937. Με το νόμο αυτόν ρυθμίστηκαν τα αγροτικά χρέη, που είχαν συναφθεί τον Ιανουάριο του 1935. Διαγράφηκαν όχι μόνο τα χρέη προς την Α.Τ.Ε. αλλά και προς τους τοκογλύφους. Με την πολιτική που ακολούθησε, ο Μεταξάς επιχείρησε να στηρίξει τη δικτατορία επί αγροτικών ερεισμάτων. Η ρύθμιση όμως που επέφερε ο μεταξικός νόμος δεν ήταν παρά μια αναγκαία παρέμβαση του κράτους προς τον σκοπό της διαιώνισης των υπαρχουσών αγροτικών δομών.<sup>65</sup>

Τα συστήματα κοινωνικής πρόνοιας και προστασίας υιοθετήθηκαν στην Ελλάδα με σημαντική χρονική υστέρηση, έναντι των άλλων ευρωπαϊκών εθνών. Η βαθύτερη αιτία γι' αυτό πρέπει να αναζητηθεί στη γενικότερη οικονομική και κοινωνική υπανάπτυξη, καθώς και στην καθυστερημένη εκβιομηχάνισή της. Η χρονική συνάφεια μεταξύ των μέτρων κοινωνικής προστασίας και ασφάλισης αφ' ενός, και των κοινωνικών αγώνων που προηγήθηκαν αφ' ετέρου, οδηγούν στη διαπίστωση ότι οι απαρχές του κράτους πρόνοιας στην Ελλάδα δεν συνδέονται με ορισμένες μακρόπνοες αποφάσεις μιας διορατικής και προοδευτικής πολιτικής ηγεσίας. Αντίθετα επιβλήθηκαν μετά από σκληρούς μακροχρόνιους και επίμονους κοινωνικούς και τάξικούς αγώνες του εργατικού κινήματος. Στις αποφάσεις του κράτους για κοινωνική πολιτική, λόγου χάρη, στην ίδρυση του Ι.Κ.Α., κυριάρχησαν σκοπιμότητες, όπως η άμβλυνση της κοινωνικής οξύτητας και έντασης που επικρατούσε, η ανακούφιση της εργατικής τάξης και τέλος η αποτροπή μελλοντικών κινδύνων για το κοινωνικό καθεστώς, που συνεπάγονταν μια πιθανή αδιαφορία των κυβερνήσεων για τις συνθήκες διαβίωσης και εργασίας των μισθωτών.

Η «προνοητική» πολιτική του καθεστώτος της 4<sup>ης</sup> Αυγούστου, ως προς τους αγρότες και τους εργαζόμενους, αποτελούσε έκφραση της πατερνάλιστικής λαϊκίστικης ιδεολογίας του. Στόχο είχε να αντισταθμίσει τις αντιδράσεις των εργαζομένων και την πίεση των λαϊκών στρωμάτων, που ήδη είχε εκδηλωθεί, τις παραμονές της ανάθεσης της εντολής σχηματισμού κυβέρνησης στον Ι. Μεταξά, με απεργίες και ταραχές στις πόλεις.<sup>66</sup> Ταυτόχρονα όμως ο συνδυασμός των παραπάνω μέτρων με την πολιτική καταπίεση και την απαγόρευση της πολιτικής και της ανεξάρτητης συνδικαλιστικής έκφρασης των εργαζομένων, περιορίζε τους μηχανισμούς της αγοράς της εργατικής δύναμης, θέτοντάς τους κάτω από τον άμεσο έλεγχο του κράτους.

## Συμπεράσματα

Την περίοδο 1922-1939 κατά την οποία ασκήθηκε από την πλευρά του κράτους μια παρεμβατική πολιτική, αντιμετωπίστηκαν βασικά προβλήματα της οικονομίας, όπως ήταν η εγκατάσταση και η αποκατάσταση των προσφύγων και οι συνέπειες της κρίσης.

Οι κοινωνικές συνθήκες ήταν απαράδεκτες για το μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού. Η κοινωνική διαμαρτυρία που εκδηλώθηκε, ιδιαίτερα λίγο πριν την εγκαθίδρυση της δικτατορίας, ήταν αποτέλεσμα των απαράδεκτων όρων διαβίωσης. Έκτοτε δεν ήταν δυνατό να εκδηλωθεί οποιαδήποτε αντίδραση μέσα σε ένα αυταρχικό καθεστώς.

Η νέα έμφαση, που δόθηκε από τη δικτατορία της 4<sup>ης</sup> Αυγούστου, στο ρόλο του κράτους συνοδεύτηκε από νέα νομοθεσία σε διάφορα θέματα όπως, κοινωνική ασφάλιση, υποχρεωτική διαιτησία στις εργατικές διαφορές, ανακούφιση των αγροτών από τα χρέη, η οποία νομοθεσία στις περισσότερες περιπτώσεις υπήρξε προϊόν προετοιμασίας προηγούμενων κυβερνήσεων, με τη διαφορά ότι δεν είχε εφαρμοστεί από αυτές.

Η εργατική και γενικότερα η κοινωνική πολιτική της δικτατορίας δεν είναι δυνατό να εξαντληθεί σε αυτή την εργασία. Υπάρχουν ιδιαιτερότητες που αφορούν σε απομιμήσεις πρακτικών των φασιστικών καθεστώτων της εποχής αλλά και συνέχειες με προδικτατορικές παραδόσεις.

Η ρητορεία προς τα κατώτερα στρώματα, η οποία ενσωμάτωνε, μετασχημάτιζε και προέτασσε τα αιτήματά τους, αποτελούσε βασικό χαρακτηριστικό του καθεστώτος. Παρά τη ρητορική του καθεστώτος για φιλεργατική πολιτική, ο δικτάτορας παρέμεινε προσηλωμένος στην υπεράσπιση της «αστικής τάξης πραγμάτων». Η κρατική ρύθμιση αποτελούσε εγγύηση για την ανάδειξη του ιδιωτικού κεφαλαίου ως ομότιμου εταίρου της κυβέρνησης, αρκεί αυτό να παραχωρούσε ορισμένα δικαιώματα στην εργατική τάξη, αφού διαλυόταν παράλληλα το οργανωμένο εργατικό κίνημα.<sup>67</sup> Ενδεικτικά, σε ένα λόγο του το 1936, ο Μεταξάς ανέφερε ότι βασική κατεύθυνση της δικτατορίας ήταν η αδιάκοπη φροντίδα για τη στερέωση του αστικού καθεστώτος. Αυτό βέβαια έγινε ολοφάνερο καθ' όλη τη διάρκεια της δικτατορίας, αφού υπήρξε ένας πραγματικός παράδεισος για τα μεγάλα κεφαλαιοκρατικά συγκροτήματα.<sup>68</sup>

Λαμβάνοντας υπόψη όσα αναφέρθηκαν, γίνεται ολοφάνερο ότι, αν οι μη-προνομιούχες τάξεις οργανώνονταν πολιτικά με αυτόνομο τρόπο, θα το έκαναν όχι για να ανατρέψουν τον καπιταλισμό, αλλά περισσότερο για να ασκήσουν πίεση για μείωση των ανισοτήτων, οι οποίες, όπως παρουσιάσαμε, ήταν πολύ έντονες. Είναι γεγονός ότι στους περιφερειακούς καπιταλιστικούς σχηματισμούς, οι ανισότητες είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές που υπάρχουν στις αναπτυγμένες δυτικές χώρες. Ο εργαζόμενος πληθυσμός είτε ενσωματώνεται στις προϋπάρχουσες πολιτικές οργανώσεις των κυρίαρχων τάξεων, είτε, (όταν αποδεικνύεται ότι τέτοιες λύσεις δεν είναι αποτελεσματικές) γίνονται απόπειρες δικτατορικών λύσεων, που έχουν σαν στόχο τον αποκλεισμό των μαζών από την πολιτική. Οι δύο αυτοί τρόποι τείνουν να εναλλάσσονται, έχοντας σαν απώτερο σκοπό τον έλεγχο της κατάστασης από τις κυρίαρχες τάξεις.

Το καθεστώς της 4<sup>ης</sup> Αυγούστου συνέχισε την οικονομική πολιτική των προκατόχων του, εντείνοντας την καταπίεση, πολιτική και οικονομική, των εργαζομένων, προσπαθώντας ταυτόχρονα, με μέτρα κοινωνικής πολιτικής και οργάνωσης της αγοράς εργασίας, να ελέγχει τις αντιδράσεις των εργαζομένων και ακόμα να τους εντάξει στο πεδίο επιρροής της ιδεολογίας του. Μπορούμε να υποθέσουμε ότι η κοινωνική πολι-

τική του Μεταξά αποτελούσε μηχανισμό εξασφάλισης λαϊκής συναίνεσης στην κατάργηση του κοινοβουλευτισμού. Η πολιτική του μορφή του επέτρεψε να προχωρήσει σε άμεσες μορφές καταπίεσης, που και αυτές όμως είχαν αρχίσει να εμφανίζονται πριν από αυτό (με την εισαγωγή του Ιδιώνυμου το 1929).

Η 4<sup>η</sup> Αυγούστου, στις συνθήκες των οικονομικών και πολιτικών εξελίξεων του Μεσοπολέμου, δεν αποτελεί παρά τη λογική κατάληξη της όλης εξέλιξης της οικονομίας του νεοελληνικού κράτους και των μορφών διακυβέρνησής του. Σε μεγάλο μέτρο, ο τρόπος άσκησης της εξουσίας και η ποιότητά της, εξαρτώνται από τη δομή και τις συνθήκες της κοινωνίας. Είναι αδύνατο να αντικρούσει κανείς τη συσχέτιση μεταξύ της κοινωνικής ζωής, του πνεύματος του πολιτικού συστήματος, της αξίας αυτών που κυβερνούν και της αποτελεσματικότητας της κρατικής μηχανής. Το κοινοβουλευτικό σύστημα, που υπήρχε πριν επιβληθεί η δικτατορία του Μεταξά, δεν ήταν σε θέση να βγάλει τη χώρα από την κοινωνική κρίση. Έτσι, κατά ένα τρόπο, η πολιτική και διαχειριστική κρίση μετετράπη σε κρίση του πολιτεύματος, που έφερε τελικά την παλινόρθωση της μοναρχίας και τον Μεταξά, με αποτέλεσμα να οδηγηθεί η χώρα σε πολιτική και κοινωνική στασιμότητα.

## Βιβλιογραφία

- Αβδελά Έφη, - Ψαριά Αγγελική, *Ο φεμινισμός στην Ελλάδα του Μεσοπολέμου*, εκδ. Γνώση, 1985.
- Αβδελά Έφη, «Φυσικός προορισμός» και ο ρόλος του κράτους, *Η Ελλάδα του '40*, Επιστημονικό συμπόσιο 19 και 20 Απριλίου 1991, εκδ. Εταιρία σπουδών νεοελληνικού πολιτισμού και γενικής παιδείας, Εκτύπωση 1993.
- Αγροτικόν Μέλλον*, 1938.
- Ανδρικόπουλος Γιάννης, *Οι ρίζες του ελληνικού φασισμού*, εκδ. Διογένης, Αθήνα, 1977.
- Βέλτσος Γ., Βεργόπουλος Κ., Νοταράς Γ., Πουλιαντζάς Ν., Τσουκαλάς Κ., «Ιστορικά, κοινωνιολογικά, οικονομικά στοιχεία στην κρίση εξουσίας στην Ελλάδα», Β' μέρος συζήτησης, *Αντί*, τχ. 26-27, 6/9/1975.
- Βεργόπουλος Κώστας, *Εθνισμός και οικονομική ανάπτυξη. -Η Ελλάδα στο μεσοπόλεμο*, εκδ. Εξάντας, 1978.
- Βεργόπουλος Κώστας, *Το αγροτικό ζήτημα στην Ελλάδα. -Το πρόβλημα της κοινωνικής ενσωμάτωσης της γεωργίας*, εκδ. Εξάντας, Αθήνα, 1975.
- Βερέμης Θάνας, *Οι επεμβάσεις του στρατού στην ελληνική πολιτική, 1916-1936*, εκδ. Εξάντας, 1977.
- Βογιατζής Βασ., *λάος χωρίς χώρο*, Εθνική Βιβλιοθήκη, Δημοσιεύματα της Εταιρείας Μακεδονικών Σπουδών, Θεσσαλονίκη, 1946.
- Castellan Georges, *Ιστορία των Βαλκανίων, (14ος-20ος αι.)*, εκδ. Γκοβσοστής, 1991.
- Δεμαθάς Ζαχαρίας, «Πατερναλισμός, λαϊκισμός και καταπίεση», *Τα Νέα*, 8/8/1986.
- Ελεφάντης Άγγελος, *Η επαγγελία της αδύνατης επανάστασης. -ΚΚΕ και αστισμός στον μεσοπόλεμο*, έκδοση Β', Θεμέλιο 1979, (έκδοση Α': Ολκός, Αθήνα, 1976).
- Ζαχαριάδη Νίκου, *Συλλογή έργων*, έκδοση της ΚΕ του ΚΚΕ, 1953.
- Καγκαλίδου Ζαφειρούλα, *Εκπαίδευση και πολιτική. Η περίπτωση του καθεστώτος της 4<sup>ης</sup> Αυγούστου*, εκδ. Αφών Κυριακίδη Α.Ε., Θεσσαλονίκη 1999.
- Καλλιγιάς Κώστας, «Παλινόρθωση και δικτατορία. -Γεώργιος Β' και 4η Αυγούστου», *Τα φοβερά ντοκουμέντα*, εκδόσεις Φυτράκης, 1976.
- Καμαρίνου Λίλη, *Γεωργία και αναπτυξιακή διαδικασία στην Ελλάδα*, εκδ. Αντώνης Λιβάνης - Νέα Σύνορα, Αθήνα, 1977.
- Κολιόπουλος Ιωάννης, «Εσωτερικές και εξωτερικές εξελίξεις από την 1/3/1935 ως την 28/10/1940», *Ιστορία του Ελληνικού Έθνους*, τ. ΙΕ', εκδ. Εκδοτική Αθηνών Α.Ε.

- Κονδύλης Παναγιώτης, *Η παρακμή του αστικού πολιτισμού. -Από τη μοντέρνα εποχή κι από τον φιλελευθερισμό στη μαζική δημοκρατία*, εκδ. Θεμέλιο, Αθήνα, 1991.
- Κούνδουρος Ρούσσο, *Η ασφάλεια του καθεστώτος. -Εκποτίσεις και τάξεις στην Ελλάδα, 1924-1974*, εκδ. Καστανιώτη, Αθήνα, 1978.
- Λάζαρος Βασίλης, *Πολιτική Ιστορία της Πάτρας*, τ. Β', Αχαΐκές εκδόσεις, Αθήνα, 1986.
- Λαμπίρη - Δημάκη Ιωάννα, *Η κοινωνιολογία στην Ελλάδα σήμερα*, εκδ. Παπαζήση, Αθήνα, 1987.
- Λαμπρινός Γ., *Η μοναρχία στην Ελλάδα*, εκδ. Μπάυρον Ε.Π.Ε.
- Λιάκος Αντώνης, «Οι παράμετροι της ελληνικής πολιτικής στο Μεσοπόλεμο», *Συμπόσιο για τον Ελευθέριο Βενιζέλο*, Πρακτικά, Αμφιθέατρο Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών 3-5 Δεκεμβρίου 1986, εκδ. Εταιρίας Ελληνικού Λογοτεχνικού και Ιστορικού Αρχείου, Μουσείο Μπενάκη, 1988.
- Λιάκος Αντώνης, «Πως διαπλέκονταν υγεία και πολιτική στην Ελλάδα του Μεσοπολέμου», *Το Βήμα*, 12/9/1993.
- Λιάκος Αντώνης, *Εργασία και πολιτική στην Ελλάδα του μεσοπολέμου. Το Διεθνές Γραφείο Εργασίας και η ανάδυση των κοινωνικών θεσμών*, εκδ. Ίδρυμα Έρευνας και Παιδείας της Εμπορικής Τράπεζας της Ελλάδος, Αθήνα, 1993.
- Λιγνάδης Τάσος, *Η ξενική εξάρτησις κατά την διαδρομήν του νεοελληνικού κράτους, 1821-1945*, Τυπογραφία Κ. Μιχάλας Ε.Π.Ε., Αθήνα, 1975.
- Λιναρδάτος Σπύρος, *Η 4η Αυγούστου*, έκδοση Β', εκδ. Διάλογος, Αθήνα, 1975.
- Μάλιος Μιχάλης, *Η σύγχρονη φάση ανάπτυξης του καπιταλισμού στην Ελλάδα*, έκδοση Δ', εκδ. Σύγχρονη Εποχή, Αθήνα, 1986.
- Μαυρογορδάτος Γιώργος, «Μεταξύ δύο πολέμων. Πολιτική ιστορία 1922-1940», *Ιστορία του Νέου Ελληνισμού 1770-2000*, τόμος 7<sup>ος</sup> (Ο Μεσοπόλεμος), εκδ. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα, 2003.
- Mazower Mark, *Η Ελλάδα και η οικονομική κρίση του Μεσοπολέμου*, εκδ. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα 2002.
- Meypaud J., με τη συνεργασία Π. Μερλοπούλου και Γ. Νοταρά, *Πολιτικές δυνάμεις στην Ελλάδα*, εκδ. Μπάυρον, Αθήνα, 1974.
- Μηλιός Γιάννης, *Ο ελληνικός κοινωνικός σχηματισμός -Από τον επεκτατισμό στην καπιταλιστική ανάπτυξη*, εκδ. Εξάντας, 1988.
- Μοσκόφ Κωστής, *Η διοργάνωση του επαναστατικού μας ονείρου*, εκδ. Καστανιώτη, Αθήνα, 1987.
- Μουζέλης Νίκος, «Η άνοδος στρατιωτικών δικτατοριών: Χιλή, Αργεντινή, Ελλάδα», *Το κράτος στον περιφερειακό καπιταλισμό*, εκδ. Εξάντας, Αθήνα, 1985.
- Νέζης Γ., «Η κατανομή του προπολεμικού φορολογικού βάρους στην Ελλάδα», *Νέα Οικονομία*, τχ, 1, 1947.

Νέος Κόσμος, 12/7/1936.

Νέος Κόσμος, 2/7/1936.

Νέτας Βίκτωρας, «Μνήμες 4ης Αυγούστου. -Πως ο Αβροτέλης Ελευθερόπουλος έσωσε το 'γόητρον' και την 'τιμήν' του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης», *Κυριακάτικη Ελευθεροτυπία*, 1/8/1993.

Νικολινάκος Μάριος, *Μελέτες πάνω στον ελληνικό καπιταλισμό*, εκδ. Νέα Σύνορα, Αθήνα, 1976.

Παπαδημητρίου Δέσποινα, «Το ακροδεξιό κίνημα στην Ελλάδα, 1936-1949. -Καταβολές, συνέχειες και ασυνέχειες», *Η Ελλάδα '36-'49. Από τη δικτατορία στον εμφύλιο. Τομές και συνέχειες*. Επιμέλεια Χάργκεν Φλάισερ, εκδ. Καστανιώτη, δεύτερη έκδοση, Αθήνα, 2003.

Παπαναστασίου Αλέξανδρου, *Μελέτες, λόγοι, άρθρα*, τ. Β΄, επιμέλεια Ξ. Λευκοπαρίδη, εκδ. Μορφωτικό Ινστιτούτο Α.Τ.Ε., 1957.

Παπανδρέου Ανδρέας, *Η Δημοκρατία στο απόσπασμα*, εκδ. Καρανάση, Αθήνα, 1974.

Πάσχος Γιώργος, *Πολιτική δημοκρατία και κοινωνική εξουσία. -Δημοκρατική αρχή και πολιτική νομιμοποίηση*, έκδοση Β΄, εκδ. Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη, 1981.

Πετμεξίδου - Τσουλουβή Μαρία, *Κοινωνικές τάξεις και μηχανισμοί κοινωνικής αναπαραγωγής*, εκδ. Εξάντας, Αθήνα, 1987.

Ποπολάνος Γεώργιος, *Μελέτη περί της αμέσου επισιτιστικής υγειονομικής βοήθειας και ανασυγκροτήσεως της Ελλάδος*, Γενικών και πρώτον μέρος, εκτύπωση τυπογραφείου του Εμπορίου, Αλεξάνδρεια, 1944.

Πουλιαντζάς Νίκος, *Φασισμός και δικτατορία. -Η Τρίτη Διεθνής αντιμέτωπη στο φασισμό*, εκδ. Ολκός, 1974.

Ρηγίνος Μιχάλης, «Ενεργός πληθυσμός και διάρθρωση των οικονομικών δομών (1909-1936)», *Τα Ιστορικά*, τ. Α΄, τχ., 2, Δεκέμβριος 1984.

Ρήγος Άλκης, *Η Β΄ Ελληνική Δημοκρατία, 1924-1935. -Κοινωνικές διαστάσεις της πολιτικής σκηνής*, εκδ. Θεμέλιο, Αθήνα, 1988.

Σακελλαρόπουλος Θεόδωρος Διον., *Οικονομία, κοινωνία, κράτος στην Ελλάδα του μεσοπολέμου*, εκδ. Πληροφόρηση, Αθήνα, 1991.

Σβορώνος Νίκος, «Τα κύρια προβλήματα της περιόδου 1940-1950 στην Ελληνική Ιστορία», *Η Ελλάδα στη δεκαετία 1940-1950. -Ένα έθνος σε κρίση*, εκδ. Θεμέλιο, 1984.

Σβορώνος Νίκος, *Επισκόπηση της νεοελληνικής ιστορίας*, έκδοση Η΄, εκδ. Θεμέλιο, έκδοση πρωτοτύπου Paris, 1972.

Σμπαρούνης Αθαν. Ι., *Σκέψεις τινές δια μεταπολεμικήν βιώσιμον Ελλάδα*, Εκ του Εθνικού Τυπογραφείου, Αθήνα, 1945.

Σολάρο Αντόνιο, *Ιστορία του Κομμουνιστικού Κόμματος Ελλάδας*, εκδ. Πλειάς, 1975.

- Σταυριανός Λευτέρης, *Η Ελλάδα σε επαναστατική περίοδο (σαράντα χρόνια αγώνες)*, μετάφραση Π. Λαμπρόπουλος, εκδ. Κάλβος, Αθήνα, 1974.
- Σωμερίτης Στρατής, *Η μεγάλη καμπή. -Μαρτυρίες, αναμνήσεις 1924-1974*, μέρος πρώτο, Από τη δημοκρατία στο φασισμό, εκδ. Ολκός, Αθήνα, 1975.
- Τερεξής Παναζής, *Πολιτική συμμετοχή στο σύγχρονο κράτος*, εκδ. Καστανιώτη.
- Τσάκωνας Δημήτρης, *Ιδεαλισμός και μαρξισμός στην Ελλάδα*, εκδ. Κάκτος, Αθήνα, 1988.
- Φακιολάς Ροσ., «Οικονομικές εξελίξεις και αγορά εργασίας στην περίοδο 1936-1940», *Η Ελλάδα 1936-1944, δικτατορία - κατοχή - αντίσταση*, Πρακτικά Α΄ Διεθνούς Συνεδρίου Σύγχρονης Ιστορίας, εκδ. Μορφωτικό Ινστιτούτο Α.Τ.Ε., Αθήνα, 1989.
- Φίλιας Βασίλης, *Όψεις της διατήρησης και της μεταβολής του κοινωνικού συστήματος*, τ. Β΄, εκδ. Νέα Σύνορα, Αθήνα, 1980.
- Φόστερ Ουίλιαμ, *Ιστορία του παγκόσμιου συνδικαλιστικού κινήματος*, τ. Β΄, εκδ. Μόρφωση, Αθήνα, 1959.
- Χαραλάμπης Δημήτρης, «Πρόλογος», *Το κράτος στον περιφερειακό καπιταλισμό*, εκδ. Εξάντας, Αθήνα, 1985.
- Χαραλάμπης Δημήτρης, *Στρατός και πολιτική εξουσία. -Η δομή της εξουσίας στην μετεμφυλιακή Ελλάδα*, εκδ. Εξάντας, 1985.
- Χατζηιωσήφ Χρήστος, «Η βενιζελογενής αντιπολίτευση στο Βενιζέλο και η πολιτική ανασύνταξη του αστισμού στο μεσοπόλεμο», *Βενιζελισμός και αστικός εκσυγχρονισμός*, επιμέλεια Γ. Μαυρογορδάτος - Χ. Χατζηιωσήφ. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 1988.
- Ψαλιδόπουλος Μιχάλης, «Μορφές οικονομικής σκέψης στην Ελλάδα, 1936-1940», *Η Ελλάδα 1936-1944, δικτατορία - κατοχή - αντίσταση*, Πρακτικά Α΄ Διεθνούς Συνεδρίου Σύγχρονης Ιστορίας, εκδ. Μορφωτικό Ινστιτούτο Α.Τ.Ε., Αθήνα, 1989.
- Ψυρούκης Νίκος, *Ο φασισμός και η 4η Αυγούστου*, εκδ. Επικαιρότητα, Αθήνα, 1977.

## Υποσημειώσεις

- <sup>1</sup> Φόστερ Ουίλιαμ, *Ιστορία του παγκόσμιου συνδικαλιστικού κινήματος*, τ. Β΄, εκδ. Μόρφωση, Αθήνα, 1959, σ. 156 κ.ε.
- <sup>2</sup> Σβορώνος Νίκος, *Επισκόπηση της νεοελληνικής ιστορίας*, έκδοση Η΄, εκδ. Θεμέλιο, έκδοση πρωτοτύπου Paris, 1972, σ. 14 κ.ε.
- <sup>3</sup> Meynaud J., με τη συνεργασία Π. Μερλοπούλου και Γ. Νοταρά, *Πολιτικές δυνάμεις στην Ελλάδα*, εκδ. Μπάυρον, Αθήνα, 1974, σ. 41, 42.
- <sup>4</sup> Χαραλάμπης Δημήτρης, «Πρόλογος», *Το κράτος στον περιφερειακό καπιταλισμό*, εκδ. Εξάντας, Αθήνα, 1985, σ. 14.
- <sup>5</sup> Μουζέλης Νίκος, «Η άνοδος στρατιωτικών δικτατοριών: Χιλή, Αργεντινή, Ελλάδα», *Το κράτος στον περιφερειακό καπιταλισμό*, εκδ. Εξάντας, Αθήνα, 1985, σ. 58, 59. Βλ. επίσης, Κονδύλης Παναγιώτης, *Η παρακμή του αστικού πολιτισμού. -Από τη μοντέρνα εποχή κι από τον φιλελευθερισμό στη μαζική δημοκρατία*, εκδ. Θεμέλιο, Αθήνα, 1991, σ. 21, 22.
- <sup>6</sup> Πάσχος Γιώργος, *Πολιτική δημοκρατία και κοινωνική εξουσία. -Δημοκρατική αρχή και πολιτική νομιμοποίηση*, έκδοση Β΄, εκδ. Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη, 1981, σ. 378.
- <sup>7</sup> Χαραλάμπης Δημήτρης, *Στρατός και πολιτική εξουσία. -Η δομή της εξουσίας στην μετεμφυλιακή Ελλάδα*, εκδ. Εξάντας, 1985, σ. 23, 24. Πρβλ., Μαυρογορδάτος Γιώργος, «Μεταξύ δύο πολέμων. Πολιτική ιστορία 1922-1940», *Ιστορία του Νέου Ελληνισμού 1770-2000*, τόμος 7<sup>ος</sup> (Ο Μεσοπόλεμος), εκδ. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα, 2003, σ. 9-30.
- <sup>8</sup> Πουλιαντζάς Νίκος, *Φασισμός και δικτατορία. -Η Τρίτη Διεθνής αντιμέτωπη στο φασισμό*, εκδ. Ολκός, 1974, σ. 94.
- <sup>9</sup> Λαμπίρη - Δημάκη Ιωάννα, *Η κοινωνιολογία στην Ελλάδα σήμερα*, εκδ. Παπαζήση, Αθήνα, 1987, σ. 389 κ.ε.
- <sup>10</sup> Πετμεξίδου - Τσουλουβή Μαρία, *Κοινωνικές τάξεις και μηχανισμοί κοινωνικής αναπαραγωγής*, εκδ. Εξάντας, Αθήνα, 1987, σ. 193-195. Βλ. επίσης, Βερέμης Θάνας, *Οι επεμβάσεις του στρατού στην ελληνική πολιτική, 1916-1936*, εκδ. Εξάντας, 1977, σ. 301.
- <sup>11</sup> Τεργεξής Παναγιώτης, *Πολιτική συμμετοχή στο σύγχρονο κράτος*, εκδ. Καστανιώτη, σ. 118, 119.

- <sup>12</sup> Βέλτσος Γ., Βεργόπουλος Κ., Νοταράς Γ., Πουλιαντζάς Ν., Τσουκαλάς Κ., «Ιστορικά, κοινωνιολογικά, οικονομικά στοιχεία στην κρίση εξουσίας στην Ελλάδα», Β' μέρος συζήτησης, *Αντί*, τχ. 26-27, 6/9/1975, σ. 47, 48.
- <sup>13</sup> Ελεφάντης Άγγελος, *Η επαγγελία της αδύνατης επανάστασης. -ΚΚΕ και αστισμός στον μεσοπόλεμο*, έκδοση Β', Θεμέλιο 1979, (έκδοση Α': Ολκός, Αθήνα, 1976), σ. 186, 187. Βλ. επίσης Μουζέλης Ν., «Η άνοδος στρατιωτικών δικτατοριών», ό.π., σ. 58, 59. Μάλιος Μιχάλης, *Η σύγχρονη φάση ανάπτυξης του καπιταλισμού στην Ελλάδα*, έκδοση Δ', εκδ. Σύγχρονη Εποχή, Αθήνα, 1986, σ. 54.
- <sup>14</sup> Βεργόπουλος Κώστας, *Εθνισμός και οικονομική ανάπτυξη. -Η Ελλάδα στο μεσοπόλεμο*, εκδ. Εξάντας, 1978, σ. 77.
- <sup>15</sup> Ρήγος Άλκης, *Η Β' Ελληνική Δημοκρατία, 1924-1935. -Κοινωνικές διαστάσεις της πολιτικής σκηνής*, εκδ. Θεμέλιο, Αθήνα, 1988, σ. 104. Επίσης, Ελεφάντης Ά., *Η επαγγελία της αδύνατης επανάστασης*, ό.π., σ. 186, 187, κ.ε. (σημ. 31).
- <sup>16</sup> Ρηγίνος Μιχάλης, «Ενεργός πληθυσμός και διάρθρωση των οικονομικών δομών (1909-1936)», *Τα Ιστορικά*, τ. Α', τχ., 2, Δεκέμβριος 1984, σ. 383. Επίσης, Αβδελά Έφη, - Ψαριά Αγγελική, *Ο φεμινισμός στην Ελλάδα του Μεσοπολέμου*, εκδ. Γνώση, 1985, σ. 32-37.
- <sup>17</sup> Αβδελά Έφη, «Φυσικός προσορισμός» και ο ρόλος του κράτους, *Η Ελλάδα του '40*, Επιστημονικό συμπόσιο 19 και 20 Απριλίου 1991, εκδ. Εταιρία σπουδών νεοελληνικού πολιτισμού και γενικής παιδείας, Εκτύπωση 1993, σ. 144, 145, 147. Πρβλ., Καγκαλίδου Ζαφειρούλα, *Εκπαίδευση και πολιτική. Η περίπτωση του καθεστώτος της 4<sup>ης</sup> Αυγούστου*, εκδ. Αφών Κυριακίδη Α.Ε., Θεσσαλονίκη 1999, σ. 58-60.
- <sup>18</sup> Κούνδουρος Ρούσσος, *Η ασφάλεια του καθεστώτος. -Εκποτίσεις και τάξεις στην Ελλάδα, 1924-1974*, εκδ. Καστανιώτη, Αθήνα, 1978, σ. 58.
- <sup>19</sup> Καμαρίνου Λίλη, *Γεωργία και αναπτυξιακή διαδικασία στην Ελλάδα*, εκδ. Αντώνης Λιβάνης - Νέα Σύνορα, Αθήνα, 1977, σ. 29.
- <sup>20</sup> Σακελλαρόπουλος Θεόδωρος Διον., *Οικονομία, κοινωνία, κράτος στην Ελλάδα του μεσοπολέμου*, εκδ. Πληροφόρηση, Αθήνα, 1991, σ. 14, 15. Βλ. επίσης, Σωμερίτης Στρατής, *Η μεγάλη καμπή. -Μαρτυρίες, αναμνήσεις 1924-1974*, μέρος πρώτο, Από τη δημοκρατία στο φασισμό, εκδ. Ολκός, Αθήνα, 1975, σ. 41.
- <sup>21</sup> Λιάκος Αντώνης, *Εργασία και πολιτική στην Ελλάδα του μεσοπολέμου. Το Διεθνές Γραφείο Εργασίας και η ανάδυση των κοινωνικών θεσμών*, εκδ. Ίδρυμα Έρευνας και Παιδείας της Εμπορικής Τράπεζας της Ελλάδος, Αθήνα, 1993, σ. 32.
- <sup>22</sup> Κούνδουρος Ρ., ό.π., σ. 17-19, 59, 60. Πρβλ., Μοσκόφ Κωστής, *Η διοργάνωση του επαναστατικού μας ονείρου*, εκδ. Καστανιώτη, Αθήνα, 1987, σ. 32.
- <sup>23</sup> Δεμαθάς Ζαχαρίας, «Πατερναλισμός, λαϊκισμός και καταπίεση», *Τα Νέα*, 8/8/1986, σ. 28.
- <sup>24</sup> Βογιατζής Βασ., *λαός χωρίς χώρο*, Εθνική Βιβλιοθήκη, Δημοσιεύματα της Εταιρείας Μακεδονικών Σπουδών, Θεσσαλονίκη, 1946, σ. 19.

- <sup>25</sup> Φίλιας Βασίλης, *Όψεις της διατήρησης και της μεταβολής του κοινωνικού συστήματος*, τ. Β΄, εκδ. Νέα Σύνορα, Αθήνα, 1980, σ. 215.
- <sup>26</sup> Σακελλαρόπουλος Θ., ό.π., σ. 65.
- <sup>27</sup> Μηλιός Γιάννης, *Ο ελληνικός κοινωνικός σχηματισμός -Από τον επεκτατισμό στην καπιταλιστική ανάπτυξη*, εκδ. Εξάντας, 1988, σ. 292.
- <sup>28</sup> Ανδρικόπουλος Γιάννης, *Οι ρίζες του ελληνικού φασισμού*, εκδ. Διογένης, Αθήνα, 1977, σ. 73.
- <sup>29</sup> *Νέος Κόσμος*, 12/7/1936, σ. 1.
- <sup>30</sup> Λιναρδάτος Σπύρος, *Η 4η Αυγούστου*, έκδοση Β΄, εκδ. Διάλογος, Αθήνα, 1975, σ. 124.
- <sup>31</sup> *Νέος Κόσμος*, 2/7/1936, σ. 1.
- <sup>32</sup> Λάξαρης Βασίλης, *Πολιτική Ιστορία της Πάτρας*, τ. Β΄, Αχαϊκές εκδόσεις, Αθήνα, 1986, σ. 389, 390.
- <sup>33</sup> Σολάρο Αντόνιο, *Ιστορία του Κομμουνιστικού Κόμματος Ελλάδας*, εκδ. Πλειάς, 1975, σ. 104. Επίσης, Νικολινάκος Μάριος, *Μελέτες πάνω στον ελληνικό καπιταλισμό*, εκδ. Νέα Σύνορα, Αθήνα, 1976, σ. 64, 65.
- <sup>34</sup> Νέξης Γ., «Η κατανομή του προπολεμικού φορολογικού βάρους στην Ελλάδα», *Νέα Οικονομία*, τχ. 1, 1947, σ. 12, 15.
- <sup>35</sup> Βεργόπουλος Κ., *Εθνισμός και οικονομική ανάπτυξη*, ό.π., σ. 93, 94.
- <sup>36</sup> Σμπαρούνης Αθαν. Ι., *Σκέψεις τινές δια μεταπολεμικήν βιώσιμον Ελλάδα*, Εκ του Εθνικού Τυπογραφείου, Αθήνα, 1945, σ. 130, 135, 158. Βλ. και Castellan Georges, *Ιστορία των Βαλκανίων, (14ος-20ος αι.)*, εκδ. Γκοβοστής, 1991, σ. 593.
- <sup>37</sup> Λιγνάδης Τάσος, *Η ξενική εξάρτησις κατά την διαδρομήν του νεοελληνικού κράτους, 1821-1945*, Τυπογραφία Κ. Μιχάλας Ε.Π.Ε., Αθήνα, 1975, σ. 168, 169.
- <sup>38</sup> Φακιολάς Ροσ., «Οικονομικές εξελίξεις και αγορά εργασίας στην περίοδο 1936-1940», *Η Ελλάδα 1936-1944, δικτατορία - κατοχή - αντίσταση*, Πρακτικά Α΄ Διεθνούς Συνεδρίου Σύγχρονης Ιστορίας, εκδ. Μορφωτικό Ινστιτούτο Α.Τ.Ε., Αθήνα, 1989, σ. 163.
- <sup>39</sup> Ρηγίνος Μ., ό.π., σ. 154.
- <sup>40</sup> Νέτας Βίκτωρας, «Μνήμες 4ης Αυγούστου. -Πως ο Αβροτέλης Ελευθερόπουλος έσωσε το 'γόητρον' και την 'τιμήν' του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης», *Κυριακάτικη Ελευθεροτυπία*, 1/8/1993, σ. 18.
- <sup>41</sup> Meynaud J., ό.π., σ. 23.
- <sup>42</sup> Στο ίδιο, σ. 22.
- <sup>43</sup> Ποπολάνος Γεώργιος, *Μελέτη περί της αμέσου επισιτιστικής υγειονομικής βοήθειας και ανασυγκροτήσεως της Ελλάδος*, Γενικών και πρώτον μέρος, εκτύπωση

- τυπογραφείου του Εμπορίου, Αλεξάνδρεια, 1944, σ. 43.
- <sup>44</sup> Αγροτικόν Μέλλον, 1938, σ. 1.
- <sup>45</sup> Νέτας Β., «Μνήμες 4ης Αυγούστου», ό.π., σ. 18.
- <sup>46</sup> Μπρακατσούλας Β., ό.π., σ. 158.
- <sup>47</sup> Σακελλαρόπουλος Θ., ό.π., σ. 66.
- <sup>48</sup> Βογιατζής Βασ., ό.π., σ. 87, 88.
- <sup>49</sup> Λιάκος Αντώνης, «Πως διαπλέκονταν υγεία και πολιτική στην Ελλάδα του Μεσοπολέμου», *Το Βήμα*, 12/9/1993, σ. Β7.
- <sup>50</sup> Χατζηιωσήφ Χρήστος, «Η βενιζελογενής αντιπολίτευση στο Βενιζέλο και η πολιτική ανασύνταξη του αστισμού στο μεσοπόλεμο», *Βενιζελισμός και αστικός εκσυγχρονισμός*, επιμέλεια Γ. Μαυρογορδάτος - Χ. Χατζηιωσήφ. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 1988, σ. 447.
- <sup>51</sup> Mazower Mark, *Η Ελλάδα και η οικονομική κρίση του Μεσοπολέμου*, εκδ. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα 2002, σ. 349, 370, 371.
- <sup>52</sup> Τσάκωνας Δημήτρης, *Ιδεαλισμός και μαρξισμός στην Ελλάδα*, εκδ. Κάκτος, Αθήνα, 1988, σ. 76, 77.
- <sup>53</sup> Βεργόπουλος Κ., *Εθνισμός και οικονομική ανάπτυξη*, ό.π., σ. 95, 96. Βλ. επίσης Κούνδουρος Ρ., ό.π., σ. 84. Ρήγος Α., *Η Β΄ Ελληνική Δημοκρατία*, ό.π., σ. 269.
- <sup>54</sup> Σβορώνος Νίκος, «Τα κύρια προβλήματα της περιόδου 1940-1950 στην Ελληνική Ιστορία», *Η Ελλάδα στη δεκαετία 1940-1950. Ένα έθνος σε κρίση*, εκδ. Θεμέλιο, 1984, σ. 28. Βλ. και Σωμερτίτης Σ., *Η μεγάλη καμπή*, ό.π., σ. 44.
- <sup>55</sup> Κολιόπουλος Ιωάννης, «Εσωτερικές και εξωτερικές εξελίξεις από την 1/3/1935 ως την 28/10/1940», *Ιστορία του Ελληνικού Έθνους*, τ. ΙΕ΄, εκδ. Εκδοτική Αθηνών Α.Ε., σ. 390.
- <sup>56</sup> Λιάκος Α., *Εργασία και πολιτική στην Ελλάδα του μεσοπολέμου*, ό.π., σ. 537, 538.
- <sup>57</sup> Ζαχαριάδη Νίκου, *Συλλογή έργων*, έκδοση της ΚΕ του ΚΚΕ, 1953, σ. 14.
- <sup>58</sup> Σταυριανός Λευτέρης, *Η Ελλάδα σε επαναστατική περίοδο (σαράντα χρόνια αγώνες)*, μετάφραση Π. Λαμπρόπουλος, εκδ. Κάλβος, Αθήνα, 1974, σ. 75. Πρβλ., Παπανδρέου Ανδρέας, *Η Δημοκρατία στο απόσπασμα*, εκδ. Καρανάση, Αθήνα, 1974, σ. 68, 135.
- <sup>59</sup> Φακιολάς Ροσ., ό.π., σ. 166.
- <sup>60</sup> Λιάκος Αντώνης, «Οι παράμετροι της ελληνικής πολιτικής στο Μεσοπόλεμο», *Συμπόσιο για τον Ελευθέριο Βενιζέλο*, Πρακτικά, Αμφιθέατρο Εθνικού Ιδρυματος Ερευνών 3-5 Δεκεμβρίου 1986, εκδ. Εταιρίας Ελληνικού Λογοτεχνικού και Ιστορικού Αρχείου, Μουσείο Μπενάκη, 1988, σ. 169. Επίσης, Λιάκος Α., *Εργασία και πολιτική στην Ελλάδα του μεσοπολέμου*, ό.π., σ. 529.

- <sup>61</sup> Παπαναστασίου Αλέξανδρου, Μελέτες, λόγοι, άρθρα, τ. Β΄, επιμέλεια Ξ. Λευκοπαρίδη, εκδ. Μορφωτικό Ινστιτούτο Α.Τ.Ε., 1957, σ. 834.
- <sup>62</sup> Λαμπρινός Γ., *Η μοναρχία στην Ελλάδα*, εκδ. Μπάυρον Ε.Π.Ε., σ. 112. Βλ. επίσης, Ανδρικόπουλος Γ., *Οι ρίζες του ελληνικού φασισμού*, ό.π., σ. 29. Νεφελούδης Β., «Τα λάθη του ΚΚΕ», ό.π., σ. 20.
- <sup>63</sup> Ψυρούκης Νίκος, *Ο φασισμός και η 4η Αυγούστου*, εκδ. Επικαιρότητα, Αθήνα, 1977, σ. 90.
- <sup>64</sup> Καλλιγιάς Κώστας, «Παλινόρθωση και δικτατορία. -Γεώργιος Β΄ και 4η Αυγούστου», *Τα φοβερά ντοκουμέντα*, εκδόσεις Φυτράκης, 1976, σ. 223, 224.
- <sup>65</sup> Βεργόπουλος Κώστας, *Το αγροτικό ζήτημα στην Ελλάδα. -Το πρόβλημα της κοινωνικής ενσωμάτωσης της γεωργίας*, εκδ. Εξάντας, Αθήνα, 1975, σ. 185. Βλ. επίσης Μπρακατσούλας Β., ό.π., σ. 263. Δεμαθάς Ζ., «Πατεριναλισμός, λαϊκισμός και καταπίεση», ό.π., σ. 29.
- <sup>66</sup> Παπαδημητρίου Δέσποινα, «Το ακροδεξιό κίνημα στην Ελλάδα, 1936-1949. -Καταβολές, συνέχειες και ασυνέχειες», *Η Ελλάδα '36-'49. Από τη δικτατορία στον εμφύλιο. Τομές και συνέχειες*. Επιμέλεια Χάγκεν Φλάισερ, εκδ. Καστανιώτη, δεύτερη έκδοση, Αθήνα, 2003, σ. 142, 143.
- <sup>67</sup> Ψαλιδόπουλος Μιχάλης, «Μορφές οικονομικής σκέψης στην Ελλάδα, 1936-1940», *Η Ελλάδα 1936-1944, δικτατορία - κατοχή - αντίσταση*, Πρακτικά Α΄ Διεθνούς Συνεδρίου Σύγχρονης Ιστορίας, εκδ. Μορφωτικό Ινστιτούτο Α.Τ.Ε., Αθήνα, 1989, σ. 107.
- <sup>68</sup> Λιναρδάτος Σ., *Η 4η Αυγούστου*, ό.π., σ. 120.

# *Ανάλυση της Μεταφορικής Ζήτησης για τον Υπόγειο Αστικό Σιδηρόδρομο (ΜΕΤΡΟ)*

*Δημητρίου Δημήτρης  
Πολιτικός Μηχανικός  
Δρ. Συγκοινωνιολόγος*

---

## **Περίληψη**

Στην παρούσα εργασία, αναλύεται η εξέλιξη του μεταφορικού έργου για το υφιστάμενο δίκτυο μετρό, με στόχο τον προσδιορισμό των στοιχείων της ζήτησης, που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση των σταθμών, τον καθορισμό των λειτουργικών χαρακτηριστικών του δικτύου, τον προσδιορισμό των διαδικασιών διαχείρισης πλήθους κλπ. Επίσης, προτείνεται η κατηγοριοποίηση των σταθμών με βάση τα χαρακτηριστικά της ζήτησης και κριτήρια που σχετίζονται με τη χωροθέτηση των σταθμών, καθώς και τα λειτουργικά και πολεοδομικά χαρακτηριστικά που σχεδιάστηκαν να εξυπηρετήσουν. Τέλος, καταγράφονται συμπεράσματα για την αναμενόμενη λειτουργία του συστήματος, με την ένταξη των νέων σταθμών τον Αύγουστο του 2004.

---

## **Abstract**

This paper analyzes a methodological approach to record and evaluate the transportation demand for Metro network and also it is proposed a station classification based on the demand characteristics. The metro network constitutes from two underground lines (line 2 and line 3) that operate supplemental to line 1 (sub ground metro) that serves the connection of North sub grounds to Piraeus port. The three lines of metro and the tram (July 2004) will constitute the means of constant orbit network of Athens feeding by busses in order to serve the transportation demand in Athens area.

For the transportation demand characteristics assignment the analysis becomes to time and space scale. Thus, for the transportation demand characteristics assignment of metro network, it is analyzed the passenger variation per year for the whole network and

for each station separately. Also, it is examined the monthly variation where it is assigned typical periods that represent similar characteristics. Wherefore, it is assigned the hourly variation and rush hours in a typical week for each typical period. This analysis allows the station comparison and a classification to stations.

As a result of the demand variation analysis separate five typical periods, the main of them are the winter period (January to March and October to November) and the summer period (May to July and September). April, August and December aren't included in these periods because they represent differences because of Easter vacancies, summer vacancies and Christmas vacancies. (Diagram 7)

The daily transportation variation should be separate to two categories, the typical working day and the weekend variation and it is assigned the peak hours per typical day and typical period. According this analysis the station should be categorized to groups based on the transportation demand characteristics. Stations in the center (Omonia, Syntagma, Panepistimio) represent peak hours in the noon and afternoon, while the faraway from center stations represent rush hours in the morning. The hourly passengers flow variation has an importance susceptible by the location of the station in the network and the land use in the influence zone of the station. Thus, the stations categorize as central, terminal, transfer, and stations of local interest (table 6).

Central stations are located in the city center district where there is commercial land use. The central stations represent rush hours in the noon in a typical working day and during the working hours of shops in weekends. Transfer stations are stations with connection to other means of constant orbit (subway, railway and in the future tram and interurban railway). Terminal stations represent peak hours in the morning during the typical working day and during the morning and the afternoon in the weekend. Dafni is the station which represents the highest passengers among terminal stations because it serves the south sub grounds. Local interest stations are stations that don't belong to previous categories and the hourly variation depends on land use and their location to the metro network. Stations that serve home-based movements represent peak hours in the morning and stations that serve other land use (hospitals, theatre, etc) represent more smooth variations during the day.

Finally it is estimated the transportation demand level of stations that are planning to be added to metro network. In 2004 two stations, Doukissis Plakentias and Chalandri, will be added in metro network. The station Chalandri is estimated to operate like local interest station and serve the Chlandri municipality. The station Eth. Amyna is expected to change category and will be asessed to local interest station.

### **Λέξεις - Κλειδιά:**

επιβατικό έργο, μεταφορική ικανότητα, κατηγορίες σταθμών

## 1. Εισαγωγή

Ο υπόγειος αστικός σιδηρόδρομος (μετρό), αποτελεί το μεγαλύτερο σε χωρητικότητα μέσο αστικών μαζικών μεταφορών, για την εξυπηρέτηση των αστικών μετακινήσεων. Η κατασκευή του δεν απαιτεί εκτεταμένες ανακατατάξεις στην επιφάνεια της πόλης (με εξαίρεση τις περιοχές των σταθμών), σε σχέση με τη χωροθέτηση των υπολοίπων μέσων σταθερής τροχιάς (τραμ, προαστιακός). Επιπλέον, απαιτεί μεγάλη οικονομική επένδυση, που απαιτεί μακροχρόνιο χρονοδιάγραμμα υλοποίησης. Έτσι, αποτελεί μια λύση για πόλεις στις οποίες είτε δε δύναται είτε δεν είναι επιθυμητή η δυναμική επέμβαση στο επίπεδο της επιφάνειας, καθώς και σε περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατό να εφαρμοστούν εναλλακτικές βιώσιμες και αποτελεσματικές λύσεις για τη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση αξόνων με υψηλή ζήτηση για αστική μετακίνηση.

Λαμβάνοντας υπόψη τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά της Αθήνας όπως αυτά είχαν διαμορφωθεί στις προηγούμενες δεκαετίες, καθώς και τις αναμενόμενες επιπτώσεις στις κυκλοφοριακές συνθήκες, σε συνδυασμό με την πληθυσμιακή αύξηση, τις χρήσεις γης και την οικονομική ανάπτυξη, υιοθετήθηκε η άποψη (αρχές δεκαετίας '90) για την κατασκευή και λειτουργία δικτύου υπόγειου αστικού σιδηροδρόμου (Μετρό) στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών. Σήμερα λειτουργούν περίπου 17,3 km υπόγειου σιδηροδρόμου, όπου περιλαμβάνονται 19 σταθμοί. Στόχος είναι το 2020 η ανάπτυξη ενός δικτύου μήκους περίπου 40 χιλιομέτρων, το οποίο θα συνδέει την πόλη της Αθήνας με τα προάστια του Λεκανοπεδίου, την πόλη του Πειραιά και σημαντικούς πόλους έλξης/γένεσης μετακινήσεων, όπως είναι το Διεθνές Αεροδρόμιο. <sup>[1]</sup>

Το μετρό καλείται να εξυπηρετήσει τη διαρκώς αναπτυσσόμενη ζήτηση για μεταφορά στο λεκανοπέδιο. Οι προδιαγραφές σχεδιασμού των υποδομών και λειτουργίας του συστήματος, πρέπει να καθορίζονται με βάση τα χαρακτηριστικά της ζήτησης, που καλείται να εξυπηρετήσει. Η εξέλιξη της ζήτησης και η διακύμανσή της αποτελούν βασικές παραμέτρους που σχετίζονται τόσο με τη παρεχόμενη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση στο λεκανοπέδιο όσο και με τη διαστασιολόγηση των σταθμών και εγκαταστάσεων, τη διαχείριση του πλήθους στις αποβάθρες και τους σταθμούς, το πρόγραμμα δρομολογίων, τα πρόσθετα μέτρα για την εξυπηρέτηση επιβατών, τη στελέχωση των σταθμών με προσωπικό κλπ.

Στη παρούσα εργασία, αναπτύσσεται η μεθοδολογική προσέγγιση για την καταγραφή και αξιολόγηση της ζήτησης για το δίκτυο του μετρό, προτείνεται η κατηγοριοποίηση των σταθμών με βάση τα χαρακτηριστικά της και τεκμηριώνονται συμπεράσματα με βάση την εξέλιξη της.

## 2. Προϋποθέσεις για τη Χωροθέτηση Δικτύου Μετρό

Το μετρό είναι ο αστικός σιδηρόδρομος, ο οποίος είναι πλήρως απομονωμένος από την υπόλοιπη κυκλοφορία. Η υποδομή του είναι είτε σε υπόγεια είτε σε υπερυψωμένη διατομή ή ορισμένες φορές (σε μικρά τμήματα) και σε επίγεια γραμμή, η οποία είναι απομονωμένη από την αστική κυκλοφορία. Η απόσταση των σταθμών σε γενικές γραμμές κυμαίνεται μεταξύ των 400 και 1000m, με μέση τιμή περίπου τα 600m. Η εμπορική ταχύτητα κυμαίνεται μεταξύ των 30 – 53 km/h και το μήκος των συρμών μεταξύ των 70-150m, με μεταφορική ικανότητα μέχρι και 45.000 επιβάτες/ώρα/κατεύθυνση. <sup>[2]</sup>

Η επιλογή ενός συστήματος Μετρό συνδυάζει την υψηλή μεταφορική ικανότητα του σιδηροδρόμου με τη γρήγορη, ασφαλή και αξιόπιστη εξυπηρέτηση ιδιαίτερα σε κεντρικές περιοχές της πόλης όπου η κυκλοφοριακή συμφόρηση εμποδίζει την ομαλή λειτουργία των άλλων μέσων μεταφοράς. Είναι φιλικό προς το περιβάλλον αφού δεν είναι ρυπογόνο και συμβάλλει αποτελεσματικά στην μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης των οδικών δικτύων χωρίς να έχει καμιά επίπτωση στο οικιστικό περιβάλλον της πόλης αφού ο χώρος που απαιτείται για τη χωροθέτηση του δεν αφαιρείται από την επιφάνεια ανάπτυξης της πόλης.

Η κατασκευή ενός δικτύου μετρό επιλέγεται κυρίως για πόλεις μεγέθους μεγαλύτερο από 1 εκατομμύριο κατοίκους. Στους πίνακες που ακολουθούν, παρουσιάζεται το πληθυσμιακό μέγεθος πόλεων που λειτουργούν συστήματα μετρό καθώς και ο βαθμός που χρησιμοποιούνται από τους κατοίκους.

**Πίνακας 1. Προϋποθέσεις και προσδοκώμενη μεταφορική ικανότητα για τη χωροθέτηση – επιλογή συστήματος μετρό, ανάλογα το μέγεθος της πόλης.** <sup>[3]</sup>

Σύστημα	Ενδεικνυόμενο Μέγεθος Πόλεων (σε χιλιάδες κατοίκους)	Μεταφορική Ικανότητα (επιβάτες/ώρα/κατευθ.)
Ελαφρύ Μετρό (Light Rail Train)	500 - 1.000	8.000 - 25.000
Μετρό	> 1.000	10.000 - 45.000

**Πίνακας 2. Τεχνικές προδιαγραφές συρμών για το σύστημα του Μετρό.** <sup>[4]</sup>

Σύστημα	Εμπορική Ταχύτητα (Km/h)	Αποστάσεις Στάσεων (m)	Πλάτος Οχήματος (m)	Μήκος Συρμού (m)
Ελαφρύ Μετρό (Light Rail Train)	25 -30	500 - 800	2,10 - 2,70	60 - 90
Υπόγειο Μετρό	30 - 35	500 - 1.000	2,60 - 3,20	70 - 150

Σημαντικό μειονέκτημα του υπόγειου σιδηροδρόμου είναι το υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης καθώς και τα υψηλά μέτρα ασφαλείας για την ασφαλή (safety) λειτουργία. Γι' αυτό το λόγο αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική απόφαση η επιλογή ενός συστήματος μετρό για τη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση μιας πόλης και επιλέγεται σε περιπτώσεις που υπάρχει υψηλή ζήτηση για μετακίνηση και δεν μπορούν να υιοθετηθούν αξιόπιστες οικονομικά φθηνότερες εναλλακτικές λύσεις στην επιφάνεια, (τραμ, λεωφορεία κλπ). Ενδεικτικά, στον επόμενο πίνακα, παρουσιάζονται πόλεις στις οποίες λειτουργούν συστήματα μετρό.

**Πίνακας 3. Συστήματα μαζικής μεταφοράς και η χρήση τους ανάλογα με το μέγεθος της πόλης.** <sup>[2]</sup>

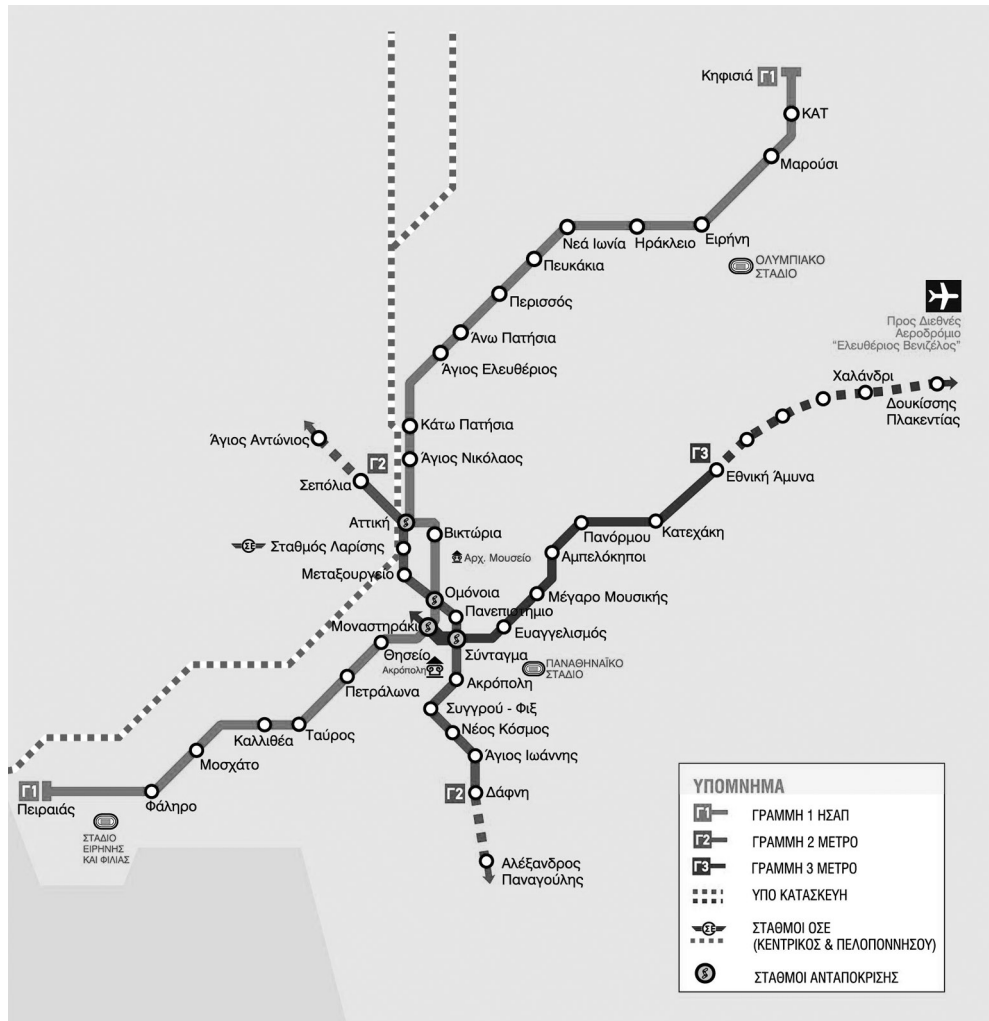
Πόλη	Πληθυσμός (σε εκατομ. το 1991)	Μεταφορικό Μέσο	Ετήσιες διαδρομές /επιβάτη
Μόσχα	8,0	Λεωφ., τραμ, μετρό	713
Τόκιο	11,6	Λεωφ., τραμ, μετρό, προαστ. Σιδηρ.	650
Σεούλ	8,7	Λεωφ., μετρό	457
Μπουένος Αϊρες	9,0	Λεωφορεία, μετρό	248
Τορόντο	2,8	Λεωφ., τραμ, μετρό	200
Πεκίνο	8,7	Λεωφ., μετρό	107
Σικάγο	6,8	Λεωφ., μετρό, προαστ. Σιδηρ.	101

### 3. Σύντομη Περιγραφή του Δικτύου Μετρό της Αθήνας

Το υφιστάμενο δίκτυο του μετρό αποτελείται από δυο υπόγειες γραμμές, τις γραμμές 2 και 3, οι οποίες λειτουργούν συμπληρωματικά με τη γραμμή του επιφανειακού αστικού σιδηροδρόμου (Γραμμή 1) η οποία εξυπηρετεί τη σύνδεση των Βορείων προαστίων με το λιμάνι του Πειραιά. Η λειτουργία των υπόγειων γραμμών 2 και 3, γίνεται υπό την ευθύνη της Αττικό Μετρό Εταιρεία Λειτουργίας (ΑΜΕΛ ΑΕ), ενώ αντίστοιχα η επί το πλείστον επιφανειακή γραμμή αστικού σιδηροδρόμου, βρίσκεται υπό τον έλεγχο των Ηλεκτρικών Σιδηροδρόμων Αθηνών Πειραιώς (ΗΣΑΠ ΑΕ).

Οι τρεις γραμμές αστικού σιδηροδρόμου και από τον Ιούλιο του 2004 και το τραμ, θα αποτελούν το δίκτυο μέσων σταθερής τροχιάς της πρωτεύουσας. Τα μέσα σταθερής τροχιάς θα αποτελούν, λόγω της μεγάλης χωρητικότητάς τους, τον κορμό του δικτύου Μέσων Μαζικής Μεταφοράς (ΜΜΜ), όπου θα τροφοδοτούνται από τα υπόλοιπα μέσα μαζικής μεταφοράς (θερμικά και ηλεκτροκίνητα λεωφορεία) με στόχο την εξυπηρέτηση της ζήτησης για μετακίνηση στο αστικό τμήμα της πρωτεύουσας. <sup>[5]</sup>

Στο Διάγραμμα 1 απεικονίζεται το υφιστάμενο και προβλεπόμενο δίκτυο (2006) του μετρό της Αθήνας:



**Διάγραμμα 1.** Απεικόνιση γραμμής 1 (ΗΣΑΠ), καθώς και του υφιστάμενου και προβλεπόμενου (επεκτάσεων) δικτύου των Γραμμών 2 & 3. <sup>[6]</sup>

Σήμερα το μετρό της Αθήνας διαθέτει 19 σταθμούς, εκ των οποίων: <sup>[6]</sup>

- ✓ Τρεις σταθμοί ανταπόκρισης (Ομόνοια, Αττική, Μοναστηράκι) με τον ΗΣΑΠ.
- ✓ Ένας σταθμός μετεπιβίβασης μεταξύ των γραμμών 2 και 3 (Σταθμός Συντάγματος).
- ✓ Δεκαπέντε σταθμούς που εξυπηρετούν αποκλειστικά τους επιβάτες του Μετρό.

#### 4. Λειτουργικά Χαρακτηριστικά Συστήματος

Το υφιστάμενο δίκτυο του μετρό της Αθήνας, εξυπηρετείται από συρμούς των 6 βαγονιών, όπου συνολικά είναι διαθέσιμοι 28 συρμοί. Το προβλεπόμενο τροχαίο υλικό μέχρι τον Αύγουστο του 2004, θα αποτελείται: <sup>[6]</sup>

- Από τους 28 ήδη υφιστάμενους συρμούς των 6 βαγονιών
- Από 7 συρμούς νέας παραλαβής διπλής τάσης οι οποίοι θα μπορούν να εξυπηρετούν τη γραμμή από το σταθμό Δουκ. Πλακεντίας από/προς το Αεροδρόμιο
- Από 7 συρμούς νέας παραλαβής για το δίκτυο των Γραμμών 2 και 3, για την εξυπηρέτηση των επεκτάσεων που θα έχουν ολοκληρωθεί το 2006.

Η μέγιστη ταχύτητα των συρμών είναι 80 χιλιόμετρα ανά ώρα. Η μεταφορική ικανότητα υπολογίζεται σε περίπου 1.030 επιβάτες ανά συρμό των 6 οχημάτων (5 επιβάτες/μ<sup>2</sup>). Η ωριαία χωρητικότητα ανά κατεύθυνση γραμμής, υπολογίζεται από τη μεταφορική ικανότητα των συρμών (επιβάτες/συρμό) και τη μέγιστη δυνατή συχνότητα διέλευση συρμών στη διάρκεια της ώρας (συρμοί/ώρα). Με δεδομένο ότι η μέγιστη χρονοαπόσταση συρμών (λόγο περιορισμών στη σηματοδότηση και την παροχή ενέργειας) στο σύνολο του υφιστάμενου δικτύου μετρό είναι 3 λεπτά, προκύπτει ότι εκτελούνται κατά μέγιστο 20 δρομολόγια ανά τμήμα γραμμής. Επομένως, η μέγιστη ωριαία χωρητικότητα (στις ώρες αιχμής) ανά κατεύθυνση γραμμής (γραμμές Γ<sub>2</sub> και Γ<sub>3</sub> σχήματος 1) είναι περίπου 21.000 επιβάτες (20.600 επιβ./ώρα). Αντίστοιχα, για ημερήσια λειτουργία 18 ωρών (όπως συμβαίνει σήμερα), η χωρητικότητα του δικτύου ανά κατεύθυνση είναι 370.800 επιβάτες/ημέρα. <sup>[6]</sup>

Όσον αφορά στα νέα τμήματα του μετρό, τα οποία μερικώς εντάσσονται στους Ολυμπιακούς Αγώνες 2004 και πλήρως μέχρι το 2006, ισχύουν τα παραπάνω δεδομένα, με εξαίρεση το τμήμα μεταξύ των σταθμών Εθνική Άμυνα – Δουκ. Πλακεντίας, όπου η ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ των συρμών είναι 5 λεπτά. <sup>[5]</sup> Έτσι, η χωρητικότητα του συστήματος για το συγκεκριμένο τμήμα ανά κατεύθυνση προσεγγίζει τους 12.400 επιβάτες ανά ώρα (12.360 επιβ./ώρα) και τους 223.000 επιβάτες ανά ημέρα (222.480 επιβ./ημέρα).

Η χωρητικότητα του δικτύου και ο αριθμός των απαιτούμενων συρμών στις ώρες αιχμής, δηλαδή με χρονοαπόσταση συρμών 3 λεπτών, παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες:

**Πίνακας 4. Χρονοαποστάσεις συρμών και ωριαία μεταφορική ικανότητα δικτύου στις ώρες αιχμής. <sup>[6]</sup>**

Τμήμα Δικτύου Μετρό	Χρονοαπόσταση μεταξύ συρμών	Μέγιστη Μεταφορική Ικανότητα (επιβάτες/ώρα & κατεύθυνση)
Γραμμή 2 (Γ <sub>2</sub> ) Αγ.Αντώνιος – Αλ. Παναγούλης	3 λεπτά	21.000 επιβάτες
Γραμμή 3 (Γ <sub>3</sub> ) Μοναστηράκι – Εθν. Άμυνα	3 λεπτά	21.000 επιβάτες
Γραμμή 3 (Γ <sub>3</sub> ) Εθν. Άμυνα – Δουκ. Πλακεντίας	5 λεπτά	12.400 επιβάτες

**Πίνακας 5. Απαιτήσεις σε συρμούς ανά τμήμα δικτύου του Μετρό, σε σχέση με τη χρονοαπόσταση των συρμών. <sup>[6]</sup>**

Χρονοαπόσταση σε λεπτά	Αριθμός Συρμών Γραμμή 2 (Γ <sub>2</sub> )	Αριθμός Συρμών Γραμμή 3 (Γ <sub>3</sub> )	Σύνολο
3	16 + 1 <sup>(*)</sup>	13 + 1	29 + 2 <sup>(*)</sup>
5	10 + 1	9 + 1	19 + 2
10	5 + 1	5 + 1	10 + 2
15	4 + 1	3 + 1	7 + 2
20	3 + 1	3 + 1	6 + 2

<sup>(\*)</sup> εφεδρικός συρμός

## 5. Επιπτώσεις από τη Λειτουργία του Μετρό στην Αθήνα

Το σύστημα Μετρό συνδυάζει την υψηλή μεταφορική ικανότητα του σιδηροδρόμου με τη γρήγορη, ασφαλή και αξιόπιστη εξυπηρέτηση ιδιαίτερα σε κεντρικές περιοχές της πόλης, όπου η κυκλοφοριακή συμφόρηση εμποδίζει την ομαλή λειτουργία των άλλων μέσων μεταφοράς. Είναι φιλικό προς το περιβάλλον αφού δεν είναι ρυπογόνο και συμβάλλει αποτελεσματικά στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης των οδικών δικτύων χωρίς να έχει καμιά επίπτωση στο οικιστικό περιβάλλον της πόλης. Το μοναδικό μειονέκτημα του υπόγειου σιδηροδρόμου είναι το υψηλό κόστος κατασκευής του, καθώς και το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του.

Από την έναρξη λειτουργίας των Γραμμών 2 και 3, είναι φανερό ότι υπήρξαν σοβαρές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, στην καθημερινή ζωή των Αθηναίων. Έτσι, σήμερα διαπιστώνεται μείωση των εισόδων Ι.Χ αυτοκινήτων στο κέντρο της

Αθήνας και αύξηση των επιβιβάσεων στα μέσα μαζικής μεταφοράς, όπου σύμφωνα με τον ΟΑΣΑ, για το 2003, αυτό εκτιμάται σε 250.000 νέους επιβάτες ημερησίως. Αντίστοιχα, η εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται σε 335.000 διανυόμενα χιλιόμετρα ανά ημέρα.<sup>[7]</sup>

## 6. Ανάλυση Μεταφορικής Ζήτησης

Κρίσιμο στοιχείο, στην οποιαδήποτε τεχνική ανάλυση, αποτελεί ο καθορισμός των χαρακτηριστικών της ζήτησης, που συνδέεται άμεσα με το προσδιορισμό παραμέτρων που σχετίζονται με τη συμπεριφορά του χρήστη – επιβάτη. Το δίκτυο του Μετρό, αποτελεί ένα συγκοινωνιακό σύστημα ανοικτού τύπου, όπου είναι δυνατό να υπολογιστεί ο αριθμός των εισερχομένων επιβατών ανά σταθμό, αλλά δεν καταγράφεται ο αριθμός των εξερχόμενων ανά σταθμό. Ο υπολογισμός των εισερχομένων επιβατών, υπολογίζεται από το άθροισμα των επιβατών που εισέρχονται σε ένα σταθμό και έχουν ακυρώσει εισιτήριο στα ακυρωτικά μηχανήματα του Μετρό (ΑΜΕΛ ΑΕ) και τους επιβάτες που χρησιμοποιούν άλλου τύπου εισιτήριο, όπως μηνιαία κάρτα απεριορίστων διαδρομών, κατηγορίες επιβατών όπου επιτρέπεται η ελευθέρα διακίνηση στο σύστημα κλπ. Μέχρι σήμερα, ο επιλεγόμενος τρόπος ελέγχου της εισόδου στο σύστημα, δεν επιτρέπει την ακριβή καταγραφή των επιβατών που εισέρχονται στο δίκτυο και έχουν:

- ✓ ακυρώσει εισιτήριο σε ακυρωτικά μηχανήματα των ΗΣΑΠ (στους σταθμούς ανταπόκρισης ή σε εκδοτήρια σε σταθμούς της Γραμμής 1),
- ✓ χρησιμοποιούν κάρτα απεριορίστων διαδρομών του ΟΑΣΑ
- ✓ επιβάτες που «παράνομα» δεν πληρώνουν εισιτήριο,
- ✓ κάρτες ελευθέρως διακίνησης στο δίκτυο (π.χ. εργαζόμενοι ΑΜΕΛ κλπ)

Έτσι, η εκτίμηση του επιβατικού φόρτου, θα πρέπει να βασίζεται στον καταγεγραμμένο αριθμό των ακυρωθέντων εισιτηρίων και σε παραδοχές, οι οποίες έχουν προκύψει από δειγματοληπτικούς ελέγχους και αναλύονται παρακάτω: <sup>[8]</sup>

1. Στις ακυρώσεις των εισιτηρίων, υπολογίζεται 12% μείωση για τους επιβάτες που ακυρώνουν εισιτήριο σε ακυρωτικά μηχανήματα του Μετρό και επιβιβάζονται στη Γραμμή των ΗΣΑΠ, στους σταθμούς Ομόνοια, Αττική και Μοναστηράκι.
2. Οι ακυρώσεις εισιτηρίων αναφέρονται σε αριθμό εισερχομένων στο δίκτυο. Για να συνδεθούν με διαδρομές μεταξύ των γραμμών  $\Gamma_2$  και  $\Gamma_3$ , προσαυξάνονται κατά 40%. Δηλαδή, υπολογίζεται ότι οι επιβάτες κάνουν 1.4 διαδρομές (κατά μέσο όρο) ανά ταξίδι.
3. Εκτιμάται, ότι κάθε κάτοχος μηνιαίας κάρτας απεριορίστων διαδρομών, πραγματοποιεί (κατά μέσο όρο) 45 διαδρομές με Μετρό ανά μήνα.

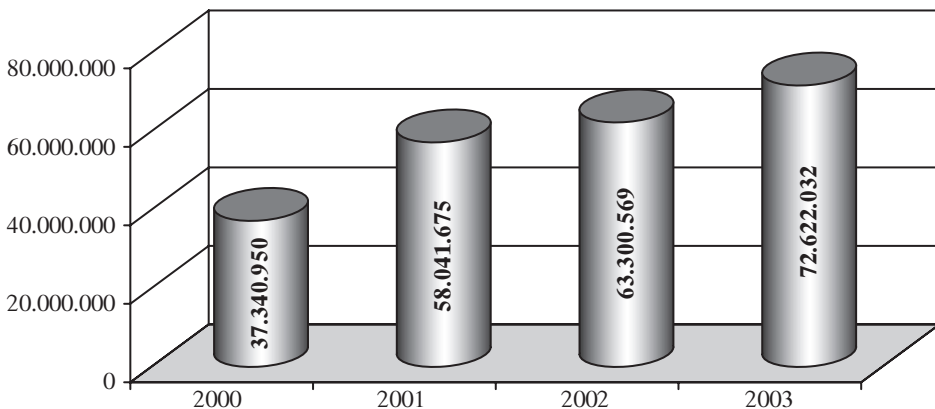
4. Υπολογίζεται, 10% προσαύξηση του φόρτου, όσο αφορά στους επιβάτες χωρίς εισιτήριο (παράνομα μετακινούμενοι επιβάτες και επιβάτες στους οποίους επιτρέπονται οι δωρεάν μετακινήσεις π.χ. εργαζόμενοι στο μετρό, κλπ)
5. Καθορίζεται ο αριθμός των εργάσιμων ημερών (WdayEquiv) του μήνα, υπολογίζοντας τις μη εργάσιμες μέρες του μήνα π.χ. το Σάββατο, την Κυριακή, τις αργίες και τις μέρες που υπάρχει απεργία τουλάχιστο για τη μισή μέρα. Αντίστοιχα, υπολογίζεται ο αριθμός των επιβατών την μέση εργάσιμη μέρα (AvWday), όπου που υπολογίζεται από το Γενικό Σύνολο + 10% για τους επιβάτες χωρίς εισιτήριο ανηγμένο στον αριθμό των ισοδύναμων εργάσιμων ημερών (WdayEquiv).

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές, προσδιορίζεται το μεταφορικό έργο του μετρό, το οποίο αναλύεται στις επόμενες παραγράφους.

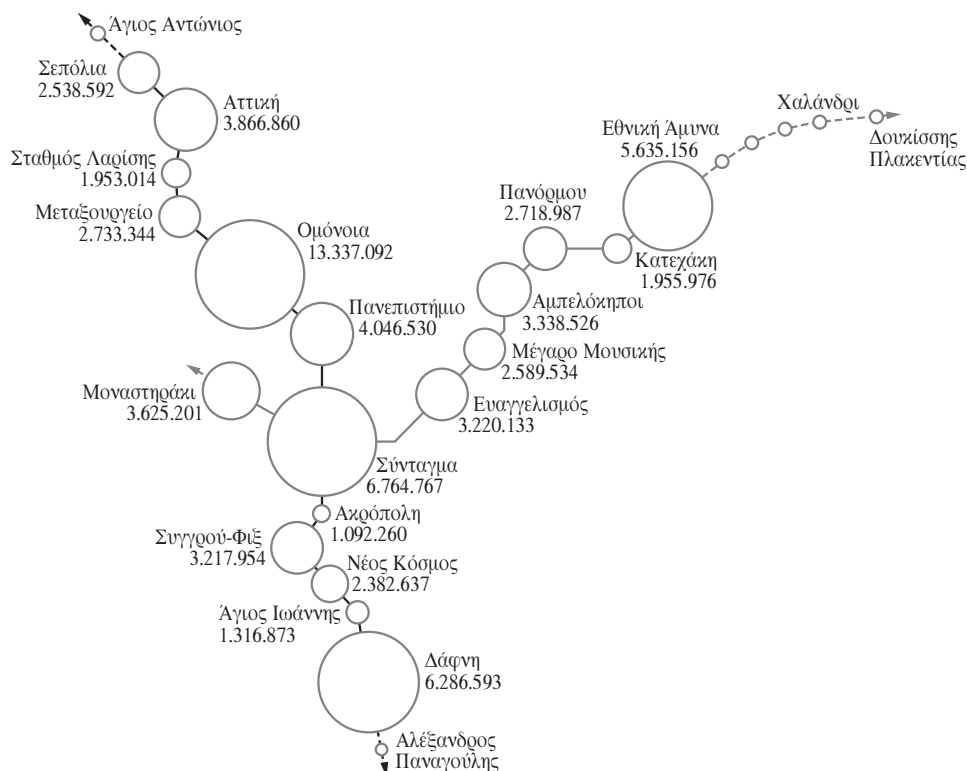
### 6.1. Ετήσια Ανάλυση Επιβατικού Έργου

Για τον προσδιορισμό του μεγέθους της ζήτησης, της χρονικής εξέλιξης της καθώς και τη συσχέτιση με τη χωρητικότητα του συστήματος, υιοθετείται η χρονική μονάδα του έτους. Έτσι, είναι δυνατή η καταγραφή συμπερασμάτων σχετικά με την ετήσια εξέλιξη του μεταφορικού έργου του συστήματος, ιδιαίτερα χρήσιμων κυρίως σε τεχνοοικονομικές αναλύσεις, για παράδειγμα σχετικά με την επιχειρησιακή λειτουργία του συστήματος, την λογιστική αποτίμηση των πεπραγμένων της διοίκησης, την αποπληρωμή δανείων, την ανάπτυξη σεναρίων για την αύξηση κερδών και τη βιωσιμότητα της λειτουργίας κλπ.

Η ανάλυση της ετήσιας μεταφορικής διακύμανσης και η κατανομή της ανά σταθμό, παρουσιάζεται στα διαγράμματα που ακολουθούν:



**Διάγραμμα 2.** Ετήσια εξέλιξη μεταφορικού έργου (ακρωρώσεις εισιτηρίων) για το μετρό της Αθήνας [Πρωτογενή στοιχεία: 8]



**Διάγραμμα 3.** Ακρωσείς εισιτηρίων ανά σταθμό του μετρό, για το έτος 2003. [Πρωτογενή στοιχεία: 8]

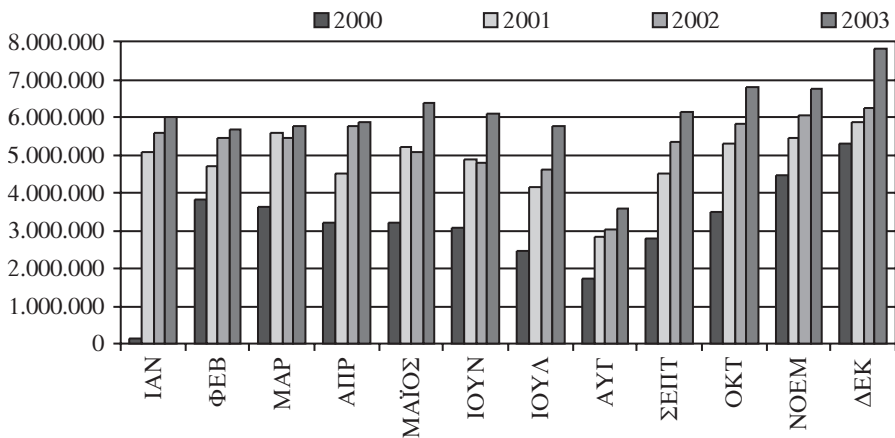
Από το διάγραμμα 2, είναι προφανές ότι μετά τον πρώτο χρόνο λειτουργίας του μέσου, το μεταφορικό έργο του μετρό αυξήθηκε σημαντικά. Η αύξηση του επιβατικού έργου το 2003, οφείλεται στο γεγονός ότι συνεχώς αυξάνεται ο αριθμός των νέων χρηστών, καθώς και στην ένταξη νέων σταθμών στο δίκτυο. Τονίζεται, ότι τον Μάιο του 2003 ξεκίνησε η λειτουργία του σταθμού Μοναστηράκι, που αποτελεί σταθμό ανταπόκρισης του μετρό με τους ΗΣΑΠ και εξυπηρετεί τις μετεπιβιβάσεις των επιβατών από/προς τη Γραμμή 3 του μετρό (για την οποία λειτουργεί ως τερματικός σταθμός) προς/από τη Γραμμή 1 (ΗΣΑΠ). Επίσης, εξυπηρετεί περιοχή όπου αναπτύσσονται σημαντικές δραστηριότητες εμπορικές, διοικητικές και αναψυχής.

## 6.2. Μηνιαία Ανάλυση Επιβατικού Έργου

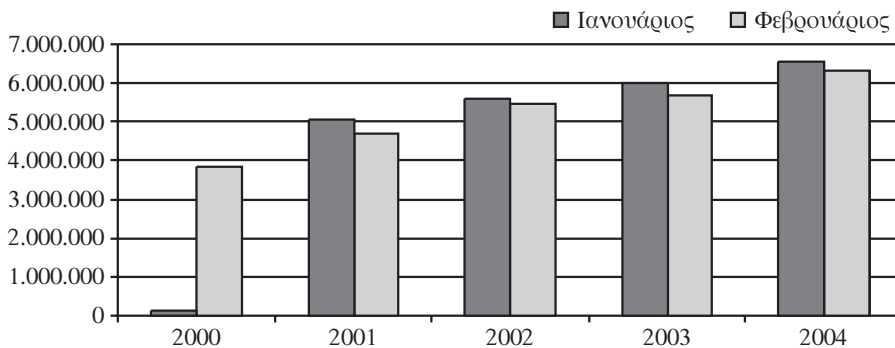
Η ετήσια διακύμανση της ζήτησης όπως παρουσιάστηκε στα παραπάνω διαγράμματα, αποτελεί χρήσιμο στοιχείο που μας αποδίδει μια εποπτική εικόνα για την εξέλιξη του συστήματος, ιδιαίτερα χρήσιμο κυρίως για οικονομικές ή λογιστικές αναλύσεις.

Για τη κατανόηση της συμπεριφοράς των χρηστών, απαιτείται ανάλυση με βάση κριτήρια που σχετίζονται με τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην πόλη, συνεπώς απαιτείται ανάλυση σε μικρότερη χρονική μονάδα.

Ετσι, στο δεύτερο επίπεδο ανάλυσης, εξετάζεται η μηνιαία διακύμανση της ζήτησης. Η εξέλιξη της μηνιαίας διακύμανσης παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4 που ακολουθεί. Προκειμένου, να δοθεί μια συγκριτική εικόνα για την αναμενόμενη εξέλιξη του επιβατικού έργου για το έτος 2004, διαθέσιμα είναι μόνο τα στοιχεία των ακυρώσεων των μηνών Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου 2004 και παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



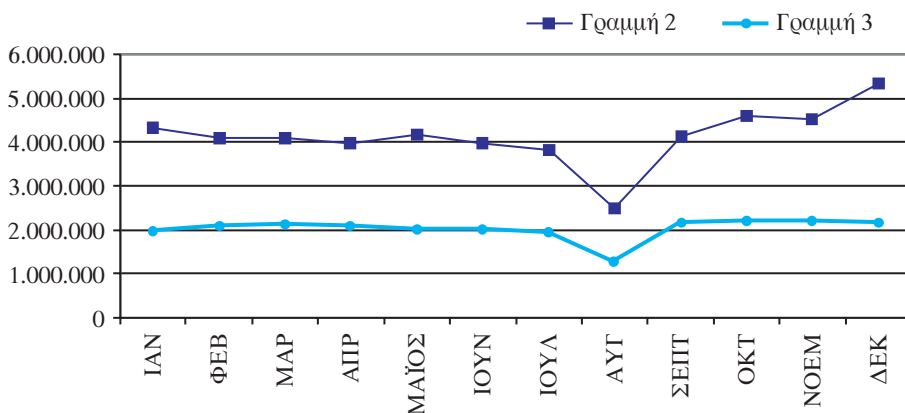
**Διάγραμμα 4.** Εκτιμώμενη μηνιαία διακύμανση εισερχομένων επιβατών (ακυρώσεων εισιτηρίων) στο μετρό για τα έτη 2000 –2003. [Πηροφογενή στοιχεία: 8]



**Διάγραμμα 5.** Αριθμός εισερχομένων επιβατών (ακυρώσεις εισιτηρίων) για τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο στα έτη 2000 - 2004. [Πηροφογενή στοιχεία: 8]

Από το διάγραμμα 4, παρατηρείται μείωση στην επιβατική κίνηση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με κορύφωση τον μήνα Αύγουστο, όπου παρουσιάζεται η μικρότερη επιβατική κίνηση κατά τη διάρκεια του έτους. Κατά τη σχεδόν τετράχρονη λειτουργία του Μετρό, ο μήνας που παρουσιάστηκε η μέγιστη επιβατική κίνηση ήταν ο Δεκέμβριος του 2003. Αύξηση παρουσιάζεται στο μηνιαίο φόρτο επιβατών σε σχέση με τους αντίστοιχους μήνες προηγούμενων ετών με εξαίρεση το Μάρτιο, το Μάιο και τον Ιούνιο του 2002 όπου εμφανίστηκε μικρή μείωση σε σχέση με τους αντίστοιχους μήνες του 2001.

Εκτός, όμως, από τη συνολική επιβατική κίνηση του δικτύου, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η επιβατική κίνηση των Γραμμών 2 και 3 ξεχωριστά. Ο σταθμός του Συντάγματος παρόλο που ανήκει και στις δυο γραμμές, μπορούμε να τον εντάξουμε στη Γραμμή 2, λαμβάνοντας υπόψη τη δρομολόγηση των συρμών.



**Διάγραμμα 6.** Μηνιαία εξέλιξη των εισερχομένων επιβατών Μετρό (ακυρώσεις), για το έτος 2003. [Πρωτογενή στοιχεία: 8]

Από το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται ότι η επιβατική κίνηση στη Γραμμή 2, είναι σχεδόν διπλάσια από τη Γραμμή 3. Αυτό οφείλεται διότι κατά στους υπολογισμούς θεωρούμε ότι οι ακυρώσεις του Συντάγματος, περιλαμβάνονται εξ' ολοκλήρου στη Γραμμή 2. Αν εξαιρέσουμε το σταθμό του Συντάγματος, η επιβατική κίνηση στη Γραμμή 2 παρουσιάζει λίγο υψηλότερο αριθμό ακυρώσεων, κυρίως διότι εξυπηρετούνται οι κεντρικοί σταθμοί Ομόνοια και Πανεπιστήμιο, που αποτελούν σταθμούς με υψηλή ζήτηση.

## 7. Τυπικές Περιόδους Ανάλυσης της Ζήτησης

Από τη μηνιαία διακύμανση της ζήτησης, μπορούν να διακριθούν οι χρονικές περιόδους, όπου η ζήτηση παρουσιάζει όμοια χαρακτηριστικά και συνδέονται με παρα-

μέτρους που σχετίζονται με τη γενικότερη λειτουργία της πόλης. Οι παράμετροι που υιοθετούνται, είναι:

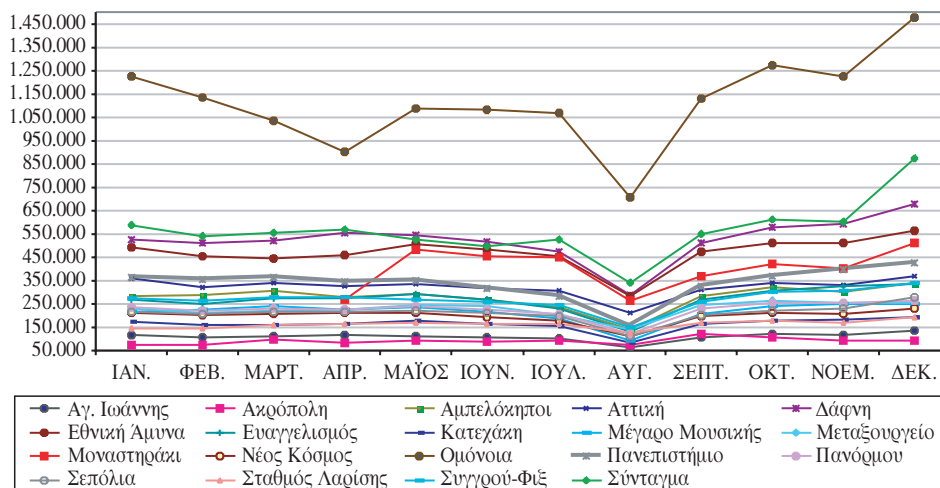
- Το επίπεδο – μέγεθος της ζήτησης.  
Αφορά, τη μηνιαία εξέλιξη του μεγέθους της ζήτησης, όπου καταγράφονται χρονικές περιόδους με υψηλή, μέση και χαμηλή ζήτηση.
- Οι κλιματολογικές συνθήκες και οι επιπτώσεις στην κυκλοφορία  
Αφορά τις συνθήκες κλιματολογικές συνθήκες στις διάφορες εποχές (μήνες) του έτους και τις επιπτώσεις στο μέγεθος των μετακινήσεων για κάθε μεταφορικό μέσο.
- Εποχικές δραστηριότητες  
Αφορά κυρίως τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τον τουρισμό και τον αριθμό των επισκεπτών για αναψυχή.
- Ο συνήθης προγραμματισμός κάποιων δραστηριοτήτων  
Αφορά την προκαθορισμένη έναρξη και λήξη κάποιων δραστηριοτήτων, όπως για παράδειγμα η έναρξη και λήξη της ακαδημαϊκού έτους, των πολιτιστικών γεγονότων σε θέατρα, κινηματογράφους, αθλητικά στάδια κλπ
- Οι περιόδους των διακοπών  
Αφορά τις περιόδους όπου παρουσιάζεται προγραμματισμένη ύφεση στις παραγωγικές δραστηριότητες, λόγω διακοπών. Έτσι, τον Αύγουστο και τη περίοδο του Πάσχα αναμένεται σημαντική μείωση της ζήτησης, ενώ την περίοδο των Χριστουγέννων και Πρωτοχρονιάς αναμένεται υψηλή ζήτηση.

Από τα διαγράμματα της μηνιαίας διακύμανσης, λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω παραμέτρους, μπορούν να διακριθούν οι τυπικές περιόδους ανάλυσης της ζήτησης, όπου διακρίνονται πέντε περιόδους. Έτσι, κατά τη διάρκεια του έτους διακρίνεται η χειμερινή περίοδος, που περιλαμβάνει τους μήνες Ιανουάριο έως Μάρτιο και Οκτώβριο έως Νοέμβριο. Αντίστοιχα, η καλοκαιρινή που περιλαμβάνει τους μήνες Μάιο έως Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο. Οι μήνες Απρίλιος (ή ο μήνας που γιορτάζεται το Πάσχα), Αύγουστος και Δεκέμβριος δεν αποτελούν τυπικούς θερινούς ή χειμερινούς μήνες, διότι είναι οι μήνες που παρουσιάζεται η ελάχιστη και μέγιστη επιβατική κίνηση αντίστοιχα, λόγω των διακοπών Πάσχα, Χριστουγέννων και θερινών διακοπών. Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι τυπικές περιόδους ανάλυσης της ζήτησης για τη μηνιαία διακύμανση του μεταφορικού έργου του μετρό.

**Πίνακας 6. Περίοδοι ανάλυσης της μηνιαίας διακύμανσης της ζήτησης του μετρό.**

Συμβολισμός	Τυπικές Περίοδοι Ανάλυσης Χαρακτηρισμός	Μήνες
<b>A</b>	Χειμερινή περίοδος	Ιανουάριος Φεβρουάριος Μάρτιος Οκτώβριος Νοέμβριος
<b>B</b>	Διακοπές Πάσχα	Απρίλιος (συνήθως)
<b>Γ</b>	Θερινή περίοδος	Μάιος Ιούνιος Ιούλιος Σεπτέμβριος
<b>Δ</b>	Θερινές διακοπές	Αύγουστος
<b>E</b>	Περίοδος Χριστουγέννων	Δεκέμβριος

Επιπλέον, εκτός από τη συνολική μηνιαία διακύμανση του μεταφορικού έργου του δικτύου, πρέπει να διερευνηθούν οι επιπτώσεις στη διακύμανση του μεταφορικού έργου ανά σταθμό. Ετσι, η ανάλυση θα πρέπει να γίνεται τόσο για το σύνολο του μεταφορικού έργου του δικτύου όσο και σε επίπεδο σταθμού. Στο διάγραμμα 7, παρουσιάζεται η ανάλυση της ζήτησης ανά σταθμό και τυπική περίοδο, για το έτος 2003.



**Διάγραμμα 7.** Ακυρώσεις εισιτηρίων στα ακυρωτικά μηχανήματα των σταθμών Μετρό και διάκριση τυπικών περιόδων, για το έτος 2003. (Πηγή πρωτογενών στοιχείων: 8)

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, εξάγονται τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά συμπεράσματα ανά σταθμό, όπως για παράδειγμα ότι η υψηλότερη ζήτηση παρουσιάζεται την περίοδο των διακοπών των Χριστουγέννων και τη χειμερινή περίοδο, ότι στον σταθμό Ακρόπολη και Μοναστηράκι η ζήτηση αυξάνεται τη θερινή περίοδο, λόγω των επισκεπτών κλπ.

## 8. Κατηγοριοποίηση Σταθμών Μετρό

Ο καθορισμός του επιπέδου των παρεχόμενων ή προσδοκώμενων παρεχόμενων μεταφορικών υπηρεσιών, συναρτάται με τις επιλογές της χάραξης – χωροθέτησης του συστήματος στην πόλη, τις σχεδιαστικές παραμέτρους του συνόλου των εγκαταστάσεων του δικτύου και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος. Για τον καθορισμό των σχεδιαστικών παραμέτρων στις υποδομές (σταθμούς, αμαξοστάσιο, εγκαταστάσεις κλπ), απαιτείται ανάλυση του παρεχόμενου και προσδοκώμενου επιπέδου της ζήτησης σύμφωνα τις κοινωνικοκοινωνικές, πολεοδομικές, περιβαλλοντικές, ενεργειακές, οικονομικές κλπ, απαιτήσεις και χαρακτηριστικά. Έτσι, για τον ορθολογικό και ομοιόμορφο προσδιορισμό των σχεδιαστικών παραμέτρων, απαιτείται η κατηγοριοποίηση των σταθμών σε ομάδες με όμοια χαρακτηριστικά.

Σύμφωνα με τον ετήσιο όγκο μετακινήσεων (διάγραμμα 3) και την ανάλυση της μηνιαίας διακύμανσης μπορούν να διακριθούν ομάδες σταθμών, που παρουσιάζουν όμοια χαρακτηριστικά, σύμφωνα με τα κριτήρια που αναπτύχθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

Απαιτείται όμως, η υιοθέτηση κριτηρίων που σχετίζονται με τη κοινωνικοκοινωνική λειτουργία του συστήματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάλυση της ημερήσιας διακύμανσης της ζήτησης, για το σύνολο των τυπικών περιόδων ανάλυσης. Είναι προφανές ότι η ημερήσια διακύμανση επηρεάζεται σημαντικά από τις δραστηριότητες και τις χρήσεις που αναπτύσσονται στη ζώνη επιρροής του σταθμού. Τονίζεται, ότι η ημερήσια διακύμανση διακρίνεται σε δυο κατηγορίες, τη διακύμανση τις εργάσιμες ημέρες και το Σαββατοκύριακο. Αναλύοντας την ημερήσια διακύμανση, επιλέγεται η τυπική καθημερινή ημέρα (συνήθως προκύπτει η Τρίτη ή Πέμπτη) καθώς και το αντίστοιχο τυπικό Σαββατοκύριακο, που περιγράφουν τη ζήτηση στην εξεταζόμενη τυπική περίοδο. Επιπλέον, προσδιορίζονται οι ώρες αιχμής ανά τυπική ημέρα και τυπική περίοδο. Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση, προσδιορίζονται όμοια χαρακτηριστικά της ζήτησης για κάποιες ομάδες σταθμών. Για παράδειγμα, στους σταθμούς που βρίσκονται στο εμπορικό και διοικητικό κέντρο (Ομόνοια, Σύνταγμα, Πανεπιστήμιο) ώρες αιχμής είναι οι μεσημβρινές ώρες, ενώ στους απομακρυσμένους από το κέντρο σταθμούς οι ώρες αιχμής παρουσιάζονται τις πρωινές ώρες. Επομένως, ομοιότητες του μεγέθους της ζήτησης και της ημερήσιας διακύμανσης των σταθμών (ιδιαίτερα στις ώρες αιχμής), αποτελεί βασικό κριτήριο για την κατηγοριοποίηση των σταθμών.

Επιπλέον, στα κριτήρια θα πρέπει να συμπεριληφθεί η συμπληρωματικότητα μεταξύ των μέσων μαζικής μεταφοράς, όπου έμφαση δίνεται κυρίως στην ανταπόκριση με άλλα μέσα μαζικής μεταφοράς αντίστοιχης χωρητικότητας, τα οποία εξυπηρετούν άξονες με υψηλή ζήτηση (αστικής, προαστιακής και υπεραστικής εξυπηρέτησης).

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια, μπορούν να διακριθούν τέσσερις βασικές κατηγορίες σταθμών, οι οποίες αναλύονται στους κεντρικούς, τους τερματικούς, τους σταθμούς ανταπόκρισης και τους ενδιαμέσους σταθμούς τοπικού ενδιαφέροντος. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η προτεινόμενη κατηγοριοποίηση των σταθμών.

**Πίνακας 7. Κατηγοριοποίηση των υφιστάμενων σταθμών του δικτύου μετρό**

<b>ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ</b>	<b>ΓΡΑΜΜΗ 2</b>	<b>ΓΡΑΜΜΗ 3</b>
<b>ΚΕΝΤΡΙΚΟΙ</b>	ΟΜΟΝΟΙΑ ΣΥΝΤΑΓΜΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ
<b>ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΙ</b>	ΣΕΠΟΛΙΑ ΔΑΦΝΗ	ΕΘΝΙΚΗ ΑΜΥΝΑ
<b>ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ</b>	ΑΤΤΙΚΗ ΛΑΡΙΣΑ	
<b>ΤΟΠΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ</b>	ΑΚΡΟΠΟΛΗ ΣΥΓΓΡΟΥ - ΦΙΞ ΜΕΤΑΞΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΝΕΟΣ ΚΟΣΜΟΣ	ΚΑΤΕΧΑΚΗ ΠΑΝΟΡΜΟΥ ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΟΙ ΜΕΓΑΡΟ ΜΟΥΣΙΚΗΣ

Οι κεντρικοί σταθμοί είναι οι σταθμοί που βρίσκονται σε περιοχές με αυξημένες εμπορικές χρήσεις και περιοχές εργασίας, που συνήθως βρίσκονται στο κέντρο της πόλης. Οι σταθμοί αυτοί παρουσιάζουν υψηλό φόρτο τις μεσημεριανές ώρες και αιχμή από 13:00 - 15:00 τις τυπικές καθημερινές ημέρες ενώ το Σαββατοκύριακο εμφανίζουν υψηλό φόρτο το Σάββατο κατά τις ώρες λειτουργίας των καταστημάτων και την Κυριακή μέχρι τις βραδινές ώρες. Ο φόρτος που παρουσιάζουν οι σταθμοί αυτοί είναι υψηλός σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς. Τέτοιοι σταθμοί είναι η Ομόνοια, το Σύνταγμα, το Πανεπιστήμιο, ο Ευαγγελισμός και το Μοναστηράκι.

Σταθμοί ανταπόκρισης είναι οι σταθμοί στους οποίους υπάρχει σύνδεση με τα άλλα μέσα σταθερής τροχιάς (ΗΣΑΠ, ΟΣΕ και στο μέλλον προαστιακός σιδηρόδρομος και τραμ). Οι σταθμοί που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι ο Σταθμός Λαοίσης και Αττικής.

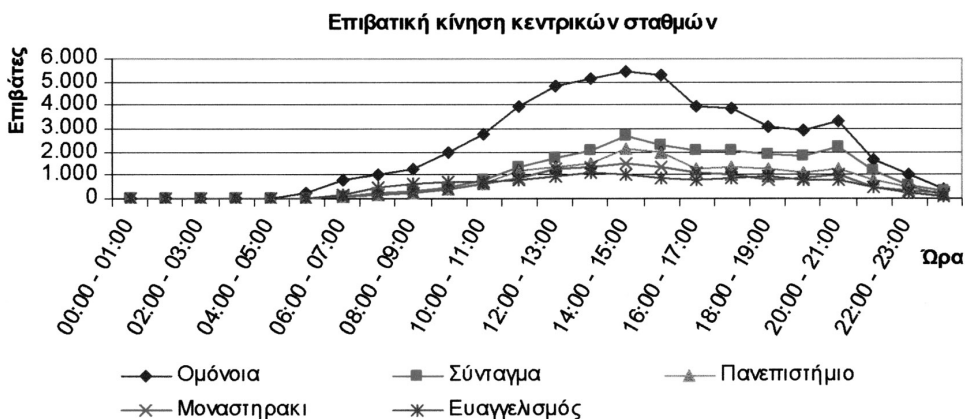
Τερματικοί είναι οι σταθμοί που βρίσκονται τα άκρα του δικτύου Μετρό, δηλαδή οι σταθμοί Δάφνη, Σεπόλια και Εθνική Άμυνα. Οι σταθμοί αυτοί εμφανίζουν πρωινή αιχμή από τις 07:00 - 11:00 τις καθημερινές ενώ το Σαββατοκύριακο εμφανίζουν πρωινή και απογευματινή αιχμή. Μεταξύ των τερματικών σταθμών η Δάφνη παρουσιάζει

μεγαλύτερη επιβατική κίνηση γιατί εξυπηρετεί επιβάτες που φτάνουν στο σταθμό από όλες τις περιοχές των νοτιών προαστίων.

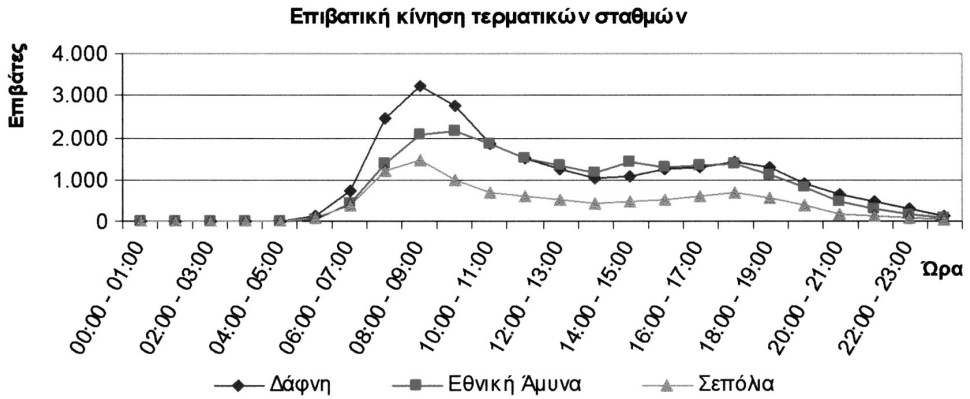
Τονίζεται, ότι οι σταθμοί Ομόνοια και Μοναστηράκι παρόλο που αποτελούν σταθμούς ανταπόκρισης για το δίκτυο ΗΣΑΠ, δεν εντάσσονται στην κατηγορία των σταθμών ανταπόκρισης αλλά στους κεντρικούς σταθμούς διότι ο υψηλός φόρτος, η ωριαία διακύμανση και οι χρήσεις γης που καλούνται να εξυπηρετήσουν, αναγάγουν τους σταθμούς αυτούς σε κεντρικούς. Εξαιτίας αυτών των χαρακτηριστικών ο σταθμός Μοναστηράκι δεν εντάσσεται στους τεματικούς σταθμούς παρόλο που αποτελεί τεματικό σταθμό της Γραμμής 3.

Ενδιάμεσοι σταθμοί ή σταθμοί τοπικού ενδιαφέροντος, είναι οι σταθμοί που δεν ανήκουν σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες, δηλαδή όλοι οι ενδιάμεσοι σταθμοί και εξυπηρετούν τις καθημερινές ανάγκες της ζώνης επιρροής του σταθμού. Η ωριαία διακύμανση των σταθμών αυτών εξαρτάται κυρίως από τις χρήσεις γης που εξυπηρετούν και από τη θέση τους στο δίκτυο. Οι σταθμοί που εξυπηρετούν περιοχές κατοικίας εμφανίζουν πρωινή αιχμή ενώ οι σταθμοί που εξυπηρετούν άλλες χρήσεις (π.χ. νοσοκομεία, θέατρα κλπ) εμφανίζουν πιο ομαλή διακύμανση ωριαίου φόρτου, δηλαδή έχουν εισερχόμενους επιβάτες και τις απογευματινές ή βραδινές ώρες.

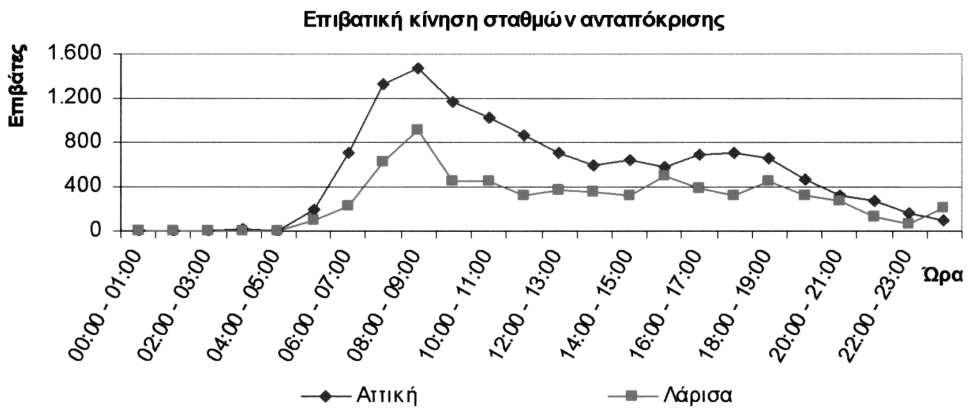
Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η ωριαία διακύμανση του μεταφορικού έργου για το σύνολο των κατηγοριών των σταθμών του μετρό, λαμβάνοντας υπόψη το μεταφορικό έργο της Πέμπτης 27/11/2003, που αποτελεί την τυπική ημέρα, της χειμερινής τυπικής περιόδου (κατηγορία Α, πίνακα 6). Επιλέχθηκε η παρουσίαση της χειμερινής περιόδου, διότι περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέγεθος του μεταφορικού έργου, ενώ αντίστοιχα είναι και τα αποτελέσματα για τις υπόλοιπες τυπικές περιόδους.



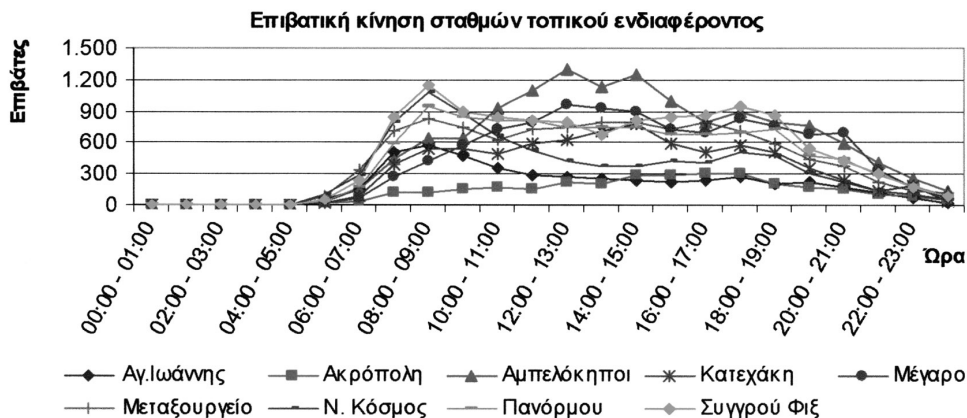
**Διάγραμμα 8.** Ημερήσια διακύμανση (Πέμπτη 27/11/2003) ακυρώσεων εισιτηρίων για τη χειμερινή περίοδο, στους κεντρικούς σταθμούς. [φωτογενή στοιχεία: 8]



**Διάγραμμα 9.** Ημερήσια διακύμανση (Πέμπτη 27 /11/ 2003) ακυρώσεων εισιτηρίων για τη χειμερινή περίοδο, στους σταθμούς ανταπόκρισης. [πρωτογενή στοιχεία:8]



**Διάγραμμα 10.** Ημερήσια διακύμανση (Πέμπτη 27 /11/ 2003) ακυρώσεων εισιτηρίων για τη χειμερινή περίοδο, στους τερματικούς σταθμούς. [πρωτογενή στοιχεία:8]



**Διάγραμμα 11.** Ημερήσια διακύμανση (Πέμπτη 27/11/2003) ακυρώσεων εισιτηρίων για τη χειμερινή περίοδο, στους ενδιάμεσους σταθμούς. [φωτογενή στοιχεία:8]

## 9. Συμπεράσματα

Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών της ζήτησης για μεταφορά, απαιτείται η ανάλυσή της σε κατάλληλη χρονική και χωρική κλίμακα. Έτσι, για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών της ζήτησης του μετρό, αρχικά γίνεται ανάλυση του ετήσιου μεταφορικού έργου τόσο για το σύνολο του δικτύου όσο και για κάθε σταθμό. Στη συνέχεια εξετάζεται η μηνιαία διακύμανση της, όπου καθορίζονται οι χρονικές περιόδους, όπου η ζήτηση παρουσιάζει όμοια χαρακτηριστικά και συνδέονται με παραμέτρους που σχετίζονται με τη γενικότερη λειτουργία της πόλης.

Μετά τον καθορισμό των τυπικών περιόδων στη διάρκεια του έτους, αναλύεται η ημερήσια διακύμανση της ζήτησης, με στόχο τον καθορισμό των συγκοινωνιακών και λειτουργικών χαρακτηριστικών του συστήματος. Η ανάλυση αυτή επιτρέπει την σύγκριση μεταξύ των σταθμών και τη κατηγοριοποίηση των σταθμών του δικτύου, σε συνδυασμό με τη χωροθέτησή τους, τις λειτουργικές και κυκλοφοριακές ιδιαιτερότητες και τα πολεοδομικά χαρακτηριστικά της ζώνης επιρροής της. Έτσι, καταγράφεται η ημερήσια διακύμανσή και οι ώρες αιχμής για τη τυπική εβδομάδα, για κάθε τυπική περίοδο ανάλυσης, στοιχεία που αποτελούν τις σχεδιαστικές παραμέτρους για τη διαστασιολόγηση των υποδομών και την εξέταση σεναρίων σχετικά με την επιχειρησιακή λειτουργία του δικτύου.

Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα για πρόβλεψη του επιπέδου λειτουργίας των σταθμών που θα ενταχθούν στο δίκτυο, ανάλογα τις χρήσεις που σχεδιάστηκαν να εξυπηρετήσουν, καθώς και των ενδεχόμενων μεταβολών στους υφιστάμενους. Αναλυτικότερα, για τους νέους σταθμούς, αναμένεται:

- Δυτική επέκταση της Γραμμής 2

Ο νέος σταθμός Αγ. Αντώνιος (τερματικός σταθμός, που εξυπηρετεί τα δυτικά προάστια), αναμένεται να έχει τα χαρακτηριστικά που έχει σήμερα ο σταθμός Εθνική Άμυνα.

- Νότια επέκταση της Γραμμής 2

Ο νέος σταθμός Αλ. Παναγούλης, αναμένεται να έχει τα χαρακτηριστικά που έχει σήμερα ο σταθμός Δάφνη, ο οποίος από τερματικός σταθμός θα μετατραπεί σε ενδιάμεσο σταθμό.

- Βόρεια επέκταση της Γραμμής 3

Στο τμήμα από την Εθνική Άμυνα μέχρι το σταθμό Δ. Πλακεντίας, εντός του έτους 2004 (Αύγουστο 2004), θα λειτουργήσουν οι σταθμοί Χαλάνδρι και Δ. Πλακεντίας).

Ο σταθμός Χαλάνδρι αναμένεται να αποτελέσει έναν ενδιάμεσο σταθμό – τοπικού ενδιαφέροντος, με κύριο έργο την εξυπηρέτηση τμήματος του Δ. Χαλανδρίου (περιοχή κατοικίας και περιοχή με εμπορική δραστηριότητα).

Ο σταθμός Δ. Πλακεντίας, θα αποτελέσει σταθμό ανταπόκρισης μεταξύ Μετρό και Προαστιακού Σιδηροδρόμου και θα αποτελεί τον τελευταίο σταθμό του Μετρό για το αεροδρόμιο. Αναμένεται να παρουσιάσει συνδυασμό των σημερινών χαρακτηριστικών των σταθμών Εθν. Άμυνα και των σταθμών ανταπόκρισης.

Αντίστοιχα, ο σταθμός Εθν. Άμυνα, θα αποκτήσει τα χαρακτηριστικά ενδιάμεσου σταθμού.

Τέλος, η ανάλυση αυτή σε επίπεδο σταθμού, οδηγεί σε συμπεράσματα για την ελκυστικότητα των σταθμών και την εφαρμογή σχεδίων αναβάθμισης της, τα οποία μπορεί να είναι διαφορετικά για κάθε τυπική περίοδο.

## Βιβλιογραφία – Αναφορές

1. Αττικό Μετρό ΑΕ (1996), *Μελέτη Ανάπτυξης Μετρό (ΜΑΜ)*, Τεύχος 2 και 3,.
2. Μ. Μοδινός, Γ. Παρασκευόπουλος (1993), Ο Ανασχεδιασμός των Μετακινήσεων στην Πόλη και η Διεθνής Εμπειρία, *Πρακτικά Συνεδρίου – Μεταφορές και Περιβάλλον*, ΣΕΣ, Σελ. 39 – 42, Αθήνα.
3. Β. Stefanis, D. Dimitriou, E. Gyftaki, The role of public transport to populous cities – The case of Athens, *In Proceedings Sustainable Planning and Development*, WIT Press 2003, pp. 731 – 740, Greece.
4. Β. Stefanis, D. Dimitriou, L. Dimitriou, Principles of planning a tramway system in an urban environment and its application to the city of Athens, *In Proceedings Urban Transport VII*, WIT Press 2001, pp. 175 -178, Greece.
5. Γενική Διεύθυνση Μεταφορών, Οργανωτική Επιτροπή Ολυμπιακών Αγώνων (ΟΕΟΑ-Αθήνα 2004) (Μάιος 2002), *Ενιαίο Επιχειρησιακό Σχέδιο Ολυμπιακών*, Σελ. 3.6 -3.8
6. Αττικό Μετρό Εταιρεία Λειτουργίας (ΑΜΕΛ) (Ιούνιος 2003), *Λειτουργικό Σχέδιο Ολυμπιακών Αγώνων 2004*, Σελ. 3 – 11, 47 -52.
7. Μονάδα Έργου Ολυμπιακών Αγώνων ΟΑΣΑ (Ιούνιος 2003 ), *Λειτουργικό Σχέδιο ΟΑΣΑ*, Δεύτερη Έκδοση, Σελ. 5-12
8. Στατιστικά Στοιχεία Μεταφορικού Έργου, Αττικό Μετρό Εταιρία Λειτουργίας ΑΕ, Απρίλιος 2004

# Derivations on Coordinate Rings of smooth varieties

Michael G. Voskoglou  
Technological Educational Institute  
School of Technological Applications

## Περίληψη

Στην εργασία αυτή επεκτείνουμε συμπεράσματα παλαιότερης εργασίας μας δίδοντας χαρακτηριστικά παραδείγματα ομαλών αλγεβρικών συνόλων πάνω από ένα σώμα  $k$  χαρακτηριστικής μηδέν, των οποίων οι δακτύλιοι συντεταγμένων επιδέχονται  $k$ -παροαγωγίσεις, που δεν αφήνουν διάφορα του μηδενικού γνήσια ιδεώδη τους αναλλοίωτα (κύκλος, κύλινδρος, πραγματικός τόρος). Το γεγονός αυτό, που δεν ισχύει για όλα τα ομαλά αλγεβρικά σύνολα (ως αντιπαράδειγμα δίδεται η πραγματική σφαίρα) παρουσιάζεται σε αντίθεση με το ότι κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί για ιδιάζοντα αλγεβρικά σύνολα. Ως άμεση συνέπεια μπορούν να κατασκευασθούν απλοί λοξοί δακτύλιοι πολωνύμων πάνω από τους δακτυλίους συντεταγμένων των παραπάνω αλγεβρικών συνόλων.

## Abstract

In this paper, we extend results obtained in an earlier paper by giving characteristic examples of smooth varieties over a field  $k$  of characteristic zero, whose coordinate rings admit  $k$ -derivations leaving no non zero proper ideals invariant. (circle, cylinder, real torus). This fact, which is not true for all smooth algebraic sets (the real sphere is given as a counter example), is put in contrast to the fact that this is not possible for singular varieties. As an immediate consequence simple skew polynomial rings can be constructed over the coordinate rings of the above varieties.

**AMS Subject Classification (2000):** *Primary:* 13 N15, *Secondary:* 14 A10.

**Keywords:** Derivations, differentially simple rings, smooth varieties.

## 1. Introduction

All the rings considered in this paper are commutative with identity and all the fields are of characteristic zero.

Let  $R$  be a ring and let  $d$  be a derivation of  $R$ . Then an ideal  $I$  of  $R$  is called a  $d$ -ideal if  $d(I) \subseteq I$ , and  $R$  is called a  $d$ -simple ring if it has no non zero proper  $d$ -ideals.

In order to simplify our notation we shall write  $dI$  instead of  $d(I)$ .

It is well known that, if  $R$  contains the rational numbers and it has no non zero proper prime  $d$ -ideals, then  $R$  is a  $d$ -simple ring and also that a  $d$ -simple ring of characteristic zero is always a domain [4; Corollary 1.5].

If  $R$  is a  $d$ -simple ring and  $r$  is a non zero element of the kernel, say  $K$ , of  $R$ , then  $rR$  is a non zero  $d$ -ideal of  $R$ . Thus  $K$  is a field and therefore  $R$  is either of characteristic zero, or of a prime number, say  $p$ .

In [8] we have examined the  $d$ -simplicity of a ring  $R$  in connection with its Krull dimension. If  $R$  is a  $d$ -simple ring of characteristic  $p$ , then things are quite simple; namely  $R$  is a 0-dimensional quasi-local ring and therefore, if  $R$  is a domain, then  $R$  is a field [8; Theorem 2.1].

On the contrary, if  $R$  is of characteristic zero and  $d$  is a derivation of  $R$ , then no criterion is known to decide whether or not  $R$  is a  $d$ -simple ring, unless if  $R$  is a 1-dimensional (as a ring) finitely generated algebra over a field  $k$  [8; Theorem 2.4].

In [8] we have also presented characteristic cases of  $k$ -algebras with dimension greater than 1 admitting derivations, which leave no non zero proper ideals invariant.

For the local case, if  $R$  is a regular local ring of finitely generated type, then there always exists a derivation  $d$  of  $R$  such that  $R$  is  $d$ -simple [3; section 2], while a  $d$ -simple complete local ring has always dimension 1 [8; Theorem 2.3].

Another important result for the case of characteristic zero is that, if  $R$  is a  $d$ -simple  $G$ -ring (a wide class of rings containing all finitely generated algebras over fields, all complete local rings, and which is closed under localization [5; pp. 249-257]), then  $R$  is a regular ring [2; Theorem 1].

## 2. Geometric examples of $d$ -simple rings

We start with some ideas from Algebraic Geometry, for which we refer freely to [1] and [6].

Let  $k$  be a field, let  $n$  be a positive integer, and let  $Y$  be an irreducible algebraic set over the cartesian product  $k^n$ . Then  $Y$  is called a smooth variety, if it has no singular points, otherwise it is called a singular variety.

It is well known that, if the coordinate ring  $R = \frac{k[x_1, x_2, \dots, x_n]}{J(Y)}$  of  $Y$  (where  $J(Y)$  denotes the ideal of  $Y$  in the polynomial ring  $k[x_1, x_2, \dots, x_n]$ ) is regular, then  $Y$  is a smooth variety. Combining this with Theorem 1 of [2], mentioned at the end of the previous section, one gets the following result:

**2.1. Proposition:**

Let  $k$  be a field, let  $n$  be a non negative integer, and let  $Y$  be a singular variety over  $k^n$ . Then the coordinate ring  $R$  of  $Y$  admits no derivation  $d$ , such that  $R$  is a  $d$ -simple ring.-

Next we are going to present some characteristic examples of smooth varieties having  $d$ -simple coordinate rings, for suitably chosen  $k$ -derivations  $d$  of them. We emphasize that this is not always true; e.g. it is well known that the coordinate ring  $S = \frac{\mathbb{R}[x_1, x_2, x_3]}{(x_1^2, x_2^2, x_3^2 - 1)}$  of the real sphere, although it is regular, admits no derivation  $d$ ,

such that  $S$  is  $d$ -simple. [3, section 3, example (iii)].

We start with the following example, which is a straightforward consequence of Theorem 2.4 of [8] :

**2.2. Example :**

The coordinate ring  $R = \frac{k[x_1, x_2]}{(x_1^2 + x_2^2 - 1)}$  of the circle defined over a field  $k$  admits

$k$ -derivations  $d$ , such that  $R$  is a  $d$ -simple ring.

**Proof:**

Since  $P = (x_1^2 + x_2^2 - 1)$  is a prime ideal of  $k[x_1, x_2]$ , we have that  $\dim R = 2 - \text{height}(P)$  and therefore, by the principal ideal theorem,  $\dim R = 1$ .

Consider the  $k$ -derivation  $d$  of  $k[x_1, x_2]$  defined by  $dx_1 = ax_2$  and  $dx_2 = -ax_1$ , for some non zero element  $a$  of  $k$ . Since  $dP \subseteq P$ ,  $d$  induces a  $k$ -derivation of  $R$ , denoted also by  $d$ . Given  $f$  in  $k[x_1, x_2]$ , set  $\bar{f} = f + P$ , then  $\bar{x}_2 d\bar{x}_1 - \bar{x}_1 d\bar{x}_2 = a$ . Thus the result follows by Theorem 2.4 of [8], stating that, if  $d$  is a  $k$ -derivation of a 1-dimensional finitely generated  $k$ -algebra, say  $R = k[y_1, y_2, \dots, y_n]$ , then  $R$  is  $d$ -simple, if, and only if,  $R = (dy_1, dy_2, \dots, dy_n)$ .-  
Next, using the previous example, we shall further prove:

**2.3. Exampe:**

The coordinate ring  $C = \frac{k[x_1, x_2, x_3]}{(x_1^2 + x_2^2 - 1)}$  of the cylinder defined over a field  $k$  is  $d$ -simple

for suitable  $k$ -derivation  $d$  of  $C$ .

**Proof:**

Reconsider the ring  $R$  of the previous example. We can write  $R = k[\bar{x}_1, \bar{x}_2]$  and  $C = k[\bar{x}_1, \bar{x}_2, x_3] = R[x_3]$ .

The derivation  $d = \frac{\partial}{\partial x_1} x_2 - \frac{\partial}{\partial x_2} x_1$  of  $k[x_1, x_2]$  induces a derivation of  $R$ , denoted also by

$d$ , and, by the previous example,  $R$  is a  $d$ -simple ring. We shall show that  $d$  can be extended to a derivation of  $C$ , such that  $C$  is also a  $d$ -simple ring.

For this, observe first that any  $F$  in  $R$  can be written in the form  $F = \sum_{i=0}^n \bar{g}_i \bar{x}_2^i$ , where  $n$  is a non negative integer and  $\bar{g}_i$  is in  $k[\bar{x}_1]$ , for each  $i$ .

But  $\bar{x}_2^2 = 1 - \bar{x}_1^2$ , and therefore  $F = \bar{f} \bar{x}_2 + \bar{g}$ , with  $\bar{f}, \bar{g}$  in  $k[\bar{x}_1]$ . This expression of  $f$  is unique, because  $\bar{f} \bar{x}_2 + \bar{g} = \bar{0}$  gives that  $\bar{f} x_2 + \bar{g} = h(x_1^2 + x_2^2 - 1)$ . Thus, on comparing the degrees of both sides with respect to  $x_2$ , it turns out that  $h = 0$  and therefore  $\bar{f} = \bar{g} = 0$ .

We shall show further that  $dF \neq \bar{1}$ , for all  $F$  in  $R$ .

In fact,  $dF = d\bar{f} \bar{x}_2 + \bar{f} d\bar{x}_2 + d\bar{g} = \frac{\partial \bar{f}}{\partial x_1} \bar{x}_2^2 - \bar{f} \bar{x}_1 + \frac{\partial \bar{g}}{\partial x_1} \bar{x}_2 = \frac{\partial \bar{f}}{\partial x_1} (1 - \bar{x}_1^2) - \bar{f} \bar{x}_1 + \frac{\partial \bar{g}}{\partial x_1} \bar{x}_2$ .

Thus, if  $dF = \bar{1}$ , by the uniqueness of this expression, it follows that  $\frac{\partial \bar{g}}{\partial x_1} = \bar{0}$  and

$$(1 - \bar{x}_1^2) \frac{\partial \bar{f}}{\partial x_1} - \bar{f} \bar{x}_1 = \bar{1} \quad (1).$$

But  $\bar{f} = \sum_{i=0}^t \alpha_i \bar{x}_1^i$  for some non negative integer  $t$ , with  $\alpha_i$  in  $k$ , for each  $i$ . Thus, equating

the leading coefficients in (1), we get that  $-(t+1)\alpha_t = 0$ , therefore  $\alpha_t = 0$ , fact which contradicts (1).

Consider now the derivation  $\frac{\partial}{\partial x_1} x_2 - \frac{\partial}{\partial x_2} x_1 + \frac{\partial}{\partial x_3}$  of  $k[x_1, x_2, x_3]$ , which induces a

derivation of  $C$ , whose restriction in  $R$  is  $d$ . Denote the above derivation by  $d$  as well, we shall show then that  $C$  is a  $d$ -simple ring.

In fact, assuming the contrary, suppose that  $I$  is a proper non zero  $d$ -ideal of  $C=R[x_3]$  and let  $A$  be the set of the leading coefficients of all the polynomials of least degree, say  $n$ , in  $I$ . Obviously then  $A$  is a proper non zero ideal of  $R$

Let  $a$  be in  $A$ , then there is a polynomial  $F$  in  $I$ , such that  $F = ax_3^n +$  terms of lower degree.

But  $dF = (da)x_3^n +$  terms of lower degree is also in  $I$  and therefore  $da$  is in  $A$ .

Hence  $A$  is a  $d$ -ideal of  $R$ , so  $A=R$ .

This means that there exists a monic polynomial, say  $G = x_3^n + \alpha_{n-1}x_3^{n-1} + \text{terms of lower degree in } I$ . Then  $dG = nx_3^{n-1} + d(\alpha_{n-1})x_3^{n-1} + \text{terms of lower degree}$  is also in  $I$  and has degree less than  $n$ , therefore  $dG = 0$ . In particular  $n+d(\alpha_{n-1}) = \bar{0}$ , or  $d(-\frac{1}{n}\alpha_{n-1}) = \bar{1}$ , a contradiction, since  $-\frac{1}{n}\alpha_{n-1} \in F$  is in  $R$ .

The following lemma is a consequence of Theorem 3.5 of [8]

**2.4. Lemma:**

Let  $A = \mathbb{R}[x_1, x_2, \dots, x_{2n}]$  be a polynomial ring over the field  $\mathbb{R}$  of the real numbers. Then the  $\mathbb{R}$ -derivation  $d$  of  $A$  defined by

$$dx_{2i-1} = \alpha_i x_{2i}, \quad d(x_{2i}) = -\alpha_i x_{2i-1}, \quad \text{with } \alpha_i \text{ in } \mathbb{R} \text{ for each } i = 1, 2, \dots, n,$$

induces a derivation of the ring  $T = \frac{A}{(x_1^2 + x_2^2 - 1, \dots, x_{2n-1}^2 + x_{2n}^2 - 1)}$  (denoted also by

$d$ ), such that  $T$  is  $d$ -simple if, and only if,  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  are linearly independent over the ring  $\mathbb{Z}$  of integers.

**Proof:**

Set  $I = (x_1^2 + x_2^2 - 1, \dots, x_{2n-1}^2 + x_{2n}^2 - 1)$ . Since  $d(x_{2i-1}^2 + x_{2i}^2 - 1) = 0$  for each  $I$ , is  $dI \subseteq I$ , and therefore  $d$  induces a derivation of  $T = \frac{A}{I}$ .

Consider now the polynomial ring  $B = \mathbb{C}[x_1, x_2, \dots, x_{2n}]$ , where  $\mathbb{C}$  denotes the field of complex numbers and set  $I^e = BI$ . Then  $d$  extends to a  $\mathbb{C}$ -derivation of  $B$  by

$d(f+ig) = df+idg$  for all  $f, g$  in  $A$ , who lifts to a  $\mathbb{C}$ -derivation of  $\frac{B}{I^e}$ . (it is easy to check that

$I^e$  is a  $d$ -ideal of  $B$ ).

It is straightforward to show that  $\frac{A}{I}$  is a  $d$ -simple ring, if, and only if,  $\frac{B}{I^e}$  is a  $d$ -simple ring.

Set  $y_j = (x_{2j-1} + ix_{2j}) + I^e$  and  $y_j^{-1} = (x_{2j-1} + ix_{2j}) + I^e$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Then we have that  $x_{2j-1} + I^e = \frac{y_j + y_j^{-1}}{2}$ ,  $x_{2j} + I^e = \frac{y_j - y_j^{-1}}{2}$ , and  $y_j y_j^{-1} = 1 + I^e$ , for each  $j$

and therefore we can write  $\frac{B}{I^e} = \mathbb{C}[y_1, y_1^{-1}, \dots, y_n, y_n^{-1}]$ .

But  $d(y_j) = [dx_{2j-1} + id(x_{2j})] + I^e = (\alpha_j x_{2j} - i\alpha_j x_{2j-1}) + I^e = -i\alpha_j y_j = b_j y_j$ , and therefore the result follows by Theorem 3.5 of [8], stating that  $\mathbb{C}[y_1, y_1^{-1}, \dots, y_n, y_n^{-1}]$  is  $d$ -simple, if, and only if, the  $b_j$ 's are linearly independent over  $\mathbb{Z}$ .

For  $n = 2$  the ring  $T = \frac{\mathbb{R}[x_1, x_2, x_3, x_4]}{(x_1^2 + x_2^2 - 1, x_3^2 + x_4^2 - 1)}$  of the previous lemma is the

coordinate ring of the real torus, considered as a 2-dimensional surface in 4 dimensions. Thus we obtain the following example :

### 2.5. Example:

The coordinate ring  $T$  of the real torus is  $d$ -simple for suitable  $\mathbb{R}$ -derivations  $d$  of  $T$ .

#### Proof:

Set  $d = x_2 \frac{\partial}{\partial x_1} - x_1 \frac{\partial}{\partial x_2} + \alpha x_4 \frac{\partial}{\partial x_3} - \alpha x_3 \frac{\partial}{\partial x_4}$ , where  $\alpha$  is an irrational number and apply

the previous lemma.-

Combining the above examples with Corollary 3.6 of [7] one obtains examples of simple skew polynomial rings over the coordinate rings of the corresponding smooth varieties.

## References

- [1] Fulton W., *Algebraic Curves: An introduction to Algebraic Geometry*, Benjamin/Cummings, Reading, Mass., 1978.
- [2] Hart R., *Derivations on commutative rings*, J. London Math. Soc., **8**, 171-175, 1974.
- [3] Hart R., *Derivations on regular local rings of finitely generated type*, J. London Math. Soc., **10**, 292-294, 1975.
- [4] Lequain Y., *Differential simplicity and complete integral closure*, Pacific J. Math, **36**, 741-751, 1971.
- [5] Matsumura H., *Commutative Algebra*, Second Edition, Benjamin/Cummings, Reading, Mass., 1980.
- [6] Mumford D., *Algebraic Geometry I - Complex projective varieties*, Springer, New York, 1995.
- [7] Voskoglou M., G., *Simple skew polynomial rings*, Publ. I. Math. (Beograd), **37** (51), 37-41, 1985.
- [8] Voskoglou M., G., *Differential simplicity and dimension of a commutative ring*, Riv. Mat. Univ. Parma, (6), **4**, 111-119, 2001.

# Διηλεκτρική Συμπεριφορά του Εξαφθοριούχου Θείου. II. Παράμετροι Επίδρασης στη Διηλεκτρική Αντοχή

Ιωάννης Σπηλιόπουλος  
Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός  
ΑΤΕΙ Πάτρας

Gérard Berger  
Directeur de Recherche  
CNRS - France

---

## Περίληψη

Η διηλεκτρική αντοχή του εξαφθοριούχου θείου έχει ερευνηθεί για διάφορες πειραματικές συνθήκες και ηλεκτρικές καταπονήσεις. Οι μηχανισμοί κατάρευσης (υπό streamer ή υπό leader) έχουν παρατηρηθεί και αναλυθεί και κριτήρια πρόβλεψης της τάσης διάσπασης έχουν προταθεί. Η παρούσα εργασία εξετάζει και προσδιορίζει την επίδραση των κατασκευαστικών παραμέτρων και λειτουργικών χαρακτηριστικών στην διηλεκτρική αντοχή ενός συστήματος με μόνωση SF<sub>6</sub>. Το χαρακτηριστικό διάγραμμα τάσης διάσπασης-πίεσης V(p) με τις διακριτές περιοχές διηλεκτρικής συμπεριφοράς κατασκευάζεται και αναλύεται.

---

## Abstract

The dielectric strength of sulphur hexafluoride has been studied for different experimental conditions and electrical voltage waveforms. The breakdown mechanisms (by streamer or by leader) have been observed and analyzed and breakdown criteria have been elaborated. This paper examines and defines the affect of industrial scale parameters and characteristics on the dielectric strength of an electrical system isolated with SF<sub>6</sub>. The diagram breakdown voltage against pressure V(p) is plotted and analyzed and distinct dielectric phases are revealed.

## Λέξεις - Κλειδιά:

SF<sub>6</sub>, διηλεκτρική αντοχή, διάσπαση, ιονισμός αερίου, corona, streamer, leader

## 1. Εισαγωγή

Η πρώτη σύνθεση του Εξαφθοριούχου Θείου (SF<sub>6</sub>) πραγματοποιήθηκε το 1900 από τους Lebeau και Morisson, στα εργαστήρια της Φαρμακευτικής Σχολής του Πανεπιστημίου Παρισιού. Με την πάροδο των χρόνων οι φυσικές, χημικές, θερμοικές και διηλεκτρικές ιδιότητες του αερίου μελετήθηκαν και προσδιορίστηκαν. Οι πολυάριθμες αυτές μελέτες αλλά και η μακροχρόνια βιομηχανικής κλίμακας πρακτική εφαρμογή απέδειξαν την εξαιρετική συμπεριφορά του και το καθιέρωσαν σαν το αδιαφιλονίκητο μονωτικό αέριο στην σύγχρονη ηλεκτροτεχνική βιομηχανία.

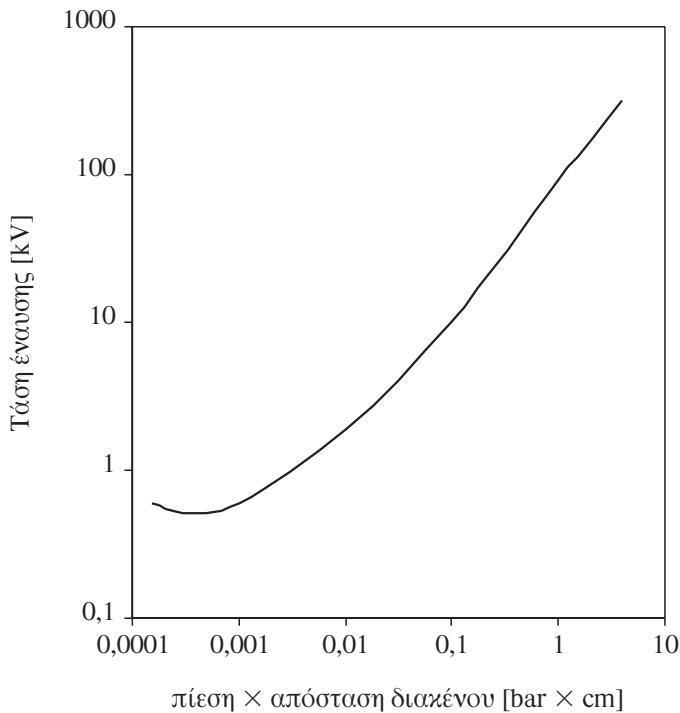
Οι πρώτες έρευνες για πρακτικές ηλεκτροτεχνικές εφαρμογές του αερίου πραγματοποιούνται στις ΗΠΑ το 1937 αφού διαπιστώθηκε ότι παρουσιάζει ανώτερη διηλεκτρική συμπεριφορά από τον αέρα. Έτσι το εξαφθοριούχο θείο χρησιμοποιήθηκε αρχικά για την μόνωση καλωδίων και πυκνωτών και στη συνέχεια μετασχηματιστών (1947). Η χρήση του αερίου, σαν μέσο διακοπής των ηλεκτρικών δικτύων ισχύος, με αξιοσημείωτη ικανότητα σβέσης του ηλεκτρικού τόξου, ξεκινά σε πειραματικό στάδιο το 1953, ενώ οι πρώτοι διακόπτες ισχύος μέσης και υψηλής τάσης με μόνωση SF<sub>6</sub> κάνουν την εμφάνισή τους γύρω στο 1960. Εκτοτε χρησιμοποιείται τόσο στη μόνωση διακοπών (circuit breaker) και πινάκων ισχύος κλειστού τύπου όσο και σε υποσταθμούς G.I.S. (Gas Insulated Substation).

Η διηλεκτρική του συμπεριφορά υπό την επίδραση ηλεκτρικών καταπονήσεων και οι φυσικοί μηχανισμοί διάσπασης παρατηρήθηκαν και αναλύθηκαν ενώ ηλεκτροφυσικά μοντέλα και κριτήρια ανάπτυξης των μηχανισμών αυτών διαμορφώθηκαν [1].

## 2. Καμπύλη του Paschen

Η μέγιστη διηλεκτρική αντοχή ενός μονωτικού αερίου λαμβάνεται για κατασκευαστική διάταξη ηλεκτροδίων που δημιουργεί ομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο. Ο σχεδιασμός του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και των συστημάτων βιομηχανικής κλίμακας με μόνωση εξαφθοριούχου θείου αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των παραμέτρων ανομοιογένειας που θα μπορούσαν να προκαλέσουν τοπική ενίσχυση του ηλεκτρικού πεδίου, γεγονός που θα ευνοήσει την έναυση της εκκένωσης σε χαμηλότερες τιμές τάσης. Ένα διάκενο θεωρείται ως ομοιογενές (ή σχεδόν ομοιογενές) εφόσον ο συντελεστής ανομοιογένειας  $u$  που το χαρακτηρίζει είναι μεγαλύτερος από 0,2 [2], [3].

Για διάταξη διακένου ομοιογενούς ηλεκτρικού πεδίου, η τάση διάσπασης  $V_b$  είναι απλή συνάρτηση του γινομένου  $p \cdot d$  (πίεση αερίου  $\times$  απόσταση διακένου), για δεδομένη θερμοκρασία του αερίου, σύμφωνα με την σχέση που είναι γνωστή σαν **νόμος του Paschen**. Για το  $SF_6$  πειραματικά δεδομένα της τάσης διάσπασης  $V_b$  είναι γνωστά για τιμές του γινομένου  $p \cdot d$  μέχρι την τιμή των 3 bar·cm. Το σχήμα 1 παρουσιάζει την πειραματική καμπύλη του Paschen για συνθήκες δοκιμών υπό συνεχή τάση. Η καμπύλη παρουσιάζει μία ελάχιστη τιμή  $V_s$  της τάξεως των 507 V η οποία αντιστοιχεί σε τιμή του γινομένου  $p \cdot d$  ίση με  $3 \cdot 10^{-4}$  bar·cm [4]. Η αύξηση της τάσης διάσπασης που παρατηρείται στα άκρα της καμπύλης οφείλεται σε μείωση της πιθανότητας ιονισμού, στις μεν χαμηλές πιέσεις εξαιτίας της μικρής συχνότητας κρούσεων ιονισμού, στις δε υψηλές πιέσεις εξαιτίας της δέσμωσης των ελευθέρων ηλεκτρονίων. Για τις βιομηχανικές εφαρμογές και κατασκευές το δεξιό τμήμα της καμπύλης είναι σημαντικό.



**Σχήμα 1:** Καμπύλη του Paschen στο  $SF_6$  για συνεχή τάση δοκιμής του διακένου.

Ο **νόμος του Paschen** φαίνεται να είναι μία σημαντική χαρακτηριστική της διηλεκτρικής συμπεριφοράς του αερίου. Ωστόσο σε ρεαλιστικές, βιομηχανικής κλίμακας εφαρμογές και συστήματα παρατηρούνται αποκλίσεις στις υψηλές πιέσεις ή στις πολύ μικρές αποστάσεις. Οι αποκλίσεις αυτές οδηγούν σε τιμές της τάσης διάσπασης σαφώς κατώτερες από αυτές που λαμβάνονται από την καμπύλη του Paschen. Κατά συνέπεια

εάν η τάση διάσπασης κατά Paschen, σε ιδανικές συνθήκες ομοιογενούς πεδίου, είναι  $V_{bo}$ , τότε η πραγματική τάση των πειραματικών δοκιμών θα είναι  $K_b \cdot V_{bo}$ , όπου  $K_b$  ένας συντελεστής διακένου ο οποίος θα πρέπει να λάβει υπόψη την δράση πολλών παραμέτρων στην διηλεκτρική συμπεριφορά του αερίου.

Η προέλευση, ο ρόλος και η επίδραση των σημαντικότερων παραμέτρων θα αναλυθούν στην συνέχεια.

### 3. Διηλεκτρικές παράμετροι του SF<sub>6</sub>

#### 3.1. Ελεύθερα σωματίδια

Στερεά ελεύθερα σωματίδια, διαφόρων μεγεθών και μορφών, μπορούν να δημιουργηθούν στο εσωτερικό ενός βιομηχανικού εξοπλισμού (πχ διακόπτη ισχύος) κατά το στάδιο της παραγωγής αλλά και της λειτουργίας του. Ενώ τα μονωτικά σωματίδια δεν έχουν καμία επίδραση [5], τα μεταλλικά σωματίδια αντίθετα καθιστούν ευάλωτη την μόνωση των διακένων εξαιτίας της τοπικής ενίσχυσης του ηλεκτρικού πεδίου, ευνοώντας την δημιουργία και ανάπτυξη ηλεκτρονικών στοιβάδων [6], [7]. Σε μεγάλα διάκενα, έχει παρατηρηθεί η ανάπτυξη του streamer από το ενεργό ηλεκτρόδιο κατ'αρχάς μέχρι το σωματίδιο, που βρίσκεται σε κίνηση υπό την επίδραση του εξωτερικά εφαρμοζόμενου στο διάκενο ηλεκτρικού πεδίου, για να ολοκληρώσει στην συνέχεια την διάδοσή του μέχρι το αντίθετο ηλεκτρόδιο. Η επίδραση του σωματιδίου αυξάνει με το μέγεθός του (διάμετρο ή μήκος) και την πίεση του αερίου [8].

Συνεπώς αυστηρός ποιοτικός έλεγχος απαιτείται κατά την κατασκευή και θέση σε λειτουργία του ηλεκτρικού εξοπλισμού, ενώ σημαντική κρίνεται και η τοποθέτηση ειδικών εξαρτημάτων δέσμευσης των μεταλλικών σωματιδίων που δημιουργούνται κατά την λειτουργία, πχ από τις επαφές ενός διακόπτη ισχύος κατά την διάρκεια ενός χειρισμού διακοπής.

#### 3.2. Μονωτικά υλικά

Η ύπαρξη μονωτικού υλικού (πχ εξαρτήματος που αποτελεί τμήμα κατασκευής του διακόπτη ισχύος), ειδικά εάν παρουσιάζει υψηλή διηλεκτρική σταθερά, επηρεάζει την διηλεκτρική συμπεριφορά του αερίου αφ'ενός γιατί μειώνει την πεδιακή ένταση διάσπασης [9], αφ'ετέρου δε γιατί τροποποιεί τις χαρακτηριστικές της ίδιας της εκκένωσης [10]. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται σε πολλούς μηχανισμούς: την παραμόρφωση του ηλεκτρικού πεδίου, την εκπομπή σωματιδίων από την επιφάνεια του μονωτικού, την μόλυνση του αερίου (εξαιτίας της απορροφούμενης υγρασίας και των δεσμευμένων σωματιδίων) και τα φορτία επιφανείας. Τα σημεία τριπλής συνύπαρξης, δηλαδή μεταλλικών ηλεκτροδίων, αε-

ρίου και μονωτικού, προκαλούν ενίσχυση του ηλεκτρικού πεδίου, κάτι που ευνοεί και επιταχύνει την διάσπαση καθώς η εκκένωση οδηγείται (διευκολύνεται) από το μονωτικό [11]. Δυσκολία ελέγχου των παραπάνω μηχανισμών ωστόσο αποτελεί το γεγονός πως η ανάπτυξη ενός ηλεκτρικού τόξου (διηλεκτρικό ή διακοπής-απόξευξης) μπορεί να επηρεάσει την διαδικασία διάσπασης κατά την αμέσως επόμενη εφαρμογή τάσης.

### 3.3. Μαγνητικό πεδίο

Η εφαρμογή ενός μαγνητικού πεδίου κάθετα στο ηλεκτρικό πεδίο επηρεάζει τον ιονισμό και τους μηχανισμούς διάσπασης στο αέριο, εξαιτίας της αύξησης της πιθανότητας σύγκρουσης των σωματιδίων στη διεύθυνση του πεδίου. Πειραματικές εργασίες δείχνουν πως για ομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο το ελάχιστο της καμπύλης Paschen  $V_s$  μειώνεται για τιμές του μαγνητικού πεδίου μέχρι 4000 G και στην συνέχεια αυξάνεται σχεδόν γραμμικά για τιμές του πεδίου  $B$  μεγαλύτερες από 4000 G. Εάν αναφερόμαστε στο δεξιό τμήμα της καμπύλης του Paschen, η εφαρμογή ενός μέτριου ή ισχυρού μαγνητικού πεδίου αυξάνει την τάση διάσπασης [12]. Ωστόσο, για συνθήκες ισχυρά ανομοιογενούς ηλεκτρικού πεδίου, που υποβάλλεται σε εγκάρσιο μαγνητικό πεδίο, η τάση κατάρρευσης δεν επηρεάζεται από την ύπαρξη του πεδίου.

### 3.4. Ρόλος των ηλεκτροδίων

Πολλές παράμετροι των ηλεκτροδίων, όπως το υλικό τους, η επιφάνεια και κυρίως η μικροσκοπική κατάσταση της επιφανείας τους, μπορούν να επηρεάσουν την διηλεκτρική αντοχή ενός διακένου  $SF_6$ . Ο ρόλος των ηλεκτροδίων έχει αναλυθεί από πολλές ερευνητικές ομάδες. Τα κυριότερα συμπεράσματα παρουσιάζονται στην συνέχεια.

**(α) Επιφάνεια των ηλεκτροδίων:** Η αύξηση της επιφάνειας των ηλεκτροδίων προκαλεί μείωση της τάσης διάσπασης στο  $SF_6$ , όταν το πεδίο γίνεται της τάξεως των 100 kV/cm [13]. Το φαινόμενο αυτό που ενισχύεται στις υψηλές πιέσεις εξαρτάται από την πολικότητα και την μορφή της εφαρμοζόμενης τάσης [3].

**(β) Υλικό κατασκευής:** Το υλικό κατασκευής των ηλεκτροδίων έχει μικρή επίδραση στην χαρακτηριστική διάσπασης του  $SF_6$ , στην περιοχή ισχύος του νόμου του Paschen (μικρές τιμές του pd) [14]. Αντίθετα, η επίδραση του υλικού γίνεται αξιοσημείωτη στις υψηλές πιέσεις (> 4 bars) και στα ισχυρά πεδία ( $\approx 200$  kV/cm) [3]. Η τάση διάσπασης επηρεάζεται κυρίως από το υλικό της καθόδου. Ο Cookson πραγματοποιεί μία κατάταξη των υλικών κατασκευής της καθόδου με κριτήριο την αύξηση της διηλεκτρικής αντοχής: άνθρακας – νικέλιο – αλουμίνιο – ψευδάργυρος – ασήμι – χάλυβας – σίδηρο – χάλκος – ανοξείδωτος χάλυβας [15].

Ωστόσο, οι εργασίες του Berger έδειξαν πως η μόλυνση του αερίου με ατμούς νερού (υγρασία), σε συγκέντρωση της τάξεως των 2000 ppmv, μπορεί να τροποποιήσει

την χαρακτηριστική διάσπασης του SF<sub>6</sub> ακόμα και σε πιέσεις μικρότερες των 4 bars [16]. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στην μείωση δέσμευσης του φθορίου και στην αύξηση δέσμευσης του οξυγόνου στην επιφάνεια της καθόδου, με την μείωση της καθαρότητας του αερίου μέσου, οδηγώντας σε μείωση της αντοχής εξαιτίας των μηχανισμών δευτερογενούς εκπομπής στο επίπεδο της καθόδου [17]. Επικάλυψη της καθόδου με λεπτό μονωτικό στρώμα ελαχιστοποιεί τον ρόλο του υλικού και βελτιώνει την αντοχή του συστήματος επαφών (ηλεκτροδίων) - αερίου [18].

**(γ) Κατάσταση της επιφανείας:** Τα ηλεκτρόδια (γενικά οι μεταλλικές επιφάνειες κλειστού διηλεκτρικού συστήματος) παρουσιάζουν μικροακίδες, διαφόρων μορφών και διαστάσεων, παρόλα τα μέτρα ποιοτικής κατασκευής. Αυτές οι μικροακίδες μπορούν επίσης να δημιουργηθούν και κατά το στάδιο διηλεκτρικής λειτουργίας εξαιτίας των μεταβατικών τόξων διάσπασης (τοπική τήξη, διάβρωση και τροποποίηση της επιφανείας). Μικροσκοπική ανάλυση EDX των μεταλλικών επιφανειών που έχουν υποστεί την δράση ηλεκτρικών εκκενώσεων επιτρέπει την παρατήρηση και φωτογράφιση μικροακίδων το ύψος των οποίων είναι της τάξεως μερικών μμ. Οι μικροακίδες αυτές προκαλούν τοπικά σημαντική ενίσχυση του ηλεκτρικού πεδίου με αποτέλεσμα πλησίον του ενεργού ηλεκτροδίου (ακίδα) το μικροσκοπικής κλίμακας πεδίο E<sub>mic</sub> να γίνεται μεγαλύτερο της μέγιστης τιμής του εξωτερικά εφαρμοζόμενου μακροσκοπικού πεδίου E<sub>mac</sub>. Η ενίσχυση χαρακτηρίζεται με τον συντελεστή  $m = E_{mic}/E_{mac}$  και εξαρτάται από τις γεωμετρικές παραμέτρους [19].

Συνεπώς εάν εξαιτίας της μικροακίδας το κριτήριο του κρίσιμου ηλεκτρικού πεδίου ικανοποιηθεί τοπικά, η εκκένωση μπορεί να ξεκινήσει σε επίπεδο τάσης κατώτερο από αυτό που αντιστοιχεί στο μακροσκοπικό ηλεκτρικό πεδίο. Με βάση το κριτήριο του streamer ο Pedersen απέδειξε θεωρητικά ότι μία μικροακίδα ύψους H<sub>ax</sub> δεν επηρεάζει την τάση έναυσης μιας εκκένωσης εάν το γινόμενο  $p \cdot H_{ax}$  παραμένει μικρότερο των 40 bar·μm, ενώ υπολόγισε και την μεταβολή της τιμής κρίσιμου πεδίου E<sub>cr</sub> (α>η) σε συνάρτηση του γινομένου  $p \cdot H_{ax}$  [20].

### 3.5. Ανομοιογένεια διακένου

Το πιο χρήσιμο τμήμα της καμπύλης του Paschen για τις πρακτικές εφαρμογές είναι το δεξιό τμήμα που παρουσιάζει την μορφή ευθείας με τους άξονες στην λογαριθμική κλίμακα. Για το τμήμα αυτό η τάση διάσπασης μπορεί να περιγραφεί από μία εξίσωση γραμμικότητας της μορφής:

$$V_b = K_1 \cdot (pd)^a \quad (3.5.1)$$

Ενας σημαντικός παράγοντας απόκλισης από τον παραπάνω νόμο της γραμμικότητας είναι ο βαθμός ανομοιογένειας του διακένου, ο οποίος εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ηλεκτροδίων. Η παράμετρος που καθορίζει τον βαθμό ανομοιογένειας είναι ο συντελεστής χρήσης του πεδίου u. Ορίζεται σαν ο λόγος E<sub>mean</sub>/E<sub>max</sub>

(όπου  $E_{\text{mean}}$  είναι το μέσο ηλεκτρικό πεδίο στο διάκενο και  $E_{\text{max}}$  η μέγιστη πεδιακή ένταση, στο ενεργό ηλεκτρόδιο που έχει την μικρότερη ακτίνα καμπυλότητας) και εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του διακένου. Ο συντελεστής αυτός μπορεί να υπολογιστεί για διάφορες γεωμετρίες του διακένου από τις παρακάτω σχέσεις [21].

(α) Για σύστημα δύο ομοκεντρικών κυλινδρικών ηλεκτροδίων με ακτίνα εσωτερικού κυλίνδρου  $R_{\text{εσ}}$  και ακτίνα εξωτερικού κυλίνδρου  $R_{\text{εξ}}$ :

$$u = R_{\text{εσ}} \cdot \ln(R_{\text{εξ}}/R_{\text{εσ}}) / (R_{\text{εξ}} - R_{\text{εσ}}) \quad (3.5.2)$$

(β) Για σύστημα διακένου ημισφαιρικής ακίδας – επίπεδης πλάκας με ακτίνα καμπυλότητας ακίδας  $R$  και απόσταση διακένου  $d$ :

$$u = [0,6162 \cdot (d/R)^{0,9716} + 1,1377]^{-1} \quad (3.5.3)$$

(γ) Για σύστημα διακένου παραβολικής ακίδας – επίπεδης πλάκας με ακτίνα καμπυλότητας ακίδας  $R$  και απόσταση διακένου  $d$ :

$$u = R \cdot \ln(1 + 2d/R) / (2d) \quad (3.5.4)$$

Εάν ο συντελεστής  $u$  είναι μεγαλύτερος από 0,2 τότε το διακένο μπορεί να θεωρηθεί σχεδόν ομοιογενές. Για τέτοιο διάκενο η επίδραση της γεωμετρίας περιγράφεται από την ποσότητα  $u^z$  όπου  $z$  μία σταθερά [21]. Η τάση διάσπασης του διακένου μπορεί να εκτιμηθεί από την σχέση:

$$V_b = K_1 \cdot (pd)^a \cdot u^z \quad (3.5.5)$$

όπου:  $z = 0,85$ ,  $a = 0,915$ ,  $K_1 = 1321$  για καθαρό  $\text{SF}_6$ .

Ωστόσο η παραπάνω σχέση παύει να ισχύει με την αύξηση της ανομοιογένειας του διακένου.

Για ανομοιογενές διάκενο ( $u < 0,2$ ) η τάση διάσπασης είναι μειωμένη σε σχέση με την τιμή που αντιστοιχεί στην καμπύλη του Paschen.

### 3.6. Αέριες προσμίξεις

Η παρουσία στο εσωτερικό των ηλεκτρικών συστημάτων υψηλής τάσης με μόνωση  $\text{SF}_6$ , ανεπιθύμητη αλλά ωστόσο αναπόφευκτη παρόλα τα τεχνικά μέτρα που λαμβάνονται κατά το στάδιο κατασκευής του ηλεκτρικού εξοπλισμού, αερίων προσμίξεων, όπως η υγρασία (ατμός νερού), ο αέρας, το οξυγόνο ή το άζωτο, μειώνει την συγκέντρωση του  $\text{SF}_6$  και οδηγεί γενικά σε υποβάθμιση της διηλεκτρικής συμπεριφοράς καθώς και σε μεταβολή των χαρακτηριστικών των μηχανισμών κατάρρευσης. Οι παράγοντες που ακολουθούν συνοψίζουν τα κύρια συμπεράσματα των ερευνών που πραγματοποιήθηκαν σε αυτό το πεδίο.

### 3.6.1 Υγρασία

Η παρουσία υγρασίας στο εσωτερικό ενός διακόπτη ή ενός συστήματος G.I.S. με αέρια μόνωση SF<sub>6</sub> θεωρείται ως ένας μηχανισμός υποβάθμισης των διηλεκτρικών ιδιοτήτων και αστοχίας της αέριας μόνωσης [22] προκαλώντας σοβαρά τεχνικά προβλήματα στο ηλεκτρικό δίκτυο. Επιπλέον η υγρασία (ατμός νερού) ευνοεί την δημιουργία υποπροϊόντων αποσύνθεσης του SF<sub>6</sub> τα οποία παρουσιάζουν διαβρωτική χαρακτηριστική συμπεριφορά [23].

Η C.I.G.R.E. αναφέρει ως μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση υγρασίας, κατά την εγκατάσταση μιας ηλεκτρικής συσκευής, την τιμή των 600 ppmv [24]. Ωστόσο, είναι γνωστό πως, αν και η αρχική περιεκτικότητα υγρασίας βρίσκεται εντός αποδεκτών ορίων, η συγκέντρωση της υγρασίας αυξάνεται με το χρόνο, εξαιτίας της σταδιακής αποδέσμευσης υγρασίας από τα υλικά κατασκευής της ίδιας της συσκευής [25]. Επίπεδα υγρασίας της τάξης των 2000 ppmv έχουν μετρηθεί σε σύγχρονους G.I.S. υπό λειτουργία [26]. Η συγκέντρωση της υγρασίας στο αέριο και η ποσότητα υγρασίας που εμπεριέχεται στις διάφορες συνιστώσες της συσκευής δεν είναι σταθερές, αλλά αντίθετα παρουσιάζουν μια δυναμική μεταβολή προς μια κατάσταση ισορροπίας. Η αύξηση της θερμοκρασίας, όπως συμβαίνει στους διακόπτες ισχύος λόγω του ηλεκτρικού τόξου, μπορεί να προκαλέσει τη μετατόπιση της ισορροπίας προς την κατεύθυνση της αέριας φάσης (αύξηση της συγκέντρωσης της υγρασίας στο αέριο). Για βιομηχανικούς διακόπτες ισχύος SF<sub>6</sub> με συχνότητα λειτουργίας δύο φορές το μήνα ο ρυθμός αύξησης της υγρασίας κυμαίνεται από 23 μέχρι 43 ppmv/μήνα [27].

Προκειμένου να καθορισθεί η επίδραση της υγρασίας στη διηλεκτρική συμπεριφορά του SF<sub>6</sub>, διηλεκτρικές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν από την ερευνητική ομάδα του G. Berger, για συγκεντρώσεις της υγρασίας μέχρι 3000 ppmv. Οι πειραματικές χαρακτηριστικές διάσπασης καθιστούν φανερή την αρνητική επίδραση της υγρασίας, καθώς η αύξησή της προκαλεί τη μείωση τόσο της τάσης κατάρρευσης του αερίου όσο και των χρόνων διάσπασης, ειδικά για πιέσεις μεγαλύτερες από 2 bars [26]. Η υγρασία προκαλεί τη μετάβαση από το μηχανισμό του streamer προς το μηχανισμό του leader, γεγονός που ευνοεί τη μείωση της τάσης διάσπασης καθώς χρειάζεται για την ανάπτυξή του ένα ηλεκτρικό πεδίο χαμηλότερης πεδιακής έντασης από αυτό που απαιτεί ο μηχανισμός του streamer [28]. Η μείωση των χρόνων διάσπασης αποδίδεται στην παραγωγή πληθώρας ηλεκτρονίων από αρνητικά ιόντα, του τύπου O<sub>2</sub><sup>-</sup>(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>, OH<sup>-</sup>(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> και H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>, των οποίων η πυκνότητα αυξάνει με την υγρασία. Η αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης ηλεκτρονίων μειώνει το στατιστικό χρόνο για την δημιουργία προπομπών και βημάτων του leader [14].

### 3.6.2 Αέρια μίγματα

Αν και η μεγάλη χρησιμότητα και η ανωτερότητα του εξαφθοριούχου θείου ως μονωτικού αερίου δεν αμφισβητείται, μίγματά του με αδρανή αέρια χρησιμοποιούνται

συχνά για τη μείωση του κόστους αλλά και για ιδιαίτερες βιομηχανικές εφαρμογές όπου απαιτείται η βελτίωση ορισμένων αρνητικών ιδιοτήτων του SF<sub>6</sub> κυρίως στις χαμηλές θερμοκρασίες ή στις υψηλές πιέσεις. Οι διηλεκτρικές ιδιότητες και η ικανότητα σβέσης του ηλεκτρικού τόξου έχουν ερευνηθεί για πολλά αέρια μίγματα του SF<sub>6</sub> με το άζωτο, τον ατμοσφαιρικό αέρα, το ήλιο, το υδρογόνο, το αργό, το CO<sub>2</sub>, το N<sub>2</sub>O. Γενικά, όπως και για την υγρασία, για δεδομένο διάκενο δοκιμών η παρουσία ενός δεύτερου αερίου μεταβάλλει την διηλεκτρική συμπεριφορά και προκαλεί μείωση της τάσης διάσπασης σε σχέση με το καθαρό SF<sub>6</sub> [29]. Τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης της εκκένωσης, ηλεκτρικά και οπτικά (εκπομπή φωτός), τροποποιούνται με την μεταβολή της ηλεκτραρνητικότητας του αερίου μίγματος [30]. Συγκεκριμένα, αυξάνοντας την συγκέντρωση του SF<sub>6</sub>, ο streamer γίνεται λεπτός με μειωμένες τόσο την χωρική του έκταση όσο και τη φωτεινή του ένταση.

Σε μίγματα SF<sub>6</sub> – N<sub>2</sub>O, ο μηχανισμός του leader αρχίζει να εμφανίζεται όταν η συγκέντρωση του SF<sub>6</sub> υπερβεί το 10%. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι με την αύξηση της συγκέντρωσης του SF<sub>6</sub>, τα βήματα του leader γίνονται πιο μικρά ενώ ταυτόχρονα και η χρονική καθυστέρηση T<sub>LL</sub> μεταξύ δύο διαδοχικών βημάτων leader μειώνεται. Και για τους δύο τύπους διάσπασης, η αύξηση της συγκέντρωσης του αζώτου προκαλεί τη μείωση του ηλεκτρικού πεδίου που απαιτείται για την αδιάκοπη ανάπτυξη της εκκένωσης.

Για ομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο, οι πειραματικές καμπύλες του Paschen δείχνουν καθαρά ότι η τάση κατάρρευσης μίγματος τύπου [SF<sub>6</sub>-δευτερο αέριο] παρουσιάζει μείωση. Η μείωση μεγαλώνει με την αύξηση της συγκέντρωσης του δεύτερου αερίου (N<sub>2</sub>, αέρας, N<sub>2</sub>O). Για κάθε τύπο αερίου μίγματος, η κρίσιμη τιμή του ανηγμένου ηλεκτρικού πεδίου (E/p)<sub>cm</sub>, η οποία αντιστοιχεί στη κατάσταση ισότητας των συντελεστών a<sub>m</sub> και η<sub>m</sub>, μπορεί να μετρηθεί. Η κρίσιμη τιμή αυξάνει με την ηλεκτραρνητικότητα του μίγματος. Για διάκενα ομοιογενούς ηλεκτρικού πεδίου και για μίγματα SF<sub>6</sub> – N<sub>2</sub>, όπως και στο καθαρό SF<sub>6</sub>, οι Malik και Qureshi [31] προσδιορίζουν μία μαθηματική έκφραση για τον υπολογισμό της τάσης διάσπασης.

$$V_b = k_m / C_m + (E/p)_{cm} \cdot p \cdot d \quad (3.6.1)$$

με τις τιμές των K<sub>m</sub>, C<sub>m</sub> και (E/p)<sub>cm</sub> να εξαρτώνται από τη σύνθεση του μίγματος.

Για συνθήκες ανομοιογενούς ηλεκτρικού πεδίου, οι πειραματικές χαρακτηριστικές καμπύλες τάσης-πίεσης κατασκευάστηκαν για δυικά μίγματα του SF<sub>6</sub> με το άζωτο [6], [32], [33] και τον ατμοσφαιρικό αέρα [34], [35], καθώς και με το ήλιο, το αργό, το υδρογόνο, το N<sub>2</sub>O, το CO<sub>2</sub> [29].

Στις χαμηλές και μεσαίες πιέσεις, το SF<sub>6</sub> παρουσιάζει αδιαφυσβήτητα την καλύτερη διηλεκτρική συμπεριφορά. Στην περιοχή των πιέσεων αυτών, η διηλεκτρική διάσπαση ακολουθεί την εμφάνιση του φαινομένου της **corona**. Όσο η συγκέντρωση του SF<sub>6</sub> στο μίγμα αυξάνει, τόσο η διαφορά ανάμεσα στη τιμή της τάσης V<sub>i</sub> που αντιστοιχεί στην έναρξη της corona και στη τιμή της τάσης διάσπασης V<sub>b</sub> γίνεται πιο μεγάλη.

Ωστόσο, στις υψηλές πιέσεις, ορισμένα μίγματα παρουσιάζουν, για συγκεκριμένη περιοχή πιέσεων, ευνοϊκότερες διηλεκτρικές ιδιότητες. Το φαινόμενο αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στην ενίσχυση του ρόλου της σταθεροποίησης (stabilisation) της corona στα μίγματα αυτά, οδηγώντας σε υψηλότερες τιμές της τάσης διάσπασης [36]. Οι πειραματικές χαρακτηριστικές V-p δείχνουν πως η κρίσιμη πίεση ενός μίγματος  $p_{cm}$  είναι συχνά ανώτερη από την κρίσιμη πίεση  $p_c$  του καθαρού  $SF_6$ . Κατά συνέπεια, για αυτά τα μίγματα, η ζώνη όπου η κατάρρευση ακολουθεί την ανάπτυξη της corona (τάση διάσπασης > τάση έναρξης corona), είναι σαφώς μεγαλύτερη της αντίστοιχης ζώνης για το καθαρό  $SF_6$ .

Αντίθετα, όσον αφορά την τιμή της τάσης έναρξης της corona, η τιμή για το  $SF_6$  είναι μεγαλύτερη από την τιμή που μετράται για τα μίγματα. Οι Malik και Qureshi προτείνουν μία σχέση, παρόμοια με αυτή που παρουσιάστηκε από τον Nitta για το καθαρό  $SF_6$ , η οποία επιτρέπει την εκτίμηση της ελάχιστης τάσης έναρξης της corona για μίγματα  $SF_6-N_2$  και για ανομοιογενές πεδίο [31].

$$V_{im} = (E/p)_{cm} \cdot p \cdot d \cdot u \cdot [1 + C_m / \sqrt{p \cdot R}] \quad (3.6.2)$$

με τις τιμές των  $C_m$  και  $(E/p)_{cm}$  να εξαρτώνται από τη σύνθεση του μίγματος.

Οι Kulkarni και Nema προτείνουν μία πειραματική εμπειρική σχέση εκτίμησης της τάσης διάσπασης  $V_b$ , η οποία είναι υψηλότερη της τάσης έναρξης στις μεσαίες πιέσεις. Η σχέση λαμβάνει υπόψη την σύνθεση του αερίου μίγματος και την ανομοιογένεια του διακένου και έχει την ακόλουθη μορφή [21]:

$$V_b = K_1 \cdot (p \cdot d)^a \cdot u^z \cdot \exp(K_2 \cdot N^b) \quad (3.6.3)$$

όπου:

$z = 0,85$ ,  $a = 0,915$ ,

$N$  η επι τοις % συγκέντρωση του  $SF_6$ ,

$K_1$ ,  $K_2$  και  $b$  μεταβλητές που καθορίζονται ανάλογα με το μίγμα,

$u$  ο συντελεστής ανομοιογένειας του διακένου.

Η σχέση (3.6.3) εφαρμόζεται σε γεωμετρικές συνθήκες ελαφρώς ανομοιογενούς πεδίου ( $u > 0,2$ ).

### 3.7. Φαινόμενο σταθεροποίησης

Το φαινόμενο της σταθεροποίησης (conditionning effect) χαρακτηρίζεται από την μεταβολή της τάσης διάσπασης ενός συστήματος ηλεκτροδίων, με το πλήθος των διαδοχικών διηλεκτρικών δοκιμών που οδηγούν σε διάσπαση, για να σταθεροποιηθεί τελικά σε μία τιμή η οποία μπορεί να είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη της τιμής που μετρήθηκε κατά την πρώτη διάσπαση. Αυτή η διαδικασία μπορεί να αποδοθεί στην μεταβολή της επιφάνειας των ηλεκτροδίων ή/και στη χημική μεταβολή της κατάστασης του αερίου.

Ο ρόλος της επιφάνειας των ηλεκτροδίων στο φαινόμενο της σταθεροποίησης θεωρείται ως δευτερεύουσα σημασίας επηρεάζοντας κυρίως την έναυση της εκκένωσης στις υψηλές πιέσεις ενώ η τελική τιμή ισορροπίας δεν επηρεάζεται [37]. Αντίθετα η μεταβολή της κατάστασης του αερίου, με τις επαναλαμβανόμενες διηλεκτρικές δοκιμές, επηρεάζει τις πηγές δημιουργίας ηλεκτρονίων έναυσης της εκκένωσης (στοιβάδας) μειώνοντας την πιθανότητα εμφάνισης κρίσιμου ηλεκτρονίου κατάλληλα τοποθετημένου και αυξάνοντας συνεπώς τους χρόνους διάσπασης  $T_b$  [38]. Ως αιτία της σταθεροποίησης μπορεί να θεωρηθεί η σταδιακή μείωση της πυκνότητας των ιόντων, τύπου  $O_2^-$ ,  $H_2O^+$ ,  $OH^-$ ,  $O_2 (H_2O)_n$ ,  $H_2O^+(H_2O)_n$ , που προέρχονται από προσμίξεις, εξαιτίας της δημιουργίας αέριων υποπροϊόντων (τύπου  $SOF_4$ ,  $SO_2F_2$ , ...) αλλά και της δέσμευσή τους από την επιφάνεια των ηλεκτροδίων [39]. Τα παραπάνω ιόντα προσφέρουν ευκολότερα ένα ηλεκτρόνιο από τα ιόντα  $SF_6^-$  που θεωρούνται a priori σαν οι κύριες πηγές ηλεκτρονίων έναυσης της εκκένωσης στο  $SF_6$ .

#### 4. Τύποι διάσπασης σε διάταξη διακένου ανομοιογενούς ηλεκτρικού πεδίου

Για διάταξη ηλεκτροδίων ακίδας-πλάκας, που δημιουργεί ανομοιογενές ηλεκτρικό πεδίο  $E(x)$  κατά μήκος του άξονα του διακένου, η εφαρμοζόμενη τάση  $V_{ap}$  και η πίεση του αερίου  $p$  είναι οι κύριες παράμετροι που καθορίζουν τη διηλεκτρική συμπεριφορά και το μηχανισμό κατάρευσης. Το σχέδιο 2 παρουσιάζει το χαρακτηριστικό **διάγραμμα τάσης-πίεσης** [ $V_{ap}-p$ ] που επιτρέπει την παρατήρηση διακριτών φάσεων, που συνδέονται με διαφορετικούς μηχανισμούς κατάρευσης.

Το διάγραμμα  $V(p)$  παρουσιάζει τις καμπύλες έναυσης του φαινομένου της κορόνα  $V_i$  (περιορισμένες εκκενώσεις πλησίον του ενεργού ηλεκτροδίου), και τις καμπύλες κατάρευσης  $V_b$  σε συνάρτηση της πίεσης του αερίου, και για τις δύο πολικότητες της τάσης δοκιμής  $V_{ap}$  που εφαρμόζεται στην ακίδα. Οι χαρακτηριστικές έχουν προκύψει από τις εργασίες των Farish [40], Chalmers [41] και Pinnekamp [42] για εφαρμοζόμενες τάσεις δοκιμής: α) εναλλασσόμενες ημιτονοειδείς A.C. (50 Hz), β) συνεχείς D.C. θετικής (+) και αρνητικής (-) πολικότητας και γ) κρουστικές θετικής πολικότητας (+).

Οι καμπύλες έναυσης της κορόνα ικανοποιούν το κριτήριο του Pedersen για την ανάπτυξη του streamer. Με βάση το κριτήριο αυτό οι Nitta et Shibuya [43] προσδιόρισαν μία απλή σχέση για τον υπολογισμό της τάσης έναυσης  $V_i$ , για οποιαδήποτε γεωμετρική διάταξη ηλεκτροδίων.

$$V_i = (E/p)_{cr} \cdot p \cdot d \cdot u \cdot [1 + C/\sqrt{p \cdot R}] \quad (4.1)$$

όπου:

$(E/p)_{cr} = 89 \text{ kV/cm.bar}$  το κρίσιμο πεδίο για το καθαρό  $SF_6$ ,

$C = 0,175 (\text{bar.cm})^{0,5}$ ,

$p$  η πίεση του αερίου σε bar,  
 $d$  και  $R$  η απόσταση και η ακτίνα καμπυλότητας της ακίδας αντίστοιχα σε cm,  
 $u$  ο συντελεστής χρήσης (ή ανομοιογένειας) του διακένου.

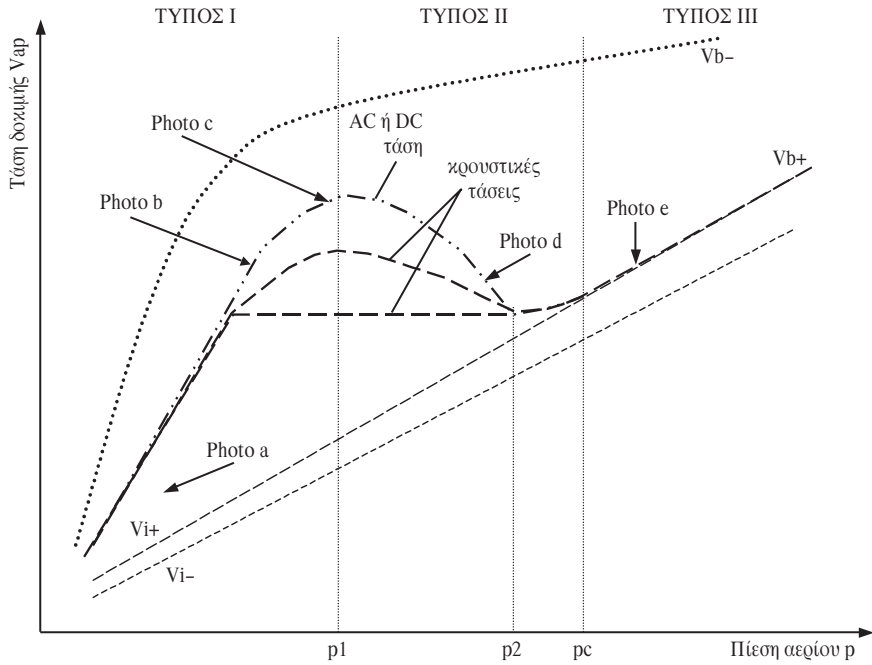
Ο συντελεστής διακένου χαρακτηρίζει το βαθμό ανομοιογένειας του ηλεκτρικού πεδίου στο διάκενο, που δημιουργείται από το σύστημα ηλεκτροδίων, και εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του διακένου. Για το θεωρούμενο διάκενο ακίδας-πλάκα ο συντελεστής ανομοιογένειας είναι συνάρτηση του λόγου  $d/R$ .

Η τάση έναυσης υπό αρνητική πολικότητα είναι κατώτερη της τάσης έναυσης για θετική πολικότητα, εξαιτίας του γεγονότος ότι οι στοιβάδες κατευθύνονται προς ζώνες υψηλού ηλεκτρικού πεδίου [2]. Αντίθετα, η τάση διάσπασης είναι πιο υψηλή για αρνητική πολικότητα. Σε ότι αφορά τις καμπύλες διάσπασης, τρεις διακριτές περιοχές μπορούν να παρατηρηθούν, οι οποίες ορίζονται από τις πιέσεις  $p_1$  και  $p_c$ , στις οποίες οι μηχανισμοί διάσπασης είναι διαφορετικοί. Οι ίδιες φάσεις παρατηρήθηκαν επίσης και για την αρνητική πολικότητα, με μόνη διαφορά ότι οι ζώνες μετατοπίστηκαν προς τις υψηλότερες τιμές πιέσεων [44].

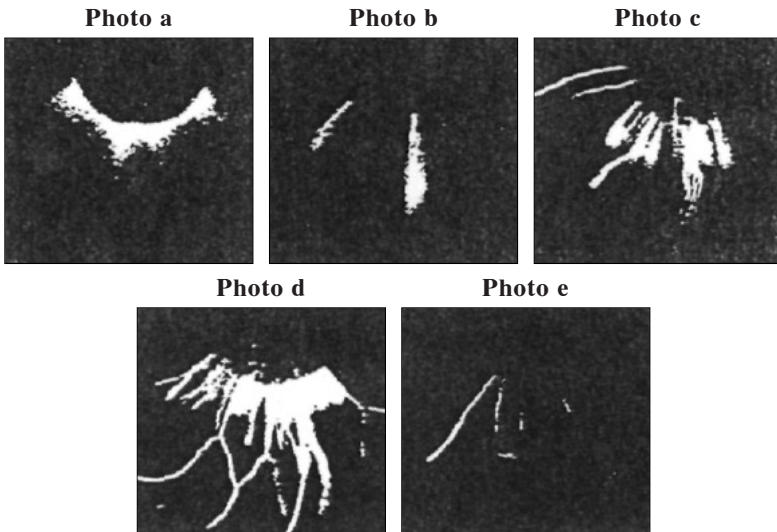
Στην περιοχή πιέσεων κατώτερων από  $p_1$ , η τάση διάσπασης είναι αισθητά πιο υψηλή από την τάση έναρξης του φαινομένου κορόνα, ειδικά υπό αρνητική πολικότητα. Η διάσπαση είναι άμεση, σύμφωνα με τον μηχανισμό του streamer, από τον οποίο προηγείται το φαινόμενο σταθεροποίησης της κορόνα. Για αυτή την περιοχή, στις χαμηλές πιέσεις ( $<0,2$  bar) η εκκένωση παρουσιάζεται με την μορφή νέφους (glow) που αναπτύσσεται γύρω από την ακίδα. Αυτό το νέφος (glow), που αυξάνει με την τιμή του ηλεκτρικού πεδίου, έχει μία επίδραση σταθεροποίησης και είναι υπεύθυνο για την εμφάνιση μιας συνεχούς συνιστώσας στην κυματομορφή του ρεύματος.

Η παρουσία του glow στρογγυλεύει το ηλεκτρόδιο της ακίδας (αρχικώς με μικρή ακτίνα καμπυλότητας) και το πεδίο που προκύπτει προσεγγίζει ένα σχεδόν ομοιογενές πεδίο.

Για πιέσεις πλησίον στην  $p_1$ , η εκκένωση τύπου glow εξακολουθεί να εμφανίζεται αλλά στη περίπτωση αυτή μοναχικά αγωγίμα κανάλια (filaments) αναπτύσσονται, οι streamers, οι οποίοι συνοδεύονται από διακριτούς παλμούς ρεύματος. Η διάσπαση επέρχεται, κάτω από συνθήκες πρακτικά ομοιογενούς πεδίου, μόλις η πεδιακή ένταση ξεπεράσει, παντού μέσα στο διάκενο, μία οριακή τιμή απαραίτητη για την αδιάκοπη διάδοση του streamer, της τάξεως των 39 με 47 kV/cm.bar, ανάλογα με την πίεση του αερίου [45]. Το φαινόμενο της σταθεροποίησης της κορόνα ελαχιστοποιεί την επίδραση της ακτίνας καμπυλότητας της ακίδας κατά την ανοδική φάση της χαρακτηριστικής  $V(p)$ . Γενικά με την μείωση της ακτίνας καμπυλότητας της ακίδας προκύπτει αύξηση της ζώνης πιέσεων που αντιστοιχούν στο φαινόμενο σταθεροποίησης από κορόνα (μετακίνηση της  $p_1$  σε υψηλότερες τιμές). Η σταθεροποίηση από κορόνα είναι πιο σημαντική υπό αρνητική πολικότητα, οδηγώντας σε υψηλότερες τάσεις διάσπασης [2]. Με την αύξηση της πίεσης, το φαινόμενο της σταθεροποίησης του glow προοδευτικά μειώνεται, και εξαφανίζεται εντελώς μετά την κρίσιμη πίεση  $p_c$ .



----- Έναυση χορόνα υπό θετική πολικότητα  
 ..... Έναυση χορόνα υπό αρνητική πολικότητα  
 ----- Διάσπαση υπό θετική χρουστιζή τάση  
 ..... Διάσπαση υπό αρνητική συνεχή τάση  
 -·-·-· Διάσπαση υπό AC (50 Hz) ή DC θετική τάση



**Σχήμα 2:** Χαρακτηριστικό διάγραμμα  $V_{ap}-p$ ,  
 για γεωμετρία ανομοιογενούς ηλεκτρικού πεδίου

Στη περιοχή πιέσεων μεταξύ  $p_1$  και  $p_c$ , και οι δύο μηχανισμοί διάσπασης, δηλαδή ο streamer και ο leader, μπορεί να συνυπάρξουν. Είναι η περιοχή μετάβασης από τον μηχανισμό άμεσης διάσπασης του streamer προς τον μηχανισμό αργής διάσπασης του leader. Οι εκκένώσεις γίνονται μακριές και λεπτές και αναπτύσσονται συχνά εκτός του άξονα του διακένου, με πολλούς κλάδους. Σε αυτή την περιοχή, κορόνα (ρόλος της σταθεροποίησης μειωμένος) αναπτύσσεται πριν την κατάρευση. Η διάσπαση επέρχεται μόλις ένα από αυτά τα κανάλια (filaments) επεκταθεί μέχρις το αντίθετο ηλεκτρόδιο (την πλάκα-κάθοδο). Για συνθήκες κρουστικής τάσης δοκιμής με μικρό χρόνο μετώπου, η διάσπαση συμβαίνει για τιμές της τάσης μειωμένες σύμφωνα με τον μηχανισμό του leader. Ιδιαίτερα, η χαρακτηριστική  $V(p)$  λαμβάνει την μορφή ενός επιπέδου, γεγονός που δηλώνει ότι η ελάχιστη τάση που απαιτείται για την διάδοση (ανάπτυξη) του leader είναι ανεξάρτητη της πίεσεως [46]. Με την αύξηση του χρόνου μετώπου της κρουστικής τάσης, το φαινόμενο σταθεροποίησης λόγω της κορόνας γίνεται εντονότερο, εξαιτίας της δράσης των συγκεντρωμένων φορτίων χώρου, και η χαρακτηριστική  $V(p)$  παρουσιάζει μορφή αντίστοιχη σε συνθήκες τάσης DC/AC (με καμπούρα). Κατά συνέπεια η μέγιστη τιμή της χαρακτηριστικής  $V(p)$  εξαρτάται από το μέτωπο της κυματομορφής της κρουστικής τάσης δοκιμής [47].

Για πιέσεις μεγαλύτερες από την κρίσιμη πίεση  $p_c$ , η εκκένωση τύπου leader γίνεται ο μοναδικός μηχανισμός διάσπασης. Αυτή η περιοχή υψηλών πιέσεων χαρακτηρίζεται σαν περιοχή χωρίς την εμφάνιση κορόνας-glow, καθώς ανάπτυξη της οδηγεί άμεσα στη κατάρευση. Η τιμή της κρίσιμης πίεσεως  $p_c$  εξαρτάται από πολλές παράμετρους: τη διάταξη του συστήματος των ηλεκτροδίων, την κυματομορφή και την πολικότητα της εφαρμοζόμενης τάσης δοκιμής, την ακτίνα καμπυλότητας της ακίδας και την καθαρότητα του αερίου [48]. Η τάση διάσπασης που αντιστοιχεί στην κρίσιμη πίεση είναι πρακτικά ανεξάρτητη της ακτίνας καμπυλότητας, αλλά εξαρτάται από την απόσταση διακένου [49]. Πέρα της κρίσιμης πίεσης, η ελάχιστη τιμή της τάσης διάσπασης υπό κρουστική τάση δοκιμής, συμπίπτει με την χαρακτηριστική υπό στατικές συνθήκες τάσης.

## Βιβλιογραφία

- [1] I. Σπηλιόπουλος, “Διηλεκτρική συμπεριφορά του SF<sub>6</sub>. I. Φυσικοί μηχανισμοί διηλεκτρικής διάσπασης”, EEEE , vol X, no 1, pp. 213-228, 2005.
- [2] S. Sangkasaad, “Corona inception and breakdown voltages in nonuniform fields in SF<sub>6</sub>”, Proceedings 2nd International Symposium on High Voltage Engineering, pp. 379-384, 1975.
- [3] N. Malik, A. Qureshi, “Breakdown mechanisms in sulphur-hexafluoride”, IEEE Transactions on Electrical Insulation, vol. 13, n° 3, pp. 135-145, 1978.
- [4] E. Kuffel, W. Zaengl, “High voltage engineering fundamentals”, Oxford: Pergamon, 1986
- [5] T. Takuma, T. Watanabe, “Theoretical analysis of discharges characteristics in high pressure SF<sub>6</sub> gaps”, Electrical Engineering in Japan, vol. 90, n° 4, 1970.
- [6] O. Farish, O. Ibrahim, C. Korasli, “Corona stabilisation and breakdown in SF<sub>6</sub> and SF<sub>6</sub>/N<sub>2</sub> mixtures”, IEE, Proceedings on gas Discharges and their Applications, pp. 320-323, 1978.
- [7] M. Morcos, H. Anis, K. Srivastava, “Particle-initiated corona and breakdown in GITL systems”, IEEE Transactions on Electrical Insulation, vol 24, pp. 561-571, 1989.
- [8] A. Vlastos, M. Leilon, “Influence of the voltage application time on the breakdown voltage of a particle contaminated SF<sub>6</sub> insulated system”, Proceedings 5th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 15. 04, 1987.
- [9] N. Trinh, “Failure mechanisms of gas insulation and at gas-insulator interface: their influence on gas insulated equipment”, Proceedings 6th International Symposium on Gaseous Dielectrics, pp. 517-528, 1991.
- [10] N. Foulon, “Etude de la dégradation de matériaux isolants sous décharge couronne en régime de streamers: Mise en point d’une méthode de qualification de polymères”, Thèse de Doctorat, Université Paris VI, 1993.
- [11] T. Takuma, T. Kawamoto, “Field intensification near various points of contact with a zero contact angle between a solid dielectric and an electrode”, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 104, pp. 2486-2494, 1984.
- [12] M. Dincer, A. Gokmen, “Electrical field breakdown of SF<sub>6</sub> in crossed magnetic fields”, Journal Physics D: Applied Physics, vol. 25, pp. 942-944, 1992.
- [13] C. Cooke, R. Wooton, A. Cookson, “Influence of particles on AC and DC

- electrical performance of gas insulated systems at extra high voltage”, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 96, pp. 768-777, 1977.
- [14] G. Berger, O. Belabed, “Dielectric strength of SF<sub>6</sub> as influenced by gaseous impurities and electrode material”, Proceedings 6th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 32.09, 1989.
- [15] A. Cookson, “Electrical breakdown for uniform fields in compressed gases”, Proceedings IEE, vol. 117, n° 1, pp. 269-279, 1970.
- [16] O. Belabed, “Dégradation de la rigidité diélectrique du SF<sub>6</sub> comprimé en présence de contaminants gazeux”, Thèse de Doctorat, Université Paris VI, 1990.
- [17] A. Goldman, M. Megherbi, G. Berger, O. Belabed, “Influence of humidity on phenomena at the low-field electrode in SF<sub>6</sub> coronas”, Proceedings 6th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 49.07, 1989.
- [18] A. Vlastos, S. Rusk, “Impulse and AC breakdown characteristics of SF<sub>6</sub> with bare and covered electrodes”, Proceedings 1st International Symposium on Gaseous Dielectrics, 1978.
- [19] I. McAllister, G. Crichton, “An experimental method to determine the electrostatic field enhancement factor of a practical conductor surface”, IEEE Transactions on Electrical Insulation, vol. 24, n° 2, pp. 325-333, 1989.
- [20] A. Pedersen, “The effect of surface roughness on breakdown in SF<sub>6</sub>”, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 94, n° 5, pp. 1749-1753, 1975.
- [21] S. Kulkarni, R. Nema, “Calculation of breakdown voltages of gaseous insulation with special reference to electronegative gases and their mixtures”, Proceedings 4th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 33.08, 1983.
- [22] T. Nitta, “Factors controlling surface flashover in gas insulated systems”, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 97, pp. 959-965, 1978.
- [23] F. Chu, “SF<sub>6</sub> decomposition in gas insulated equipment”, IEEE Transactions on Electrical Insulation, vol. 21, pp. 693-726, 1986.
- [24] C.I.G.R.E. report 23-06, “Conception et réalisation des postes blindés THT en vue de leur sûreté et leur maintenabilité”, 1982
- [25] S. Rowe, Y. Doin, J. Hours, G. Riquel, “The control of humidity in G.I.S. Quality control aspect”, Proceedings 7th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 33.04, 1991.
- [26] G. Riquel, B. Hutzler, G. Berger, B. Senouci, O. Belabed, “The influence of water vapour on the dielectric strength of SF<sub>6</sub>”, Proceedings 5th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 13.08, 1987.
- [27] M. Fréchette, M. Landry, S. Zelingher, R. Schwabe, “Predictive assessment of moisture dynamics in the context of two pressure type SF<sub>6</sub> breakers”,

- Proceedings 8th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 37.07, 1993.
- [28] G. Berger, E. Marode, I. Gallimberti, O. Belabed, B. Senouci, "Effect of water vapour on the discharge regimes and the deviations from similarity law in compressed SF<sub>6</sub> for positive polarity", Journal Physics D: Applied Physics, vol. 24, pp. 11551-1556, 1991.
- [29] N. Malik, A. Qureshi, "A review of electrical breakdown in mixtures of SF<sub>6</sub> and other gases", IEEE Transactions on Electrical Insulation, vol. 14, n° 1, pp. 1-13, 1979.
- [30] W. Vob, "Discharge development of non-uniform gaps in SF<sub>6</sub>-N<sub>2</sub> gaps", Proceedings 3rd International Symposium on High Voltage Engineering, paper 31.13, 1979.
- [31] N. Malik, A. Qureshi, "Calculation of discharge inception voltages in SF<sub>6</sub>-N<sub>2</sub> mixtures", IEEE Transactions on Electrical Insulation, vol. 14, n° 2, pp. 70-76, 1979.
- [32] N. Malik, A. Qureshi, "Non-uniform field breakdown in SF<sub>6</sub> and its mixtures with helium and nitrogen", Proceedings 3th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 31.03, 1979.
- [33] E. Kuffel, A. Yializis, "Impulse breakdown of positive and negative rod-plane gaps in SF<sub>6</sub>-N<sub>2</sub> mixtures", IEEE paper F 78 183-6, PES Winter Meeting, 1978.
- [34] S. Rowe, "Dielectric strength of SF<sub>6</sub>-air mixtures", Proceedings 5th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 13.09, 1987.
- [35] T. Watanabe, T. Takuma, "The breakdown and discharge extension of long gaps in N<sub>2</sub>-SF<sub>6</sub> and air-SF<sub>6</sub> mixtures", Journal Applied Physics, vol. 48, n° 8, pp. 3281-3287, 1977.
- [36] H. Ryan, W. Watson, S. Dale, D. Tedford, A. Kurimoto, B. Hampton, H. Banford, "Factors affecting the insulation strength of SF<sub>6</sub> filled systems", C.I.G.R.E. paper 15-02, 1976.
- [37] B. Hutzler, G. Riquel, G. Berger, "Applicability of the critical volume concept at high pressures", Proceedings 4th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 31.07, 1983.
- [38] G. Berger, B. Hutzler, G. Riquel, "Etude du conditionnement du SF<sub>6</sub> sous l'action de décharges électriques répétées", Revue Générale d'Electricité, pp. 728-732, 1986.
- [39] G. Berger, B. Senouci, B. Hutzler, G. Riquel, "Conditioning of SF<sub>6</sub> under repetitive positive high voltage impulse conditions", IEEE International Symposium on Electrical Insulation, 1986.
- [40] O. Farish, "Corona controlled breakdown in SF<sub>6</sub> and SF<sub>6</sub> mixtures", Proceedings

- 16th International Conference in Ionized Gases, Invited review paper, pp. 187-195, 1983.
- [41] I. Chalmers, O. Farish, A. Gilbert, J. Dupuy, "Leader development in short point-plane gaps in compressed SF<sub>6</sub>", Proceedings IEE A, vol. 131 n°3, pp. 159-163, 1984.
- [42] F. Pinnekamp, L. Niemeyer, "Qualitative model of breakdown in SF<sub>6</sub> in inhomogenous gaps", Journal Physics D: Applied Physics, vol. 16, pp. 1293-1301, 1983.
- [43] T. Nitta, Y. Shibuya, "Electrical breakdown of long gaps in sulphur hexafluoride", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 90, n° 3, pp. 1065-1071, 1971.
- [44] K. Arunachala, K. Dwarakanath, R. Maruti, M. Ratra, "Breakdown of SF<sub>6</sub> gaps under inhomogenous fields under impulse voltage of different waveshapes", Proceedings 6th International Symposium on High Voltage Engineering, paper 32.01, 1989.
- [45] O. Farish, O. Ibrahim, A Kurimoto, "Prebreakdown corona processes in SF<sub>6</sub> and SF<sub>6</sub>-N<sub>2</sub> mixtures", Proceedings 3rd International Symposium on High Voltage Engineering, paper 31-15, Milan 1979.
- [46] O. Farish, I. Chalmers, P. Vidaud, "SF<sub>6</sub> mixtures with enhanced corona stabilisation", Proceedings 7th International Conference on Gas Discharges and their Applications, pp. 223-226, 1982.
- [47] H. Anis, K. Srivastava, "Pre-breakdown discharges in highly non-uniform fields in relation to gas insulated systems", IEEE Transactions on Electrical Insulation, vol 17, pp. 131-142, 1982.
- [48] N. Malik, "Corona stabilisation and the critical pressure in SF<sub>6</sub>", Proceedings 7th International Conference on Gas Discharges and their Applications, pp. 219-222, 1982.
- [49] O. Farish, "Breakdown in SF<sub>6</sub> and its mixtures in uniform and nonuniform fields", Proceedings 1st International Symposium on Gaseous Dielectrics, pp. 60-79, 1978.

# *The Effect of Reflexivity, Conflict and Groupthink as Moderators to Team Effectiveness in Diverse Workforce*

*Christos Sigalas, Bsc, MBA  
Laboratory Lecturer  
T.E.I. of Piraeus*

---

## **Abstract**

Teams have become a basic building block of organizations introducing team effectiveness as an essential component of their success. When teams perform complex tasks, team effectiveness is not only a function of individuals' task performance and goal achievement but also depends on the extent team members need to avoid process losses by helping each other, coordinating activities, complying with requirements, and voicing opinions. Hence, we can understand that the effectiveness of a team depends on many parameters especially in a diverse workforce. The increased use of teams in organizations, coupled with an increasingly diverse workforce, strongly suggests that we should elaborate on how team diversity affects team performance and effectiveness. The purpose of this paper is to study the essence of any moderators which expedite team effectiveness in a diverse workplace and examine whether, and if yes, how these moderators are related to team effectiveness and diversity. Moreover, the paper examines if there is any correlation among these moderators in a diverse workplace and attempts to quantify it. A meta-analysis of the data from academic investigations of diversity, groupthink and conflict in work groups was used to examine the impact of these factors on work group cohesion and performance. This research methodology was used to test the hypothesis that different moderators can regulate diversity's impact on work group and on its performance.

## **Περίληψη**

Οι ομάδες έχουν γίνει βασική δομική μονάδα των οργανισμών καθιστώντας την αποτελεσματική ομαδική εργασία θεμελιώδη για την επιτυχία τους. Όταν οι ομάδες επιτελούν σύνθετα καθήκοντα, η αποτελεσματικότητά τους δεν είναι μόνο απόρροια της αποδοτικότητας των ατόμων και της υλοποίησης των στόχων που έχουν θέσει, αλλά επίσης εξαρτάται από το βαθμό στον οποίο τα μέλη τους μπορούν να αποφύγουν τις «απώλειες» των διαδικασιών με την αρωγή των άλλων μελών, το συντονισμό των δραστηριοτήτων, τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις, και την έκφραση των απόψεων τους. Ως εκ τούτου, μπορούμε να καταλάβουμε ότι η αποτελεσματικότητα μιας ομάδας εξαρτάται από πολλές παραμέτρους ειδικά όταν αποτελείται από ποικιλόμορφο ανθρώπινο δυναμικό. Η αυξανόμενη εμπλοκή των ομάδων στους οργανισμούς, που συνδέεται με μια όλο και περισσότερη ποικιλόμορφη σύνθεση ανθρώπινου δυναμικού, παραπέμπει στην εμφάνιση του τρόπου με τον οποίο η ποικιλομορφία των μελών των ομάδων έχει επιπτώσεις στην απόδοση και την αποτελεσματικότητά αυτών. Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να ερευνηθεί η ύπαρξη τυχόν μεσολαβητών που συνεισφέρουν στην αποτελεσματικότητα των ομάδων σε έναν ποικιλόμορφο εργασιακό χώρο και να εξετάσει εάν και εάν ναι, πώς αυτοί οι μεσολαβητές συσχετίζονται με την αποτελεσματικότητα και την ποικιλομορφία των μελών τα οποία συγκροτούν τις ομάδες. Επιπλέον, η μελέτη εξετάζει κατά πόσο υπάρχει συσχέτιση μεταξύ αυτών των μεσολαβητών σε έναν ποικιλόμορφο εργασιακό χώρο, προσπαθώντας να την ποσοτικοποιήσει. Μια μετανάλυση των στοιχείων από ακαδημαϊκές έρευνες για την ποικιλομορφία, την συμμόρφωση με τις αξίες της ομάδας και τις συγκρούσεις στις ομάδες χρησιμοποιήθηκε για να προσδιοριστεί η επίδραση των παραγόντων αυτών στη συνοχή και στην απόδοση των ομάδων εργασίας. Επίσης η παραπάνω ερευνητική μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε για να εξετάσει την υπόθεση ότι διάφοροι μεσολαβητές μπορούν να ρυθμίσουν τη συμβολή της ποικιλομορφίας στην απόδοση των ομάδων εργασίας.

### **Keywords:**

Conflict, Reflexivity, Groupthink, Team Effectiveness, Diversity, Organizational behaviour, work group.

## **1. Diversity and Team Effectiveness**

Today's organizations employ a more diverse workforce. More women, older people, minorities, expatriates and people from different countries who speak many different languages and with many different cultures, compose an increasing percentage of the workforce. Innovative thinking executives recognize that a diverse workforce creates a larger pool of talent. Diversity brings a wider variety of skills, experiences and perspectives that enrich work environment improve customer service and increase corporate performance. On the other hand, diversity among team members can create problems such as increased confusion, coordination difficulties and lack of communication. Both, "birds of a feather flock together" and "opposites attract", are valid statements for an effective workforce.

Minority dissent is related to team innovation and, to a somewhat lesser extent overall team effectiveness. However, the relationship between minority dissent, team innovation and team effectiveness is significant only when teams have high levels of reflexivity - the tendency to overtly reflect upon the group's objectives, strategies and processes and adapt them to current or anticipated circumstances. Furthermore, team reflexivity and task interdependence are positively correlated, which means that when team members need each other more for task completion they also reflect on task issues more often. Moreover, task interdependence, cooperative goal interdependence and team size have no significant relationship with team innovation (De Dreu, 2002). The finding that there is negative, albeit not significant, relationship between reflexivity and minority dissent is rather paradoxical. This suggests that increasing the opportunities for communication and discussion not necessarily increases the voicing of dissenting views, but rather increases the attention given to, and processing of dissenting perspectives and minority positions. This results to the negative relationship between team reflexivity and team effectiveness. There are some explanations for this apparent inconsistency. Perhaps different components of team performance are differently affected by team performance. Second, it may be that team reflexivity in itself has no effect on team effectiveness, but rather provides room for other variables to influence team performance.

Diverse teams which are highly outcome – interdependent and with low group longevity are more reflexive and thus show satisfaction and commitment to the team (Schippers, 2003). Outcome interdependence and group longevity both moderate the relationship between diversity and reflexivity in teams. To be more precise, highly outcome – interdependent and diverse teams are highly reflexive whereas diverse teams high on group longevity showed low reflexivity. Furthermore, outcome – interdependence and group longevity both moderate the relationship between overall diversity and satisfaction and performance but do not moderate the relationship between overall diversity and team commitment. Moreover, interdependence has a moderating effect on the relationship between diversity and commitment to the team (Schippers, 2003). Also it

must be mentioned that for highly outcome – interdependent teams the interactions with respect to satisfaction and commitment to the team show that satisfaction and commitment are high for diverse teams but this holds only for “young teams” (low longevity). Finally, the effects of outcome interdependence and group longevity on the relationship between diversity and team outcomes are a result of the existence of reflexivity (Schippers, 2003).

In conclusion, in bibliography it is not crystal clear whether diversity enhances team performance or not. According to Webber, no significant relationship between highly and less job-related diversity and team cohesion and no overall relationship between highly and less job-related diversity and team performance was found (Webber & Donahue, 2001). This is contradictory to the conclusions of Schippers and De Dreu according to which there is a relationship between diversity and team performance (Schippers, 2003, De Dreu, 2002). Two kinds of diversity are cited: less job-related diversity and highly job-related diversity. Age, gender and race/ethnicity are categorized as less job-related diversity attributes whereas educational, functional, occupational and industry backgrounds are categorized as highly job-related diversity attributes (Webber & Donahue, 2001). In the Schippers, 2003 and De Dreu, 2002 study no categorization of diversity is mentioned. One similarity between the theories presented is the fact that all of the researchers suggest that the relationship between diversity and group outcomes is very complex.

The theories presented by Schippers, 2003 and De Dreu, 2002 have some similarities. Both theories suggest that diversity in teams can enhance their outcomes under circumstances. In order for diversity to enhance the team outcomes, the team members must be able to reflect upon and modify their functioning. In other words it is concluded that reflexivity acts as a mediator between diversity and the outcomes of a team. Furthermore, both theories suggest that the relationship between diversity and team effectiveness is affected by a number of factors such as outcome interdependence.

The two theories presented by Schippers, 2003 and De Dreu, 2002 have differences between them as well. According to Schippers, 2003, not only team performance but also satisfaction and commitment to the team are examined in order to assess the effectiveness of the team. De Dreu, on the other hand suggests that team effectiveness and innovation are examined. Furthermore, he examines the effects minority dissent in teams has on the performance of the teams. Minority dissent can be a consequence of the existence of diversity in the team (De Dreu, 2002). The theory presented by Schippers, 2003 examines how diversity in general can affect the outcomes of a team. Moreover, it examines how outcome-interdependence and group longevity affect the relationship between diversity and reflexivity and between diversity and outcomes. In contrast De Dreu examines how task interdependence and team size affect innovation. Maybe the most significant difference between the theories presented by Schippers, 2003 and De Dreu, 2002 is whether reflexivity is positively related to the group outcomes or

not. According to De Dreu, 2002 reflexivity is negatively related with team effectiveness, whereas according to Schippers, 2003 reflexivity is positively related with team effectiveness. Another difference that must be mentioned is the fact that according to De Dreu, 2002, there is no significant relationship between goal interdependence and team performance, whereas according to Schippers, 2003 goal interdependence and team performance are related.

So as we have been elaborating so far, theories by De Dreu and by Schippers point up to the fact that diversity, and as a result minority dissent, in teams is related to team effectiveness but only when teams have high rather than low levels of reflexivity (De Dreu, 2002, Schippers, 2003). This means that the relationship between the diversity in a team and its effectiveness is not straightforward, something which is also mentioned by Webber & Donahue, 2001. Many other factors seem to affect this relationship between diversity and team effectiveness, such as outcome interdependence, team longevity, task interdependence, etc. Perhaps that is the reason why the results of the analysis by Webber demonstrate that the different types of diversity 'highly and less job-related' do not have any impact on work group performance and cohesion (Webber & Donahue, 2001). It seems that the role of reflexivity in the relationship between diversity and team performance is catalytic. Nevertheless Webber & Donahue, 2001 do not take reflexivity of the team into account.

From my point of view, the relationship between diversity and team performance is very complex. Diverse teams can offer many advantages, like increased number of perspectives, multiple interpretations, greater openness to new ideas, increased flexibility, increased creativity, improved understanding of foreign employees or customers but also disadvantages such as increased ambiguity, complexity, confusion, mistrust, potential miscommunication, difficulty in reaching agreements and consensus, decreased group cohesion. Whether diversity is beneficial for a team or not depends on the dynamics of the groups and the individuals and the kind of the task the team has to deal with. If, for example, a team has to deal with a task where new ideas have to be found, diversity can play a very beneficial role. This also stems from the theory presented by De Dreu, 2002. Diversity is positively correlated with innovation and creativity. What seems to be very important in order for diverse teams to succeed is the existence of reflexivity among the team members. This means that the members of a team with high level of diversity must reflect upon and modify their functioning. Moreover, in order for a diverse team to succeed and achieve positive outcomes, it is crucial that the team is outcome- and task- interdependent. If the members of a team know that they need each other in order to complete a task and to achieve their common goal, it is easier for them to cooperate. What is questionable, from my point of view, is the moderating effect of longevity on the relationship between diversity and team outcomes. After some time together, the team members get to know each other and can cooperate in a more effective way. Of course, groupthink must be avoided.

As we can see, diversity can have advantages but also disadvantages in terms of effectiveness and team performance. The relationship between diversity and team outcomes is not clear. One of the factors that determine it is the kind of the task which has to be done. Therefore, it is very important to assess whether a team should be diverse or not. If, for example, innovation is important for the effectiveness of the team, diversity could help to this direction. Thus an organization or a company should find out if it needs diversity in its teams' members or not.

For companies and organizations, which need high level of innovation, it is very important to manage diversity in a way that enables the teams to cooperate well and have positive outcomes. As it was mentioned by De Dreu, 2002 and by Schippers, 2003, in order for a team with a high degree of diversity to have positive outcomes, high reflexivity is needed. In order to increase reflexivity, diverse teams should be made more outcome-interdependent. This could be accomplished through the use of rewards based on team performance. Moreover, these teams should be aware of the possible decline in levels of reflexivity over time through training programs. Another way to avoid longevity is arranging new teams after some time, if this is possible. Finally, it must be mentioned that in order for a team to be innovative and creative, as many as possible ideas have to be heard. These ideas can be contradictory to one another and may lead to dissent. The structural hierarchy of a company should propel the free expression of ideas, in spite of the fact that this could lead to dissent. When innovation is needed, dissent can be positive.

## **2. Conflict and Team Effectiveness**

As we have already mentioned effective teamwork is a foundation for successful organizations. When teams perform complex tasks, team effectiveness is not only a function of individuals' task performance and goal achievement but team effectiveness also depends on the extent to which team members need to avoid process losses by helping each other, coordinating activities, complying with requirements, and voicing opinions. One challenge to team effectiveness is conflict - the tension between team members due to real or perceived differences. Team members may like or dislike one another for personal reasons, and share or dispute one another's political views, values and beliefs. One reason why teams can work together effectively is because they establish a positive group climate. Likewise, one reason why teams fail to be productive is because they develop relationship conflicts. The role of conflict is an ambiguous issue. Relationship conflicts affect team work at various levels, both positive and negative.

Various studies have been made on the impact of the relationship conflicts on the team effectiveness and on finding new explanations to how relationship conflicts affect workgroups. For this purpose the researchers conducted several studies such as recruiting a hundred and six pairs of employees and their leaders from State Owned Enterprises in

Shanghai and Nanjing. Employees described their conflict values and relationships and their immediate supervisors rated the effectiveness of their teams (Tjosvold, Hui, Z. Ding & Hu, 2001). Another study was conducted by Mohammed and C. Angell, 2004, who tested their hypotheses by tracking 45 student project teams in a longitudinal design. De Dreu and Van Vianen, 2000, surveyed 27 teams of a private company about their relationship conflicts and their team satisfaction. Most research efforts focused on preventing relationship conflict in teams.

Three types of responses to conflicts were studied: collaborating responses, contending responses, and avoiding responses (De Dreu & Van Vianen, 2001). According to the research neither collaborating nor contending responses are adequate in the case of relationship conflict. Because collaborating in relationship conflict is unlikely to produce more effective teams and contending easily locks parties into a conflict spiral (De Dreu & Van Vianen, 2001). Being cooperative and understanding in the case of relationship conflict is unlikely to solve the problem, and makes it instead loom bigger and intractable. In addition, collaborating and contending responses direct team members away from their tasks and instead focus them on their interpersonal relations. As a result, team members do not invest their time and energy in team work, and team functioning and effectiveness suffers. Avoiding responses in the case of relationship conflict may be quite functional in that “they do not escalate the conflict and instead teach parties the benefits of patience” (De Dreu & Van Vianen, 2001). The research showed a tendency for teams to respond to relationship conflict through avoiding responses, while task conflicts were correlated with collaborating responses. The findings of the research suggest that the main reason why relationship conflict negatively influences team productivity and performance is because it results in less assistant behavior among team members.

The traditional assumption that, as conflict is destructive, team members should avoid it is denied by Tjosvold, Hui, Ding & Hu, 2003. The researchers argue that conflict has a very positive face that can contribute substantially to organizational work. Studies indicate that approaching conflict to discuss it directly can be constructive whereas avoiding conflict is ineffectual as avoiding conflict does not eliminate conflict but only makes it more likely that team member’s deal with issues competitively. Open conflict management, on the other hand, offers the possibility of the resolution of issues that reduces competitive interaction within a team. Westerners confront conflict directly despite harming their relationships. Asians traditionally used avoiding conflict because, it is theorized, they want to protect their interdependence. But the study proved that even in such a collectivist society as China considering conflict as negative and avoiding it appear generally ineffective for promoting successful teamwork because negative conflict values predict to competitive interaction which can disrupt team effectiveness. The analyses also support the theorizing that positive approaches to conflict contribute to employee performance by impacting resource interdependence beliefs among team members. Assuming that conflict is positive can contribute to resource interdependence

which encourages citizenship behavior. Employees who considered their team members able and resourceful were also observed by their leaders to be helpful citizens. Thus, the results support the idea that values on the utility of conflict can be generalized at least to some extent to China. Even in China, negative conflict values were found to be antecedents of competitive interaction and ineffective teamwork. Findings that Chinese tend to avoid conflict compared to western managers have been interpreted that conflict is generally destructive in China compared to the West. Consequently, the researchers suggest that even if avoiding is more prevalent in Chinese organizations, valuing conflict can contribute to effective teamwork in China (Tjosvold, Hui, Ding & Hu, 2003).

The purpose of the study by Mohammed & Angell, 2004 was quite different. The subject of the research was not so much the impact of the relationship conflict on team effectiveness but the effects of diversity on conflict. The researchers explored the differential impact of surface-level diversity, deep-level diversity and two moderating variables on relationship conflict over time. The amount and type of diversity within teams is an important characteristic that shapes group processes and affects the experiences of the individuals within a team. Diverse work teams include members who can be identified as belonging to distinct groups, and they have been found to function differently from homogeneous teams. Conflict is a common outcome when members of different groups interact. The previous studies found conflict to be a strong mediator between diversity and performance. Surface-level diversity was primarily linked to relationship conflict. Therefore, the criterion of interest in the study of Mohammed and C. Angell, 2004 was relationship conflict, which focuses on personality differences, tension, animosity, and annoyance among individuals. The study demonstrated that the impact of diversity “goes well beyond simple main effects in that team orientation and team processes were found to moderate the relationships between diversity and conflict” (Mohammed & Angell, 2004). Team orientation helped to neutralize the negative effects of surface-level diversity on relationship conflict and team process worked to weaken the negative effects of deep-level diversity on relationship conflict (Mohammed & Angell, 2004). Senior studies have also found no evidence that relationship conflict impaired performance. According to Jehn, “while relationship troubles cause great dissatisfaction, the conflicts may not influence work as much as expected, because the members involved in the conflicts choose to avoid working with those with whom they experience emotional conflict” (Jehn, 1995, p276).

The results in the studies mostly support traditional ideas that relationships are the key to effective organizational work. The researchers Tjosvold, Hui, Ding & Hu, 2001 suggest future research on the utility of positive conflict and the processes by which positive conflict values affect the dynamics and outcomes of teamwork. Other researchers have also found no evidence that relationship conflict impaired performance. De Dreu and Van Vianen, 2001, suggested future research to expand their theory about conflict in teams and to test specific moderators of the effects of relationship conflict on team functioning and

team effectiveness. Mohammed and Angell, 2004 in their turn demonstrated the role of team orientation and team processes as moderators of the diversity-conflict linkage. Given that surface-level and deep-level heterogeneity are realities for organizations and that both types of diversity can increase relationship conflict within groups, their research suggests two pervasive moderators for counteracting these potentially negative effects on group functioning. In the research team orientation and team processes helped to diffuse the negative impact of surface-level and deep-level diversity on relationship conflict. However, Mohammed and Angell, 2004 call for future research to examine how negative effects of relationship conflict can be minimized so that the benefits of diversity in teams can be realized.

Personally I deem that relationship conflict does have a negative impact on team effectiveness because individual team members treat conflict as a win-lose contest and competition is disruptive in that it destructs team members' attention from their essential duties. As to the problem of treating conflict, avoiding relationship conflict which is suggested by De Dreu and Van Vianen, 2001 does not seem effective because trying to avoid conflict does not mean it disappears. Moreover, it predicts to competition which undermines performance. On the other hand, people who avoid conflict come to deny that they need to rely on others, which means they have no interdependence. Interdependence in the workgroup is important because team members know that they have information and ideas that they can apply to help their team accomplish its goals and that their team members also have the ability to affect their goals. This facilitates positive feelings and strong interpersonal relationships which may lead to team effectiveness. Thus confronting conflict seems more reasonable for an organizational work to be effective.

Organizations should try several possibilities of managing team effectiveness. One is to design systems and techniques that prevent relationship conflict in teams. For example, as Simons and Peterson, 2000 suggest that "building and maintaining intra-group trust is an important preventive measure –it reduces the likelihood that task-related disagreements turn into relationship conflicts". Teams that have initially high levels of consensus about work values develop trust and have low levels of relationship conflict. But it would be simplistic to assume that we can always prevent relationship conflict occurring because diversity in team composition cannot be controlled. In fact, we need to acknowledge that teams sooner or later experience relationship conflicts. Our task is to try to manage relationship conflicts once they occur. Most often, the functioning and performance of teams is a matter of subjective assessment by supervisors. Supervisors should understand that team performance requires team members to put quarrels aside to focus effectively on their tasks.

The relationship between groupthink and team effectiveness is examined by Whyte, 1998, Moorhead, 1998, Peterson, Owens, Tedlock, Fan, Martorana, 1998. The research was based on the initial groupthink theory focus on remedying the characteristics of SMTs that instill excess of cohesion and isolation of the group from its external environment.

Whyte, 1998 stresses the importance of aligning the groups' self-perception with its actual capabilities and ensure correct decision farming (which is not that different from vigilant decision making). Finally the research merely points out that, in spite of what groupthink theory says, strong leadership and open expression of the leaders opinion or even attempts to persuade others about his/her convictions has been remarked as a characteristic in many successful teams.

### **3. Conceptual Framework of Reflexivity, Conflict and Groupthink upon Team Effectiveness in Diverse Workforce**

As we have already mentioned for diversity and conflict, their relationship with team effectiveness is not straightforward, as someone might think. As we saw, diversity can affect positively team effectiveness, but under circumstances, with the simultaneous moderation of other variables such as outcome interdependency, task interdependency and team longevity and with reflexivity acting as a mediator. This is the case for conflict too. Conflict can have positive but also negative consequences for the team effectiveness. This depends on the way the conflict, if of course this is feasible, is going to be resolved. Three ways of responding to conflict are cited: collaborating responses, contending responses, and avoiding responses.

All the researchers suggested that diversity can lead to conflict. Such an outcome is of course logical. When a team consists of people with a big variety of different characteristics, it is common to have conflicts. Of course the purpose of this is the increased effectiveness of the team. As it has been suggested by De Dreu, 2002 team innovations are significantly correlated with overall team effectiveness.

The theories presented so far, argue that the relationship between diversity and team effectiveness is moderated by different factors. According to Schippers, 2003 team longevity and outcome interdependency moderates the relationship between diversity and team effectiveness. On the other hand, according to Mohammed and Angell, 2004 team orientation and team processes moderate the relationship between diversity and conflict and consequently the relationship between diversity and team effectiveness.

Furthermore, Mohammed and Angell, 2004 examines two types of diversity: surface level diversity and deep level diversity. Surface level diversity refers to gender, education and race/ethnicity whereas deep level diversity refers to extraversion and time urgency. In the theories presented by Webber and Donahue, 2001, as well as De Dreu, 2002 and Schippers, 2003 no such a categorization is cited. As we saw, the only categorization of diversity was low job-related and highly job-related diversity. Low job-related diversity refers to age, gender and race/ethnicity, whereas highly job-related diversity refers to educational, functional, occupational and industry background attributes. This means that

both low job-related and highly job-related diversity are considered surface level diversity.

A brief examination of the mechanism that links diversity to overall team performance can perhaps give a few more clues to the relationship between group diversity and groupthink. Shippers, 2003 has pointed out that diversity, outcome interdependence and low longevity are positively related to reflexivity, job satisfaction and members' commitment. On the contrary, longevity is a moderator of the link of diversity to reflexivity and consequently high performance. This is in agreement on the fact that longevity of a group leads to very high levels of cohesion and similarities in the way of thinking and approaching problems among group members, which are antecedent condition of the groupthink phenomenon. According to De Dreu 2002 suggestions, minority dissent combined with high levels of reflexivity can foster innovation and increase overall performance. In other words, the existence of dissidents in a group given that there is also a tendency to reflect upon the teams' goals and norms of decision making are antecedent causes for innovative practices. If we assume that groupthink is a function of leader influence and persistence on certain solutions or pressures toward conformity, which was initially claimed by Janis, 1982 and has not been directly doubted by Whyte, 1998 the existence of dissident's acts as a deterrence factor for groupthink. Furthermore, group reflexivity should effectively offset unrealistic perceptions of collective efficacy, which according to Whyte is an antecedent of groupthink symptoms. In addition, practices that are recommended as antidotes to groupthink, such as job rotation, vigilant decision making, effective norms, etc aim among other things at the increase of diversity and those factors which are necessary to make diversity result in good decision making and performance.

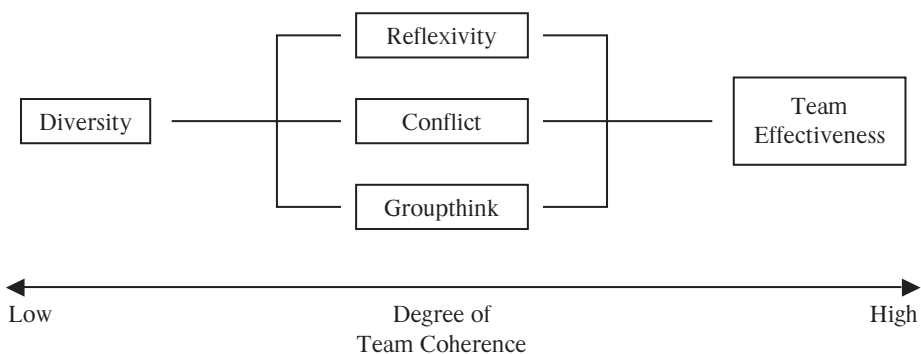
Examination of the relationship of groupthink with conflict indicates that they appear to be mutually exclusive. Having diversity as a starting point, the possible directions that interactions among peers could have covers a wide spectrum that has extreme cohesion and identification with peers' views, resulting in groupthink on the one hand and total disagreement resulting to unproductive conflict on the other. Between those two are a number of possible interaction types such as high, though team invigorating, cohesion, productive conflict, etc. The best direction is that interactions should lie somewhere in the middle of the spectrum because they result in reinforcement of the team and its effectiveness. The only thing common about groupthink and extreme conflict is that they reduce effectiveness. Therefore when interactions head toward extreme conditions, management should try to force toward the opposite direction to establish balance, for instance, when disturbingly high levels of cohesion exist the company should encourage individual expression, disagreement and to some extent diversity, to prevent groupthink. On the other hand, when extreme competition and individualism exist then efforts toward reaching consensus should be made. In conclusion, the relation of diversity to groupthink is negative; relation of diversity to conflict is, under certain conditions positive while groupthink and conflict are two extreme opposites in a wide variety of possible interactions.

#### 4. Moderators of Diversity and Team Effectiveness' Relation

Some elements of the theories presented above can be incorporated in the proposed model below. The medley of all the research suggestions is that diversity is the milestone to team effectiveness in organizations and that innovation and creativity is the emanation of sustainable competitive advantage. There are some cases however that uniform teams perform better such as routine procedures and highly standardize processes. But as the main concern of organizations is the ability to deploy novel ideas the importance of diverse teams is imminent.

Although diversity has traditionally been considered beneficial to team effectiveness, recent studies indicate that several elements or moderators are essential to the contribution of diversity to team effectiveness. In other words their existence or their absences create the conditions which connect diversity with team effectiveness. From these the core elements, which are considered by the present paper as moderators to team effectiveness in diverse workforce, are determined to be reflexivity, conflict and groupthink (Figure 1). To begin with, team reflexivity or the pliancy of team's processes and strategies is indispensable element to team effectiveness. In cases of low level or even absence of reflexivity, team longevity and outcome interdependence can be seen as moderators, which regulate the expedient level of team reflexivity.

More specifically, the longevity is reversely related to reflexivity. This means that the more time the team members are together the greater is their inertia to change and adapt. Thus we can confront the adverse effect of reflexivity to team effectiveness by team member's rotation. On the other hand, outcome interdependence is positively related to reflexivity in sense that team members' bondage and common goal orientation lead to higher tendency to overtly reflect upon the group's objectives, strategies and processes and adapt them to current or anticipated circumstances.



**Figure 1:** Diversity Moderators

Past researches had revealed that conflicts are considered as an obstacle to team processes and are negatively related to team effectiveness (De Dreu & Van Vianen, 2001). I strongly regard conflict as a set of opportunities to teams and workgroups. In order for team conflict to contribute to team effectiveness it must be first manifested and then resolved. The resolution of conflicts should be seen in accordance with the different types of team conflict responses. In bibliography there are three types of conflict responses: collaborating, contending and avoiding responses. Which specific type of response to conflict should be used, depends on the effectiveness of each type in preventing conflicts.

Furthermore, in some cases conflicts are essential to team effectiveness because they eliminate the phenomenon of groupthink. Groupthink which is derived from the level of diversity counteractively affects team effectiveness. The alignment of group self-perception with its actual capabilities can extenuate or even eliminate groupthink. In addition, the team leader can rebate the adverse effect of groupthink by directing and steering the team into the correct way of conducting its activities.

Groupthink can explain the rather paradoxical findings of De Dreu, 2002, according to which reflexivity is negatively related to innovation and team effectiveness. It may be that team reflexivity in itself has no effect on team effectiveness, but rather provides room for other variables to influence team performance. For instance, high levels of team reflexivity may lead the team to engage in confirmatory information search, concurrence seeking and the bolstering of the in-group identity. If this happens, groupthink is likely to occur.

Reflexivity	<b>1</b>	<b>Q12</b>	<b>Q13</b>	<b>Q14</b>	<b>Q15</b>
Conflict	<b>Q21</b>	<b>1</b>	<b>Q23</b>	<b>Q12</b>	<b>Q12</b>
Groupthink	<b>Q31</b>	<b>Q32</b>	<b>1</b>	<b>Q12</b>	<b>Q12</b>
Diversity	<b>Q41</b>	<b>Q42</b>	<b>Q43</b>	<b>1</b>	<b>Q12</b>
Team Effectiveness	<b>Q51</b>	<b>Q52</b>	<b>Q53</b>	<b>Q54</b>	<b>1</b>
	Reflexivity	Conflict	Groupthink	Diversity	Team Effectiveness

**Figure 2:** Correlation Matrix of Moderators, Diversity & Team Effectiveness.

Last but not least, we should mention that there is a correlation among all the moderators as well as between the moderators and diversity or team effectiveness (Figure 2). Correlation is quantitatively represented by correlation coefficient which is a measure of the degree of linear relationship between two variables, usually labeled X and Y. The

emphasis in correlation is on the degree to which a linear model may describe the relationship between two moderators as the relationship is the critical aspect.

The computation of the correlation coefficient is most easily accomplished with quantitative data but it becomes extremely difficult with qualitative information like the moderators to team effectiveness. The correlation coefficient may take on any value between plus and minus one. The sign of the correlation coefficient (+ , -) defines the direction of the relationship, either positive or negative. A positive correlation coefficient means that as the one moderator alters, the other moderator alters in the same direction. A negative correlation coefficient indicates that as one moderator increases, the other decreases, and vice-versa. Taking the absolute value of the correlation coefficient measures the strength of the relationship. A correlation coefficient of  $p=0,5$  indicates a stronger degree of linear relationship than one of  $p=0,4$ . Likewise a correlation coefficient of  $p=-0,5$  shows a greater degree of relationship than one of  $p=-0,4$ . Thus a correlation coefficient of zero ( $p=0$ ) indicates the absence of a linear relationship and correlation coefficients of  $p=+1$  and  $p=-1$  indicate a perfect linear relationship.

$W_1$	1	1
1	$W_2$	1
1	1	$W_3$
Reflexivity	Conflict	Groupthink

**Figure 3:** Moderators Weights Matrix.

$W_1$	1	1	*	1	$\rho_{12}$	$\rho_{13}$	.	$W_1 * 1$	$\rho_{12}$	$\rho_{13}$
1	$W_2$	1		$\rho_{21}$	1	$\rho_{23}$		$\rho_{21}$	$W_2 * 1$	$\rho_{23}$
1	1	$W_3$		$\rho_{31}$	$\rho_{32}$	1		$\rho_{31}$	$\rho_{32}$	$W_3 * 1$

**Figure 4:** Weighted Moderator Correlation Matrix.

The correlation coefficient of each moderator can be presented in matrix form (Figure 2) which illustrates all the possible combinations between the moderators, diversity and team effectiveness. The correlation coefficient in the first diagonal of the matrix is equal to one because it presents the correlation coefficient between the same variable which by definition is equal to one. All the other cells of the matrix will vary

between  $-1 < p < 1$  as the outcome of different linear relationship between each of the two moderators. At this point I should mention that not all the moderators have the same significance to team effectiveness. For that reason they must be weighed according to their impact on team effectiveness. The sum of the weights must be equal to one, in a sense that that the weight of each moderator is less than one and higher than zero. In addition, the individual weights must be placed in the first diagonal of a matrix with  $(n, n)$  form where  $n$  equals to the total number of moderators (Figure 3). Thus, the weighted correlation matrix of the moderators will be the sum product of the two matrixes, moderator correlation matrix and moderator weights matrix (Figure 4). The weighted moderator correlation matrix is the guidance to team effectiveness because it illustrates potential inefficiencies which we must take into consideration and with the different use of moderators to eliminate them.

## **5. Conclusion**

In conclusion, the results of the analysis suggest that the relationship between diversity and team outcomes is a very complex one. Many factors seem to affect this relationship such as outcome interdependence, team longevity, task interdependence, conflicts, groupthink and of course reflexivity. Among these factors only reflexivity, conflict and groupthink can be considered as moderators which can in fact influence team effectiveness in diverse workplace. The correlation among these moderators because they are qualitative data is undefined and subject to further investigation and research. Moreover, the correlation among moderators conserves the high complexity of team effectiveness and it is the main explanation for the volatility and variability of cases with diversity, groupthink, conflict, reflexivity to team effectiveness. Hence it is obvious that more research has to be done in order to find out the exact relationship between diversity and team outcomes and the ways we can translate it into quantitative data in order to measure and manage it in favor of team effectiveness.

## References

- De Dreu K.W. Carsten & Van Vianen E.M. Annelies, "Managing relationship conflict and the effectiveness of organizational teams", *Journal of Organizational Behavior*, 2001, 22, 309-328
- De Dreu K.W. Carsten, "Team innovation and team effectiveness: The importance of minority dissent and reflexivity", *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 2002, 11(3), 285-298
- Gordon R. Judith, *Organizational Behavior*, Pearson Prentice Hall International Editions, Seventh Edition, US, 2002
- Jehn K. A., "A multimethod examination of the benefits and detriments of intragroup conflict", *Administrative Science Quarterly*, 1995, 40, 256-282.
- Mohammed Susan and Angell C. Linda, "Surface- and deep-level diversity in workgroups: examining the moderating effects of team orientation and team process on relationship conflict", *Journal of Organizational Behavior*, 2004, 25, 1015-1039
- Moorhead Gregory, Neck P. Christopher, West S. Mindy, "The Tendency toward Defective Decision Making within Self-managing Teams: The relevance of Groupthink for the 21st Century". *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1998, 73, 327-351
- Newstrom W. John, Davis Keith, *Organizational Behavior*, International Edition, Ninth Edition, 1996
- Peterson S. Randal, Owens D. Pamela, Tedlock E. Philip, Fan T. Elliot and Martorana Paul, "Group Dynamics in Top Management Teams: Groupthink, Vigilance, and Alternative Models of Organizational Failure and Success", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1998, 73, 372-305
- Schippers C. Michaela, Den Hartog N. Deanne, Koopman L. Paul and Wienk A. Janique, "Diversity and team outcomes: the moderating effects of outcome interdependence and group longevity and the mediating effect of reflexivity", *Journal of Organizational Behavior*, 2003, 24, 779-802
- Tjosvold Dean, Hui Chun, Ding Z. Daniel and Hu Junchen, "Conflict values and team relationships: conflict's contribution to team effectiveness and citizenship in China", *Journal of Organizational Behavior*, 2003, 24, 69-88
- Vecchio P. Robert, *Organizational Behavior*, The Dryden Press, Harcourt Brace College Publishers, Third Edition, US, 1995
- Webber Sheila Simsarian, Donahue M. Lisa, "Impact of highly and less job-related diversity on work group cohesion and performance: a meta-analysis", *Journal of Management*, 2001, 27, 141-162
- Whyte Glenn, "Recasting Janis's Groupthink Model: The Key Role of Collective Efficacy in Decision Fiascoes", *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1998, 73, 185-209

# Πλαίσιο ανάπτυξης και τεκμηρίωσης διαδικτυακών εφαρμογών

Δρ. Δημήτρης Φωλίνας,  
Επιστημονικός Συνεργάτης,  
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής  
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

Ηρακλής Μαρκέλης,  
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής  
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

---

## Περίληψη

Ο αριθμός των διαδικτυακών εφαρμογών ακολουθώντας το ρυθμό επέκτασης του Διαδικτύου και της δραματικής αύξησης των χρηστών του, έχει αυξηθεί σημαντικά. Η ανάπτυξη των εφαρμογών αυτών αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία, η διαχείριση της οποίας δεσμεύει σημαντικούς πόρους και η επιτυχία αυτής αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας της συνολικής στρατηγικής μιας επιχείρησης / οργανισμού. Όμως η απουσία κάποιας προτυποποιημένης μεθόδου ανάπτυξης και τεκμηρίωσης των εφαρμογών αυτών έχει οδηγήσει σε μη ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σε αρκετές περιπτώσεις, τα στάδια ολοκλήρωσης ενός έργου για το Διαδίκτυο, δεν είναι επακριβώς καθορισμένα από την έναρξη έως τη λήξη του έργου, ενώ είναι συνηθισμένο φαινόμενο η υπέρβαση των χρονικών ορίων υλοποίησής του καθώς και του προϋπολογισμού του.

Οι κύριοι στόχοι της εργασίας ήταν αφενός να δοθεί η δυνατότητα στον υπεύθυνο ανάπτυξης μίας διαδικτυακής εφαρμογής να προσδιορίσει με ευκολότερο, ταχύτερο αλλά και καλύτερο τρόπο τα στάδια ανάπτυξης ενός τέτοιου έργου και αφετέρου να βοηθηθεί στη σωστή αλλά και στη γρήγορη συγγραφή των εγγράφων που πρέπει να συνοδεύουν εφαρμογές αυτού του τύπου. Στην προσπάθεια αυτή αναζητήθηκαν και εξετάστηκαν μεθοδολογίες και πρακτικές ανάπτυξης παραδοσιακών και πολυμεσικών εφαρμογών λογισμικού. Η διαδικασία αυτή αφενός οδήγησε στην κατασκευή ενός πλαισίου ανάπτυξης και τεκμηρίωσης και αφετέρου στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Φιλοδοξία των συγγραφέων της εργασίας είναι να αποτελέσει έναν οδηγό για την ανάπτυξη και τεκμηρίωση αποτελεσματικών και αποδοτικών εφαρμογών του Διαδικτύου.

## Abstract

Web-based applications are growing rapidly in both use and acceptance due to the growth of the Internet. The development of a web application is a complex process, the management of which reserves important resources. Moreover, the outcome of such an undertaking determines in a critical factor the success of the overall business / organization strategy. The absence of disciplined processes for developing and documenting these applications, has lead to many problems. However, in many cases, the development phases for a project targeting at the Internet, from its inception to the end of the project, cannot be explicitly defined and are rather vague. In addition, budget and schedule overruns are often encountered in such kind of projects.

The main goal of this paper is to present an efficient methodology that is available for use and exploitation by individuals and business users that are active in the development of web applications and similar projects. It is believed that the proposed approach can speed up time to market, facilitate the implementation, clarify the development stages and optimize the final product quality. Authors argue that this paper can play the role of a useful roadmap for the development of efficient and effective web-based applications.

### Λέξεις - Κλειδιά:

Διαδικτυακές εφαρμογές, τεχνολογία λογισμικού, ανάλυση και σχεδίαση πληροφοριακών συστημάτων

## 1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη εφαρμογών για το διαδίκτυο ακολουθεί μία δραματική άνθηση. Το περιβάλλον του διαδικτύου χαρακτηρίζεται από εκατομμύρια ιστοχώρους που παρέχουν πληροφορίες και εφαρμογές που είτε εξάγουν την λειτουργικότητα ενδο-επιχειρησιακών εφαρμογών είτε εξυπηρετούν πρακτικές και επιχειρηματικές πρωτοβουλίες του Ηλεκτρονικού Εμπορίου και Επιχειρείν (π.χ. ηλεκτρονικό κατάστημα) [1, 2].

Είναι κοινή άποψη, τόσο για τον ακαδημαϊκό όσο και για τον επιχειρηματικό κόσμο, ότι η ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία, η διαχείριση της οποίας δεσμεύει σημαντικούς πόρους και η επιτυχία αυτής αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας της συνολικής στρατηγικής μιας επιχείρησης / οργανισμού. Παρόλα αυτά, σε αρκετές περιπτώσεις, τα στάδια ολοκλήρωσης ενός έργου για το διαδίκτυο, δεν είναι επακριβώς καθορισμένα από την έναρξη έως τη λήξη του

έργου, ενώ είναι συνηθισμένο φαινόμενο η υπέρβαση των χρονικών ορίων υλοποίησής του καθώς και του προϋπολογισμού του. Σύμφωνα με μία πρόσφατη έρευνα που αφορούσε την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών και πραγματοποιήθηκε εκ μέρους της Cutter Consortium, από τα έργα που ανατίθενται προς υλοποίηση σε εταιρείες ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών [3]:

- Το 84% των παραδοτέων συστημάτων δεν ανταποκρίνονταν στις ανάγκες των επιχειρήσεων για τις οποίες υλοποιήθηκαν.
- Το 53% των παραδοτέων συστημάτων δεν είχαν την απαιτούμενη λειτουργικότητα.
- Το 79% είχε καθυστέρηση στα στάδια υλοποίησης που είχαν οριστεί με αποτέλεσμα τη συνολική καθυστέρηση στην υλοποίηση του έργου.
- Το 63% των έργων ξεπερνούσαν τον προβλεπόμενο προϋπολογισμό.

Επίσης, αυξάνεται ολοένα ο αριθμός των εταιριών που σχεδιάζουν και δημιουργούν εφαρμογές για το διαδίκτυο, ενώ η ζήτηση εξειδικευμένου προσωπικού σε αντίστοιχες ειδικότητες έχει ξεπεράσει το 10% τα τελευταία πέντε χρόνια. Ελάχιστες όμως ως υπάρχουσες είναι οι εταιρείες αυτές που μπορούν να ισχυριστούν πως το μοντέλο ανάπτυξης και τεκμηρίωσης που χρησιμοποιούν εγγυάται την απαιτούμενη ποιότητα στις υπηρεσίες που παρέχονται, παρουσιάζει τους ελάχιστους δυνατούς κινδύνους και είναι διοικητικά έγκυρο και πιστοποιημένο από κάποιον ανώτερο φορέα πως το τελικό προϊόν, που πρόκειται να υλοποιηθεί μέσω αυτού, είναι ένα ποιοτικό προϊόν. Πράγματι, κατά τη διάρκεια της έρευνάς μας ανακαλύψαμε πως, ενώ υπάρχει μοντέλο τυποποιημένων διαδικασιών που αφορά την ολοκλήρωση ενός έργου λογισμικού το οποίο περιέχει και ανάλογα τυποποιημένα έγγραφα διεθνών οργανισμών International Organization for Standardization - ISO και Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE, σε ότι αφορά την υλοποίηση μίας εφαρμογής για το διαδίκτυο δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο που να καθορίζει με ακριβή τρόπο τα στάδια ανάπτυξης ενός τέτοιου έργου αλλά και τα συνοδευτικά του έγγραφα.

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω και κυρίως την έλλειψη ύπαρξης μίας τυποποιημένης διαδικασίας υλοποίησης διαδικτυακών εφαρμογών, έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί ένα γενικά αποδεκτό μοντέλο (ISO/IEC 12207) που εφαρμόζεται στην ολοκλήρωση έργων λογισμικού [4, 5, 6, 7]. Μέσω αυτού του μοντέλου, και λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη και άλλων βοηθητικών εγγράφων (π.χ. οδηγιών χρήσης του εγγράφου ISO/IEC 12207) επιχειρήσαμε να δημιουργήσουμε μία όσο το δυνατό πιο πλήρη μέθοδο υλοποίησης διαδικτυακών εφαρμογών, η οποία βασίστηκε επίσης, σε εργασίες ερευνητών που ασχολήθηκαν με την όλη διαδικασία υλοποίησης πολυμεσικών εφαρμογών αλλά και απλών πρωτοβουλιών του διαδικτύου [8].

Σκοπός της εργασίας είναι να αποτελέσει ουσιαστικό εργαλείο διαθέσιμο προς χρήση και βελτίωση, από άτομα και επιχειρήσεις που ασχολούνται με τη δημιουργία διαδικτυακών εφαρμογών και γενικότερα αντίστοιχων έργων, επιταχύνοντας την όλη

διεργασία ολοκλήρωσης, διευκολύνοντας την υλοποίηση των φάσεων ανάπτυξης, αποσαφηνίζοντας τα στάδια υλοποίησής του και βελτιστοποιώντας τη ποιότητα του τελικού προϊόντος, του οποίου αποδέκτης είναι ο πελάτης.

Η δομή της εργασίας είναι η εξής: στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά εκείνα που διαφοροποιούν τη διαδικασία ανάπτυξης παραδοσιακών και διαδικτυακών εφαρμογών. Βάσει των διαφορών αυτών και των υφιστάμενων μεθοδολογιών που ισχύουν για την ανάπτυξη παραδοσιακών ή/και πολυμεσικών εφαρμογών λογισμικού παρουσιάζεται ένα πλαίσιο τεκμηρίωσης για την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών. Το προτεινόμενο προσδιορίζει τα στάδια ανάπτυξης ενός έργου στο διαδίκτυο και βοηθά στη σωστή αλλά και στη γρήγορη συγγραφή των εγγράφων που πρέπει να συνοδεύουν εφαρμογές αυτού του τύπου, συντάσσοντας έγγραφα τα οποία θα μπορούσαν μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν σαν οδηγοί. Τέλος, εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα και αναφέρονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

## 2. Σύγκριση παραδοσιακών και διαδικτυακών εφαρμογών

Σε μία ενδιαφέρουσα έρευνα στην οποία συμμετείχαν ειδικοί σε θέματα ανάπτυξης λογισμικού και διαδικτυακών εφαρμογών, με τίτλο “Can Internet-Based applications be Engineered?”, ορισμένοι υποστήριξαν πως η τεχνολογία διαδικτύου είναι παρόμοια με την τεχνολογία λογισμικού [9]. Πραγματικά, υπάρχουν αρκετές ομοιότητες (όπως για παράδειγμα η ανάγκη ευθυγράμμισης σε πρότυπα, η σημαντικότητα της πρόληψης των λαθών, η ανάγκη αισθητικά αποδεκτού και μινιμαλιστικού σχεδίου για να αναφέρουμε μερικές από αυτές), όμως υπάρχουν και σημαντικές διαφορές για τις οποίες πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή.

Η εμπλοκή του ανθρώπινου παράγοντα στη διαδικασία ανάπτυξης των διαδικτυακών συστημάτων είναι πολύ σημαντική. Συνεπώς, θα πρέπει να είναι ξεκάθαρα τα απαραίτητα βήματα στη διαδικασία ανάπτυξης οποιουδήποτε τέτοιου συστήματος τα οποία σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με τους χρήστες. Παράλληλα, το περιεχόμενο των πληροφοριών και των λειτουργιών που περιλαμβάνει μία εφαρμογή έχει τη τάση να εξελίσσεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης κατά πολύ περισσότερο από ότι σε κάποια παραδοσιακή εφαρμογή λογισμικού. Πολύ συχνά, όταν ένα διαδικτυακό σύστημα αναπτύσσεται για να αντιμετωπίσει το πρόβλημα κάποιας επιχείρησης, η παρουσίασή του και μόνο ως λύση στο πρόβλημα μεταβάλλει κατά πολύ το αρχικό πρόβλημα. Εκτός αυτού, απαιτούνται περισσότερες αλλαγές στο σύστημα που πρόκειται να υλοποιηθεί, καθώς οι χρήστες αρχίζουν να συνειδητοποιούν τις δυνατότητες του διαδικτύου και ζητούν όλο και περισσότερα εργαλεία και λειτουργίες για την εφαρμογή που πρόκειται να υλοποιηθεί. Επιπλέον, η διεπαφή του χρήστη σε μία διαδικτυακή εφαρμογή (π.χ. ιστοχώρος) πρέπει να είναι περισσότερο αισθητικά ελκυστική, για μία

μελλοντική ομάδα χρηστών, σε σχέση με τις παραδοσιακές εφαρμογές που στηρίζονται σε διεπαφές χρηστών κυρίως μέσω απλών φορμών.

Συνθέτοντας τη βιβλιογραφία [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19], θεωρούμε ότι διακρίνονται τέσσερα σημαντικά στοιχεία που διαχωρίζουν την ανάπτυξη των συστημάτων για το διαδίκτυο από την ανάπτυξη ενός παραδοσιακού λογισμικού:

- Η φύση των εφαρμογών.
- Η διαδικασία ανάπτυξης.
- Η χρήση των εφαρμογών.
- Η εξέλιξη και η συντήρηση.

Ειδικότερα:

### **1. Φύση των εφαρμογών**

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης μιας εφαρμογής για το διαδίκτυο πρέπει να ληφθούν υπόψη όχι μόνο θέματα που σχετίζονται με την λειτουργικότητα, αλλά και θέματα που αφορούν το *περιεχόμενο*, τη χρήση *υπερκειμένων* και τον τρόπο που αυτά θα *παρουσιάζονται* στο χρήστη.

#### *Περιεχόμενο*

Ο βασικός ρόλος του διαδικτύου είναι αυτός του μέσου πληροφόρησης. Πέρα από την απαιτούμενη λειτουργικότητα, η επιτυχία των εφαρμογών για το διαδίκτυο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ίδιο το περιεχόμενό τους. Το περιεχόμενο περιλαμβάνει όχι μόνο δομημένα δεδομένα που διατηρούνται σε σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων αλλά και μη-δομημένα ή ημι-δομημένα δεδομένα που παρέχονται μέσω των κειμένων και των πολυμεσικών εφαρμογών. Ο λόγος της πολυπλοκότητας αυτού του είδους των εφαρμογών είναι πως συχνά το περιεχόμενό τους είναι δυναμικό και συνεχώς ανανεώνεται σε πολύ τακτά χρονικά διαστήματα. Επίσης, οι χρήστες, απαιτούν περιεχόμενο υψηλής ποιότητας, αξιοπιστίας και επικαιροποίησης. Για τους λόγους αυτούς λοιπόν, η επιτυχία της ανάπτυξης μίας διαδικτυακής εφαρμογής εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τα άτομα που συντάσσουν το περιεχόμενό της.

#### *Υπερκειμένα*

Τα υπερκειμένα είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό των διαδικτυακών εφαρμογών. Τα κύρια συστατικά τους στοιχεία είναι οι υπερ-σύνδεσμοι και οι κόμβοι. Τυπικά παραδείγματα χρήσης υπερκειμένων είναι η αναζήτηση πληροφοριών και η πλοήγηση στο διαδίκτυο για παράδειγμα μέσω μηχανών αναζήτησης (π.χ. Google, Altavista κλπ.), η αναζήτηση πληροφοριών (για παράδειγμα σε ηλεκτρονικούς καταλόγους προϊόντων), η αλληλεπίδραση μέσω εφαρμογών ηλεκτρονικής μάθησης καθώς επίσης και η καθοδηγούμενη περιήγηση σε έναν ιστοχώρο. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των υπερκειμένων είναι η μη γραμμικότητα η οποία απαιτεί από τους συντάκτες του περιεχομένου ενός ιστοχώρου αλλά και από τους χρήστες να προσανατολιστούν μέσα σε μία πλη-

θώρα πληροφοριών και επιλογών. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι ο σχεδιασμός του τρόπου πλοήγησης με έναν συγκεκριμένο τρόπο (χρησιμοποιώντας χάρτες πλοήγησης, λέξεις κλειδιά για αναζήτηση, συντομεύσεις προς τις σημαντικές πληροφορίες κλπ.) έτσι ώστε να υποστηρίζεται το χαρακτηριστικό της προσβασιμότητας σε όλη τη διαθέσιμη πληροφορία.

### *Παρουσίαση*

Η οπτική και αισθητική των παραδοσιακών εφαρμογών λογισμικού της αγοράς χαρακτηρίζεται από τυποποιημένες φόρμες αλληλεπίδρασης με τους χρήστες. Η παρουσίαση, αποτελεί κεντρικό ποιοτικό παράγοντα των διαδικτυακών εφαρμογών και είναι αυτή που κυριαρχεί στην πίεση του υψηλού ανταγωνισμού του διαδικτύου όπου η οπτική εμφάνιση συνδέεται άμεσα με τη μόδα, τη μάγκα των προϊόντων που προβάλλονται μέσω των ιστοχώρων και τις νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των εφαρμογών. Επιπρόσθετα, καθώς οι προγραμματιστές, που αναπτύσσουν διαδικτυακές εφαρμογές, γνωρίζουν εκ των προτέρων, πως οι χρήστες των εφαρμογών τους δεν θα έχουν τη δυνατότητα ανάγνωσης κάποιου εγχειριδίου χρήσης αυτού, δίνουν μεγάλη προσοχή στο γραφικό σχεδιασμό του περιβάλλοντος της εφαρμογής και στην της αλληλεπιδραστικότητα του περιεχομένου.

Τέλος, υπάρχουν και διάφορα άλλα θέματα που σχετίζονται με τη φύση των διαδικτυακών εφαρμογών, όπως: η ανάγκη ύπαρξης μηχανισμών πλοήγησης που να εξασφαλίζουν τη γνώση του χρήστη για το που βρίσκεται και που μπορεί να μεταβεί, η αντιστοιχία μεταξύ της εφαρμογής και του πραγματικού κόσμου με τη χρησιμοποίηση γνωστών -σε παγκόσμια βάση- λέξεων, φράσεων, εννοιών και εικόνων, η ανάγκη ύπαρξης αυστηρών μηχανισμών ασφαλείας και η υπερβολική χρήση της αγγλικής γλώσσας.

## **2. Διαδικασία ανάπτυξης**

Οι προγραμματιστές διαδικτυακών εφαρμογών αντιμετωπίζουν συνθήκες υψηλού κινδύνου και αβεβαιότητας οι οποίες δεν υφίστανται στην ανάπτυξη παραδοσιακού λογισμικού.

Συνήθως, η ανάπτυξη μίας διαδικτυακής εφαρμογής απαιτεί τη γνώση και την εμπειρία πολλών και διαφόρων ομάδων εξειδίκευσης από διαφορετικούς χώρους όπως για παράδειγμα οι εκδότες έντυπου υλικού, οι προγραμματιστές, οι διαφημιστές και οι γραφίστες. Τέτοιες ομάδες, συνήθως απαρτίζονται από νέα κυρίως άτομα που δεν συμβιβάζονται εύκολα σε πρότυπα και είναι πρόθυμα να χρησιμοποιήσουν συνεχώς καινοτόμες τεχνολογίες. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό αυτών των ομάδων είναι η ενασχόληση τους με κοινότητες ανοιχτού λογισμικού.

Από την άλλη, η τεχνική υποδομή που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών είναι -κύρια- ετερογενής. Η υλοποίηση μίας τέτοιας εφαρμογής στηρίζεται σε διαφορετικές τεχνολογίες που εξαιτίας της συνεχούς πίεσης για την ολοκλήρωση σε σύντομο χρόνο, σε σχέση με τις απαιτήσεις της αγοράς, χρησιμοποιούνται

επιπόλαια με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συστήματα ασταθή, αναξιόπιστα και μη-χρηστικά.

Οι διαδικτυακές εφαρμογές, πολύ συχνά, πρέπει να ενσωματωθούν σε ήδη υπάρχοντα πεπαλαιωμένα ενδο-επιχειρησιακά συστήματα. Τα συστήματα αυτά δε συνοδεύονται από κατάλληλη τεκμηρίωση και πολύ συχνά μεταβάλλονται χωρίς καμιά αναφορά σχετικά με τις αλλαγές που εφαρμόζονται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αρνητική επιρροή στη ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρει η διαδικτυακή εφαρμογή.

Οι διαδικασίες ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών χαρακτηρίζονται από συχνές αλλαγές και αναπροσαρμογές, οι οποίες είναι απαραίτητες λόγω της γρήγορης τεχνολογικής εξέλιξης, των αλλαγών στην αγορά (λόγω του αυξημένου ανταγωνισμού των εταιριών), τις συνεχείς αλλαγές στις απαιτήσεις των πελατών και των υφιστάμενων μεθοδολογιών.

Επίσης πρόβλημα είναι η έλλειψη τεκμηρίωσης στις εφαρμογές για το διαδίκτυο που αναπτύσσονται. Αποτέλεσμα είναι η μη εφικτή βελτίωσή τους από τρίτους αφού δεν υπάρχει σημείο αναφοράς ή βοήθημα για περαιτέρω ανάπτυξη της διαδικτυακής εφαρμογής (οι εφαρμογές για το διαδίκτυο, σε αντίθεση με το λογισμικό που αναδιανέμεται, είναι ένα προϊόν που συνήθως αποδίδεται στον πελάτη μαζί με τον πηγαίο κώδικα). Όλα αυτά κάνουν αναπόφευκτη τη χρήση επαναλαμβανόμενων, ευέλικτων και πάνω από όλα τυποποιημένων μεθόδων ανάπτυξης.

### **3. Η χρήση των εφαρμογών**

Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές εφαρμογές λογισμικού που στοχεύουν σε συγκεκριμένο αγοραστικό κοινό και έχουν συγκεκριμένες λειτουργικές απαιτήσεις από το λειτουργικό σύστημα του χρήστη, οι διαδικτυακές εφαρμογές απευθύνονται σε ανθρώπους με *διαφορετικό πολιτιστικό και πνευματικό υπόβαθρο*, που χρησιμοποιούν *το δικό τους ανεξάρτητο υπολογιστικό σύστημα* (π.χ. επιτραπέζιος ή φορητός υπολογιστής παλιάς ή νέας τεχνολογίας) και επιλέγουν ελεύθερα *την ώρα και τόπο στον οποίο θα κάνουν χρήση της διαδικτυακής εφαρμογής*. Πολύ συχνά, οι προγραμματιστές δεν είναι σε θέση να προβλέψουν όλες τις ανωτέρω απαιτήσεις.

#### *Ποικιλομορφία και πλήθος των βασικών χρηστών*

Οι χρήστες διαδικτυακών εφαρμογών διαφέρουν σε ηλικία, κοινωνικό και πολιτιστικό υπόβαθρο, στόχους, προθέσεις, ειδικές γνώσεις και ικανότητες. Αυτή η ετερογενή φύση των χρηστών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από τους προγραμματιστές καθώς το περιβάλλον του διαδικτύου είναι πολύ ρευστό. Για το λόγο αυτό οι χρήστες δεν έχουν καμιά δέσμευση στη χρήση των διαδικτυακών εφαρμογών και ο μόνος λόγος για να χρησιμοποιήσουν μία τέτοια εφαρμογή θα είναι επειδή τους παρέχει συγκριτικά πλεονεκτήματα. Είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί τρόπος που λειτουργούν οι χρήστες με μία διαδικτυακή εφαρμογή και εκτός αυτού οι χρήστες μπορούν να κλείσουν την εφαρμογή και να σταματήσουν να τη χρησιμοποιούν οποιαδήποτε στιγμή και με

μεγάλη ευκολία. Επίσης, ο αριθμός των επισκεπτών μίας διαδικτυακής εφαρμογής μπορεί να εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις, πράγμα που κάνει την επισκεψιμότητα ένα θέμα πολύ σημαντικό καθώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

#### *Απρόβλεπτη τεχνική υποδομή*

Οι υπολογιστές των τελικών χρηστών, διαφοροποιούνται σε ότι αφορά το λογισμικό και το υλικό που έχουν στη διάθεσή τους. Συναντούμε χρήστες που έχουν διαφορετική ανάλυση οθόνης, υπολογιστική ισχύ ή ακόμα και έκδοση φυλλομετρητή (π.χ. Netscape, Firefox, Opera κλπ.). Υπάρχουν διαφορές στην ταχύτητα σύνδεσης με το διαδίκτυο που πολλές φορές δεν έχει την απαιτούμενη σταθερότητα, διαθεσιμότητα και αξιοπιστία, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται σημαντικά η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Τέλος, η πολυπλοκότητα αυξάνεται ακόμα περισσότερο αν κανείς αναλογιστεί πως η αναπαράσταση του περιβάλλοντος των διαδικτυακών εφαρμογών στους υπολογιστές των χρηστών είναι πολλές φορές αδύνατο να καθοριστεί από τους προγραμματιστές που τις αναπτύσσουν. Για παράδειγμα, είναι γνωστό πως οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίσουν -για λόγους ασφάλειας- τους φυλλομετρητές τους κατά βούληση και μπορούν να απενεργοποιήσουν ορισμένες βασικές λειτουργίες των προγραμμάτων τους όπως είναι τα cookies ή η χρήση κώδικα JavaScript.

#### *Ποικιλία χρήσης διαδικτυακής εφαρμογής*

Περιλαμβάνει θέματα που αφορούν τον τόπο και τον χρόνο πρόσβασης, προσφέροντας την ευκαιρία να αναπτυχθούν νέα είδη υπηρεσιών που στηρίζονται στην εξέλιξη των φορητών υπολογιστών. Επιπρόσθετα, η πιθανότητα άμεσης και μόνιμης διαθεσιμότητας των διαδικτυακών εφαρμογών απαιτεί να λαμβάνονται υπόψη ειδικά ζητήματα ποιότητας υπηρεσιών όπως είναι η δυνατότητα διαθεσιμότητας μίας υπηρεσίας 24 ώρες το 24ωρο, 7 μέρες την εβδομάδα.

### **4. Εξέλιξη και συντήρηση**

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των διαδικτυακών εφαρμογών είναι η συνεχής τους αλλαγές καθώς και η διαρκής και σε τακτά χρονικά διαστήματα εξέλιξή τους. Η ανάπτυξή τους επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις τεχνολογικές εξελίξεις. Σε συνδυασμό με την αστάθεια των χρηστών του διαδικτύου και τη μεταβολή των απαιτήσεων, η ανταγωνιστικότητα διαρκώς αυξάνεται επιβάλλοντας γρήγορους ρυθμούς στην ανάπτυξη και στην εξέλιξη των διαδικτυακών εφαρμογών. Αντίθετα, η εξέλιξη των συμβατικών εφαρμογών γίνεται βάση χρονοδιαγράμματος με εκδόσεις που απέχουν κατά πολύ χρονικά μεταξύ τους.

Τα ανωτέρω στοιχεία κάνουν το σχεδιασμό και ανάπτυξη εφαρμογών και συστημάτων για το διαδίκτυο ακόμα πιο δύσκολο και πολύπλοκο έργο. Επομένως, οποιαδήποτε μεθοδολογία και αν χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ενός τέτοιου έργου, απαιτεί την εκτέλεση συγκεκριμένων και διακριτών εργασιών, που αφενός βασίζονται

στις απαιτήσεις της εξελισσιμότητας, συντηρησιμότητας και χρηστικότητας και αφετέρου ικανοποιούν τις απαιτήσεις για τεκμηρίωση.

### **3. Προτεινόμενο πλαίσιο ανάπτυξης και τεκμηρίωσης διαδικτυακών εφαρμογών**

Τα τελευταία χρόνια η διαδικασία ανάπτυξης και τεκμηρίωσης διαδικτυακών εφαρμογών θυμίζει την περίοδο της δεκαετίας του '70 όπου η απουσία προτυποποιημένων μοντέλων και κατάλληλων αρχιτεκτονικών οδηγούσε πολύ συχνά σε σύγχυση και σε μη αξιόπιστες εφαρμογές λογισμικού. Η εμπειρία που αποκτήθηκε την παραπάνω περίοδο μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στον σχεδιασμό μιας μεθοδολογίας για την τυποποίηση της ανάπτυξης των εφαρμογών του διαδικτύου και της αντίστοιχης τεκμηρίωσης [20, 21, 22, 23, 24, 25]. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθούν παλαιότερες πρωτοβουλίες και πρότυπα εγγράφων τεκμηρίωσης που δημιουργήθηκαν για την ανάπτυξη διαφορετικού τύπου εφαρμογών (όπως για παράδειγμα πολυμεσικών εφαρμογών) [8]. Τα έγγραφα αυτά θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους προγραμματιστές για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας ανάπτυξης καθώς επίσης και την ελαχιστοποίηση του χρόνου και κόστους.

Η μεθοδολογία που προτείνεται στην εργασία αυτή στηρίζεται στο έγγραφο τυποποίησης ISO/IEC 12207, το οποίο λειτουργεί αφενός ως οδηγός για τον καθορισμό των φάσεων ανάπτυξης του έργου, και αφετέρου ως οδηγός για την τυποποίηση διαδικασίας ανάπτυξης λογισμικού [26, 27].

Η επιλογή του ανωτέρω μοντέλου έγινε για τους εξής λόγους:

- Λειτουργεί αφενός ως οδηγός για τον καθορισμό των φάσεων ανάπτυξης του έργου και αφετέρου ως οδηγός για την τυποποίηση της διαδικασίας ανάπτυξης λογισμικού.
- Αποτελεί πρότυπο του παγκόσμιου οργανισμού ISO και έχει αποδειχτεί στην πράξη η ποιότητα των αναπτυγμένων εφαρμογών.
- Εξασφαλίζει την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών προς τον πελάτη.

Συγκεκριμένα, η μεθοδολογία υλοποίησης μιας διαδικτυακής εφαρμογής που προτείνεται, ακολουθεί μια διαδικασία ανάπτυξης βασισμένη στη συνεργασία και τη γρήγορη διαμόρφωση πρωτοτύπου και ολοκληρώνεται σε έξι φάσεις κύκλου ζωής εφαρμογών. Οι φάσεις αυτές περιγράφονται παρακάτω και επιγραμματικά είναι οι εξής:

1. Έναρξη.
2. Προδιαγραφές.
3. Σχεδιασμός.
4. Υλοποίηση.
5. Έλεγχος - Αναθεώρηση και Αξιολόγηση.
6. Παράδοση και Εγκατάσταση.

Οι βασικές κατηγορίες δραστηριότητας σε κάθε μια από τις έξι φάσεις ανάπτυξης του ιστοχώρου διαμορφώνουν τον πυρήνα της μεθοδολογίας, που υποστηρίζεται από τα παραδείγματα, τα δομικά διαγράμματα και τα πρότυπα του ιστοχώρου. Η επισκόπηση κάθε φάσης ανάπτυξης ακολουθείται από το προσδιορισμό της χρονικής διάρκειάς της, καθώς και από μια σύντομη περίληψη αυτής. Οι δραστηριότητες περιγράφονται καθώς και οι σχετικοί στόχοι. Κάθε τμήμα φάσης ολοκληρώνεται με ένα κατάλογο εργασιών και ένα μηχανισμό ελέγχου των απαιτήσεων που επιβεβαιώνει ότι ο στόχος για τη φάση έχει ολοκληρωθεί όπως απαιτείται. Σε κάθε φάση αναφέρεται ο αριθμός και το είδος των παραδοτέων καθώς και η επιθυμητή ημερομηνία παράδοσής τους.

Αναλυτικότερα, το προκαταρκτικό σχέδιο προγράμματος αποτελείται από τις εξής φάσεις [28, 29]:

### **1. Έναρξη έργου**

Η φάση έναρξης, είναι απαραίτητη στο προγραμματισμό για την ανάπτυξη ενός έργου. Οι διεργασίες περιλαμβάνουν τον καθορισμό της γενικής στρατηγικής καθώς και των μελλοντικών δαπανών, σε ότι αφορά το προϋπολογισμό του έργου. Επίσης, προσδιορίζονται οι πολιτικές ελέγχου αλλαγών του έργου, τα κριτήρια αποδοχής φάσεων από τον πελάτη και παρουσιάζεται ένα έγγραφο περιγραφής έργου.

Επιγραμματικά κατά τη φάση έναρξης του έργου, διενεργούνται οι εξής εργασίες:

- Υλοποίηση συνοπτικής αναφοράς ιδεών και αναγκών.
- Υλοποίηση προσχεδίου προγραμματισμού ανάπτυξης.
- Σχεδιασμός προκαταρκτικού πλάνου.

### **2. Προδιαγραφές**

Σε αυτήν την φάση αναπτύσσεται το έγγραφο περιγραφής απαιτήσεων, που είναι βασισμένο στο πρότυπο ANSI/IEEE Std 830-1984 [Για παράδειγμα, ο διαχειριστής της τελικής εφαρμογής θα έχει τη δυνατότητα ανανέωσης και εισαγωγής περιεχομένου]. Περισσότερες πληροφορίες για τις διαδικασίες που θα ακολουθεί και το τρόπο διεκπεραίωσης των εργασιών του στην εφαρμογή δίνονται στη 2<sup>η</sup> φάση ανάπτυξης. Παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα, σε ότι αφορά τα κριτήρια χρησικότητας και προσβασιμότητας της εφαρμογής, τα οποία αποτελούν και μέρος της ποιοτικής συμφωνίας του έργου. Η ποιοτική συμφωνία, που αφορά τις επιμέρους φάσεις ανάπτυξης του έργου αλλά και τη μέθοδο ελέγχου προσβασιμότητας και χρησικότητας του ιστοχώρου, αποτελείται από το έγγραφο του διεθνούς οργανισμού W3C, Web Content Accessibility Guidelines 1.0 (Οδηγίες Προσβασιμότητας μισαδικτυακού Περιεχομένου 1.0) [30]. Τα κριτήρια αυτά λαμβάνονται υπόψη κατά την εφαρμογή των ευρετικών μεθόδων ελέγχου χρησικότητας του ιστοχώρου αλλά και καθ' όλη τη διαδικασία υλοποίησης του έργου (εφαρμογή σε όλες σχεδόν τις φάσεις ανάπτυξης). Επιγραμματικά

κατά τη φάση ανάπτυξης των προδιαγραφών της εφαρμογής / έργου, διενεργούνται οι εξής εργασίες:

- Ανάλυση χρηστών (προσδιορισμός χαρακτηριστικών).
- Γενικές προδιαγραφές έργου.
- Έλεγχος και αναθεώρηση φάσεως έργου.

### **3. Σχεδιασμός**

Το κύριο παραδοτέο έγγραφο αυτής της φάσης είναι το έγγραφο περιγραφής σχεδιασμού, το οποίο στηρίζεται στο πρότυπο ANSI/IEEE Std 1016-1987 και στο οποίο προσδιορίζεται η ανθρώπινη δραστηριότητα που θα υποστηρίζεται από το περιβάλλον της εφαρμογής. Καθορίζονται τα προσδοκώμενα χαρακτηριστικά των χρηστών, παρατίθεται μετάφραση ειδικού εγγράφου με τις Οδηγίες Προσβασιμότητας διαδικτυακού Περιεχομένου (από το διεθνή οργανισμό τυποποίησης διαδικτυακού περιεχομένου W3C) και βάση αυτού περιγράφεται μια λύση στο πρόβλημα του σχεδιασμού των ιστοσελίδων του δικτυακού τόπου. Παραλλαγές σχεδίου, ονομάζουμε τα σκαριφήματα που θα αποδίδουν τη μορφή και το γενικό στοίχιση του γραφικού περιβάλλοντος και του περιεχομένου των ιστοσελίδων. Επίσης, παραδίδονται οι αρχικές παραλλαγές σχεδίου αλλά και οι τελικές, οπτικές παραλλαγές σχεδίου των ιστοσελίδων. Η μορφή των παραδοτέων προϊόντων αυτής της φάσεως είναι είτε έγγραφη, είτε ψηφιακή (σε CD-ROM), υπό τη μορφή απλής πολυμεσικής εφαρμογής.

Επιγραμματικά κατά τη φάση ανάπτυξης του σχεδιασμού της εφαρμογής, διενεργούνται οι εξής εργασίες:

- Σχεδιασμός διεπαφών χρήστη.
- Υλοποίηση χάρτη πλοήγησης.
- Υλοποίηση σκαριφημάτων (χειρόγραφα, ψηφιακά).
- Υλοποίηση διαγράμματος ροής πληροφορίας και δομής.

### **4. Υλοποίηση**

Στη διάρκεια αυτής της φάσης, ο έλεγχος των αλλαγών είναι σημαντικός, καθώς μέσω αυτού δίνεται μεγάλη προσοχή στη λεπτομέρεια. Η τήρηση των ήδη διευκρινισμένων τεχνικών πτυχών και οι διαμορφώσεις ελέγχονται και αναθεωρούνται. Το υλικό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως περιεχόμενο για την εφαρμογή οριστικοποιείται και το κύριο έγγραφο που παραδίδεται είναι μία προέκδοση του εγγράφου προτυποποίησης της εφαρμογής.

Επιγραμματικά κατά τη φάση υλοποίησης της διαδικτυακής εφαρμογής, διενεργούνται οι εξής εργασίες:

- Απόκτηση υλικού (περιεχόμενο).
- Ολοκλήρωση ιστοσελίδων (υλοποίηση).
- Υλοποίηση προέκδοσης της εφαρμογής.
- Αναθεώρηση προϋπολογισμού του έργου (αν κρίνεται αναγκαίο).

### **5. Έλεγχος - Αναθεώρηση και αξιολόγηση**

Αυτή η φάση εμφανίζεται καθ' όλη την επαναληπτική διαδικασία ανάπτυξης, καθώς και στη προτελευταία φάση του έργου. Είναι σημαντικό, στο τέλος κάθε κύκλου, να εξετάζουμε τη κατάσταση στην οποία βρισκόμαστε, με αυστηρά κριτήρια, πριν αρχίσει η επόμενη φάση. Το προϊόν της φάσης αυτής είναι το έγγραφο περιγραφής και καταγραφής ελέγχων.

Επιγραμματικά κατά τη φάση αναθεώρησης και αξιολόγησης, διενεργούνται οι εξής εργασίες:

- Εφαρμογή της στρατηγικής ελέγχου.
- Καταγραφή των αποτελεσμάτων της δοκιμής.
- Αθροιστική αξιολόγηση των παραπάνω εργασιών.

### **6. Παράδοση και εγκατάσταση**

Το επίπεδο υποστήριξης πελατών, υποστήριξης απόδοσης και συντήρησης του έργου οριστικοποιείται. Η παράδοση προϊόντων τυποποιείται με την υπογραφή ενός συμφωνητικού αποδοχής που περιέχει αναφορές επισκοπήσεων για κάθε ένα από τα κατατεθειμένα έγγραφα των περασμένων φάσεων καθώς και μία τελική αναφορά σε όσα έχουν γίνει. Συστήνεται αναθεώρηση της γενικής συμπεριφοράς του έργου με διορθωτικές ενέργειες, αν αυτό κριθεί αναγκαίο. Τέλος, κατατίθεται και το οριστικό έγγραφο προτυποποίησης του ιστοχώρου, του οποίου η υλοποίηση βασίζεται στη προέκδοση του εγγράφου προτυποποίησης της εφαρμογής καθώς και στο έγγραφο περιγραφής και καταγραφής ελέγχων. Επιγραμματικά κατά τη φάση παράδοσης και εφαρμογής του έργου, διενεργούνται οι εξής εργασίες:

- Υλοποίηση εγγράφου έκδοσης (τεκμηρίωση, προτυποποίηση).
- Υλοποίηση εγγράφου έκδοσης τελικής περιγραφής φάσεων του έργου.
- Πακετάρισμα της εφαρμογής.
- Εγκατάσταση - έκδοση στο διαδίκτυο.
- Αποδοχή του έργου από τους πελάτες.

Τα έγγραφα παρουσιάζονται παρακάτω Πίνακες 1, 2 και 3:

**Πίνακας 1:**  
**Έγγραφο περιγραφής έργου (έναρξη έργου)**

Τίτλος	Έγγραφο περιγραφής έργου (έναρξη έργου)		
Περιγραφή	Περιέχει τον αριθμό βημάτων που πρέπει να ακολουθηθούν για την ολοκλήρωση μιας διαδικτυακής εφαρμογής καθώς και μία σύντομη περιγραφή τους		
Τμήματα	1. Εισαγωγή		
		Πεδία	Τίτλος
			Σκοπός - Περιγραφή
		1.1	Σκοπός
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιγραφή της μεθοδολογίας που θα ακολουθηθεί</li> <li>• Απευθύνεται σε όλους τους εμπλεκόμενους</li> </ul>
		1.2	Γενική Άποψη
			Περιγραφή του τελικού έργου που πρόκειται να υλοποιηθεί
	2. Γενική περιγραφή	Περιγράφεται η μεθοδολογία ανάπτυξης που εφαρμόζεται για την υλοποίηση του έργου, καθώς και οι επιμέρους εργασίες των φάσεων ανάπτυξης	
		2.1	Περιγραφή μεθοδολογίας ανάπτυξης
			Αναφέρεται το πρότυπο στο οποίο στηριζόμαστε για την εφαρμογή της μεθοδολογίας (ISO/IEC 12207) καθώς και μία σύντομη περιγραφή της
		2.2	Προγραμματισμός ανάπτυξης του έργου
			Ο προγραμματισμός της μεθοδολογίας περιλαμβάνει τις εξής ενότητες: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Καθορισμός της Γενικής Στρατηγικής</li> <li>• Μελλοντικές δαπάνες</li> <li>• Πολιτική ελέγχου αλλαγών</li> <li>• Προκαταρκτικό σχέδιο προγράμματος</li> </ul>
	4. Παραρτήματα	Διάφορα διαγράμματα και υλικό που θα βοηθήσει τον πελάτη να έχει μία πληρέστερη εικόνα για το σύνολο του έργου που πρόκειται να υλοποιηθεί	
	5. Βιβλιογραφία		

**Πίνακας 2: Έγγραφο περιγραφής απαιτήσεων (προδιαγραφές)**

Τίτλος	Έγγραφο περιγραφής απαιτήσεων (προδιαγραφές)			
Περιγραφή	Περιέχει τις απαιτήσεις που υπάρχουν από τους χρήστες, βασισμένες στη διαθέσιμη τεχνολογία του πελάτη (μηχανολογικός εξοπλισμός, γνώσεις πληροφορικής) αλλά και στο πρόβλημα το οποίο καλούμαστε να επιλύσουμε			
Τμήματα	1. Εισαγωγή			
		Πεδία	Τίτλος	Σκοπός - Περιγραφή
		1.1	Σκοπός	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Προσδιορισμός όλων των αναγκών κατά τρόπο κατανοητό, σαφή, πλήρη, συνεπή και επαληθεύσιμο</li> <li>• Απευθύνεται σε όλους τους εμπλεκόμενους</li> </ul>
		1.2	Γενική Άποψη	Περιγραφή των απαιτήσεων του έργου που πρόκειται να υλοποιηθεί
		1.3	Ορισμοί, Ακρωνύμια και Συντομογραφίες	Περιγραφή δυσνόητης ορολογίας, ακρωνύμων και συντομογραφιών που είναι απαραίτητα για τη σύνταξη του εγγράφου
		1.4	Αναφορές	Η χρησιμοποιούμενη βιβλιογραφία
		1.5	Επισκόπηση	Ανασκόπηση του περιεχομένου του εγγράφου και αναφορά στον τρόπο υλοποίησής του
	2. Γενική περιγραφή	Παρέχει μία επισκόπηση των λειτουργιών και περιορισμών του ιστοχώρου, ο οποίος πρόκειται να αναπτυχθεί		
		2.1	Προοπτική προϊόντος	Ο λόγος για τον οποίο θα υλοποιήσουμε την εφαρμογή, που απευθύνεται και ποιες θα είναι οι υπηρεσίες που θα παρέχει
		2.2	Λειτουργίες του προϊόντος	Αναφορά των υπηρεσιών προς τους εμπλεκόμενους χρήστες
		2.3	Χαρακτηριστικά χρηστών	Προσδιορισμός των χρηστών σε ότι αφορά την ηλικία τους, των λόγων που θα κάνουν χρήση της συγκεκριμένης εφαρμογής καθώς και το υλικό που θα έχουν στη διάθεσή τους
		2.4	Γενικοί περιορισμοί	Παραδοχές και προσδιορισμός των απαραίτητων χαρακτηριστικών του διαθέσιμου συστήματος αλλά και των χρηστών
	3. Ειδικές απαιτήσεις	Παρέχει μία περιγραφή των λειτουργιών του ιστοχώρου, των εισόδων, των εξόδων καθώς και λεπτομερειών που αφορούν την επεξεργασία των δεδομένων		

		3.1	Λειτουργικές Απαιτήσεις	Αναφορά στο σύνολο των λειτουργιών του συστήματος που πρόκειται να αναπτυχθεί
		3.2	Απαιτήσεις Εξωτερικών Διεπαφών	Καταγραφή απαιτήσεων τελικών χρηστών για τον τρόπο αλληλεπίδρασης με την εφαρμογή
		3.3	Ιδιώματα	Απαραίτητες προϋποθέσεις και χαρακτηριστικά της εφαρμογής που θα αναπτυχθεί. Ικανοποιούν όλα τα κριτήρια ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος
	4. Παραρτήματα	Οργανογράμματα περιγραφής της δομής της εφαρμογής και υλικό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την ορθότερη ολοκλήρωση		

**Πίνακας 3: Έγγραφο περιγραφής σχεδίου (σχεδιασμός)**

Τίτλος	Έγγραφο περιγραφής σχεδίου (σχεδιασμός)			
Περιγραφή	Περιέχει τον τρόπο σχεδιασμού της εφαρμογής και απευθύνεται στον πελάτη καθώς και στον μελλοντικό προγραμματιστή που θα αναλάβει τη βελτίωσή της. Το περιεχόμενό του μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητό από κάποιον που δεν έχει ιδιαίτερες γνώσεις πληροφορικής και παράλληλα παρέχει την απαραίτητη τεχνική ανάλυση για την εξέλιξη της εφαρμογής			
Τμήματα	1. Εισαγωγή			
		Πεδία	Τίτλος	Σκοπός - Περιγραφή
		1.1	Σκοπός	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Προσδιορισμός όλων των σχεδιασμού κατά τρόπο κατανοητό, σαφή, πλήρη, συνεπή και επαληθεύσιμο</li> <li>• Απευθύνεται σε όλους τους εμπλεκόμενους</li> </ul>
		1.2	Γενική Άποψη	Προσδιορισμός του περιεχομένου του εγγράφου σχεδιασμού
		1.3	Ορισμοί, Ακρωνύμια και Συντομογραφίες	Περιγραφή δυσνόητης ορολογίας, ακρωνύμων και συντομογραφιών που είναι απαραίτητα για τη σύνταξη του εγγράφου
		1.4	Αναφορές	Η χρησιμοποιούμενη βιβλιογραφία
		1.5	Επισκόπηση	Ανασκόπηση του περιεχομένου του εγγράφου και αναφορά στο τρόπο υλοποίησής του
	2. Γενική περιγραφή	Παρέχει μία επισκόπηση των λειτουργιών και περιορισμών του ιστοχώρου, ο οποίος πρόκειται να αναπτυχθεί		

		2.1	Περιγραφή αποσύνθεσης δυναμικών ιστοσελίδων	Διαχωρισμός του κώδικα της εφαρμογής σε τμήματα βάσει των λειτουργιών που εκτελούνται
		2.2	Περιγραφή αποσύνθεσης ιστοσελίδων διαχείρισης	Διαχωρισμός του κώδικα της εφαρμογής σε τμήματα βάσει των λειτουργιών που εκτελούνται
	3. Σχέδιο δεδομένων	Παρέχει μία περιγραφή των λειτουργιών του ιστοχώρου, των εισόδων, των εξόδων καθώς και λεπτομερειών που αφορούν την επεξεργασία των δεδομένων		
		3.1	Αρχεία και βάσεις δεδομένων	Διαχείριση αρχείων και η σχέση τους με τη βάση δεδομένων της εφαρμογής (αποθήκευση αρχείων και πληροφοριών που σχετίζονται με αυτά)
		3.2	Δομές δεδομένων	Ανάλυση της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιεί η εφαρμογή
	4. Σχέδιο Ιστοσελίδων	Αποτελεί συνέχεια της ενότητας [2] αναλύοντας σε βάθος τις λειτουργίες των τμημάτων που αναφέρονται σε αυτή με τρόπο όσο το δυνατό κατανοητό		
		4.1	Σχέδιο δυναμικών ιστοσελίδων	Ανάλυση των λειτουργιών της παραγράφου [2.1]
		4.2	Σχέδιο ιστοσελίδων διαχείρισης	Ανάλυση των λειτουργιών της παραγράφου [2.2]
	5. Περιγραφή διεπαφών ιστοχώρου	Περιγράφεται με τρόπο όσο το δυνατό πιο κατανοητό κώδικας που δομεί τις διεπαφές του συστήματός μας. Αποτελεί συμπλήρωμα της ενότητας [4].		
		5.1	Περιγραφή διεπαφών δυναμικών ιστοσελίδων	Αναφορά των λειτουργιών του κώδικα που συνθέτει τις διεπαφές των δυναμικών ιστοσελίδων
		5.2	Περιγραφή διεπαφών ιστοσελίδων διαχείρισης	Αναφορά των λειτουργιών του κώδικα που συνθέτει τις διεπαφές των ιστοσελίδων διαχείρισης
	6. Θέματα ασφάλειας ιστοχώρου	Ανάλυση των θεμάτων ασφάλειας όπως αυτά προέκυψαν κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της εφαρμογής. Οι υποενότητες περιέχουν τις κατηγορίες των τμημάτων της εφαρμογής, για τις οποίες ήταν απαραίτητη η εξασφάλιση της ακεραιότητας και της ασφαλούς χρήσης των δεδομένων		

		6.1	Ασφάλεια τομέα διαχείρισης	Σύντομη αναφορά στη χρήση μεθόδων ασφάλειας του συγκεκριμένου τομέα
	7. Παραρτήματα	Εκτενέστερη τεχνική αναφορά στα τμήματα του κώδικα του συστήματος. Οι ενότητες αυτές αφορούν το τεχνικό που θα προχωρήσει στην επιπλέον μελλοντική ανάπτυξη του συστήματος και θα χρειαστεί κάποια τεκμηρίωση του κώδικα		

## 4. Συμπεράσματα

Το διαδίκτυο έδωσε νέες δυνατότητες δημιουργίας, καθοδήγησης και επίτευξης διαφοροποίησης, στο τομέα των επιχειρήσεων. Η πληθώρα εργαλείων και τεχνολογιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη γρήγορη ανάπτυξη και επέκταση των εφαρμογών, αποτελούν ένα συγκριτικό πλεονέκτημα του διαδικτύου. Επιπλέον, η ανάπτυξη εφαρμογών για το διαδίκτυο χαρακτηρίζεται από την ανάγκη για τη βέλτιστη χρήση του χρόνου ως καθοριστικού παράγοντα για την επιτυχία. Σε ένα περιβάλλον όπου η ανταγωνιστικότητα των προϊόντων εξαρτάται άμεσα από τη γρήγορη απόκριση τους στις ανάγκες των πελατών τους, η ολοκλήρωση όλων των απαιτήσεων μίας επιχείρησης και η παροχή της μέγιστης δυνατής αξίας στον πελάτη είναι το κύριο μέλημα ενός προγραμματιστή.

Όμως, το σύνηθες αίτημα των πελατών, για μείωση του χρόνου υλοποίησης, θέτει σε δεύτερη μοίρα στοιχεία που θεωρούνται βασικά για την επιτυχία μιας εφαρμογής για το διαδίκτυο όπως είναι η χρησιμότητα των διεπαφών και των παρεχόμενων εργαλείων στοιχεία που οδηγούν πολλές φορές στη δημιουργία μη ποιοτικών αποτελεσμάτων από τους προγραμματιστές. Για τη δημιουργία ενός χρηστικού και ολοκληρωμένου προγράμματος για το διαδίκτυο, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός των λειτουργικών απαιτήσεων της εφαρμογής που πρόκειται να αναπτύξουμε.

Οι κύριοι στόχοι της εργασίας ήταν αφενός να δοθεί η δυνατότητα στον υπεύθυνο ανάπτυξης μίας διαδικτυακής εφαρμογής να προσδιορίσει με ευκολότερο, ταχύτερο αλλά και καλύτερο τρόπο τα στάδια ανάπτυξης ενός τέτοιου έργου και αφετέρου να βοηθηθεί στη σωστή αλλά και στη γρήγορη συγγραφή των εγγράφων που πρέπει να συνοδεύουν εφαρμογές αυτού του τύπου.

Στην προσπάθεια αυτή αναζητήθηκαν και εξετάστηκαν μεθοδολογίες και πρακτικές ανάπτυξης παραδοσιακών και πολυμεσικών εφαρμογών λογισμικού. Η διαδικασία αυτή αφενός οδήγησε στην κατασκευή ενός πλαισίου ανάπτυξης και τεκμηρίωσης και αφετέρου στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων:

- Οι κύριες αιτίες για την αποτυχία των διαδικτυακών συστημάτων είναι ο ελλιπής σχεδιασμός και η ανάπτυξη των διαδικασιών, καθώς και η φτωχή διαχείριση κατά τη διάρκεια ανάπτυξής τους. Αναφέροντας τα συγκεκριμένα προβλήματα είναι σημαντικό να κατανοήσουμε πλήρως τις δυνατότητες του διαδικτύου.

- Η διεθνής βιβλιογραφία πάνω σε θέματα ανάπτυξης ιστοχώρων καθώς και τα έγγραφα που εκδίδουν έγκυροι παγκόσμιοι οργανισμοί σχετικά με την υλοποίηση χρηστικών και χρηστο-κεντρικών εφαρμογών (π.χ. [www.w3c.org](http://www.w3c.org)), αποτελούν άριστους οδηγούς για τη δημιουργία λειτουργικών, χρηστικών και αισθητικά ποιοτικών διαδικτυακών προϊόντων.
- Είναι ουσιαστικό να τονιστεί (ιδιαίτερα στον πελάτη), η σημαντικότητα της τεκμηρίωσης και των παραδοτέων εγγράφων αλλά και ο ρόλος που ο ίδιος συντελεί στη τελική τους διαμόρφωση και κατ' επέκταση, εμμέσως, στην υλοποίηση του τελικού προϊόντος. Ίσως με το τρόπο αυτό γίνει δυνατή και η εφαρμογή της αξιολόγησης των παραδοτέων εγγράφων μέσω ερωτηματολογίων.
- Η ανωτέρω προσπάθεια πρέπει να εντοπιστεί στη σύνταξη παραδοτέων εγγράφων με, όσο το δυνατό, πιο κατανοητό «λόγο» προς το ευρύ κοινό, που δεν έχει εγκλιματιστεί με τις έννοιες και τη γενικότερη ορολογία των νέων τεχνολογιών.
- Προτού ξεκινήσει η υλοποίηση μιας διαδικτυακής εφαρμογής πρέπει να είναι ξεκάθαρη η εικόνα του κύκλου ζωής της κάθε φάσης που εκτελείται. Αν η εφαρμογή αποτελείται από αρκετές στατικές ιστοσελίδες, τότε πολύ πιθανό είναι να παρατηρηθούν μικροί κύκλοι ζωής κατά τις φάσεις υλοποίησης. Σε περίπτωση όμως υλοποίησης μιας σύνθετης διαδικτυακής εφαρμογής, ο κύκλος ζωής των επιμέρους φάσεων ανάπτυξης, εξαρτάται από την κατέχουσα τεχνογνωσία και από το σωστό αρχικό σχεδιασμό, σε ότι αφορά τις απαιτήσεις και το τρόπο υλοποίησης του έργου (επιλογή κώδικα ανάπτυξης - γλώσσας προγραμματισμού, τεχνολογιών κλπ.).
- Κατά τη φάση του προσδιορισμού των απαιτήσεων της εφαρμογής που πρόκειται να αναπτυχθεί, είναι απαραίτητος ο έλεγχος των γνώσεων του πελάτη σε θέματα διαδικτύου και νέων τεχνολογιών, καθώς αυτές είναι που καθορίζουν και το επίπεδο συνεργασίας στις επί μέρους φάσεις της υλοποίησης του έργου. Η επιλογή του κατάλληλου ατόμου, που θα εκπροσωπεί τον πελάτη στις διαδικασίες ελέγχου και ανατροφοδότησης, είναι καθοριστική για την επιτυχή πορεία της ανάπτυξης της εφαρμογής και είναι άμεσα συνδεδεμένη με το επίπεδο της παιδείας αυτού πάνω στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και γενικότερα στο τομέα της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών.
- Είναι επιθυμητό, οι παραδοτέες παραλλαγές σχεδίου να είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στην εικόνα του τελικού προϊόντος. Αποδεικνύεται πως, οποιαδήποτε άλλη μορφή σκαριφήματος των διεπαφών και των ιστοσελίδων, είναι δύσκολο να γίνει κατανοητή και επομένως να αξιολογηθεί κατάλληλα από τον πελάτη.
- Το προτεινόμενο πλαίσιο παραβλέπει ορισμένα έγγραφα που θεωρούνται βασικά στις μεθοδολογίες ανάπτυξης παραδοσιακών και πολυμεσικών εφαρμογών. Η μη υλοποίηση των εγγράφων αυτών βοηθά στη γρηγορότερη ολοκλήρωση του έργου και στη καλύτερη επικοινωνία με τον πελάτη.

Τέλος, εκτιμάται ότι η ύπαρξη ενός λογισμικού που βασίζεται στο προτεινόμενο πλαίσιο θα αποτελέσει έναν οδηγό που θα αυτοματοποιήσει τη διαδικασία ανάπτυξης και τεκμηρίωσης των εξεταζόμενων εφαρμογών. Το συμπέρασμα αυτό αποτελεί αντικείμενο μελλοντικής έρευνας των συγγραφέων της παρούσας εργασίας.

## Βιβλιογραφία

1. Taylor, M. McWilliam, J. Sheehan, J. and Mulhaney, A. 2002. "Maintenance issues in the Web site development process", *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, 14(2): 109-122.
2. Berners-Lee, T. 1996. "WWW: Past, Present, and Future", *IEEE Computer*, 29 (10), Oct., 1996, pp. 69-77.
3. Cutter Consortium, 2000. "Poor Project Management Number-one Problem of Outsourced E-projects", *Cutter Research Briefs*, <http://www.cutter.com/research/2000/crb001107.html>.
4. ISO/IEC 12207, 1995. "Information Technology - Life Circle Processes".
5. ISO/IEC TR 15271, 1998. "Information Technology - Guide to the Use of ISO/IEC 12207".
6. IEEE Guide to Software Requirements Specification ANSI/IEEE Std 830, 1984. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineering.
7. ANSI/IEEE Std 1016, 1987. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineering.
8. Rout, T. and Sherwood, C., 2002. "Software Quality Institute and School of Computing and Information Technology", IEEE - Software Engineering Standards and the Development of Multimedia-Based Systems - Conference Proceedings, [www.computer.org](http://www.computer.org).
9. Pressman, R. S., 1998. "Can Internet-Based Applications Be Engineered?", *IEEE Software*, 15 (5), pp. 104-110.
10. Pressman, R. S., 2000. "Chapter 29: Web Engineering". *In: Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 5<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill.
11. Vidgen, R., 2002. "What's so different about developing web-based information systems?". Proc. of 10<sup>th</sup> European Conference on Information Systems, Gdansk, Poland, June 2002.
12. Balasubramaniam, R., Pries-Heje, J. and Baskerville, R. 2002. "Internet Software Engineering: A Different Class of Processes", *Annals of Software Engineering*, 14 (1-4), pp. 169-195.
13. Conklin, J., 1987. "Hypertext: An Introduction and Survey", *IEEE Computer*, 20 (9), pp. 17-41.
14. Kappel, G., Pröll, B., Retschitzegger, W. and Schwinger, W., 2003. "Customisation for Ubiquitous Web Applications - A Comparison of Approaches", *International*

- Journal of Web Engineering and Technology (IJWET)*, Inderscience Publishers.
15. Deshpande, Y. and Hansen, S., 2001. "Web Engineering: Creating a Discipline among Disciplines", *Special Issue on Web Engineering, IEEE Multimedia*, 8 (2), pp. 82-87.
  16. Ginige, A., 2000. "Web Engineering in Action", Proc. of the 2<sup>nd</sup> ICSE Workshop on Web Engineering (held in conjunction with the Int. Conf. on Software Engineering (ICSE), Limerick, Ireland, June, 2000).
  17. Grünbacher, P., Ramler, R., Retschitzegger, W. and Schwinger, W., 2004. "Making Quality a First-Class Citizen in Web Engineering", Proc. of the 2<sup>nd</sup> Workshop on Software Quality (SQW), held in conjunction with the 26<sup>th</sup> Int. Conf. on Software Engineering (ICSE), Edinburgh, Scotland, May, 2004.
  18. Lowe, D. and Hall, W., 1999. "Hypermedia and Web: An Engineering Approach", Wiley & Sons.
  19. Holck, J. and Clemmensen, T., 2001. "What Makes Web Development Different?", Presented at the 24<sup>th</sup> Information Systems Research Seminar in Scandinavia (IRIS) Ulvik, Norway, August 2001.
  20. Conallen, J., 2000. "Building Web Applications with UML", Addison Wesley.
  21. DiNucci, D., 1998. "Elements of Web Design", Peachpit.
  22. Powell, T.A., 1998. "Web Site Engineering", Prentice Hall.
  23. Isakowitz, T., Stohr, E. and Balasubramaniam, P., 1995. "RMM, A Methodology for Structured Hypermedia Design", *Communications of the ACM*, New York, v.38, n.8, pp. 34-44.
  24. Azevedo de Lima, F. Price, R.T., 1998. "Towards an Integrated Design Methodology for Internet-based Information Systems", HTF5: The Fifth International Workshop on Engineering Hypertext Functionality into Future Information Systems, 1998.
  25. Schwabe, D. and Rossi, G., 1998. "An Object Oriented Approach to Web-Based Application Design", *Theory and Practice of Object Systems* 4(4).
  26. Lowe, D., 2001. "A Framework for Defining Acceptance Criteria for Web Development Projects" - S. Murugesan and Y. Deshpande (Eds.): *WebEngineering 2000 - LNCS 2016*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001, pp. 279-294.
  27. Taylor, M., McWilliam, J., Sheehan, J. and Mulhaney A., 2002. "Maintenance issues in the Web site development process", *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, 14(2): 109-122.
  28. W3C, 2004. "Checklist of checkpoints for web content Accessibility guidelines 1.0", <http://www.w3.org/TR/WAI-WEBCONTENT/full-checklist.html>.
  29. Newman, M. and Landay, J., 2002. "Sitemaps, Storyboards, and Specifications: A Sketch of Web Site Design Practice".
  30. IBM Corporation, 2004. "Ease of Use: User-Centered Design section", [http://www-3.ibm.com/ibm/easy/eou\\_ext.nsf/Publish/570PV](http://www-3.ibm.com/ibm/easy/eou_ext.nsf/Publish/570PV).

# *Intelligent Robotic System for Performing Dermal Allergy Tests*

*St. Karagiannis  
D. Papachristos  
Department of Automation  
TEI of Piraeus*

*C. Balafoutis  
Department of Computer Systems  
TEI of Piraeus*

*I. D. Krikos  
Clapham Common North*

---

## **Abstract**

In this paper we are presenting some preliminary results of a project\* entitled "Intelligent Robotic System for Allergy Diagnosis". This project is supported by the ARCHIMEDES I program and its aim is to analyze the application of robotics and artificial intelligence into immunology in order to assist, with a minimum cost, appropriate medical diagnosis for a number of allergic diseases. To achieve this goal we are planning to develop an intelligent system which with the help of a vision system will guide a robotic arm to perform autonomously the necessary allergy tests and then based on an expert system will provide a report with the appropriate medical diagnosis. Here, following a brief discussion of this project, we are presenting results of the first phase of the project which is concerned with the analysis of system specifications. The results presented here are dealing mainly with the robotic subsystem of the proposed intelligent system.

\* *This research has been conducted within the framework of the "Archimedes: Funding of research groups in TEI of Piraeus" project, co-funded by the European Union (75%) and the Greek Ministry of Education (25%)*

## Περίληψη

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζονται τα πρώτα αποτελέσματα ενός έργου με τίτλο «Ευφύες Ρομποτικό Σύστημα Διάγνωσης Αλλεργιών». Αυτό το έργο υποστηρίζεται από το πρόγραμμα ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ Ι και στόχος του είναι να αναλύσει την εφαρμογή της ρομποτικής και τεχνητής νοημοσύνης στην ανοσολογία με σκοπό να βοηθήσει, με ελάχιστο κόστος, στην κατάλληλη ιατρική διάγνωση ενός αριθμού αλλεργικών ασθενειών. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος σχεδιάζουμε να αναπτύξουμε ένα ευφύες σύστημα το οποίο με την βοήθεια ενός συστήματος όρασης θα κατευθύνει τον ρομποτικό βραχίονα ώστε να εκτελεί αυτόνομα τις αναγκαίες ιατρικές εξετάσεις και στην συνέχεια βασισμένο σε ένα έμπειρο σύστημα, να παρέχει μια έκθεση με την κατάλληλη ιατρική διάγνωση. Στην παρούσα εργασία, μετά από μια σύντομη ανάλυση του έργου, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα της πρώτης φάσης του έργου, τα οποία είναι σχετικά με την ανάλυση των προδιαγραφών του συστήματος. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ έχουν σχέση κυρίως με το ρομποτικό υποσύστημα του προτεινόμενου ευφυούς συστήματος.

### Keywords:

Allergy test, computer-aided diagnosis, robotics, vision system.

## 1. Introduction

The work presented in this paper is supported by the aim of program *ARCHIMEDES I*. The program aim is to promote and support research activities undertaken by members of the Technological Educational Institutes of Greece. This work is concerned with the application of robotics and artificial intelligence to the fields of immunology. In particular here we are concerned with the development of an *Intelligent Robotic System of Allergy Diagnosis* which will provide patients (with a minimum cost) appropriate medical diagnosis for a number of allergic diseases.

In some earlier investigations, members of our research team had studied the possibility of application of robotics in dermal allergic tests and reported some promising results [5]-[7]. Here in this paper we shall expand these studies by developing an integrated intelligent system which will be able to perform an autonomous allergy diagnosis. The proposed system does not intend to substitute the special doctor. Its main goal will be to support his work, firstly by assisting him in diagnosis and then by indicating the “*best*” possible treatment. Other benefits of the proposed system will be the reduction of the time patients

have to wait to be examined and the reduction of the probable for errors at the application test (due to the accuracy of the robotic arm). We believe that the proposed system is an innovative work (application of new technologies in medical practice) which is important for our country, as the increase of cases of allergies is a daily phenomenon and the possibility of application of diagnostic test all over the country is prohibited due to high required expenses. With the proposed system the time and the cost are expected to be minimized (less man-hours) and, at the same time, the patients will have better treatment because the proposed system will increase the reliability and precision of the diagnosis.

## 2. Research Objectives

The main goals of the proposed intelligent system are the following two: a) to perform diagnostic tests in order to detection any possible allergic behaviors of the person that is examined and b) to provide a report with the appropriate treatment. The basic requirements imposed on our system are to achieve its goals with *reliability*, *speed*, *precision* and *flexibility*. Based on these specification the system has to use robotics (for performing the tests) and some form of artificial intelligence (for making the diagnosis and choosing the appropriate treatment). Some of the reasons which are justifying the use of robotics and artificial intelligence in this particular work are as following:

- The *high speed, precision, flexibility* and *reliability* that a robotic system offers for the realization tests, in contrast to humans which are prone in producing fault results (the requirements of the test in precision and reliability are high).
- The *lack of a complete descriptive and qualitative mathematic model* of process.
- The existence of *sufficient knowledge and experience* on the process of realization of allergy test from medical and paramedical personnel.
- The *ability of expert systems to handle uncertain data* (a number of applications in the field of medical diagnosis (*MYCIN, INTERNIST etc.*) are today available).

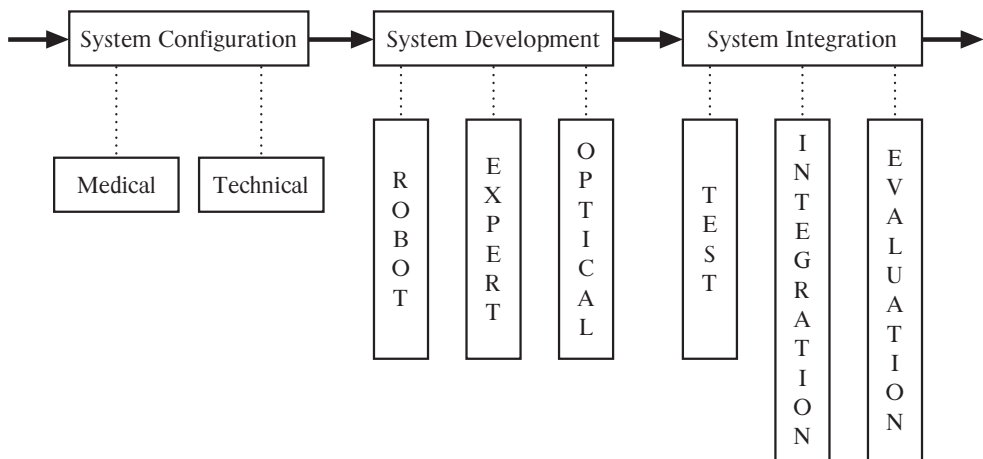
The application of robotics in the medical science is not something unusual today. It has been already applied successfully in surgery of prostatectomy, brain tumors, open heart surgery etc. (Great Britain, USA, France, Sweden, Germany, and Japan) during the last 10 years. Up to day, the application of robotics in immunology, and more specifically in diagnosis, has been used in a system that concerns with the application of allergy test using Laser CO<sub>2</sub> instead of needle (this system was used in the University of San Francisco in volunteers with good results concerning the traditional needle Morrow-Brown [8]).

Also, it has been used in measuring the reactions from allergy test in the human skin with the use of a special device (graphic tablet) that is connected with PC. The required process for the measurement of size of blots and, in general, the reactions of dermal test are performed by the computer, thus offering to doctors the possibility of better diagnosis

and thus helping them to provide better treatment to the patients. Also, in the literature exist enough materials for methods and techniques that are used in the diagnosis of allergies. Moreover, in the field of artificial intelligence, the applications that concern the medical and clinical practice are increased, giving emphasis to systems that use models of categorization of knowledge (e.g. *INTERNIST*) [3], [5], [6], [7], [8], [11], [13].

### 3. The Functional Structure of the Project

In this section we provide a brief discussion of the work involved in the major steps of our project which has the functional structure shown in Figure 1.



**Figure 1.** Project Phase Diagram

**A. Study of System Specifications:** In this phase we shall perform an extensive analysis of the problem focusing in particular into the following areas:

- Medical areas (medical methodology of diagnosis and treatment, structure and operation of diagnostic test, medical data of examinations).
- Technological areas (technological elements of the system, technical specifications, model of system, choice of equipment etc.)

**B. Development of the System:** This phase concerns the analysis and design of the proposed system. It is focused in the following work axes:

- Analysis and design of the Robotic System.
- Analysis and design of the Vision System.
- Analysis and design of the Expert System.
- Integration of all subsystems and evaluation.

**C. Testing, completion and evaluation:** The last phase concerns with testing the system in human effigies (experimental step) and possible required corrections (if will be necessary).

## 4. Research Methodology

The methodology that is followed for completing this particular project is composed of the following:

- Collection of information related to:
  - *the medical action,*
  - *the robotic technology*
  - *the computer vision,*
  - *the application of artificial intelligence in the medical diagnosis*
- Processing and analysis of the above information
- Choice of components and design of subsystems
- Design the intelligent system
- Testing, corrections and conclusions.

## 5. Structure of Intelligent System

The proposed intelligent system includes the following collaborating subsystems:

- Subsystem of inputting of medical background (expert system).
- Subsystem of robotic arm to conduct test (robot).
- Subsystem of robotic vision and diagnosis (vision and expert system).
- Subsystem of proposal of treatment (expert system).

Working as one unit all these subsystems will perform a diagnostic allergy test which may be composed [7] (see Figure2) of the following steps:

**Step 1:** Reception of medical background from the computing system

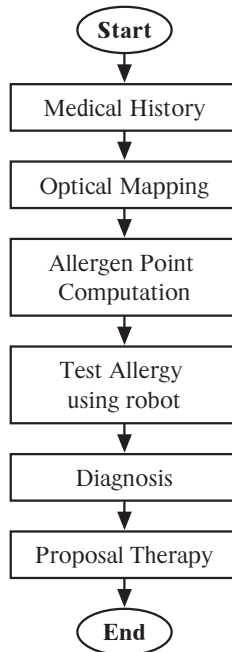
**Step 2:** Automatic optical mapping of the patients arms (robotic vision system).

**Step 3:** Automatic calculation of points placing the antigens.

**Step 4:** Implementation of dermal allergy test (with use of robot).

**Step 5:** Diagnosis (use of robotic vision system and expert System)

**Step 6:** Proposal of treatment (from the expert System)



**Figure 2.** Operational Steps of Allergy Test using Robot

## 6. Presentation of Preliminary Results

The first face of this project which was concerned with the study and determination of system specifications has now been completed. In this section we are presenting a summary of this work.

### **a) Dermal Diagnostic Allergic Test**

After an extensive literature review on the implementation and diagnosis of dermal tests we realize that the allergic dermal ordeals today constitute of widespread, simple, and rapid method for diagnosis of allergic diseases. Moreover, they have low economic cost. Thus for many years they constituted, and they still are, the most commonly used methods for diagnosis of allergic diseases [1],[2]. A brief discussion of a diagnosis test based on these methods has as follows:

Test the substance on normal skin that has apparently never before been the site of dermatitis. If negative, you could test on previously affected skin even though the skin at present appears to be normal. Previously affected skin may remain for a long time in a state of increased responsiveness as compared with skin that has never been the site of dermatitis. Testing on eczematous skin may be worthwhile, providing the tested area

shows only light erythema, so that an urticarial reaction may be readily perceived on the eczematous skin [4], [10]

*The upper back, the antecubital space, and the volar aspect of the forearm are suitable sites for testing. Some agents, however, such as benzoic acid, may react on the face and not elsewhere. Select only test sites that permit sufficient surface area and subcutaneous tissue to allow adequate penetration of all points and avoid hairy areas. Press loaded unit into the skin with sufficient pressure to puncture the skin and allow adequate penetration of all points; maintain firm contact for at least 5 seconds. The device should not be “rocked” back and forth and side-to-side before removing the test heads from the skin sites [14], [15]. If adequate pressure is applied, it will be possible to observe:*

- The puncture marks of the tines on each of the test heads
- An imprint of the circular platform surrounding each test head
- Residual antigens or glycerin at each of the puncture sites

If any of the above three criteria are not fully followed, the test results may not be reliable.

Reading should be done in good light, read the test sites at both 24 and 48 hours, the largest reaction recorded from the two readings at each test site should be used. If two readings are not possible, a single 48-hour is recommended. A positive reaction is induration  $>$  or  $=$  2 mm providing there is no induration at the negative control site. The size of the induration reactions with this test may be smaller than those obtained with other intradermal procedures [14], [20], [21].

*Contraindications to perform the skin testing are 1) known hypersensitivity to skin test antigens 2) infected or inflamed skin; do not apply at sites involving acneiform, infected or inflamed skin 3) severe systemic reactions to specific antigens e.g. diphtheria or tetanus antigens. People known to have a history of systemic reactions to specific antigens should be tested with this test only after the test heads contain none of these specific antigens. Drugs or procedures that suppress immunity such as corticosteroids, chemotherapeutic agents, antilymphocyte globulin and irradiation, could possibly cause a loss of reactivity [18], [19], [20], [21].*

## **b) Robotic System**

According to medical methodology of allergy tests they are applied on parts of the human body where the hair of skin is minimal. Therefore, according to this observation, the places of the human body where most types of allergy tests could be applied with a high possibility of success are two: *The interior surface of forearm and the back*. By selecting one of these two places of human body the application of test allergy can be broken down into a sequence of steps where a specific work or action will be carried out. Based on the literature review [6], [7], [11], [13] and our analysis for the implementation of an allergy test we reach the conclusion that in each one of these steps we have to do the following actions:

1. In the region of skin that has as less as possible hair and there are no surface veins, an area is selected where allergy tests will be carried out. The size of the selected area is obviously dependent on the number of tests we plan to implement.
2. The selected area of skin is well cleaned, with the use of antiseptic, and then is swept with a pasteurisation gauze.
3. In specific points of the selected region of skin drops from different solutions of antigens are placed. According to the medical directives the distance between two successive drops should be between 3 cm and 5 cm.
4. We always use a positive and a negative point of control (witnesses). The positive witness contains usually solution histamine hydrochloride 10mg/ml, while the negative one contains only the basic solution of antigens.
5. With a system of spikes puncture of skin is done (via a system of pressure) in the points where the drops of antigens have been placed. For each drop a different spike is used. Puncture of skin becomes an area that should not exceed the surface covered by the corresponding drop, and lasts at least for 5 seconds and is “surficial”. Here, the term surface puncture means that the force that is applied on the skin by the spike with which it become is checked so that no blood comes out (externally) of the skin.
6. Then, after some reasonable time interval expires, (it varies depending on the type of allergenic), the region where the various drops had been placed is checked in order to see if and at which places (points) erythema or edema has been caused. From the size and the intensity of erythema or edema, conclusions are derived regarding to whether an individual is allergic to some from the antigens under review.

In a first approach, the six steps described above, constitute the process that is required for the allergy test. These six steps are repeated each time an allergy test is held in some person. Obviously an initial step exist during which we choose the part of human body (the hand or the back) that will be used for the allergy test. This initial step takes place only once during an allergy test and for that it can be characterized as the step of initializations.

*b.1) Criteria for choosing the robotic system that will perform the allergy test.*

Based on the above analysis the robotic system that will be used for carrying out the allergy test will be selected after the evaluation of a set of criteria that can be separated in two groups. The first group includes all those criteria which are dealing with some technical specifications of the robotic arm and the second group includes criteria that will help us to choose the end-effector of the arm.

*b.2) Criteria for choosing the Robotic Arm:* These criteria can be characterized as technical and non-technical criteria. A brief discussion for all these criteria has as follows:

*b.3) Technical criteria:* In this category we include all these criteria which are derived based on the analysis of the work in each individual step of an allergy test. This group may contain the following:

- *Geometric shaping of the robotic manipulator.*
- *Work space*
- *Degrees of freedom (kinematics)*
- *Control system (type of controller)*
- *Methodologies of control supported by the controller*
- *Type of sensors*
- *Accuracy*
- *Resolution*
- *Repeatability*
- *Maximum speed*
- *Maximum load*
- *Possibility alternation of action tools*

*b.4) Non-technical criteria:* In the process of choosing the robotic arm which will be used to perform the allergy test, we have also to take into account some other criteria that we characterize here as “non-technical”. For example, we must consider the viability of the application and these forces as to consider some economic aspects of the robotic system. It is obvious, that in order for the intelligent system to be widely adopted, the robotic system has to have as low cost as possible. Another important non-technical criterion results from the nature of the application. Specifically, in the applications of robotics to medical practice we must be very careful with issues concerning the safety of the patient. This kind of safety issues does not exist in industrial robotic applications. In the last few years we have a rapid development in robotic medical applications but only in a few cases pure medical robots are used. In most of the cases the proposed robot is an industrial one. But in general, due to the law protection in case of an accident, many manufactures of industrial robots forbid the use of their products to medical applications. Therefore, since in our project we are planning (due to economics) to use an industrial robot manipulator, we have to examine if there is a legal circumscription. Therefore, we must carefully exam in the case an industrial robot conducts the allergy test, if any special precautions that ensure the safety of the allergy test should be taken. Based on these factors the second group of criteria which we consider in this project is the following:

- *Economic cost of robotic manipulator*
- *Law circumscription*
- *Special specifications*

Now, based on the analysis of the actions that the robot has to undertake in each one of the steps during the implementation of an allergy test, we can define the required specifications for the above-mentioned criteria. The results of this analysis are given in the following table.

**Table I. Specifications of Robotic Manipulator**

<b>Choice Criteria</b>	<b>Specifications of Robot Manipulator</b>
Geometric shaping of robot arm	Cartesian or SCARA type robot (if the interior surface of the forearm is chosen)
Work volume	Dimensions will be determined
Degrees of freedom (kinematics)	At least three degrees of freedom
Control system	Servo-controlled manipulator
Control methodologies supported by the Controller	Position control Force control Hybrid control
Type of sensors	Position sensors, velocity sensors, torque and force sensors. Collaboration with machine vision system
Position accuracy	*
Resolution	*
Repeatability	*
Maximum velocity	*
Maximum load	*
Possibility of end of arm tools alternation	Yes
Economic cost	*
Special specifications	*
Law circumscription	*

\* This specification will be determined in a late face of the project.

*b.5) Criteria of choosing the end effector of the robotic arm:* It is comprehensible that the end of the arm tool (end effectors) in a robotic arm plays essential role in most of the applications. The end effector of robotic arm has particular importance in medical applications where usually special geometric structures are required. In medical applications end-effectors should be characterized by the highest possible degree of functional safety. Therefore, special attention must be given to the choice of the end-effector which will be used in the robotic arm that will perform the allergy tests. Thus, for choosing the end-effector of the robotic arm to be used in the proposed intelligent system we shall use the following criteria:

- *Ability of withholding (dry or wet) gauze or other resembling material*
- *Ability of withholding and management of droppers*
- *Special geometric structure of head and spikes in “chop” puncture*
- *Conformity*

After some analysis, we may impose the following specifications for the criteria of the end-effector that we have to put on the chosen robotic arm.

**Table II. Specifications of end effectors**

<b>Choice Criteria</b>	<b>Specifications of end effectors</b>
Ability of withholding (dry or wet) gauze or other similar material	Gripper with force sensors
Ability of withholding and management of droppers	Gripper system with force sensors
Bloodless puncture chop	Special geometric structure of head and spikes in "chop" puncture
Conformity	Special geometric structure which ensures maximum degree of conformity

### **c) Vision System**

Given the nature of the intended implementation for the dermal allergy tests, the vision subsystem of the proposed intelligent system will be composed of the following units:

- *Filters and cameras.* It is a fact that the veins and the various subcutaneous characteristics that should be recognized and stamped "for rejection" are visible in infra red light, while the estimate of various allergic reactions and their extent are visible in simple light. For that, in order to simplify and facilitate the process of growth of the system, our first choice is to use two different cameras, one for each work. Later on, we shall look at the possibility of using a single camera, probably with a mechanic provision that will adapt different filters for enabling us to take pictures from different parts of spectrum.
- *Lighting sources:* The lighting system will provide uniform lighting in the field of view of each camera
- *Sensors.* A number of sensors will be used in order to provide information for improving on the efficiency of the vision system.
- *Mechanical support.* In our vision system we have to use a mechanical device in order to support the cameras, the lighting sources and the sensors. We shall determine the structure of this devise when decide where to put these items (on robotic arm or in a permanent place above the area of work).
- *An image processing unit* that will suitably adapt the lighting, the focus and other parameters, and then will take the picture from cameras and process it, in order to specify the appropriate regions of skin which will be used for the dermal test. Also, the processing unit will interact with the controller of the robotic arm in order to provide position information via optical measurements.

#### **d) Expert system**

The expert system of the proposed intelligent system will have the following specifications [9], [16], [17]:

- *Development platform:* PC (Windows)
- *Description of Expert System(ES):* the tool of development of expert system must support backward/forward chaining, fuzzy reasoning and relations.
- *Interconnection between ES and application:* The application of an expert system for the diagnosis of allergies requires interconnection (interface) between the data that emanate from the vision of the robotic arm and ES. The results of the image processing from allergic test should be changed in suitable form so that they constitute entries in the IF part of the rules of ES. For the development of the expert system high cells (Shell) and languages of artificial intelligence are proposed.

## **7. Next Level of Research**

At the present we are working on the design and the development of the individual subsystems. The work is done at the same time with continuous contact between the research teams that have undertaken the implementation of each subsystem. More specifically it is expected that by the end of the year 2005 the following parts will be completed:

- Completion of the subsystem for the introduction of the medical background of a patient for the cross-correlation of symptoms with corresponding dermal ordeals in allergic test,
- The manufacture of the vision system and the development of the software of image processing,
- The programming of the robotic arm and the interconnection with the various of the peripherals (displacement sensors, camera, spike test) that are required for the application.

Later on we shall put all subsystems together to complete the proposed intelligent system and we shall examine the possibility of putting that unit on a mobile platform for the creation of mobile diagnostic units to service far regions (islander and continental Greece) and the extension of expert system in specialized cases of patients ( for example handicaps).

## **8. Conclusions**

In this paper we presented a brief discussion and the progress of a project dealing with the development of an intelligent robotic system for performing dermal allergy tests. The proposed system will help the medical and para-medical personnel to complete faster and easier the required tests and examinations. Also, the patients will be benefited from this system because they will be receiving more reliable results and they will be spending less time at hospitals. And last but not least, there will be some benefits to the national economy.

## References

- [1] Agner T. Non-invasive measuring methods for the investigation of irritant patch test reactions. A study of patients with hand eczema, atopic dermatitis and controls. *Acta Derm Venereol Suppl* (Stockh) 1992; 173:1.
- [2] Belsito D.V., Fransway AF., Fowler, JF Jr, et al. Allergic contact dermatitis to detergents: A multi-centre study to assess prevalence. *J Am Acad Dermatol* 2002; 46:200.
- [3] Davies B. L., Hibberd R. D. et al, The development of a surgeon robot for prostatotomies, *Journal of Engineering in Medicine*, London, 1991.
- [4] Fisher AA., The diagnosis and management of health personnel allergic to natural rubber latex gloves. *Part II. Cutis* 1997; 59:168.
- [5] Karagiannis St., Krikos I. D., Karachisaridis E., Papachristos D. Automatic System of Diagnosis Allergy, *Conference Proceedings, 1st Conference Modern Control System Technologies*, Technical Chamber of Greece, Athens, pp. 135-139, Dec. 1996.
- [6] Karagiannis St., Krikos, I. D., Karachisaridis E., Papachristos D. Robotic Application in Immunology, *Conference Proceedings, Technology and Automation*, TEI Piraeus, pp. 269-273, May 1996.
- [7] Karagiannis St., Krikos I. D., Karachisaridis E., Papachristos D. Control Algorithm of an Automatic System of Diagnosis Allergy with the use of Robot, *In Proceedings Conference Proceedings, Computer Systems and Circuits*, Naval Academy, Piraeus, pp.199-206, July 1996.
- [8] Kardassakis G., MD et al, Laser Skin Testing, *Allergy Immunol* 68, pp. 279-285, 1992.
- [9] King R. E. *Intelligent Computing for Control System*, Eds. P. Travlos, 1998.
- [10] Klein PA., Clark, RA. An evidence-based review of the efficacy of antihistamines in relieving pruritus in atopic dermatitis. *Arch Dermatol* 1999; 135:1522.
- [11] [www.medicalrobotics.se](http://www.medicalrobotics.se) [accessed 1st September 2005].
- [12] Pan G. N., De Souza and Kak A. C. FuzzyShell: A Large-Scale Expert System Shell Using Fuzzy Logic for Uncertainty Reasoning, *IEEE Trans. On Fuzzy Systems*, Vol. 6, No. 4, Nov. 1998.
- [13] <http://robotics.eecs.berkeley.edu/medical/> [accessed 10<sup>th</sup> May 2005].
- [14] Rosen R.H., Freeman S. Occupational contact dermatitis in New South Wales. *Australas J Dermatol* 1992; 33:1.

- 
- [15] Saripalli Y.V., Achen F., Belsito DV. The detection of clinically relevant contact allergens using a standard screening tray of twenty-three allergens. *J Am Acad Dermatol* 2003; 49:65.
  - [16] Sanchez E., and Bartolin R. Fuzzy inference and medical diagnosis, a case study, *Biomedical Fuzzy Systems Bulletin*, Vol. 1, pp. 4-21, 1990.
  - [17] Shu-Hsien Liao, "Expert system methodologies-a decade review from 1995 to 2004", *Expert Systems with Applications* 28 (2005) 93-103.
  - [18] Wananukul S., Huiprasert P., Pongprasit P. Eczematous skin reaction from patch testing with aeroallergens in atopic children with and without atopic dermatitis. *Pediatr Dermatol* 1993; 10:209.
  - [19] Wilkinson SM. Hypersensitivity to topical corticosteroids. *Clin Exp Dermatol* 1994; 19:1.
  - [20] Wilkinson SM., English JS., Matthey DL. In vitro evidence of delayed-type hypersensitivity to hydrocortisone. *Contact Dermatitis* 1993; 29:241.
  - [21] Wollenberg A., Sharma S., von Bubnoff D., et al. Topical Tacrolimus (FK506) leads to Profound Phenotypic and functional alterations of epidermal antigen-presenting dendritic cells in atopic dermatitis. *J Allergy Clin Immunol* 2001; 107:519.



# *Prediction of the air permeability of woven fabrics using a modified Kozeny-Carman relationship*

*Ahmet Çay  
Department of Textile Engineering  
Ege University*

*Savvas Vassiliadis  
Department of Electronics  
Technological Education Institute of Piraeus*

*Christopher Provatidis  
School of Mechanical Engineering  
National Technical University of Athens*

---

## **Abstract**

The woven and knitted textile fabrics are made of interlaced yarns. Between the yarns as well as between the fibers the existing free space contributes in the formation of air-flow paths when a differential air-pressure will be applied. The air permeability modeling of the textile fabrics is essential for the prediction of the fabric comfort, the performance during drying procedure etc. The air permeability of woven fabrics has been approached using a modified Kozeny-Carman relationship, since they are considered as porous materials. It is difficult to estimate the shape factor of Kozeny-Carman equation for textile structures. A new approach is proposed using the cover factors of the fabrics. The proposed method overcomes the problem of the shape factor definition and results in the calculation of the air permeability of the fabrics. The theoretical and the experimental volumetric air velocities are compared. The results obtained are satisfactory.

## Περίληψη

Τα υφαντά και πλεκτά υφάσματα κατασκευάζονται από νήματα που αλληλοπλέκονται. Μεταξύ των νημάτων, όπως και μεταξύ των ινών από τις οποίες αποτελούνται τα νήματα, ο κενός χώρος συμβάλει στη διαμόρφωση διόδων ροής αέρα όταν εφαρμοστεί στο ύφασμα διαφορική πίεση αέρα. Η μοντελοποίηση της αεροδιαπερατότητας των υφασμάτων παίζει σημαντικό ρόλο στην πρόβλεψη της "άνεσης" των ενδυμάτων, στην απόδοση της βιομηχανικής διαδικασίας στεγνώματος κτλ. Η αεροδιαπερατότητα των υφαντών υφασμάτων προσεγγίζεται με μια τροποποιημένη σχέση Kozeny-Carman, αφού τα υφάσματα θεωρούνται πορώδη υλικά. Ο καθορισμός του συντελεστή μορφής που απαιτείται από τη σχέση Kozeny-Carman για την περίπτωση των υφασμάτων παρουσιάζει δυσκολία.. Για τον λόγο αυτόν παρουσιάζεται μια νέα προσέγγιση με χρήση του συντελεστή κάλυψης των υφασμάτων. Η προτεινόμενη μέθοδος αντιμετωπίζει τη δυσκολία καθορισμού του συντελεστή μορφής και οδηγεί στον υπολογισμό της αεροδιαπερατότητας των υφασμάτων. Στη συνέχεια συγκρίνονται οι υπολογιζόμενες και οι πειραματικά μετρούμενες τιμές παροχής όγκου του αέρα και επιτυγχάνεται καλή συσχέτιση τους.

### Keywords:

fabric, air permeability, porosity

## 1. Introduction

The rate of airflow through a textile fabric under differential pressure applications between its two surfaces is believed to be important in determining many of the physical and mechanical properties of it. Critical fabric characteristics such as transportation of the moisture from body to environment, thermal insulation properties, the rate of liquid removal during drying of fabrics, effluent movement through filtration devices, etc. depend on the permeability of textiles. When considering the fluid flow through textiles, the shape arrangement and size distribution of voids through which the fluid flows are of great importance. Fabric thickness and the applied pressure drop are the other dominant factors that affect permeability. However it is a complex physical phenomenon due to the fibrous character and highly non-uniform structure. Consequently it is difficult to estimate the shape factor via geometrically based calculations. There are several research works on the air permeability that mainly consider fabrics made of monofilament or the yarns as a basic structural element of a fabric are approached as wires. (Backer, 1951; Rushton and Griffiths, 1971; Perry and Green 1984; Gooijer et al, 2003) However, these models do not

take into account the voids between the fibers, through which passes a significant amount of airflow. So far most studies have been focusing on bulk aspects of flow and important questions such as the resistance of entire fiber assemblies to fluid flow were addressed (Gooijer et al 2003, Part I and Part II; Leisen and Farber, 2004).

Our approach is to estimate the air permeability of the fabrics theoretically using a modified Kozeny-Carman equation. Structural fabric parameters such as warp and weft yarn density, yarn diameter, weight per unit area and finally cover factor used in order to calculate the air permeability of woven fabrics.

Fluid flow through a porous structure can be described by the Darcy's law, which describes the relationship between a pressure gradient along the flow path of a fluid and the average velocity of the fluid on a macroscopic scale. It assumes that the flow rate of fluids through porous structure is inversely proportional to the pressure gradient (Zhong et al, 2002):

$$B = \frac{\mu t v}{\Delta P} \quad (1)$$

where B is the permeability of the media,  $\mu$  the viscosity of the fluid, t the thickness of the fabric, v is the volumetric velocity of the fluid and  $\Delta P$  is the pressure drop across the fabric. The value of B will depend on the type of the porous media and the pore geometry.

Following the reasoning that the void content in a porous media is a primary factor in the media permeability, the Kozeny-Carman equation was developed to provide a description of fluid flow based on the filtration properties. One form of this equation is (Zhu and Li, 2003):

$$B = \frac{1}{K_0 S_0^2} \frac{\epsilon^3}{(1 - \epsilon)^2} \quad (2)$$

where  $K_0$  is the Kozeny constant,  $S_0$  is shape factor and  $\epsilon$  is the porosity. B is the permeability of the porous media. Shape factor can be found via the following equation:

$$S_0 = \frac{\text{surface area of solid phase}}{\text{volume of solid phase}} \quad (3)$$

Porosity is defined as the ratio of the two-projected area of the pores to the total area of the material. It is also defined as the ratio of the void to the total volume. The porosity is defined as (Hsieh, 1995):

$$\epsilon = 1 - \frac{Q_a}{Q_b} \quad (4)$$

where  $Q_a$  is the fabric density ( $\text{g cm}^{-3}$ ) and  $Q_b$  is the fiber density ( $\text{g cm}^{-3}$ ). Fabric density is calculated by dividing the fabric weight per unit area, by the fabric thickness.

The major problem is the definition of the shape factor, which depends on the geometrical structure of the porous media. Textile fabrics have a non-uniform surface and microstructure. Deformability is also an important factor affecting the shape

organization. On a fibrous structure the particular pores between the fibers have a great role on airflow. During the fluid flow, the fluid passes not only through the voids between yarns, but also through the openings between fibers as well. The shape factor calculation does not include the contribution of the voids between fibers and it is quite difficult to determine it for fibrous structures. In addition there is no reference in the literature about a detailed description of the Kozeny constant for textile fabrics.

## 2. Experimental

A set of thirty (30) plain woven cotton fabrics were tested in terms of air permeability under a constant pressure drop. The yarns were made of cotton fibers; the linear yarn densities of warp and weft yarns were Ne50 (11,82 tex) and Ne40 (14,775 tex) respectively. The warp and weft yarn count per cm differ in each fabric.

The volumetric air velocity ( $\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}^2$ ) was measured via the standard BS5636 method, using the Shirley FX 3300-5 air permeability tester, at a constant pressure drop of 98 Pa. For each one of the 30 fabric types, we repeated this measurement on five (5) specimens. Fabric properties and respective air velocity values are given in Table I.

**Table I. Properties and volumetric air velocity values of 30 samples**

Sample No:	Warp yarn count per cm	Weft yarn count per cm	Volumetric air velocity ( $\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}^2$ )
1	54	20	45,74
2	54	25	27,02
3	54	30	15,68
4	54	35	8,756
5	54	40	4,366
6	54	45	2,9
7	57	20	47,94
8	57	25	27,52
9	57	30	14,84
10	57	35	8,99
11	57	40	3,976
12	57	45	2,684
13	60	20	33,98
14	60	25	17,01
15	60	30	9,754
16	60	35	4,558
17	60	40	2,116
18	60	45	1,698
19	63	20	27,68

20	63	25	15,24
21	63	30	7,226
22	63	35	3,222
23	63	40	1,888
24	63	42	1,608
25	66	20	27,28
26	66	25	14,42
27	66	30	6,898
28	66	35	3,186
29	66	40	1,648
30	66	42	1,372

### 3. The modified Kozeny-Carman relationship

In order to overcome the difficulties and errors on determining the shape factor, we considered the  $K_0 S_0^2$  as a one variable that is  $\beta$  and calculated via using experimental data of air permeability and porosity. The air permeability was found via using Darcy's law with the experimental air velocity values of the fabrics at a constant pressure drop and the porosity was calculated using equation (4) (fiber density for cotton fibers =  $1,52 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ). The air permeability decreases when moving from loose fabrics towards tight fabrics because of the decreasing of the pore size and increasing of the air resistance of the fabric. There is a logarithmic relationship between calculated  $\beta$  values and the cover factors of the woven fabrics. The two quantities are satisfactory correlated. By using cover factors as structural characteristic of a fabric and only calculating the respective porosity it is easy to predict the volumetric air velocity values.

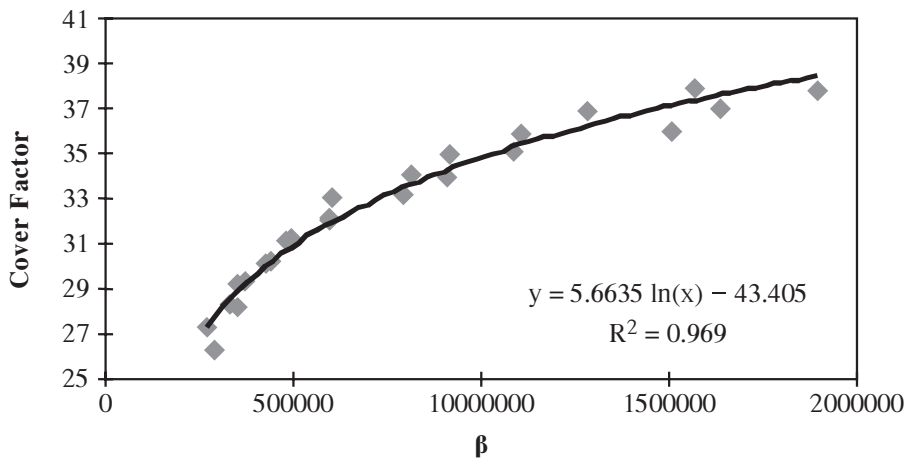


Figure 1. The relationship between  $\beta$  and cover factor

The cover factors of the samples were calculated via using the following relationship (Marks et al, 2003):

$$\text{Cover factor} = \text{yarn count per cm} \times \sqrt{\text{yarn linear density (tex)}} \times 0,1 \quad (5)$$

$$\text{Total cover factor} = \text{cover factor warp} + \text{cover factor weft}$$

The new form of the equation is,

$$B = \frac{1}{\beta} \frac{\varepsilon^3}{(1 - \varepsilon)^3} \quad (6)$$

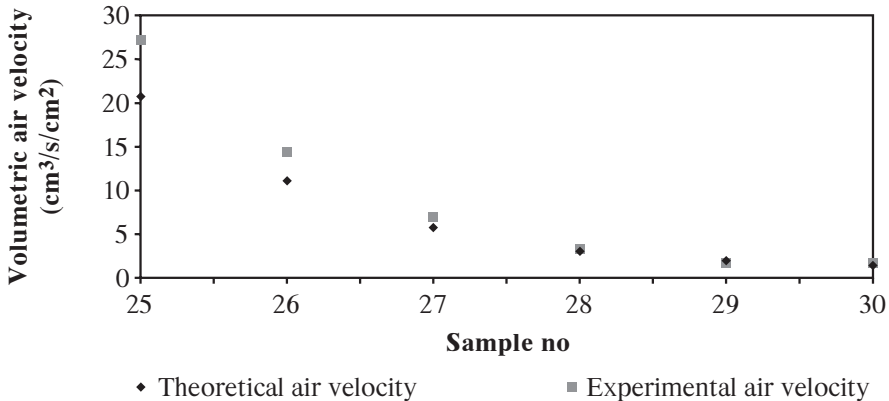
$$\beta = 5,6635 \ln(Cf) - 43,405 \quad (7)$$

where Cf is the cover factor and  $\beta$  is a function of cover factor.

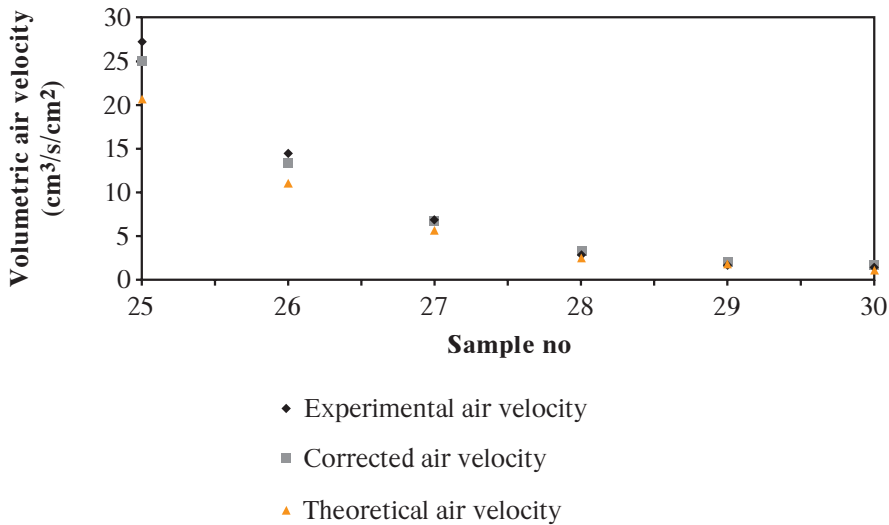
In general, the calculated air velocity values are very close to those experimentally measured but there is a deviation for the loose fabrics due to the deformation of the fabric and increasing the opening area during the airflow. The results corresponding to the tight fabrics due to their more stable organization are highly satisfactory. The use of a correction factor results in a better approach of the values corresponding to the loose fabrics. Using interpolation and minimum quadratic error techniques, the optimum value of the correction factor has been found equal to 1.2. Thus,

$$\text{Corrected air permeability} = \text{predicted air permeability} \times 1,2 \quad (8)$$

In Table I the characteristics of the various samples of fabrics are shown. There are five main categories (classes) of fabrics depending on the density of the warp yarns (54, 57, 60, 63 and 66 yarns per cm). In each class of fabrics there are six types of fabrics of different weft yarn densities (20, 25, 30, 35, 40 and 42 yarns per cm). The theoretically calculated and experimentally measured air velocities of one class of fabrics are presented in the Figure 2. In the Figure 3 the corrected theoretically calculated values of the air velocity are added and it is clear the better approach of the experimentally measured values.



**Figure 2.** Theoretical and experimental air velocity data



**Figure 3.** Corrected, theoretical and experimental air velocity data

This method gives a big advantage of predicting the air permeabilities even if the fabric is not yet constructed. The prediction is possible just based on the yarn linear density and yarn count per unit area values (i.e. only basic structural data). The prediction of the air permeability of a textile fabric is of great importance since it indicates the performance of the fabric in terms of the comfort of the end products as well as of the behaviour of the fabrics during the drying procedure.

## 4. Conclusion

The objective of this work is to model in a specific way the air permeability of fabrics using some basic fabric parameters such as warp and weft yarn count per unit area, mass per unit area and cover factor. For this purpose we modified the Kozeny-Carman equation and instead of the shape factor and Kozeny constant we determined a new  $\beta$  factor found from the cover factor and experimental data. The predicted and experimentally obtained volumetric air velocity data are nearly the same, however for loose fabrics because of the deformation and the increase of the pore diameter during airflow the error is bigger when compared with dense fabrics. By the use of a correction factor the results became satisfactory even for loose fabrics. A future work is foreseen in order to extend the proposed model for the extreme categories of the very thick and bulky woven textile fabrics.

## **5. Acknowledgment**

The present work has been partially supported by the “Archimedes1” EPEAEK Research Project in TEI Piraeus, co-financed by the E.U. (E.S.F.) and the Greek Ministry of Education.

We would like to thank Clothing Textile and Fibre Technological Development S.A. in Athens, Greece, for the use of Shirley air permeability tester and Gökhan Tekstil A.Ş., in Denizli, Turkey for supplying the woven fabrics.

## References

- Backer S. (1951), The relationship between the structural geometry of a textile fabric and its physical properties, Part IV: Intercise geometry and air permeability, *Textile Research Journal*, vol. 21, pp. 703-714.
- Gooijer H., Warmoeskerken M. and Wassink J. (2003), Flow resistance of textil materials, Part I: Monofilament fabrics, *Textile Researh Journal*, vol. 73(5), pp. 437-443.
- Gooijer H., Warmoeskerken M., and Wassink J. (2003), Flow resistance of textil materials, Part II: Multifilament fabrics, *Textile Research Journal*, vol. 73(6), pp. 480-484.
- Hsieh Y. (1995), Liquid transport in fabric structures, *Textile Research Journal*, vol. 65(5), pp. 299-307.
- Leisen J. and Farber P. (2004), Micro-flow in textiles, NTC Project F04-GT05, *National Textile Center Annual Report*, (<http://www.ptfe.gatech.edu/faculty/leisen/F04-GT05.html>).
- Marks R., Lawton P. and Holmes D. (2003), Technology of Fabrics (Greek Edition), pp 60-61, ISBN, 960-90917-2-5.
- Perry R. and Green D. (1994), *Perry's Chemical Engineers Handbook*, 6th ed., McGraw-Hill, NY, pp 5-16.
- Rushton A. and Griffiths P. (1971), Fluid flow in monofilament filter media, *Trans. Inst. Chem. Eng.*, vol. 49, pp. 49-59.
- Zhong W., Ding X., and Tang Z. (2002), Analysis of fluid flow through fibrous structures, *Textile Research Journal*, vol. 72(9), pp. 751-755.
- Zhu Q. and Li Y. (2003), Effects of pore size distribution and fiber diameter on the coupled heat and moisture transfer in porous textiles, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol.46, pp. 5099-5111.



## Σκοπός και Στόχοι της Επιστημονικής Επετηρίδας

Η *Επιστημονική Επετηρίδα Εφαρμοσμένης Έρευνας (ΕΕΕΕ)*, αποτελεί την επίσημη Επιστημονική Επετηρίδα του ΤΕΙ Πειραιά στην οποία μπορούν να δημοσιεύονται πρωτότυπες ερευνητικές εργασίες μετά από αξιολόγηση (συνήθως, 2 κριτών) με θεματικό αντικείμενο σε μια από τις περιοχές των Μηχανικών Επιστημών και Τεχνολογίας, της Φυσικής, των Μαθηματικών, των Τεχνών, των Κοινωνικών και Ανθρωπιστικών Επιστημών (Ιστορικά, Κοινωνικά, Νομικά, Διοικητικά και Πολιτικά θέματα). Στόχοι της ΕΕΕΕ είναι, αφενός η παρουσίαση νέων ερευνητικών αποτελεσμάτων, μεθόδων, ή (και) αναλύσεων, αφετέρου δε η δημιουργία μιας νέας πηγής επιστημονικής πληροφόρησης χρήσιμης στην εφαρμοσμένη, κυρίως, έρευνα.

### Οδηγίες προς τους Συγγραφείς

Η ΕΕΕΕ δέχεται προς αξιολόγηση για δημοσίευση πρωτότυπες ερευνητικές εργασίες γραμμένες στην Ελληνική, ή στην Αγγλική, που δεν έχουν δημοσιευθεί ούτε βρίσκονται υπό κρίση σε άλλο μέσο. Μια πρωτότυπη εργασία είναι δημοσιεύσιμη στην ΕΕΕΕ εφόσον πρόκειται για εργασία που αποδειγμένα προσθέτει στην επιστημονική γνώση. Για τον λόγο αυτό η εργασία οφείλει να αναπτύσσει με πληρότητα την επιστημονική σκέψη και εξέλιξη του εξεταζόμενου θέματος, αναφερόμενη εισαγωγικά στην υπάρχουσα (κατά κύριο λόγο πρόσφατη) βιβλιογραφία, αλλά και σε άλλα αποδεικτικά στοιχεία.

Η υποβολή πρωτότυπων εργασιών προς δημοσίευση στην ΕΕΕΕ γίνεται σύμφωνα με τους εξής γενικούς κανόνες. Κάθε εργασία υποβάλλεται προς κρίση στη Γραμματεία της ΕΕΕΕ (Θηβών 250 & Π. Ράλλη, 12244 Αιγάλεω) σε **τρία (3) αντίγραφα**. Μετά την αξιολόγηση των κριτών, η εργασία που κρίνεται δημοσιεύσιμη επιστρέφεται μαζί με τις εκθέσεις των κριτών στον υπεύθυνο συγγραφέα ο οποίος, αφού προβεί στις υποδεικνυόμενες από τους κριτές σχετικές διορθώσεις ή αλλαγές, υποβάλλει μέσα σε χρονικό διάστημα **τριών (3) μηνών** από τη γνωστοποίηση προς αυτόν των εκθέσεων των κριτών, ξανά στη Γραμματεία της ΕΕΕΕ την εργασία στην τελική της μορφή, πάλι σε **τρία (3) αντίγραφα**, προς δημοσίευση. Στην τελική αυτή φάση ο συγγραφέας οφείλει να παραδώσει μαζί με τα 3 αντίγραφα όλης της εργασίας του (κάθε ένα αντίγραφο περιλαμβάνει Κείμενο, Πίνακες, Γραφικές Παραστάσεις, Φωτογραφίες, Λεζάντες Πινάκων, Λεζάντες Γραφικών Παραστάσεων, Λεζάντες Φωτογραφιών) και ένα floppy disk, ή CD-ROM, που περιέχει ένα ακριβές αντίγραφο της εργασίας του (σε αρχείο **Word97**, ή νεώτερο) καθώς και όλα τα υπόλοιπα αρχεία χωριστά σε ηλεκτρονική μορφή (οι τύποι αρχείων δίνονται σε σχετική παράγραφο παρακάτω).

Υποχρεωτικά, κάθε εργασία που υποβάλλεται στην ΕΕΕΕ προς αξιολόγηση πρέπει να συνοδεύεται με επιστολή υπογεγραμμένη από τον υπεύθυνο συγγραφέα που δηλώνει, **ότι η εργασία με τίτλο «...», κατά το παρελθόν, δεν έχει δημοσιευθεί ούτε έχει υποβληθεί προς αξιολόγηση σε άλλο μέσο**. Απουσία σχετικής επιστολής έχει σαν αποτέλεσμα τη μη προώθηση για αξιολόγηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Σημειωτέον, ότι κάθε υποβληθείσα προς κρίση εργασία δεν επιστρέφεται στον υπεύθυνο συγγραφέα, πλην της περιπτώσεως που σχετική αίτηση έχει κατατεθεί στη Γραμματεία κατά την αρχική υποβολή. Επίσης, για λόγους αρχειοθέτησης, καλούνται οι συγγραφείς όπως συνοβιβάλλουν με την κατάθεση προς αξιολόγηση της εργασίας τους και σύντομο Βιογραφικό Σημείωμα.

### Διαμόρφωση περιεχομένου υποβαλλόμενης εργασίας

• **Δομή Κειμένου.** Το κείμενο να είναι γραμμένο, σε λευκό χαρτί A4 (στη μία πλευρά), διπλό διάστιχο, μονόστηλο, αφήνοντας αρκετό πλευρικό χώρο δεξιά και αριστερά της σελίδας για υποδείξεις από τους κριτές, κατά προτίμηση, με χαρακτήρες Times New Roman 12 pts. (πλην του τίτλου, των ονομάτων και διευθύνσεων των συγγραφέων, της περίληψης και τέλος των γραμμάτων στις λέξεις κλειδιά και στις λεζάντες). Κατά την συγγραφή να ακολουθείται η εξής σειρά παρουσίασης των εννοιών της εργασίας: *Τίτλος, Συγγραφέας, Διεύθυνση συγγραφέα, Περίληψη, Λέξεις κλειδιά, Κύριο κείμενο εργασίας, Ευχαριστίες (π.χ. προς χορηγούς), Παραρτήματα, Βιβλιογραφία, Εκτενής Περίληψη στα Αγγλικά, Διαγράμματα-Εικόνες και Πίνακες, Λεζάντες Διαγραμμάτων-Εικόνων και Πινάκων.*

• **Σύστημα Μονάδων, Μαθηματικά Σύμβολα και τύποι.** Κατά την παρουσίαση μεγεθών που εκφράζονται με διαστάσεις και γενικά σε τεχνικά θέματα οι συγγραφείς οφείλουν να χρησιμοποιούν το **Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.)**.

Είναι όμως δυνατόν, εφόσον έχει επικρατήσει ή συνηθίζεται διαφορετικά, να παραθέτονται επιπροσθέτως, μέσα σε παρενθέσεις, οι τιμές μεγεθών εκφρασμένες σε μονάδες άλλου Συστήματος Μονάδων. Κλασματικές παραστάσεις πρέπει να αποδίδονται χωρίς τη γραμμή του κλάσματος, αλλά με τον αριθμητή, μετά διάστημα και στη συνέχεια τον παρνομαστή υψωμένο στην  $(-1)$  δύναμη). Έτσι γράφεται:  $m\ s^{-1}$  και όχι  $m/s$ , ή  $ms^{-1}$ . Ρίζες παραστάσεων ή αριθμών πρέπει να αποδίδονται ως εξής: Κλείνεται η παράσταση μέσα σε παρενθέσεις και στην συνέχεια υψώνεται στη (θετική ή αρνητική, μορφής δεκαδικού αριθμού) δύναμη που αποδίδει τη ρίζα. Προκειμένου για ρίζες αριθμών δεν είναι υποχρεωτικό να χρησιμοποιηθούν παρενθέσεις. Όλοι οι μαθηματικοί χαρακτήρες ή σύμβολα που χρησιμοποιούνται σε μια εργασία πρέπει να ερμηνεύονται μέσα στο κείμενο υποχρεωτικά. Όλα τα έχοντα διαστάσεις μεγέθη που εμφανίζονται σε μαθηματικές εξισώσεις, ή ξέχωρα, πρέπει να αποδίδονται στις σωστές τους διαστάσεις.

• **Τίτλος Εργασίας, Όνομα, Θέση και Διεύθυνση κάθε Συγγραφέα.** Ο τίτλος της εργασίας πρέπει να είναι βραχύς και εννοιολογικά να αποδίδει πιστά το θέμα της εργασίας. Χημικές ενώσεις, ή μαθηματικοί τύποι δεν πρέπει να εμφανίζονται στον τίτλο. Στην περίπτωση που η εργασία αφορά συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, πρέπει να αναγράφεται (στον τίτλο) το όνομα της περιοχής. Εκτός του ονόματος, της θέσης και της διεύθυνσης, στοιχεία που αφορούν κάθε μέλος της επιστημονικής ομάδας, θα πρέπει να αναγράφεται, υποχρεωτικά, η τηλεφωνική και ηλεκτρονική διεύθυνση του υπεύθυνου συγγραφέα (το άτομο που εμφανίζεται να εκπροσωπεί την επιστημονική ομάδα), αν βέβαια διαθέτει fax και e-mail. Τα ονόματα των μελών μιας επιστημονικής ομάδας παραθέτονται αριθμημένα με τη σειρά που εμφανίζονται στην εργασία, με διαδοχικούς αριθμούς στο τέλος του επωνύμου. Για παράδειγμα, Jones<sup>(1)</sup> K.L., Petridis<sup>(2)</sup>, P.R. Επιπλέον, για να ξεχωρίζει, το επώνυμο του υπεύθυνου συγγραφέα φέρει υπογράμμιση.

• **Περίληψη.** Η ύπαρξη Περίληψης στην αρχή κάθε εργασίας είναι υποχρεωτική. Η Περίληψη, που δεν πρέπει να ξεπερνά τις **250 λέξεις**, είναι μια σύντομη αλλά πλήρης παρουσίαση των βασικών σημείων/μεθόδων/αποτελεσμάτων που προκύπτουν ή αποδίδουν κάθε εργασία. Στην Περίληψη δεν πρέπει να υπάρχουν βιβλιογραφικές αναφορές, ή επανάληψη του τίτλου. Κάθε εργασία γραμμένη στα Ελληνικά, πρέπει να συνοδεύεται από μια **Εκτενή Περίληψη** 1000-1500 λέξεων, γραμμένη στα Αγγλικά, επιπλέον της κανονικής Περίληψης στα Ελληνικά. Η Εκτενής αυτή Περίληψη τοποθετείται αμέσως μετά τη Βιβλιογραφία.

• **Λέξεις Κλειδιά.** Επιλέξτε 5-6 λέξεις που στοιχειοθετούν, αναφέρονται, ή και εκφράζουν εννοιολογικά τμήματα της εργασίας, εξαιρουμένων αυτών του τίτλου.

• **Κείμενο.** Το κείμενο (γραμμένο με **Word97**, ή νεότερη έκδοση) κάθε εργασίας χωρίζεται σε ενότητες και κάθε ενότητα σε υπο-ενότητες, όλες με **έντονους** τίτλους αριθμημένους διαδοχικά και φερόμενους σε μια γραμμή, που χωρίζεται με διάστημα από την αμέσως επόμενη παράγραφο. Η Εισαγωγή αποτελεί την πρώτη ενότητα του κυρίως κειμένου, έτσι, σημειώνεται: **1. Εισαγωγή.** Στην Εισαγωγή παραθέτονται: (α) Αναφορές στη (πρόσφατη κυρίως) βιβλιογραφία, που καλύπτουν πλήρως το υπάρχον επιστημονικό υπόβαθρο το σχετιζόμενο με το γνωστικό αντικείμενο της προς δημοσίευση εργασίας. (β) Οι λόγοι που υποστηρίζουν και αναδεικνύουν το επιστημονικά «χρήσιμο», «πρωτότυπο», ή «καινοτόμο» της εργασίας, πάντοτε σε σχέση με τις προηγούμενες προσπάθειες. Οι υπο-ενότητες, εφόσον υπάρχουν, αριθμούνται διαδοχικά με πρώτο τον αριθμό της ενότητας, τελεία και στη συνέχεια τον αριθμό της υπο-ενότητας. Σε κάθε εργασία, πρέπει να συμπεριλαμβάνεται μια τελευταία ενότητα στην οποία να αναφέρονται τα συμπεράσματα από τα προκύπτοντα αποτελέσματα, καθώς και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη με στόχο τη βελτίωση των μεγεθών. Οπότε στο κείμενο γίνεται παρουσίαση μαθηματικών εξισώσεων, ή τύπων, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ο MS Equation Editor (διαθέσιμος σε όλες τις εκδόσεις του προγράμματος γραφής κειμένου **Word**).

• **Ευχαριστίες.** Στη θέση αυτή αναφέρονται όσοι συνεισέφεραν, οικονομικά ή διαφορετικά, στην πραγμάτωση του ερευνητικού έργου αποτέλεσμα του οποίου είναι η προς δημοσίευση εργασία.

• **Παραρτήματα.** Μακροσκελείς μαθηματικές αποδείξεις, αναλύσεις που ενδιαφέρουν αποκλειστικά τους πλέον ειδικούς, ή αναλυτικό υλικό υποστήριξης θέσεων στο κείμενο κάθε εργασίας, πρέπει να τοποθετείται με τη μορφή Παραρτήματος, ενός ή και περισσότερων, με διαδοχική ονομασία, π.χ. Παράρτημα Α, Παράρτημα Β, κ.ο.κ. Εξισώσεις, εικόνες, γραφήματα, πίνακες κλπ στοιχεία αριθμούνται διαδοχικά φέροντας το γράμμα του παραρτήματος στο οποίο έχουν ενσωματωθεί. Πίνακας Α.1, Πίνακας Α.2, Εικόνα Β.1, κ.ο.κ..

• **Βιβλιογραφία, ή Κατάλογος Βιβλιογραφικών Αναφορών.** Όλες οι βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον αυτές, που υπάρχουν στο κείμενο κάθε εργασίας, πρέπει να καταχωρούνται αλφαβητικά με βάση το επώνυμο του πρώτου συγγραφέα σε κατάλογο υπό τον τίτλο **Βιβλιογραφία**, που καταχωρείται μετά τα Παραρτήματα αν υπάρχουν, διαφορετικά αμέσως μετά την τελευταία ενότητα του κειμένου. Πριν την υποβολή προς αξιολόγηση, κάθε εργασία πρέπει να ελέγχεται για την ορθότητα εμφάνισης της κάθε αναφοράς, τόσο ως προς τα ονόματα των συγγραφέων και του έτους δημοσίευσης, όσο και ως προς την παρουσίαση στην Βιβλιογραφία. Για την ορθή αναφορά με σύντμηση του τίτλου προκειμένου περί διεθνών επιστημονικών περιοδικών, υπάρχει σχετικός πίνακας με τα ονόματα των περιοδικών στο *World List of Scientific Periodicals, 4<sup>th</sup> Edition*. Όλες οι εργασίες που υποβάλλονται προς αξιολόγηση στην ΕΕΕΕ πρέπει να ακολουθούν τους εξής κανόνες συγγραφής για αναφορές στη βιβλιογραφία:

**Παραδείγματα περιπτώσεων αναφορών γενομένων μέσα στο κείμενο**

- Thompson (1990), ή (Thompson, 1990), αν είναι ένας μόνο συγγραφέας.
- Thompson and Clog (1996), ή (Thompson and Clog, 1996), αν είναι δύο οι συγγραφείς.
- Thompson et al. (1997), ή (Thompson et al., 1997), αν είναι πάνω από δύο οι συγγραφείς.
- Thompson, 1990; Thompson and Clog, 1996; Thompson et al., 1997), αν γίνονται αναφορές σε πάνω από δύο εργασίες.
- (Thompson, 1990a; 1990b), αν αναφέρονται δύο ή περισσότερες εργασίες του ίδιου συγγραφέα.

**Παραδείγματα δομής παρουσίασης καταχωρημένων στο Βιβλιογραφικό Κατάλογο αναφορών.**

- **Δημοσίευση σε Επιστημονικό Περιοδικό.** Επώνυμο και αρχικά κάθε συγγραφέα, (έτος δημοσίευσης), τίτλος εργασίας, *Πλήρης τίτλος του περιοδικού*, **αριθμός τόμου/αριθμός τεύχους**, σελίδες (από-μέχρι) στο τεύχος δημοσίευσης.

Για παράδειγμα:

Thompson D.C., Clog R., and Batman A.Q. (1997). Global and diffuse solar irradiance models. *Solar Energy*, **23/5**, 208-216.

- **Από σελίδες βιβλίου.** Επώνυμο, και αρχικά κάθε συγγραφέα, (έτος έκδοσης), Τίτλος βιβλίου, σελίδες στο βιβλίο (από-μέχρι), Αριθμός Έκδοσης, Όνομα και πόλη εκδοτικού οίκου.

Για παράδειγμα:

Duffie J.A., and Beckman W.A. (1991), *Solar Engineering of Thermal Processes*, pp. 68-83, 2<sup>nd</sup> Edition, Wiley Interscience, N.Y.

- **Ανακοίνωση σε Συνέδριο.** Όνομα, και αρχικά κάθε συγγραφέα, (έτος Συνεδρίου), Τίτλος ανακοίνωσης, Τίτλος τόμου Πρακτικών, Όνομα αυτού (-ών) που είχε την επιμέλεια της έκδοσης του τόμου των Πρακτικών (από-μέχρι), μέρος που έλαβε χώρα το Συνέδριο.

Για παράδειγμα:

Marble D.G. (1987). UV-B induced human tissue disorders. In *Proceedings of Solar Energy World Congress*, Homsted H. and Elbow K. (Eds), pp. 1256-1265, Ithaki, Greece.

- **Εικόνες, Γραφήματα, Πίνακες.** Κάθε εικόνα, γράφημα ή πίνακας που υπάρχει στην εργασία πρέπει, υποχρεωτικά, να αναφέρεται και μέσα στο κείμενο. Οι εικόνες, τα γραφήματα και οι πίνακες που αναφέρονται στην εργασία παραδίδονται κατά το στάδιο της αξιολόγησης σε δύο μορφές:

(α) **Εκτυπωμένα** σε ανάλογο άριστης ποιότητας χαρτί (κάθε περίπτωση σε ξεχωριστή σελίδα, με τη λεξάντα στο κάτω μέρος της σελίδας) και τοποθετούμενα σε κάθε αντίγραφο της εργασίας, διαδοχικά, αμέσως μετά τη Βιβλιογραφία.

(β) **Σε μορφή ηλεκτρονικών αρχείων**, ένα αρχείο για κάθε γράφημα, εικόνα ή πίνακα (**μόνον αρχεία pcx, jpg, cif, xls, tif, org, cdr γίνονται δεκτά**).

Το μέγεθος και οι φυσικές διαστάσεις των εικόνων, γραφημάτων και πινάκων πρέπει να είναι κατάλληλο και ανάλογο του μεγέθους των γραμμάτων/αριθμών που έχουν χρησιμοποιηθεί σ' αυτά. Επιπλέον, οφείλουν να είναι ευανάγνωστα και μετά την σμίξρυνση (περίπου 50%) που θα υποστούν κατά την εκτύπωση στην ΕΕΕΕ. Όλα τα γραφήματα, κλπ. πρέπει να αριθμούνται κατά κατηγορία, με τη σειρά εμφάνισης και παρουσίασης στο κείμενο, συνοδευόμενα από τη σχετική λεξάντα.

• **Λεξάντες.** Κάθε γράφημα, εικόνα, πίνακας συνοδεύεται από μια επεξηγηματική λεξάντα, που συνοδεύει το εκτυπωμένο αντίγραφο του γραφήματος κλπ. τοποθετούμενη στο κάτω μέρος της σελίδας. Επιπροσθέτως, παραδίδεται ένα floppy disk, ή CD-ROM με όλες τις λεξάντες αριθμημένες κατά σειρά εμφάνισης στο κείμενο για κάθε κατηγορία ξεχωριστά (π.χ. κατηγορία εικόνες, κατηγορία γραφήματα, κατηγορία πίνακες), σε μορφή ηλεκτρονικού αρχείου \*.doc (**Word97** ή νεώτερο). Έτσι, σε κάθε περίπτωση εμφανίζονται: Σύντμηση ονομασίας κατηγορίας, τελεία, αριθμός, τελεία και στη συνέχεια η αντίστοιχη λεξάντα. Για παράδειγμα: Fig. 1. Model simulation results vs. measurements of daily diffuse solar irradiance. Πίνακας 1. Ένταση διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε ώρα και ημέρα κατά το μήνα Ιούλιο 1999, σε  $W m^{-2}$ .

• **Λοιπά Συνοδευτικά Στοιχεία Υποστήριξης.** Εργασίες που πραγματεύονται εξειδικευμένες περιπτώσεις, ή μεγάλης έκτασης αναλύσεις που αποτελούν συνέχεια άλλων, θα πρέπει να συνοδεύονται, κατά το πρώτο στάδιο της υποβολής τους στην ΕΕΕΕ, με κατάλληλο περιεχομένου υλικό υποστήριξης (π.χ. αντίγραφα εσωτερικών δημοσιεύσεων, αναφορών, εργασιών, άρθρων υπό δημοσίευση, κλπ.) που δεν είναι εύκολα διαθέσιμο στον ευρύτερο επιστημονικό χώρο. Το υλικό αυτό θα βοηθήσει τους αξιολογητές στην κρίση της εργασίας.

• **Διαδικασία Υποβολής Θετικά Αξιολογημένης Εργασίας (τελική φάση).** Μέσα σε χρονικό διάστημα **τριών (3) μηνών** από την παραλαβή της έκθεσης αξιολόγησης των κριτών, ο υπεύθυνος συγγραφέας, αφού προβεί στις σχετικές αλλαγές ή και αναθεωρήσεις που προτείνονται (αν προτείνονται) από τους κριτές, οφείλει να παραδώσει, ή να στείλει επί αποδείξει, στην Γραμματεία της ΕΕΕΕ τα εξής:

1. **Τρία (3) πλήρη αντίγραφα** της αναθεωρημένης εργασίας, πάντα σύμφωνα με τις υποδείξεις των κριτών. Όλες οι αλλαγές, ή και αναθεωρήσεις, πρέπει να σημειώνονται και να υποδεικνύονται μέσα στο κείμενο, όπου έχουν γίνει, σε όλα τα αντίγραφα. Κάθε αντίγραφο πρέπει να συνοδεύεται και από μία εκτενή περίληψη 1000-1500 λέξεων στα Αγγλικά.
2. **Ένα (1) floppy disk, ή CD-ROM** με όλα τα σχετικά αρχεία (κειμένου και γραφικών), σύμφωνα με τις οδηγίες συγγραφής.
3. **Υπογεγραμμένη** (από τον υπεύθυνο συγγραφέα) **Επιστολή**, στην οποία να δηλώνεται η αποδοχή της αξιολόγησης των κριτών, καθώς και ότι η τελική αναμόρφωση της υποβαλλόμενης αναθεωρημένης εργασίας έγινε σύμφωνα προς όλες τις γενόμενες από τους κριτές υποδείξεις. Σε περίπτωση που η αξιολόγηση κριτή δεν γίνεται αποδεκτή από τον υπεύθυνο συγγραφέα κρινομένης εργασίας, αυτός (ο συγγραφέας) οφείλει όπως προσκομίσει (εντός προβλεπόμενου διαστήματος των τριών μηνών από την κοινοποίηση της σχετικής έκθεσης) κατάλληλα και αναγνωρισμένου κύρους αποδεικτικά στοιχεία, με τα οποία ουσιαστικά αναιρούνται, ή αντικρούονται ως αβάσιμες, οι υποδεικνυόμενες στην αξιολόγησή του κριτή ενέργειες.

Υποβολή εργασίας εκτός της ανωτέρω διαδικασίας δεν γίνεται δεκτή, ενώ αυτομάτως παύει η προώθηση της εν λόγω εργασίας προς δημοσίευση.

## Aims and Scope of the Scientific Journal

*Journal of Applied Research Review (JARR)*, the official journal of the Technological Education Institute of Piraeus, is devoted to the presentation of properly judged (two referees, usually) original papers. Papers in the areas of Engineering, Physics, Mathematics, Arts, Social Sciences and Humanities handling in any way administrative, economic, historical, and political aspects are welcome. Main aims of JARR are to provide a scientific understanding of novel results or analysis, and to serve as a source of information on research and development in these fields.

### Instructions for Authors

JARR welcomes manuscripts, not previously published in any other journal, written in Greek, or English (authors of articles written in English whose native tongue is not English are advised to have their manuscripts edited by someone skilled in English prior to submission). An acceptable manuscript must reflect a thorough knowledge and review of the relevant literature indicated by references to prior publications, or presentations.

Manuscripts must be submitted in the format outlined below. Originally, **Three (3) copies must be delivered to the Editorial Office** (Journal of Applied Research, TEI of Piraeus, 250 Thionon & P. Ralli Avenue, 12244 Aegaleo, Greece). After approval and **within a 3month period** from official notification of acceptance, **three (3) revised copies are delivered to the Editorial Office** accompanied by a diskette (or CD-ROM) containing an identical copy of the manuscript (**Word97** or later), as well as all illustration and caption files. Note that unless requested at submission, the Editorial Office will not return the original manuscripts, or disks to the authors at any stage of the process. Every submitted manuscript must be accompanied by a covering letter stating that the manuscript neither has been published in nor submitted to a journal previously. In addition, a short C.V. of the authors involved is welcome at submission.

### Manuscript Format

• **Manuscript Layout.** All copies of the manuscript must be **double-spaced, single-column**, on one side of A4 white sheets of paper, leaving ample left and right margins, preferably using 12 pts Times New Roman characters on main text (smaller size for **Affiliation, Abstract, key words** and **captions**, accordingly).

Maximum manuscript length should be kept at less than 20 pages (all pages numbered consecutively) including diagrams, references and tables, with text not exceeding 6500 words. Follow this order when typing manuscripts: *Title, Authors (s), Affiliations, Abstract, Key words, Text, Acknowledgements, Appendix, References, Illustrations, Captions.*

• **Units of Measure, Mathematical symbols and Formulae.** Authors of technical papers are strongly advised to use S.I. units throughout their work, providing alternate units in parentheses for convenience, when necessary. When writing fractions, please use negative exponents rather than the fraction sign/ and leave space between symbols, e.g.  $m\ s^{-1}$ , not  $ms^{-1}$  or  $m/s$ . Where showing roots, the radical sign should be avoided. To indicate roots, use positive (or negative) exponents, accordingly. Formulae should be composed carefully and with the utmost economy. Numbers that identify equations should be placed at the right-hand margin in parentheses. All symbols used (mathematical, or otherwise) are to be explained in the text. In equations, all (dimensional) figures are to be given with units.

• **Title, Author's names and Affiliation.** Title should be informative, short and precise in describing the full article. Avoid chemical formulae in title. If the paper covers a specific location, this should usually be mentioned in the title. The affiliation should be as concise as possible, including complete mailing address, corresponding author's telephone and fax numbers, and e-mail address (if available). When more than one affiliation (co-authors), please use superscript <sup>(1)</sup>, <sup>(2)</sup>, etc after each co-author's name. In addition, the corresponding author's name is to be identified by underlining the surname.

• **Abstract.** An abstract not exceeding **250 words** is required at the beginning of each paper. Abstracts should be complete in themselves giving all main points of the paper, without repeating title, or making reference citations, but summarizing conclusions/ results obtained, or method(s) used.

• **Key words.** Include five or six key words (avoid words used in the title) illustrating substantial points or features in the work.

• **Text.** Text in the manuscript is to be divided into sections, each section with a separate heading **bold typed** on a line of its own, numbered consecutively. The first section should be an Introduction. **Introduction** offers a scientific **background** by going through the literature review, and indicating the reasons for making the paper by explaining and (or) defending how the particular work is an advance on previous effects. Subsections, when needed, should bear the section number followed by the consecutive subsection number, the two separated by a dot. A final section title **Conclusions** (or **Concluding Remarks**) must be included at the end of the text. When writing in electronic form, only **Word97** files (or later versions) are acceptable. Mathematical equations, in the proper character size and appearance, should be written using the MS Equation Editor (available to all **Word** versions).

• **Acknowledgements.** Any provisional funding, and or help granted, if there are any, should be mentioned in this separate paragraph placed right after the main text.

• **Appendix.** Lengthy mathematical analyses, items of interest only to specialists, model formulations, or other material that are subordinate to the main theme of the article should normally be put into one or more appendices titled accordingly A, B, etc. Equations, Figures, and Tables in the appendix A are labeled and numbered consecutively, (i. e. Eq. (A4), Fig. A1, Table A, etc.).

• **References.** All articles cited in the text should be presented in a list of references following the **Appendix** (if there is one), or otherwise right after the main text of the manuscript. References shown in the **References List** should be arranged alphabetically by author's last name. Before submitting their manuscript, authors should compare text citations with bibliographic listings shown under the "References List" section to ensure completeness. Also, manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of author's names and dates are correct and in agreement in the text as well as in the References List. Journal title abbreviations given in the References List must follow those given in the *World List of Scientific Periodicals*, 4<sup>th</sup> Edition. In general, references should be given in the following form:

**Where cited in the text**

- Thompson (1990), or (Thompson, 1990), if only one author.
- Thompson and Clog (1996), or (Thompson and Clog, 1996), if two authors.
- Thompson et al. (1997), or (Thompson et al., 1997), if more than two authors.
- Thompson, 1990; Thompson and Clog, 1996; Thompson et al., 1997), if two or more references are cited together.
- (Thompson, 1990a; 1990b), if two (or more) same author articles published the same year are cited together.

**Where listed in the References List**

**1. Journal article.** Author's name(s), initials, (year of publication), title, *full periodical title name*, **volume number**/issue number, and inclusive page numbers. For example:

Thompson D.C., Clog R., and Batman A.Q., (1997). Global and diffuse solar irradiance models. *Solar Energy*, **23/5**, 208-216.

**2. Book.** Author's name(s), initials, (year of publication), *Title*, inclusive page numbers, Edition, publisher's name and location. For example:

Duffie J.A., and Beckman W.A. (1991), *Solar Engineering of Thermal Processes*, pp. 68-83, 2<sup>nd</sup> Edition, Wiley Interscience, N.Y.

**3. Conference article.** Author's name(s), initials, (year of Conference), *title*, volume of Proceedings, Editor(s), inclusive page numbers, location. For example:

Marble D.G. (1987). U.V.-B induced human tissue disorders. In *Proceedings of Solar Energy World Congress*, Homested H. and Elbow K. (Eds), pp. 1256-125, Ithaki, Greece.

• **Illustrations (Tables, Pictures, Figures, Drawings).** All illustrations shown **must** be referred to in the text. They are included in the text following the References List. Each illustration should be provided as a **separate electronic file** (in a floppy, or CD-ROM), and as a good quality print out hardcopy (one illustration per page A4) placed right after the References List. Only PCX, JPG, CIF, XLS, TIF, ORG, CDR electronic files for drawings, charts, or pictures can be accepted. Make sure that the physical dimensions of each illustration provided are appropriate for the dimensions of the JARR page. Illustrations should be numbered according to their sequence in the text using appropriate naming convention and must be accompanied by a suitable caption, e.g. Fig. 1. Model simulation results vs. measurements of daily diffuse solar irradiance.

• **Captions.** Illustrations and Tables must have a caption. Captions are numbered consecutively for each category and they are placed in the manuscript following Illustrations. In addition, they are provided in electronic form in floppy disk, or a CD-ROM as separate (**Word97** or later) files.

• **Initial Manuscript Submission Supporting Material.** Manuscripts presenting particular and (or) lengthy modeling studies should be accompanied at the refereeing stage (initial submission) by copies of relevant supporting material e.g. internal reports, items in press, etc.

• **Revised Manuscript Submission Procedure.** Within a period of **three (3) months** after receiving referee notes regarding the submitted paper, followed by the necessary interventions (additions, cuts, alterations, corrections), authors are to turn in **three (3) copies** of the revised manuscript, plus a floppy disk (or CD-ROM) with all files. Highlight and indicate all interventions performed on the **3 submitted manuscripts**. Please, make sure that a brief **letter/note** is included and delivered with the rest of the package expressing corresponding author's response/conformation to the referee's comments.