

“ἐὰν μὴ ἔλπηται ἀνέλπιστον οὐκ ἐξευρήσει,
ἀνεξερεύνητον ἔδον καὶ ἄπορον,”

“Αν δεν ελπίζεις, δε θα βρεις το ανέλπιστο, που είναι ανεξερεύνητο και απλησίαστο”

Ηράκλειτος

ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ II

Ενίσχυση του Ανθρώπινου Ερευνητικού Δυναμικού
μέσω της Υλοποίησης Διδακτορικής Έρευνας, Ε.Μ.Π.

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο



Ημερίδα Διάχυσης Αποτελεσμάτων

Αίθουσα Εκδηλώσεων-Αίθουσες Πολυμέσων και Τηλεκπαίδευσης του Ε.Μ.Π.

Πέμπτη 22 Μαΐου 2014, ώρα έναρξης 8:30 π.μ.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: Ηράκλειτος II. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

The contribution of agricultural education and development of Greek agriculture to the foundation or establishment of the Athens School of Agriculture.....	5
Κέντρο ή περιφέρεια; Η τοποθέτηση της μεταπολεμικής Ελλάδας στο γεωπολιτικό χάρτη με γνώμονα την ανάπτυξη της αυτοκίνησης	8
Exploring the characteristics of Knowledge-Based Entrepreneurship in Greek high-technology sector	12
Designing optimal measures to mitigate water scarcity risk and prioritize policy targets	14
Μοντελοποίηση της οικιακής ζήτησης νερού χρησιμοποιώντας μοντέλα ευφών πρακτόρων (agent based modelling).....	18
Οικονομική αποτίμηση της υποβάθμισης υπογείων υδάτων: Η περίπτωση του Ασωπού	21
Καθαρισμός υπογείων υδάτων ρυπασμένων με εξασθενές χρώμιο με χρήση νανοσωματιδίων σιδήρου.....	25
Μελέτη των τροποσφαιρικών αερολυμάτων με επίγειες και δορυφορικές τεχνικές - ανάλυση μετρήσεων και στατιστική επεξεργασία	29
Ανάπτυξη δέκτη HSRL συμβατού με laser Nd:YAG ΣΤΑ 355nm για ατμοσφαιρική επισκόπηση σε παρατηρητήρια κοσμικών ακτίνων υπερυψηλών ενεργειών.....	32
Ανάπτυξη Διάταξης με Laser Υπέρλεπτον Γραμμών για Ατμοσφαιρική Επισκόπηση σε Παρατηρητήρια Κοσμικών Ακτίνων Υπερυψηλών Ενεργειών	36
Βέλτιστη οπτική σχεδίαση των δεσμών του νέου γραμμικού επιταχυντή CLIC, λαμβάνοντας υπόψη τα φαινόμενα ενδοσκέδασης των σωματιδίων της δέσμης	38
An enzymatic biosensor via Laser Induced Forward Transfer process	39
Τοπολογικές μέθοδοι για τη μέτρηση της διαπλοκής των πολυμερών	42
Μελέτη αντιδράσεων νετρονίων σε ισότοπα της περιοχής των ακτινιδών	46
Bourgain-Delbaen \mathcal{L}^∞ -sums of Banach spaces	49
Διεπιφανειακές Αλληλεπιδράσεις και Μοριακή Δυναμική σε Οργανικά-Ανόργανα Νανοσύνθετα Πολυμερικά Υλικά	54
Μοριακή Δυναμική και Μεταπτώσεις Φάσης σε Συστήματα Πρωτεΐνης-Νερού.....	57
Πειραματική μελέτη και προσομοίωση της ταχείας απόπτωσης πυριτίου σε καθεστώς μη τήξης	60
Numerical and experimental investigation of brine discharge from desalination plants to coastal regions	64
Στατική και Σεισμική Ανάλυση Απόκρισης Φρεάτων Θεμελιώσεως.....	68
Αντισεισμικός σχεδιασμός με κριτήρια επιτελεστικότητας και μέθοδοι ενίσχυσης επιφανειακών θεμελιώσεων σε ρευστοποιήσιμα εδάφη.....	71
Οριακή και παραμορφωσιακή ανάλυση κατασκευών με χρήση μαθηματικού προγραμματισμού	75
ΛΟΓΟΣ ΣΤΡΕΨΗΣ: Κριτήριο Αποτίμησης και Σχεδιασμού μη Κανονικών Κατασκευών έναντι Στρέψης.....	78
beWare of the robot: παρουσίαση της διαδραστικής εκπαιδευτικής εφαρμογή Εικονικής Πραγματικότητας για τη συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ	82
Προσέγγιση και Σύλληψη Στόχου από Διαστημικό Ρομποτικό Σύστημα	86
Χαρτογράφηση παραγόντων που επιδρούν στις αποφάσεις των τεχνικών κατά τη συντήρηση αεροσκαφών	90



Επίδραση Οπτικής Ακτινοβολίας στην Τοπολογία Κολλαγόνου με Χρήση Απεικονιστικής Μικροσκοπίας Ατομικής Δύναμης και Σάρωσης Ηλεκτρονίων.....	92
Επεξεργασία Σημάτων Μουσικής και Εφαρμογές Αναγνώρισης	96
Ανάλυση και Επαλήθευση Απαιτήσεων Λογισμικού Πολλαπλών Εμπλεκόμενων κατά τον Χρόνο Εκτέλεσης	100
Μηχανισμός Εκχώρησης Ισχύος για Γνωστικά Δορυφορικά-Επίγεια Δίκτυα με Περιορισμούς Ποιότητας Υπηρεσίας.....	103
Σχεδίαση Ελάχιστου Λειτουργικού-Κατασκευαστικού Κόστους και Δυναμικός Έλεγχος Απωλειών Κινητήρων για Εφαρμογές Ηλεκτροκίνησης.....	107
Εφαρμογή της τεχνικής κωδικοποίησης δικτύου σε δίκτυα με ανοχή στις καθυστερήσεις	109
Πρόβλεψη και αξιοποίηση ασύρματων διαύλων με χρήση αλγορίθμων ενισχυτικής μάθησης.....	112
Εγγενής Ενσωμάτωση Ιδιωτικότητας σε Τεχνολογίες Λογισμικού Προσανατολισμένου σε Υπηρεσίες	115
Προστασία ιδιωτικότητας στην δημοσίευση ημιδομημένων δεδομένων	119
Σημειολογικές Προσεγγίσεις στην Προστασία της Ιδιωτικότητας σε Δεδομένα Καταγραφών Συμπεριφοράς στον Ιστό.....	123
Υπηρεσίες αναζήτησης πηγών και δεδομένων στον ιστό για υποστήριξη επιστημονικής καινοτομίας	125
A Calculation with No Fitting Parameters of the Charging Time of Metal Nanoparticles Inside Non-Volatile Memories: Effects of Voltage Pulse Duration	128
Μελέτη βιοχημικών, καταλυτικών και δρομικών μεταβολών φυτικών ενζύμων σε συνθήκες υπερυψηλής πίεσης	131
Οι έννοιες «διαιρεμένη» και «εγκαταλελειμμένη» πόλη.....	135
Εναλλακτικές μορφές τουρισμού και αναδυόμενοι τουριστικοί προορισμοί. Ο ρόλος του σχεδιασμού στη χωρική τους διάρθρωση και οι προϋποθέσεις ανάπτυξής τους.....	138
Η ερμηνεία του χώρου μέσα από συστήματα συλλογικής νοημοσύνης	142
Χωρικές πολιτικές και λόγος για την πόλη την περίοδο της δικτατορίας 1967-1974. Τομές και συνέχειες στις διαδικασίες συγκρότησης του ελληνικού αστικού χώρου. Το πλαίσιο της έρευνας.....	146
«Η οργανική πόλη» του 4ου CIAM και ο Ιωάννης Δεσποτόπουλος	149
Αρχές σχεδιασμού των ελληνιστικών πόλεων Μεσσήνης και Μεγαλόπολης.....	152
Ηλεκτροχημική απόθεση νικελίου σε ίνες άνθρακα, πυρολυτικά ή/και ηλεκτροχημικά επεξεργασμένες, για CVD εναπόθεση νανοδομημένου άνθρακα.....	156
Ποτενσιοστατική σύνθεση ηλεκτρικά αγώγιμων συμπολυμερών 3-οκτυλθειοφαινίου - διφαινυλίου και μορφοποίησή τους ως νανοδομημένα υμένα	158
Ανάπτυξη και διερεύνηση νανοδομών και καινοτόμων υλικών για βιοεφαρμογές	160
Σύνθεση, διερεύνηση φυσικοχημικών ιδιοτήτων και αποτίμηση λειτουργικότητας σύνθετων κοίλων πολυμερικών νανοσφαιρών για εφαρμογές στην νανοϊατρική.....	162
Μοριακή Προσομοίωση Υαλωδών Υλικών.....	166
Παρασκευή συνθέσεων διαπερατού σκυροδέματος και έλεγχος των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων τους.....	169
Μοριακή, δομική και καταλυτική μελέτη καινοτόμων βιοκαταλυτών (ημικυτταρινάσες) που εμπλέκονται στην αποικοδόμηση της φυτικής βιομάζας.....	173
Τροποποιημένα σωματιδιακά στερεωτικά υλικά: Παρασκευή και αποτίμηση της εφαρμογής τους σε πορώδεις λίθους.....	176



Διερεύνηση συνδυασμένης χρήσης δεδομένων SAR με ετερογενή τοπογραφικά δεδομένα μέσω συνταύτισης μη συναρτησιακών καμπυλών.....	180
Προστασία των μέτρων στήριξης σηράγγων από πυρκαγιά	184
Βιομηχανική ανάπτυξη σύνθετων υβριδικών κριωμάτων αποτελούμενων από ναοκρυστάλλους υδροξυαπατίτη κολλαγόνου και Ι-αργινίνης.	187
Definition of a unified methodology for the simulation of rupture in collision and grounding of ships	190
Υδροδυναμική Προσομοίωση Βιολογικών Συστημάτων Πρόωσης και Εφαρμογή στη Σχεδίαση Βέλτιστων Συστημάτων πρόωσης Πλοίου	194
Υδροδυναμική Ανάλυση Πλωτών Συσκευών Ταλαντευόμενης Υδάτινης Στήλης για την Ανάκτηση Κυματικής Ενέργειας στην Ανοιχτή Θάλασσα	197
Η κωδικοποίηση της διεργασίας απόφασης σε μαγνητοεγκεφαλογραφικά σήματα	201
Ασυμπτωτική Μελέτη Δύσκαμπτων Δυναμικών Συστημάτων: Κατασκευή και Ανάλυση Μοντέλων Μειωμένης Τάξης Βιολογικών Διεργασιών και Μηχανισμών Καύσης	205
Πειραματική μελέτη τυπικής σύνδεσης των επιστυλίων του Παρθενώνα υπό διάτμηση	209
Έλεγχος της δομικής ακεραιότητας με καινοτόμες μεθόδους μη καταστροφικού ελέγχου σε κατασκευές και σύνθετα υλικά	212
Water – Energy Interactions in Urban Water Systems.....	216



The contribution of agricultural education and development of Greek agriculture to the foundation or establishment of the Athens School of Agriculture

Theodora P. Arampatzes, Ph.D Candidate NTUA, Athens, Greece

The absence of infrastructure, farming methods, educational infrastructure and suitable equipment were the reasons for the low level of production in Greece. Up until the first quarter of the 20th century, the majority of farmers tilled with the use of plows drawn by animals, and employed farming methods that differed slightly from those in ancient years or the Medieval times.

It was I. Kapodistrias who, from the first years of the Greek state, saw the importance, necessity and significance of agricultural education which in fact formed part of his policy. In 1892, he establishes the Agricultural School in Tiryns, Nafplion. In “The History of our Agricultural Education” and pertaining to the Governor, Dimitrios Zografos points out that “he himself goes ...every day”.

At the time, the School offered the essential as well as elementary agricultural education, for the first Governor of Greece assumed the time was not yet right for the establishment of higher educational institutes. The impoverishment of the newly-established Greek state was unprecedented.

Grigorios Paleologos, an agriculturalist from Paris, was the first Director of the newly-established School, the students of which were mostly youth born to poor farmers.

The assassination of Kapodistrias in combination with the ineffective efforts towards a dynamic restructure of the School led to its closure in 1873. The principal reasons for its decline were:

- Shortage of resources,
- Mismanagement,
- Poor economic condition,
- Ignorance and hesitancy to put into practice innovative decisions which would strengthen agricultural production,
- The phenomenon of urbanism,
- Gradual abandonment of the countryside.



The first statutory step toward the organization of agricultural education and the development of Greek agriculture was the foundation of the Department of Agriculture in the Ministry of Interior by Charilaos Trikoupis' government in 1887. The testament of Panayiotis Triantafyllidis (1810-1863), an affluent merchant from Vytina, had been the subject of unending discussions, before it was finally decided that the money be used for the foundation of Triantafyllidian schools of agriculture.

In 1887, Act ΑΦΜΒ' /28-5-1887 "About the constitution of agricultural schools" was passed, i.e. twenty-five years after Triantafyllidis' death (1863). Three such schools were founded and set in operation:

1. The Agricultural School in Athens (1888). A part of the formerly known as Rouf estate (an extent of the property belonging to Hadji Ali Chaseki) was granted for that purpose. The Athens School of Agriculture is still located there.
2. The second Triantafyllidios Agricultural School in Tiryns (1894) at the premises of the former agricultural school.
3. The third school operated in Almyros, Volos. The Athens and Tiryns Schools operated until 1897· then, they became agricultural stations.

However, the first "Higher Agricultural School in Athens" was founded after a considerably long period, in 1920, when Eleftherios Venizelos' government passed Act 1844, and at the location of the former Triantafyllidios Agricultural School which had been founded in 1888 and offered a three-year curriculum. By 1925, 95 sq.m. of the Chaseki-Rouf property had already been allotted for the installation of the School, while 25 sq.m. remained at the disposal of the University for the preservation of the Botanical Garden which had been operating at the same location since 1835. By 1937, the School premises and training (experimental) cultivations extended on an area of approximately 240 sq.m., including the area covered today.

The Foundation Act stipulated that:

"In this school, training in line with the progress of contemporary agricultural science and specific natural and economic conditions in Greece aims at educating young people and making them capable of:

- a) Working as higher agents of agricultural services of the state (administrative, settlement, scientific research, agricultural training, etc)
- b) Making out projects of systematic agricultural developments and similar industries.
- c) Directing extensive agricultural and similar businesses.
- d) Promoting Greek science by way of scientific studies and research related to the various branches of agricultural production."



The contribution of the agriculturalist and later first Director of the Higher Agricultural School in Athens Spyridon Chassiotis (1862-1945) was invaluable. As Head of Department in the Ministry of Agriculture, Commerce and Industry, and also as General Inspector of Agriculture, a member of the Parliament and a columnist of “Nea Georponika” and “Georgiki Proodos” he managed to attract the interest of farmers, of the public and eventually of the Government itself.

The foundation of the first higher agricultural institution in the country, the Higher Agricultural School in Athens, was completed when Act 1844 was passed on January 14th, 1920.

The School had already been operating since November 1st, 1919, when the Ministry of Agriculture had assigned Sp. Chassiotis with the direction and operation of the School as stipulated in a document regarding “temporary Direction of the installation and in effect operation of the soon-to-be-founded Higher Agricultural School.



Κέντρο ή περιφέρεια; Η τοποθέτηση της μεταπολεμικής Ελλάδας στο γεωπολιτικό χάρτη με γνώμονα την ανάπτυξη της αυτοκίνησης

Αλεξία Σοφία Παπαζαφειροπούλου

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ

Στην παρούσα μελέτη ως αυτοκίνηση ορίζεται το σύστημα που αφορά στην εξέλιξη και διάδοση του αυτοκινήτου ως τεχνήματος, καθώς και στην ανάπτυξη κι επέκταση των οδικών δικτύων. Η αυτοκίνηση αποτελεί παράγοντα που έχει διαδραματίσει κεντρικό ρόλο στη διαμόρφωση των κοινωνικών σχέσεων (μικροκλίμακα) και των ευρύτερων γεωπολιτικών σχέσεων (μακροκλίμακα) κατά τον 20ο αιώνα, καθώς κατέχει σημαίνουσα θέση στη διαμόρφωση των δικτύων μετακίνησης στις μεταπολεμικές κοινωνίες, τα οποία στην διεθνή βιβλιογραφία ορίζονται ως κινητικότητα (mobility). Αντικείμενο μελέτης της κινητικότητας αποτελεί ο ρόλος των μετακινήσεων στη διαμόρφωση συλλογικοτήτων, στον καθορισμό κοινωνικών κωδίκων συμπεριφοράς, στην αναδιοργάνωση μικρογεωγραφιών της καθημερινής ζωής, στην χωροταξική αναδιαμόρφωση και στην αναδιάταξη των γεωλιτικών και οικονομικοκοινωνικών ιεραρχιών. Κεντρικό επιχείρημα αυτής της προσέγγισης αποτελεί η άποψη ότι η μελέτη των δικτύων κινητικότητας συνιστά διεπιστημονικό μεθοδολογικό εργαλείο που μπορεί να λειτουργήσει παραπληρωματικά αν όχι εναλλακτικά προς την στρουκτουραλιστική κοινωνιολογική ανάγνωση των κοινωνιών ως στατικών δομών.

Σε ό,τι αφορά στον καθορισμό των γεωπολιτικών ισορροπιών στο μεταπολεμικό ευρωπαϊκό χώρο με γνώμονα την κινητικότητα κι ειδικότερα την αυτοκίνηση, προτείνεται συχνά η κατηγοριοποίηση των κρατών βάσει του διπόλου κέντρου – περιφέρειας. Η κατηγοριοποίηση αυτή εκκινεί κυρίως απ' την οικονομοκεντρική ανάλυση των διεθνών σχέσεων ως παγκόσμιου συστήματος (World System Analysis) όπως εισάγεται από τον Immanuel Wallerstein. Στο πλαίσιο αυτής της ανάλυσης τα εθνικά κράτη ιεραρχούνται με κριτήριο την οικονομική και πολιτική τους δύναμη κι επιρροή.

Με βάση τα παραπάνω η ανακοίνωση θα εστιάσει στη διαμόρφωση του ρόλου του ελληνικού μεταπολεμικού κράτους ως ημιπεριφέρειας στον ευρωπαϊκό χάρτη, κυρίως κατά την περίοδο 1950 – 1970. Στόχος είναι η διερεύνηση του κατά πόσο η εννοιολογική διχοτόμηση κέντρου – περιφέρειας αποτελεί το πιο επαρκές εξηγητικό σχήμα για την κατανόηση της γεωπολιτικής αλλά και γεωπολιτισμικής διάστασης των δικτύων κινητικότητας. Επιπλέον στόχος είναι η



συμβολή στην ακαδημαϊκή συζήτηση αναφορικά με τα μεταβατικά χαρακτηριστικά των γεωπολιτικών συσχετισμών που σχετίζονται με τα δίκτυα κινητικότητας.

1. ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΠΟΛΕΜΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ

Η ταξινόμηση κέντρου – περιφέρειας συνήθως αρθρώνεται βάσει ενός αξιολογικού και εξελικτικού μοντέλου προόδου. Ωστόσο, η ανακοίνωση θα επιχειρήσει να καταδείξει στην ενότητα αυτή ότι σε πολλές περιπτώσεις μεταξύ των οποίων και η ελληνική, συνυπάρχουν αντιφατικά «κεντρικά» και «περιφερειακά» χαρακτηριστικά, και αντίρροπες τάσεις που δεν ακολουθούν γραμμική εξελικτική πορεία.

Πιο συγκεκριμένα, παρατίθενται στοιχεία που αφορούν στην εξέλιξη κι επέκταση του ελληνικού οδικού δικτύου, βάσει της αριθμητικής αναλογίας χιλιομέτρων οδικού δικτύου ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο επικράτειας, καθώς και στη διάδοση της χρήσης αυτοκινήτου, βάσει της αριθμητικής αναλογίας οχήματος ανά κάτοικο. Τα αριθμητικά αυτά στοιχεία συγκρίνονται με αντίστοιχα ευρωπαϊκών κρατών. Κατά την συγκριτική ανάλυση συνεξετάζονται επιπλέον ποιοτικά στοιχεία που αφορούν στους οικονομικούς όρους των προγραμμάτων οδοποιίας, στην κατάσταση και την κοινωνική σημασιολογία του οδικού δικτύου, στον κοινωνικό ρόλο του αυτοκινήτου, στην παλαιότητα του στόλου οχημάτων, στον τεχνοκοινωνικό ρόλο των χρηστών τους, και τις τάσεις κυκλοφοριακές συμφόρησης που στην Αθήνα τουλάχιστον εμφανίζονται αρκετά νωρίς, λόγω και του τρόπου πολεοδομικής της ανάπτυξης.

2. Η ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΗΜΙΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΩΣ ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ

Στην ενότητα αυτή αναλύεται η τυπολογία της ταξινόμησης κέντρου – περιφέρειας καθώς και των στερεοτυπικών αναπαραστάσεων που αυτή προβάλλει ως οντολογικά χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα υποστηρίζεται η άποψη ότι τα κέντρα, οι ημιπεριφέρειες κι οι περιφέρειες αποτελούν εκτός από γεωπολιτικές και επιστημολογικές/ιστοριογραφικές κατηγορίες. Βάσει αυτής της άποψης εξετάζεται η έννοια της ημιπεριφέρειας η οποία αποδίδεται για την ελληνική περίπτωση, στο πλαίσιο του κυρίαρχου ακαδημαϊκού και του δημοσίου λόγου.

Υποστηρίζεται ότι η έννοια της ημιπεριφέρειας αποδίδεται σε ένα πλήθος συχνά ετερόκλητων περιπτώσεων, όπως σε κράτη της Λατινικής Αμερικής ή/και της Ανατολικής Ευρώπης. Παρά τις όποιες ομοιότητες ή διαφορές των χαρακτηριστικών βάσει των οποίων πραγματοποιείται η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση, στο πλαίσιο της χρησιμοποιείται κοινή ορολογία (π.χ. εκσυγχρονισμός, πρόοδος, οπισθοδρόμηση κλπ.) που εν τούτοις λαμβάνει διαφορετικό περιεχόμενο στο πλαίσιο κάθε ημιπεριφερειακού κράτους. Σε κάθε περίπτωση, η ορολογία αυτή εκτός από αναλυτικό έχει και κανονιστικό χαρακτήρα που δομείται βάσει στερεοτυπικών οικονομικών και πολιτισμικών προτύπων. Τα πρότυπα αυτά όμως ενώ προϋποτίθεται ότι αφορούν σε ένα ομοιογενές κέντρο, παρουσιάζουν επίσης διαφορετικά χαρακτηριστικά ανά περίπτωση, ειδικά με δεδομένο ότι τα μεταπολεμικά δίκτυα κινητικότητας έχουν καταστήσει το σύγχρονο γεωπολιτικό σύστημα πολυκεντρικό. Επομένως, παρά το γεγονός ότι η ισχύς της κατηγοριοποίησης των κρατών σε κέντρα και



περιφέρειες τείνει να εκλαμβάνεται ως καθολικά αποδεκτή, είναι δυνατόν να μεταβάλλεται στο πλαίσιο του εκάστοτε συγκριτικού γεωπολιτικού πλαισίου.

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ως συμπέρασμα της ανωτέρω ανάλυσης, υποστηρίζεται η άποψη ότι η διχοτόμηση κέντρου – περιφέρειας συνιστά μη επαρκές εξηγητικό σχήμα τουλάχιστον σε ό,τι αφορά στα δίκτυα κινητικότητας, κυρίως επειδή αυτά καθορίζονται όχι μόνο βάσει οικονομικοπολιτικών αλλά και κοινωνικοπολιτισμικών παραμέτρων. Επιπλέον, ενώ τα κέντρα κι οι περιφέρειες συχνά τείνουν να εκλαμβάνονται ως ουσιοκρατικά παγιωμένες και στατικές κατηγορίες, τα χαρακτηριστικά βάσει των οποίων ταξινομούνται είναι συχνά μεταβαλλόμενα, ή επαναπροσδιορίζονται υπό το πρίσμα νέων ερευνών. Ειδικά σε ό,τι αφορά στην ελληνική περίπτωση, υποστηρίζεται ότι η Ελλάδα κατέχει μεταβατικό γεωπολιτικό χαρακτήρα όσον αφορά στην ανάπτυξη και διάδοση της αυτοκίνησης κατά την εξεταζόμενη περίοδο. Επιπλέον, ο ημιπεριφερειακός της ρόλος συγκροτείται κυρίως στο πλαίσιο της ρητορείας περί εκσυγχρονισμού που συνδέεται μεταπολεμικά με την ανάπτυξη του οδικού δικτύου και τη διάδοση του αυτοκινήτου.

Η παρούσα έρευνα διεξάγεται σε συνεργασία με διαπανεπιστημιακή ερευνητική ομάδα που φέρει τον τίτλο “Peripheral Mobilities” στην οποία μεταξύ άλλων συμμετέχουν εκπρόσωποι από τα πανεπιστήμια του Αϊντχόβεν, του Βερολίνου, και της Γρανάδας. Στο πλαίσιο εργασιών αυτής της ομάδας έχουν προταθεί ως ερευνητικά εργαλεία οι όροι «ηγεμονικές/ υπάλληλες κινητικότητες» εναλλακτικά προς τους όρους «κεντρικές/ περιφερειακές κινητικότητες».

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Boatca Manuela, "Semi-peripheries in the World System. Reflecting Eastern European and Latin American Experiences", *Journal of World Systems Research* 12, No. 11, (December 2006): 321 – 346
2. Cresswell Tim – Merriman Peter (eds.), *Geographies of Mobilities; Practices, Spaces, Subjects*, Ashgate: Surrey 2011
3. Featherstone Mike – Thrift Nigel – Urry John (eds.), *Automobilities*, Sage: London – Thousand Oaks – New Delhi 2005
4. Gavroglou etc., "Science and Technology in the European Periphery: Some Historiographical Reflections", *History of Science*, xlvii (2008), 153 - 175.
5. Herzfeld, Michael *Anthropology through the Looking Glass. Critical Ethnography in the Margins of Europe*, Cambridge University Press: Cambridge 1987
6. Leerssen Joep, "Imagology. History and Method" in M. Beller - J. Leerssen (eds.), *Imagology. The Cultural Construction and Literary Representation of National Characters. A Critical Survey*, p. 17 – 33
7. Said Edward, *Orientalism*, Pantheon: New York 1978
8. Schipper Frank, *Driving Europe. Building Europe on Roads in the Twentieth Century*, Aksant Academic Publishers, Amsterdam 2009



9. Todorova Maria, *Imagining the Balkans*, Oxford University Press: Oxford - New York, 2009
10. Urry John, *Mobilities*, Polity: Cambridge 2007
11. Urry John, *Sociology Beyond Societies*, Routledge: London – New York 2000
12. Verstraete Ginette – Cresswell Tim, *Mobilizing Place. Placing Mobility. The Politics of Representation in a Globalized World*, Colophon: Amsterdam – New York 2002
13. Wallerstein, Immanuel. *The Modern World-System I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century*. New York: Academic Press, 1974



Exploring the characteristics of Knowledge-Based Entrepreneurship in Greek high-technology sector

Nikos S. Kanellos

School of Chemical Engineering, NTUA, Heron Polytechniou 9, 157 80 Athens

Knowledge-Based Entrepreneurship (KBE) is a very important socio-economic phenomenon that drives innovation, economic growth and development (Groen, 2005). This kind of entrepreneurship is characterized by high potential for technology upgrading. Moreover, KBE is an effective mechanism for the transformation of knowledge into innovation and new economic activity (Carlsson et al., 2007).

Many scholars argue that a better term for “Knowledge-Based Entrepreneurship” would be “Innovative Entrepreneurship”, because this type of entrepreneurship involves the development and diffusion of product innovations or process innovations (e.g. Radosevic et al., 2010).

Additionally, KBE can be embedded in diverse sectors – including traditional and high-technology sectors, manufacturing and services, existing and new industries. They are new, innovative and high knowledge intensity firms, which are involved in a process that translates knowledge into innovation.

This study examines the basic aspects of KBE, namely knowledge intensity and innovative performance. More specifically, it investigates the link between the educational background of the founders and the sources of knowledge of firms for exploring business opportunities as well as the role of networks in different firm operations.

We hypothesize that when a firm has at least one founder with a very high educational level then it's connected to specific sources of knowledge like in house Research and Development (R&D), universities and research institutes, scientific journals and research programmes. The educational background of founders also affects the networking in different firm operations. The main facilitators of networking are quite different between the founders who have completed only elementary or secondary education with those who have PhD or Master's degree.

The present paper focuses on the Greek knowledge based enterprises, their innovative performance and growth. Assuming that KBE is a high-potential entrepreneurship, we study different factors which shape this type of entrepreneurship as it may represent a new source of development for the Greek economy. More specifically, we are interested in the educational attainment of founders and employees, the main areas of expertise of founders and the factors influencing the creation of new ventures. We also explore the sources of knowledge for the exploration of new business opportunities and the importance of networking in different firm



operations. Therefore, this research focuses on both the founder or the founding team as well as on the overall operations of the firms.

Analysis is based on a structured questionnaire circulated to a representative sample of new firms that have been established between 2000 and 2010 and belong to various high-technology sectors. The examined sectors have been classified according to the EC - NACE Rev. 1.1 in three groups: (1) high-technology manufacturing, (2) medium-high-technology manufacturing and (3) high-technology knowledge intensive services. To understand the exploitation differences on sources of knowledge and the networking among the founders, depending on their educational background, we performed analysis of variance.

KBE perspective in exploring innovativeness and growth of newly established Greek firms, we derive useful conclusions for both the management of firms as well as for the public policies to promote innovation and entrepreneurship in general.

REFERENCES

14. Carlsson, B., Zoltan, A., Audretsch, D., Braunerhjelm, P., The Knowledge Filter, Entrepreneurship, and Economic Growth, Jena Economic Research Paper 2007, No. 2007-057.
15. Groen, A., Knowledge intensive entrepreneurship in networks: towards a multi-level/multi dimensional approach, Journal of Enterprising Culture 2005, Vol. 13, No. 1, 69-88.
16. Radosevic, S., Yoruk, E., Edquist, C., Zabala, J., Knowledge-intensive entrepreneurship and national innovation systems, AEGIS project 2010, del. 2.2.1.



Designing optimal measures to mitigate water scarcity risk and prioritize policy targets

Kossida, M., Makropoulos, C., Mimikou, M.

School of Civil Engineering, NTUA, Iroon Polytechniou 9, 157 80 Athens

The current research focuses on the assessment of drought hazard and vulnerability in the Pinios River Basin in Greece, where conflicting water uses have led to increased water stress conditions, and elaborates a methodology for designing a bundle of optimal interventions, targeting the domestic and agricultural sectors, to mitigate impacts and prioritize policy targets.

1. THE GENERAL CONTEXT AND RATIONALE

In the past 40 years drought occurrence in Europe has been noticeably observed, with episodes of various severities, duration and extent, and adverse impacts on the environment and the society. A large scale comparison between the periods 1971-80 and 2001-11 per region (North, Central, Eastern, South EU) clearly shows that drought occurrence has significantly increased in the period 2001-11, not only in the South and Central EU, but also reaching now the North and Eastern EU (Kossida et al., 2012a). Drought spells have been further acknowledged in the Water Framework Directive (WFD) reported River Basin Management Plans (RBMPs) as affecting parts of the entire basin in various cases (Schmidt and Benitez, 2012). Policy actions have recently been intensified at the European and national levels in order to effectively implement drought management schemas that can support proactive risk management and increase the resilience and sustainability of the affected regions.

Assessing the components of drought vulnerability and risk is a complex multi-factor problem still to be methodologically tackled (Kossida et al., 2012a). The need to develop adequate tools has been further highlighted in the 2007 EC Communication on Water Scarcity and Droughts (EC, 2007) and the recently published 2012 EC Communication “A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources Blueprint” (EC, 2012). Drought and water scarcity impacts can be classified as direct or indirect, and affecting the economic, environmental and social welfare. Reduced crop and forest productivity, reduced groundwater levels, increased pollution due to less dilution, increased fire hazard, increased livestock and wildlife mortality rates, and damage to wildlife and fish habitat are a few examples of direct impacts (Wilhite et al., 2007). The European Commission recently determined that droughts in Europe have cost the economy 100 billion € over the last 30 years (EC, 2007). When considering adaptation measures to address water scarcity and drought issues, demand-side management has a great



potential. A proper risk management approach entails the correct identification of the current and future risk, at the appropriate spatial and temporal resolution, defined as the combined effect of the hazard and vulnerability, the latest being associated with the exposure, sensitivity, and resilience of the physical and socio-economic system. In this direction, the current study attempts to identify interventions that consider the vulnerability of the system and its sensitivity to future climatic and socio-economic conditions while looking at tradeoffs between costs and benefits across various sectors, and applying an optimization process to selecting the most robust solutions and defining specific policy targets.

2. THE STUDY AREA

The study has been focused on the analysis of the Northwestern part of the Pinios River, namely the Ali-Efenti basin, with a total area of about 2,900 km². The predominant land uses are agriculture and forests (33% coverage each), followed by pasture and urban (about 2.5%). This basin has extended irrigation areas while irrigation efficiency is low. The main cultivated crop is cotton (accounting for 44% of the agricultural area), followed by winter wheat (25%), maize (18.5%), alfalfa (10%), sugarbeets (1.5%), olive and orchard trees (1%). Two main urban centres, the city of Trikala and the city of Karditsa are within the basin, as well as numerous significant peri-urban settlements, accumulating a total permanent population of 190,276 inhabitants. The long-term annual average precipitation has great spatial variability, ranging from high in the west part (1000-1600 mm) to low values in the eastern part (400-600 mm).

Imbalance between demand and availability is frequent, and the unmet demand is highly pronounced during the summer. As a result, over-abstraction has led to environmental impacts, such as the degradation of the groundwater resources and declining groundwater levels. Drought hazard and vulnerability in the area are significant, exhibiting DHI (Drought Hazard Index) values of 1.5-3.17 (Kossida and Mimikou, 2013b), and increased vulnerability especially in the areas where irrigation is present, with deteriorating trends between 1981-1995 to 1996-2010 (Kossida and Mimikou, 2013a). At the same, drought management is based on “crisis management” rather than on a pro-active and preparedness approach, while socio-economic impacts are a major challenge due to conflicting water uses. The definition of concrete measures, based on best science and cost-effectiveness analysis, is thus crucial for opening the dialog with the stakeholders and the policy community towards adaptation of a targeted action plan.

3. DESIGNING OPTIONS FOR MITIGATING WATERS SCARCITY AND POLICY TARGETS

To support decision making a DS platform has been developed, linking a Water Management Model (WMM) of Ali-Efenti catchment developed in WEAP21, with a Matlab optimisation toolbox, with the purpose of indentifying optimal mitigation measures for demand management and setting respective policy targets. As a first step. a robust distributed water management model (WMM) for the Ali-Efenti catchment, has been developed in the WEAP21 modeling environment (SEI, 2011), able to represent all the salient features of the



water cycle and water balance (per sector and per user), with the purpose of identifying “challenged” users in terms of unmet demand and low water supply reliability.

A set of interventions (i.e. measures covering management and technological aspects) to have been designed targeting the “challenged” users and sectors, while their impact and effectiveness have been tested/simulated against specific criteria for the Ali-Efenti catchment. In order to design water saving measures in the various sectors, cost-effective intervention curves are created for each case, which include combinations of water saving measures, and embed within them the expert knowledge about the area – beyond what is modeled in WEAP21. Following, an optimization algorithm has been developed (in Matlab environment) and applied to optimize measures allocation on the basis of the above-mentioned cost-effective intervention curves. Finally, the robustness of the optimization results has been tested under future climate and socio-economic scenarios and relevant policy targets have been identified.

4. CONCLUSIONS

The main conclusions of the research are summarized below:

- The WMM revealed a negative balance between demand and availability, resulting in unmet demand in all the 23 subcatchments every year, mainly for irrigation purposes, while unmet demand for industrial and livestock activities has been experienced during the years 2004-2008. The total annual unmet demand ranges from as low as 5 mio m³ to as high as 114 mio m³ (in 2007), with an average value of 33 mio m³ over the 16-year period, and is mainly attributed to irrigation. The Reliability (%) of the system in supplying the requested demand ranges among the uses: 100% for domestic use (priority 1), 95-28% for livestock and industry, <75% - >95% (high variability) for irrigation water supply.
- With regards to the investigated interventions, in the urban sector the water saving measures examined were dual flush toilets, low flow taps and showerheads, efficient washing machines, rainwater harvesting and greywater reuse. If all water saving measures are applied to one household the percentage of water saved is 62.7% per household with a respective cost of 7,750 € per household. The results of the optimization show that it entails relatively low cost to achieve conservation up to 30%/hh with a cost of approximately 200€/hh (or total 2.5 mio AEC €). Above that level and until the maximum level of water saving the cost is increasing rapidly until the maximum, due to the algorithm selecting relatively expensive measures, such as rainwater harvesting, greywater reuse and efficient washing machines, to decrease
- In the agricultural sector two main prefectures (Karditsa and Trikala) are dominant using various conveyance methods (open vs. closed pipes) and irrigation techniques (drips, sprinkler, furrow). The cost-effective curve for irrigation interventions investigates and tries to find the optimum trade-off between various conveyance and irrigation methods. In other words the investigation focuses to how much the efficiency would be improved in the prefecture if a different “mix” of conveyance and irrigation methods are used, which mix of them give the highest efficiency with minimum cost. As before, a model in MATLAB was created and optimized. The results show potential improvements in the efficiencies, currently 75.4% for Karditsa and 77.6% for Trikala, up to 93% with AEC 5.3 € and 7.6 € respectively. These highly efficient solutions entail a mix of measures, dominated by precision agriculture



and drip irrigation in the collective networks. Intermediate solutions exist with variables ranges of efficiencies.

- The global optimization across the two sectors, showed that the suggested response measures are suitable for reducing unmet irrigation demand. The original unmet demand of 33 mio m³ can be reduced by 72-84% in the baseline scenario depending on the selected solutions. On this basis, the proposed indicative targets are to increase the irrigation efficiency in the Karditsa agricultural area to as high as 82% and in the Trikala area to as high as 86%. Furthermore, increase the water savings in the urban sector by 7% at the highest.

REFERENCES

1. EC (2012). 'A Blueprint to Safeguard Europe's water resources - Consultation Document'. European Commission - Directorate-General Environment ENV.D.1 - Protection of Water Resources.
2. EC. 2007a. 'Communication from the Commission to the European Parliament and the Council addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union'. Commission of the European Communities.
3. Kossida, M., Mimikou, M. (2013a). An indicators' based approach to Drought and Water Scarcity Risk Mapping in Pinios River Basin, Greece. Geophysical Research Abstracts Vol. 15, EGU2013-6349, 2013, EGU General Assembly 2013, 07-12 April 2013, Vienna, Austria
4. Kossida, M., Mimikou, M. (2013b). A methodological framework for assessing drought hazard using operational indicators. Florisa Melone Memorial Conference, 10-11 October, 2013 in Assisi, Italy.
5. Kossida M., Kakava, A., Tekidou, A., Iglesias A., Mimikou, M. (2012). Vulnerability to Water Scarcity and Drought in Europe. Thematic assessment for EEA 2012 Report. ETC/ICM Technical Report 2012/3. ISBN 978-80-85087-13-0.
6. Kossida M., Koutiva I., Makropoulos C., Monokrousou K., Mimikou M., Fons-Estevé J., Iglesias A. (2009). Water Scarcity and Drought: towards a European Water Scarcity and Drought Network (WSDN). ETC/ICM Report for the European Environment Agency EEA.
7. Schmidt, G. and Benítez, C., 2012, Topic Report on Water Scarcity and Droughts Aspects in a selection of European Union River Basin Management Plans, Topic Report, Version 3.0. Service contract for the support to the follow-up of the Communication on Water Scarcity and Droughts. European Commission, Intecsa-Inarsa S.A. and Typsa.
8. Stockholm Environment Institute (SEI) (2011). WEAP Water Evaluation And Planning System User Guide. Stockholm Environment Institute, U.S. CenteR, May 2011
9. Wilhite, Donald A., Mark D. Svoboda, and Michael J. Hayes. 2007. 'Understanding the Complex Impacts of Drought: A Key to Enhancing Drought Mitigation and Preparedness'. Water Resources Management 21 (5) (January 11): 763-774. doi:10.1007/s11269-006-9076-5.



Μοντελοποίηση της οικιακής ζήτησης νερού χρησιμοποιώντας μοντέλα ευφυών πρακτόρων (agent based modelling)

Ιφιγένεια Κουτίβα

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Η βιώσιμη εξέλιξη του αστικού συστήματος νερού απαιτεί τη διαχείριση τόσο της προσφοράς όσο και της ζήτησης του, μέσα από ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο διαχείρισης του αστικού κύκλου του. Μια τέτοια προσέγγιση ωστόσο, προϋποθέτει τη χρήση μέσων ικανών να αναλύσουν και να προσομοιώσουν τον πλήρη κύκλο, συμπεριλαμβανομένων τόσο του φυσικού όσο και του κοινωνικού περιβάλλοντος (Rozos and Makropoulos 2013). Η προσομοίωση του κοινωνικού περιβάλλοντος και πιο συγκεκριμένα της συμπεριφοράς των νοικοκυριών και της επιρροής τους από τα διαχειριστικά μέτρα όσο αφορά την χρήση νερού, αποτελούν δύο από τις βασικές προκλήσεις της προσομοίωσης του πλήρους αστικού κύκλου νερού.

Η συμπεριφορά χρήσης νερού ενός νοικοκυριού διαμορφώνεται από τη στάση των νοικοκυριών και τα πρότυπα της κοινωνίας, συμπεριλαμβανομένων των τάσεων της αγοράς κατοικίας, τη μόδα, τη ψυχαγωγία και του τρόπου ζωής (Harlan et al., 2009). Αρκετοί ερευνητές έχουν προσδιορίσει ότι η συμπεριφορά χρήσης νερού ενός νοικοκυριού επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως: η ηλικία, το οικονομικό επίπεδο, το μέγεθος της οικογένειας, το μορφωτικό επίπεδο και τα χαρακτηριστικά του νοικοκυριού (μέγεθος, ηλικία, τύπος οικιακών τεχνολογιών νερού) (Arbués et al., 2003, Barrett, 2004, Beal et al., 2011, Fontdecaba et al., 2011, Harlan et al., 2009, Jones et al., 2011, Mondejar-Jimenez et al., 2011, Randolph and Troy, 2008, Willis et al., 2011, Koutiva and Makropoulos, 2012). Επιπλέον η συμπεριφορά χρήσης νερού των νοικοκυριών εξαρτάται από την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση του νοικοκυριού (Gilg and Barr, 2006) καθώς και από διάφορες εξωτερικές παραμέτρους όπως το κοινωνικό σύνολο (Koutiva and Makropoulos, 2014), ο καιρός (Baki et al., 2012, Koutiva et al., 2012) και τα διαχειριστικά μέτρα π.χ. εκστρατείες ευαισθητοποίησης (Gregory and Di Leo, 2003) και πολιτικές αλλαγής της τιμής του νερού (Jorgensen et al., 2009).

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η χρήση ενός μοντέλου κοινωνικής προσομοίωσης χρησιμοποιώντας μοντέλα ευφυών πρακτόρων (agent based modelling) για την ανάλυση της συμπεριφοράς χρήσης νερού των νοικοκυριών. Το μοντέλο χρησιμοποιεί το περιβάλλον προγραμματισμού ευφυών πρακτόρων NetLogo (Wilensky, 1999). Η μετάφραση της συμπεριφοράς των νοικοκυριών σε αστική ζήτηση νερού γίνεται με τη χρήση του μοντέλου UWOT (Urban Water Optioneering Tool). Το συγκεκριμένο εργαλείο υπολογίζει τη



ζήτηση νερού ενός νοικοκυριού βάσει της συχνότητας χρήσης της κάθε οικιακής συσκευής (Makropoulos et al., 2008). Σκοπός του είναι να αποτυπώσει τα αποτελέσματα των εξωτερικών πιέσεων στη συμπεριφορά χρήσης νερού των νοικοκυριών με επίκεντρο τη στάση ως προς την εξοικονόμησή του.

Επίσης το μοντέλο αυτό, εστιάζει στην ανάλυση της συμπεριφοράς ενός αστικού πληθυσμού που κατοικεί σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Οι παράγοντες επιρροής της συμπεριφοράς χρήσης νερού ενός νοικοκυριού όπως πχ τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, σχετίζονται με την υπό έρευνα περιοχή. Επιπλέον, το μοντέλο αποτυπώνει το κοινωνικό σύνολο επιρροής της συμπεριφοράς χρήσης νερού ως ένα scale-free κοινωνικό δίκτυο (scale-free network) (Barabasi and Albert, 1999).

Σχετικά με τη παραμετροποίηση του μοντέλου κοινωνικής προσομοίωσης, αυτή περιέχει τους ικανούς και αναγκαίους κανόνες τους οποίους ακολουθούν οι ευφυείς πράκτορες με σκοπό τη προσομοίωση της συμπεριφοράς αστικής χρήσης των νοικοκυριών. Η επιρροή της συμπεριφοράς χρήσης νερού των νοικοκυριών προσομοιώνεται ακολουθώντας τη θεωρία κοινωνικής επιρροής (Latane, 1981, Nowak et al., 1990, Bahr and Passerini, 1998). Με αυτό τον τρόπο, ενσωματώνονται κανόνες στατιστικής μηχανικής για την προσομοίωση της λήψης της τελικής απόφασης που οδηγεί στην τελική συμπεριφορά χρήσης νερού των νοικοκυριών.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι το μοντέλο κοινωνικής προσομοίωσης εφαρμόζεται στην περίοδο ξηρασίας της Αθήνας 1988-1994 και αξιολογείται όσο αφορά την ικανότητα του να αναλύσει την επιρροή των διάφορων διαχειριστικών μέτρων που εφαρμόστηκαν εκείνη την περίοδο στην συμπεριφορά χρήσης νερού στα αθηναϊκά νοικοκυριά. Η εφαρμογή αυτή επιτρέπει την αξιολόγηση των ανεπτυγμένων κανόνων που ακολουθούν οι ευφυείς πράκτορες για την προσομοίωση της συμπεριφοράς αστικής χρήσης των νοικοκυριών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Arbués F., Garcia-Valiñas M. and Martinez-Espiñeira R. (2003), “Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review”, *Journal of Socio-Economics*, 32, 81–102
2. Bahr D. & Passerini E. (1998). Statistical mechanics of opinion formation and collective behaviour: micro-sociology, *The Journal of Mathematical Sociology*, 23:1, 1-27
3. Baki, S., Koutiva, I., Makropoulos, C. (2012). A hybrid artificial intelligence modelling framework for the simulation of the complete, socio-technical, urban water system. In: 6th International Congress on Environmental Modelling and Software iEMSs 2012, 1-5 July 2012, Leipzig Germany
4. Barabási, A. L., & Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks *science*, 286(5439), 509-512
5. Barrett G. (2004). Water conservation: the role of price and regulation in residential water consumption, *Economic Papers*, 23 (3), 271-285, 2004.
6. Beal C.D., Steward R.A., Spinks A., Fielding K. (2011). Believed versus actual household water use: disaggregating end uses to inform water conservation attitudes in Qld, Australia, conference proceedings The Sixth IWA Specialist Conference on Efficient Use and Management of Water
7. Fontdecaba S., Grima P., Marco L., Rodero L., Sánchez-Espigares J.A., Sole I., Tort-Martorell X., Demessence D., Martínez De Pablo V. and Zubelzu J. (2011). A



- Methodology to Model Water Demand based on the Identification of Homogenous Client Segments. Application to the City of Barcelona, Water Resources Management, published online
8. Gilg A. and Barr S. (2006). Analysis: Behavioural attitudes towards water saving? Evidence from a study of environmental actions, *Ecological Economics*, 57, 400– 414
 9. Gregory G. and di Leo M. (2003). Repeated Behavior and Environmental Psychology: The Role of Personal Involvement and Habit Formation in Explaining Water Consumption, *Journal of Applied Social Psychology*, 33(6), 1261 -1296
 10. Harlan S.L., Yabiku S.T., Larsen L. and Brazel A.J. (2009). Household Water Consumption in an Arid City: Affluence, Affordance, and Attitudes, *Society & Natural Resources*, 22(8), 691-709
 11. Jones N., Evangelinos K., Gaganis P., Polyzou E. (2011). Citizens' Perceptions on Water Conservation Policies and the Role of Social Capital, *Water Resour Manage* (2011) 25:509–522
 12. Jorgensen B., Graymore M., O'Toole K. (2009). Household water use behavior: An integrated model, *Journal of Environmental Management* 91 227–236
 13. Koutiva I., Makropoulos C. and Voulvoulis N. (2012). Modelling the combined socio-technical system to support an adaptive approach for Integrated Water Resources Management, proceedings of the 10th International Conference on Hydroinformatics, HIC 2012, Hamburg, Germany
 14. Koutiva, I. and Makropoulos, C. (2012). Linking tools for social simulation and urban water network modelling for supporting an adaptive approach of urban water resources management. In: 6th International Congress on Environmental Modelling and Software e iEMSs 2012, 1e5 July 2012, Leipzig Germany.
 15. Koutiva and Makropoulos, 2014, Exploring the effects of awareness raising campaigns to water conservation opinions using Agent Based Modelling, submitted in *Environmental Modelling and Software* (under review)
 16. Latane B. (1981). The psychology of social impact *American Psychologist*, 36, 343 – 365
 17. Makropoulos, C. K., Natsis, K., Liu, S., Mittas, K., and Butler, D. (2008). Decision Support for Sustainable Option Selection in Integrated Urban Water Management, *Environmental Modelling and Software*, 23, 12, pp. 1448-1460.
 18. Mondejar-Jimenez, J. A., Cordente-Rodriguez, M., Gazquez-Abad, J. C. and Meseguer-Santamaria, M . L. (2011). Environmental Behavior and Water Saving in Spanish Housing, *International Journal of Environmental Resources*, 5(1), 1-10
 19. Nowak, A., Szamrej, J., & Latane, B. (1990). From private attitude to public opinion: A dynamic theory of social impact. *Psychological Review*, 97, 362-376.
 20. Randolph B. and Troy P. (2008). Attitudes to conservation and water consumption, *Environmental Science and Policy*, 11, 441 – 455, 2008.
 21. Rozos, E. and Makropoulos C. (2013). Source to tap urban water cycle modelling, *Environmental Modelling & Software* 41 (2013) 139-150
 22. Wilensky, U. (1999). NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
 23. Willis R. M., Stewart R. A., Giurco D. P., Talebpour M. R and Mousavinejad A. (2011). End use water consumption in households: impact of socio-demographic factors and efficient devices, *Journal of Cleaner Production*, 30, 2011.



Οικονομική αποτίμηση της υποβάθμισης υπογείων υδάτων: Η περίπτωση του Ασωπού

Τέντες Γ., Δαμίγος Δ.

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80
Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υποβάθμιση του υπογείου νερού συνιστά ένα μείζονος σημασίας ζήτημα, στην Ελλάδα και διεθνώς, με τα κομβικά σημεία του προβλήματος να συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- i. Το υπόγειο νερό αποτελεί την κυριότερη πηγή παροχής νερού για ανθρώπινη χρήση (ύδρευση, άρδευση και βιομηχανία).
- ii. Το υπόγειο νερό αποτελεί θεμελιώδη πόρο για την τροφοδοσία των οικοσυστημάτων με γλυκό νερό.
- iii. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, η υπερεκμετάλλευση του υπογείου νερού αλλά και η θέση του στο υπέδαφος (η οποία το καθιστά «αόρατο» στον άνθρωπο) δημιουργούν σημαντικές περιβαλλοντικές πιέσεις.

Ως σωρευτικό αποτέλεσμα των προαναφερόμενων, διαπιστώνονται περιπτώσεις υποβαθμισμένων υδροφορέων όπου οι καταστάσεις ενδεχομένως είναι μη αντιστρεπτές.

Μια τέτοια περίπτωση εκτεταμένης υποβάθμισης του υπογείου νερού είναι και η περίπτωση του υδροφορέα του μέσου και κάτω ρου του ποταμού Ασωπού, ο οποίος έχει υποστεί καθολική ζημία, με συνολική απώλεια της δυνατότητας παροχής υπηρεσιών στον άνθρωπο και το οικοσύστημα. Μάλιστα, από τα διαθέσιμα στοιχεία έχει διαπιστωθεί ότι η κατάσταση συνεχώς επιδεινώνεται, γεγονός που καθιστά δυσχερέστερη την αποκατάσταση, τόσο από πλευράς κόστους όσο και από πλευράς εφικτότητας [1]. Τα χαρακτηριστικά του προβλήματος θέτουν την περιοχή σε κατάσταση «πενίας νερού» αντίστοιχη με αυτή χωρών του αναπτυσσόμενου κόσμου πριν από 10 χρόνια [2], με στοιχεία περιβαλλοντικής και ανθρωπιστικής κρίσης. Επιπλέον, η έντονη κοινωνικοοικονομική διάσταση του προβλήματος θέτει την κοινωνία ενώπιον ζητημάτων που άπτονται της ανθρώπινης ευημερίας άμεσα, αλλά και έμμεσα μέσω της υποβάθμισης του οικοσυστήματος, το οποίο αποτελεί το περιβάλλον διαβίωσης του ανθρώπου.

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Προϋπόθεση για την αντιμετώπιση του ζητήματος που τέθηκε είναι η διερεύνηση του ερωτήματος: «Ποια είναι η οικονομική αξία των υπόγειων νερών του Ασωπού, η οποία χάνεται λόγω της υποβάθμισής τους και πώς αυτή μπορεί να προσδιοριστεί με αξιόπιστο τρόπο;»



Ο ρόλος της περιβαλλοντικής οικονομίας στο ερώτημα αυτό είναι κομβικός καθώς παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία για την απάντησή του. Σε αυτή τη βάση, η διδακτορική διατριβή αξιοποίησε μια σειρά μεθόδων του εν λόγω επιστημονικού κλάδου, ώστε το ερώτημα αυτό να απαντηθεί αποτελεσματικά και με τρόπο που να βοηθά στη λήψη αποφάσεων μέσα από την εφαρμογή μεθόδων της περιβαλλοντικής οικονομίας (μεμονωμένων).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε και τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθε μία από τις μεθόδους που εφαρμόστηκαν, συνίστανται συνοπτικά, στα ακόλουθα:

- i. Εκτίμηση της οικονομικής αξίας του υπογείου νερού του Ασωπού με μεθόδους πραγματικής αγοράς (κόστος αποκατάστασης - κόστος υποκατάστασης - κόστος αποτροπής), βασισμένες σε ιδιωτικές και δημόσιες δαπάνες, πραγματικές και υποθετικές. Οι εκτιμήσεις κυμαίνονται από 0,56 Μ€ έως 6,7 Μ€ ανά έτος [3].
- ii. Εκτίμηση της προθυμίας πληρωμής (Willingness to pay - WTP) για την αποκατάσταση του προβλήματος με εφαρμογή της μεθόδου Υποθετικής Αξιολόγησης σε δείγμα του θιγόμενου πληθυσμού της περιοχής. Η μέση WTP ήταν 22 € ανά νοικοκυριό ανά μήνα (1,4 Μ€ ετησίως συνολικά), με το 40% να αντιστοιχεί σε αξία οικοσυστημική και το 30% σε αξία κληροδοτήματος [4].
- iii. Διερεύνηση του υπερτοπικού χαρακτήρα της περιβαλλοντικής ζημίας και εκτίμηση της οικονομικής αξίας μη-χρήσης του υπογείου νερού της περιοχής του Ασωπού, με έρευνα με τη μέθοδο Υποθετικής Αξιολόγησης σε αντιπροσωπευτικό δείγμα νοικοκυριών του λεκανοπεδίου της Αττικής. Η μέση WTP ήταν 15 € ανά νοικοκυριό ετησίως (21,4 Μ€ ετησίως συνολικά), με το 25% να αντιστοιχεί σε αξία οικοσυστημική, 11% σε αξία κληροδοτήματος, 22% σε αξία επιλογής και 38% σε αξία μη πατερναλιστικού αλτρουισμού [5].
- iv. Εκτίμηση της WTP για την αποκατάσταση του προβλήματος με εφαρμογή της μεθόδου Πειραμάτων Επιλογής σε δείγμα του θιγόμενου πληθυσμού της περιοχής. Η μέση WTP ήταν 76 € ανά νοικοκυριό ανά μήνα (4,7 Μ€ ετησίως συνολικά) [6].

Οι παραπάνω έρευνες αποτελούν είτε εναλλακτικές, είτε αλληλοσυμπληρούμενες προσεγγίσεις των αξιών χρήσης και μη-χρήσης του υπογείου νερού. Επίσης παρέχουν σημαντικές συγκριτικές πληροφορίες για την άποψη που έχουν για το αγαθό αυτό διάφορες κατηγορίες πολιτών στις οποίες ανήκουν χρήστες και μη-χρήστες, κάτοικοι αστικών και αγροτικών περιοχών, ανάλογα με την ένταση του προβλήματος και με το βαθμό ενημέρωσής τους για το πρόβλημα.

ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όσον αφορά στην κοινωνική διάσταση του υπογείου νερού, οι έρευνες που υλοποιήθηκαν στις περιοχές Ασωπού και Αττικής ανέδειξαν τις απόψεις των πολιτών για την ιεράρχηση των επιπτώσεων της υποβάθμισης, η οποία ξεκινά από την υγεία και τις επιπτώσεις στο οικοσύστημα και καταλήγει στην ποιότητα των αγροτικών ή/και βιομηχανικών προϊόντων. Ιδιαίτερα, τα ζητήματα υγείας, εξ αιτίας της αυξημένης ευαισθησίας των πολιτών, φαίνεται ότι διαμορφώνουν αντιλήψεις σχετικά με την ένταση του προβλήματος και κινητοποιούν τους πολίτες προς περισσότερο ενεργό στάση ζωής απέναντι στα προβλήματα ρύπανσης. Επίσης,



σημαντικό ρόλο κατέχει η αντίληψη ότι οι πολίτες μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση των προβλημάτων ρύπανσης, ειδικά όταν ο βαθμός ικανοποίησης των πολιτών από τις ενέργειες της Πολιτείας είναι χαμηλός.

Παρά τη διαφορά στον τρόπο καθορισμού των απόψεων για το πρόβλημα της ρύπανσης, διαπιστώθηκε ότι η αναγκαιότητα για τη λήψη μέτρων στην περιοχή του Ασωπού έχει τον ίδιο βαθμό αποδοχής από τους κατοίκους της θιγόμενης περιοχής και από τους κατοίκους περιοχών έξω από αυτήν. Έτσι, αναδεικνύεται ο υπερτοπικός χαρακτήρας του αγαθού ο οποίος δικαιολογεί την αναζήτηση αξιών μη-χρήσης εκτός της αυστηρά θιγόμενης περιοχής, στοιχείο που αποτελεί σημαντική διαπίστωση, η οποία αναμένεται να επηρεάσει τις αποτιμήσεις του υπογείου νερού στο μέλλον.

Από την ανάλυση των ιδιωτικών και των δημοσίων δαπανών για την αντιμετώπιση του προβλήματος, φαίνεται ότι οι πολίτες, σε μια προσπάθεια ελαχιστοποίησης του κινδύνου που εγκυμονεί για την υγεία η ρύπανση του υπογείου νερού (γνωστές ως επιλογές «μηδενικού κινδύνου»), προβαίνουν σε δαπάνες οι οποίες δεν είναι οικονομικά βέλτιστες, ούτε σε σχέση με εναλλακτικές λύσεις που μπορούν να προμηθευτούν από την αγορά (π.χ. οικιακά συστήματα επεξεργασίας) ούτε σε σχέση με εναλλακτικές λύσεις που μπορεί να τους προσφέρει το Κράτος. Επίσης, διαπιστώνεται ότι και το Κράτος μπορεί να οδηγείται σε λύσεις οι οποίες δεν είναι οικονομικά βέλτιστες, αναδεικνύοντας την ανάγκη για ένα αποτελεσματικό, από πλευράς κόστους, σχεδιασμό των έργων ορθής διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Όσον αφορά στην αποτίμηση της αξίας της αποκατάστασης του υπογείου νερού, συνοπτικά διαπιστώνονται τα ακόλουθα:

- i. Η εκτιμώμενη δαπάνη αποκατάστασης, ακόμη και ως κάτω όριο, υπερβαίνει τις δαπάνες υποκατάστασης του αγαθού, είτε πρόκειται για πραγματική δαπάνη υποκατάστασης (από εμφιαλωμένο νερό), είτε για υποθετική (επεξεργασία νερού).
- ii. Η πραγματική δαπάνη υποκατάστασης του αγαθού, η οποία αφορά στα έργα της Πολιτείας, είναι πολλή μικρότερη από τη δαπάνη που ατομικά οι πολίτες ανέλαβαν προκειμένου να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα με τρόπο που να τους εμπνέει ασφάλεια.
- iii. Ως εύλογη εκτίμηση της ετήσιας Συνολικής Οικονομικής Αξίας (ΣΟΑ) για αποκατάσταση προκύπτει η τιμή των 22 Μ€₂₀₁₂.

Στη βάση των παραπάνω, η αποκατάσταση και μελλοντική προστασία του υδροφορέα υπό το πρίσμα μιας Ανάλυσης Κόστους – Οφέλους (CBA), λαμβάνοντας υπόψη αποκλειστικά και μόνο τον πληθυσμό της περιοχής, δεν θα θεωρείτο κοινωνικά αποδεκτή, καθώς θα είχε λόγο οφέλους προς κόστος μικρότερο της μονάδας. Αντιθέτως, εάν συνεκτιμηθεί και η WTP των κατοίκων της Αττικής, το όφελος που προκύπτει για το υπόγειο νερό του Ασωπού είναι μεγαλύτερο από το εκτιμώμενο κόστος αποκατάστασης και προστασίας και συνεπώς το πρόγραμμα αποκατάστασης θεωρείται αποδεκτό. Εφ' όσον ο εν λόγω υδροφορέας ενέχει αξίες μη-χρήσης σε περιφερειακό επίπεδο, τυχόν αποκατάστασή του αποτελεί βήμα με θετικό οικονομικά και αποδεκτό κοινωνικά αποτέλεσμα.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γιαννουλόπουλος, Π., Αναγνωριστική υδρογεωλογική – υδροχημική έρευνα ποιοτικής επιβάρυνσης των υπογείων νερών της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης του Ασωπού Ν.Βοιωτίας. Γ2834/Y2062, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών: Αθήνα, 2008.
2. Lawrence, P., Meigh, J., Sullivan, C., The Water Poverty Index: an International Comparison. Keele Economics Research Papers, 2002/19, Department of Economics Keele University: Keele, Staffordshire, 2002.
3. Laoudi, A., Tentes, G. and Damigos, D., Groundwater damage: A cost-based valuation for Asopos River basin, 3rd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2011) & SECOTOX: Skiathos Island, Greece, June 19 – 24, 2011.
4. Tentes, G., Damigos, D., The Lost Value of Groundwater: The Case of Asopos River Basin in Central Greece, Water Resour Manage 2012, 26, 147–164.
5. Tentes, G., Rigas, N., Damigos, D., Measuring the Passive Use Values of Groundwater: A Contingent Valuation survey, 4th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE): Mykonos island, Greece, June 24 – 28, 2013.
6. Tentes, G., Tsiotsia, A., Damigos, D., Environmental cost of groundwater pollution: a choice experiment in Asopos River basin, 1st EWaS-MED International Conference “Improving Efficiency of Water Systems in a Changing natural and financial Environment”: Thessaloniki, Greece, April 11-13, 2013.



Καθαρισμός υπογείων υδάτων ρυπασμένων με εξασθενές χρώμιο με χρήση νανοσωματιδίων σιδήρου

Μυστριώτη Χριστιάνα, Ξενίδης Άνθιμος, Παπασιώπη Νυμφοδώρα,
Δημόπουλος Γεώργιος

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80
Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αύξηση των επιπέδων ρύπανσης του εδάφους και των υπόγειων υδάτων κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, αποτελεί μια μεγάλη και σοβαρή απειλή για τα οικοσυστήματα, τη βιοποικιλότητα και την ανθρώπινη υγεία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα στη Ελλάδα αποτελεί η ρύπανση με εξασθενές χρώμιο (Cr(VI)) της ευρύτερης περιοχής του Ασωπού ποταμού, η οποία έχει προκαλέσει διαρκώς κλιμακούμενες αντιδράσεις κατοίκων και φορέων. Το εξασθενές χρώμιο (Cr(VI)) εμφανίζει υψηλή διαλυτότητα, είναι τοξικό και καρκινογόνο ενώ αντίθετα το τρισθενές χρώμιο παρουσιάζει μικρή διαλυτότητα στο νερό και είναι ένα μικρο-θρεπτικό συστατικό για πολλούς ζωντανούς οργανισμούς. Για το λόγο αυτό έχει αναπτυχθεί έντονη ερευνητική δραστηριότητα, με στόχο την ανάπτυξη αποτελεσματικών μέσων για την αναγωγή του τοξικού και ευδιάλυτου Cr(VI) σε τρισθενές χρώμιο.

Τα τελευταία χρόνια, ο μεταλλικός σίδηρος σε νανο-κλίμακα, έχει μελετηθεί ως ένα από τα πιο ελπιδοφόρα αναγωγικά μέσα. Ο νανοσιδήρος είναι 10-1000 φορές πιο δραστικός σε σύγκριση με τον κοκκώδη μεταλλικό σίδηρο λόγω του μικρότερου μεγέθους σωματιδίων, της μεγαλύτερης ειδικής επιφάνειας και της υψηλότερης επιφανειακής δραστικότητας. Η έρευνα έχει δείξει ότι τα νανοσωματίδια μηδενικού σθένους σιδήρου (nZVI), είναι αποτελεσματικά για την επί τόπου αποκατάσταση ενός μεγάλου εύρους περιβαλλοντικών ρύπων, όπως χλωριωμένους οργανικούς διαλύτες, οργανοχλωριωμένα φυτοφάρμακα, πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs), πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs) και μεταλλικά ιόντα (Crane et al. 2012, O'Carroll et al. 2013). Ο νανοσιδήρος μπορεί να εγχυθεί επί τόπου (in situ) στο υδροφόρο στρώμα ως κολλοειδές αιώρημα για την άμεση αποκατάσταση μίας πηγής ρύπανσης περιοχών υψηλής ρύπανσης (hotspots) και όχι μόνο για τον καθαρισμό των διαλελυμένων ρύπων, όπως στην περίπτωση των τεχνολογιών των περατών διαφραγμάτων (PRB) ή της άντλησης και επεξεργασίας (Pump and Treat). Ωστόσο διάφορα τεχνολογικά προβλήματα έχουν περιορίσει την εφαρμογή του nZVI στο πεδίο. Τα προβλήματα αυτά περιλαμβάνουν (α) το σχετικά σύντομο χρόνο ζωής των νανοσωματιδίων (β) την μικρή διεισδυτικότητα των αιωρημάτων τους λόγω της υψηλής συσσωμάτωσης των σωματιδίων και τέλος (γ) το γεγονός ότι η σύνθεση των νανοσωματιδίων σιδήρου συχνά βασίζεται στην

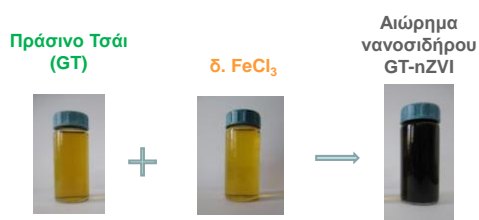
εφαρμογή δαπανηρών μεθόδων σύνθεσης, οι οποίες χρησιμοποιούν περιβαλλοντικά επικίνδυνα χημικά αντιδραστήρια, όπως NaBH_4 (Crane et al. 2012, O'Carroll et al. 2013).

Στην παρούσα διατριβή ερευνήθηκε μια εναλλακτική «πράσινη» μέθοδος που στηρίζεται στη χρήση φυτικών εκχυλίσμάτων για τη σύνθεση του nZVI. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία διάφορα εκχυλίσματα φυτών περιέχουν το απαιτούμενο αναγωγικό δυναμικό για την παραγωγή σταθερών αιωρημάτων νανοσωματιδίων σιδήρου (Hoag et al. 2009, Chrysochoou et al., 2012). Τα εκχυλίσματα αυτά είναι πλούσια σε πολυφαινόλες, οι οποίες έχουν διπλό ρόλο στην διαδικασία σύνθεσης καθώς λειτουργούν: (α) αναγωγικά, μετατρέποντας τα υδατικά ιόντα Fe(III) σε κολλοειδή νανοσωματίδια μεταλλικού σιδήρου και (β) ως προστατευτικά μέσα των νανοσωματιδίων σιδήρου, καθώς προσροφώνται στην επιφάνεια τους και δημιουργούν ένα προστατευτικό στρώμα, το οποίο παρεμποδίζει την συσσωμάτωση και εμποδίζει την ταχεία οξείδωση του nZVI.

Η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει την συγκριτική αξιολόγηση πέντε φυτικών εκχυλίσμάτων για τη σύνθεση νανοσιδήρου, την αξιολόγηση της δραστηριότητας του νανοσιδήρου για την αναγωγή του εξασθενούς χρωμίου, καθώς και τη μελέτη της διεισδυτικότητας του nZVI σε σχέση με τα ειδικά γεωχημικά χαρακτηριστικά των υδροφορέων.

1. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΙΩΡΗΜΑΤΩΝ ΝΑΝΟΣΙΔΗΡΟΥ

Πέντε φυτικά εκχυλίσματα και χυμοί, συγκεκριμένα εκχυλίσματα πράσινου τσάι (GT), δυόσμου (SM) και γαρύφαλλου (CL), χυμός ροδιού (PG) και κόκκινο κρασί (RW), αξιολογήθηκαν για την αποτελεσματικότητά τους στη αναγωγή του Fe(III) και στην παραγωγή σταθερών αιωρημάτων nZVI. Η κινητική της παραγωγής του nZVI ήταν πολύ γρήγορη με όλα τα εκχυλίσματα και τα προκύπτοντα αιωρήματα είναι σταθερά με καμία ένδειξη συσσωμάτωσης ή καθίζησης με την παρέλευση μεγάλου χρονικού διαστήματος (Εικόνα 1). Ο διαχωρισμός της υδατικής φάσης από τα νανοσωματίδια πραγματοποιήθηκε με



Εικόνα 1: Χαρακτηριστικό χρώμα εκχυλίσματος, διαλύματος FeCl_3 , και παραγόμενου αιωρήματος nZVI.

φυγοκεντρική υπερδιήθηση. Η αναγωγή του τρισθενούς σιδήρου με τα εκχυλίσματα φυτών δεν είναι πλήρης καθώς κυμαίνεται από 16% έως 53%, χρησιμοποιώντας το εκχύλισμα του δυόσμου και τον χυμό του ροδιού αντίστοιχα. Η τεchnο-οικονομική αξιολόγηση των στοιχείων έδειξε ότι το GT-εκχύλισμα προσφέρει τον καλύτερο συνδυασμό χαμηλού κόστους και ικανοποιητικής αναγωγής Fe(III) (~ 40%) και για το λόγο αυτό επιλέχθηκε για την μετέπειτα πειραματική εργασία.

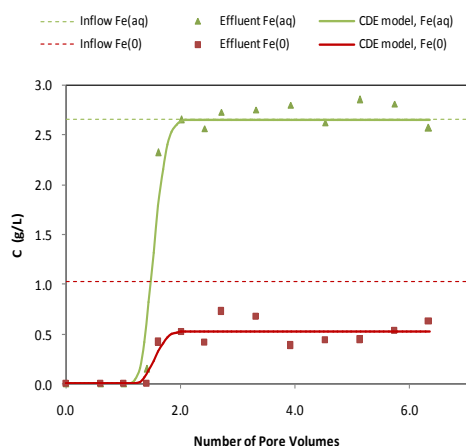
2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΙΩΡΗΜΑΤΩΝ nZVI ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΓΩΓΗ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ

Η αποτελεσματικότητα του nZVI για τη αναγωγή του Cr(VI) αξιολογήθηκε σε δύο επίπεδα συγκεντρώσεων Cr(VI) : (i) μια σχετικά υψηλή συγκέντρωση Cr(VI) 50 mg/l και (ii) μια χαμηλότερη συγκέντρωση Cr(VI) 200 μg/l, η οποία είναι πιο κοντά στα επίπεδα της ρύπανσης που παρατηρείται στην βιομηχανική περιοχή του Ασωπού. Οι παράμετροι που

εξετάστηκαν ήταν (α) η δόση nZVI που απαιτείται για την αναγωγή του Cr(VI) σε χαμηλά επίπεδα, (β) η σταθερότητα της αναγωγής του GT-nZVI με το πέρασμα του χρόνου και (γ) η πιθανή παρεμβολή άλλων ενώσεων που βρίσκονται στα υπόγεια ύδατα, π.χ. νιτρικών ιόντων. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι το Cr(VI) θα μπορούσε να μειωθεί σε συγκεντρώσεις <6 μg/L σε σχετικά χαμηλές δόσεις nZVI, δηλαδή ~ 200 και 4 mg nZVI/L στην περίπτωση της υψηλής και χαμηλής αρχικής συγκέντρωσης Cr(VI), αντίστοιχα. Τα αιωρήματα GT-nZVI βρέθηκαν να διατηρούν την αναγωγική τους ικανότητα κατά τη διάρκεια του χρόνου, χωρίς ιδιαίτερη φροντίδα για τη διατήρησή τους. Ένα αιώρημα 2 μηνών φαίνεται να είναι εξίσου αποτελεσματικό για την αναγωγή του Cr(VI) σε σύγκριση με ένα φρέσκο.

3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ nZVI ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ Cr(VI) ΣΕ ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΤΗΛΗΣ

Για την μελέτη της διεισδυτικότητας του αιωρήματος nZVI πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σε στήλες. Εξετάστηκαν δύο τύποι πορώδων υλικών: (α) χαλαζιακή άμμος ως ένα τυπικό αδρανές μέσο και (β) ένα μίγμα με έδαφος και άμμο σε μια αναλογία 50% w/w. Η μεταφορά του GT- nZVI μέσω της στήλης άμμου μπορεί να περιγραφεί αποτελεσματικά με την κλασική μονοδιάστατη εξίσωση συναγωγής-διασποράς (Convection-Dispersion Equation, CDE), σε συνδυασμό με τη θεωρία διήθησης των κολλοειδών (CFT) (Εικόνα 2). Με βάση τα πειραματικά δεδομένα και την ερμηνεία τους με τα μοντέλα CDE και CFT, μπορεί να υπολογιστεί η μέγιστη απόσταση που αναμένεται να διανύσουν τα νανοσωματίδια. Για χαμηλές ταχύτητες Darcy, τυπικές της παροχής των υπόγειων υδάτων, π.χ. 0,2-1,0 m/d, οι υπολογισμοί δείχνουν ότι η απόσταση του nZVI περιορίζεται σε εύρος 5-25 cm. Κατά τη διαδικασία έγχυσης του nZVI, οπότε μπορεί να επικρατήσουν τοπικά υψηλότερες ταχύτητες ροής, π.χ. 10 m/d, υπολογίζεται ότι τα νανοσωματίδια μπορεί να διανύσουν απόσταση της τάξης των 2,5 μέτρων. Οι ιδιότητες μεταφοράς του GT-nZVI βρέθηκαν να είναι εντελώς



Εικόνα 2: Καμπύλες διέλευσης σύμφωνα με τα πειραματικά δεδομένα και τα μοντέλα CDE-CFT για τον υδατικό σίδηρο, Fe(aq), και για τα νανοσωματίδια ZVI, Fe(0), μέσω της στήλης άμμου

διαφορετικές στη στήλη εδάφους - άμμου, λόγω της παρουσίας του ασβεστίτη. Ο ασβεστίτης του εδάφους εξουδετερώνει το όξινο αιώρημα GT-nZVI και προκαλεί την καταβύθιση του υδατικού Fe(III) υπό τη μορφή Fe(OH)₃. Τα νανοσωματίδια ZVI συγκρατούνται στα παραγόμενα στερεά σωματίδια των υδροξειδίων του σιδήρου, Fe(OH)₃, και απομακρύνονται από την υγρή φάση.

Αρκετά πειράματα σε στήλες διεξήχθησαν για να μελετηθεί η αποτελεσματικότητα του GT-nZVI για την αναγωγή του Cr(VI) κατά τη διάρκεια ροής ρυπασμένου νερού με Cr(VI) μέσω εδαφικής κλίσης, η οποία είχε προηγουμένως φορτιστεί με την κατάλληλη ποσότητα GT-nZVI. Με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα, εκτιμήθηκε ότι



εάν υπόγειο νερό διέλθει από ζώνη εδάφους μήκους 1m που περιέχει GT-nZVI, με ταχύτητα $u_D \leq 1$ m/d, ο χρόνος είναι επαρκής για μείωση της συγκέντρωσης από 5000 σε <5 μg/L.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή περιλαμβάνει την ανάπτυξη μιας καινοτομικής και περιβαλλοντικά φιλικής μεθόδου για τη σύνθεση νανοσωματιδίων σιδήρου. Τα αιωρήματα νανοσιδήρου που παρήχθησαν διαπιστώθηκε ότι συνδυάζουν υψηλή αποτελεσματικότητα ως προς την αναγωγή του χρωμίου και ικανοποιητική διεισδυτικότητα στα εδαφικά υλικά που εξετάστηκαν.

Η έρευνα καλύπτει τα διαδοχικά στάδια ανάπτυξης της τεχνολογίας καθώς περιλαμβάνει πειράματα παρτίδας (διαλείποντος έργου) μικρής κλίμακας, δοκιμές στήλης για τη μελέτη της διεισδυτικότητας και της αναγωγής του χρωμίου υπό συνθήκες μονοδιάστατης ροής και αυτή τη στιγμή είναι σε εξέλιξη η πιλοτική δοκιμή στην οποία θα αξιολογηθεί η διεισδυτικότητα του αιωρήματος nZVI και η αναγωγή Cr(VI) υπό συνθήκες τριδιάστατης ροής. Από τα αποτελέσματα της πιλοτικής δοκιμής αναμένεται να προκύψει ρεαλιστική εκτίμηση των παραμέτρων σχεδιασμού για την απόδοση αυτής της τεχνολογίας αποκατάστασης υπό συνθήκες πεδίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Chrysochoou M., C. Johnston, G. Dahal, (2012) A comparative evaluation of hexavalent chromium treatment in contaminated soil by calcium polysulfide and green-tea nanoscale zero-valent iron. *Journal of Hazardous Materials* 201–202 33– 42.
2. Crane R.A., Scott T.B., (2012), Nanoscale zero-valent iron: future prospects for an emerging water treatment technology. *Journal of Hazardous Materials*, 211– 212.
3. Hoag G. E., (2009). Degradation of bromothymol blue by ‘greener’ nano-scale zero-valent iron synthesized using tea polyphenols, *Journal of Materials Chemistry*. 19(45):8671-8677.
4. O’Carroll D., Sleep, B., Krol, M., Boparai, H., Kocur, C., 2013. Nanoscale zero valent iron and bimetallic particles for contaminated site remediation, *Advances in Water Resources*, **51**, 104-122.



Μελέτη των τροποσφαιρικών αερολυμάτων με επίγειες και δορυφορικές τεχνικές - ανάλυση μετρήσεων και στατιστική επεξεργασία

Κόκκαλης Π., Παπαγιάννης Α.

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π.,

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Αντικείμενο της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η μελέτη των τροποσφαιρικών αερολυμάτων με επίγειες και δορυφορικές τεχνικές, μέσω ανάλυσης των μετρήσεων για την ανάκτηση των οπτικών ιδιοτήτων και τη στατιστική επεξεργασία τους. Οι επίγειες τεχνικές παθητικής τηλεπισκόπησης [ηλιακά φωτόμετρα MFR και CIMEL [AERONET-NASA, level 2.0] επέτρεψαν την ανάκτηση του οπτικού πάχους των αερολυμάτων [AOD] (υπεριώδες έως κοντινό υπέρυθρο) και του εκθέτη Ångström [Å]. Παρόμοιες πληροφορίες έδωσαν και οι δορυφορικές τεχνικές παθητικής τηλεπισκόπησης [αισθητήρας MODIS]. Αναφορικά με την ενεργητική τεχνική τηλεπισκόπηση, χρησιμοποιήσαμε δεδομένα από επίγεια και δορυφορικά συστήματα. Στα επίγεια συμπεριλαμβάνονται τα lidar συστήματα του Ε.Μ.Π. [Raman lidar EOLE και lidar αποπόλωσης AIAS], ενώ στα δορυφορικά το lidar αποπόλωσης CALIOP [δορυφόρος CALIPSO]. Το lidar αποπόλωσης AIAS απαιτεί επιτυχή βαθμονόμηση πριν την ανάκτηση των τελικών αποτελεσμάτων. Πραγματοποιήσαμε λοιπόν, ανάλυση ευαισθησίας των υπάρχουσων τεχνικών βαθμονόμησης, με προσομοιώσεις και με πειραματικά σήματα. Για την ανάκτηση του λόγου αποπόλωσης των σωματιδίων αναπτύχθηκε ειδικός αλγόριθμος επεξεργασίας των σημάτων lidar και ακολούθως πραγματοποιήσαμε στατιστική επεξεργασία για τον υπολογισμό της σταθεράς βαθμονόμησης και του λόγου αποπόλωσης των σωματιδίων, για δύο έτη μετρήσεων [σύστημα AIAS: 2011-2012] στην Αθήνα. Επιπλέον, μελετήσαμε ειδικά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για τα επεισόδια αυτά, εφαρμόστηκε ειδικός αλγόριθμος [LIRIC] αντιστροφής σημάτων lidar για την ανάκτηση και της συγκέντρωσης των σωματιδίων, δίνοντας πλέον τη δυνατότητα στα συστήματα lidar να χρησιμοποιούνται σε μελέτες διακρίβωσης αριθμητικών προσομοιώσεων ατμοσφαιρικών μοντέλων [FLEXPART, DREAM/BSC-8b].

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν χαρακτηριστεί ως βασικός παράγοντας επιρροής στο γήινο κλίμα και την ανθρώπινη υγεία. Παρόλη την μέχρι τώρα πρόοδο της επιστημονικής κοινότητας, αναφορικά με την μελέτη της επίδρασης των αερολυμάτων στο κλίμα η μεγάλη χωρική και χρονική τους διακύμανση, καθώς, επίσης, και η ανομοιογένειά τους [αναφορικά με τη σύστασή τους], τα καθιστούν σημαντικούς παράγοντες αβεβαιότητας σε παγκόσμια



κλίμακα. Η περιοχή της ανατολικής Μεσογείου χαρακτηρίζεται ως υψηλού ενδιαφέροντος, καθώς παρουσιάζει από 2 έως 10 φορές υψηλότερες συγκεντρώσεις αερολυμάτων από ό,τι άλλες ρυπασμένες περιοχές σε βορειότερα γεωγραφικά πλάτη [Lelieveld et al., 2002], γεγονός που προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία.

1. ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ LIDAR

Για τη βαθμονόμηση των συστημάτων lidar αποπόλωσης, επικεντρωθήκαμε στην ανάλυση της ευαισθησίας των τεχνικών βαθμονόμησης [μοριακή και $\pm 45^\circ$ τεχνική] ενός συστήματος lidar αποπόλωσης, με προσομοιώσεις και με πειραματικά σήματα lidar, καταλήγοντας στην βέλτιστη τεχνική για το σύστημά μας. Στη συνέχεια πραγματοποιήσαμε στατιστική ανάλυση δεδομένων 2 ετών [2011-2012] του συντελεστή βαθμονόμησης και του λόγου αποπόλωσης των αερολυμάτων στο Ατμοσφαιρικό Οριακό Στρώμα (ΑΟΣ) και την ελεύθερη τροπόσφαιρα. Επίσης, με βάση επίγειο lidar αποπόλωσης διακριβώθηκε το δορυφορικό σύστημα CALIOP.

2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Παρουσιάζονται οι οπτικές, μικροφυσικές και γεωμετρικές ιδιότητες των σωματιδίων [ηφαιστειακή τέφρα, σωματίδια ερημικής σκόνης] στην Αθήνα. Πραγματοποιήθηκε συσχέτιση των προαναφερόμενων σωματιδιακών συγκεντρώσεων, όπως αυτές προβλέφθηκαν από αντίστοιχα ατμοσφαιρικά μοντέλα και υπολογίσθηκαν από τα δεδομένα παθητικής [CIMEL] και ενεργητικής τηλεπισκόπησης [lidar].

3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Παρουσιάζεται η στατιστική επεξεργασία του AOD, από δεδομένα ηλιακών φωτόμετρων MFR και CIMEL [NASA-AERONET] στην περιοχή της Αθήνας για περίοδο τριών ετών [2006-2008]. Παρουσιάζεται επίσης, η συνεισφορά των διαφόρων πηγών σωματιδιακής ρύπανσης [ανά γεωγραφική περιοχή της Ευρώπης], στη μέση τιμή του AOD των σωματιδίων. Επίσης, πραγματοποιείται και σύγκριση 740 περίπου σύγχρονων χρονικά μετρήσεων των προαναφερόμενων επίγειων δεδομένων με τα αντίστοιχα δορυφορικά δεδομένα παθητικής τηλεπισκόπησης, όπως ανακτήθηκαν από τον δορυφορικό αισθητήρα MODIS.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τις μετρήσεις δύο ετών [2011-2012] με το lidar αποπόλωσης στην Αθήνα προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- ο συντελεστής βαθμονόμησης του συστήματος βρέθηκε είναι 0.084 ± 0.019 ,
- η μέση τιμή του λόγου αποπόλωσης των σωματιδίων για τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, για ατμοσφαιρικές περιοχές κάτω και πάνω από το ύψος του ΑΟΣ είναι 0.083 ± 0.006 και 0.036 ± 0.037 .
- Οι μικρότερες τιμές παρουσιάζονται στους χειμερινούς μήνες, ενώ η μεγάλη διακύμανση στην ελεύθερη τροπόσφαιρα είναι επεισοδιακού χαρακτήρα, με έντονα επεισόδια



διασυννοριακής ρύπανσης και μάλιστα σωματιδίων σκόνης που μεταφέρονται από την έρημο Σαχάρα πάνω από την Αθήνα.

Επιπλέον, από τη διακρίβωση του λόγου αποπόλωσης του δορυφορικού lidar αποπόλωσης με το αντίστοιχο επίγειο συμπεραίνουμε ότι:

- η ποιοτική ταυτοποίηση των στρωματώσεων των αερολυμάτων είναι ικανοποιητική,
- η μέση τιμή του λόγου αποπόλωσης μεταξύ 1.5-3 km από το CALIOP, βρέθηκε ίση με 0.10 ± 0.09 , ενώ η αντίστοιχη τιμή από το σύστημα AIAS βρέθηκε ίση με 0.12 ± 0.02 ,
- η μέση τιμή της σχετικής διαφοράς των δύο κατακόρυφων κατανομών είναι της τάξης του -29.8%, με το δορυφορικό σύστημα να παρουσιάζει υποεκτίμηση των τιμών. Η απόλυτη τιμή της παραπάνω σχετικής διαφοράς αυξάνεται ακόμη περισσότερο σε υψόμετρα κάτω από το ΑΟΣ [μικρότερα από 500 m], καθώς η συνάρτηση πλήρους επικάλυψης επηρεάζει άμεσα το επίγειο αποτέλεσμα και η εξασθένηση του σήματος επηρεάζει το αντίστοιχα δορυφορικό σήμα.

Η μέση τιμή του AOD μέσα στα ηφαιστειακά στρώματα βρέθηκε χαμηλή: 0.09 [0.01-0.18] στα 355 nm και 0.07 [0.02-0.17] στα 532 nm. Οι αντίστοιχες τιμές για το λόγο lidar κυμάνθηκαν από 60-80 sr [μέση τιμή 72 sr] στα 355 nm και 44-77 sr [μέση τιμή 65 sr] στα 532 nm. Η ανάκτηση των μικροφυσικών ιδιοτήτων των σωματιδίων ηφαιστειακής προέλευσης, αποκάλυψε ότι το μέγεθος των αερολυμάτων αυξήθηκε με το ύψος, καθώς η μέση ακτίνα των σωματιδίων κυμάνθηκε από 0.13-0.38 μm. Τέλος, από τη συσχέτιση των συγκεντρώσεων των σωματιδίων που προβλέφθηκαν από μοντέλα και ανακτήθηκαν από τα δεδομένα lidar, ο συντελεστής συσχέτισης ήταν ~ 0.75 .

Τα αποτελέσματα από τη στατιστική ανάλυση δεδομένων επίγειας και δορυφορικής παθητικής τηλεπισκόπησης για περίοδο τριών ετών [2006-2009], είναι τα ακόλουθα:

- η μέση ημερήσια τιμή του AOD_{500} ήταν 0.23 ± 0.17 [μέγιστη συχνότητα παρατηρήσεων μεταξύ 0.10 και 0.15]. Η αντίστοιχη μέση ημερήσια τιμή του εκθέτη Å ήταν 1.41 ± 0.48 , με μέγιστη συχνότητα παρατηρήσεων να παρουσιάζεται στο εύρος τιμών μεταξύ 1.6-1.8,
- οι μέγιστες τιμές του AOD_{500} παρατηρούνται τον Απρίλιο, με μέση μηνιαία τιμή AOD_{500} 0.35 η οποία και συμπίπτει με τον μήνα ελάχιστης τιμής του εκθέτη Å 1.2. Ελάχιστες τιμές του AOD_{500} παρατηρούνται το Νοέμβριο και Ιανουάριο [0.16 – 0.19] με μέσες περίπου τιμές για τον εκθέτη Å [1.3 – 1.5]. Τέλος, τους υπόλοιπους μήνες, το AOD_{500} παρουσιάζει μία σταθερότητα γύρω από τη μέση υπολογιζόμενη τιμή, ενώ μέγιστη τιμή του εκθέτη Å παρουσιάζεται τον Ιούλιο [1.7],
- από τη σύγκριση των επίγειων και δορυφορικών δεδομένων παθητικής τηλεπισκόπησης προέκυψε ένας ικανοποιητικός συντελεστής συσχέτισης [~ 0.65], με τα δορυφορικά δεδομένα να παρουσιάζονται υπερεκτιμημένα [από 10-30%] κυρίως λόγω των αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται για την μετατροπή των δεδομένων ακτινοβολίας σε δεδομένα AOD_{500} .

Από την ανάλυση, κατά συστάδες, των αερίων μαζών που καταφθάνουν πάνω από την Αθήνα, συμπεραίνεται ότι 40% προέρχονται από τα Βαλκάνια και τοπικές πηγές ρύπανσης, 23% από την έρημο Σαχάρα, 21% από την Ηπειρωτική Ευρώπη, 6% από την περιοχή του Ατλαντικού και 9% από την Μεσόγειο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Lelieveld, E., et al., Global air pollution crossroads over the Mediterranean, Science 298, 2002, 794-799.



Ανάπτυξη δέκτη HSRL συμβατού με Laser Nd:YAG ΣΤΑ 355nm για ατμοσφαιρική επισκόπηση σε παρατηρητήρια κοσμικών ακτίνων υπερυψηλών ενεργειών

Αγγέλικα Γεωργακοπούλου

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών,
Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη των συστημάτων ατμοσφαιρικής επισκόπησης lidar παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον, κυρίως λόγω των πολλαπλών εφαρμογών τους και της βαρύνουσας σημασίας χρήσης των πειραματικών αποτελεσμάτων τους, σε τομείς όπως η αστροσωματιδιακή και η ατμοσφαιρική φυσική [1].

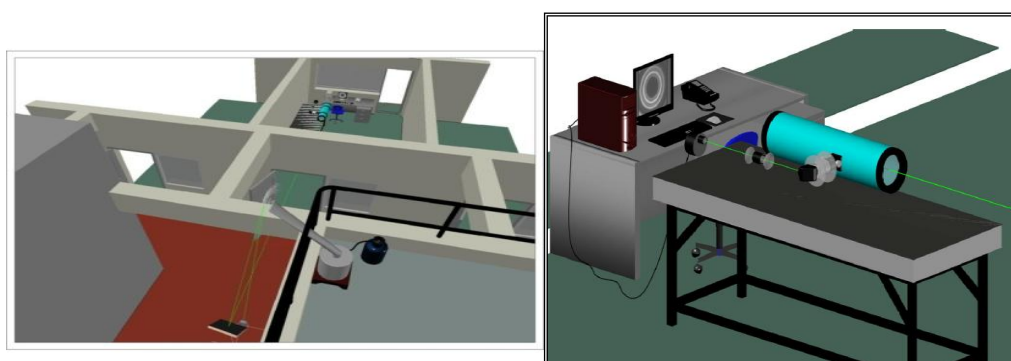
Γίνεται προσπάθεια για την ουσιαστική συμβολή, στην ανάπτυξη και την υλοποίηση από την ερευνητική ομάδα, ενός πρότυπου συστήματος High Spectral Resolution Lidar, με επικεντρωμένη την προσοχή στην κατασκευή των δεκτών του συστήματος. Έχουμε σαν στόχο την δυνατότητα εκτίμησης από το σύστημά μας, μέσω της λήψης, καταγραφής και ανάλυσης του οπισθοσκεδαζόμενου σήματος εκπομπής laser στην ατμόσφαιρα, του ποσοστού της ακτινοβολίας Cherenkov που προσμετράται στο σήμα ατμοσφαιρικού φθορισμού σε παρατηρητήρια κοσμικών ακτίνων υπερυψηλών ενεργειών.

Περιγράφεται η πειραματική διαδικασία λήψης κροσσών συμβολής από τη σκέδαση laser στον ατμοσφαιρικό χώρο εκτός του εργαστηρίου, εναλλακτικά σε στερεό σκεδαστή και σε ατμό.

Πραγματοποιήθηκε η υλοποίηση δύο συμβολομέτρων τύπου Fabry-Perot, το ένα προοριζόμενο για τον διάυλο των αερολυμάτων και το άλλο προοριζόμενο για τον διάυλο των μορίων, ξεκινώντας από το στάδιο των προσομοιώσεων για τον προσδιορισμό των κατασκευαστικών προδιαγραφών και φτάνοντας στην τελική εργαστηριακή συναρμολόγηση, με σκοπό τον επακριβή καθορισμό, αλλά και την ελαχιστοποίηση σφαλμάτων λόγω θορύβου, κατά τον διαχωρισμό του σήματος οπισθοσκέδασης σε συνιστώσα σκέδασης Mie (σκέδαση σε αερολύματα) και συνιστώσα σκέδασης Rayleigh (σκέδαση laser σε μόρια της ατμόσφαιρας).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ HSRL

Στην παρακάτω πειραματική διάταξη, έχουμε εφαρμογή της τεχνικής bistatic lidar. Διεξήχθη πείραμα σκέδασης laser Nd:Yag στα 532 nm σε ατμό, αφού προηγήθηκε πείραμα ευθυγράμμισης του laser με χρήση στερεού σκεδαστή. Το οπισθοσκεδαζόμενο σήμα, μέσω κατόπτρου, διέρχεται από σύστημα τηλεσκοπίου-etalon 20 mm - φακού και η δέσμη συλλαμβάνεται από συσκευή CCD. Οι ληφθείσες εικόνες κροσσών συμβολής αποθηκεύονται στον υπολογιστή. Το laser, ο μηχανισμός παραγωγής ατμού και το κάτοπτρο βρίσκονται εκτός του εργαστηρίου και οι οπτικές συσκευές του δέκτη του οπισθοσκεδαζόμενου σήματος βρίσκονται σε οπτική τράπεζα εντός του εργαστηρίου.



Εικόνα 1: Εικονική αναπαράσταση πειράματος σκέδασης laser σε ατμό

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΘΕΝΤΩΝ
ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΩΝ**

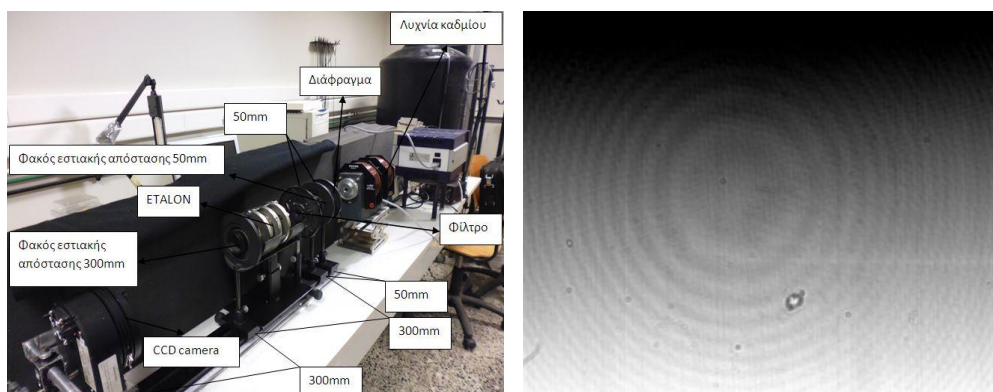
Κατασκευάστηκαν συμβολόμετρα για το διάυλο των αερολυμάτων (χρήση αποστατικού από υλικό zirconium μήκους 10 cm) και για τον διάυλο των μορίων (χρήση αποστατικού από υλικό invar μήκους 1,3 cm) [2]. Η παραλληλία των κατόπτρων που επιτεύχθηκε, μετά από επεξεργασία των δύο βάσεων (κυκλικών τομέων) του αποστατικού, ενέχει σφάλμα 2,7 μm .

Θα παρουσιαστούν εργαστηριακές πειραματικές διατάξεις στις οποίες συμμετέχουν τα προαναφερθέντα συμβολόμετρα διαύλου αερολυμάτων και μορίων και εμπορικό etalon (A254, 20mm air gap, SLS optics). Η πηγή φωτός είναι εναλλακτικά συνεχές πράσινο laser στα 532 nm, κόκκινο laser στα 632.8 nm, λυχνία Hg στα 435 nm, λυχνία Cd στα 435 nm και παλμικό laser στα 532 nm.

Στην παρακάτω διάταξη η εξερχόμενη από το etalon δέσμη διέρχεται από φακό εστιακής απόστασης 300 mm και φωτογραφίζεται από συσκευή CCD. Η λυχνία περιβάλλεται από πηνίο το οποίο διαρρέεται από μεταβαλλόμενη ένταση ρεύματος. Μπορούμε να διακρίνουμε την παραγωγή κροσσών συμβολής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σχεδιάστηκαν και τέθηκαν σε λειτουργία πειραματικές διατάξεις οπτικής συμβολομετρικής ανάλυσης, οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας laser σε στερεό σκεδαστή και ατμό, σε ανώτερο αέριο χώρο εκτός του εργαστηρίου, εφαρμόζοντας την τεχνική bistatic lidar.



Εικόνα 2: Εργαστηριακή διάταξη με εκπομπή από λυχνία καδμίου (435 nm) και χρήση etalon μοριακού διαύλου

Υλοποιήθηκε η κατασκευή δύο συμβολομέτρων τύπου Fabry-Perot, για το διάυλο των αερολυμάτων (με αποστατικό κύλινδρο μήκους 10 cm από υλικό zerodure) και για το διάυλο των μορίων (με αποστατικό 1,3 cm από υλικό invar). Η διαδικασία κατεργασίας των δύο βάσεων (κυκλικών τομέων) των αποστατικών κυλίνδρων, με σκοπό την μεγιστοποίηση του βαθμού παραλληλίας των κατόπτρων που προσαρμόστηκαν σε αυτούς επιτεύχθηκε με σφάλμα 2,67 μm . Οι παραπάνω συμβολομετρικές συσκευές, πέρασαν από το στάδιο του πειραματικού ελέγχου των χαρακτηριστικών τους, αποδίδοντας παραγωγή κροσσών συμβολής, συνιστώντας μέρος πειραματικών διατάξεων, με πομπό εναλλακτικά laser 532 nm, laser 632,8 nm, λυχνία καδμίου σε κάθετη και οριζόντια θέση ως προς την υπόλοιπη διάταξη και laser Νεοδυμίου με παρεμβολή κρυστάλλου για παραγωγή μήκους κύματος 532 nm.

Με την σωστή αξιοποίηση των συμπερασμάτων από τον συνδυασμό της θεωρητικής μελέτης, των πειραματικών δοκιμών και των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων της διατριβής θα έχει πραγματοποιηθεί ουσιαστική συμβολή στην προσπάθεια προσέγγισης από την ερευνητική ομάδα του στόχου για την κατασκευή ενός πρότυπου συστήματος HSRL, δυνατότητας εξαγωγής ικανοποιητικής ακρίβειας αποτελεσμάτων ως προς την καταγραφή του σήματος σκέδασης laser, κυρίως λόγω των αερολυμάτων της ατμόσφαιρας. Δύναται έτσι να επιτευχθεί η μείωση του συστηματικού σφάλματος στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των Εκτεταμένων Ατμοσφαιρικών Καταιγισμών, μέσω της εκτίμησης της ακτινοβολίας Cherenkov, που οφείλεται στη σκέδαση σωματιδίων του καταιγισμού από τα αερολύματα και προστίθεται στο σήμα ατμοσφαιρικού φθορισμού σε παρατηρητήρια κοσμικών ακτίνων υπερυψηλών ενεργειών.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. C. Weitkamp, “Lidar: Range Resolved Optical Remote Sensing in the Atmosphere”. Springer, Singapore 2005.
2. M. Andersson, L. Eliasson and L.R. Pendrill “Compressible Fabry-Perot refractometer” Applied Optics Vol.26, No22, 1987



Ανάπτυξη Διάταξης με Laser Υπέρλεπτων Γραμμών για Ατμοσφαιρική Επισκόπηση σε Παρατηρητήρια Κοσμικών Ακτίνων Υπερυψηλών Ενεργειών

N. Μαραγκός

Σχολή Ε.Μ.Φ.Ε., Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον στον τομέα της αστροφυσικής υψηλών ενεργειών παρουσιάζουν τα τελευταία χρόνια οι κοσμικές ακτίνες υπερ-υψηλών ενεργειών και οι ακτίνες γ πολύ υψηλών ενεργειών. Κατά την είσοδο των ενεργειακών αυτών σωματιδίων στην ατμόσφαιρα της γης προκαλούνται εκτεταμένοι ατμοσφαιρικοί καταγισμοί δευτερογενών σωματιδίων. Για την εκτίμηση της ενέργειας, της ροής και της κατεύθυνσης εισόδου των κοσμικών ακτίνων στην ατμόσφαιρα, έχουν αναπτυχθεί ή βρίσκονται στην φάση του σχεδιασμού, μεγάλα πειράματα, όπως το παρατηρητήριο Pierre Auger και το πρόγραμμα Cherenkov Telescope Array, τα οποία χρησιμοποιούν εκτεταμένες συστοιχίες ανιχνευτών εδάφους και μεγάλα τηλεσκόπια Cherenkov και ατμοσφαιρικού φθορισμού, για την καταγραφή των καταγισμών. Μεταβολές στην διαπερατότητα της ατμόσφαιρας λόγω νεφών, αερολυμάτων κ.α., επηρεάζουν σημαντικά της μετρήσεις στα πειράματα αυτά, κάνοντας απαραίτητη της συνεχή ατμοσφαιρική επισκόπηση. Εξέχουσα θέση στην εκτίμηση των ιδιοτήτων της συνεχώς μεταβαλλόμενης ατμόσφαιρας έχουν τα συστήματα LIDAR.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Η παρούσα διατριβή εντάσσεται στα πλαίσια έρευνας για την ανάπτυξη προτύπου συστήματος LIDAR υψηλής φασματικής διακριτικής ικανότητας (High Spectral Resolution LIDAR, HSRL) με στόχο την βελτίωση της ακρίβειας προσδιορισμού των ατμοσφαιρικών παραμέτρων σε πειράματα κοσμικών ακτίνων. Στα πλαίσια αυτά έγινε μελέτη των χρονικών, χωρικών και φασματικών ιδιοτήτων της δέσμης του laser προκειμένου να εφαρμοστεί στον πομπό του HSRL. Έγινε ο σχεδιασμός του πομπού και αναπτύχθηκε μέρος του που περιλαμβάνει πειραματική διάταξη παλμικής οπτικής ενίσχυσης ενός SLM Nd:YVO₄ παλμικού laser χαμηλής ισχύος. Η αρχιτεκτονική της διάταξης βασίζεται στην πλευρική οπτική άντληση (side-pumping) κρυστάλλου Nd:YVO₄ με διπλό πέρασμα της δέσμης του laser από τον κρύσταλλο και ολική ανάκλαση στην επιφάνεια οπτικής άντλησης του κρυστάλλου. Για τον σχεδιασμό και την μελέτη της διάταξης αναπτύχθηκε κώδικας προσομοίωσης της διάδοσης φωτεινών παλμών σε ενεργούς κρυστάλλους. Μελετήθηκαν και αναπτύχθηκαν συστήματα στήριξης των στοιχείων της διάταξης και κύκλωμα νερού για την αποτελεσματική απαγωγή της θερμότητας απο τον ενεργό κρύσταλλο, το laser και την πηγή



οπτικής άντλησης. Μελετήθηκαν και εφαρμόστηκαν πειραματικές μέθοδοι χαρακτηρισμού της φασματικής σταθερότητας, του φασματικού εύρους και της εγκάρσιας διατομής της δέσμης του laser στην περιοχή του ενεργού κρυστάλλου αλλά και μέθοδοι χαρακτηρισμού της πηγής οπτικής άντλησης του κρυστάλλου.

Παράλληλα αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν πειραματικές μέθοδοι για τον χαρακτηρισμό της επιπεδότητας, της παραλληλίας και της ακριβούς απόστασης των κατόπτρων συμβολομέτρων Fabry-Perot, τα οποία αποτελούν συστατικά στοιχεία του δέκτη του HSRL. Για την επεξεργασία των εικόνων συμβολής των συμβολομέτρων Fabry-Perot αναπτύχθηκε κατάλληλος κώδικας.



Βέλτιστη οπτική σχεδίαση των δεσμών του νέου γραμμικού επιταχυντή CLIC, λαμβάνοντας υπόψη τα φαινόμενα ενδοσκέδασης των σωματιδίων της δέσμης

Φανουρία Αντωνίου, Ευάγγελος Γαζής, Γιάννης Παπαφίλιππου.

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Ένας γραμμικός συγκρουστήρας ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων, ο Συμπαγής Γραμμικός Συγκρουστήρας (CLIC) είναι υπό μελέτη στο CERN, στοχεύοντας στην εξερεύνηση στην περιοχή ενεργειών των τερα-ηλεκτρονιοβόλτ, της Φυσικής Υψηλών Ενεργειών. Ο συγκρουστήρας έχει βελτιστοποιηθεί για ενέργεια κέντρου μάζας των 3 TeV και στοχεύει σε φωτεινότητα των $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Για την επίτευξη αυτής της φωτεινότητας, μεγάλης έντασης πακέτα σωματιδίων με πολύ μικρές τιμές εκπεμπτικότητας, σε όλα τα επίπεδα, είναι απαραίτητα. Η επίτευξη της πολύ μικρής εκπεμπτικότητας πραγματοποιείται στο σύμπλεγμα δακτυλίων απόσβεσης του συγκρουστήρα. Η μεγάλη εκπεμπτικότητα των εισερχομένων δεσμών και η απαίτηση παραγωγής εξαιρετικά μικρής εκπεμπτικότητας δεσμών στην έξοδο του συμπλέγματος, στον πολύ μικρό χρόνο επανάληψης των 20 ms, επιβάλλουν την απόσβεση των δεσμών σε 2 στάδια. Έτσι ένας δακτύλιος προ-απόσβεσης και ένας κύριος δακτύλιος απόσβεσης είναι απαραίτητοι για κάθε δέσμη. Η μεγάλη εκλαμπρότητα της δέσμης διεγείρει διάφορα φαινόμενα συλλογικής κίνησης σωματιδίων, με το φαινόμενο της ενδοδεσμικής σκέδασης σωματιδίων να αποτελεί τον κύριο περιορισμό για την επίτευξη της πολύ μικρής εκπεμπτικότητας. Η παρούσα διατριβή πραγματεύεται τον σχεδιασμό του μαγνητικού πλέγματος και την βελτιστοποίηση ως προς τα μη γραμμικά φαινόμενα ενός δακτυλίου προαπόσβεσης ποζιτρονίων και τη βελτιστοποίηση του μαγνητικού πλέγματος των κυρίως δακτυλίων απόσβεσης, υπό την επίδραση του φαινομένου της ενδοδεσμικής σκέδασης σωματιδίων. Διαφορετικά θεωρητικά μοντέλα, που περιγράφουν το πιο πάνω φαινόμενο, μελετώνται και συγκρίνονται για διαφορετικά μαγνητικά πλέγματα. Τα αποτελέσματα των θεωρητικών μοντέλων συγκρίνονται επίσης με 2 κώδικες προσομοίωσης πολλών σωματιδίων, δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα, κυρίως για παραμέτρους για τις οποίες το φαινόμενο της ενδοδεσμικής σκέδασης είναι ασθενές. Απόκλιση μεταξύ των διαφορετικών μοντέλων παρατηρείται καθώς το φαινόμενο γίνεται πιο ισχυρό. Τέλος, πειραματικά αποτελέσματα από την Ελβετική πηγή ακτινοβολίας Συγχρότρου (SLS) και τον αποθηκευτικό δακτύλιο ηλεκτρονίων του Cornell (Cesr-TA), παρουσιάζονται και συγκρίνονται με τις θεωρητικές προβλέψεις, με πολύ θετικές ενδείξεις.



An enzymatic biosensor via Laser Induced Forward Transfer process

Marianneza Chatzipetrou¹, Eleftherios Touloupakis², Ioanna Zergioti¹

¹Department of Physics, National Technical University of Athens, IroonPolytehneiou 9,
Zografou, 15780 Athens,

²CNR- Institute of Ecosystem Study, Italy

INTRODUCTION

In this work, an amperometric biosensor sensitive towards phenolic compounds, using the enzyme laccase as biorecognition element, was developed.

Polyphenols are plant – derived natural products with various beneficial properties for the human body[1]. This class of molecules exhibits an outstanding performance in the prevention of various human – threatening maladies, from cancer to diabetes, and neurodegenerative diseases. Polyphenols include several thousand compounds such as flavonols, catechins, anthocyanidins and isoflavonoids[2], and, due to their antioxidant activity, have been widely exploited in the market industry in the form of functional foods, dietary supplements and anti – aging creams[1].

The most used analytical methods for the determination phenolic compounds are GC-MS or HPLC[3]. These methods are expensive and involve complex sample pre-treatment procedure. Many biosensors have been developed as an alternative method using the catalytic activity of the enzymes such as tyrosinase or laccase for phenolic compounds determination [4].

Laccases are multicopper oxidoreductases, capable of oxidizing several phenolic and non – phenolic compounds, including polycyclic aromatic hydrocarbons, pesticides, organophosphorus, etc. Widely distributed in higher plants, fungi and microorganisms[5], laccases can be utilized as abiorecognition element (biomediator) for phenolic compounds in the development of biosensors for polyphenols detection [6], in particular for catechol detection. Amperometric determination of catechol was realized electrochemically by measuring the variation of current signals in the presence of laccase. Since the oxidation of catechol results in benzoquinone, the latter can be electrochemically reduced and detected in a concentration – dependent manner[7].

A large number of techniques have been developed for the immobilization of enzymes for biosensor applications. Generally, the choice of an appropriate immobilization method is determined by the physical and chemical properties of the surface and the biomediator. The most commonly used immobilization methods in biosensing technology are identified either as chemical or physical processes. Chemical immobilization processes are based on covalent attachment while physical immobilization techniques are mainly based on the following mechanisms: adsorption, entrapment, and cross-linking [8]. These methods have several



disadvantages such as loss of the biological activity, requirement of surface functionalization, are time consuming, use of laborious reactions, and involvement of toxic chemicals.

LASER PRINTING

In our approach, we use the Laser Induced Forward Transfer (LIFT) process as an advanced tool for direct immobilization of the enzyme laccase onto low cost nonfunctionalized screen printed electrodes (SPE). This process has been already used for the deposition of enzymes [9], DNA [10], living cells [11] and photosynthetic membranes [12]. The high spatial resolution of the LIFT process has led several research groups to employ this technique in order to transfer a wide range of biomaterials for the fabrication of biosensors.

The direct immobilization of the biomaterials through LIFT technique, is a novel result and relies on the high velocities that the liquid droplets are being transferred by means of laser printing. The liquid film impacts with high pressure at the rough substrate, resulting in a physical absorption of the biomaterials to the substrate.

BIOSENSORS RESPONSE

In order to evaluate the biosensor performance tests were conducted on different SPEs with immobilised laccase in the presence of catechol at various concentrations. After a stabilization, period the biosensor showed a cathodic current when catechol was added to PBS buffer. Before each test, the SPE was rinsed twice with 50 μ L PBS so as to remove any non-physically absorbed enzyme layers to the graphite SPE. The biosensor showed high signal to noise ratio and in the presence of catechol solution, a reduction current was generated. The reproducibility of the biosensor was good, showing a relative standard deviation RSD value of 11.7% and a detection limit of 150nM. Concerning the repeatability, the biosensor has been used up to four times, for the detection of 300 nM catechol solution, without a decrease at the amperometric signal response.

In order to test the specificity of the biosensor, preliminary experiments have shown the LOD of two more phenolic compounds, dopamine and phenol. The biosensor was able to detect phenol and dopamine with a limit of detection 10 μ M and 1mM respectively. The new analytes were tested under the optimized measuring conditions (pH value, applied potential, etc.), for the detection of catechol.

CONCLUSION

A stable and highly sensitive amperometric laccase based biosensor was developed. Laccase was successfully immobilized in active form on the surface of graphite SPE by using the LIFT technique. The LIFT technique is an advanced tool, not only for the printing the biologic materials, but also for the direct immobilization of them onto rough supports without the need of any type of functionalization. The developed biosensor had a good sensitivity for catechol and, when stored at 4 $^{\circ}$ C, preserves 90% of activity for 35 days.



REFERENCES

1. K.B. Pandey, S.I. Rizvi, Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2(2009), 270-278.
2. A.C. Cordova, B.E. Sumpio, Polyphenols are medicine: Is it time to prescribe red wine for our patients? *Int. J. Angiol.* 18(2009), 111-117.
3. R. Maul, N.H. Schyebb, S.E. Kulling, Application of LC and GC hyphenated with mass spectrometry as tool for characterization of unknown derivatives of isoflavonoids. *Anal. Bioanal. Chem.* 391(2008), 239-250.
4. N. Duran, M.A. Rosa, A. D'Annibale, L. Gianfreda, Applications of laccases and tyrosinases (phenoloxidases) immobilized on different supports: a review. *Enz. Microb. Technol.* 31(2002), 907-931.
5. M. Alcalde, Laccase: biological functions, molecular structure and industrial applications, in: M. Alcalde, J. Polaina (Eds.), *Industrial Enzymes: structure, function and applications*, Springer, New York, 2007, pp. 459-474.
6. Y. Tan, W. Deng, B. Ge, Q. Xie, J. Huang, S. Yao, Biofuel cell and phenolic biosensor based on acid-resistant laccase-glutaraldehyde functionalized chitosan-multiwalled carbon nanotubes nanocomposite film, *Biosens. Bioelectron.* 24(2009), 2225-2231.
7. R.C. Minussi, G.M. Pastore, N. Duran, Potential applications of laccase in the food industry. *Trends Food Sci. Technol.* 13(2002), 205-216.
8. Z. Xu, X. Chen, S. Dong, Electrochemical biosensors based on advanced bioimmobilization matrices. *Trends Anal. Chem.* 25(2006), 899-908.
9. R.A. Sheldon, Enzyme Immobilization: The Quest for Optimum Performance. *Adv. Synth. Catal.* 349(2007), 1289-1307.
10. P.K. Wu, B.R., Ringeisen, D.B. Krizman, C.G. Frondoza, M. Brooks, D.M. Bubb, R.C.Y. Auyeung, A. Pique, B. Spargo, R.A. McGill, D.B. Chrisey, Laser Manipulation of Biomaterials: Matrix-Assisted Pulsed-Laser Evaporation (MAPLE) and MAPLE - Direct Write (MDW). *Rev. Sci. Instrum.* 74(2003), 2546-2557.
11. M. Chatzipetrou, G. Tsekenis, V. Tsouti, S. Chatzandroulis, I. Zergioti, Biosensors by means of the laser induced forward transfer technique, *Applied Surface Science*, Available online 3 December 2012, ISSN 0169-4332.
12. F. Guillemot, A. Souquet, S. Catros, B. Guillotin, J. Lopez, M. Faucon, B. Pippenger, B. Bareille, M. Rémy, S. Bellance, P. Chabassier, J.C. Fricain, J. Amédée, High-throughput laser printing of cells and biomaterials for tissue engineering. *Acta Biomater.* 6(2010), 2494-2500.



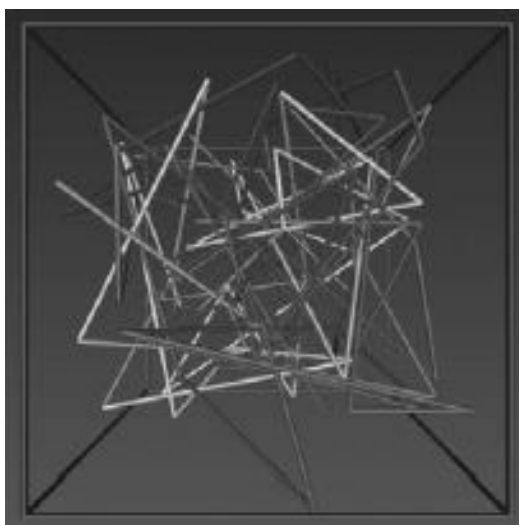
Τοπολογικές μέθοδοι για τη μέτρηση της διαπλοκής των πολυμερών

Παναγιώτου Ε.

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Τα τήγματα πολυμερών είναι πυκνά συστήματα μακρομορίων. Σε τόσο πυκνά συστήματα η ελευθερία των διαμορφώσεων και η κίνηση κάθε πολυμερικής αλυσίδας επηρεάζονται σημαντικά από την *διαπλοκή* των αλυσίδων, η οποία οφείλεται στο ότι δεν μπορούν να διαπεράσουν η μία την άλλη. Υπό ορισμένες συνθήκες οι πολυμερικές αλυσίδες μπορούν να θεωρηθούν ως ανοικτές ή κλειστές καμπύλες στο χώρο. Το θέμα αυτής της διατριβής είναι η ανάπτυξη και η μελέτη μέτρων διαπλοκής πολυμερικών τηγμάτων χρησιμοποιώντας εργαλεία από την Τοπολογία, συγκεκριμένα από την Θεωρία Κόμβων. Η Θεωρία Κόμβων μελετά απλές κλειστές καμπύλες με στόχο την κατάταξή τους σύμφωνα με την πολυπλοκότητα της διαπλοκής τους.

Στο Κεφάλαιο 1 δίνουμε μία εισαγωγή στην Θεωρία Κόμβων και την Αλγεβρική Τοπολογία με έμφαση στα μαθηματικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται σε αυτή την διατριβή. Πιο συγκεκριμένα, εισάγουμε τις έννοιες: αναλλοίωτες κόμβων (αριθμός περιέλιξης, αριθμός αυτο-περιέλιξης, συστροφή), ομοτοπία, ομολογία, συνομολογία, χώρος επικάλυψης, χειρουργική 3-πολλαπλοτήτων, κοτσίδες.

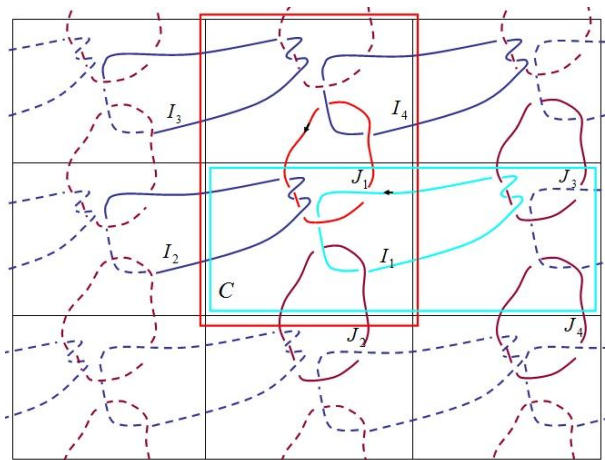


Εικόνα 1: Ομοιόμορφο τυχαίο πολύγωνο σε περιορισμένο χώρο.

Στην περίπτωση κλειστών αλυσίδων η διαπλοκή των πολυμερών μπορεί να μετρηθεί μέσω τοπολογικών αναλλοίωτων κόμβων και κρίκων. Στην περίπτωση ανοικτών αλυσίδων οι τοπολογικές αναλλοίωτες κόμβων και κρίκων δεν μπορούν να εφαρμοσθούν.

Ένα μέτρο διαπλοκής ανοικτών ή κλειστών πολυμερικών αλυσίδων σε ένα τήγμα είναι το ολοκλήρωμα περιέλιξης κατά Gauss, L , που είναι μία τοπολογική αναλλοίωτη στην περίπτωση των κλειστών αλυσίδων. Ο αριθμός περιέλιξης κατά Gauss είναι το βασικό εργαλείο αυτής της διατριβής. Στο Κεφάλαιο 2 δείχνουμε ότι ο αριθμός περιέλιξης κατά Gauss μπορεί να εφαρμοσθεί σε ανοικτές αλυσίδες για να δώσει ένα μέτρο της πολυπλοκότητάς τους.

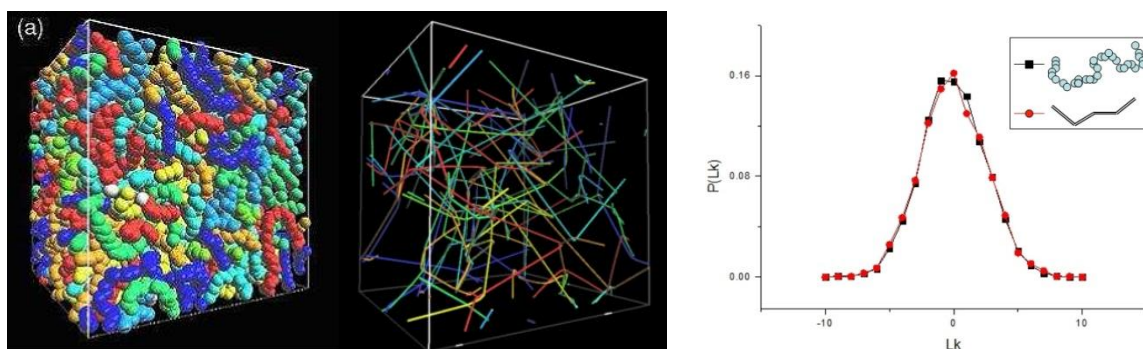
Η προσομοίωση πολυμερικών αλυσίδων από ομοιόμορφους τυχαίους περιπάτους είναι ένα απλοποιημένο αλλά χρήσιμο μοντέλο για ανοικτές ή κλειστές πολυμερικές αλυσίδες σε περιορισμένο χώρο (Εικόνα 1). Χρησιμοποιούμε το ολοκλήρωμα περιέλιξης κατά Gauss για να εκτιμήσουμε την αυξητική τάση του μέσου τετραγωνικού αριθμού συστροφής, Wr , του μέσου τετραγωνικού αριθμού περιέλιξης, του μέσου τετραγωνικού αριθμού αυτο-περιέλιξης, Sl , και του μέσου απόλυτου αριθμού περιέλιξης ομοιόμορφων τυχαίων περιπάτων σε περιορισμένο χώρο σε σχέση με το μήκος τους, n . Αποδεικνύουμε ότι: $E[Wr^2] \approx E[L^2] \approx E[Sl^2] = O(n^2)$ και $E[|L|] = O(n)$ και τα αριθμητικά μας αποτελέσματα σε τυχαίους περιπάτους επιβεβαιώνουν τις αναλυτικές μας προβλέψεις [1].



Εικόνα 2: Απλοποιημένο παράδειγμα μίας προβολής ενός συστήματος κλειστών αλυσίδων σε ένα σύστημα με δύο περιοδικές συνθήκες, παραγόμενο από το κεντρικό κελί C . Η γεννήτορας αλυσίδα i (αντίστοιχα j αποτελείται από τα μπλέ (αντίστοιχα κόκκινα) τόξα στο C . Η ελεύθερη αλυσίδα I (αντίστοιχα J) είναι το σύνολο των μπλέ (αντίστοιχα κόκκινων) αλυσίδων στο περιοδικό σύστημα.

Η προσομοίωση πολυμερικών τμημάτων από πιο ρεαλιστικά μοντέλα και η εκτίμηση της διαπλοκής των μοντέλων αυτών είναι δυσκολότερη, αλλά έχει μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Για την προσομοίωση ενός τμήματος πολυμερούς συνήθως χρησιμοποιούνται Περιοδικές Συνοριακές Συνθήκες (ΠΣΣ). Με τις ΠΣΣ το πολυμερικό τμήμα παράγεται από ένα κελί προσομοίωσης, το οποίο επαναλαμβάνεται στον χώρο δημιουργώντας ένα άπειρο πλέγμα

(Εικόνα 2). Εφαρμόζοντας ένα κλασικό μέτρο διαπλοκής σε ένα σύστημα με ΠΣΣ θα πρέπει να κάνουμε ένα άπειρο (ή πολύ μεγάλο) πλήθος υπολογισμών και, επιπλέον, υπάρχει ένα άπειρο πλήθος αλυσίδων στην ίδια σχετική θέση. Από την άλλη, το κελί προσομοίωσης περιέχει όλη την τοπολογική πληροφορία του άπειρου χώρου, όμως τα τμήματα αλυσίδων που περιέχονται μέσα στο κελί είναι πολύ κοντά σε σχέση με το συνολικό μήκος των πραγματικών αλυσίδων και δεν είναι προφανές πώς σχετίζεται η διαπλοκή τους με την διαπλοκή που παρατηρείται στον συνεχή χώρο του άπειρου συστήματος. Επιπλέον, για να λάβουμε υπόψιν τους μεγαλύτερους βαθμούς διαπλοκής, πρέπει να μελετήσουμε την διαμόρφωση ολόκληρων των αλυσίδων στον συνεχή χώρο.



Εικόνα 3: Μία προσομοιωμένη διαμόρφωση ενός πολυμερικού τήγματος γραμμικών πολυμερικών αλυσίδων και η αντίστοιχη αδροποιημένη εικόνα μέσω του αλγορίθμου CReTA που αναδεικνύει την τοπολογία του τήγματος [2]. Η κατανομή του περιοδικού αριθμού περιέλιξης πριν και μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου CReTA [3] δείχνει ότι ο αλγόριθμος διατηρεί την τοπολογική πληροφορία.

Στο Κεφάλαιο 3, χρησιμοποιώντας τον αριθμό περιέλιξης κατά Gauss, ορίζουμε ένα νέο μέτρο διαπλοκής για αλυσίδες σε ΠΣΣ, τον περιοδικό αριθμό περιέλιξης, LK_p . Μελετάμε τις ιδιότητές του για κλειστές και για ανοικτές αλυσίδες σε συστήματα με ΠΣΣ. Για κλειστές αλυσίδες, δείχνουμε ότι ταυτίζεται με τον αριθμό τομών ενός 2-κυκλήματος και μίας 2-αλυσίδας σε μία 3-πολλαπλότητα (στην περίπτωση μας, στερεός τόρος, πεπαχυμένος τόρος ή 3-τόρος σε μία, δύο ή τρεις ΠΣΣ αντίστοιχα). Για ανοικτές αλυσίδες ο LK_p είναι ένα άπειρο άθροισμα, για το οποίο αποδεικνύουμε ότι συγκλίνει στην περίπτωση συστημάτων με μία, δύο ή τρεις ΠΣΣ αντίστοιχα. Αυτό θα μπορούσε ίσως να θεωρηθεί το κεντρικό αποτέλεσμα αυτής της διατριβής.

Ο υπολογισμός του περιοδικού αριθμού περιέλιξης στην περίπτωση ανοικτών αλυσίδων μπορεί να είναι δύσκολος. Για την εφαρμογή στα πολυμερή ορίζουμε και μελετάμε τον τοπικό περιοδικό αριθμό περιέλιξης, LK , και τον περιοδικό αριθμό περιέλιξης κελιού, LK_c , ως προσεγγίσεις του περιοδικού αριθμού περιέλιξης. Αυτά τα μέτρα μπορούν να υπολογισθούν πολύ εύκολα για ένα τήγμα πολυμερούς.

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε αυτές τις ποσότητες για δείγματα τηγμάτων Πολυαιθυλενίου (ΠΕ) και συγκρίνουμε την κατανομή του LK πριν και μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου CReTA [2], ο οποίος χρησιμοποιείται για να ληφθεί αδροποιημένη



πληροφορία σχετικά με την διαπλοκή των πολυμερών. Τα αποτελέσματά μας επιβεβαιώνουν ότι ο αλγόριθμος CReTA διατηρεί την τοπολογική πληροφορία ενός τμήματος [3] (Εικόνα 3).

Η διαπλοκή των τμημάτων πολυμερούς είναι ένα πρόβλημα πολλών σωμάτων. Τα παραπάνω μέτρα διαπλοκής μετρούν την διαπλοκή ζευγών αλυσίδων ή την αυτο-διαπλοκή μίας αλυσίδας σε ΠΣΣ. Στο Κεφάλαιο 4 χρησιμοποιούμε τον περιοδικό αριθμό περιέλιξης για να ορίσουμε ένα μέτρο διαπλοκής για ολόκληρο το τμήμα πολυμερούς, τον *περιοδικό πίνακα περιέλιξης*. Μελετάμε τις ιδιότητές του και την εξάρτησή του από το μέγεθος του κελιού προσομοίωσης. Αποδεικνύουμε ότι το άθροισμα των στοιχείων κάθε σειράς του περιοδικού πίνακα περιέλιξης είναι ανεξάρτητο του μεγέθους του κελιού. Επίσης, αποδεικνύουμε ότι κάποιες από τις ιδιοτιμές του περιοδικού πίνακα περιέλιξης είναι ανεξάρτητες του μεγέθους του κελιού προσομοίωσης. Για να λάβουμε περαιτέρω πληροφορία για την διαπλοκή του συστήματος από τον περιοδικό πίνακα περιέλιξης, τον συσχετίζουμε με ένα γράφημα και χρησιμοποιούμε εργαλεία της Θεωρίας Γραφημάτων (όπως η σταθερά του Cheeger και η Λαπλασιανή ενός γραφήματος) για να μελετήσουμε την ομοιογένεια της διαπλοκής σε ένα τμήμα.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τους πίνακες περιέλιξης διαφόρων συστημάτων τυχαίων περιπάτων και τα αριθμητικά μας αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τις προβλέψεις μας, δείχνοντας ότι ο πίνακας περιέλιξης μπορεί να διακρίνει τα μη ομοιογενή συστήματα [4].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Panagiotou E., Millett K. C. and Lambropoulou S., 2010, The mean squared linking number and the writhe of uniform random walks in confined space, *J. Phys. A: Math. Theor.*, **43**, 045208.
2. Tzoumanekas C. and Theodorou D. N., 2006, Topological Analysis of Linear Polymer Melts: A Statistical Approach, *Macromolecules*, **39**, 4592.
3. Panagiotou E., Tzoumanekas C., Lambropoulou S., Millett K. C. and Theodorou D. N., 2011, A study of the entanglement in systems with periodic boundary conditions *Prog. Theor. Phys. Supplement* **191** pp.172-181.
4. Panagiotou E., Millett K. C. and Lambropoulou S., 2012, Quantifying entanglement of collections of chains in periodic boundary conditions models *Procedia IUTAM: Topological Fluid Dynamics II* **7** pp.251-260.



Μελέτη αντιδράσεων νετρονίων σε ισότοπα της περιοχής των ακτινίδων

Μαρία Διακάκη

Σχολή Ε.Μ.Φ.Ε., Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας οδήγησαν στη θεώρηση πολλών προηγμένων στρατηγικών για τα πυρηνικά καύσιμα και τους πυρηνικούς αντιδραστήρες. Οι στρατηγικές αυτές περιλαμβάνουν την αποδοτικότερη χρήση των πυρηνικών καυσίμων και κυρίως την αποτέφρωση των ακτινίδων και των μακρόβιων ραδιενεργών αποβλήτων. Σε αυτό το πλαίσιο απαιτείται πολύ καλή γνώση των πυρηνικών δεδομένων όλων των ενεργών διατομών των αντιδράσεων νετρονίων με ισότοπα της περιοχής των ακτινίδων, τα οποία όμως συχνά παρουσιάζουν ελλείψεις ή διαφορές μεταξύ τους. Σε αυτό το πλαίσιο η διεθνής συνεργασία n_TOF [1] προσφέρει ολοκληρωμένες μετρήσεις υψηλής ακριβείας ενεργών διατομών αντιδράσεων νετρονίων σε μεγάλο ενεργειακό εύρος και υψηλής διακριτικής ικανότητας, στην εγκατάσταση που βρίσκεται στο CERN. Δεδομένα από μέτρηση της $^{237}\text{Np}(n,f)$ στην εγκατάσταση n_TOF αναλύθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Επιπροσθέτως, η ομάδα Πυρηνικής Φυσικής του ΕΜΠ στα πλαίσια της συνεργασίας n_TOF πραγματοποίησε μία σειρά μετρήσεων ενεργών διατομών αντιδράσεων νετρονίων με ισότοπα των ακτινίδων στο Ινστιτούτο Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» με μονοενεργειακές δέσμες νετρονίων σε δύο άξονες: 1) μετρήσεις ενεργών διατομών πυρηνικής σχάσης με ένα καινοτόμο ανιχνευτή MicroMegas που αναπτύχθηκε στο CERN [2] για αυτές τις μετρήσεις και 2) μετρήσεις ενεργών διατομών αντιδράσεων (n,2n) με τη μέθοδο της ενεργοποίησης, στην ενεργειακή περιοχή των MeV. Κατά τη διάρκεια της παρούσας διδακτορικής διατριβής μελετήθηκαν οι αντιδράσεις $^{237}\text{Np}(n,f)$ με τον MicroMegas και οι αντιδράσεις $^{237}\text{Np}(n,2n)$ και $^{241}\text{Am}(n,2n)$ με τη μέθοδο της ενεργοποίησης.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΗΣ $^{237}\text{Np}(n,f)$ ΜΕ ΤΟΝ FIC ΣΤΟ n_TOF

Αναλύθηκαν τα δεδομένα ενεργών διατομών για τη μέτρηση της ενεργού διατομής της αντίδρασης $^{237}\text{Np}(n,f)$ με τον ανιχνευτή Fast Ionization Chamber που έγινε στην εγκατάσταση n_TOF στο CERN, για ευρεία ενεργειακή περιοχή νετρονίων (10 keV-10 MeV). Αντιμετωπίστηκαν αρκετές δυσκολίες κατά την ανάλυση λόγω δύσκολων πειραματικών συνθηκών και περίπλοκου κώδικα ανάλυσης. Η ανάλυση ολοκληρώθηκε και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν.



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΗΣ $^{237}\text{Np}(n,f)$ ΜΕ ΤΟΝ MicroMegas ΣΤΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»

Έγινε ο σχεδιασμός (πειραματικά στο εργαστήριο καθώς και θεωρητικά με προσομοιώσεις) και η μέτρηση της ενεργού διατομής της αντίδρασης $^{237}\text{Np}(n,f)$ με χρήση του καινούργιου ανιχνευτή MicroMegas στο Ινστιτούτο Πυρηνικής και Σωματιδιακής Φυσικής του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος», με χρήση μονοενεργειακών δεσμών νετρονίων. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ ικανοποιητικά στην ενεργειακή περιοχή 4.5–5.3 MeV, και η ανάλυσή τους έχει ολοκληρωθεί και δημοσιευτεί [3]. Οι στόχοι που χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις αυτές χαρακτηρίστηκαν ως προς τη μάζα και την ομοιογένειά τους με φασματοσκοπία α και τεχνική Rutherford Backscattering Spectroscopy αντίστοιχα [4].

Λόγω της καλής διακριτικής ικανότητας στα φάσματα των θραυσμάτων σχάσης επετεύχθη μία πρώτη μελέτη της συμπεριφοράς του ανιχνευτή MicroMegas, και πιο συγκεκριμένα έγινε αναλυτική μελέτη των συναρτήσεων ενίσχυσης και διακριτικής ικανότητας του ανιχνευτή, για πρώτη φορά στη βιβλιογραφία για χρήση του συγκεκριμένου ανιχνευτή σε ανίχνευση θραυσμάτων σχάσης [5].

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΤΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ $^{237}\text{Np}(n,2n)$ ΚΑΙ $^{241}\text{Am}(n,2n)$ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΝΕΤΡΟΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ

Έγινε επιτυχώς ο πειραματικός προσδιορισμός της ενεργού διατομής της αντίδρασης $^{241}\text{Am}(n,2n)$ με μονοενεργειακές δέσμες νετρονίων στις ενέργειες 10 MeV, 10.4 MeV, 10.8 MeV, και 17.5 MeV στο Ινστιτούτο Πυρηνικής και Σωματιδιακής Φυσικής του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος», με τη μέθοδο της ενεργοποίησης [6]. Η αντίστοιχη μέτρηση της $^{237}\text{Np}(n,2n)$ δεν έδωσε καλά αποτελέσματα για λόγους που εξηγούνται στο [8].

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ $^{237}\text{Np}(n,f)$ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

Έγινε η θεωρητική μελέτη της αντίδρασης $^{237}\text{Np}(n,f)$ από το κατώφλι της αντίδρασης μέχρι τα 10 MeV με χρήση του κώδικα EMPIRE, και έδωσε αποτελέσματα που ταιριάζουν με τα πειραματικά (ενότητες 1 και 2) με αλλαγή παραμέτρων του μοντέλου της σχάσης εντός 10% και θεωρείται πολύ ικανοποιητική. Τα αποτελέσματα επίσης θα παρουσιαστούν.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ολοκληρώθηκαν επιτυχώς οι μετρήσεις και η ανάλυση πειραματικών δεδομένων της ενεργού διατομής της αντίδρασης $^{237}\text{Np}(n,f)$ με δύο ανεξάρτητα συστήματα και σε δύο ανεξάρτητες εγκαταστάσεις με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα αποτελέσματα συμφωνούν εντός σφάλματος και θα παρουσιαστούν. Επιπροσθέτως, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της θεωρητικής ανάλυσης της ίδιας αντίδρασης. Τέλος, ολοκληρώθηκαν επιτυχώς οι μετρήσεις και το μεγαλύτερο μέρος της ανάλυσης της ενεργού διατομής της αντίδρασης $^{241}\text{Am}(n,2n)$ με τη μέθοδο της νετρονικής ενεργοποίησης και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. C. Rubbia, et al., A high resolution spallation driven facility at the CERN-PS to measure neutron cross-sections in the Interval from 1 eV to 250 MeV, CERN/LHC/98-02 (EET).
2. S. Andriamonje et al., "Development and performance of microbulk micromegas detectors", Journal of Instrumentation, vol. 5, P02001 (2010).
3. M. Diakaki, M. Kokkoris, A. Kyrtos, E. Skordis, C.T. Papadopoulos, R. Vlastou, A. Lagoyannis and S. Andriamonje, Eur. Phys. J. A (2013) 49: 62.
4. "Characterization of actinide targets for fission cross section measurements", M. Diakaki, R. Vlastou, M. Kokkoris, D. Karadimos, A. Lagoyannis, M. Axiotis, K. Ioannides, K. Stamoulis, στα πρακτικά του 21^{ου} Συμποσίου της Ελληνικής Εταιρείας Πυρηνικής Φυσικής (25-26 Μαΐου 2012, Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος», Αθήνα).
5. M. Diakaki, M. Kokkoris, A. Kyrtos, N. G. Nicolis, E. Skordis, R. Vlastou, S. Andriamonje, E. Berthoumieux, and A. Lagoyannis, Nucl. Data Sheets, in press.
6. "New measurements of the $^{241}\text{Am}(n,2n)^{240}\text{Am}$ cross section", A. Kalamara, M. Diakaki, R. Vlastou, M. Kokkoris, N. Nikolis, A. Tsinganis, S. Ashley, M. Axiotis and A. Lagoyannis, Nucl. Data Sheets, in press.
7. "Attempted study of the $^{237}\text{Np}(n,2n)^{236}\text{Np}$ reaction cross section at 9.5 MeV", M. Diakaki, R. Vlastou, M. Kokkoris, C. T. Papadopoulos, A. Tsinganis, A. Lagoyannis and G. Provatias, στα πρακτικά του 19^{ου} Συμποσίου της Ελληνικής Εταιρείας Πυρηνικής Φυσικής (28-29 Μαΐου 2010, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).



Bourgain-Delbaen \mathcal{L}^∞ -sums of Banach spaces

Δέσποινα Ιωάννα Ζησιμοπούλου

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι χώροι Banach εντάσσονται στην κατηγορία των χώρων με νόρμα και είναι αντικείμενο μελέτης πολλών κλαδών της Ανάλυσης όπως Συναρτησιακή Ανάλυση, Θεωρία Τελεστών. Είναι άλλωστε γνωστό ότι αν X είναι χώρος με νόρμα και Y ένας χώρος Banach τότε ο χώρος $\mathcal{L}(X, Y) = \{T: X \rightarrow Y, T \text{ γραμμικός και φραγμένος τελεστής}\}$ είναι χώρος Banach.

Ένας χώρος με νόρμα είναι ένας διανυσματικός χώρος X όπου επιπλέον ορίζεται μία απεικόνιση $\|\cdot\|: X \rightarrow \mathbb{R}$ που ονομάζεται νόρμα και ικανοποιεί κάποιες δεδομένες ιδιότητες. Η έννοια του υποχώρου και της διάστασης σε ένα χώρο με νόρμα ορίζεται όπως στους διανυσματικούς χώρους.

Έστω $X, \|\cdot\|$ χώρος με νόρμα και A υποσύνολο του X . Το A λέγεται αριθμήσιμο αν υπάρχει 1-1 απεικόνιση $f: \mathbb{N} \rightarrow A$. Το A λέγεται πυκνό αν για κάθε στοιχείο x του X και για κάθε $\varepsilon > 0$ υπάρχει στοιχείο a του A ώστε $\|x - a\| < \varepsilon$. Ο X λέγεται διαχωρίσιμος αν υπάρχει αριθμήσιμο και πυκνό υπόσυνολο του X .

Δύο χώροι Banach X, Y λέγονται ισόμορφοι ($X \sim Y$) αν υπάρχει τελεστής $T: X \rightarrow Y$ γραμμικός, 1-1, συνεχής και επί. Αν επιπλέον υπάρχει $C > 0$ σταθερά ώστε $\|T\| \|T^{-1}\| \leq C$ τότε λέμε ότι οι X, Y είναι C -ισόμορφοι ($X \sim^C Y$).

Ένας υπόχωρος Y σε έναν χώρο Banach X λέγεται συμπληρωματικός αν υπάρχει τελεστής $P: X \rightarrow X$ ώστε P γραμμικός, $P[X] = Y$ και $P^2 = P$. Τότε ο X γράφεται σαν το ευθύ άθροισμα $X = Y \oplus (I - P)[X]$, όπου I ο ταυτοτικός τελεστής πάνω στον X . Γνωρίζουμε ότι κάθε πεπερασμένης διάστασης υπόχωρος Y ενός χώρου με νόρμα είναι συμπληρωματικός.

Για $1 \leq p < \infty$ ορίζουμε $\ell_p = \left\{ (x_n)_{n \in \mathbb{N}} : x_n \in \mathbb{R}, \sum_{n=1}^{\infty} |x_n|^p < \infty \right\}$. Είναι γνωστό ότι οι ℓ_p είναι

διαχωρίσιμοι χώροι Banach και επιπλέον είναι διασπάσιμοι δηλαδή μπορούν να γραφτούν σαν το ευθύ άθροισμα απειροδιάστατων υποχώρων τους. Για την ακρίβεια ικανοποιούν την ισχυρότερη συνθήκη ότι κάθε υπόχωρος τους περιεχει περαιτέρω υπόχωρο ισόμορφο με τον χώρο και άρα διασπάσιμο.



Το 1992 οι W.T. Gowers και B. Maurey [6] κατασκεύασαν έναν χώρο Banach που δεν περιέχει διασπασίμους υποχώρους. Χώροι με αυτή την ιδιότητα λέγονται καθολικά αδιάσπαστοι, διαθέτουν πολύ διαφορετική δομή από τους κλασσικούς χώρους ℓ_p , $1 \leq p < \infty$, και όλα τα παραδείγματα έως σήμερα είναι κατασκευαστικά (όπως [2],[3],[4]).

ΕΥΘΕΑ ΑΘΡΟΙΣΜΑΤΑ ΧΩΡΩΝ BANACH

Έστω $X_n, \|\cdot\|_n, n \in \mathbb{N}$ μία ακολουθία χώρων Banach. Το ευθύ άθροισμα της $X_n, \|\cdot\|_n, n \in \mathbb{N}$ ορίζεται

$$\left(\sum_{n=1}^{\infty} \oplus X_n \right)_{\|\cdot\|} = \left\{ x = \sum_{n=1}^{\infty} x_n : x_n \in X_n \ \forall n \in \mathbb{N}, \|x\| < \infty \right\},$$

όπου η εξωτερική νόρμα $\|\cdot\|$

προέρχεται είτε από κλασσικούς χώρους ή όχι. Για παράδειγμα αν προέρχεται από τους χώρους ℓ_p με $1 \leq p < \infty$ τότε το ευθύ άθροισμα ορίζεται ως

$$\left(\sum_{n=1}^{\infty} \oplus X_n \right)_p = \left\{ x = \sum_{n=1}^{\infty} x_n : x_n \in X_n, \sum_{n=1}^{\infty} \|x_n\|_n^p < \infty \right\}.$$

Οι Σ. Αργυρός και Β. Φελουζής [1] ορίσαν για πρώτη φορά τα ευθέα αθροίσματα $\left(\sum_{n=1}^{\infty} \oplus X_n \right)_{GM}$ για ακολουθίες $X_n, \|\cdot\|_n, n \in \mathbb{N}$ διαχωρίσιμων χώρων Banach, με εξωτερική νόρμα που προέρχεται από τη μέθοδο των Gowers-Maurey [6]. Εν συνεχεία, οι Σ. Αργυρός και Θ.

Ραικόφτσαλης [3] μελέτησαν τις ειδικές περιπτώσεις $X_p = \left(\sum_{n=1}^{\infty} \oplus \ell_p \right)_{GM}$ για $1 \leq p < \infty$ και

απέδειξαν ότι έχουν ενδιαφέρουσες ιδιότητες. Για παράδειγμα, ενώ είναι γνωστό ότι $\left(\sum_{n=1}^{\infty} \oplus \ell_p \right)_p \sim \ell_p$, ο X_p περιέχει καθολικά αδιάσπαστους υποχώρους.

\mathcal{L}^∞ ΕΥΘΕΑ ΑΘΡΟΙΣΜΑΤΑ ΧΩΡΩΝ BANACH

Για $n \in \mathbb{N}$, συμβολίζουμε με ℓ_∞^n τον χώρο με νόρμα $(\mathbb{R}^n, \|\cdot\|_\infty)$ όπου για $x = x_1, x_2, \dots, x_n \in \mathbb{R}^n$ ορίζουμε $\|x\|_\infty = \max_{1 \leq i \leq n} |x_i|$.

Ένας χώρος Banach X λέγεται \mathcal{L}^∞ αν υπάρχει σταθερά $C > 0$ και μία ακολουθία $(X_n)_{n \in \mathbb{N}}$ από πεπερασμένης διάστασης υποχώρους του X ώστε $X_n \subseteq X_{n+1}$, X_n είναι ισόμορφος με τον $X_n \sim^C \ell_\infty^{\dim X_n}$ για κάθε $n \in \mathbb{N}$ και η ένωση $\bigcup_{n \in \mathbb{N}} X_n$ είναι πυκνή στον X .

Το 2010 οι Σ. Αργυρός και R. Haydon [2] κατασκεύασαν έναν καθολικά αδιάσπαστο \mathcal{L}^∞ χώρο X_K . Η μέθοδος που χρησιμοποίησαν είναι μία γενικευμένη παραλλαγή της μεθόδου κατασκευής \mathcal{L}^∞ χώρων των J. Bourgain και B. Delbaen (1980, [4]).



Στην εργασία που παρουσιάζεται, δοθέντος μίας ακολουθίας διαχωρίσιμων χώρων Banach $X_n, \|\cdot\|_{n \in \mathbb{N}}$, ορίζουμε το \mathcal{L}^∞ άθροισμα $Z = \left(\sum_{n=1}^{\infty} \oplus X_n \right)_{AH}$ με εξωτερική νόρμα που προέρχεται από τη μέθοδο κατασκευής Αργυρός-Haydon [2]. Αποδεικνύεται ότι ανεξαρτήτως της επιλογής της $X_n, \|\cdot\|_{n \in \mathbb{N}}$, ο χώρος Z περιέχει καθολικά αδιάσπαστους υποχώρους και ο συζυγής $Z^* = \mathcal{L}(X, \mathbb{R})$ είναι ισόμορφος με $\left(\sum_{n=1}^{\infty} \oplus X_n^* \right)_1$.

Εν συνεχεία, μελετήθηκαν οι ειδικές περιπτώσεις $Z_p = \left(\sum_{n=1}^{\infty} \oplus \ell_p \right)_{AH}, 1 \leq p < \infty$, και διαπιστώθηκε ότι ικανοποιούν τις παρακάτω ιδιότητες:

(1) Υπάρχουν προβολές $P_{[1,n]} : Z_p \rightarrow Z_p$ ώστε $\|P_{[1,n]}\| \leq 2$ και $P_{[1,n]}[Z_p] \sim \ell_p$ για κάθε $n \in \mathbb{N}$. Επιπλέον, η ένωση $\bigcup_{n=1}^{\infty} P_{[1,n]}[Z_p]$ είναι πυκνή στον Z_p .

(2) Ο Z_p δεν είναι ισόμορφος με τον ℓ_p αλλά περιέχει συμπληρωματικά τον ℓ_p και επιπλέον ισχύει ότι οποτεδήποτε υπάρχουν Y, W απειροδιάστατοι υπόχωροι του ώστε $Z_p = Y \oplus W$ τότε είτε $Y \sim Z_p$ και $W \sim \ell_p$ ή το αντίστροφο.

(3) Για κάθε γραμμικό και φραγμένο τελεστή $T : Z_p \rightarrow Z_p$ υπάρχει ένας πραγματικός αριθμός λ ώστε αν I είναι ο ταυτοτικός τελεστής πάνω στον Z_p τότε ο τελεστής $K = T - \lambda I$ είναι οριζόντια συμπαγής δηλαδή για κάθε $\varepsilon > 0$ υπάρχει $n_0 \in \mathbb{N}$ ώστε $\|K \circ P_{[1,n_0]}\| < \varepsilon$, όπου $P_{n_0, \infty} = I - P_{[1,n_0]}$.

Σαν συνέπεια, έχουμε το ακόλουθο αποτέλεσμα: Για κάθε $n \in \mathbb{N}$ ο χώρος Banach $Z_p^n = \left(\underbrace{Z_p \oplus Z_p \oplus \dots \oplus Z_p}_{n\text{-φορές}} \right)_\infty$ έχει ακριβώς $n+1$, μη ισόμορφους ανά δύο, συμπληρωματικούς υποχώρους.

Στη συνέχεια δίνεται μία συνοπτική περιγραφή των βασικών βημάτων της απόδειξης.

Έστω $P : Z_p^n \rightarrow Z_p^n$ προβολή με εικόνα $P[Z_p^n] = Y$. Για $k \leq n$, συμβολίζουμε με $Z_p(k)$ τον Z_p στην k -συντεταγμένη του Z_p^n .

Τότε ο P γράφεται στη μορφή $P = (P_{i,j})_{1 \leq i,j \leq n}$ όπου $P_{i,j} : Z_p(j) \rightarrow Z_p(i)$ για κάθε $1 \leq i,j \leq n$. Από ιδιότητα (3) υπάρχουν $\lambda_{i,j}$ πραγματικοί αριθμοί και $K_{i,j} : Z_p(j) \rightarrow Z_p(i)$ οριζόντια συμπαγείς τελεστές ώστε $P_{i,j} = \lambda_{i,j} I_{i,j} + K_{i,j}$.



Αποδεικνύουμε ότι $\Lambda=(\lambda_{i,j})_{1\leq i,j\leq n}:\mathbb{R}^n\rightarrow\mathbb{R}^n$ είναι προβολή και άρα υπάρχει $A:\mathbb{R}^n\rightarrow\mathbb{R}^n$ αντιστρέψιμος ώστε $\Lambda A^{-1}=(\mu_{i,j})_{1\leq i,j\leq n}$, όπου $\mu_{i,j}=0$ για $i\neq j$ ενώ $\mu_{i,i}=0$ ή 1 για $i=j$. Θέτουμε $L=\{i:1\leq i\leq n, \mu_{ii}\neq 0\}$. Αν $L=\emptyset$ αποδεικνύουμε ότι $Y\sim\ell_p$. Αν $L\neq\emptyset$, βρίσκουμε κατάλληλα $n_0\in\mathbb{N}$ και $0<\delta<1$ ώστε $\|K_{i,j}\circ P_{n_0,\infty}\|<\delta$ για κάθε $1\leq i,j\leq n$.

Προκύπτει ότι $Y\sim\left(\sum_{i\in L}\oplus_{P_{(n_0,\infty)}}[Z_p]\right)\oplus W$ όπου $W\sim\ell_p$. Από τις ιδιότητες (1), (2) έχουμε ότι ο $P_{(n_0,\infty)}[Z_p]\sim Z_p$ και επειδή $\left(\sum_{i\in L}\oplus\ell_p\right)_p\sim\ell_p$ προκύπτει ότι $Y\sim\left(\sum_{i\in L}\oplus Z_p\right)_\infty$.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το βασικό αποτέλεσμα της εργασίας είναι μία νέα μέθοδος δημιουργίας ευθέων αθροισμάτων μιας ακολουθίας διαχωρίσιμων χώρων Banach με μεθόδους Bourgain-Delbaen και Αργυρός-Haydon. Αυτό σε συνδυασμό με τις μεθόδους Αργυρός-Ραϊκόφτσαλης μας επιτρέπει να κατασκευάσουμε χώρους με ακριβώς n συμπληρωματικούς υποχώρους για κάθε φυσικό αριθμό n . Αναφορικά με το τελευταίο παρόμοια αποτελέσματα υπήρξαν στον παρελθόν από άλλους ερευνητές της περιοχής ([7], [8], [10], [11]) αλλά με χρήση διαφορετικών μεθόδων. Η βασική μέθοδος δημιουργίας ευθέων αθροισμάτων χώρων Banach μελετάται περαιτέρω και έχει οδηγήσει σε νέα αποτελέσματα τα οποία είναι υπό προετοιμασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. S.A. Argyros and V. Felouzis, *Interpolating Hereditarily Indecomposable Banach spaces*, Journal AMS, **13**(2001), 243-294.
2. S.A. Argyros, D. Freeman, R. Haydon, E. Odell, Th. Raikoftsalis, Th. Schlumprecht, and D. Zisimopoulou, *Embedding uniformly convex spaces into spaces with very few operators*, Journal of Functional Analysis, Vol. **262**, 825-849 (2012).
3. S.A. Argyros and R.G. Haydon, *A hereditarily indecomposable \mathcal{L}^∞ -space that solves the scalar-plus-compact problem*, Acta Mathematica, vol. **206**, 1-54, (2011).
4. S. A. Argyros and A. Tolias, *Methods in the theory of hereditarily indecomposable Banach spaces*, Memoirs of the AMS, **170**(2004), no.806.
5. S. A. Argyros and Th. Raikoftsalis, *Banach spaces with a unique non trivial decomposition*, Proceedings of Amer. Math. Soc., vol. **136**, 3611-3620, (2008).
6. J. Bourgain and F. Delbaen, *A class of special \mathcal{L}^∞ spaces*, Acta Mathematica, Vol. **145**,(1980), 155-176.
7. I. S. Edelstein, P. Wojtaszczyk, *On projections and unconditional bases in direct sums of Banach spaces*, Studia Math, **56** (1976), no.3, 263-276.
8. V. Ferenzi and M. E. Galego, *Some results on the Schroeder-Dernstein property for separable Banach spaces*, Canad. J. Math., **59** (2007), no. 1, 63-84.
9. W. T. Gowers and B. Maurey, *The unconditional basic sequence problem*, J. Amer. Math. Soc. **6**(1993), no. 4, 851-874.



10. W.T. Gowers and B. Maurey, *Banach spaces with small spaces of operators*, Math. Ann. vol. **307**, 543-568, (1997).
11. P. Wojtaszczyk, *On complemented subspaces and unconditional bases in $\ell_p \oplus \ell_q$* , Studia Math, **47** (1973), 197-206.



Διεπιφανειακές Αλληλεπιδράσεις και Μοριακή Δυναμική σε Οργανικά-Ανόργανα Νανοσύνθετα Πολυμερικά Υλικά

Κλώνος Π., Πίσσης Π..

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή στοχεύει στη μελέτη της επιρροής διεπιφανειακών αλληλεπιδράσεων στη μοριακή δυναμική και στις ιδιότητες σε νανοσύνθετα υλικά πολυμερών. Το ενδιαφέρον γύρω από τη συγκεκριμένη κατηγορία υλικών πηγάζει από τις σημαντικές βελτιώσεις των μακροσκοπικών ιδιοτήτων που επιφέρουν μικρές προσθήκες σωματιδίων στη νανοσκοπική κλιμακα, σε σχέση με παραδοσιακά σύνθετα υλικά. Το γεγονός αυτό έχει άμεσες θετικές συνέπειες στις επιθυμητές εφαρμογές και στο κόστος της διαδικασίας παραγωγής των υλικών. Επιχειρείται, έτσι, ο έλεγχος (tuning) των επιφανειακών ιδιοτήτων των νανοσωματιδίων μέσω της ταυτόχρονης μελέτης και παρασκευής των υλικών, με σκοπό την επίτευξη πλέον κατάλληλων συστημάτων για ειδικές τεχνολογικές και βιοχημικές εφαρμογές.

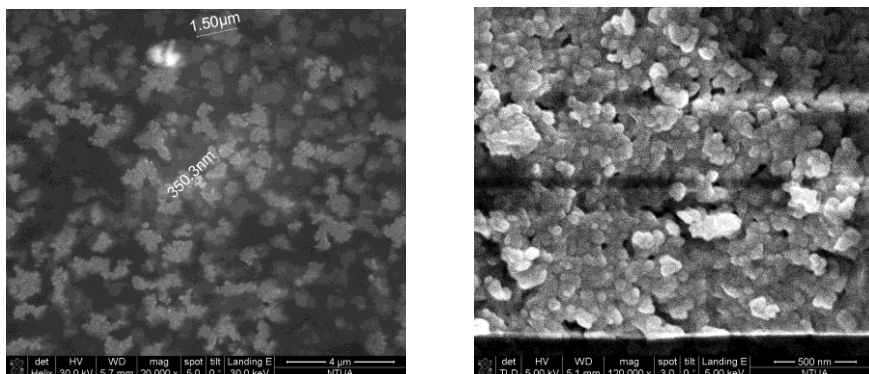
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Τα προς μελέτη υλικά αποτελούνται, στην πλειοψηφία τους, από ανόργανα άμορφα νανοεγκλείσματα (τύπου πυριτίας - silica) είτε διασπαρμένα σε πολυμερική μήτρα (διαφόρων τύπων πολυμερών) [1-5] είτε επικαλυμένα με διαδοχικούς φλοιούς πολυμερών (core-shell structures) [6-8]. Για τη μορφολογική μελέτη των συστημάτων εφαρμόστηκαν τεχνικές Μικροσκοπίας Ηλεκτρονικής Σάρωσης (SEM) και Ατομικής Δύναμης (AFM) και Σκέδασης Ακτίνων Χ υπό Μεγάλες Γωνίες (WAXD). Οι θερμικές ιδιότητες και αλλαγές φάσης των υλικών μελετήθηκαν με τη Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης (DSC) και τη Θερμοβαρυτική Ανάλυση (TGA). Η δυναμική διάχυσης μικρών μοριών (νερού) μέσα από τα υλικά μελετήθηκε μέσω τεχνικών Ισόθερμης Υδάτωσης (ESI, DSI). Τέλος η μοριακή δυναμική μελετήθηκε με τις τεχνικές της Δηλεκτρικής Φασματοσκοπίας Εναλλασσομένου Πεδίου (DRS) και των Θερμικώς Δηγεγερμένων Ρευμάτων Αποπόλωσης (TSDC).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η καλή διασπορά των νανοσωματιδίων στην πολυμερική μήτρα (Εικόνα 1) και οι ισχυρές αλληλεπιδράσεις εγκλείσματος-πολυμερούς (κυρίως δεσμοί υδρογόνου) οδηγούν σε

συστήματα με υψηλή θερμική σταθερότητα (αποτελέσματα TGA) [4, 8]. Οι θερμικές μεταβάσεις του πολυμερούς (πολυμερική κρυστάλλωση και υαλώδης μετάβαση) περιορίζονται με την προσθήκη νανοσωματιδίων [1-8].



Εικόνα 1: Εικόνες SEM νανοςύνθετων υλικών με δομή Core-Shell αποτελούμενων από νανοσωματίδια άμορφης πυριτίας (core) με επιφανειακά προσροφημένο πολυμερές PDMS σε ποσοστά 80%κ.β. (αριστερα) και 40%κ.β. (δεξιά).

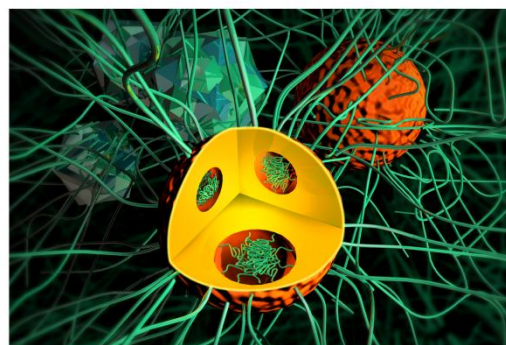
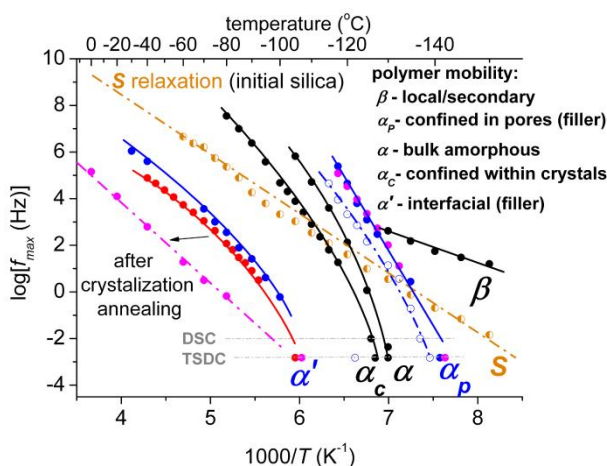


ILLUSTRATION by Dimitris Klonos / dimitrisklonos.blogspot.gr

Εικόνα 2: Διάγραμμα Arrhenius (αριστερά) νανοςύνθετων πολυμερικών υλικών PDMS/πυριτίας. Παρουσιάζονται οι τέσσερις διακρίσιμες φάσεις συνεργασιακής μοριακής δυναμικής του πολυμερούς (α relaxations). Αναπαράσταση της εκτιμώμενης εικόνας (δεξιά) και κατανομής των διαφόρων φάσεων του υλικού στα νανοςύνθετα πολυμερικά συστήματα.

Οι τεχνικές Διηλεκτρικής Φασματοσκοπίας αποδείχθηκαν πολύ ισχυρό εργαλείο, το οποίο σε συνδυασμό με τις υπολοιπές μεθόδους χαρακτηρισμού, οδήγησε στην καταγραφή της μοριακής δυναμικής εντός του υλικού. Καταγράφηκαν οι μηχανισμοί διηλεκτρικής αποκατάστασης που αντιστοιχούν στις μοριακές κινήσεις μικρής και μεγάλης κλίμακας και βρέθηκε ότι αυτές επηρεάζονται αμέσως από την εν γένει παρουσία των νανοσωματιδίων (χωρικός περιορισμός του πολυμερούς) και εμμέσως από την ύπαρξη των αλληλεπιδράσεων πολυμερούς-εγκλείσματος και περιορισμό της ικανότητας κρυστάλλωσης.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μεταβολές στις μοριακές κινήσεις που επιφέρει η παρουσία των νανοεγκλεισμάτων αλλά και η ανάπτυξη ισχυρών αλληλεπιδράσεων με το πολυμερές, κατέδειξαν την ύπαρξη ενός διεπιφανειακού στρώματος πολυμερούς, πάχους 2-6 nm, με περιορισμένη δυναμική (interfacial polymer dynamics). Το αποτέλεσμα αυτό ήρθε να συμπληρώσει σύγχρονες θεωρίες που κατά τις τελευταίες δεκαετίες προσπαθούν να ερμηνεύσουν την σημαντική διαφορά στις ιδιότητες μεταξύ νανοσύνθετων και παραδοσιακών σύνθετων υλικών. Τέλος, η συστηματική ανάλυση των αποτελεσμάτων κατάλληλως σχεδιασμένων μετρήσεων δίνει επιπλέον πληροφορίες και τη δομή των πολυμερικών αλυσίδων μέσα στο διεπιφανειακό στρώμα, επιβεβαιώνοντας πειραματικώς αποτελέσματα ειδικών τεχνικών υπολογιστικής προσομοίωσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Klonos P., Panagopoulou A., Bokobza L., Kyritsis A., Peoglos V., Pissis P., Comparative studies on effects of silica and titania nanoparticles on crystallization and complex segmental dynamics in poly(dimethylsiloxane), *Polymer* 2010, 51, 5490-5499.
2. Klonos P., Panagopoulou A., Kyritsis A., Bokobza L., Pissis P., Dielectric studies of segmental dynamics in poly(dimethylsiloxane)/titania nanocomposites, *Journal of Non-Crystalline Solids* 2011, 357, 610-614.
3. Klonos P., Pandis Ch., Kriptou S., Kyritsis A., Pissis P., Interfacial interactions in polymer nanocomposites studied by dielectric and thermal techniques, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* 2012, 19, 1283-1290.
4. Stamatopoulou C., Klonos P., Koutsoumpis S., Gun'ko V.M., Pissis P., Karabanova L., Hydrophilic nanocomposites based on polyurethane/poly(2-hydroxyethyl methacrylate) semi-IPNs and modified nanosilica for biomedical applications, *Journal of Polymer Science Part B Polymer Physics* 2014, 52, 397-408.
5. Bolbukh Yu., Terykh V., Klonos P., Pissis P., DSC study of polyhydroxyethyl-methacrylate filled with modified silicas, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2012, 108, 1111-1119.
6. Klonos P., Pissis P., Gun'ko V.M., Kyritsis A., Guzenko N.V., Pakhlov E.M., Zarko V.I., Janusz W., Skubiszewska-Zieba J., Leboda R., Interaction of poly(ethylene glycol) with fumed silica and alumina/silica/titania, *Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects* 2010, 360, 220-231.
7. Klonos P., Kaprinis S., Zarko V., Peoglos V., Pakhlov E., Pissis P., Gun'ko V., Thermal and dielectric studies of PEG/C/AST nanocomposites, *Journal of Applied Polymer Science* 2012, 128, 1601-1615.
8. Galaburda M.V., Klonos P., Gun'ko V.M., Bogatyrov V.M., Borysenko M.V., Pissis P., Dielectric properties and thermal destruction of poly(dimethylsiloxane)/ Fe₂O₃/SiO₂ nanocomposites, *Applied Surface Science* 2014, DOI:10.1016/j.apsusc.2014.02.162.



Μοριακή Δυναμική και Μεταπτώσεις Φάσης σε Συστήματα Πρωτεΐνης-Νερού

Παναγοπούλου Α., Πίσσης Π.

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πρωτεΐνες αποτελούν κύριο συστατικό των βιολογικών κυττάρων και επιτελούν εξαιρετικά εξειδικευμένες λειτουργίες, όμως μόνο παρουσία ενός διαλύτη (νερού) και σε μια ορισμένη περιοχή θερμοκρασιών, δηλαδή στις συνθήκες που συναντούμε σε ένα ζωντανό κύτταρο¹. Για τον Φυσικό όμως οι πρωτεΐνες είναι μακρομόρια και οι κινήσεις τους, τόσο οι μικρής κλίμακας (θερμικά διεγερόμενες) όσο και οι συνεργασιακές μεγάλης εμβέλειας, αμφοτέρως απαραίτητες για τη σταθερότητα, την αναδίπλωση και τη λειτουργία των πρωτεϊνών, περιγράφονται και ερμηνεύονται με τους ίδιους όρους όπως οι χαλαρώσεις των (απλούστερων στη δομή) συνθετικών πολυμερών. Οι μοριακοί μηχανισμοί κίνησης του διαλύτη, που χρειάζεται να ενεργοποιηθούν για να επαχθεί η δομική χαλάρωση της πρωτεΐνης δεν είναι επακριβώς γνωστοί, εν τούτοις το κατάφλι στη θερμοκρασία και στην ενυδάτωση για τη βιολογική λειτουργία της πρωτεΐνης μπορεί να κατανοηθεί με όρους υαλώδους μετάβασης.² Η σχέση μεταξύ δυναμικής της πρωτεΐνης και δυναμικής του διαλύτη αποτελεί κομβικό σημείο στη μελέτη των πρωτεϊνών.² Η τεράστια σημασία που έχουν τα πρώτα επιφανειακά στρώματα νερού για τη βιολογική λειτουργία των πρωτεϊνών γίνεται προφανής, αν αναλογισθεί κανείς ότι στα βιολογικά κύτταρα οι πρωτεΐνες διαχωρίζονται μεταξύ τους με 2-3 στρώματα νερού.³ Η συστηματική μελέτη της δυναμικής σε ενυδατωμένα συστήματα πρωτεϊνών μπορεί να συνεισφέρει μακροπρόθεσμα στην περιγραφή της βιολογικής λειτουργίας με όρους Φυσικής.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

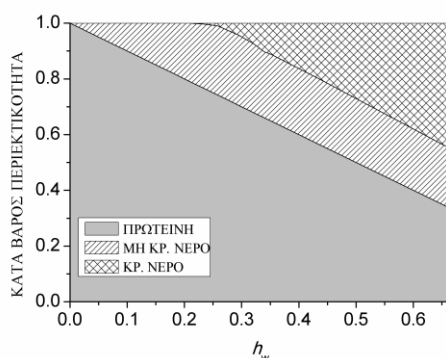
Στην παρούσα εργασία μελετώνται συστήματα πρωτεΐνης-νερού σε μεγάλο εύρος επιπέδων ενυδάτωσης. Η περιεκτικότητα σε νερό μεταβάλλεται συστηματικά ξεκινώντας από στερεά ξηρά δοκίμια πρωτεϊνών και αυξάνεται βαθμιαία σε ενυδατωμένα στερεά δοκίμια, πυκνά και αραιά υδατικά διαλύματα. Με αυτό τον τρόπο εισάγεται ο βαθμός ενυδάτωσης ως κύρια παράμετρος εξάρτησης των δυναμικών χαρακτηριστικών των υπό μελέτη συστημάτων. Η καταγραφή κρίσιμων ποσοστών ενυδάτωσης που σηματοδοτούν διαφοροποιήσεις στη δυναμική συμπεριφορά ή/και δομικές ανακατατάξεις αποτελεί ένα από τα ζητούμενα της παρούσας μελέτης. Τα προς μελέτη ενυδατωμένα συστήματα περιλαμβάνουν σφαιρικές και ινώδεις πρωτεΐνες. Οι πειραματικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν είναι κατά βάση θερμικές και διηλεκτρικές τεχνικές. Τα φαινόμενα κρυστάλλωσης και τήξης του νερού καθώς



και το φαινόμενο της υαλώδους μετάβασης των μακρομορίων, μελετήθηκαν μέσω της διαφορικής θερμιδομετρίας σάρωσης (differential scanning calorimetry, DSC). Η μοριακή δυναμική (ο α μηχανισμός διηλεκτρικής αποκατάστασης των ενυδατωμένων συστημάτων και οι δευτερεύοντες μηχανισμοί των μορίων νερού στην μη κρυσταλλική και κρυσταλλική φάση) μελετήθηκαν διεξοδικά μέσω δύο διηλεκτρικών τεχνικών, θερμικώς διηγερόμενα θερμορεύματα αποπόλωσης (thermally stimulated depolarization currents (TSDC)) και διηλεκτρική φασματοσκοπία εναλλασσομένου πεδίου (dielectric relaxation spectroscopy (DRS)), σε ευρεία περιοχή συχνοτήτων και θερμοκρασιών. Επιπλέον πληροφορίες για την οργάνωση των μορίων νερού κατά την ενυδάτωση προήλθαν από μετρήσεις ισόθερμης υδάτωσης σε ισορροπία (water equilibrium sorption measurements, ESI) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

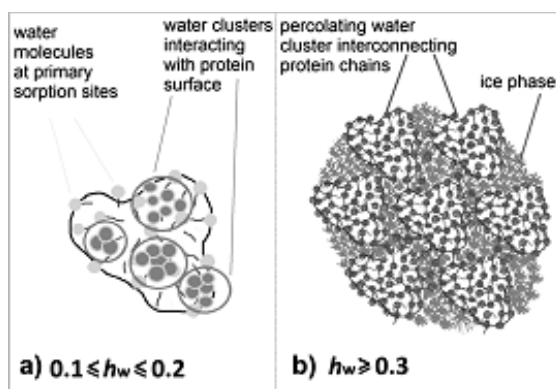
Στην Εικόνα 1 φαίνεται ένα διάγραμμα περιεκτικότητας για το ενυδατωμένο σύστημα της σφαιρικής πρωτεΐνης Αλβουμίνης Βοείου Ορού (Bovine Serum Albumin, BSA). Τέτοιου τύπου διαγράμματα δημιουργούνται με βάση πειραματικά αποτελέσματα DSC και απεικονίζουν την κατά βάρος περιεκτικότητα των διαφόρων συστατικών του συστήματος (πρωτεΐνη, μη κρυσταλλωμένα μόρια νερού, κρυσταλλωμένα μόρια νερού) συναρτήσει του βαθμού ενυδάτωσης. Στην Εικόνα 1 ο βαθμός ενυδάτωσης εκφράζεται ως το κλάσμα νερού h_w (g νερού/g ενυδατωμένης πρωτεΐνης). Το κύριο συμπέρασμα που εξάγεται για το σύστημα BSA-νερό είναι ότι το κλάσμα των μη κρυσταλλωμένων μορίων νερού σταθεροποιείται για $h_w > 0.25$, όπου και παρατηρείται κρυστάλλωση των μορίων νερού στο σύστημα (δημιουργία πάγου). Ανάλογη εικόνα προκύπτει και για άλλα συστήματα πρωτεϊνών.



Εικόνα 1: Διάγραμμα περιεκτικότητας για τη σφαιρική πρωτεΐνη BSA⁴

Εκτός από το διάγραμμα σύστασης οι μετρήσεις DSC καθιστούν δυνατή την καταγραφή της θερμικής υαλώδους μετάβασης για διάφορες ενυδατωμένες πρωτεΐνες. Ένα γενικό συμπέρασμα είναι ότι η υαλώδης μετάβαση εξαρτάται άμεσα από το επίπεδο ενυδάτωσης⁴. Η μελέτη της μεταβολής της θερμοκρασίας υαλώδους μετάβασης και του βήματος θερμοχωρητικότητας με το επίπεδο ενυδάτωσης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μοριακή κίνηση που συσχετίζεται με το φαινόμενο περιέχει συνεισφορές από τα μη κρυσταλλωμένα μόρια νερού καθώς και από τμήματα των πρωτεϊνών⁴. Η μοριακή δυναμική των μορίων νερού και της πρωτεΐνης μελετήθηκαν διεξοδικά μέσω των διηλεκτρικών τεχνικών TSDC και

DRS. Καταγράφηκαν διηλεκτρικοί μηχανισμοί αποκατάστασης που σχετίζονται i) με την θερμική υαλώδη μετάβαση, ii) τα μη κρυσταλλωμένα μόρια νερού και iii) τα κρυσταλλωμένα μόρια νερού. Η Εικόνα 2 απεικονίζει σχηματικά την οργάνωση των μορίων νερού σε σχέση με το επίπεδο ενυδάτωσης για την σφαιρική πρωτεΐνη BSA, σε συμφωνία με το σύνολο των αποτελεσμάτων από τις διάφορες τεχνικές. Συγκεκριμένα, τα μη κρυσταλλωμένα μόρια νερού σε χαμηλά h_w διεγείρουν την κίνηση μικρών πολικών ομάδων στην επιφάνεια της BSA, είτε ως μεμονωμένα μόρια νερού σε πρωταρχικές θέσεις υδάτωσης (water molecules at primary sorption sites, Εικόνα 2a) είτε ως συσσωματώματα νερού (water clusters interacting with protein surface, Εικόνα 2a). Σε μία κρίσιμη περιοχή επιπέδων υδάτωσης, $0.2 < h_w < 0.3$, η επιφάνεια της πρωτεΐνης καλύπτεται σταδιακά από μη κρυσταλλωμένα μόρια νερού και δημιουργείται ένα συνεχές επιφανειακό στρώμα νερού (percolating water cluster interconnecting protein chains, Εικόνα 2b), με παράλληλο σχηματισμό πάγου (ice phase, Εικόνα 2b).



Εικόνα 2: Σχηματικό διάγραμμα της οργάνωσης των μορίων νερού στην επιφάνεια της σφαιρικής πρωτεΐνης BSA⁴

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη της δυναμικής των ενυδατωμένων πρωτεϊνών με συνδυασμό τεχνικών θερμικής ανάλυσης και διηλεκτρικών τεχνικών σε ευρεία περιοχή επιπέδων ενυδάτωσης παρέχει τη δυνατότητα μιας ικανοποιητικής περιγραφής της οργάνωσης των μορίων νερού στα συστήματα και μπορεί να συνεισφέρει στην κατανόηση της δομής και βιολογικής λειτουργίας αυτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. H. Lodish et al., Molecular Cell Biology 5th ed., WH Freeman and Company: New York, NY, 2004.
2. R. B. Gregory in: R. B. Gregory (ed.), Protein-Solvent Interactions, Marcel Dekker: New York, 1995, p.191.
3. P. Mentre, Cell. Mol. Biol. 2001, 47, 709-715.
4. A. Panagopoulou, A. Kyritsis, R. Sabater i Serra J.L. Gomez Ribelles, N. Shinyashiki, P. Pissis, Glass transition and dynamics in BSA-water mixtures over wide ranges of composition studied by thermal and dielectric techniques, Biochim. et Biophys. Acta, 2011,1814, 1984-1996.



Πειραματική μελέτη και προσομοίωση της ταχείας ανόπτησης πυριτίου σε καθεστώς μη τήξης

Σταθόπουλος Σ., Τσουκαλάς Δ.

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αυξανόμενη ζήτηση για τη συνεχόμενη σμίκρυνση των σύγχρονων διατάξεων τύπου FET απαιτεί την ανάπτυξη καινοτόμων μεθόδων ανόπτησης οι οποίες περιορίζουν τη διάχυση των προσμίξεων ενώ παράλληλα αυξάνουν όσο το δυνατόν περισσότερο το ποσοστό των ηλεκτρικά ενεργοποιημένων προσμίξεων. Οι μέθοδοι αυτοί περιλαμβάνουν από ανόπτηση flash, ακτινοβολία με excimer lasers [1] ως laser στερεάς κατάστασης [2].

Η ακτινοβολία CO₂ είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος [3] για τον σχηματισμό ρηχών επαφών καθώς η λειτουργία του laser CO₂ σε γωνίες Brewster μπορεί να περιορίσει τα προβλήματα που προκύπτουν από την επίδραση που έχει η σχηματοποίηση του υποστρώματος στην ανακλαστικότητα [4].

Η εκθετικά γρήγορη αύξηση της απορροφητικότητας που προκύπτει από τη θέρμανση του πλέγματος του υποστρώματος λόγω της σκέδασης φωνονίων-ηλεκτρονίων καθιστά την περιγραφή της αλληλεπίδρασης ακτινοβολίας CO₂ με το υπόστρωμα μια περίπλοκη διαδικασία. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να μελετήσει πως επηρεάζεται αυτή η αλληλεπίδραση την ενεργοποίηση των προσμίξεων καθώς και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Βασιζόμενοι σε υπάρχουσα τεχνογνωσία [5] σχεδιάστηκε μία σειρά πειραμάτων με σκοπό τη βελτίωση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών ρηχών επαφών διατηρώντας παράλληλα το ελάχιστο δυνατό βάθος διάχυσης. Τα πειράματα συνοδεύεται από μια σειρά προσομοιώσεων με χρήση της σουίτας λογισμικού Synopsys TCAD Sentaurus Process (SProcess).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

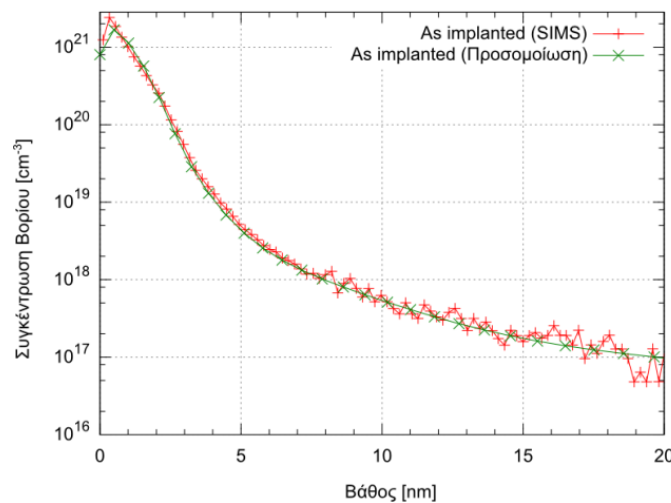
Υποστρώματα πυριτίου, n-τύπου εμφυτεύονται με προσμίξεις βορίου χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Plasma Ion Immersion Implantation μέσω του συστήματος PULSION [6] της εταιρείας IBS. Η δόση εμφύτευσης και η τάση του πλάσματος επιλέχθηκαν στα $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ και 600 V αντίστοιχα. Ακολουθεί η θερμική επεξεργασία με το laser CO₂ με πυκνότητα ισχύος περίπου 9400 Wcm^{-2} , χρόνους ακτινοβολίας 6-10 ms και spot size 1.1 mm. Η ακτινοβολία είναι απαραίτητη για τη θεραπεία της αμορφοποίησης που προκαλείται από την εμφύτευση καθώς και για την ηλεκτρική ενεργοποίηση των προσμίξεων. Όλα τα δείγματα είναι προθερμασμένα στους 650°C για τη βελτίωση της απορρόφησης καθώς και



του ρυθμού θέρμανσης. Τα πειράματα ολοκληρώνονται με μετρήσεις SIMS και ηλεκτρικό χαρακτηρισμό για την εξαγωγή της επιφανειακής αντίστασης των ανοπτημένων δειγμάτων.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Η προσομοίωση της διαδικασίας με το SProcess ξεκίνησε με την περιγραφή των βημάτων της εμφύτευσης. Επειδή ο προσομοιωτής δεν έχει έτοιμες ρουτίνες για τη μέθοδο PIII, χρησιμοποιήθηκαν αυτές για την τυπική εμφύτευση πλάσματος με σκοπό την προσαρμογή του προφίλ στα αποτελέσματα των μετρήσεων SIMS. Η προσαρμογή που επιτεύχθηκε ήταν εξαιρετική όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.



Εικόνα 1: Κατανομή προσμίξεων μετά την εμφύτευση και σύγκριση με προσομοίωση

Η προσομοίωση της θερμικής επίδρασης του laser είναι πιο πολύπλοκη από την προσομοίωση άλλων τύπων laser με το πυρίτιο (για παράδειγμα excimer [7]) και αυτό οφείλεται στη μη ομοιόμορφη κατανομή της έντασης ακτινοβολίας (γκαουσιανή κατανομή) καθώς και στην εξάρτηση του συντελεστή απορρόφησης τόσο από τη θερμοκρασία όσο και από την κατανομή των προσμίξεων. Έτσι η κατανομή ισχύος της δέσμης πρέπει να εισαχθεί χειροκίνητα στο SProcess ώστε να λαμβάνει υπόψη το γκαουσιανό σχήμα ενώ παράλληλα πρέπει να είναι σταθερή με τον χρόνο, καθώς το laser CO₂ είναι constant wave. Όσον αφορά τον συντελεστή απορρόφησης ακολουθήσαμε την προσέγγιση των Blomberg et. al [8]

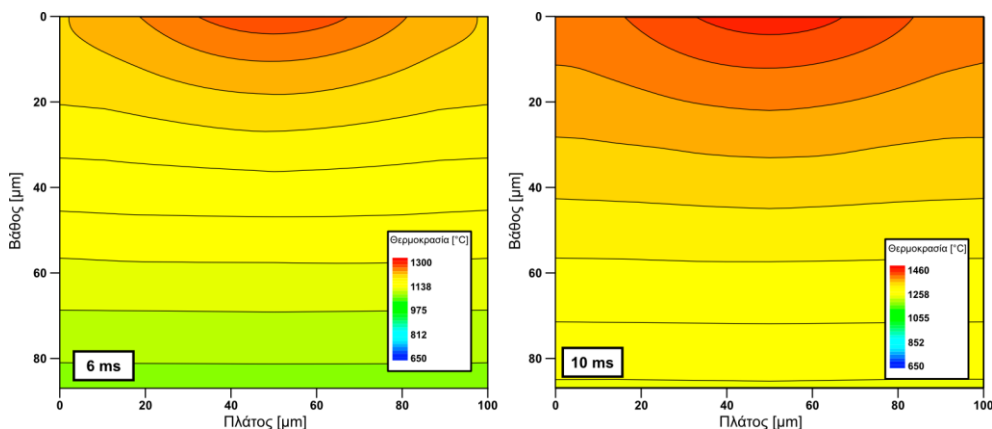
$$a(N, T) = 1.9 \times 10^{-20} T^{3/2} \times \left[N + 3.87 \times 10^{16} \left(\frac{T}{300} \right)^{3/2} e^{-7020/T} \right] + 2 \quad (1)$$

Όπου N η συνολική συγκέντρωση προσμίξεων (σε cm⁻³) και T η θερμοκρασία (σε K). Η εξίσωση εφαρμόζεται σε κάθε κόμβο του πλέγματος. Με βάση αυτές τις παραμέτρους εξήχθησαν οι ισοθερμικές καμπύλες της εικόνας 2 στις οποίες είναι εμφανής η κατανομή της ισχύος του laser. Όλες οι συνθήκες είναι κάτω από το κατώφλι τήξης του πυριτίου (1410°C). Οι μέγιστες καταγεγραμμένες θερμοκρασίες που προέκυψαν από την προσομοίωση ήταν 1240°C, 1320°C και 1390°C για ανόπτηση διάρκειας 6, 8 και 10 ms αντίστοιχα.

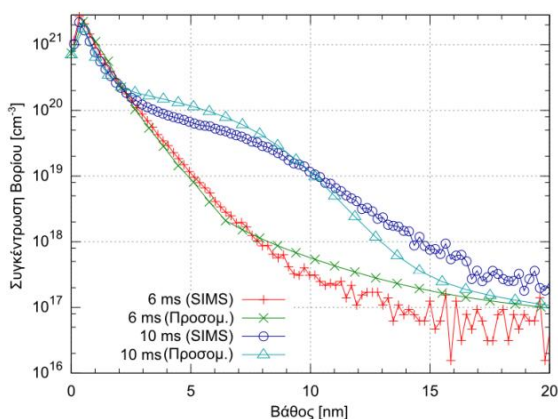
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην εικόνα 3 παρατηρούμε την κατανομή των προσμίξεων για τα ανοπτημένα δείγματα στα 6 και 10 ms όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις SIMS. Η κίνηση του προφίλ προσμίξεων μετά το annealing κυμαίνεται από ελάχιστη (για διάρκεια 6 ms) ως πιο έντονη (στα 10 ms) αποδίδοντας βάθη επαφής 7 και 15 nm αντίστοιχα. Τόσο στην προσομοίωση όσο και στο πείραμα εμφανίζεται το ακλόνητο τμήμα βορίου πάνω από τα $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ που αποδίδεται στον σχηματισμό BIC [10].

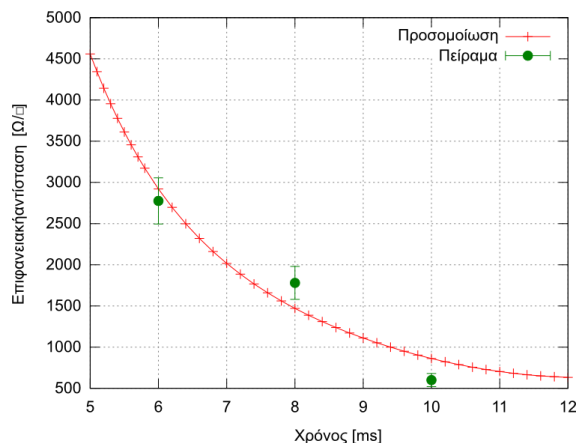
Ο ηλεκτρικός χαρακτηρισμός των δειγμάτων περιλαμβάνει την μέτρηση επιφανειακή αντίσταση με την μέθοδο van der Pauw. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4 η επιφανειακή αντίσταση των δειγμάτων κυμαίνεται από 2700 Ω/\square ως 550 Ω/\square για διάρκεια ανόπτησης 6 και 10 ms αντίστοιχα. Οι τιμές είναι αρκετά κοντά στις τιμές που προκύπτουν ολοκληρώνοντας τις καμπύλες ενεργοποιημένων προσμίξεων όπως προκύπτουν από την προσομοίωση. Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά αν αναλογιστούμε την σχετικά μικρή δόση που χρησιμοποιήθηκε για την εμφύτευση.



Εικόνα 2: Ισοθερμικές καμπύλες για δύο στιγμιότυπα ανόπτησης



Εικόνα 3: Κατανομή προσμίξεων μετά την ανόπτηση και σύγκριση με την προσομοίωση



Εικόνα 4: Εξέλιξη της επιφανειακής αντίστασης σε σχέση με τον χρόνο και σύγκριση με προσομοίωση



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτή την εργασία παρουσιάστηκε η χρήση ενός laser CO₂ για τη θερμική επεξεργασία δειγμάτων πυριτίου τα οποία είχαν υποστεί εμφύτευση πλάσματος με σκοπό την ηλεκτρική ενεργοποίηση των προσμίξεων. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν και από ένα εμπορικό εργαλείο προσομοίωσης. Με βάση τη διαδικασία που περιγράφηκε επιτεύχθηκαν βάθη επαφής από 7 ως 15 nm τα οποία συμφωνούν με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Με αυτό τον τρόπο είναι εμφανές ότι η χρήση του laser CO₂ είναι εφικτή για την ανόπτηση του πυριτίου και σε συνδυασμό με την εμφύτευση πλάσματος καθιστά την όλη διαδικασία σαν μια υποσχόμενη μέθοδο για το σχηματισμό ρηχών επαφών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. K. K. Ong, K. L. Pey, P. S. Lee, A. T. S. Wee, X. C. Wang and Y.F. Chong, Applied Physics Letters **89**(8), 082101 (2006)
2. B. Mizuno, Y. Sasaki, 15th International Conference on Advanced Thermal Processing of Semiconductors, RTP 2007, pp. 1-10
3. K. Iyengar, B. Jung, M. Willemann, P. Clancy, M. O. Thompson, Applied Physics Letters **100**(21), 211915 (2012)
4. L. Feng, Y. Wang, D. Markle, International Workshop on Junction Technology, IWJT 2006, pp. 25-30
5. A. Florakis, E. Verrelli, D. Giubertoni, G. Tzortzis, D. Tsoukalas, Thin Solid Films **518**(9), pp 2551-2554 (2010)
6. S. B. Felch, F. Torregrossa, H. Etienne, Y. Spiegel, L. Roux, D. Turnbaugh, AIP Conference Proceedings, IPT2010, Kyoto Japan **1321**(1), pp 333-336
7. A. Florakis, A. Papadimitriou, N. Chatzipanagiotis, D. Tsoukalas, N. Misra, C. Grigoropoulos, Proceedings of the European Solid State Device Research Conference, ESSDERC 2009, pp 284-287
8. M. Blomberg, K. Naukkarinen, T. Tuomi, V.M. Airaksinen, M. Luomajarvi, E. Rauhala, Journal of Applied Physics **54**(5), pp. 2327-2328 (1983)
9. F. Cristiano, X. Hebras, N. Cherkashin, A. Claverie, W. Lerch, S. Paul, Applied Physics Letters **83**(26), 5407-5409 (2003)
10. E. Lampin, F. Cristiano, Y. Lamrani, A. Claverie, B. Colombeau, N.E.B. Cowern, Journal of Applied Physics **94**(12), 7520-7525 (2003)



Numerical and experimental investigation of brine discharge from desalination plants to coastal regions

I.K. Nikiforakis, A.I. Stamou and G.C. Christodoulou

School of Civil Engineering, NTUA, Heroon Polytechniou 9, 157 80, Athens

INTRODUCTION

Reverse osmosis desalination plants (RODP) located in many arid or semi arid coastal areas or islands provide a solution to the problem of water scarcity by supplying fresh water to the local population. During their operation, RODP abstract large quantities of sea water and dispose brine effluents to the marine environment (Stamou et al., 2009). This disposal is normally performed through three types of outfall configuration (Nikiforakis and Stamou, 2013b), which are (a) the onshore surface, (b) the offshore submerged single port and (c) the offshore submerged multiport outfall. The main mixing flow regions of brine effluents, after their discharge, are the near field (NF) and the far field (FF) region together with the transitional region from NF to FF.

Although sea water desalination seems to be a solution to the problem of water scarcity, the disposal of brine may cause harmful impacts on the coastal environment, especially in regions of significant ecological interest. These effects can be avoided by selecting properly the configuration and location of the water outfall system of RODP via the performance of a hydrodynamic study of brine effluents using integrated models. An integrated model consists of a NF and FF model, coupled to each other, to simulate effectively the mixing processes encountered in the flow regions. The calibration and verification of this model can be obtained by using experimental data.

The scope of the present paper is to describe the work performed so far as well as the planned work towards the development of an integrated model for the simulation of brine disposal from RODP into coastal waters through a single offshore submerged round port outfall.

This work deals with the description of (1) the performed experiments that are used for the calibration and verification of the integrated model, (2) the work towards the development of the integral model, and (3) the preliminary conclusions derived so far.

PERFORMANCE OF EXPERIMENTS

Round dense jets are formed when denser than the ambient receiver fluids, such as brine effluents, are discharged through round ports. Dense jets normally impinge on the bottom and start to spread as density currents. The NF region of dense jets extends from the source to their impingement on the bottom and thereafter the FF region starts. Negatively buoyant jets

(NBJ) are formed when the dense jets are discharged upwards at an angle $0 < \theta_0 \leq 90^\circ$ to the horizontal, otherwise positively buoyant jets (PBJ) are formed.

EXPERIMENTAL SETUP

The experiments were conducted in the Applied Hydraulics Laboratory of the National Technical University of Athens, in a tank 3.0 m long, 1.5 m wide and 0.9 m deep. A bottom slab was introduced at angles of $\varphi = 5$ and 10° to the horizontal (see Fig.1a). In each experiment, the tank was filled with tap water, whereas the dense jets consisted of saltwater solution, colored with red or blue dye, were issued through specially made small round pipes protruding from the bottom slab at several angles, or from the sidewall.

VISUAL DETERMINATION OF TRAJECTORY

Experiments for dense jets discharged horizontally, upwards, or vertically downwards were carried out. The jet trajectory in the NF (see Nikiforakis and Stamou, 2013a) and spreading on the bottom, in the beginning of FF, were recorded by two digital cameras placed on the side and on top of the tank, respectively. The dimensions of the outer visual boundary of the density current were determined as functions of time (t) (see Fig.1b). Five discharge angles were investigated, namely 0° , 30° , 45° , 60° and -90° to the horizontal, while the initial densimetric Froude number (F_o) ranged between 9 and 49 for $\theta_0 = 0-60^\circ$ and between 4 and 36 for $\theta_0 = -90^\circ$.

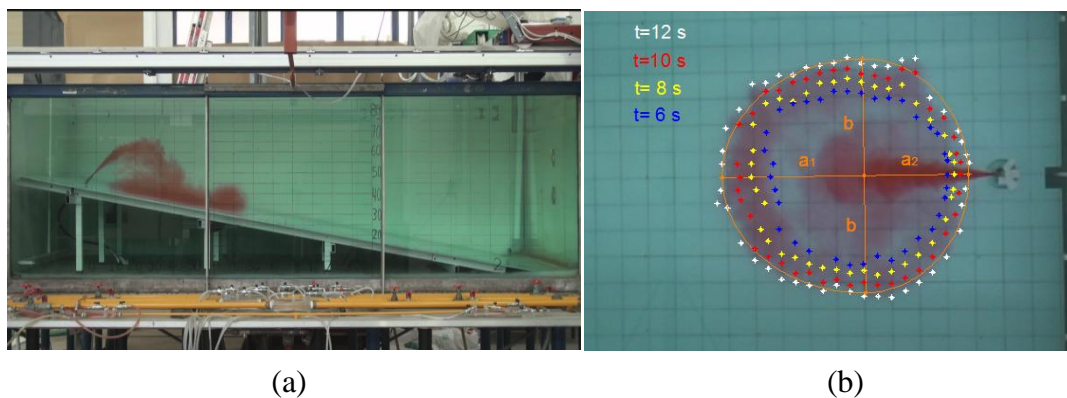


Fig. 1: Photos of typical experiment ($\theta_0 = 45^\circ$, $\varphi = 10^\circ$, $F_o = 21.99$).

(a) Side-view; (b) Top-view.

CONCENTRATION MEASUREMENTS OF SALINITY

Detailed concentration measurements were performed (Nikiforakis et al., 2013, 2014) vertically and transversally in the body region of density currents formed after the impingement of vertical downwards ($\theta_0 = -90^\circ$) and inclined upwards dense jets ($\theta_0 = 45$ and 60°) on a 5° sloping bottom. The measurements were carried out using micro-conductivity probes accompanied by a portable salinity, concentration and temperature meter. F_o ranged from 3 to 25 for the vertical discharge and from 11 to 23 for the inclined discharges.



INFLUENCE OF BOUNDARY ON JET CONCENTRATION FIELD

Concentration measurements were conducted for vertical dense jets with $F_0 \approx 3.5, 11, 17$ and 23 , discharged downwards to a horizontal bottom, to determine the dilution at the impingement point on a solid bed and to assess the influence of the bottom boundary proximity on the concentration field of dense jets.

TOWARDS THE DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED MATHEMATICAL MODEL FOR BRINE DISCHARGES

An integrated model has been developed (Stamou and Nikiforakis, 2013) for the calculation of the mixing of round port thermal effluents (forming PBJ) from power plants into coastal waters. The model consists of the NF model CorJet (Jirka, 2004) and the FF model FLOW-3DL (Stamou et al., 1999, 2007) that are interconnected via an active coupling algorithm. The case of thermal effluents was selected as simpler than the case of brine disposal, which normally forms NBJ, and constitutes the base for the development of the integrated model for brine discharge. The model was validated using experimental data from the literature and its calculations were compared with passive coupling simulations to identify the dominant differences among these methods.

CONCLUSIONS

The conclusions drawn so far are the following:

- The shape of the density current boundary, in its initial development stage, can be well approximated by two semi-ellipses as shown in Fig.1b.
- The lateral (cross-slope) axis b seems to evolve as $b \sim t^{0.50}$, which suggests a balance of buoyancy and viscous (drag) forces, whereas the downslope semi-axis a_1 seems to follow a law of the form $a_1 \sim t^{0.60}$, suggesting a balance of gravity and drag forces. No appreciable dependence of the exponents of the above laws on either θ_0 or F_0 was detected.
- Concentration measurements conducted in the body of density currents formed after the impingement of vertical dense jets on a 5° sloping bottom were correlated to (1) the source value, showing an approximate linear variation of dilution (normalised by F_0) with normalized distance from the source, (2) the mean jet concentration at a small height above the impingement point, showing dilution to be nearly constant at each location and independent of F_0 .
- The results of concentration measurements in the body of density currents formed after the impingement of inclined NBJ ($\theta_0 = 45$ and 60°) on a 5° sloping bottom showed that: (1) the vertical concentration profiles are approximately linear, (2) the variation of the (normalised by F_0) total dilution (from the source) and local dilution (from the impingement point) with the respective non-dimensional distance are approximately linearly correlated, and (3) dilution values for 60° inclined jets are greater than those for 45° inclined jets.



- The dilution at bottom impingement point for a vertical dense jet is reduced appreciably compared to that of a boundary-free jet at the same location.

WORK IN PROGRESS

- Performance of concentration measurements, for $\phi=0^\circ$, for the investigation of the effect of bottom slope alteration on the salinity field of density currents.
- Modification of CorJet for the prediction of the observed data of NBJ in the NF region.
- Development of the coupling algorithm between the NF and FF model.

REFERENCES

1. Jirka, G. H., Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows: part I: single round jet. *Environ Fluid Mech* 2004, 4, 1–56.
2. Nikiforakis, I.K., Christodoulou, G.C., Stamou, A.I., Spreading of vertical dense jets on a sloping bottom: concentration measurements, 13th International Conference on Environmental Science and Technology, Athens, Greece, 5-7 September 2013.
3. Nikiforakis, I.K., Christodoulou G.C., Stamou, A.I., Bottom concentration field due to impingement of inclined dense jets on a slope, 7th International Symposium on Environmental Hydraulics, Singapore, 7-9 January 2014.
4. Nikiforakis, I.K., Stamou, A.I., Design of brine discharge from desalination plants using simple mathematical expressions derived from experimental study, 1st International Conference on Desalination using Membrane Technology, Sitges, Spain, 7-10 April 2013a.
5. Nikiforakis, I.K., Stamou, A.I., Integrated modeling for the discharge of brine from desalination plants into coastal waters, International Conference Water Is Necessary for Life (Win4LIFE), Tinos Island, Greece, 19-21 September 2013b.
6. Stamou, A.I., Douka, E., Dimitriadis, P., Nikiforakis, J., Jirka, G., Bleninger, T., Towards an integrated model for the discharge of brine from desalination plants in coastal regions, Proceedings of the 11th Int. Conf. on the Environmental Science and Technology, Crete, Greece, 2009.
7. Stamou, A.I., Memos, C.D., Kapetanaki, M.E., Modeling water renewal in a coastal embayment. In: Proceedings of ICE, Marit Eng 2007, 160(3), 93–104.
8. Stamou, A., Nikiforakis, I., Integrated modelling of single port, steady-state thermal discharges in unstratified coastal waters, *Environmental Fluid Mechanics* 2013, 13(4), 309-336.
9. Stamou, A.I., Noutsopoulos, C., Pipilis, K.G., Gavalaki, E., Andreadakis, A., Hydrodynamic and water quality modeling of Southern Evoikos Gulf-Greece, *Global Nest Int J* 1999, 1(2), 5–15.



Στατική και Σεισμική Ανάλυση Απόκρισης Φρεάτων Θεμελιώσεως

Ζαφειράκος Α.

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

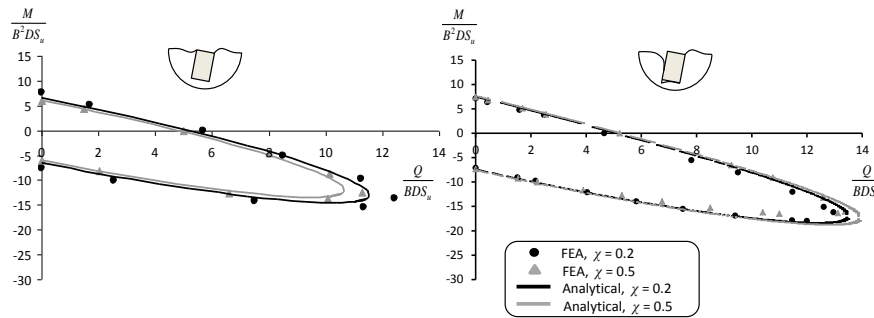
Αντικείμενο της εργασίας είναι η διερεύνηση της απόκρισης φρεάτων θεμελιώσεως και συστημάτων ανωδομής θεμελιωμένων μέσω φρεάτων, υπό στατικά και σεισμικά επιβαλλόμενες μεγάλες παραμορφώσεις. Το άρθρο διαρθρώνεται σε δύο ενότητες: (α) στην πρώτη, ερευνάται αριθμητικά η αντοχή σε φέρουσα ικανότητα φρεάτων διαφόρων βαθμών εγκιβωτισμού, υπό συνδυασμό κατακόρυφης-οριζόντιας-στροφικής φόρτισης. (β) Στην δεύτερη ενότητα μελετάται η σεισμική απόκριση συστημάτων εδάφους-φρέατος-ανωδομής υπό το πρίσμα σταθμών επιτελεστικότητας (Performance Based Design).

ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΦΡΕΑΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΥΠΟ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει την αριθμητική διερεύνηση, μέσω πεπερασμένων στοιχείων σε 3-D, της φέρουσας ικανότητας φρεάτων θεμελίωσης διαφόρων βαθμών εγκιβωτισμού ($D/B = 1, 2, 3$), υποβαλλόμενα σε συνδυασμό κατακόρυφης δράσης (N), οριζόντιας δράσης (Q), και ροπής (M). Στόχο αποτελεί ο υπολογισμός των καμπυλών φέρουσας αντοχής (bearing strength surfaces) και η εμβάθυνση στους κινηματικούς μηχανισμούς αστοχίας των θεμελίων αναλόγως του λόγου φόρτισης M/Q . Στην προσπάθεια να μελετηθεί το πρόβλημα στην γενικότητά του, εξετάζονται φρέατα θεμελιωμένα και σε συνεκτικό και σε μή-συνεκτικό έδαφος, ενώ ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στις περιπτώσεις όπου υπάρχει δυνατότητα αποκόλλησης και διολίσθησης στην διεπιφάνεια εδάφους-θεμελίου (γεωμετρικές μή-γραμμικότητες). Από τα αριθμητικά δεδομένα προτείνεται μια γενικευμένη εξίσωση για την

$$\text{καμπύλη φέρουσας αντοχής, της μορφής: } f = \left(\frac{Q}{Q_u}\right)^{n_1} + \left(\frac{M}{M_u}\right)^{n_2} + n_3 \left(\frac{Q}{Q_u}\right) \left(\frac{M}{M_u}\right) - 1 = 0 \quad (1)$$

Οι συντελεστές n_1, n_2, n_3 της Εξ.1 εξάγονται κατά περίπτωση, αναλόγως εδάφους και συνθηκών διεπιφάνειας. Στο **Σχήμα 1** παρουσιάζεται η σύγκριση μεταξύ αριθμητικών και αναλυτικώς εξαχθέντων καμπυλών αντοχής. Η σύγκριση δίδεται για φρέατα σε συνεκτικό έδαφος, με θεώρηση πλήρους επαφής (αριστερά σχήμα) και μή-γραμμικής διεπιφάνειας (δεξιά σχήμα), σε δύο στάθμες κατακορύφου φορτίου ($\chi = 1/F_s = 0.2, 0.5$), με την σύγκριση να κρίνεται αρκούτως ικανοποιητική.



Σχήμα 1: Σύγκριση μεταξύ αριθμητικών (FEA) και αναλυτικών καμπυλών αντοχής.

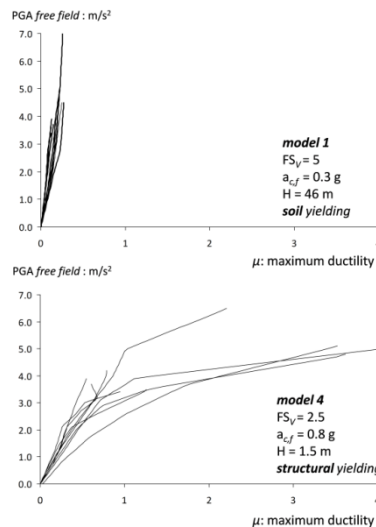
Η καμπύλη φέρουσας αντοχής δύναται να θεωρηθεί και ως καμπύλη διαρροής (yield surface) ενός μακρο-στοιχείου (macroelement) για φρέατα, κατηρτισμένου βάσει της θεωρίας της πλαστικότητας. Ιδιαίτερου ενδιαφέροντος εύρημα από την μαθηματική διερεύνηση του προβλήματος αποτελεί η σύγκλιση, με πολύ ικανοποιητική ακρίβεια, μεταξύ αριθμητικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων θεωρώντας συζευγμένο νόμο ροής για τις πλαστικές παραμορφώσεις, παρέχοντας έτσι μια ισχυρή ένδειξη ότι, στα πλαίσια ενός μακροστοιχείου, η καμπύλη αντοχής (Εξ. 1) μπορεί να θεωρηθεί και ως καμπύλη πλαστικού δυναμικού (plastic potential function).

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΛΑΦΟΥΣ-ΦΡΕΑΤΟΣ-ΑΝΩΔΟΜΗΣ

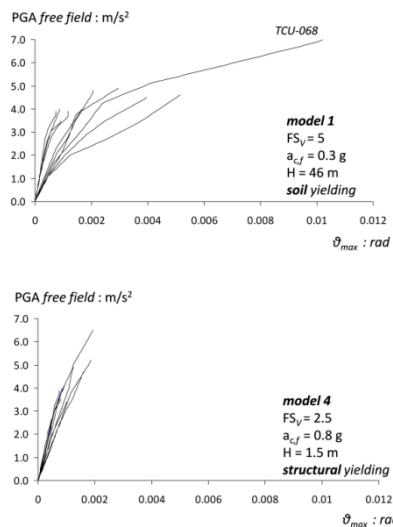
Στην δεύτερη ενότητα διερευνάται αριθμητικώς η σεισμική μή-γραμμική αλληλεπίδραση εδάφους-φρέατος θεμελίωσης-ανωδομής, κατά την οποία το έδαφος, το φρέαρ και η κατασκευή προσομοιώνονται με 3-D πεπερασμένα στοιχεία. Η έμφαση δίδεται στην απόκριση σεισμικώς υπό-διαστασιολογημένων φρεάτων, όπου ενεργοποιούνται μή-γραμμικότητες στο έδαφος (αντοχή σε φέρουσα ικανότητα) και ιδίως στις διεπιφάνειες φρέατος-εδάφους (αποκόλληση, ανασήκωμα, ολίσθηση), με στόχο την απομείωση της αδρανειακής φόρτισης στην ανωδομή, συγκριτικά με την αντίστοιχη αναπτυχθείσα στα σεισμικώς υπέρ-διαστασιολογημένα φρέατα. Το τίμημα όμως για μια τέτοια θεώρηση βρίσκεται στην αύξηση των σεισμικών μετατοπίσεων. Περισσότερες λεπτομέρειες παρέχονται στις αντίστοιχες δημοσιεύσεις του γράφοντος (Zafeirakos & Gerolymos 2013, Zafeirakos et al. 2013).

Συνολικά εξετάζεται η δυναμική συμπεριφορά τεσσάρων (4) εξιδανικευμένων προσομοιωμάτων, σχεδιασμένα βάσει του στατικού (F_S) και του σεισμικού (F_E) συντελεστή ασφαλείας τους, όπως αυτός έχει προκύψει από την καμπύλη αντοχής του συστήματος εδάφους-φρέατος και μιας ψευδο-στατικής επιβαλλομένης επιτάχυνσης στην κορυφή της ανωδομής, η οποία μεταφέρεται ως ζεύγος ροπής-τέμνουσας στην κεφαλή του φρέατος. Εδώ θα παρουσιαστούν ενδεικτικά αποτελέσματα για τα δύο πιο αντιπροσωπευτικά συστήματα: (α) ένα "ελαφρώς" (συντελεστής ασφαλείας για τα κατακόρυφα φορτία $F_S = 5.0$) φορτισμένο, σεισμικώς υπό-διαστασιολογημένο ($F_E < 1$) φρέαρ (*model 1*), και (β) ένα "βαρέως" ($F_S = 2.5$) φορτισμένο, σεισμικώς υπέρ-διαστασιολογημένο ($F_E > 1$) φρέαρ (*model 4*). Η επίδραση της μή-γραμμικής συμπεριφοράς της ανωδομής λαμβάνεται υπόψιν μέσω απλοποιημένου νόμου ροπής-καμπυλότητας. Η παραμετρική διερεύνηση πραγματοποιείται μέσω Ανάλυσης

Δυναμικής Αντίστασης (IDA, Vamvatsikos et al. 2002), όπου τα υπό εξέταση συστήματα υποβάλλονται σε πολλαπλά επιταχυνσιογραφήματα κλιμακούμενα σε κατάλληλα επίπεδα έντασης.



Σχήμα 2: Καμπύλες ΑΔΑ: μ_{δ} , για τα model 1 και model 4



Σχήμα 3: Καμπύλες ΑΔΑ: θ_{max} για τα model 1 και model 4

Η συγκριτική αξιολόγηση δίδεται στα **Σχήματα 3-4** μέσω καμπυλών ΑΔΑ. Οι καμπύλες ΑΔΑ για την απαίτηση σε πλαστιμότητα μετακίνησης, μ_{δ} , δίδονται στο **Σχήμα 3**. Αναμφίβολα, στο σεισμικώς υπό-διαστασιολογημένο θεμέλιο, όπου επιτρέπεται η ενεργοποίηση γεωμετρικών μή-γραμμικοτήτων, η απαίτηση σε πλαστιμότητα της ανωδομής απομειώνεται σημαντικά, $\mu_{\delta} < 0.45$ (για την πλειονότητα των σεισμικών διεγέρσεων) συγκριτικά με $\mu_{\delta} > 3$ όπου αναπτύσσεται κατά το σεισμικώς υπέρ-διαστασιολογημένο model 4. Το **Σχήμα 4** παρουσιάζει τις καμπύλες ΑΔΑ για την μέγιστη αναπτυχθείσα σεισμική στροφή στην κεφαλή του φρέατος, θ_{max} . Όπως αναμενόταν, η απόκριση του σεισμικώς υπέρ-σχεδιασμένου model 4 είναι σαφώς ευνοϊκότερη συγκριτικά με την αντίστοιχη του σεισμικώς υπό-διαστασιολογημένου model 1, όπου οι αναπτυσσόμενες αποκολλήσεις του φρέατος από το περιβάλλον έδαφος αυξάνουν κατά πολύ την στροφή του. Παρόλα αυτά, η απόκρισή του είναι εντός ανεκτών ορίων. Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα των δυναμικών αναλύσεων έδειξαν ότι η ανάπτυξη γεωμετρικών μή-γραμμικοτήτων υπό του εδάφους παρέχουν ένα "κατόφλι" στις μεταβιβαζόμενες σεισμικές δράσεις στην ανωδομή, και, ως τούτο, το υπόδειγμα αυτό δύναται να υιοθετηθεί ως μία οικονομικώς συμφέρουσα τεχνική λύση η οποία ταυτόχρονα δρα εν είδει σεισμικής μόνωσης για την ανωδομή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Zafeirakos A., Gerolymos N., On the seismic response of under-designed caisson foundations, Bulletin of Earthquake Engineering 2013, 11(5), 1337-1372.
2. Zafeirakos A., Gerolymos N., Drosos V., Incremental dynamic analysis of caisson-pier interaction, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 2013, 48, 71-88.
3. Vamvatsikos D., Cornell CA., Incremental dynamic analysis, Earthquake Engineering and Structural Dynamics 2002, 31(3), 491-514.

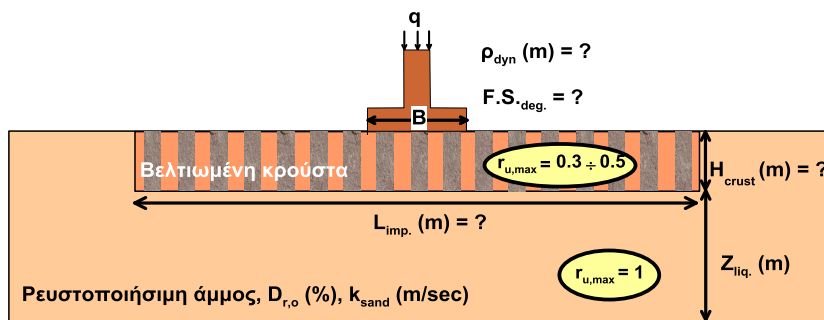
Αντισεισμικός σχεδιασμός με κριτήρια επιτελεστικότητας και μέθοδοι ενίσχυσης επιφανειακών θεμελιώσεων σε ρευστοποιήσιμα εδάφη

Βασιλική Δημητριάδη

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκδήλωση ρευστοποίησης λόγω σεισμού προκαλεί σημαντική απομείωση της διατμητικής αντοχής του εδάφους, με αποτέλεσμα τη συσσώρευση δυναμικών καθιζήσεων σε επιφανειακές θεμελιώσεις τεχνικών έργων, καθώς και την προσωρινή απομείωση της μετασεισμικής φέρουσας ικανότητας των θεμελιώσεων αυτών έως και την αστοχία. Πειραματικά αποτελέσματα και επιτόπου παρατηρήσεις, υποδεικνύουν ότι η παρουσία μιας μη-ρευστοποιήσιμης κρούστας εδάφους, ικανών διαστάσεων και αντοχής, μπορεί να μετριάσει τις ανωτέρω επιπτώσεις της ρευστοποίησης, εξασφαλίζοντας την ικανοποιητική σεισμική συμπεριφορά των επιφανειακών θεμελιώσεων. Ωστόσο, η απουσία μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας σχεδιασμού επιφανειακών θεμελιώσεων σε ρευστοποιήσιμα εδάφη, υπό τις ανωτέρω συνθήκες, δεν επιτρέπει την αξιοποίηση των ανωτέρω συμπερασμάτων στην πράξη και οδηγεί στην υπερ-συντηρητική και δαπανηρή λύση της βαθιάς θεμελίωσης με πασσάλους και καθολικής βελτίωσης της ρευστοποιήσιμης στρώσης. Για την κάλυψη του ανωτέρω κενού, η παρούσα εργασία πραγματεύεται την ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας σχεδιασμού επιφανειακών θεμελιώσεων μεγάλου μήκους (πεδιλοδοκών) σε ρευστοποιήσιμα εδάφη, με περιορισμένο βάθος και πλάτος βελτίωσης, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1, λαμβάνοντας υπόψη κριτήρια επιτελεστικότητας (καθιζήσεων και φέρουσας ικανότητας).



Σχήμα 1: Σχηματική απεικόνιση του εξεταζόμενου προβλήματος και ορισμός βασικών παραμέτρων



ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Η επιφανειακή βελτιωμένη κρούστα προσομοιώνεται αριθμητικά σύμφωνα με τη θεώρηση του «Ισοδύναμου Ομοιόμορφου Βελτιωμένου Εδάφους», ενώ καθορίζονται οι βασικές παραδοχές της αριθμητικής προσομοίωσης μιας επιφανειακής θεμελίωσης επί της ανωτέρω βελτιωμένης κρούστας, μέσω αναλύσεων ευαισθησίας. Στη συνέχεια η αριθμητική μεθοδολογία συγκρίνεται και βαθμονομείται σε όρους σεισμικών καθιζήσεων και λόγου επιταχύνσεων θεμελίου/βάσης, έναντι των καλά τεκμηριωμένων πειραμάτων σε φυγοκεντρική των Liu & Dobry (1997).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Σε πρώτη φάση, πραγματοποιείται μια σειρά αριθμητικών αναλύσεων ελεύθερου πεδίου, για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου συντελεστή αντικατάστασης α_s , με τον επιτρεπόμενο μέγιστο λόγο υπερπίεσεων $\Gamma_{u,max}$ εντός της βελτιωμένης ζώνης, το επιθυμητό πάχος αυτής H_{imp} , και την αρχική σχετική πυκνότητα του φυσικού εδάφους D_{r0} (%). Ακολουθεί η πραγματοποίηση της πρώτης ομάδας των 84 αριθμητικών αναλύσεων, οι οποίες εξετάζουν την επίδραση: (i) εδαφικών ιδιοτήτων (ii) σεισμολογικών παραμέτρων, και (iii) των παραμέτρων του θεμελίου στη σεισμική απόκριση μιας θεμελίωσης εδραζόμενης σε μια βελτιωμένη κρούστα «άπειρης» έκτασης. Η επίδραση του πλάτους της βελτίωσης (L_{imp}) μελετάται ανεξάρτητα, μέσω 96 επιπλέον παραμετρικών αναλύσεων, όπου το πλάτος της βελτίωσης μειώνεται σταδιακά από τις συνθήκες άπειρης βελτίωσης, έως περίπου το πλάτος του ίδιου του θεμελίου.

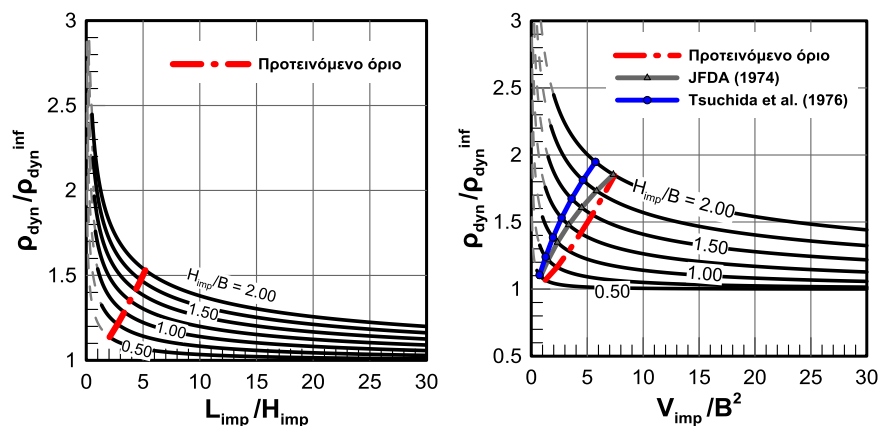
ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ

Από τις αριθμητικές αναλύσεις για «άπειρη» έκταση βελτίωσης, παρατηρείται, ότι ως αποτέλεσμα της σημαντικά μεγαλύτερης διαπερατότητας της βελτιωμένης επιφανειακής κρούστας, σε σχέση με την υποκείμενη ρευστοποιήσιμη άμμο, προκαλείται η ταχεία αποτόνωση των υδατικών υπερπίεσεων από τη ρευστοποιήσιμη άμμο προς την επιφανειακή κρούστα και ο σχηματισμός μιας μεταβατικής ζώνης μερικώς ρευστοποιημένου εδάφους μεταξύ τους. Η ύπαρξη της μεταβατικής ζώνης λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της μετασεισμικής φέρουσας ικανότητας της θεμελίωσης $q_{ult,deg}^{inf}$ μετά το πέρας της δόνησης μέσω του κατάλληλου μετασχηματισμού της αναλυτικής σχέσης των Meyerhoff & Hanna (1978). Η αναλυτική έκφραση για την εκτίμηση των σεισμικών καθιζήσεων ρ_{dyn}^{inf} , είναι συμβατή με τη θεώρηση δυναμικής αστοχίας τύπου “ολισθαίνοντος στερεού” (Newmark), και ενσωματώνει τα χαρακτηριστικά της δόνησης [μέγιστη επιτάχυνση στη βάση του εδαφικού στρώματος $a_{max}(g)$, αριθμός σημαντικών κύκλων της φόρτισης N_o , δεσπόζουσα περίοδος της διέγερσης $T_{exc}(sec)$], την ελαστική περίοδο της εδαφικής στήλης $T_{soil}(sec)$ και τον απομειωμένο συντελεστή φέρουσας ικανότητας της θεμελίωσης $F.S._{deg}^{inf}$.

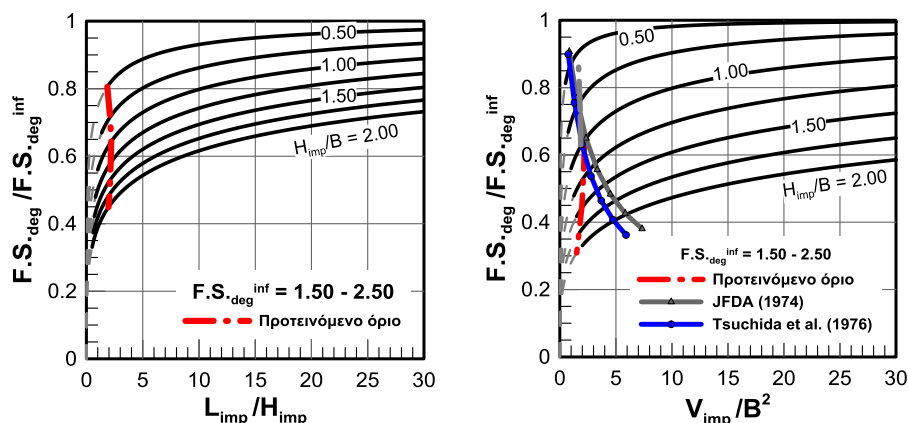
Η στατιστική επεξεργασία της δεύτερης ομάδας των αριθμητικών αναλύσεων, για πεπερασμένη πλευρική έκταση βελτίωσης οδηγεί στη διατύπωση αντίστοιχων αναλυτικών σχέσεων υπολογισμού των σεισμικών καθιζήσεων και της απομειωμένης φέρουσας ικανότητας.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Προς διευκόλυνση της χρήσης της αναλυτικής μεθοδολογίας, προτείνονται τα ακόλουθα διαγράμματα σχεδιασμού (Σχήματα 2 & 3), για την εκτίμηση του λόγου των σεισμικών καθιζήσεων και του απομειωμένου συντελεστή ασφαλείας για πεπερασμένους πλάτους και βάθους βελτίωση, ως συνάρτηση των αντίστοιχων προβλέψεων για άπειρη βελτίωση, καθώς και δύο διαφορετικών παραμέτρων σχεδιασμού, δηλαδή τους λόγους L_{imp}/H_{imp} και V_{imp}/B^2 , όπου L_{imp} το πλάτος της βελτιωμένης ζώνης, B το πλάτος του θεμελίου, H_{imp} το βάθος της βελτίωσης, και V_{imp} ο όγκος της βελτιωμένης ζώνης. Στα προτεινόμενα διαγράμματα παρουσιάζονται και τα όρια που προτείνονται από την Ιαπωνική Υπηρεσία Πυροπροστασίας (JFDA, 1974) και τους Tsuchida et al. (1976) για τη βελτίωση ρευστοποιήσιμων εδαφών πριν την κατασκευή επιφανειακών θεμελιώσεων.



Σχήμα 2: Δυναμικές καθιζήσεις (ρ_{dyn}) κανονικοποιημένες προς την τιμή καθίζησης για άπειρη βελτίωση (ρ_{dyn}^{inf}) συναρτήσει του λόγου L_{imp}/H_{imp} V_{imp}/B^2 για διαφορετικές τιμές του λόγου H_{imp}/B .



Σχήμα 3: Απομειωμένος συντελεστή ασφαλείας ($F.S.^{deg}$) κανονικοποιημένος προς την αντίστοιχη τιμή για άπειρη βελτίωση ($F.S.^{deg, inf}$) συναρτήσει του λόγου L_{imp}/H_{imp} και V_{imp}/B^2 για αρχικές τιμές απομειωμένου συντελεστή ασφαλείας $F.S.^{deg, inf} = 1.50 - 2.50$.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα προτεινόμενα όρια “βέλτιστης οικονομο-τεχνικά βελτίωσης”, από τις αριθμητικές αναλύσεις, συμφωνούν ικανοποιητικά με τα όρια που προτείνονται από τους διαθέσιμους κανονισμούς. Η μεγιστοποίηση των ωφελειών από την παρουσία της επιφανειακής βελτιωμένης κρούστας επιτυγχάνονται για σχετικά εκτενές εύρος βελτίωσης, το οποίο φτάνει έως και 20 φορές το πλάτος του θεμελίου, επιφέροντας και την εκτόξευση του αντίστοιχου κόστους κατασκευής. Συνεπώς, η προτεινόμενη μεθοδολογία σχεδιασμού είναι τεχνικά και οικονομικά βιώσιμη για τιμές πλάτους βελτίωσης 2 – 5 φορές το βάθος της βελτιωμένης κρούστας, ήτοι $L_{imp} = (2 \div 5) H_{imp}$.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δημητριάδη Β., Αντισεισμικός σχεδιασμός με κριτήρια επιτελεσματικότητας και μέθοδοι ενίσχυσης θεμελιώσεων σε ρευστοποιήσιμα εδάφη, 2014, Διδακτορική Διατριβή.
2. Liu, L., Dobry, R., Seismic response of shallow foundation on liquefiable sand, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 1997, 123 (6), 557-566.



Οριακή και παραμορφωσιακή ανάλυση κατασκευών με χρήση μαθηματικού προγραμματισμού

Μαρίνα-Μυρτώ Μανωλά, Βλάσης Κουμούσης

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άμεσος προσδιορισμός της οριακής κατάστασης-οριακού φορτίου μιας κατασκευής υπό σταδιακά αυξανόμενα φορτία είναι πρωταρχικής σημασίας για την ελαστοπλαστική ανάλυση των κατασκευών. Τις τελευταίες δεκαετίες, η οριακή ανάλυση έχει ενταχθεί στο πλαίσιο του μαθηματικού προγραμματισμού προσφέροντας τον προσδιορισμό της τελικής κατάστασης των προβλημάτων πλαστικότητας. Η μεθοδολογία, η οποία προτάθηκε από τον Maier [1-4], βασίζεται στη γραμμικοποίηση του κριτηρίου διαρροής και των νόμων υλικού, εκφράζοντας τελείως πλαστική συμπεριφορά ή κράτυνση στο πλαίσιο ολονομικής (holonomic) ή μη-ολόνομης (non-holonomic) θεώρησης. Η υπάρχουσα μεθοδολογία μορφώνει για κάθε διατομή τόσους περιορισμούς διαρροής όσα είναι τα επίπεδα/γραμμές, που προσεγγίζουν την επιφάνεια διαρροής. Η πολυπλοκότητα του προβλήματος αυξάνεται εκθετικά με την ενσωμάτωση πολυγραμμικής κράτυνσης/χαλάρωσης (hardening/softening) δυσχεραίνοντας την ανάλυση πραγματικών κατασκευών.

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΠΟΛΥΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΡΑΤΥΝΣΗ/ΧΑΛΑΡΩΣΗ ΚΑΙ ΓΡΑΜΜΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΞΟΝΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ-ΚΑΜΠΤΙΚΗΣ ΡΟΠΗΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Η οριακή και παραμορφωσιακή ανάλυση των κατασκευών αντιμετωπίζεται ως ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης, που στοχεύει στη μεγιστοποίηση του φορτικού συντελεστή με περιορισμούς ισορροπίας, διαρροής, συμβιβαστού των παραμορφώσεων και συμπληρωματικότητας [5-9]. Η προτεινόμενη μέθοδος εντοπίζει τον κρίσιμο κώνο του γραμμικοποιημένου διαγράμματος αλληλεπίδρασης, στον οποίο ανήκει κάθε διατομή. Κατόπιν, ο περιορισμός διαρροής μορφώνεται για κάθε διατομή μόνο για το ευθύγραμμο τμήμα που αντιστοιχεί στον κώνο, σε αντίθεση με την υφιστάμενη μέθοδο, η οποία για κάθε διατομή διατυπώνει ισάριθμους περιορισμούς διαρροής με το πλήθος των ευθυγράμμων τμημάτων του κριτηρίου διαρροής. Κατά αυτόν τον τρόπο, το πλήθος των περιορισμών μειώνεται σημαντικά και το πρόβλημα γίνεται ανεξάρτητο από τη γραμμικοποίηση της επιφάνειας διαρροής. Επίσης, ενσωματώθηκαν νόμοι πολυγραμμικής κράτυνσης, χωρίς να επηρεάζεται το μέγεθος του προβλήματος. Αφού εντοπιστεί το ευθύγραμμο τμήμα κράτυνσης, το οποίο αντιστοιχεί σε κάθε διατομή, μορφώνονται τα μητρώα κράτυνσης μόνο για το τμήμα αυτό (και όχι για όλα τα δυνατά). Κατ'επέκτασιν μειώνεται το πλήθος των



συνθηκών συμπληρωματικότητας, οι οποίες λόγω του διακριτού χαρακτήρα τους είναι πηγή αριθμητικής αστάθειας. Η τροποποιημένη μέθοδος εφαρμόστηκε για την ανάλυση επίπεδων μεταλλικών πλαισίων υπό την αλληλεπίδραση αξονικής-ροπής [10].

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΠΟΛΥΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΡΑΤΥΝΣΗ/ΧΑΛΑΡΩΣΗ ΚΑΙ ΓΡΑΜΜΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΞΟΝΙΚΗΣ - ΤΕΜΝΟΥΣΑΣ ΔΥΝΑΜΗΣ -ΚΑΜΠΤΙΚΗΣ ΡΟΠΗΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Η θεώρηση της αναγνώρισης του κρίσιμου κώνου, στον οποίο βρίσκεται κάθε διατομή ανάλογα με την εντατική της κατάσταση, επεκτάθηκε σε τρισδιάστατο διάγραμμα διαρροής [11] κατάλληλα γραμμικοποιημένο, το οποίο περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση αξονικής-τέμνουσας δύναμης- καμπτικής ροπής. Επίσης, ενσωματώθηκε πολυγραμμική συμπεριφορά κράτυνσης/χαλάρωσης χωρίς να επηρεάζεται το μέγεθος του προβλήματος. Η προτεινόμενη μέθοδος εφαρμόστηκε σε επίπεδα μεταλλικά πλαίσια και διερευνήθηκε η επίδραση της τέμνουσας δύναμης στην αντοχή της κατασκευής, αλλά και στον τρόπο αστοχίας της [12].

ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΡΑΤΥΝΣΗ/ΧΑΛΑΡΩΣΗ ΚΑΙ ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ – ΔΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΣΕ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ

Η οριακή και παραμορφωσιακή ανάλυση ως πρόβλημα βελτιστοποίησης επεκτάθηκε σε τρισδιάστατα πλαίσια με μη-γραμμική κράτυνση/χαλάρωση και μη-γραμμική αλληλεπίδραση αξονικής δύναμης-διαξονικής κάμψης. Η προτεινόμενη μέθοδος δεν απαιτεί την εκ των προτέρων γραμμικοποίηση της επιφάνειας διαρροής, αλλά την εφαρμόζει τοπικά για κάθε σημείο, προσφέροντας ακριβέστερες λύσεις.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η οριακή και παραμορφωσιακή ανάλυση αντιμετωπίζεται ως ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης με περιορισμούς ισορροπίας, συμβιβαστού των παραμορφώσεων, διαρροής και συμπληρωματικότητας. Ο διακριτός χαρακτήρας της τελευταίας συνθήκης μετατρέπει το πρόβλημα σε μη κυρτό. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ποινής [9,13], το πρόβλημα μετατρέπεται σε ένα πρόβλημα μη-γραμμικού προγραμματισμού, το οποίο εξαρτάται από τις αρχικές τιμές και τα άνω και κάτω όρια των μεταβλητών. Σε κάθε επανάληψη, ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης με βάση την κλίση της αντικειμενικής συνάρτησης και των περιορισμών στοχεύει σε μεγαλύτερες τιμές του φορτικού συντελεστή, οι οποίες ικανοποιούν τους περιορισμούς. Η μέθοδος ακολουθώντας μια διαφορετική πορεία προς τη λύση σε σχέση με τη βήμα-προς βήμα επαυξητική μέθοδο, καταφέρνει να επιτύχει την ίδια τελική κατάσταση.

Η προτεινόμενη διαδικασία αναγνώρισης του κώνου, στον οποίο βρίσκεται κάθε διατομή, για οποιαδήποτε γραμμικοποιημένη αλληλεπίδραση, επιτυγχάνει να εκφράσει τις συνθήκες διαρροής ανεξαρτήτως του πλήθους των γραμμών/επιπέδων, που προσεγγίζουν τη μη γραμμική επιφάνεια διαρροής. Επίσης, η πολυγραμμική κράτυνση/χαλάρωση ενσωματώνεται χωρίς να επηρεάζει το μέγεθος του προβλήματος. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε επίπεδα



μεταλλικά πλαίσια αποδεικνύοντας την αποτελεσματικότητά της σε σχέση με την υπάρχουσα και καταδεικνύοντας το ρόλο της αλληλεπίδρασης στο φορτίο κατάρρευσης.

Η μέθοδος επεκτείνεται σε τρισδιάστατα πλαίσια και ενσωματώνει μη-γραμμικά κριτήρια διαρροής και μη-γραμμική κράτυνση εφαρμόζοντας τη γραμμικοποίηση της επιφάνειας διαρροής τοπικά για κάθε σημείο, επιτυγχάνοντας ακριβέστερες λύσεις χωρίς να επηρεάζεται το μέγεθος του προβλήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Maier G., A quadratic programming approach for certain classes of nonlinear structural problems, *Meccanica* 1968, 3, 121-130.
2. Maier G., A matrix structural theory of piecewise linear elastoplasticity with interacting yield planes, *Meccanica* 1970, 5, 54-66.
3. Donato OD., Maier G., Historical deformation analysis of elastoplastic structures as a parametric linear complementarity problem. *Meccanica* 1976, 11, 166-171.
4. Maier G, Grierson DE., Best MJ., Mathematical programming methods for deformation analysis at plastic collapse, *Comp Struct* 1977, 7, 599-612.
5. Tangaramvong S., Tin-Loi F., Simultaneous ultimate load and deformation analysis of strain softening frames under combined stresses, *Eng Struct* 2008, 30, 664-74.
6. Tangaramvong S., Tin-Loi F., A constrained non-linear system approach for the solution of an extended limit analysis problem, *Int J Num Meth Eng* 2010, 82, 995-1021.
7. Cocchetti G., Maier G., Elastic-plastic and limit-state analyses of frames with softening plastic-hinge models by mathematical programming, *Int J Sol Struct* 2003, 40, 7219-44.
8. Ardito R., Cocchetti G, Maier G., On structural safety assessment by load factor maximization in piecewise linear plasticity, *Eur. J. Mech.* 2008, 27, 859-81.
9. Tangaramvong S., Tin-Loi F., A complementarity approach for elastoplastic analysis of strain softening frames under combined bending and axial force, *Eng Struct* 2007, 29, 742-53.
10. Manola MMS., Koumousis VK., Ultimate state of plane frame structures with piecewise linear yield conditions and multi-linear behavior: A reduced complementarity approach, *Comp Struct* 2014, 130, 22-33.
11. Gendy AS., Saleeb AF., Generalized yield surface representations in the elastoplastic three-dimensional analysis of frames, *Comp Struct* 1992, 49, 351-362.
12. Manola MMS., Koumousis VK., Limit Analysis of Plane Frames with Piecewise Linear Hardening/Softening Behavior and Axial- Shear Force-Bending Moment Interaction, *Eng Struct* (under review).
13. Fukushima M., Lin GH., Smoothing methods for Mathematical Programs with equilibrium constraints, 12th Int Conf Inf Res Devel Know Soc Infra, IEEE, 2004.



ΛΟΓΟΣ ΣΤΡΕΨΗΣ: Κριτήριο Αποτίμησης και Σχεδιασμού μη Κανονικών Κατασκευών έναντι Στρέψης

Στάθη Χ., Μπάκας Ν., Λαγαρός Ν.Δ., Παπαδρακάκης Μ.

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εκτεταμένες βλάβες σε κατασκευές μετά από σπάνια σεισμικά γεγονότα (2/50 επίπεδο επιτελεστικότητας) αποδίδονται στην άνιση κατανομή των εσωτερικών δράσεων, ειδικότερα των τεμνουσών δυνάμεων, η οποία οφείλεται στην χωροθέτηση των δομικών στοιχείων. Η στρεπτική ροπή, η οποία αναπτύσσεται στην κατασκευή, μεγενθύνεται λόγω της μη κανονικότητας του κτηρίου σε κάτοψη και παραλαμβάνεται ως ζεύγος δυνάμεων. Οι πρόσθετες τέμνουσες δυνάμεις λόγω στρέψης δρουν σε σύζευξη με τις μεταφορικές τέμνουσες δυνάμεις προκαλώντας επιβάρυνση της έντασης της κατασκευής. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένας νέος δείκτης ο οποίος αποτιμά τις πρόσθετες τέμνουσες δυνάμεις λόγω στρέψης στα υποστυλώματα, την επιρροή τους στην απόκριση της κατασκευής και ονομάζεται λόγος στρέψης. Στόχος είναι η ποσοτικοποίηση της επίδρασης της στρέψης (torsional effect) στη σεισμική απόκριση των κατασκευών. Ο λόγος στρέψης εκτός από κριτήριο αποτίμησης μπορεί να επεκταθεί και σε κριτήριο σχεδιασμού, ελαχιστοποιώντας τη συνιστώσα των πρόσθετων τεμνουσών δυνάμεων λόγω στρέψης (torsion-induced forces).

ΛΟΓΟΣ ΣΤΡΕΨΗΣ

Ο προτεινόμενος δείκτης στοχεύει στην ποσοτικοποίηση της μεγέθυνσης των τεμνουσών δυνάμεων λόγω της επιρροής του φαινομένου της στρέψης. Ειδικότερα, θεωρούμε το μονώροφο σύστημα με κάτοψη όπως στην εικόνα 1. Το σύστημα είναι μονοσυμμετρικό με άξονα συμμετρίας κατά τη x διεύθυνση και υποβάλλεται σε σεισμική διέγερση κατά την y διεύθυνση (V_{Ey}). Η θέση των κέντρων μάζας και ακαμψίας φαίνεται στην εικόνα 1. Η στροφή η οποία αναπτύσσεται στο σύστημα είναι αποτέλεσμα της στρέψης M_t που προκαλείται από την τέμνουσα βάση V_{Ey} όταν ασκείται με εκκεντρότητα e_{mx} . Η στρέψη παραλαμβάνεται ως ζεύγος δυνάμεων επιδρώντας στις τέμνουσες δυνάμεις που αναπτύσσονται στα στοιχεία. Η μεταφορική συνιστώσα (translational component) τέμνουσας δύναμης που αναπτύσσεται στα στοιχεία υπολογίζεται από τη σχέση:



$$V'_{kiy} = \frac{k_{iy}}{\sum_{i=1}^n k_{iy}} V_{Ey}$$

όπου V_{Ey} η τέμνουσα βάσης σχεδιασμού, k_{iy} η μεταφορική ακαμψία του στοιχείου κατά τη διεύθυνση y και n ο αριθμός των στοιχείων. Η στρεπτική συνιστώσα (torsional component) δίνεται από τη σχέση:

$$V''_{kiy} = x_i k_{iy} \frac{M_t}{K_t}$$

όπου x_i η απόσταση του στοιχείου από το κέντρο μάζας, M_t η στρέψη που παράγεται από την τέμνουσα βάσης, ενώ K_t η στρεπτική ακαμψία του συστήματος, η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_t = y_i^2 k_{ix} + x_i^2 k_{iy}$$

Η συνολική τέμνουσα δύναμη που αναπτύσσεται σε ένα στοιχείο δίνεται από τη σχέση:

$$V_{kiy} = V'_{kiy} + V''_{kiy}$$

Ανάλογες σχέσεις ισχύουν για τις τέμνουσες που αναπτύσσονται κατά τη x διεύθυνση. Ο προτεινόμενος δείκτης, λόγος στρέψης (Ratio Of Torsion) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$ROT = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{i=x, j=y}^{y,x} |V_{kij}| - |E_x| - |E_y|}{|E_x| + |E_y|}$$

όπου n ο συνολικός αριθμός των στοιχείων, k ο αριθμός του στοιχείου, i η διεύθυνση της τέμνουσας δύναμης που αναπτύσσεται στο στοιχείο και j η διεύθυνση στην σεισμική διέγερση, E_x και E_y η ένταση που επιβάλλει η σεισμική διέγερση στην κατασκευή κατά τις διευθύνσεις x και y , η οποία αντιστοιχεί στην τέμνουσα βάσης στις αντίστοιχες διευθύνσεις, κατά συνέπεια:

$$E_x = V_{Ex}$$

$$E_y = V_{Ey}$$

Λαμβάνοντας όμως υπόψη ότι η τέμνουσα βάσης ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των τεμνουσών δυνάμεων που αναπτύσσονται στα στοιχεία ανά κατεύθυνση

$$E_x = \sum_{k=1}^n \sum_{j=y}^x V_{kxj}$$

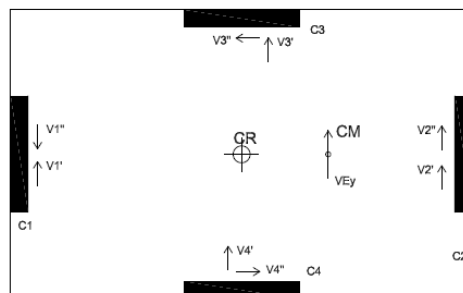
$$E_y = \sum_{k=1}^n \sum_{j=y}^x V_{kyj}$$

Επομένως για το σύστημα του σχήματος 1 ο λόγος στρέψης ισούται με:

$$ROT = \frac{|V'_{1yy} - V''_{1yy}| + |V'_{2yy}| + |V''_{2yy}| + |V'_{3yy}| + |V''_{3xy}| + |V'_{4yy}| + |V''_{4xy}| - |V'_{1yy} - V''_{1yy}| - |V'_{2yy}| - |V''_{2yy}| - |V'_{3yy}| - |V'_{4yy}|}{|V'_{1yy} - V''_{1yy}| + |V'_{2yy} + V''_{2yy}| + |V'_{3yy} + V''_{4yy}|}$$

η οποία καταλήγει στην παρακάτω σχέση, της οποίας ο αριθμητής ισούται με τις στρεπτικές συνιστώσες των τεμνουσών δυνάμεων ενώ ο παρονομαστής με τη συνολική ένταση που παραλαμβάνει η κατασκευή κατά τη σεισμική διέγερση.

$$ROT = \frac{|V''_{3xy}| + |V''_{4xy}|}{|V'_{1yy} - V''_{1yy}| + |V'_{2yy} + V''_{2yy}|}$$



Εικόνα 1: Κάτοψη μονώροφου συστήματος

Όπως προκύπτει από την τελευταία σχέση ο αριθμητής αντιπροσωπεύει τις πλεονάζουσες τέμνουσες δυνάμεις λόγω στρέψης και ο παρονομαστής την τέμνουσα βάσης. Η τέμνουσα βάσης μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μέτρο έντασης της επιβαλλόμενης σεισμικής διέγερσης στην κατασκευή. Επομένως το προτεινόμενο κριτήριο ποσοτικοποιεί το φαινόμενο της στρέψης κανονικοποιώντας τις επιπλέον τέμνουσες δυνάμεις που προκύπτουν λόγω εκκεντρότητας ως προς την τέμνουσα βάσης. Ειδικότερα, μελετήθηκαν πλήθος κτηρίων (μονώροφα και πολυώροφα), μη κανονικά σε κάτοψη και αξιολογήθηκαν με βάση την επιτελεστικότητα. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν πλήθος επιταχυνσιογραφημάτων για κάθε επίπεδο σεισμικής επικινδυνότητας. Η απόκριση κάθε κατασκευής αξιολογήθηκε με το προτεινόμενο κριτήριο καθώς και με τα επικρατέστερα κριτήρια της διεθνούς βιβλιογραφίας, όπως είναι η εκκεντρότητα ως προς τη μάζα της κατασκευής (mass eccentric systems), η στροφή οροφής και η στρέψη βάσης του συστήματος. Η μεταβολή του λόγου στρέψης παρατηρήθηκε σε συμφωνία με αυτή των στρεπτικών τεμνουσών δυνάμεων, της στρέψης βάσης και της στροφής οροφής. Ωστόσο το πλεονέκτημα του προτεινόμενου δείκτη είναι η ποσοτικοποίηση του φαινομένου σε όρους τεμνουσών δυνάμεων – επιβάρυνση του συστήματος λόγω φαινομένου στρέψης. Τα αποτελέσματα για λόγους οικονομίας χώρου δεν παρουσιάζονται εδώ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kan, C.L., Chopra, A.K. Effect of torsional coupling on earthquake forces in buildings, J. Structural Division ASCE 1977, 103(4), 805-819.



2. Riddel, R., Vasquez, J. Existence of centres of resistance and torsional uncoupling of earthquake response of buildings, Proc. of 8th World Conference on Earthquake Engineering 1984, 4, 187-194.
3. Humar, J.L. Design for seismic torsional forces, Canadian Journal of Civil Engineering 1984, 12(2), 150-163.
4. Smith, B., Stafford, Vezina, S. Evaluation of centres of resistance in multistorey building structures, Proc. Instn. Civ. Engrs., Part 2, Institution of Civil Engineers 1985, 79(4), 623-635.
5. Cheung, V. W.-T., and Tso, W.K. Eccentricity in irregular multistory buildings, Canadian Journal of Civil Engineering 1986, 13(1), 46-52.
6. Reem, H., Chopra, A.K. Earthquake Response of Torsionally-Coupled Buildings, Earthquake Engineering Research Centre, College of Engineering, University of California at Berkeley, 1987.
7. Tso, W.K. Static Eccentricity Concept for Torsional Moments Estimations, Journal of Structural Engineering, 1990.
8. Llera, R., Chopra, A.K. Understanding the inelastic seismic behaviour of asymmetric plan buildings, Earthquake Engineering and Structural Dynamics 1995, 24, 549-572.
9. Llera, J., Chopra, A.K., A simplified model for analysis and design of asymmetric plan buildings, Earthquake Engineering and Structural Dynamics 1995, 24, 573-594.
10. Bertero, R.D. Inelastic torsion for preliminary seismic design. Structural Engineering ASCE 1995, 121(8), 1183-1189.
11. Wong, C.M., Tso, W.K. Evaluation of seismic torsional provisions in uniform building code, Structural Engineering ASCE 1995, 121(10), 1436-1442.
12. Paulay, T. Displacement-based design approach to earthquake induced torsion in ductile buildings, Engineering Structures 1997, 9(9), 699-707.
13. T. Paulay, Torsional mechanisms in ductile building systems, Earthquake Engineering and Structural Dynamics 1998, 27, 1101-1121.
14. Mylimaj, B., Tso, W. K. A strength distribution criterion for minimizing torsional response of asymmetric wall-type systems, Earthquake Engineering and Structural Dynamics 2002, 31, 99-120.
15. Fajfar, P., Marušić, D., Peruš, I. Torsional effects in the pushover-based seismic analysis of buildings, Journal of Earthquake Engineering 2005, 9(6), 831-854.
16. Jeong, S.-H., Elnashai, A.S., New three-dimensional damage index for RC buildings with planar irregularities, Structural Engineering ASCE 2006, 132(9), 1482-1490.
17. Lagaros, N. D., Papadrakakis, M., Bakas, N. Automatic minimization of the rigidity eccentricity of 3D reinforced concrete buildings, Journal of Earthquake Engineering 2006, 10(3), 1-32.
18. Lagaros, N. D., Bakas, N., Papadrakakis, M. Optimum design approaches of improving the seismic performance of 3D RC buildings, Journal of Earthquake Engineering 2009, 13, 345-363.



beWare of the robot: παρουσίαση της διαδραστικής εκπαιδευτικής εφαρμογή Εικονικής Πραγματικότητας για τη συνεργασία ανθρώπου- ρομπότ

Ηλίας Μάτσας, Γεώργιος, Χριστόφορος Βοσνιάκος

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Η “beWare of the robot” είναι μία εκπαιδευτική εφαρμογή Εικονικής Πραγματικότητας (Ε.Π) η οποία προσομοιώνει, σε ένα ισχυρά διαδραστικό εικονικό περιβάλλον έντονης αλληλεπίδρασης, τη συνεργασία ανθρώπου-ρομποτικού βραχίονα κατά την εκτέλεση απλών καθηκόντων (χειροκίνητη στρώση υφασμάτων ανθρακονήματος). Η εφαρμογή “beWare of the robot” είναι ένα «σοβαρό παιχνίδι» (serious game) στο οποίο ο χρήστης αλληλεπιδρά σε πραγματικό χρόνο με το περιβάλλον και τα αντικείμενά του μέσω του αισθητήρα Microsoft Kinect™, ενώ νιώθει την εμπύθιση και την παρουσία στο εικονικό περιβάλλον με τη χρήση κάσκας στερεοσκοπίας. Τελικός σκοπός της εφαρμογής είναι η διερεύνηση της συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ σε κοινό χώρο εργασίας. Η εφαρμογή “beWare of the robot” σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στο Εργαστήριο Τεχνολογίας των Κατεργασιών της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα σύγχρονα συστήματα παραγωγής η ανάγκη για άμεση και φυσική συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ συζητείται ολοένα και περισσότερο, για λόγους παραγωγικότητας, ευελιξίας και ποιότητας προϊόντος. Έως τώρα η συνεργασία αυτή υλοποιόταν μόνο με χωρικό διαχωρισμό ανθρώπου και ρομπότ για λόγους ασφάλειας και κινδύνου [1]. Η έρευνά μας υποστηρίζει ότι τα σοβαρά παιχνίδια και οι διαδραστικές εκπαιδευτικές εφαρμογές Ε.Π. μπορούν να αποτελέσουν ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την εκπαίδευση και την εξοικείωση των χρηστών σε θέματα ασφάλειας (φυσική και «νοητική») κατά τη συνεργασία ανθρώπου-ρομπότ [2], [5].

Η Εικονική Πραγματικότητα (Ε.Π) επιτρέπει την εξαγωγή του χρήστη από τη φυσική πραγματικότητα και την εικονική αλλαγή ώρας, χρόνου και τρόπου αλληλεπίδρασης [3]. Τα εκπαιδευτικά συστήματα Ε.Π. (VRTSs) είναι προηγμένα υπολογιστικά διαδραστικά συστήματα που εκμεταλλεύονται τις τεχνολογίες και τις συσκευές της Ε.Π και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δοκιμή νέου εξοπλισμού, πριν ακόμα από την εγκατάσταση αυτού [4]. Τα εκπαιδευτικά συστήματα Ε.Π. διαχωρίζονται σε τρία διακριτά λειτουργικά τμήματα: (i) συσκευές εξόδου, (ii) συσκευές εισόδου (κυρίως για την αλληλεπίδραση) και (iii) μία

υπολογιστική μηχανή Ε.Π που περιλαμβάνει την εικονική σκηνή, τα μοντέλα αλληλεπίδρασης και μια γραφική αναπαράσταση του χρήστη (ανθρωποειδές - avatar) [6].

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η εφαρμογή “beWare of the robot” είναι ένα διαδραστικό σοβαρό παιχνίδι, το οποίο προσομοιώνει απλά συνεργατικά καθήκοντα ανθρώπου-ρομποτικού βραχίονα για τη χειροκίνητη στρώση υφασμάτων, κατά την κατασκευή σύνθετων τεμαχίων από ανθρακονήματα. Το σενάριο εργασίας προβλέπει ότι ο χρήστης (avatar) και ο ρομποτικός βραχίονας συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο και ο βραχίονας (Stäubli RX90L) τροφοδοτεί το χρήστη με υφάσματα ανθρακονημάτων (pre-pregs). Στη συνέχεια ο χρήστης πρέπει να τα τοποθετήσει στην ενδεικνυόμενη -κάθε φορά- θέση ενός μεταλλικού καλουπιού, μέχρι το τελικό «χτίσιμο» του σύνθετου τεμαχίου. Τα ζητήματα ασφάλειας, όπως η εγγύτητα, η επαφή, ή η σύγκρουση του ανθρωποειδούς με το ρομποτικό βραχίονα, αντιμετωπίζονται με «ενδείξεις κινδύνου», όπως οπτικά ερεθίσματα (προειδοποίησης) και ακουστικά ερεθίσματα (συναγερμοί).



Εικόνα 1: Τα χέρια του avatar προσπαθούν να πιάσουν το τεμάχιο από το ρομποτικό βραχίονα (αριστερά) και χρήστης στην προσπάθεια να τοποθετήσει το τεμάχιο στο μεταλλικό καλούπι (δεξιά).

Η εφαρμογή “beWare of the robot” μπορεί να εκτελεσθεί σε οποιοδήποτε PC με λογισμικό Windows™ και κάρτα γραφικών nVidia™ που υποστηρίζει στερεοσκοπική προβολή. Τα τρισδιάστατα μοντέλα του χώρου και των αντικειμένων και τα πλέγματα δημιουργήθηκαν με τα λογισμικά Rhinoceros™ και 3ds Max™. Η διασύνδεση των αντικειμένων, ο φωτρεαλισμός, ο φωτισμός, οι σκιάσεις, η μοντελοποίηση, ο προγραμματισμός και τα μοντέλα φυσικής, κίνησης και συγκρούσεων υλοποιήθηκαν στην πλατφόρμα Unity 3d™.

Για την αλληλεπίδραση του χρήστη με το εικονικό περιβάλλον χρησιμοποιήθηκαν δύο περιφερειακές συσκευές Ε.Π.: (i) μία κάσκα στερεοσκοπίας (Head-Mount Display) για τη στερεοσκοπική εμπύθιση του χρήστη στον εικονικό κόσμο και την ανίχνευση των κινήσεων της κεφαλής του χρήστη (head tracking των γωνιών yaw και pitch), (ii) ένας αισθητήρας Kinect™ για την ανίχνευση της κίνησης του σώματος (skeletal tracking) του χρήστη και την πλοήγηση στο περιβάλλον. Η διασύνδεση του αισθητήρα Kinect™ και του Unity 3d™



υλοποιήθηκε με τις ανοικτές βιβλιοθήκες OpenNI. Έτσι, κάθε κίνηση του χρήστη στον πραγματικό κόσμο ανιχνεύεται και παράγει την αντίστοιχη κίνηση του avatar στο εικονικό περιβάλλον, σε πραγματικό χρόνο (tracking κινήσεων κεφαλής και 18 σημείων στο σκελετό του avatar), ενώ ο χρήστης αλληλεπιδρά (συγκρούεται, ακουμπάει) και χειρίζεται (τοποθετεί/αφήνει) τα διάφορα αντικείμενα. Εκτός από το tracking, η διαδραστικότητα του συστήματος υποστηρίζεται από ρουτίνες εντοπισμού συγκρούσεων, κώδικες ray-casting, ενσωματωμένα βίντεο και λειτουργίες child/parenting.

Η εφαρμογή ενσωματώνει (i) το εικονικό μοντέλο ενός κυττάρου χειροκίνητης παραγωγής σύνθετων τεμαχίων, (ii) το μοντέλο ενός ρομποτικού βραχίονα 6R Staübli RX90L, (iii) το φωτορεαλιστικό (υφή και δέρμα) μοντέλο ενός avatar που έχει ενσωματωμένο πάνω του ένα σύστημα σκελετού διπόδου του 3ds Max™, (iv) κώδικες αλληλεπίδρασης σε C#, (v) φωτισμό, σκιάσεις και ray-casting σε πραγματικό χρόνο και (vi) υφές (textures) εικόνας, ήχου και video από πραγματικό περιβάλλον εργασίας. Αναλυτική αντικειμενοστραφής ανάλυση της εφαρμογής παρουσιάζεται στο [2].

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή “beWare of the robot” σχεδιάστηκε με σκοπό τη διερεύνηση της συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ σε κοινό χώρο εργασίας. Η αρχική έκδοση της εφαρμογής δοκιμάστηκε από ομάδα χρηστών και αναλυτικά συμπεράσματα παρουσιάζονται στο [2]. Συμπερασματικά μπορεί να εξαχθεί η θέση ότι τα σοβαρά παιχνίδια με έντονη διαδραστικότητα είναι πρόσφορα εργαλεία για τη μελέτη της συνεργασίας ανθρώπου-ρομπότ, εξαιτίας της αίσθησης της παρουσίας και του ρεαλισμού που αισθάνεται ο χρήστης μέσω της «αόρατης» αλληλεπίδρασης που έχει με τον αισθητήρα Kinect™. Μάλιστα, η εμπειρία και η συμπεριφορά του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον, μπορεί να καταγραφεί και να αναλυθεί, προσφέροντας πολύτιμη γνώση και πληροφορία για τη συμπεριφορά του χρήστη πριν αυτός βρεθεί στο πραγματικό περιβάλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Helander M.G.: Ergonomics and Safety considerations in the design of robotics workplaces: A review and some priorities for research, Int. J. of Ind. Ergonomics. 6, 127-149 (1990)
2. Elias Matsas, Dimitrios Batras, George-Christopher Vosniakos, Beware of the robot: a highly interactive and immersive Virtual Reality training application in robotic manufacturing systems, Proceedings of the APMS 2012 International Conference, Advances in Production Management Systems, Rhodes, Greece, 24-26 September 2012, C. Emmanouilidis, M. Taisch, D. Kiritsis (Eds.): APMS 2012, Part I, IFIP AICT 397, pp. 606–613, 2013. ISSN: 1868-4238.
3. Fuchs Philippe et al. : Le traité de la réalité virtuelle, Volume 2, Les Presses de l’Ecole des Mines de Paris (Eds.) (2006)
4. Lin F., Ye L., Duffy V.G., Su C-J.: Developing virtual environments for industrial training, Information Sciences 140, pp. 153-170 (2002)



5. Nathanael D., Vosniakos G.-C., Mosialos S.: Cognitive task analysis for Virtual Reality Training: the case of CNC tool offsetting. Proceedings of ECCE 2010 Conference, pp. 241-244, Delft, The Netherlands (2010)
6. Burkhardt J.-M., Lourdeaux D., Fuchs P. : Conception d'un système de RV pour la formation des agents de conduites aux opérations en milieu ferroviaire. In: A. Grumbach & N. Richards (Eds.), Journées Réalité Virtuelle et Cognition, pp. 123-132, ENST, Paris (1999)



Προσέγγιση και Σύλληψη Στόχου από Διαστημικό Ρομποτικό Σύστημα

Παρασκευάς Ι. Σ., Παπαδόπουλος Ε. Γ.

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

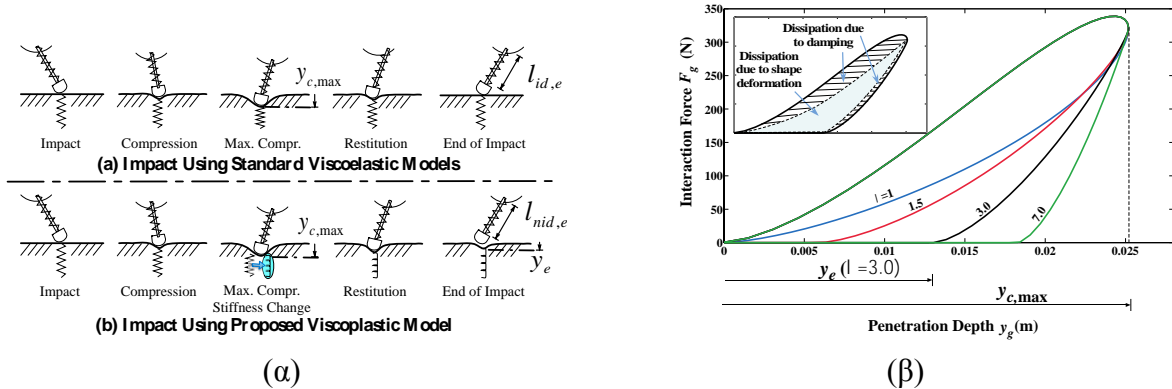
Η Διαστημική Ρομποτική είναι ένα τεχνολογικό πεδίο που ενδιαφέρει όλες τις διαστημικές υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένου και του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος – ΕΟΔ (European Space Agency – ESA). Η παρούσα έρευνα διαπραγματεύεται την περίπτωση δορυφόρων που διαθέτουν ρομποτικούς βραχίονες, και μπορούν αυτόνομα να εξυπηρετήσουν (επισκευή, αναπλήρωση καυσίμων κ.α.) άλλους δορυφόρους ή να βοηθήσουν στην συλλογή διαστημικών απορριμάτων. Στην συνέχεια θα αποκαλούνται Διαστημικά Ρομποτικά Συστήματα (ΔΡΣ). Τα ΔΡΣ δεν είναι προσαρτημένα σε κάποια ακινητοποιημένη βάση που απορροφά ανεπιθύμητες δυνάμεις (όπως για παράδειγμα ένας επίγειος ρομποτικός βραχίονας που έχει πακτωμένη την βάση του στην γη). Αυτό δημιουργεί έντονη σύζευξη στα δυναμικά φαινόμενα του βραχίονα σε σχέση με την ίδια του την βάση και κάνει τον χειρισμό του εξαιρετικά δύσκολο. Ένα από τα κρισιμότερα σημεία είναι η προσέγγιση του ΔΡΣ σε κάποιον δορυφόρο-στόχο και οι λεπτές κινήσεις που πρέπει να κάνει όταν αυτός είναι κοντά του για την ζεύξη (docking). Κατά την στιγμή αυτή μπορεί να αναπτυχθούν πολύ μεγάλες δυνάμεις που μπορεί να αναγκάσουν τα δύο σώματα να απομακρυνθούν μεταξύ τους, δημιουργώντας την ανάγκη επαναπροσέγγισης (άρα και κατανάλωσης καυσίμου που είναι σπάνια ποσότητα στο διάστημα) στην καλύτερη περίπτωση. Στην παρούσα εργασία γίνεται η προσπάθεια μετριασμού του συγκεκριμένου προβλήματος.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΑΛΟΓΙΑΣ ΜΑΖΩΝ ΚΡΟΥΟΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Κατά την θεωρητική και αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας της κρούσης σε διαστημικές συνθήκες μεταξύ ενός ρομπότ-κυνηγού και ενός δορυφόρου-στόχου, έγινε μοντελοποίηση αυτών ώστε να βρεθεί η σχέση μεταξύ των ιδιοτήτων των σωμάτων (π.χ. μάζα, αδράνεια, ταχύτητα, σχηματισμός) και των συνθηκών διεπαφής (π.χ. με χρήση μοντέλων ελατηρίου – αποσβεστήρα). Χρησιμοποιώντας στοιχεία της θεωρίας κρούσης στερεών σωμάτων (rigid body impacts) και επεκτείνοντας κατάλληλα στοιχεία ταλάντωσης με χρήση στοιχείων συγκεντρωμένων παραμέτρων (lumped parameter), έγινε εφικτή η δημιουργία μαθηματικών σχέσεων που συνδέουν τις αναλογίες των μαζών κάθε επιμέρους συστήματος σωμάτων, με την συμπεριφορά των συστημάτων μετά την κρούση.

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΡΟΥΣΗΣ

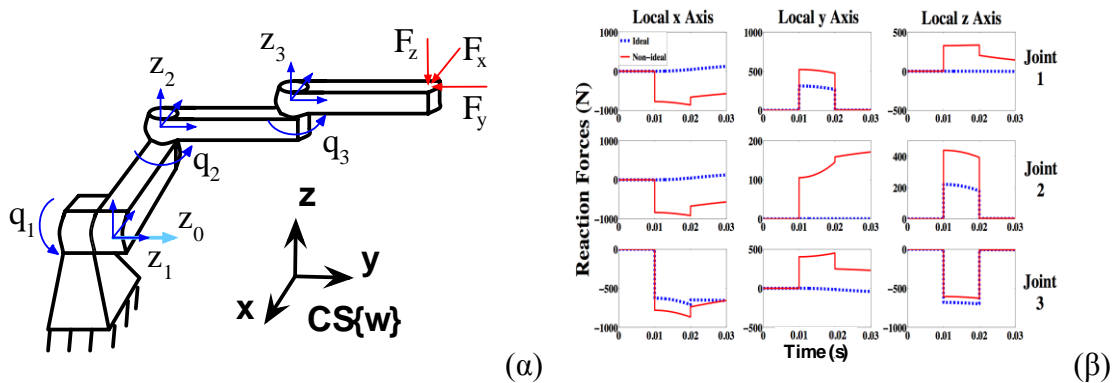
Για την βέλτιστη ποιότητα της εξομοίωσης επιλέχθηκε αρχικά η χρήση βισκοελαστικών μοντέλων κρούσης, όμως εγγενώς τα μοντέλα αυτά δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν την περίπτωση που η κρούση έχει πλαστικά χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα αν η κρούση είναι τέτοια που αφήνει μόνιμη παραμόρφωση. Με την επέκταση των μοντέλων χρησιμοποιώντας βισκοπλαστική θεώρηση το πρόβλημα αυτό λύθηκε και επιπλέον δημιουργήθηκε ένα γενικευμένο μοντέλο κρούσης.



Εικόνα 1: α) Νέο μοντέλο κρούσης και β) Διάγραμμα βύθισης-δύναμης.

ΚΡΟΥΣΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΑ ΔΡΣ

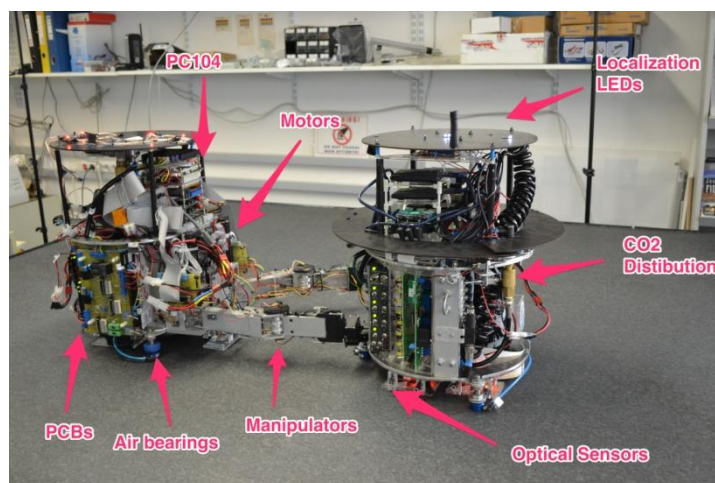
Το Κρουστικό Κέντρο (ΚΚ) είναι ένα φυσικό χαρακτηριστικό κάθε σώματος που δύναται να περιστραφεί ελεύθερα γύρω από έναν άξονα. Συγκεκριμένα η κρούση στο συγκεκριμένο σημείο μπορεί να δώσει θεωρητικά μηδενικές αντιδράσεις στο σημείο περιστροφής. Έτσι σκοπός είναι με την κατάλληλη τοποθέτηση των βραχιόνων, να μειωθούν είτε οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στα έδρανα των αρθρώσεων, είτε η μεταφορική δύναμη στο Κέντρο Μάζας της βάσης του ρομπότ, είτε και τα δύο μαζί. Μελετήθηκε το φαινόμενο του ΚΚ σε συστήματα πολλών σωμάτων σε τρεις διαστάσεις και στην περίπτωση σφαιρικής άρθρωσης. Εντοπίστηκαν οι περιορισμοί, ενώ αναπτύχθηκαν οδηγίες εκμετάλλευσης του φαινομένου. Στην Εικ. 2 παρουσιάζεται ενδεικτικά η βελτίωση στις δυνάμεις αντίδρασης.



Εικόνα 2: α) Βραχίονας σε κρούση και β) Δυνάμεις αντίδρασης με και χωρίς χρήση του ΚΚ.

ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟΣ ΕΞΟΜΟΙΩΤΗΣ

Για τις ανάγκες του πειραματικού σκέλους της έρευνας, εξελέγη η υπάρχουσα εργαστηριακή υποδομή του Διαστημικού Εξομοιωτή, Εικ. 3. Πιο συγκεκριμένα, στο εργαστήριο υπάρχει εγκατεστημένη τράπεζα από γρανίτη εξαιρετικά μικρής τραχύτητας. Στο παρελθόν είχε κατασκευαστεί αυτόνομο ρομποτικό σύστημα που περιλαμβάνει υπολογιστή PC104 με real-time linux, σύστημα αιώρησης και προώθησης με χρήση CO₂ που περιέχεται σε φιάλη πάνω στο ρομπότ, κινητήρες με ενισχυτές, σφόνδυλο αντίδρασης, 2 βραχίονες των 2 βαθμών ελευθερίας ο καθένας (χωρίς να υπολογίσουμε το τελικό σημείο δράσης) και ηλεκτρονικά. Το ρομπότ αιωρείται πάνω από ένα φιλμ CO₂ ελαχιστοποιώντας τις τριβές. Με αυτό τον τρόπο εξομοιώνονται οι συνθήκες έλλειψης βαρύτητας σε 2 διαστάσεις. Στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής το σύστημα αυτό ολοκληρώθηκε, ενώ κατασκευάστηκε ένα δεύτερο ώστε να μπορούν να γίνονται συνδυασμένες και συνεργατικές εργασίες. Στο νεότερο σύστημα έγιναν αλλαγές σε σχέση με το πρώτο ρομπότ, που αντικατοπτρίζουν διαφορετικές τεχνολογίες και βελτιστοποιημένες σχεδιαστικές επιλογές. Για τον εντοπισμό της θέσης χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι: α) Κάμερα τοποθετημένη πάνω από την τράπεζα και β) τρεις οπτικοί αισθητήρες εγκατεστημένοι στη βάση κάθε ρομπότ που εντοπίζουν την σχετική μετατόπιση. Τέλος σημειώνεται ότι για την κατασκευή των συστημάτων ο ΥΔ συνεργάστηκε με προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές.



Εικόνα 3: Ο Διαστημικός Εξομοιωτής του εργαστηρίου. Φαίνονται τα δύο κατασκευασμένα ρομπότ.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα περίληψη παρουσιάστηκε η τεχνολογία των ΔΡΣ και η σημασία τους για τις Τροχιακές Υπηρεσίες. Επισημάνθηκαν τα προβλήματα των ΔΡΣ και αναφέρθηκαν οι κύριοι άξονες της παρούσας έρευνας. Το βασικότερο κομμάτι της έρευνας σχετίζεται με την κρούση κατά την διάρκεια της ζεύξης. Περιγράφηκε η μοντελοποίηση της κρούσης κατά τις συνήθειες πρακτικές και οι διαφορές της παρούσας προσέγγισης. Παρουσιάστηκε νέο μοντέλο βισκοπλαστικής κρούσης κι έγινε χρήση και εξέλιξη του Κρουστικού Κέντρου. Τέλος παρουσιάστηκε ο διαστημικός εξομοιωτής που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της έρευνας.



ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Papadopoulos, E., Paraskevas, I., and Flessa, Th., “Miniaturization and Micro/Nanotechnology in Space Robotics,” in *NanoRobotics: Current Approaches and Techniques*, Mavroidis C. and Ferreira A. (Editors), Springer, 2012
2. Paraskevas, I. and Papadopoulos, E., “On the Use of the Center of Percussion for Space Manipulators during Impacts,” *Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA '13)*, May 6-10, 2013, Karlsruhe, Germany.
3. Machairas, K., Andreou, S., Paraskevas, I. and Papadopoulos, E., “Extending the NTUA Space Robot Emulator for Validating Complex On-Orbit Servicing Tasks,” *12th Symposium on Advanced Space Technologies in Robotics and Automation, (ASTRA '13)*, ESA, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, May 15-17, 2013.



Χαρτογράφηση παραγόντων που επιδρούν στις αποφάσεις των τεχνικών κατά τη συντήρηση αεροσκαφών

Τσάγκας Βασίλειος

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν περιπτώσεις όπου οι τεχνικοί ενός ιδιωτικού φορέα συντήρησης αεροσκαφών αντιμετωπίζουν διλήμματα και καλούνται να λάβουν αποφάσεις κατά την επιτέλεση προγραμματισμένων εργασιών συντήρησης. Σκοπός της εργασίας είναι αφενός η αναγνώριση συγκεκριμένων παραγόντων που συνέβαλαν στο να παρθούν συγκεκριμένες αποφάσεις και αφετέρου μία προσπάθεια δημιουργίας γενικών κατηγοριών από τους συγκεκριμένους παράγοντες που εντοπίστηκαν.

Για το σκοπό της εργασίας πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις σε συγκεκριμένο φορέα συντήρησης αεροσκαφών όπου και πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις πεδίου. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν περιλαμβάνουν χειρόγραφε καταγραφές των ροών δράσεις των τεχνικών, συνεντεύξεις με τους τεχνικούς κατά τη διάρκεια και μετά το πέρας της επιτέλεσης των καθηκόντων τους καθώς και οπτικοακουστικές καταγραφές κατά τη διάρκεια επιτέλεσης των καθηκόντων. Σκοπός της συλλογής των δεδομένων αυτών ήταν ο εντοπισμός των σημείων όπου οι μηχανικοί αντιμετώπισαν κάποιου είδους δίλημμα το οποίο έχρηζε από μέρος τους απόφασης. Οι παρατηρήσεις πεδίου απέδωσαν 28 περιπτώσεις διλημάτων όπου και πάρθηκαν συγκεκριμένες αποφάσεις από τους μηχανικούς.

Κατά την περίοδο των παρατηρήσεων πεδίου παρακολούθηθηκαν εκ του σύνεγγυς οι ενέργειες των τεχνικών ανά καθήκον, με παράλληλο έλεγχο των οδηγιών του κατασκευαστή, όπου και αποτυπώνεται ο προβλεπόμενος τρόπος επιτέλεσης των καθηκόντων. Παρ' όλα αυτά, μόνο ένα μέρος του συνόλου των ροών δράσης των τεχνικών μπόρεσε να παρατηρηθεί. Οι παρατηρήσεις, βέβαια ήταν αρκετές, προκειμένου να αντληθούν συγκεκριμένα διλήμματα και αντίστοιχες αποφάσεις επίλυσης. Οι μηχανικοί παρακινήθηκαν στο να εκφράσουν με λόγια, να δικαιολογήσει και να συζητήσουν τις δράσεις τους ως προς τα «τι», «γιατί» και «πώς». Ιδιαίτερη προσπάθεια καταβλήθηκε προκειμένου να μην αποσπάται η προσοχή των τεχνικών κατά την επιτέλεση των καθηκόντων συντήρησης με ερωτήσεις σε περιόδους αδράνειας, μετά τη δουλειά ή κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων τους.

Τα διλήμματα και οι αντίστοιχες αποφάσεις αποτελούν, φυσικά, υποκειμενικά γεγονότα και δε μπορούν να προσδιοριστούν αντικειμενικά ως τέτοια από έναν παρατηρητή. Ωστόσο, κατά την περίοδο παρατηρήσεων-συλλογής δεδομένων, ένας αριθμός έμμεσων εναυσμάτων βοήθησε στο να καταδειχθούν συγκεκριμένα διλήμματα – αποφάσεις, να συζητηθούν και να επαληθευθούν με τους εμπλεκόμενους μηχανικούς ώστε να αναγνωρισθούν τελικά διάφοροι



οργανωσιακοί και μη παράγοντες που έπαιξαν ρόλο ως αιτίες των διλλημάτων. Τα πιο προφανή έμμεσα εναύσματα κατάδειξης της ύπαρξης ενός διλήματος ή ανάγκης για απόφαση ήταν ο περιορισμός σε συγκεκριμένους πόρους κατά την επιτέλεση των καθηκόντων (π.χ. περιορισμός χρόνου, αδιαθεσιμότητα εργαλείων, περιορισμένη γνώση επιτέλεσης του καθήκοντος), ή όταν κάτι έχει αναγνωριστεί ως ασυνήθιστο (π.χ. μια αναντιστοιχία μεταξύ γραφημάτων στις οδηγίες συντήρησης και αεροσκάφους) . Οι περιπτώσεις αυτές συχνά προκαλούν αποκλίσεις από τις προκαθορισμένες διαδικασίες ή τη συνήθη πρακτική. Οι αποκλίσεις αυτές μπορεί να είναι ρουτίνας, σπάνιες ή καινοφανείς. Σπάνιες και καινοφανείς αποκλίσεις είναι σχεδόν άμεση ένδειξη διλήματος ή/και απόφασης. Αποκλίσεις ρουτίνας μπορεί ή όχι να περιλαμβάνουν λήψη απόφασης. Σε κάθε περίπτωση, οι αποκλίσεις αποτελούν αφορμές για περαιτέρω ανάλυση προκειμένου να αναγνωρισθούν πιθανά διλλήματα, αποφάσεις και οι παράγοντες που συνέβαλαν στην εμφάνισή τους.

Η κατανόηση των πλαισίων λήψης απόφασης, μέσω της αποτύπωσης των παραγόντων που συμβάλουν στην εμφάνισή τους, θα μπορούσε να συμβάλει καταλυτικά στην καλύτερη διαχείριση των αποκλίσεων από τον προδιαγεγραμμένο τρόπο επιτέλεσης των καθηκόντων των τεχνικών. Απώτερος στόχος είναι οι αποκλίσεις να μην αντιμετωπίζονται μοναχά ως παραβιάσεις, δηλαδή ως ένα σύμπτωμα επικίνδυνης συμπεριφοράς και ως σημείο συμβιβασμού στον τομέα της ασφάλειας, αλλά ως αφορμή συνεχούς εξέλιξης του συστήματος εργασίας.



Επίδραση Οπτικής Ακτινοβολίας στην Τοπολογία Κολλαγόνου με Χρήση Απεικονιστικής Μικροσκοπίας Ατομικής Δύναμης και Σάρωσης Ηλεκτρονίων

Στυλιανού Α., Γιόβα Δ.

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

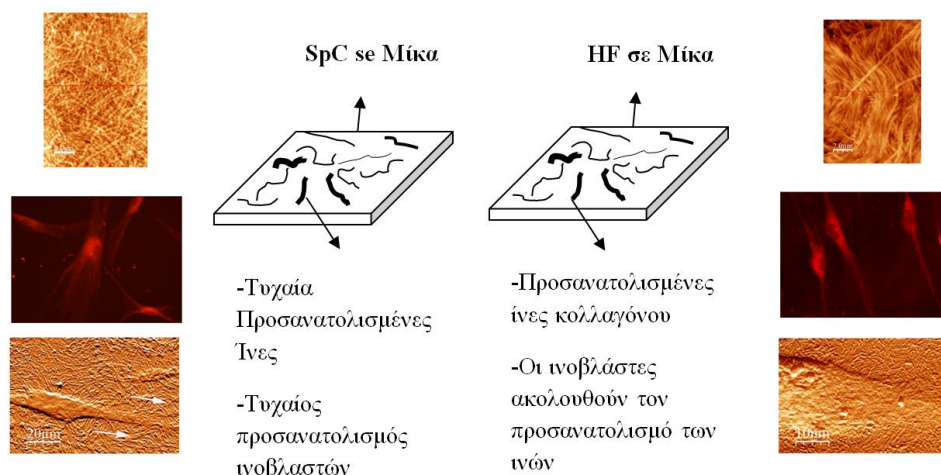
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αναμφισβήτητα, ισχυρή ανερχόμενη τάση στην νανο-τεχνολογία αποτελεί η αξιοποίηση εννοιών από τη φύση για να αναπτυχθούν μοντέλα υλικών υψηλής αποδοτικότητας, τα οποία θα αξιοποιηθούν σε αισθητήρες, λειτουργικές επιφάνειες κ.α., αλλά και να μελετηθούν εξωτερικές επιδράσεις με βιολογικά συστήματα, όπως η επίδραση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα μοντέλα αυτά όταν επιτρέπουν τη διερεύνηση αλληλεπιδράσεων στη νανοκλίμακα, καθώς η ανάπτυξη μεθόδων νανοτεχνολογίας ή νανοϋλικών αποτελούν σήμερα αιχμή της έρευνας σε ένα ευρύ φάσμα από επιστήμες και εφαρμογές. Αντικείμενο της εργασίας αυτής αποτέλεσε η ανάπτυξη λεπτών υμενίων κολλαγόνου και η αξιοποίηση τους ως μοντέλων βιολογικής διεπιφάνειας [1]. Επίσης, αντικείμενο της έρευνας ήταν η αναπαραγωγή, ο έλεγχος και η ταυτοποίηση της τοπολογίας μέσω της ανάπτυξης τεχνικών Απεικονιστικής Μικροσκοπίας Ατομικής Δύναμης [2]. Τα υμένια αξιοποιήθηκαν για τη διερεύνηση και ερμηνεία των μηχανισμών επίδρασης της οπτικής ακτινοβολίας με το κολλαγόνο σε νανοκλίμακα. Το κολλαγόνο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη των μοντέλων βιολογικής επιφάνειας, αποτελεί το 25-30% της συνολικής πρωτεΐνης των θηλαστικών και λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του, το κολλαγόνο τύπου Ι χρησιμοποιείται ευρέως ως ένα από τα βασικότερα βιοϋλικά σε ένα μεγάλο εύρος από εφαρμογές στα πεδία των βιοϋλικών και της μηχανικής των ιστών. Τα μήκη κύματος τα οποία επιλέχθηκαν καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα της οπτικής ακτινοβολίας και παρουσιάζουν ιδιαίτερες εφαρμογές στη βιοϊατρική. Συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η δυνατότητα Γένεσης Δεύτερης Αρμονικής (Second Harmonic Generation, SHG) από τα λεπτά υμένια κολλαγόνου μετά από διέγερση με laser στην περιοχή του εγγύς υπερώθρου (Near Infrared, NIR). Η γένεση αυτού του σήματος μπορεί να αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη τεχνικών μη-γραμμικής οπτικής ως διαγνωστικού εργαλείου για την ανίχνευση παθολογικών καταστάσεων που σχετίζονται με διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών των ινών κολλαγόνου. Στη συνέχεια, διερευνήθηκε η επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας (ultraviolet, UV) με το κολλαγόνο. Δεδομένου ότι η UV ακτινοβολία έχει συσχετιστεί με διάφορες παθολογικές καταστάσεις, όπως φωτογήρανση, και η ακτινοβολία αυτή χρησιμοποιείται για την επεξεργασία βιολογικών υλικών κολλαγόνου για σκοπούς αποστείρωσης ή ανάπτυξης σταυροδεσμών για βελτίωση των ιδιοτήτων τους. Τέλος,

διερευνήθηκε η επίδραση της χαμηλής ισχύος ακτινοβολίας laser στην περιοχή του ερυθρού (Low-Level Red Laser, LLRL), η οποία χρησιμοποιείται ευρέως για τη θεραπεία με laser χαμηλής ισχύος (Low-Level Laser Therapy, LLLT). Η LLLT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση ενός εύρους παθολογικών καταστάσεων, μεταξύ των οποίων και η αξιοποίηση της για την επούλωση πληγών. Για τις περιπτώσεις της ακτινοβολήσης με UV και LLRL διερευνήθηκε επιπλέον και η έμμεση επίδραση της οπτικής ακτινοβολίας στην κυτταρική συμπεριφορά, και συγκεκριμένα σε δερματικούς ινοβλάστες, μέσω της χρησιμοποίησης ακτινοβολημένων υμενίων ως υποστρώματων καλλιέργειας κυττάρων.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΥΜΕΝΙΩΝ ΚΟΛΛΑΓΟΝΟΥ ΣΕ ΙΝΟΒΛΑΣΤΕΣ

Αρχικά, τα μοντέλα βιολογικής επιφάνειας που αναπτύχθηκαν αξιοποιήθηκαν για τη διερεύνηση της διαδικασίας με την οποία συγκεκριμένα επιφανειακά επιδρούν στην κυτταρική συμπεριφορά (Εικόνα 1). Από τα αποτελέσματα προέκυψε, ότι τα υμένια μπορούν να αποτελέσουν υποστρώματα φυσιολογικής καλλιέργειας κυττάρων και ότι οι ινοβλάστες αποκρίνονται στην τοπογραφία των υμενίων. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκαν υμένια κολλαγόνου με προσανατολισμένες ίνες/ινίδια, οι ινοβλάστες ακολούθησαν την κύρια κατεύθυνση των ινών του κολλαγόνου, ενώ στα υμένια με τυχαία προσανατολισμένες ίνες οι ινοβλάστες δεν παρουσιάζουν κανένα πρότυπο διεύθησης τους στο χώρο κατά την ανάπτυξη τους [2].



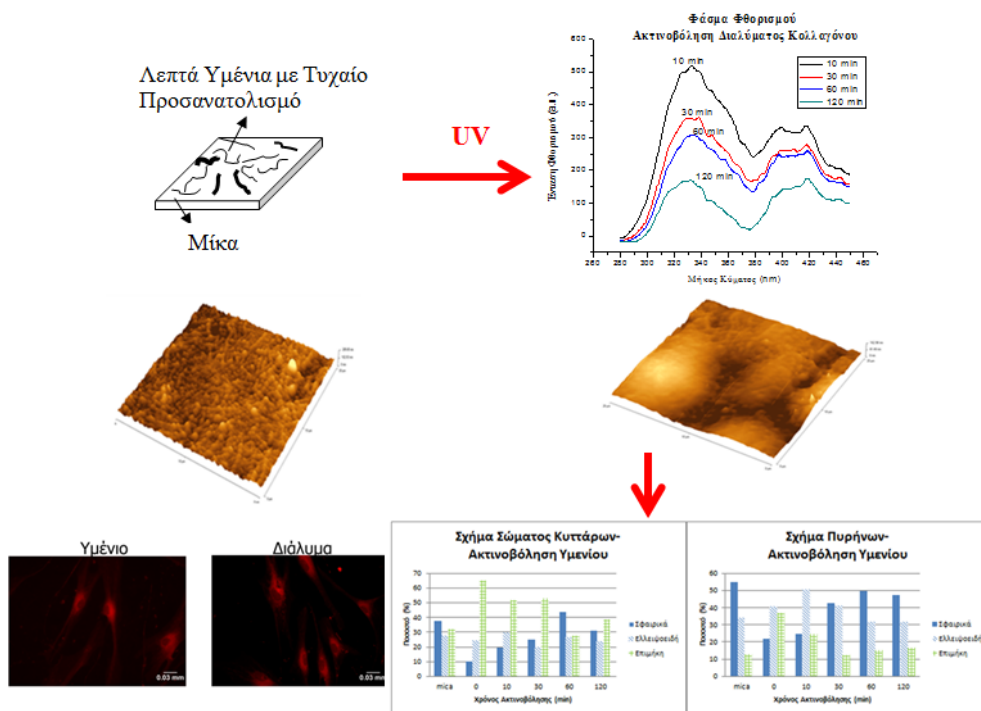
Εικόνα 1: Σύνοψη χρήσης μοντέλου βιολογικής επιφάνειας για τη διερεύνηση της επίδρασης επιφανειακών χαρακτηριστικών κολλαγόνου στην κυτταρική συμπεριφορά.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΑ ΛΕΠΤΑ ΥΜΕΝΙΑ ΚΟΛΛΑΓΟΝΟΥ

Στην περίπτωση της UV (254 nm) στο κολλαγόνο, τα λεπτά υμένια επέτρεψαν τη διερεύνηση των διαφοροποιήσεων που προκύπτουν από την UV-ακτινοβολήση στις οπτικές ιδιότητες του κολλαγόνου (φθορισμό, απορρόφηση) και στην τοπογραφία του και την διερεύνηση της ικανότητας χρήσης τους ως υποστρώματος καλλιέργειας κυττάρων (Εικόνα 2). Τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι για τις δόσεις και χρόνους που χρησιμοποιήθηκαν ο φθορισμός του κολλαγόνου αυξάνεται, με ταυτόχρονη αύξηση της απορρόφησης. Οι αλλαγές αυτές στα φάσματα οφείλονται στη φωτο-αποδόμηση που προκαλεί η UV ακτινοβολία στο ινώδες

κολλαγόνο. Στην περίπτωση όπου η ακτινοβολία πραγματοποιείται απευθείας στο λεπτό υμένιο για μικρούς χρόνους ακτινοβολήσης και μικρές δόσεις ενέργειας, η τοπογραφία δεν αλλοιώνεται καθώς δεν ανιχνεύθηκαν διαφοροποιήσεις στις ίνες του κολλαγόνου ή στην τραχύτητα της επιφάνειας. Όμως στην περίπτωση των υμενίων που σχηματίζονται από το UV-ακτινοβολημένο κολλαγόνο παρόλο που δεν παρατηρήθηκαν αλλοιώσεις στις ίνες/ινίδια του κολλαγόνου, η επιφανειακή τραχύτητα παρουσίασε αυξομειώσεις, γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι η φωτο-αποδόμηση είναι μια αντιστρέψιμη διαδικασία όταν η UV-ακτινοβολήση γίνει σε υγρό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα της ανάπτυξης πρωτογενούς καλλιέργειας ανθρώπινων δερματικών ινοβλαστών στα λεπτά υμένια και στις δυο περιπτώσεις έδειξαν, ότι η συμπεριφορά των κυττάρων επηρεάστηκε από την ακτινοβολήση. Με την αύξηση του χρόνου ακτινοβολήσης, το σώμα των ινοβλαστών και των πυρήνων τους γινόταν όλο και πιο σφαιρικό, γεγονός το οποίο για τους ινοβλάστες αποτελεί ένδειξη μη

φυσιολογικής ανάπτυξης [3,4].

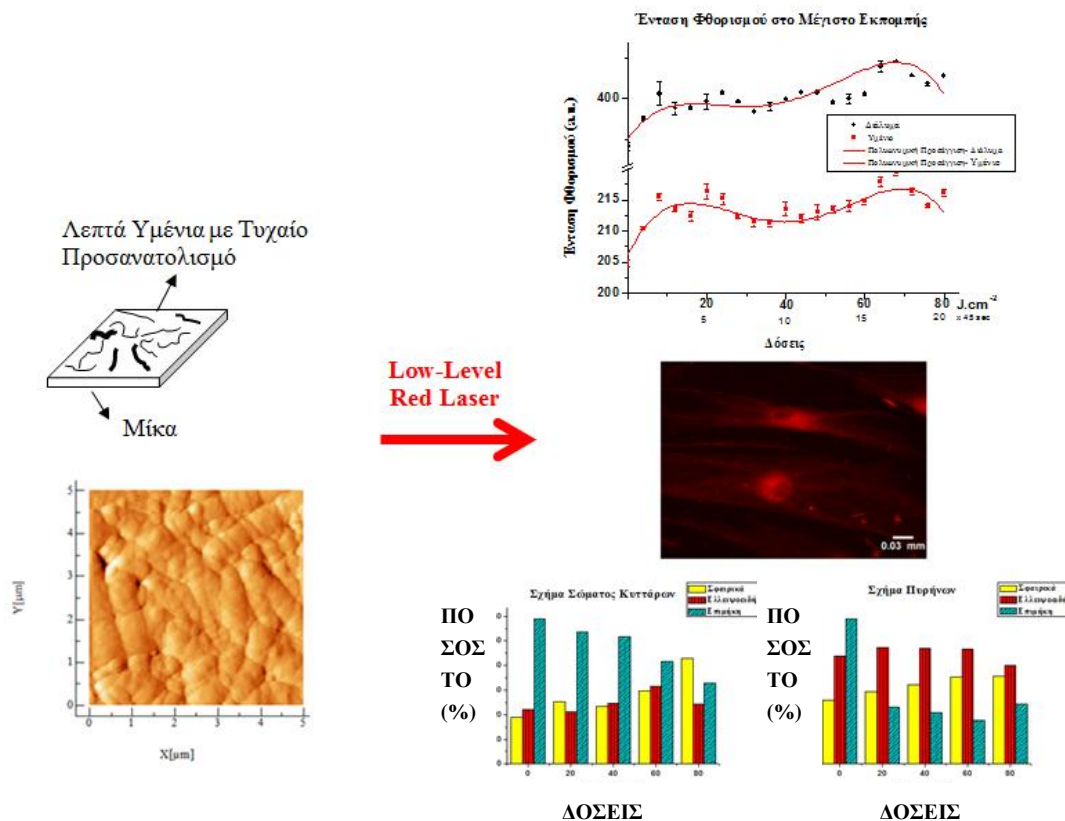


Εικόνα 2: Σύνοψη χρήσης μοντέλου βιολογικής επιφάνειας για τη διερεύνηση της επίδρασης της υπερϊώδους ακτινοβολίας στο κολλαγόνο.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΙΣΧΥΟΣ LASER ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΡΥΘΡΟΥ ΣΤΑ ΛΕΠΤΑ ΥΜΕΝΙΑ ΚΟΛΛΑΓΟΝΟΥ

Η τελευταία οπτική ακτινοβολία, η οποία διερευνήθηκε με τη χρήση των λεπτών υμενίων κολλαγόνου ως μοντέλο βιολογικής επιφάνειας, ήταν η χαμηλής ισχύος ακτινοβολία laser στην περιοχή του ερυθρού (LLRL, 661 nm). Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν, ότι ενώ παρατηρήθηκαν μικρές αυξήσεις στην ένταση του εκπεμπόμενου φθορισμού, δεν ανιχνεύθηκαν αλλαγές στη νανο-τοπογραφία του κολλαγόνου μετά την ακτινοβολήση. Πρέπει να σημειωθεί, ότι οι παράμετροι ακτινοβολήσης (μήκος κύματος, δόση, χρόνος ακτινοβολήσης) είναι της τάξης μεγέθους με αυτές που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία με laser χαμηλής ισχύος (Εικόνα 3). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι οι ινοβλάστες διαφοροποιήθηκαν όταν τα LLRL-ακτινοβολημένα υμένια χρησιμοποιήθηκαν ως υπόστρωμα για την καλλιέργεια των κυττάρων. Με την αύξηση των επαναλήψεων

ακτινοβόλησης και επομένως της προσφερόμενης δόσης στα λεπτά υμένια, οι ινοβλάστες γίνονταν όλο και πιο σφαιρικοί. Αυτό αποτελεί ένδειξη μη φυσιολογικής ανάπτυξης των ινοβλαστών, όπως αυτή που παρατηρήθηκε στα UV-ακτινοβολημένα υμένια.



Εικόνα 3: Σύνοψη χρήσης μοντέλου βιολογικής επιφάνειας για τη διερεύνηση της επίδρασης της χαμηλής ισχύος ακτινοβολία laser στην περιοχή του ερυθρού στο κολλαγόνου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Stylianou, A., Yova, D., Surface Nanoscale Imaging of Collagen Thin by Atomic Force Microscopy, *Materials Science and Engineering: C*, 2013, 33(5), 2947-2957
2. Stylianou, A., Yova, D., Politopoulos, K., Atomic Force Microscopy Quantitative and Qualitative Nanoscale Characterization of Collagen Thin Films, *Proceedings of the 5th Conference on Emerging Technologies in NDT*, 2012, 415-420
3. Stylianou, A., Yova, D., Alexandratou, E., Petri, A., Atomic force imaging microscopy investigation of the interaction of ultraviolet radiation with collagen thin films, *Proc. SPIE*, 2013, art. no. 85940E
4. Stylianou, A., Yova, D., Politopoulos, K., Atomic Force Microscopy Surface Nanocharacterization of UV-Irradiated Collagen Thin Films, *IEEE Proceedings of BIBE 2012*, 2012, 602-607
5. Stylianou, A., Yova, D., Alexandratou, E., Nanotopography of collagen thin films in correlation with fibroblast response, *Journal of Nanophotonics*, 2013, 7(1), art no. 073590



Επεξεργασία Σημάτων Μουσικής και Εφαρμογές Αναγνώρισης

Αθανασία Ζλατίντση

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών,
Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Η διδακτορική αυτή έρευνα ασχολείται με το θέμα της ψηφιακής επεξεργασίας μουσικών σημάτων και την ανάλυσή τους με υπολογιστικές μεθόδους με στόχο την εξαγωγή χρήσιμης πληροφορίας για την αναγνώρισή τους. Συγκεκριμένα μελετώνται και αναπτύσσονται αποτελεσματικοί αλγόριθμοι, με τη χρήση μη-γραμμικών μοντέλων, για την επεξεργασία των σημάτων μουσικής, την κατανόηση μουσικών φαινομένων και τη μοντελοποίησή τους. Οι κυρίες κατευθύνσεις της έρευνας αυτής αφορούν τη διερεύνηση και την ανάλυση των σχέσεων μεταξύ των μουσικών οργάνων για την κατανόηση της λειτουργίας και των δομών τους, την εξέταση των χαρακτηριστικών των διαφορετικών ειδών μουσικής, και τέλος την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μοντέλων αυτών για την ανίχνευση σημαντικών μουσικών και γενικά ακουστικών γεγονότων.

Η ανάλυση αυτή συνεισφέρει στην έρευνα και στην τεχνολογία αιχμής που σχετίζεται με την αυτόματη κατηγοριοποίηση της μουσικής μέσω των διαφορετικών αυτών πλαισίων, αλλά και στη δημιουργία περιλήψεων των ηχητικών σημάτων. Συγκεκριμένα, η χρησιμότητα της έρευνας αυτής διαφαίνεται σε εφαρμογές όπως η αυτόματη αναζήτηση μουσικών κομματιών με βάση το είδος, η αναγνώριση βασικών δομών της μουσικής, όπως για παράδειγμα τα μουσικά όργανα, και η γρήγορη αναζήτηση πληροφοριών του περιεχομένου των δεδομένων με τη βοήθεια συνοπτικών ηχητικών αποσπασμάτων.

Τα ερευνητικά πεδία της έρευνας αυτής συνοψίζονται στη συνέχεια:

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΣΤΑ ΠΛΑΤΙΣΙΑ ΤΗΣ ΦΡΑΚΤΑΛ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ.

Ξεκινώντας από το πρωταρχικό πρόβλημα της διερεύνησης των δομών των σημάτων μουσικής, εξετάσαμε την πολυπλοκότητα και την ανομοιογένεια των μουσικών σημάτων με μετρήσεις βασισμένες στη Φράκταλ (*Fractal*) θεωρία, όπου και διερευνήθηκε η φράκταλ διάσταση των μουσικών σημάτων σε πολλαπλές κλίμακες (*multiscale fractal dimension, MFD*). Διάφορες μελέτες έχουν δείξει πως οι μουσικοί ήχοι εμφανίζουν φράκταλ δομές. Στη συγκεκριμένη έρευνα εστίασαμε στα διαφορετικά μεταβατικά στάδια των μουσικών σημάτων (π.χ. στην αρχή της μουσικής νότας (*attack*) και στη σταθερή κατάσταση (*sustain*)) για την εύρεση ακριβώς αυτής της πληροφορίας που βοηθά στην κατηγοριοποίησή τους. Παράλληλα,



εφαρμόσαμε τον αλγόριθμο μορφολογικής κάλυψης σε συνθετικά σήματα για να αξιολογήσουμε διάφορες παρατηρήσεις μας, ενώ ενσωματώσαμε τη φράκταλ διάσταση σε πολλαπλές κλίμακες ως χαρακτηριστικό σε πειράματα αναγνώρισης μουσικών οργάνων, παρατηρώντας πως μπορεί να διακρίνει διάφορα χαρακτηριστικά τους. Η αξιολόγηση διενεργήθηκε με τη χρήση αλγορίθμων της αναγνώρισης προτύπων, όπως τα Γκαουσιανά μοντέλα (*Gaussian mixture models, GMM*) και τα κρυφά Μαρκοβιανά μοντέλα (*hidden Markov models, HMM*), σε σύγκριση αλλά και σε συνδυασμό με βασικά χαρακτηριστικά, όπως τα *Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)*, με πολύ καλά αποτελέσματα αναγνώρισης των μουσικών οργάνων και μείωση σφάλματος έως και 32%.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕ ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ.

Έχοντας ως κύριο στόχο την αναζήτηση των δομών αυτών που διαχωρίζουν τη μουσική, συνεχίσαμε εξετάζοντας το μοντέλο διαμορφώσεων AM-FM (*amplitude and frequency modulation models*), όπου και εφαρμόσαμε την πολυζωνική ανίχνευση των διαμορφώσεων στα σήματα μουσικής, χρησιμοποιώντας συστοιχίες φίλτρων. Συγκεκριμένα, μελετήσαμε και επεκτείναμε τον αλγόριθμο διαχωρισμού ενέργειας ESA (*Energy Separation Algorithm*), για την εξαγωγή εύρωστων αναπαραστάσεων και τη μοντελοποίηση των μικροδομών των ήχων των μουσικών οργάνων. Παρατηρώντας την ακρίβεια του μοντέλου και τη δυνατότητα των χαρακτηριστικών για τη συγκεκριμένη εφαρμογή συνεχίσαμε με την ανάλυση και εφαρμογή του Επαναληπτικού-ESA (*Iterative-ESA*). Καταλήξαμε σε σημαντικά συμπεράσματα τα οποία σχετίζονται με τη δυνατότητα του αλγορίθμου για τη δημιουργία καλύτερων εκτιμήσεων των χαρακτηριστικών, πιο εύστοχο προσδιορισμό των δομών της μουσικής ενώ επίσης διαπιστώσαμε πως ο επαναληπτικός-ESA θα μπορούσε πιθανώς να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του αρμονικού περιεχομένου των μουσικών ήχων. Η ανάλυση καθώς και η πειραματική αξιολόγηση των προτεινόμενων μεθόδων και χαρακτηριστικών υλοποιήθηκε με τη χρήση GMM και HMM, σε σχέση με βασικά χαρακτηριστικά τα οποία επιλέχθηκαν για την καλή τους απόδοση, οδηγώντας σε πολύ καλά αποτελέσματα αναγνώρισης και μείωση λάθους έως και 60%.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΜΕ ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ.

Για το πρόβλημα της ανάλυσης και κατηγοριοποίησης των διαφορετικών ειδών μουσικής, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της έρευνας που προηγήθηκε, αξιολογήσαμε το μοντέλο AM-FM για τη μοντελοποίηση των μικροδομών και των μακροδομών των μουσικών σημάτων. Εξάγαμε χαρακτηριστικά όπως το μέσο στιγμιαίο πλάτος, η μέση στιγμιαία συχνότητα και το ποσοστό διαμόρφωσης της συχνότητας, επεκτείναμε τον αλγόριθμο ESA ενώ παράλληλα προτείναμε τη δημιουργία συστοιχίας φίλτρων εστιασμένων στα μουσικά σήματα (μουσική συστοιχία φίλτρων) για την εξαγωγή πιο εύρωστων αναπαραστάσεων. Επιπλέον, αξιολογήσαμε διαφορετικές μορφές αναπαραστάσεων των χαρακτηριστικών, όπως για παράδειγμα περιγραφείς βασισμένους σε βραχέος χρόνου ανάλυση ή στις μακροδομές των σημάτων μουσικής. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης και των πειραμάτων αναγνώρισης



ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά με μείωση σφάλματος ως και 28% όταν τα προτεινόμενα χαρακτηριστικά συνδυάζονται με τα MFCC.

Τα σημαντικότερα συμπεράσματα της διερεύνησης αυτής είναι τα ακόλουθα: (α) οι διαμορφώσεις μπορούν να περιγράψουν σημαντικά φαινόμενα των σημάτων μουσικής, όπως για παράδειγμα τις μικρο-μεταβολές που συμβαίνουν λόγω των δομών τους (π.χ. μελωδία, ρυθμός κ.ά.). (β) Η χρήση αναπαραστάσεων οι οποίες βασίζονται στις μακροδομές των μουσικών σημάτων επιφέρουν σημαντική μείωση της πολυπλοκότητας του συστήματος κατηγοριοποίησης, εφόσον επιτυγχάνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα χρησιμοποιώντας απλούστερα μοντέλα τύπου GMM. (γ) Η εισαγωγή της νέας «μουσικής» συστοιχίας φίλτρων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία συνόλων χαρακτηριστικών με ιδιαίτερα αξιολογη διακριτική ικανότητα στην κατηγοριοποίηση των διαφορετικών ειδών μουσικής.

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ BAG-OF-WORDS ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ.

Βασιστήκαμε σε ιδέες της Όρασης Υπολογιστών, διατυπώνοντας μία διαφορετική διαδικασία για την εξαγωγή χαρακτηριστικών μέσω του μοντέλου *Bag-of-Words* (*BoW*). Ακολουθώντας την προσέγγιση αυτή επιτυγχάνεται η δημιουργία ενός «μουσικού λεξικού», το οποίο χρησιμοποιείται για την περιγραφή του κάθε μουσικού κομματιού βάσει της συχνότητας των «μουσικών λέξεων» που περιλαμβάνει. Οι αναπαραστάσεις που δημιουργούνται αξιολογούνται με τη χρήση των *Support Vector Machines* (*SVMs*) με μείωση λάθους ως και 11% για τον συνδυασμό των μη-γραμμικών χαρακτηριστικών σε σχέση με τα MFCC και 16% σε συνδυασμό με τα MFCC. Με τη μέθοδο αυτή αντιμετωπίζουμε διάφορα προβλήματα πολυπλοκότητας κατά την κατηγοριοποίηση, λόγω των νέων συμπαγών αναπαραστάσεων.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΛΗΨΕΩΝ.

Βασιζόμενοι σε προηγούμενη ερευνητική μας εργασία, εξετάσαμε την καταλληλότητα του μη-γραμμικού AM-FM μοντέλου για την ανίχνευση σημαντικών ακουστικών γεγονότων. Συγκεκριμένα, εξετάσαμε χαρακτηριστικά όπως το μέσο στιγμιαίο πλάτος, η μέση στιγμιαία συχνότητα και η μέση τιμή της Teager ενέργειας και προτείναμε υπολογιστικές μεθόδους για την ενδοτροπική σύμμειξη τους (*intramodal fusion*) και τη δημιουργία αναπαραστάσεων σημαντικότητας (*saliency*). Οι αναπαραστάσεις αυτές αποτελούν τελικά το κριτήριο επιλογής αντιληπτικά σημαντικών ηχητικών γεγονότων για τη δημιουργία ηχητικών συνόψεων. Παράλληλα, επεκτείναμε τον αλγόριθμο δημιουργίας περιλήψεων προτείνοντας αλγόριθμο βελτίωσης του, ο οποίος βασίζεται σε ιδέες της μαθηματικής μορφολογίας, με αποτέλεσμα αντιληπτικά ποιοτικές περιλήψεις. Η αξιολόγηση των προτεινόμενων αλγορίθμων για την εξαγωγή γεγονότων και τη δημιουργία αυτόματων περιλήψεων διεξάγεται με εκτενείς ποσοτικές αξιολογήσεις. Κατά τη διάρκεια της διδακτορικής αυτής διατριβής ασχοληθήκαμε επίσης με το θέμα της ανίχνευσης σημαντικών γεγονότων σε πολυμεσικά δεδομένα, αξιοποιώντας τα προηγούμενα αποτελέσματά μας και επεκτείνοντας προ-υπάρχουσα ερευνητική μας εργασία για τη δημιουργία περιλήψεων από ταινίες.



ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΑΙΝΙΕΣ «MOVIESUM DATABASE».

Αλγόριθμοι ανίχνευσης γεγονότων και δημιουργίας περιλήψεων μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά όταν υπάρχουν οι κατάλληλες συλλογές δεδομένων για την εκπαίδευση, την προσαρμογή και την αξιολόγηση των παραμέτρων τους. Για το λόγο αυτό, αναπτύξαμε μία συστηματική βάση δεδομένων από ταινίες, η οποία επισημειώνεται με τη μονοτροπική και την πολυτροπική σημαντικότητα του βίντεο αλλά και τη σημασιολογική πληροφορία, η οποία αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τις αξιολογήσεις των αλγορίθμων ανίχνευσης ηχητικών/πολυμεσικών γεγονότων και των ηχητικών και πολυμεσικών περιλήψεων.



Ανάλυση και Επαλήθευση Απαιτήσεων Λογισμικού Πολλαπλών Εμπλεκομένων κατά τον Χρόνο Εκτέλεσης

Χατζηκωνσταντίνου Γεώργιος, Κοντογιάννης Κωνσταντίνος

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π.,

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Τα μεγάλα συστήματα λογισμικού αποτελούνται από πολλά συστατικά μέρη και υλοποιούν πολύπλοκες διαδικασίες οι οποίες θα πρέπει να ακολουθούν συγκεκριμένες προδιαγραφές. Οι προδιαγραφές αυτές μπορούν να περιγραφούν ως ένα σύνολο στόχων οι οποίοι συνήθως είναι διαφορετικοί για κάθε εμπλεκόμενο (stakeholder) του συστήματος. Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η επαλήθευση συστημάτων λογισμικού κατά το χρόνο εκτέλεσης με τη χρήση τεχνικών μοντελοποίησης που παραδοσιακά χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση απαιτήσεων λογισμικού στη φάση της σχεδίασης (design time).

ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Επαλήθευση συστημάτων λογισμικού κατά το χρόνο εκτέλεσης (runtime verification) είναι η διαδικασία εκείνη κατά την οποία ελέγχεται αν ένα σύστημα λογισμικού ακολουθεί μία συγκεκριμένη αναμενόμενη συμπεριφορά [1,2]. Στην παρούσα εργασία υιοθετείται μία προσέγγιση η οποία χρησιμοποιεί στοιχεία από την ερευνητική περιοχή των απαιτήσεων λογισμικού (software requirements) και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιεί ως αφετηρία την εργασία των Zave και Jackson [3]. Σύμφωνα με την εργασία αυτή, δοθέντος ενός συνόλου R απαιτήσεων λογισμικού και ενός συνόλου D αρχών που ισχύουν στην περιοχή εφαρμογής (domain assumptions), το πρόβλημα ικανοποίησης απαιτήσεων (requirements satisfaction problem) έγκειται στον προσδιορισμό ενός κατάλληλου συνόλου προδιαγραφών S για το υπό εξέταση σύστημα, το οποίο είναι ικανό να εξασφαλίσει την υλοποίηση όλων των απαιτήσεων. Τα παραπάνω μπορούν να περιγραφούν συνοπτικά από την παρακάτω εξίσωση:

$$D \cup S \vdash R \quad (1)$$

Κατά παρόμοιο τρόπο, το πρόβλημα της επαλήθευσης λογισμικού μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: δοθέντος ενός συνόλου R στόχων τους οποίους το υπό εξέταση σύστημα πρέπει να ικανοποιεί, ενός συνόλου D αρχών που ισχύουν στην περιοχή εφαρμογής, και της περιγραφής του συστήματος ως ένα σύνολο S παρατηρήσεων που μπορούν να εξαχθούν από το σύστημα καθώς αυτό λειτουργεί (π.χ. logged events), πρέπει να προσδιοριστεί ο βαθμός ικανοποίησης των στόχων στο σύνολο R .

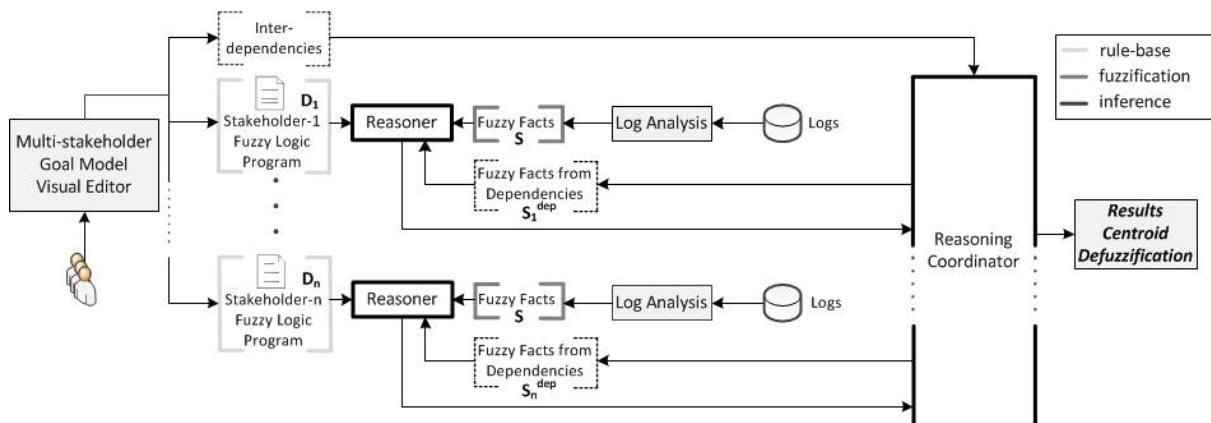
Αν επιπλέον λάβουμε υπ' όψιν ότι ο κάθε εμπλεκόμενος (stakeholder) στο σύστημα έχει ένα διαφορετικό σύνολο στόχων, κρίνεται απαραίτητο να οριστεί μία διαφορετική εξίσωση για κάθε stakeholder. Επομένως, το πρόβλημα μπορεί να διατυπωθεί χρησιμοποιώντας το παρακάτω σύνολο εξισώσεων:

$$D_j \cup S \cup S_j^{dep} \vdash R_j \quad (2)$$

όπου R_j είναι οι στόχοι του j -οστού stakeholder, D_j οι κανόνες που περιγράφουν τις σχέσεις μεταξύ αυτών των στόχων, και S οι παρατηρήσεις που εξάγονται από το σύστημα. Τέλος, καθώς υπάρχουν αλληλοεξαρτήσεις μεταξύ των στόχων που ορίζουν οι διαφορετικοί stakeholders, το σύνολο S_j^{dep} περιέχει τους κανόνες που εκφράζουν τις εξαρτήσεις των στόχων του j -οστού stakeholder από τους στόχους των υπόλοιπων stakeholders.

ΤΟ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το προτεινόμενο περιβάλλον πλαίσιο για την επίλυση του προβλήματος της επαλήθευσης απαιτήσεων λογισμικού στο χρόνο εκτέλεσης βασίζεται στις αρχές των ασαφών ελεγκτών (fuzzy controllers). Σύμφωνα με το [4] ένας ασαφής ελεγκτής δομείται από τέσσερα στοιχεία: α) μία βάση γνώσης (rule-base) που περιγράφει τις αρχές της περιοχής εφαρμογής, β) μία διαδικασία ασαφοποίησης (fuzzification process) για τη μετατροπή της εισόδου (input) σε επεξεργάσιμη μορφή, γ) ένα μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων (inference mechanism), και δ) μία διαδικασία αποσαφοποίησης (defuzzification process) για την ερμηνεία της εξόδου (output). Το προτεινόμενο περιβάλλον πλαίσιο απεικονίζεται στην Εικόνα 1, όπου φαίνεται ταυτόχρονα και η αντιστοίχιση των διαφόρων τμημάτων του με τα στοιχεία ενός ασαφούς ελεγκτή.



Εικόνα 1: Το προτεινόμενο περιβάλλον πλαίσιο

Αρχικά, ο κάθε εμπλεκόμενος (stakeholder) στο σύστημα ορίζει ένα σύνολο επιθυμητών στόχων τους οποίους θα πρέπει να ικανοποιεί το υπό εξέταση σύστημα μαζί με τις εξαρτήσεις και αλληλεπιδράσεις που ενδέχεται να υπάρχουν μεταξύ αυτών των στόχων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μίας γραφικής αναπαράστασης, η οποία βασίζεται στη χρήση AND/OR δέντρων στόχων (AND/OR goal trees) [5] και έχει αυστηρά ορισμένη σημειολογία (semantics). Τα μοντέλα αυτά μετατρέπονται στη συνέχεια σε σταθμισμένα ασαφή λογικά προγράμματα (weighted fuzzy logic programs) [6] τα οποία και θα αποτελέσουν τη βάση γνώσης του ελεγκτή. Κάθε τέτοιο σταθμισμένο ασαφές λογικό πρόγραμμα αντιστοιχεί στο



σύνολο D_j της εξίσωσης (2).

Έπειτα, το σύνολο των παρατηρήσεων S_j που μπορούν να εξαχθούν από το σύστημα μετατρέπονται σε ασαφή δεδομένα (fuzzy facts) μέσω μίας κατάλληλης διαδικασίας ασαφοποίησης. Τέλος, χρησιμοποιώντας μία κατάλληλη μηχανή συμπερασμού (inference engine) [6], τα δεδομένα αυτά σε συνδυασμό με τα ασαφή προγράμματα επιτρέπουν τον υπολογισμό του βαθμού ικανοποίησης των αρχικών στόχων που έχουν θέσει οι stakeholders του συστήματος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία προτείνεται μία επέκταση των μοντέλων δέντρων στόχων για την απεικόνιση στόχων πολλαπλών εμπλεκόμενων, τα οποία σε συνδυασμό με κατάλληλες μηχανές συμπερασμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση συστημάτων λογισμικού κατά το χρόνο εκτέλεσης. Το προτεινόμενο περιβάλλον πλαίσιο εφαρμόζει έναν παράλληλο αλγόριθμο για την επίλυση του προβλήματος επιτυγχάνοντας χρόνους εκτέλεσης που επιτρέπουν τη χρήση του κατά το χρόνο εκτέλεσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. M. Leucker, C. Schallhart, A brief account of runtime verification, *J. Log. Algebr. Program.* 78 (5) (2009) 293–303.
2. Y. Falcone, J.-C. Fernandez, L. Mounier, Runtime verification of safety progress properties, in: S. Bensalem, D. Peled (Eds.), *RV*, Vol. 5779 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 2009, pp. 40–59.
3. P. Zave, M. Jackson, Four dark corners of requirements engineering, *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.* 6 (1) (1997) 1–30.
4. K. M. Passino, S. Yurkovich, *Fuzzy Control*, 1st Edition, Addison-Wesley, Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 1997.
5. A. K. Chopra, F. Dalpiaz, P. Giorgini, J. Mylopoulos, Reasoning about agents and protocols via goals and commitments, in: W. van der Hoek, G. A. Kaminka, Y. Lesperance, M. Luck, S. Sen (Eds.), *AAMAS, IFAAMAS*, 2010, pp. 457–464.
6. A. Chortaras, G. B. Stamou, A. Stafylopatis, Definition and adaptation of weighted fuzzy logic programs, *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 17 (1) (2009) 85–135.



Μηχανισμός Εκχώρησης Ισχύος για Γνωστικά Δορυφορικά-Επίγεια Δίκτυα με Περιορισμούς Ποιότητας Υπηρεσίας

**Σταυρούλα Βασάκη, Μάριος Πουλάκης, Αθανάσιος Παναγόπουλος,
Φίλιππος Κωνσταντίνου**

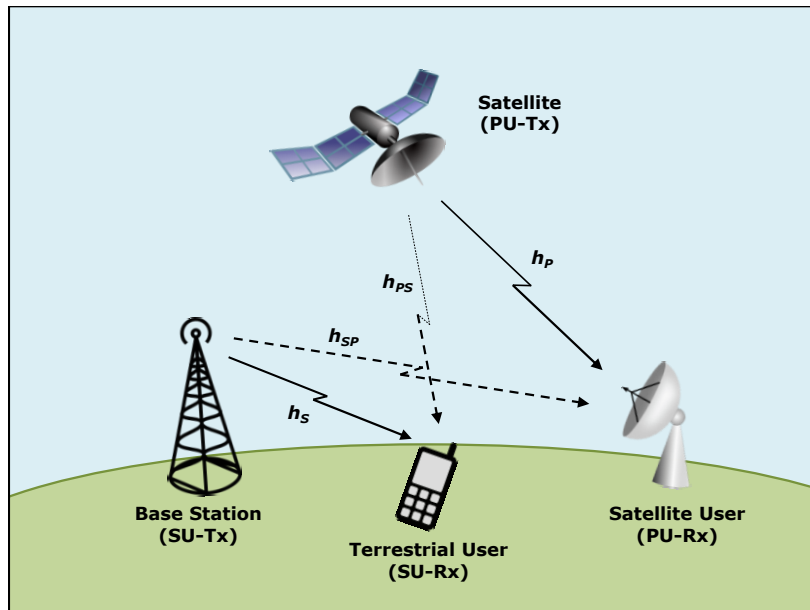
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αυξανόμενη ζήτηση για πολυμεσικές υπηρεσίες υψηλού ρυθμού μετάδοσης σε συνδυασμό με την υπο-χρησιμοποίηση των περιορισμένων διαθέσιμων φασματικών πόρων στις δορυφορικές ζώνες συχνοτήτων οδήγησαν, πρόσφατα, τους ερευνητές να προτείνουν την έννοια των γνωστικών δορυφορικών-επίγειων δικτύων [1,2]. Η συγκεκριμένη έννοια αποτελεί μια υποσχόμενη αρχιτεκτονική δικτύου που επιτρέπει τη συνύπαρξη ενός δορυφορικού δικτύου με ένα επίγειο, το οποίο λειτουργεί στην ίδια ζώνη συχνοτήτων. Για το σενάριο των γνωστικών δορυφορικών-επίγειων δικτύων, θα πρέπει να σχεδιαστούν κατάλληλα διάφορες γνωστικές λειτουργίες, έτσι ώστε να βελτιωθεί η επικοινωνία των δορυφορικών χρηστών που έχουν μη ευνοϊκές συνθήκες διάδοσης, παρέχοντας ταυτόχρονα συγκεκριμένη ποιότητα επικοινωνίας και στους επίγειους χρήστες. Ορισμένα βασικά μοντέλα συστήματος που ενσωματώνουν τα γνωστικά χαρακτηριστικά έχουν παρουσιαστεί στο [2]. Ωστόσο, προκειμένου να εξασφαλισθεί η υψηλή απόδοση του δικτύου, θα πρέπει να μελετηθούν επίσης αποδοτικά σχήματα διαχείρισης ραδιοπόρων που να λαμβάνουν υπόψη τα εγγενή χαρακτηριστικά τόσο των δορυφορικών, όσο και των επίγειων δικτύων.

ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Στη συγκεκριμένη εργασία, θεωρείται η καινοτόμος αρχιτεκτονική ενός γνωστικού δορυφορικού επίγειου δικτύου, όπου ένα επίγειο δίκτυο το οποίο λειτουργεί ως δευτερεύον σύστημα, συνυπάρχει με ένα δορυφορικό δίκτυο που έχει το ρόλο του πρωτεύοντος συστήματος. Η αρχιτεκτονική του γνωστικού δορυφορικού-επίγειου απεικονίζεται στην Εικόνα 1. Συγκεκριμένα, δεδομένου ότι το δορυφορικό σύστημα αντιμετωπίζει συνήθως δυσμενέστερες συνθήκες διάδοσης, θεωρείται ότι έχει υψηλότερη προτεραιότητα και αποτελεί το πρωτεύον σύστημα, ενώ το επίγειο δίκτυο αντιστοιχεί στο δευτερεύον σύστημα. Από τεχνολογικής πλευράς, το δορυφορικό σύστημα μπορεί να είναι ένα σύστημα DVB-SH και το επίγειο σύστημα μπορεί να είναι είτε ένα δίκτυο UMTS, είτε ένα σύστημα LTE.

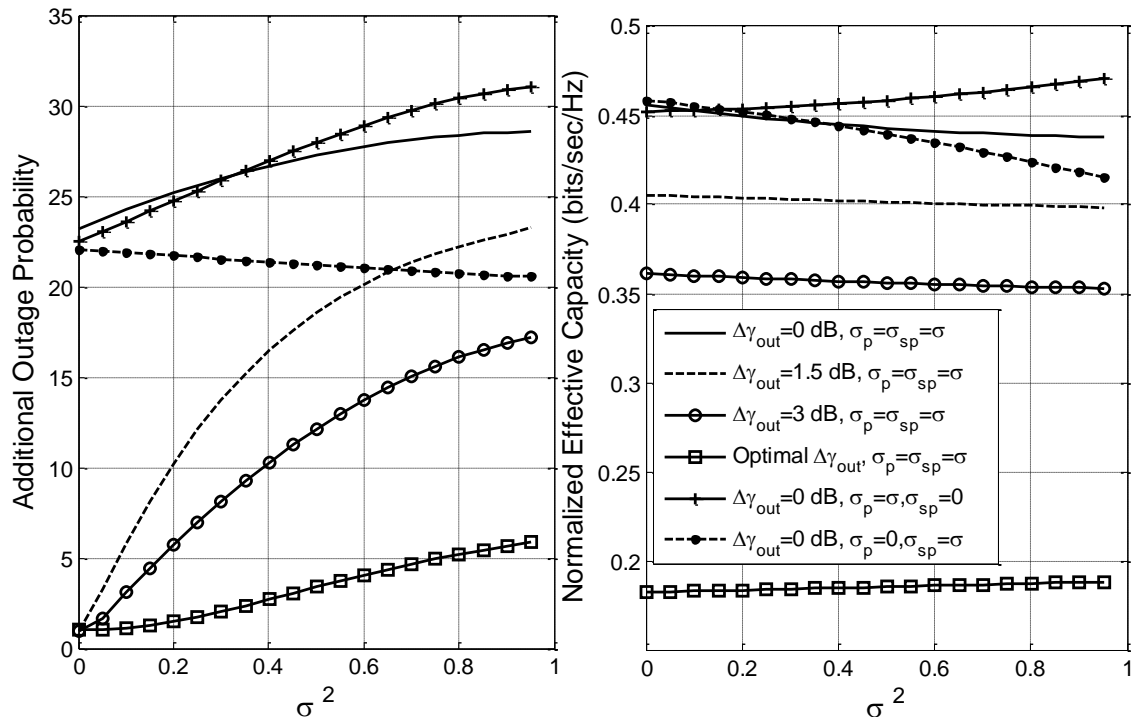


Εικόνα 1: Σενάριο γνωστικού δορυφορικού επίγειου δικτύου υπό μελέτη

Επιπλέον, προτείνεται ένα αποδοτικό σχήμα εκχώρησης ισχύος για το επίγειο δίκτυο, το οποίο εξασφαλίζει συγκεκριμένη ποιότητα επικοινωνίας για τους χρήστες και των δύο δικτύων. Συγκεκριμένα, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η παροχή ποιότητας υπηρεσίας στο επίγειο δίκτυο, χρησιμοποιείται η έννοια της αποτελεσματικής χωρητικότητας [3], ενώ ταυτόχρονα η ποιότητα επικοινωνίας της δορυφορικής ζεύξης εξασφαλίζεται μέσω ενός περιορισμού για δεδομένη πιθανότητα διακοπής λειτουργίας. Συγκεκριμένα, αναλύεται ένας καινοτόμος αλγόριθμος εκχώρησης ισχύος, ο οποίος βελτιστοποιεί την αποτελεσματική χωρητικότητα της επίγειας ζεύξης, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει μια συγκεκριμένη πιθανότητα διακοπής λειτουργίας για τη δορυφορική ζεύξη. Επιπλέον, για το προτεινόμενο σχήμα εκχώρησης ισχύος, μελετάται τόσο η περίπτωση της τέλει γνώσης CSI, όσο και η περίπτωση της ατελούς γνώσης CSI.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις, μια παρατήρηση είναι ότι η αποτελεσματική χωρητικότητα της επίγειας ζεύξης μειώνεται καθώς οι περιορισμοί ποιότητας υπηρεσίας γίνονται πιο αυστηροί, το οποίο δείχνει ότι το κανάλι μπορεί να υποστηρίξει μόνο χαμηλότερες τιμές ρυθμού μετάδοσης προκειμένου να εγγυηθεί τις απαιτήσεις ποιότητας του επίγειου χρήστη. Στην περίπτωση της ατελούς εκτίμησης καναλιού, είναι εμφανές ότι προκύπτουν χαμηλότερες τιμές αποτελεσματικής χωρητικότητας, κάτι το οποίο δικαιολογείται δεδομένου ότι ο προτεινόμενος αλγόριθμος εισάγει ένα διάστημα προστασίας. Επιπλέον, παρατηρείται ότι οι συνθήκες σκίασης των δορυφορικών ζεύξεων καθώς και των επίγειων ζεύξεων επηρεάζουν σημαντικά την αποτελεσματική χωρητικότητα της δευτερεύουσας ζεύξης.



Εικόνα 2: Επιπρόσθετη πιθανότητα outage και κανονικοποιημένη αποτελεσματική χωρητικότητα ως προς τη διασπορά του σφάλματος εκτίμησης

Συγκεκριμένα, καθώς η δορυφορική ζεύξη έχει συνθήκες πιο ελαφριάς σκίασης, η παρεμβολή από το δορυφόρο στον επίγειο χρήστη αυξάνεται με αποτέλεσμα να οδηγεί σε μειωμένη αποτελεσματική χωρητικότητα. Αντίθετα, όταν η ζεύξη παρεμβολής από το σταθμό βάσης στο δορυφορικό χρήστη έχει συνθήκες μικρότερης εξασθένησης, ο σταθμός βάσης περιορίζεται να εκπέμπει σε χαμηλότερα επίπεδα ισχύος. Τέλος παρατηρείται (Εικόνα 2) ότι καθώς αυξάνεται η διασπορά του σφάλματος εκτίμησης, αυξάνεται και η επιπρόσθετη πιθανότητα outage, εκτός από την περίπτωση που ο σταθμός βάσης έχει ατελή γνώση μόνο για το κανάλι παρεμβολής από το σταθμό βάσης στο δορυφορικό χρήστη. Σε αυτή την περίπτωση, καθώς η διασπορά σφάλματος αυξάνεται, υπάρχει υψηλότερη πιθανότητα να υπερεκτιμάται το κανάλι παρεμβολής με αποτέλεσμα, ο σταθμός βάσης να εκπέμπει σε χαμηλότερα επίπεδα ισχύος προκειμένου να μην επηρεάσει την πρωτεύουσα ζεύξη και επομένως να μειώνεται η αποτελεσματική χωρητικότητα καθώς και η επιπρόσθετη πιθανότητα outage της δορυφορικής ζεύξης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το προτεινόμενο σχήμα αποτελεί ένα από τα πρώτα σχήματα διαχείρισης ραδιοπόρων για την καινοτόμο αρχιτεκτονική των γνωστικών δορυφορικών-επίγειων δικτύων, το οποίο λαμβάνει υπόψη τις απαιτήσεις ποιότητας και των δύο συστημάτων.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. S. Kandeepan, L. De Nardis, M.-G. Di Benedetto, A. Guidotti, and G. E. Corazza, “Cognitive satellite terrestrial radios,” in Proc. 2010 IEEE Global Telecommunications Conference , pp. 1–6.
2. S. K. Sharma, S. Chatzinotas, and B. Ottersten, “Satellite cognitive communications: interference modeling and techniques selection,” in Proc. 2012 Advanced Satellite Multimedia Systems Conference , pp. 111– 118.
3. D. Wu and R. Negi, “Effective capacity: a wireless link model for support of quality of service,” IEEE Trans. Wireless Commun. , vol. 2, no. 4, pp. 630–643, 2003



Σχεδίαση Ελάχιστου Λειτουργικού-Κατασκευαστικού Κόστους και Δυναμικός Έλεγχος Απωλειών Κινητήρων για Εφαρμογές Ηλεκτροκίνησης

Τσαμπούρης Μ. Ευάγγελος

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η διδακτορική έρευνα συνεισφέρει στη σχεδίαση ελάχιστου λειτουργικού και τεχνικού κόστους κινητήρων με την αναδιατύπωση της κλασικής συνάρτησης βελτιστοποίησης επίδοσης, μέσω προσθήκης όρων εκθετικού αναπτύγματος, για τη μοντελοποίηση επιμέρους κατανομών κατασκευαστικού κόστους συναρτήσει των μεταβλητών βελτιστοποίησης. Η προτεινόμενη συνάρτηση κόστους έχει συνδεθεί με αλγόριθμο αναζήτησης μηδενικής τάξεως, κατά *Rosenbrock* και έχει εφαρμοστεί στη σχεδίαση σύγχρονων κινητήρων επιφανειακών μονίμων μαγνητών τυλίγματος πλήρους και κλασματικού βήματος επιτρέποντας την αξιολόγηση επιμέρους σχεδιάσεων στη βάση κοινών, συνδυαστικών κριτηρίων. Η σύγκριση των ολικά βέλτιστων σχεδιάσεων αναδεικνύει τεχνικά πλεονεκτήματα των συγκεντρωμένων τυλιγμάτων κλασματικού βήματος και ειδικά των τυλιγμάτων απλής στρώσης, ενώ η σύγκριση στη βάση της συνολικής λειτουργικής-κατασκευαστικής βελτιστοποίησης δείχνει ότι η αύξηση των προδιαγραφών επίδοσης μπορεί εν γένει να υποσκελίσει τα κριτήρια κόστους κατασκευής, οδηγώντας σε σχεδιάσεις ενδιάμεσου κατασκευαστικού κόστους.

Επίσης, η διδακτορική έρευνα συνεισφέρει στις τεχνικές δυναμικού ελέγχου των απωλειών πολλών σταδίων με την προτεινόμενη τεχνική προεπεξεργασίας των αναδράσεων ελεγκτών αναζήτησης ασαφούς λογικής, βάσει τροποποιημένης παραβολικής προσέγγισης της χαρακτηριστικής απόδοσης κινητήρα σε πραγματικό χρόνο, για την πρόβλεψη της μέγιστης απόδοσης. Η προτεινόμενη τεχνική συνδυάζεται με βελτιωμένο κυκλωματικό μοντέλο απωλειών 8^{ης} τάξεως, το οποίο αξιοποιείται σε πραγματικό χρόνο, ως εκτιμητής απόδοσης. Ο προκύπτων υβριδικός ελεγκτής ενσωματώνεται σε ρυθμιστή τριών σταδίων αναζήτησης της βέλτιστης μαγνητικής ροής δρομέα και αυτός τέλος συνδέεται με τον κυρίως αλγόριθμο διανυσματικού ελέγχου. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική έχει προσομοιωθεί σε σύστημα κίνησης ηλεκτρικού οχήματος πόλης με ασύγχρονο κινητήρα, το οποίο μοντελοποιείται και εν συνεχεία εξομοιώνεται στο εργαστήριο υπό κλίμακα ισχύος. Ο προτεινόμενος ρυθμιστής συγκρίνεται με τους ρυθμιστές μαγνητικής ροής δύο σταδίων της βιβλιογραφίας, στη βάση τόσο της δυναμικής απόκρισης σε βηματικές μεταβολές όσο και της ενεργειακής



κατανάλωσης κατά τον προτυποποιημένο κύκλο οδήγησης *Extra-Urban Low-Powered* (EULP). Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων και η πειραματική τους επιβεβαίωση αναδεικνύουν βελτίωση του χρόνου σύγκλισης σε μεγάλες βηματικές μειώσεις του φορτίου και μειώσεις στην κατανάλωση της τάξεως του 3.5% για τον κύκλο EULP.

Η παραπάνω εξειδίκευση των ερευνητικών δράσεων σχεδιασμού και ελέγχου ηλεκτροκινητήρων υποστηρίχθηκε μέσω της ανάπτυξης εργαλείων λογισμικού και υλικού. Αφενός αναπτύχθηκε κώδικας παραμετρικής σχεδίασης και επίλυσης γεωμετρίας με χρήση πεπερασμένων στοιχείων και αφετέρου σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε πρότυπη πειραματική διάταξη έλεγχου και μετρήσεων ηλεκτροκινητήρων. Ταυτόχρονα, διερευνήθηκε η δυνατότητα συζευγμένου υπολογισμού παραμέτρων σχεδίασης και ελέγχου κινητήρων, με στόχο την μεταφορά της πολυκριτηριακής βάσης υπολογισμού από το επίπεδο των συνιστωσών σε επίπεδο συστήματος κίνησης. Η θεώρηση της προτεινόμενης σύζευξης εμπλέκει υψηλό υπολογιστικό κόστος, το οποίο σε εφαρμογές κίνησης υψηλών προδιαγραφών δύναται να αντισταθμιστεί από τα πρακτικά οφέλη.

ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

Μέχρι και σήμερα έχουν εντοπισθεί, αναδειχθεί και εξειδικευθεί τρία σημεία καινοτομίας, τα οποία είναι τα εξής:

- Η **αναδιατύπωση της κλασικής συνάρτησης κόστους** βελτιστοποίησης γεωμετρίας ηλεκτροκινητήρων, **μέσω εισαγωγής του όρου τεχνικού κόστους (C)** και η σύνδεσή της με αλγόριθμο αναζήτησης μηδενικής τάξης για την συνδυασμένη ελαχιστοποίηση του λειτουργικού και κατασκευαστικού κόστους σύγχρονων κινητήρων επιφανειακών μονίμων μαγνητών συγκεντρωμένου τυλίγματος πλήρους και κλασματικού βήματος απλής και διπλής στρώσης.
- Η **σύνδεση προσαρμοσμένου αλγορίθμου παραβολικής προσέγγισης** χαρακτηριστικής **με ελεγκτή αναζήτησης** ασαφούς λογικής **σε πραγματικό χρόνο**, για την οδήγηση της εξόδου του ελεγκτή ασαφούς λογικής μέσω κανονικοποιημένου σήματος εισόδου που συνεκτιμά την απόδοση προηγούμενων καταστάσεων λειτουργίας και την προβλεπόμενη μέγιστη απόδοση λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα.
- Η **ανάπτυξη αλγορίθμου αναζήτησης** για την εύρεση **βέλτιστων τροχιών επιτάχυνσης** (καμπυλών ταχύτητας – χρόνου) ηλεκτροκινητήρων βάσει συνδυαστικού κριτηρίου ενεργειακής κατανάλωσης έναντι μεταβατικού χρόνου απόκρισης και η προτεινόμενη αξιοποίησή του σε συνδυασμό με τα εργαλεία σχεδίασης και ελέγχου που αναπτύχθηκαν.

Επιπλέον της συνεισφοράς σε επίπεδο μεθοδολογιών, σε τεχνικό επίπεδο η προτεινόμενη αρχιτεκτονική τριών σταδίων προστασίας της πειραματικής διάταξης έλεγχου και μετρήσεων ηλεκτροκινητήρων χαρακτηρίζεται ως καινοτόμος. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική προστασιών, σε συμφωνία με τον εργαστηριακό χαρακτήρα της διάταξης, συνδυάζει κλασικές και προηγμένες ηλεκτρονικές προστασίες βάσει κοινού πρωτοκόλλου διαχείρισης σφαλμάτων, το οποίο εξυπηρετείται μέσω αντίστοιχου αμφίδρομου λογικού διαύλου σφάλματος για την επικοινωνία των συσκευών.



Εφαρμογή της τεχνικής κωδικοποίησης δικτύου σε δίκτυα με ανοχή στην καθυστέρηση

Άννα Βαζιντάρη, Χριστίνα Βλάχου, Παναγιώτης Κωττής

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Η εφαρμογή της τεχνικής κωδικοποίησης δικτύου (Network Coding, NC) σε πρωτόκολλα δρομολόγησης δικτύων με ανοχή στην καθυστέρηση (Delay Tolerant Networks, DTNs) αποτελεί ένα ενεργό θέμα στην ερευνητική κοινότητα λόγω της βελτίωσης που επιφέρει στις τιμές κρίσιμων παραμέτρων αξιολόγησης των συγκεκριμένων δικτύων. Η παρούσα εργασία προτείνει ένα αποτελεσματικό σχήμα βασισμένο στην τεχνική NC προορισμένο για αραιά DTNs με κόμβους περιορισμένης χωρητικότητας ενταμιευτή. Το προτεινόμενο σχήμα κάνει χρήση ενός αλγορίθμου διαχείρισης μνήμης που αξιοποιεί με βέλτιστο τρόπο τους περιορισμένους πόρους των DTN κόμβων, εστιάζοντας σε συνόδους μεταξύ ενός κόμβου πηγή και ενός κόμβου προορισμού όπου ο κόμβος πηγή και οι ενδιάμεσοι κόμβοι συνδυάζουν πακέτα της ίδια γενεάς με προορισμό τον ίδιο κόμβο. Έχοντας συγκεντρώσει στους ενταμιευτές τους ένα επαρκές αριθμό γραμμικώς ανεξάρτητων πακέτων, οι κόμβοι προορισμού μπορούν να τα αποκωδικοποιήσουν προκειμένου να ανακτήσουν την πληροφορία που προορίζεται γι αυτούς. Το προτεινόμενο σχήμα είναι πλήρως αποκεντριοποιημένο καθώς οι κόμβοι λαμβάνουν αποφάσεις με βάση την τρέχουσα κατάσταση των ενταμιευτών τους. Συνδυασμένο είτε με το επιδημικό πρωτόκολλο (Epidemic routing protocol) είτε με πιθανοτικά σχήματα δρομολόγησης (PRoPHET), το σχήμα επιτυγχάνει δραστική μείωση της περίσσειας πληροφορίας ανά πακέτο πηγής και κατ'επέκταση της αθροιστικής καταναλισκόμενης ενέργειας των DTN κόμβων. Για την εξαγωγή διαγραμμάτων έγινε χρήση του προσομοιωτή ONE.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δίκτυα με ανοχή στην καθυστέρηση (Delay Tolerant Networks, DTNs) αποτελούν μια κατηγορία δικτύων υποκείμενη σε διακοπόμενη επικοινωνία μεταξύ των κόμβων και καθυστέρηση στην παραδοση της διακινούμενης πληροφορίας. Οι κόμβοι αυτών των δικτύων χαρακτηρίζονται συνήθως από περιορισμένους ενεργειακούς, υπολογιστικούς και αποθηκευτικούς πόρους καθώς και από περιορισμένη εμβέλεια σήματος εκπομπής. Προκειμένου να αντιμετωπίσουν αυτές τις συνθήκες, οι DTN κόμβοι αποθηκεύουν τα πακέτα που λαμβάνουν και προωθούν αντίγραφα αυτών όταν κάποιος κόμβος έρθει σε επικοινωνία με αυτούς. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή αυτή διαδικασία, οι κόμβοι που χρησιμοποιούν την τεχνική NC συνδυάζουν τα αποθηκευμένα πακέτα τους προωθώντας μόνο ένα κωδικοποιημένο πακέτο όταν προκύψει επαφή με γειτονικό κόμβο. Τα οφέλη εφαρμογής της τεχνικής αυτής αφορούν τη μείωση του αριθμού προώθησης πακέτων και κατ'επέκταση της

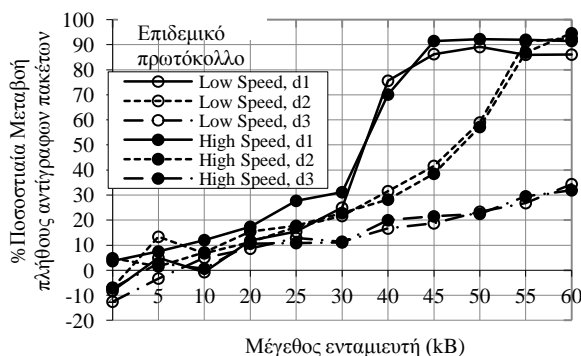


κατανάλωσης ενέργειας με κόστος της αύξησης της πολυπλοκότητας των πράξεων που καλείται ένας DTN κόμβος να επιτελέσει.

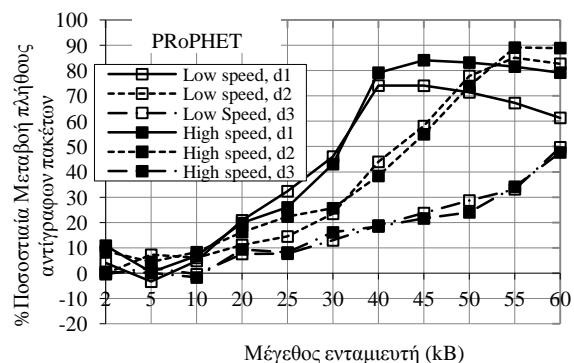
Στη συγκεκριμένη εργασία, γίνεται χρήση της τυχαίας, γραμμικής τεχνικής NC (Random Linear Network Coding, RLNC) με βάση την οποία οι ενδιάμεσοι κόμβοι ή οι κόμβοι πηγή επιλέγουν τυχαία από το F_2^8 πεδίο τιμών τις συνιστώσες με τις οποίες επιτέλουν γραμμικές πράξεις επί των αποθηκευμένων τους πακέτων. Παράλληλα, εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος διαχείρισης μνήμης που επιλέγει ποια και πόσα πακέτα αποθηκεύονται στους ενταμιευτές των κόμβων. Συγκεκριμένα, η τεχνική RLNC εφαρμόζεται μόνο σε πακέτα που έχουν δημιουργηθεί σε διαδοχικά χρονικά διαστήματα -και επομένως ανήκουν στην ίδια γενεά- ενώ οι ενδιάμεσοι και τελικοί κόμβοι αποθηκεύουν μόνο γραμμικώς ανεξάρτητα πακέτα. Για μια συγκεκριμένη σύνοδο, οι κόμβοι πηγή χρησιμοποιούν την τεχνική RLNC, οι ενδιάμεσοι την τεχνική RLNC και τον αλγόριθμο διαχείρισης μνήμης και οι κόμβοι προορισμού τον αλγόριθμο διαχείρισης μνήμης και την τεχνική αποκωδικοποίησης των αποθηκευμένων πακέτων. Οι κόμβοι προορισμού εκκινούν τη διαδικασία αποκωδικοποίησης όταν έχουν συγκεντρώσει ένα επαρκές αριθμό γραμμικώς ανεξάρτητων πακέτων, το οποίο είναι εν γένει μικρότερο από το πλήθος των πακέτων που απαρτίζουν μία γενεά. Με αυτό τον τρόπο, μειώνεται η καθυστέρηση που σχετίζεται με την αναμονή πλήθους γραμμικώς ανεξάρτητων πακέτων ίσου με το πλήθος των πακέτων μιας γενεάς.

ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Η παράμετρος που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του προτεινόμενου σχήματος ως προς τη μείωση της παραγόμενης περίσσειας πληροφορίας είναι η ποσοστιαία μείωση των αντίγραφων πακέτων, όταν χρησιμοποιείται το προτεινόμενο σχήμα σε σχέση με την περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται [1]. Προκειμένου να αξιολογηθεί το προτεινόμενο σχήμα, διεξήχθησαν επαναληπτικές προσομοιώσεις με τη χρήση του προσομοιωτή ONE. Η εικόνα 1α και 1β δείχνουν την υπεροχή του σχήματος όταν εφαρμόζεται στο επιδημικό και στο πιθανοτικό πρωτόκολλο δρομολόγησης, αντίστοιχα. Το προτεινόμενο σχήμα επιτυγχάνει βελτίωση της συγκεκριμένης παραμέτρου σε ποσοστό μέχρι και 90% για αραιά δίκτυα με χωρητικότητα ενταμιευτή 55-60kB στο επιδημικό πρωτόκολλο.



I(a)

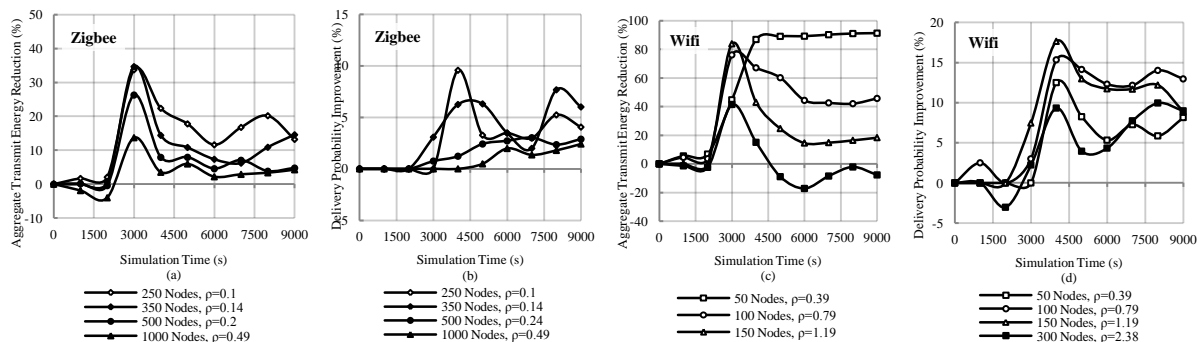


I(β)

Εικόνα 1: Ποσοστιαία μεταβολή πλήθους αντίγραφων πακέτων στο επιδημικό 1(α) και στο πιθανότικο πρωτόκολλο (1β)

ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ DTN

Για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με την ενεργειακή απόδοση του προτεινόμενου σχήματος αναπτύχθηκε κώδικας για να ενισχύσει το ενεργειακό στέλεχος του προσομοιωτή ONE. Οι κόμβοι εξοπλίστηκαν με Bluetooth, Zigbee και WiFi διεπαφές επικοινωνίας και η παράμετρος αξιολόγησης που εξετάστηκε ήταν η ποσοστιαία μεταβολή της αθροιστικής καταναλισκόμενης ενέργειας που σχετίζεται με τη μετάδοση δεδομένων όταν χρησιμοποιείται το προτεινόμενο σχήμα συγκριτικά με την περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται [2]. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2 το προτεινόμενο πρωτόκολλο αποδίδει σε όλες τις περιπτώσεις. Ωστόσο αποδίδει καλύτερα σε αραιά DTNs εξοπλισμένα με Wifi διεπαφές επικοινωνίας όταν εφαρμόζεται στο επιδημικό πρωτόκολλο.



Εικόνα 2: Επίδοση του προτεινόμενου σχήματος σε συνάρτηση με την πυκνότητα των κόμβων (Επιδημικό πρωτόκολλο, 64kB μέγεθος ενταμιευτή, 7-10m/s ταχύτητα κόμβων)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, το προτεινόμενο σχήμα επιτυγχάνει τη μείωση του πλήθους των αντίγραφων πακέτων που διαχέονται στο δίκτυο και κατ' επέκταση της αθροιστικής καταναλισκόμενης ενέργειας στο δίκτυο, που σχετίζεται με τη μετάδοση της πληροφορίας. Το μεγαλύτερο όφελος παρουσιάζεται σε αραιά DTN όπου οι κόμβοι χρησιμοποιούν το επιδημικό πρωτόκολλο όντας εξοπλισμένοι με WiFi διεπαφές επικοινωνίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

19. Άννα Βαζιντάρη, Χριστίνα Βλάχου, Παναγιώτης Κωττής, “Network Coding for Overhead Reduction in Delay Tolerant Networks”, Wireless Personal Communications, Springer, Τόμος. 72, Τεύχος. 4, σελ. 2653-2671, Οκτώβριος 2013
20. Άννα Βαζιντάρη, Χριστίνα Βλάχου, Παναγιώτης Κωττής, «Energy Constrained Delay Tolerant Networks: A Distributed Network Coding Approach Based On Optimal Memory Management», MIC Electrical 2014, 4-6 Απριλίου 2014



Πρόβλεψη και αξιοποίηση ασύρματων διαύλων με χρήση αλγορίθμων ενισχυτικής μάθησης

Αγγελική Β. Κορδαλή, Παναγιώτης Γ. Κωττής.

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιορισμένη διάθεση ραδιοπόρων έχει οδηγήσει στην εισαγωγή μεθόδων ευκαιριακής πρόσβασης στο φάσμα (Opportunistic Spectrum Access) μέσω των γνωστικών χρηστών (Cognitive Users)[1][2]. Οι γνωστικοί χρήστες δρουν στο φάσμα ως δευτερεύοντες χρήστες (Secondary Users-SUs) σε κανάλια επικοινωνιών που ανήκουν σε αδειοδοτημένους-πρωτεύοντες χρήστες (Primary Users-PUs). Η εκμετάλλευση των καναλιών αυτών από τους δευτερεύοντες χρήστες γίνεται κατά τα διαστήματα εκείνα όπου οι πρωτεύοντες χρήστες είναι ανενεργοί. Τα διαστήματα αυτά αποτελούν φασματικές ευκαιρίες. Οι δευτερεύοντες χρήστες μαθαίνουν την κατάσταση των καναλιών είτε μέσω τεχνικών ανίχνευσης φάσματος είτε μέσω επικοινωνίας με άλλους δευτερεύοντες χρήστες ή μέσω μιας κεντρικής διαχειριστικής οντότητας [3]. Στόχος των δευτερευόντων χρηστών είναι η βέλτιστη αξιοποίηση των φασματικών ευκαιριών που προκύπτουν κατά δυναμικό τρόπο με το ελάχιστο δυνατό κόστος σε ενέργεια και επικοινωνιακή επιβάρυνση. Η παρούσα εργασία προτείνει 2 αλγορίθμους ενισχυτικής μάθησης που επιτρέπουν στους δευτερεύοντες χρήστες (1) να μαθαίνουν τα χαρακτηριστικά των καναλιών βασισμένοι σε πληροφορία που συλλέγουν οι ίδιοι και (2) να προσαρμόζουν τη λειτουργία τους βελτιστοποιώντας το όφελός τους από τη χρησιμοποίηση των καναλιών.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η κίνηση των πρωτευόντων χρηστών στα κανάλια ακολουθεί είτε ντετερμινιστικά μοντέλα, όπως π.χ. κατά τη χρήση τηλεοπτικών συχνοτήτων, ή στοχαστικά μοντέλα, όπως π.χ. στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος πακέτων, όπου ο ρυθμός άφιξης πακέτων ακολουθεί την κατανομή Poisson [4]. Το θέμα της μάθησης των μοντέλων κίνησης των καναλιών έχει μέχρι τώρα προσεγγισθεί κατά διάφορους τρόπους. Στο [5] προτείνονται τεχνικές μάθησης της τηλεπικοινωνιακής κίνησης των καναλιών με πληροφορίες που συλλέγονται κατά τη διάρκεια περιόδων εκπαίδευσης. Στο [6] οι συγγραφείς προτείνουν την ταξινόμηση των καναλιών με βάση το ιστορικό των συλλεγόμενων στοιχείων μέσω της συνεχούς παρακολούθησης των καναλιών, ενώ στο [7] οι συγγραφείς ταξινομούν τα κανάλια με βάση την πιθανότητα διαθεσιμότητάς τους βασισμένοι σε πληροφορίες που συλλέγουν κατά τη



διάρκεια μιας περιόδου μάθησης. Στις προαναφερθείσες περιπτώσεις, τα μοντέλα αφορούν στατικά μοντέλα κίνησης.

Ωστόσο, τα στοχαστικά μοντέλα κίνησης δεν μπορούν να απεικονίσουν με ακρίβεια το σύνολο των καναλιών, εφόσον, μάλιστα, ληφθούν υπόψη η δυναμική συμπεριφορά των πρωτευόντων χρηστών και η παρουσία δευτερευόντων χρηστών. Οι προτεινόμενοι από τη διατριβή αλγόριθμοι μάθησης αντιμετωπίζουν την ανάγκη λειτουργίας δευτερευόντων χρηστών σε άγνωστα και δυναμικά μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα. Στόχος είναι οι δευτερεύοντες χρήστες, χρησιμοποιώντας πληροφορία που συλλέγουν οι ίδιοι, να αξιολογούν την κατάσταση των καναλιών και να εκμεταλλεύονται κατά βέλτιστο τρόπο τις διαθέσιμες φασματικές ευκαιρίες.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

Οι τεχνικές ενισχυτικές μάθησης επιτρέπουν στους χρήστες να δρουν σε περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες καταστάσεις. Ο τρόπος μετάβασης από μία κατάσταση σε μία άλλη εξαρτάται τόσο από το περιβάλλον όσο και από τις δράσεις των ίδιων των χρηστών. Κατά τον αλγόριθμο Q-μάθησης [8], η επιλογή της δράσης ενός χρήστη γίνεται με βάση το προβλεπόμενο όφελος από την εκτέλεσή της, το οποίο και επηρεάζει την Q-τιμή της. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα ως όφελος ορίζεται η χρονική διάρκεια διαθεσιμότητας κάθε καναλιού, με βάση την οποία διαμορφώνονται οι Q-τιμές των καναλιών. Κάθε δευτερεύων χρήστης ταξινομεί τα κανάλια σε σειρά με την οποία θα πραγματοποιήσει την ανίχνευση. Η ταξινόμηση γίνεται σύμφωνα με τη στρατηγική Boltzmann για τον καθορισμό των Q-τιμών. Έχοντας ταξινομήσει τα κανάλια σε συγκεκριμένη σειρά, πραγματοποιεί ανίχνευση μέχρι να εντοπίσει ελεύθερο κανάλι, οπότε και εκκινεί τη μετάδοση. Η μετάδοση διακόπτεται αμέσως μόλις ανιχνευθεί η παρουσία άλλου χρήστη. Ο χρήστης καταγράφει τη συνολική διάρκεια μετάδοσης και ανανεώνει την Q-τιμή του συγκεκριμένου καναλιού.

Σημαντικό ρόλο στη διαδικασία μάθησης έχει ο ρυθμός μάθησης που προσδιορίζει το βαθμό επιρροής των νέων τιμών, τις οποίες καταγράφει ο χρήστης στις ήδη υπάρχουσες Q-τιμές των καναλιών. Οι δύο προτεινόμενοι αλγόριθμοι, L-μάθηση και Time-μάθηση, διαφέρουν ως προς τον τρόπο ανανέωσης των Q-τιμών των καναλιών. Κατά την L-μάθηση η ανανέωση των Q-τιμών γίνεται με σταθερό ρυθμό μάθησης (L), ενώ κατά την Time-μάθηση ο ρυθμός μάθησης εξαρτάται από το πλήθος των δοκιμών πρόσβασης σε κάθε κανάλι και μειώνεται όσο αυτός ο αριθμός αυξάνεται.

Με βάση τις προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν και οι δύο αλγόριθμοι επιτυγχάνουν τη σωστή ταξινόμηση των καναλιών με βάση τις περιόδους διαθεσιμότητάς τους. Η L-μάθηση εντοπίζει άμεσα τις αλλαγές στα χαρακτηριστικά των καναλιών αλλά είναι επιρρεπής σε τυχαίες μεταβολές τους. Αντίθετα, η Time-μάθηση αργεί να προσαρμόσει τις Q-τιμές όταν τα χαρακτηριστικά των καναλιών αλλάζουν συχνά αλλά παρουσιάζει σταθερότητα σε τυχαίες τιμές που καταγράφονται κατά τη διάρκεια λειτουργίας του χρήστη. Οι προτεινόμενοι αλγόριθμοι εξετάστηκαν σε περιβάλλον με 10 διαθέσιμα κανάλια για διαφορετικά ποσοστά μέσης χρησιμοποίησης καναλιών. Για σύγκριση, επιλέχθηκε ο αλγόριθμος που προτείνεται στο [9] και θεωρεί γνωστό το ποσοστό χρησιμοποίησης κάθε καναλιού καθώς και ένας αλγόριθμος τυχαίας ταξινόμησης των καναλιών κατά τη φάση της ανίχνευσης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, και οι δύο αλγόριθμοι μάθησης εμφανίζουν (1) καλύτερα ποσοστά



αξιοποίησης των φασματικών ευκαιριών, (2) μεγαλύτερο ποσοστό χρόνου μετάδοσης προς χρόνο ανίχνευσης, και (3) μικρότερο χρόνο ανίχνευσης ανά μετάδοση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι προτεινόμενοι αλγόριθμοι μάθησης επιτυγχάνουν τόσο καλύτερη αξιοποίηση των φασματικών ευκαιριών όσο και ενεργειακή απόδοση, μειώνοντας το χρόνο ανίχνευσης ανά μετάδοση. Ταυτόχρονα, είναι σε θέση να ανταποκριθούν σε οποιοδήποτε περιβάλλον πρωτευόντων χρηστών καθώς είναι ανεξάρτητοι από τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα κίνησης και δεν απαιτούν επικοινωνία με άλλους χρήστες.

Αντικείμενο μελλοντικής έρευνας αποτελεί η μελέτη της συμπεριφοράς πολλαπλών χρηστών που δρουν στην ίδια περιοχή και χρησιμοποιούν τους αλγόριθμους μάθησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. J. Mitola and G. Q. Maguire, "Cognitive radio: Making software radios more personal," IEEE Personal Communications, vol. 6, no. 4, pp. 13–18, Aug. 1999.
2. I. F. Akyildiz, W. Y. Lee, M. C. Vuran, and S. Mohanty, "Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey," Computer Networks Journal, vol. 50, no. 13, pp. 2127–2159, Sep. 2006.
3. T. Yücek, H. Arslan, "A survey of spectrum sensing algorithms for cognitive radio applications," IEEE Communications Surveys and Tutorials, 11 (1), pp. 116-130, 2009.
4. S. Haykin, "Cognitive radio: Brain-empowered wireless communications," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 25, pp. 201–220, 2005.
5. Li Xiukui and Seyed A. Reza Zekavat, "Cognitive radio based spectrum sharing: Evaluating channel availability via traffic pattern prediction," Journal of Communications and Networks, Volume 11, Issue 2, Pages 104-114, April 2009.
6. B. Canberk, I. F. Akyildiz, and S. Oktug, "Primary User Activity Modeling Using First-Difference Filter Clustering and Correlation in Cognitive Radio Networks," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.19, No. 1, 2000.
7. G. Yun, R. C. Grammenos, Y. Yang, and W. Wang, "Performance Analysis of Selective Opportunistic Spectrum Access With traffic Prediction," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.59, No.4, 2010.
8. R.S. Sutton, A.G. Barto, "Reinforcement Learning," MIT Press, Cambridge, MA, 1998.
9. H. Jiang, L. Lai, R. Fan, and H.V. Poor, "Optimal Selection of Channel Sensing Order in Cognitive Radio," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 8, no. 1, pp. 297-307, Jan. 2009.



Εγγενής Ενσωμάτωση Ιδιωτικότητας σε Τεχνολογίες Λογισμικού Προσανατολισμένου σε Υπηρεσίες

Μαρία Ν. Κουκοβίνη.

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

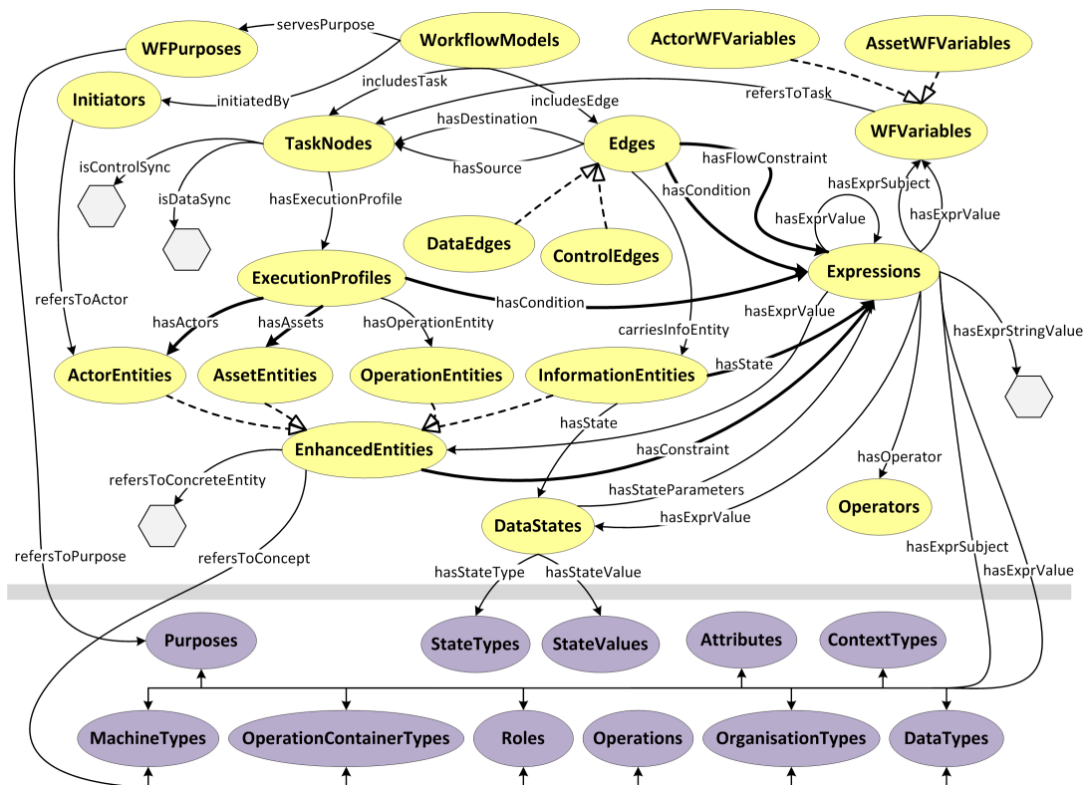
Οι υπηρεσιοστραφείς αρχιτεκτονικές (Service-Oriented Architectures – SOA) [1], ιδιαιτέρως δε τα συστήματα ροών εργασιών μέσα σε αυτές, παρουσιάζουν διάφορες ιδιαιτερότητες αναφορικά με θέματα ιδιωτικότητας, θέτοντάς τη συχνά σε κίνδυνο. Παράλληλα η ιδιωτικότητα προστατεύεται νομοθετικά, και μάλιστα και σε υπερκρατικό/υπερεθνικό επίπεδο. Σε αυτό το πλαίσιο, αναδυόμενη τάση αποτελεί πιο συγκεκριμένα η προστασία προσωπικών δεδομένων *ήδη από το σχεδιασμό και εξ ορισμού*, όπως προκύπτει εξάλλου και από πρόσφατα νομοθετήματα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου [2]. Η υφιστάμενη τεχνολογική κατάσταση, ωστόσο, αδυνατεί να καλύψει τις σχετικές απαιτήσεις, καθώς χαρακτηρίζεται από περιορισμένη εκφραστικότητα των λύσεων μοντελοποίησης ροών εργασιών αναφορικά με παράγοντες κρίσιμους για την ιδιωτικότητα, ελλιπή θεώρηση των αντίστοιχων εννοιών κατά τον έλεγχο συμμόρφωσης, εφαρμογή απλών σχετικά μοντέλων ελέγχου πρόσβασης και χρήσης, και, τέλος, περιορισμένες προτάσεις για την τροποποίηση/αναπροσαρμογή ενός μοντέλου διαδικασίας με σκοπό την απαλοιφή/αποφυγή των εκάστοτε παραβιάσεων.

Εν όψει των παραπάνω, η διδακτορική διατριβή υλοποιεί τις αρχές της λεγόμενης “ιδιωτικότητας εκ σχεδιασμού” (*Privacy by Design*) [3] σε συστήματα ροών εργασιών σε SOA, μέσω της εξασφάλισης της συμμόρφωσής τους με τις απαιτήσεις της ιδιωτικότητας ήδη κατά τη φάση του σχεδιασμού τους και, εν συνεχεία, της συνεπούς εκτέλεσής τους.

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΡΟΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Ένας από τους βασικούς άξονες της διατριβής συνίσταται στην προδιαγραφή ενός νέου τρόπου ορισμού ροών εργασιών με χρήση οντολογιών, ο οποίος είναι σε θέση αφενός να υποστηρίξει τη μοντελοποίηση τόσο επιχειρησιακών όσο και επιστημονικών ροών εργασιών, και αφετέρου να εκφράζει επαρκώς και τις τρεις βασικές όψεις των ροών εργασιών (ροής ελέγχου, δεδομένων και πόρων), καθώς και όλους γενικά τους παράγοντες που θεωρούνται κρίσιμοι από πλευράς ιδιωτικότητας. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στην Οντολογία Μοντέλων Ροών Εργασιών (OMPE) (Εικόνα 1) καθώς και στην Οντολογία Σημασιολογικού Μοντέλου Πληροφοριών (ΟΣΜΠ), η οποία περιγράφει σημασιολογικά τις εκάστοτε εμπλεκόμενες οντότητες. Βασικά στοιχεία της OMPE αποτελούν η λεπτομερής περιγραφή όλων των οντοτήτων που εμφανίζονται σε μια ροή εργασιών, των εργασιών και των ροών

ελέγχου και δεδομένων, η εκτεταμένη χρήση εκφράσεων και λογικών σχέσεων, καθώς και η εισαγωγή των καινοτόμων εννοιών των *αντικειμένων επενέργειας* και των *προφίλ εκτέλεσης*. Τα αντικείμενα επενέργειας εξυπηρετούν τη ρητή αναπαράσταση των οντοτήτων που αποτελούν αποδέκτες των επιτελούμενων λειτουργιών, ενώ τα προφίλ εκτέλεσης προσφέρουν έναν αποδοτικό μηχανισμό για την ενσωμάτωση πολιτικών, καθώς αντανακλούν δηλώσεις εξουσιοδοτήσεων, περιγράφοντας υπό συνθήκη παραλλαγές στην εκτέλεση των εργασιών.



Εικόνα 1: Το κύριο μέρος της OMPE. Τα πιο σκουρόχρωμα στοιχεία δείχνουν κλάσεις ΟΣΜΠ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΟΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ

Με βάση την προαναφερθείσα οντολογική μέθοδο ορισμού ροών εργασιών, η διατριβή προχωρά στην προδιαγραφή μεθοδολογίας ελέγχου και τροποποίησης αυτών, ώστε να εξασφαλίζεται η συμβατότητά τους με ποικίλες απαιτήσεις ιδιωτικότητας (δέσμευση σκοπού, εξουσιοδότηση εκκινήτων, έγκυρες εργασίες και ροές, απαιτούμενες συμπληρωματικές ενέργειες, αμοιβαία αποκλειόμενες εργασίες, διασφάλιση κατάστασης δεδομένων). Οι απαιτήσεις αυτές εκφράζονται μέσω των κατάλληλων *οδηγιών συμβατότητας*, οι οποίες ορίζονται ως συμπλήρωμα της OMPE και προκύπτουν από τη θεώρηση της εκάστοτε ροής εργασιών από κοινού με ένα κατάλληλο μοντέλο ελέγχου πρόσβασης και χρήσης που κωδικοποιεί τις καθολικές αρχές ιδιωτικότητας. Σε υψηλό επίπεδο, η διαδικασία ελέγχου συνίσταται στα ακόλουθα βήματα: 1) εξαγωγή των ζευγών σκοπού–εκκινήτη που έχουν οριστεί για τη ροή εργασιών, 2) δημιουργία των υπογράφων–στιγμιότυπων, δηλαδή των διαφορετικών ενδεχομένων εκτέλεσης με βάση τους περιορισμούς των ακμών, 3) εξαγωγή



των διμερών συσχετισμών, 4) λήψη των οδηγιών συμβατότητας, 5) επιλογή των έγκυρων ζευγών σκοπού-εκκινητή, 6) δημιουργία περιπτώσεων εκτέλεσης ανά υπογράφο-στιγμιότυπο, δηλαδή όλων των πιθανών έγκυρων τρόπων εκτέλεσης κάθε υπογράφου, με βάση τα διαφορετικά έγκυρα ζεύγη σκοπού-εκκινητή και τις αμοιβαία συμβατές οδηγίες εγκυρότητας διμερούς συσχετισμού, 7) έλεγχο κάθε περίπτωσης εκτέλεσης ως προς τα υπόλοιπα είδη οδηγιών συμβατότητας, 8) συγχώνευση όλων των έγκυρων περιπτώσεων εκτέλεσης για κάθε υπογράφο-στιγμιότυπο, με αποτέλεσμα τον έγκυρο υπογράφο, 9) συγχώνευση όλων των έγκυρων υπογράφων-στιγμιότυπων, με αποτέλεσμα την τελική επαληθευμένη ροή εργασιών.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΡΟΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΕΠΙΓΝΩΣΗ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΥΠΗΡΕΣΙΟΣΤΡΑΦΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Όταν μια – επαληθευμένη πλέον – ροή εργασιών πρόκειται να εκτελεστεί, εξάγονται από την αντίστοιχη ΟΜΡΕ οδηγίες εκτέλεσης οι οποίες αφορούν ξεχωριστά τη συμπεριφορά καθεμιάς από τις υποκείμενες οντότητες που είναι σε θέση να φέρουν εις πέρας τις εργασίες της ροής. Οι συμπεριφορικές αυτές κατευθυντήριες οδηγίες γνωστοποιούνται με τη βοήθεια της Γλώσσας Περιγραφής Οδηγιών Εκτέλεσης (ΓΠΟΕ) στους *Πράκτορες* που εκπροσωπούν τις εν λόγω οντότητες, οι οποίοι αποτελούν ουσιαστικά τις διεπαφές υπηρεσιών τους στη θεωρούμενη υπηρεσιοστραφή αρχιτεκτονική. Η ΓΠΟΕ, η οποία είναι βασισμένη στη γλώσσα XML και αποτελεί επίσης συνεισφορά της διατριβής, σχεδιάστηκε με γνώμονα την ακριβή μεταφορά όλων των εννοιών που περικλείει η ΟΜΡΕ στο στρώμα εκτέλεσης. Έτσι, σε αντίθεση με κρατούσες γλώσσες εκτέλεσης ροών εργασιών (π.χ., BPEL), επιτρέπει σε όλα τα χαρακτηριστικά ιδιωτικότητας που ενσωματώνονται σε ένα μοντέλο ροών εργασιών ορισμένο σύμφωνα με την πρόταση της διατριβής να περνούν στο χαμηλότερο στρώμα, εξασφαλίζοντας τη σύμμορφη λειτουργία όλων των εμπλεκόμενων οντοτήτων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσω των παραπάνω εργαλείων, η προτεινόμενη λύση κατορθώνει να αντιμετωπίσει, για πρώτη φορά, όλες τις επιμέρους προκλήσεις που ανακύπτουν σε περιβάλλοντα ροών εργασιών ως αποτέλεσμα της απαίτησης για τήρηση των βασικών αρχών ιδιωτικότητας, κάτι που τεκμηριώνεται στη διατριβή θεωρώντας ισχύοντα νομοθετήματα και σχετικές μελέτες και εργαλεία (π.χ., EuroPriSe¹). Επιπλέον οι υιοθετούμενες μέθοδοι ορισμού και εκτέλεσης ροών εργασιών αποδεικνύονται ιδιαίτερα εκφραστικές και καινοτόμες, όπως προκύπτει και από τη σύγκρισή τους με εξέχουσες αντίστοιχες τεχνολογίες ως προς τα ευρέως χρησιμοποιούμενα και αποδεκτά Μοτίβα Ροών Εργασιών², στοιχείο που τονίζει τη συνεισφορά τους και σε γενικότερο πλαίσιο. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι, πέρα από την προστασία της ιδιωτικότητας, οι προτεινόμενοι μηχανισμοί μπορούν, πιθανώς μέσω κατάλληλων προσαρμογών, να αξιοποιηθούν για την εξασφάλιση της τήρησης κάθε είδους κανονιστικών απαιτήσεων συμβατότητας αλλά και να επεκταθούν σε τεχνολογικά πεδία που δεν εξυπηρετούνται πλήρως από συμβατικές μορφές ροών εργασιών.

¹ <https://www.european-privacy-seal.eu/>

² <http://www.workflowpatterns.com/>



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. M. P. Papazoglou and W.-J. Heuvel, “Service oriented architectures: approaches, technologies and research issues,” The VLDB Journal, vol. 16, pp. 389–415, July 2007.
2. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, “Πρόταση: Κανονισμός του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την προστασία των φυσικών προσώπων έναντι της επεξεργασίας δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα και για την ελεύθερη κυκλοφορία των δεδομένων αυτών (γενικός κανονισμός για την προστασία δεδομένων),” Βρυξέλλες, Ιανουάριος 2012.
3. A. Cavoukian, “Privacy by Design: Origins, Meaning, and Prospects for Assuring Privacy and Trust in the Information Era,” in Privacy Protection Measures and Technologies in Business Organizations: Aspects and Standards (G. Yee, ed.), IGI Global, 2012.



Προστασία ιδιωτικότητας στην δημοσίευση ημιδομημένων δεδομένων

Όλγα Γκουντούνα

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

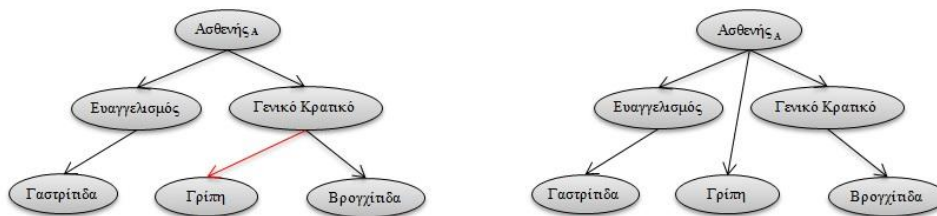
Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η προστασία της ιδιωτικότητας σε δημοσιεύσεις ημιδομημένων δεδομένων. Η σχετική έρευνα αφορά σε κατάλληλη τροποποίηση των προς δημοσίευση δεδομένων κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην αποκαλύπτεται ευαίσθητη πληροφορία ατόμων. Συχνά η απαλοιφή μόνο των μοναδικών αναγνωριστικών (π.χ. ΑΦΜ) από μια συλλογή δεδομένων δεν επαρκεί για τη διατήρηση της ανωνυμίας των εγγραφών. Συνδυασμοί άλλων γνωρισμάτων (π.χ. φύλο, ηλικία, ΤΚ) μπορούν να λειτουργήσουν ως ψευδο-αναγνωριστικά και να αποκαλύψουν την ταυτότητα εγγραφών. Στόχος των αλγόριθμων ανωνυμοποίησης είναι να αποφευχθεί η ταυτοποίηση εγγραφών ώστε να μην μπορεί να αποκαλυφθεί ευαίσθητη πληροφορία ατόμων. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλο μετασχηματισμό των δεδομένων ώστε να μην είναι δυνατή η παραβίαση της ιδιωτικότητας. Στα παραπάνω θέματα έχει πραγματοποιηθεί εκτενής βιβλιογραφική μελέτη σε προηγούμενη εργασία [1]. Στη σχετική βιβλιογραφία έχουν γίνει κάποια βήματα στην προστασία ιδιωτικότητας σχεσιακών δεδομένων. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας έχουν μελετηθεί προβλήματα ανωνυμοποίησης δεδομένων τα οποία δεν υπακούουν σε κάποιο σχεσιακό σχήμα, με έμφαση σε ημιδομημένα δεδομένα. Η ιδιαιτερότητα σε αυτό το πρόβλημα είναι ότι η ίδια η δομή των εγγραφών μπορεί να προδίδει πληροφορίες, λ.χ. τη συσχέτιση κάποιων γνωρισμάτων. Συνεπώς, υπάρχει ο κίνδυνος να λειτουργήσει και η ίδια η δομή ως ψευδο-αναγνωριστικό. Υπάρχοντες αλγόριθμοι σχεσιακών δεδομένων δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτό το σενάριο. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας περιγράφεται το μοντέλο δεδομένων, μοντελοποιείται η πιθανή γνώση του επιτιθέμενου και ορίζεται το πλαίσιο ιδιωτικότητας [2]. Εισάγονται νέες μετρικές για τον υπολογισμό της χρηστικότητας των δεδομένων και προτείνονται οι αλγόριθμοι ανωνυμοποίησης που εστιάζουν στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του τύπου αυτών των δεδομένων [3].

ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Εγγραφές οι οποίες αναφέρονται σε πρόσωπα και μπορούν να μοντελοποιηθούν ως δένδρα απαντώνται σε πολλές εφαρμογές. Ένα προφανές παράδειγμα είναι τα δεδομένα XML, αλλά και αντίστοιχες δενδρικές αναπαραστάσεις εγγραφών μπορούν να προκύψουν από βάσεις δεδομένων όπου οι εγγραφές κάθε ατόμου βρίσκονται σε διάφορους πίνακες οι οποίοι

συνδέονται μεταξύ τους με ξένα κλειδιά. Το γεγονός ότι οι εγγραφές είναι αποθηκευμένες σε σχεσιακούς πίνακες δεν εγγυάται ότι η χρήση ενός αλγόριθμου που έχει σχεδιαστεί για σχεσιακά δεδομένα μπορεί να δώσει ένα ασφαλές αποτέλεσμα όταν εκτελεστεί για κάθε πίνακα ξεχωριστά. Η ανωνυμοποίηση που θα εφαρμοστεί θα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν όλες τις πληροφορίες που ανήκουν σε κάθε χρήστη.

Η μέθοδος ανωνυμοποίησης που προτείνουμε λαμβάνει υπ' όψιν και την δομική πληροφορία των δενδρικών εγγραφών κάθε ατόμου. Ένας πιθανός επιτιθέμενος μπορεί να γνωρίζει και τη δομική συσχέτιση των πληροφοριών που αφορούν ένα άτομο-στόχο. Παραδείγματος χάριν, στην Εικόνα 1, ο επιτιθέμενος μπορεί να γνωρίζει όχι μόνον ότι ο ασθενής πάσχει από γρίπη και ότι έχει επισκεφθεί το Γενικό Κρατικό νοσοκομείο, αλλά και ότι έχει νοσηλευθεί συγκεκριμένα για αυτήν την πάθηση στο Γενικό Κρατικό.



Εικόνα 1: Παράδειγμα δενδρικής εγγραφής.

Στο παράδειγμά μας θα μπορούσαμε να εγγραθούμε την ανωνυμία του ασθενούς απέναντι στον επιτιθέμενο, μετακινώντας τον κόμβο «Γρίπη» και τοποθετώντας τον ως αδελφό δίπλα στον κόμβο «Γενικό Κρατικό», αποκρύπτοντας έτσι την συσχέτιση των δύο κόμβων.

ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΙΘΕΣΗΣ

Στο σενάριο επίθεσης το οποίο αντιμετωπίζουμε θεωρούμε επιτιθέμενους οι οποίοι έχουν μερική γνώση της πληροφορίας που σχετίζεται με ένα άτομο-στόχο και θέλουν να την αξιοποιήσουν ώστε να ταυτοποιήσουν την εγγραφή του στα δεδομένα. Με αυτόν τον τρόπο ανακαλύπτουν την υπόλοιπη πληροφορία που υπάρχει για το άτομο. Εστιάζουμε σε επιθέσεις *αποκάλυψης ταυτότητας* για λόγους απλότητας αλλά και για να είναι εφαρμόσιμο στην πράξη όπου συχνά δεν είναι προφανής ο διαχωρισμός των γνωρισμάτων σε ευαίσθητα και μη.

Η δομική γνώση που μπορεί να έχει ο επιτιθέμενος είναι η σχέση προγόνου-απογόνου μεταξύ δυο κόμβων πληροφορίας, δηλαδή γνωρίζει αν δυο κόμβοι ανήκουν στο ίδιο μονοπάτι. Συμβολίζουμε ότι ένας κόμβος b είναι απόγονος του κόμβου a ως $a \rightsquigarrow b$.

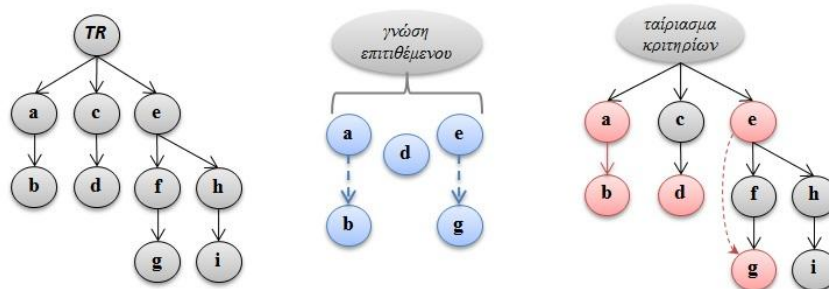
Ας θεωρήσουμε το παράδειγμα της Εικόνας 2, όπου έχει αναπαρασταθεί ως δενδρική εγγραφή (TR) η πληροφορία ενός ατόμου-στόχου. Ο επιτιθέμενος μπορεί να γνωρίζει τιμές κόμβων, π.χ. τις $\{a, b, d, e, g\}$, και δομικές σχέσεις προγόνου-απογόνου μεταξύ γνωστών τιμών, π.χ. τις $\{a \rightsquigarrow b, e \rightsquigarrow g\}$. Η μοντελοποίηση της γνώσης αυτής φαίνεται στο σχήμα. Δεξιά του σχήματος φαίνεται το ταίριασμα των κριτηρίων του επιτιθέμενου με την δημοσιευμένη δενδρική εγγραφή. Σημειώνεται ότι η σχέση πατέρα-παιδιού $a \rightarrow b$ είναι ειδική περίπτωση της σχέσης προγόνου-απογόνου και συνεπώς ισχύει και $a \rightsquigarrow b$.

ΠΛΑΙΣΙΟ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Ορίζουμε την $k^{(m,n)}$ -ανωνυμία, μια νέα εγγύηση ιδιωτικότητας, λαμβάνοντας υπόψη τα μοντέλα δεδομένων και επίθεσης που ορίστηκαν παραπάνω.

Μια δενδρική βάση δεδομένων TD θεωρείται $k^{(m,n)}$ -ανώνυμη αν οποιοσδήποτε επιτιθέμενος ο οποίος γνωρίζει το πολύ m τιμές γνωρισμάτων και το πολύ n δομικές σχέσεις μεταξύ τους δεν μπορεί χρησιμοποιώντας αυτή τη γνώση του να αναγνωρίσει λιγότερες από k δενδρικές εγγραφές στην TD .

Οι παράμετροι m και n θέτουν όρια στην πιθανή γνώση του επιτιθέμενου. Δεν θεωρούμε επιτιθέμενους με απεριόριστη γνώση των δεδομένων, γιατί τότε δεν απομένει καμία άγνωστη πληροφορία για να προστατευτεί.



Εικόνα 2: Παράδειγμα επίθεσης με δομική γνώση.

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΑΝΩΝΥΜΟΠΟΙΗΣΗΣ

Αλγόριθμος Πλήρους Αναζήτησης (ACS) ^[3]. Ο αλγόριθμος που προτείνουμε εξετάζει όλους τους πιθανούς μετασχηματισμούς που ανωνυμοποιούν τα δεδομένα και ελέγχει αν ικανοποιούν τη ζητούμενη εγγύηση ανωνυμίας. Από αυτούς επιλέγει τη λύση η οποία εισάγει τη μικρότερη απώλεια πληροφορίας στα δεδομένα.

Αλγόριθμος Άπληστης Αναζήτησης (GCS) ^[3]. Εκμεταλλευόμενοι την ταξινόμηση των υποψηφίων λύσεων ως προς την απώλεια πληροφορίας που εισάγουν, μπορούμε να αποφύγουμε τον πλήρη έλεγχο σε όλο το χώρο λύσεων επιτυγχάνοντας μια καλή προσέγγιση του αποτελέσματος. Έτσι, αναπτύξαμε έναν άπληστο αλγόριθμο ο οποίος εξειδικεύει σε κάθε βήμα τις g καλύτερες υποψηφίες λύσεις.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται σε προβλήματα ανωνυμοποίησης δεδομένων τα οποία δεν υπακούν στο κλασικό σχεσιακό σχήμα. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε το πρόβλημα της ανωνυμοποίησης δενδρικών δεδομένων, όπου η πληροφορία κάθε ατόμου δεν αποτελείται μόνο από τις τιμές των γνωρισμάτων, αλλά και από τις δομικές σχέσεις μεταξύ τους. Πειραματική αξιολόγηση των προτεινόμενων αλγορίθμων και σύγκρισή τους υπάρχει στο [3].



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Olga Gkountouna, A Survey on Privacy Preservation Methods, Technical Report, NTUA, 2011.
2. Όλγα Γκουντούνα, Μοντέλα Επιθέσεων και Πλαίσιο Ιδιωτικότητας Ημιδομημένων Δεδομένων, Τεχνική Αναφορά, ΕΜΠ, 2012.
3. Olga Gkountouna and Manolis Terrovitis, Anonymization in the Presence of Structural Knowledge, Technical Report, NTUA, 2013.



Σημσιολογικές Προσεγγίσεις στην Προστασία της Ιδιωτικότητας σε Δεδομένα Καταγραφών Συμπεριφοράς στον Ιστό

Ιωάννης Λιαγούρης

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδακτορική διατριβή σχετίζεται με την προστασία της ιδιωτικότητας των χρηστών στην περίπτωση δημοσίευσης δεδομένων που περιέχουν ευαίσθητη (προσωπική) πληροφορία για εκείνους. Η διάχυση τέτοιων δεδομένων θέτει σημαντικές απειλές για την ιδιωτικότητα των ατόμων, καθότι η απλή απομάκρυνση των «προφανών» αναγνωριστικών (π.χ. ονόματα, IDs, ΑΦΜ, κ.λπ.) από τις αντίστοιχες εγγραφές δεν είναι από μόνη της ικανή να αποτρέψει τη διαρροή ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων σε «κακόβουλους» χρήστες. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό και με την απαίτηση τα ανωνυμοποιημένα δεδομένα να διατηρούν τις στατιστικές ιδιότητες των αρχικών δεδομένων, επιβάλλει συνήθως μια πιο πολύπλοκη διαδικασία μετασχηματισμού πριν τη δημοσίευση. Αντικείμενο της έρευνας στη συγκεκριμένη περιοχή είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση καινοτόμων τεχνικών που επιτυγχάνουν τον μετασχηματισμό των προς δημοσίευση δεδομένων με τρόπο τέτοιο ώστε αφενός να εγγυώνται την απόκρυψη της ευαίσθητης πληροφορίας από πιθανές «κακόβουλες επιθέσεις», αφετέρου να διατηρούν την ποιότητα των τελικών δεδομένων συγκρίσιμη με αυτή των αρχικών. Έμφαση δίνεται στην περίπτωση πολυδιάστατων δεδομένων όπως:

- Δεδομένα που αντλούνται από την καταγραφή της “συμπεριφοράς” των χρηστών στον Ιστό (π.χ. σύνολα από λέξεις-κλειδιά που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μηχανές αναζήτησης, όπως η Google, από χρήστες του διαδικτύου).
- Δεδομένα από κλινικές μελέτες (π.χ. ηλεκτρονικός φάκελος ασθενούς).

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

Στην πρώτη περίπτωση, αυτή των συνόλων από λέξεις-κλειδιά (query logs), η εφαρμογή των επικρατέστερων μέχρι στιγμής τεχνικών ανωνυμοποίησης παρουσιάζει μια σειρά από ενδιαφέρουσες τεχνικές προκλήσεις. Πρώτον, πέρα από το μεγάλο όγκο των δεδομένων και τις εκατομμύρια διαστάσεις¹, σε τέτοιου είδους δεδομένα συνήθως δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ “ευαίσθητης” και “αναγνωριστικής” πληροφορίας όπως στα κλασσικά μοντέλα της βιβλιογραφίας.

1 Κάθε διακριτή λέξη-κλειδί αντιστοιχεί σε μια ξεχωριστή διάσταση.



Δεύτερον, σπάνια είναι διαθέσιμη από πριν κάποιου είδους μεταπληροφορία που να προσφέρει έναν επαρκή οντολογικό προσδιορισμό των δεδομένων ώστε να μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι όπως η γενίκευση ή η απόκρυψη λέξεων-κλειδιών. Τρίτον, προσεγγίσεις βασισμένες στην εισαγωγή θορύβου στα δεδομένα δεν συνοδεύονται από την επιθυμητή ποιότητα στο τελικό αποτέλεσμα. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων προτείναμε μια νέα μέθοδο ανωνυμοποίησης που επιτυγχάνει την αποσυσχέτιση των λέξεων-κλειδιών που μπορούν να οδηγήσουν στην αναγνώριση ενός φυσικού προσώπου. Η μέθοδος αυτή είναι βασισμένη σε μια παραλλαγή του μοντέλου της κ-ανωνυμίας (k-anonymity) [1] και είναι ανεξάρτητη των παραδοσιακών τεχνικών της γενίκευσης/απόκρυψης όρων. Επίσης, εμφανίζει σημαντικά οφέλη σε σχέση με τις μεθόδους που βασίζονται στην εισαγωγή θορύβου (και ως προς την αποδοτική εφαρμογή της σε μεγάλα δεδομένα, αλλά και ως προς την ποιότητα του τελικού αποτελέσματος). Για περισσότερες πληροφορίες βλ. [2].

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

Η αρχή της αποσυσχέτισης που αναφέραμε στην Ενότητα 1 μπορεί να επεκταθεί επιτυχώς και για την περίπτωση δεδομένων από κλινικές μελέτες (health records) που εμφανίζουν συγκεκριμένους περιορισμούς χρηστικότητας (utility constraints). Εδώ, ένας περιορισμός χρηστικότητας αναφέρεται σε ένα σύνολο όρων (π.χ. κωδικοί εξετάσεων ή ασθενειών στο φάκελο ενός ασθενούς) οι οποίοι πρέπει να διατηρηθούν στα προς δημοσίευση δεδομένα όσο το δυνατόν καλύτερα. Βάσει αυτού, στο [3] προτείναμε μια ευριστική μέθοδο αποσυσχέτισης η οποία εγγυάται την προστασία της ιδιωτικότητας των ασθενών υπό το μοντέλο ανωνυμίας που παρουσιάζεται στο [2] και ταυτόχρονα διατηρεί τους περιορισμούς χρηστικότητας στα τελικά δεδομένα πολύ καλύτερα από τις υπάρχουσες μεθόδους της βιβλιογραφίας.

ΕΝΟΤΗΤΑ 3

Στα πλαίσια της διατριβής μελετώνται επίσης οι προοπτικές ανωνυμοποίησης δεδομένων με πολύπλοκες λειτουργικές εξαρτήσεις (functional dependencies). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων δεδομένων είναι τα δεδομένα από τις φορολογικές δηλώσεις πολιτών. Σε αυτή την περίπτωση, η αποσυσχέτιση όρων (π.χ. κωδικών του εντύπου Ε1) δεν είναι επαρκής για τη μη ταυτοποίηση ενός ατόμου, καθότι πολλοί τέτοιοι κωδικοί εμφανίζουν σημασιολογικές εξαρτήσεις που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν εύκολα από τα κλασικά μοντέλα ανωνυμίας. Εδώ, η μελέτη μοντέλων και τεχνικών ανωνυμοποίησης είναι σε εξέλιξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. L. Sweeney. *k-anonymity: A Model for Protecting Privacy*. *International Journal on Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems*, 10(5):557-570, 2002.
2. M. Terrovitis, J. Liagouris, N. Mamoulis, S. Skiadopoulos. *Privacy Preservation by Disassociation*. *Proceedings of the VLDB Endowment* 5(10):944-955, 2012.
3. G. Loukides, J. Liagouris, A. Gkoulalas-Divanis, M. Terrovitis. *Disassociation for Electronic Health Record Privacy*. *Journal of Biomedical Informatics*, 2014. (to appear)



Υπηρεσίες αναζήτησης πηγών και δεδομένων στον ιστό για υποστήριξη επιστημονικής καινοτομίας

Γεώργιος Γιαννόπουλος

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διατριβή πραγματεύεται ζητήματα αναταξινόμησης (εξατομίκευσης, διαφοροποίησης, συνδυασμού) αποτελεσμάτων αναζήτησης στον ιστό. Συγκεκριμένα, μελετώνται και προτείνονται μέθοδοι για αναταξινόμηση των αποτελεσμάτων μηχανών αναζήτησης, ώστε να ανταποκρίνονται στις εκάστοτε ανάγκες αναζήτησης πληροφορίας ενός χρήστη ή ομάδας χρηστών. Ως βάση χρησιμοποιούνται προσεγγίσεις που στηρίζονται στην εκπαίδευση συναρτήσεων αναταξινόμησης αποτελεσμάτων, χρησιμοποιώντας πληροφορία που εξάγεται από το ιστορικό αναζήτησης του χρήστη (ερωτήματα αναζήτησης, αποτελέσματα και επιλεγμένα αποτελέσματα). Επιπλέον, προτείνονται μέθοδοι για ημι-αυτόματη σημασιολογική επισημείωση εγγράφων με χρήση οντολογιών, για υβριδική αναζήτηση εγγράφων (με λέξεις κλειδιά και με έννοιες οντολογίας) και για εξατομίκευση αναζήτησης με λέξεις κλειδιά σε σημασιολογικά δεδομένα. Επίσης, εφαρμόζονται ευριστικές και ορίζονται κριτήρια για διαφοροποίηση σχολίων χρηστών σε κοινωνικά δίκτυα, καθώς και σημασιολογικών, δομημένων δεδομένων για αναζήτηση με λέξεις κλειδιά. Τέλος, εξετάζεται το πρόβλημα της αναταξινόμησης αποτελεσμάτων αναζήτησης σε οντότητες με αλλαγές στην ονοματολογία τους (βιολογικές οντότητες).

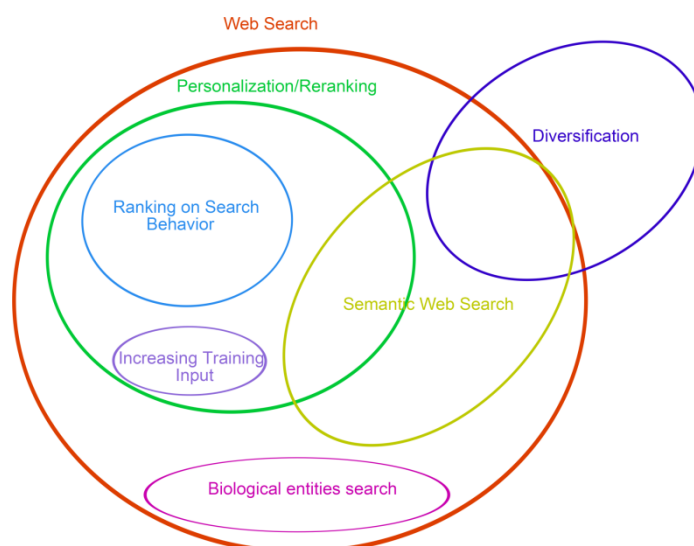
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στα πλαίσια της διατριβής μελετήθηκαν και υλοποιήθηκαν μέθοδοι για την αποτελεσματικότερη και αποδοτικότερη χρησιμοποίηση του ιστορικού αναζήτησης, μέσω της εκπαίδευσης εξειδικευμένων συναρτήσεων ταξινόμησης. Συγκεκριμένα, σε πρώτη φάση υλοποιήθηκε μία μέθοδος εμπλουτισμού της εξαγόμενης πληροφορίας από το ιστορικό του χρήστη, για ταχύτερη εκπαίδευση των συναρτήσεων. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκαν μέθοδοι εκπαίδευσης πολλαπλών συναρτήσεων με βάση, είτε το περιεχόμενο αναζήτησης, είτε τη συμπεριφορά αναζήτησης του χρήστη. Η καινοτομία των μεθόδων έγκειται στη συγκέντρωση συνεργατικής πληροφορίας από το ιστορικό του συνόλου των χρηστών και στο διαχωρισμό αυτής της πληροφορίας σε συστάδες που αντιπροσωπεύουν διαφορετικό περιεχόμενο ή συμπεριφορά αναζήτησης. Η τελική αναταξινόμηση επιτυγχάνεται με το συνδυασμό των αποτελεσμάτων από τις συναρτήσεις που έχουν εκπαιδευτεί χρησιμοποιώντας τις παραπάνω συστάδες. Επιπλέον, στα πλαίσια της διατριβής μελετήθηκε η προσαρμογή μεθόδων διαφοροποίησης αποτελεσμάτων αναζήτησης, στο σενάριο διαφοροποίησης σχολίων



χρηστών σε κοινωνικά δίκτυα. Ορίστηκαν εξειδικευμένα κριτήρια διαφοροποίησης και εφαρμόστηκαν διαφορετικοί ευριστικοί αλγόριθμοι διαφοροποίησης. Για να καταδειχθεί η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων προσεγγίσεων, ορίστηκαν ειδικές μετρικές αξιολόγησης της ετερογένειας συνόλων σχολίων χρηστών. Πέρα από το σενάριο διαφοροποίησης σχολίων, έγινε μία πρώτη προεργασία για τη διαφοροποίηση αναζήτησης με λέξεις κλειδιά σε σημασιολογικά δεδομένα, δηλαδή δομημένα δεδομένα που ακολουθούν ορισμένο σχήμα και διασυνδέονται μέσω ιδιοτήτων. Επιπρόσθετα, προτάθηκαν μέθοδοι για τη βελτίωση της αναζήτησης εγγράφων μέσω σημασιολογικής επισημείωσής τους και μετέπειτα υβριδικής (με λέξεις κλειδιά και σημασιολογικής) αναζήτησής τους, καθώς και εξατομικευμένης αναζήτησης σημασιολογικών δεδομένων. Τέλος, εξετάστηκαν σχήματα ευρετηρίασης και αλγόριθμοι βαθμολόγησης οντοτήτων των οποίων η ονοματολογία μεταβάλλεται με το χρόνο, όπως συμβαίνει, για παράδειγμα, σε ορισμένες βιολογικές οντότητες.

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζονται τα ερευνητικά θέματα που εξετάστηκαν κατά τη διάρκεια της διατριβής, καθώς και η αλληλοεπικάλυψή τους στις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν



Εικόνα 1: Ερευνητικά θέματα της διδακτορικής διατριβής

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι παραπάνω εργασίες αξιολογήθηκαν σε διαφορετικά σενάρια αναζήτησης, καθώς και σε ετερογενή σύνολα δεδομένων, όπως έγγραφα-ιστοσελίδες, σχόλια χρηστών, σημασιολογικές επισημειώσεις κειμένων και βιολογικές οντότητες. Επέφεραν δε αποτελέσματα που βελτίωναν τις προϋπάρχουσες βασικές μεθόδους στο κάθε πρόβλημα και οδήγησαν σε περισσότερες από δέκα δημοσιεύσεις σε διεθνή συνέδρια, workshops και περιοδικά. Επιπλέον, μέσω των παραπάνω εργασιών, προέκυψαν περαιτέρω ερευνητικά προβλήματα, τα οποία έχουν περιγραφεί στις δημοσιευμένες εργασίες και θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικής δουλειάς.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ)

1. Giorgos Giannopoulos, Evmorfia Biliri and Timos Sellis, Personalizing keyword search on RDF data, in Proceedings of the International Conference on Theory and Practice of Digital Libraries (TPDL'13), Valletta, Malta, 2013.
2. Nikos Bikakis, Giorgos Giannopoulos, John Liagouris, Dimitrios Skoutas, Theodore Dalamagas and Timos Sellis, RDivF: Diversifying Keyword Search on RDF Graphs, in Proceedings of the International Conference on Theory and Practice of Digital Libraries (TPDL'13), Valletta, Malta, 2013.
3. Giorgos Giannopoulos, Ingmar Weber, Alejandro Jaimes, Timos K. Sellis: Diversifying User Comments on News Articles. WISE 2012: 100-113.
4. Giorgos Giannopoulos. Personalizing Search Results on User Intent. in Proceedings of the VLDB PhD workshop, in conjunction with the 38th International Conference on Very Large Databases (VLDB'12), Turkey, 2012.
5. Giorgos Giannopoulos, Ulf Brefeld, Theodore Dalamagas, and Timos Sellis. Learning to rank user intent. Proceedings of the 20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'11), 2011.
6. Giorgos Giannopoulos, Theodore Dalamagas, and Timos Sellis. Search behavior-driven training for result re-ranking. Proceedings of the International Conference on Theory and Practice of Digital Libraries (TPDL'11), 2011.
7. Giorgos Giannopoulos, Nikos Bikakis, Theodore Dalamagas, Timos Sellis. GoNTogle: a Tool for Semantic Annotation and Search. ESWC 2010 (demo), 2010.
8. Nikos Bikakis, Giorgos Giannopoulos, Theodore Dalamagas, Timos Sellis. Integrating Keywords and Semantics on Document Annotation and Search. ODBASE 2010, 2010.
9. Giorgos Giannopoulos, Theodore Dalamagas, Timos Sellis, Collaborative Ranking Function Training for Web Search Personalization, in Proceedings of the PersDB 2009 3rd International Workshop on Personalized Access, Profile Management, and Context Awareness in Databases August 28 2009 - Lyon, France.
10. Manolis Maragkakis, Panagiotis Alexiou, Giorgio L Papadopoulos, Martin Reczko, Theodore Dalamagas, George Giannopoulos, George Goumas, Evangelos Koukis, Kornilios Kourtis, Victor A Simossis, Praveen Sethupathy, Thanasis Vergoulis, Nectarios Koziris, Timos Sellis, Panagiotis Tsanakas and Artemis G Hatzigeorgiou, Accurate microRNA target prediction correlates with protein repression levels, BMC Bioinformatics, 10, 2009
11. M. Maragkakis, M. Reczko, V.A. Simossis, P. Alexiou, G.L. Papadopoulos, T. Dalamagas, G. Giannopoulos, G. Goumas, V. Koukis, K. Kourtis, T. Vergoulis, N. Koziris, T. Sellis, P. Tsanakas and A.G. Hatzigeorgiou, DIANA-microT web server: elucidating microRNA functions through target prediction, Nucleic Acids Research, 37, 2009.
12. Giorgos Giannopoulos, Theodore Dalamagas, Magdalini Eirinaki, Timos Sellis, Boosting the Ranking Function Learning Process using Clustering, in Proceedings of the 10th ACM International Workshop on Web Information and Data Management (WIDM'08), Napa Valley, California, October 30, 2008.



A Calculation with No Fitting Parameters of the Charging Time of Metal Nanoparticles Inside Non-Volatile Memories: Effects of Voltage Pulse Duration

Αναστασόπουλος Αντρέας

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

INTRODUCTION

Metal nanoparticles (mNP) inside a dielectric matrix are found in non-volatile memory cells, (see figure 1). Charging the mNPs constitutes an act of programming and the time of charging is the programming time. There have been works [1] that calculate this time but because of the use of 1-dimensional (1-D) WKB expressions for the tunneling current they introduce parameters such as effective area or capture cross section, the values of which are found by comparison to experiment. In this work we use a 3-D WKB approximation [2] to calculate the tunneling current which together with a 3-dimensional solution of the Poisson equation allows us to calculate the charging times of the mNP without the use of fitting parameters. It is also worth pointing out that the existence of metal –as opposed to semiconducting NP- necessitates a 3-D treatment because of the additional reason that electric field lines terminate normally on metal nanospheres, thus bending highly inside the tunneling oxide. The agreement we obtain with the measured experimental times -without any fitting parameters- is more than satisfactory.

METHOD

The key point of the 3-D tunneling method we use [2] is that the transmission coefficient is not a property of an emitting surface but of an electron path through a tunneling region from, say, point \mathbf{r}_1 to point \mathbf{r}_2 . The electron path from \mathbf{r}_1 to \mathbf{r}_2 need not necessarily be a straight line. Then an electron tunneling from \mathbf{r}_1 to \mathbf{r}_2 with normal (to the barrier) energy E_n has a transmission coefficient $T(E_n)$:

$$T = \exp\left(-\frac{2}{\hbar} \int_{r_1}^{r_2} \sqrt{2m[V(r) - E_n]} dr\right)$$

where the path from \mathbf{r}_1 to \mathbf{r}_2 needs to be evaluated by quantum mechanics.



Then the current density at the end point \mathbf{r}_2 is:

$$J(r_2) = \frac{emkT}{2\pi^2\hbar^3} \int_{E_c}^{\infty} T_{r_2}(E_n) \log\left(1 + \exp\left(\frac{E_F - E_n}{kT}\right)\right) dE_n$$

where $V(r)$ is the potential energy in the tunneling region (solution of the Poisson equation plus image correction term), E_F is the Fermi level at the semiconductor and the rest of the symbols have their conventional meaning. The total current impinging on the metal NP surface can be evaluated by a surface integral of J over the mNP surface without asking the question how much of the emitted current falls onto the mNP. The total time to charge the mNP with N electrons is the sum of the times $\Delta t_n = I_n/e$ where Δt_n is the time to put the n th electron in the mNP when $n-1$ electrons are already in. At each stage of this procedure (from n to $n+1$) the 3-D Poisson equation is solved again together with the above equations and a new potential and set of transmission coefficients are calculated. The procedure stops when the maximum number of electrons allowed by the Coulomb blockade condition is reached. Our method has been applied to NVMs of the form Si/SiO₂/mNP/control oxide/gate where the control oxide is SiO₂ or Al₂O₃ or HfO₂.

RESULTS

The method is exemplified in figure 2 where we show our calculated paths together with the corresponding transmission coefficient for an NVM with SiO₂ as control oxide and $d=3.5$ nm. It can be seen that as one moves away from the normal below the centre of the sphere the transmission coefficient decays rapidly and so will the current density do. Then the surface integral for the current converges. In figure 3 we show our calculated times to put n electrons in the mNP at constant gate voltage $V_G = 6$ V for different types of control oxide. Again $d=3.5$ nm. We observe that the change of control oxide may make a difference of 4 orders of magnitude in the charging time. This is due to the fact that as the dielectric constant of the control oxide increases a higher percentage of V_G drops along the tunneling oxide, thus facilitating tunneling. The effect of the gate voltage itself is shown in figure 4 where we show the time to charge the mNP with 1 electron as a function of V_G . For the HfO₂ (highest dielectric constant) the gate voltage can make a difference of 2 orders. From our results we obtain for the HfO₂ NVM that for an applied $V_G = 6$ V for 2seconds, the number of electrons is 7. The experimental value in [3] is 7.5 seconds.

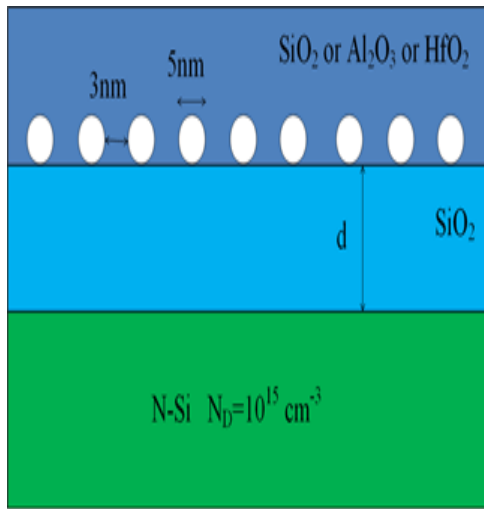


Fig. 1: Schematic of the unit cell under study showing lengths and types of materials.

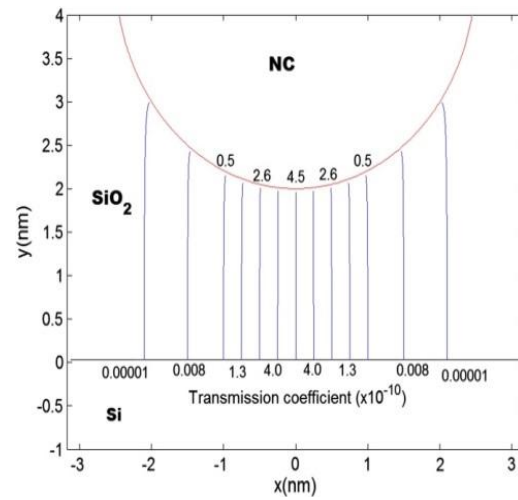


Fig. 2. Electron paths from the substrate to one of the spheres

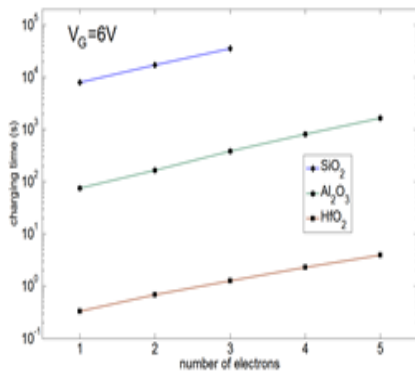


Fig. 3: Time to charge the mNP with n electrons in NVM unit cells with different types of control oxides.

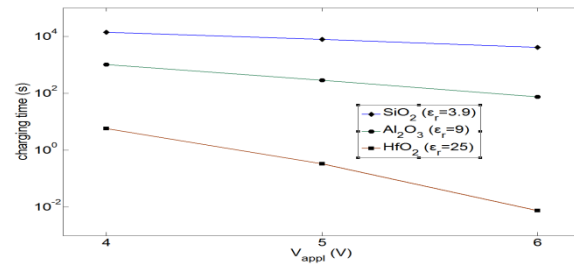


Fig. 4: Time to charge each mNP with one electron as a function of gate voltage for different type of control oxide NVM. The SiO_2 tunneling oxide thickness is again constant at

REFERENCES

1. T. Hou et al IEEE Trans. Electron Devices 53, (2006) p.3095[
2. P.L. Kapur, R. Peierls, *Proc. R. Soc. London, Ser. A*, 163 (1937), p. 606
3. E. Verrelli, G. Galanopoulos, I. Zouboulis, D. Tsoukalas, *J. Vac. Sci. Technol. B*, 31(3) (2013), p. 032204



Μελέτη βιοχημικών, καταλυτικών και δρομικών μεταβολών φυτικών ενζύμων σε συνθήκες υπερυψηλής πίεσης

Αλεξανδράκης Ζ., Ταούκης Π.

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Αντικείμενο του παρόντος Έργου ήταν η μελέτη της επίδρασης τριών παραμέτρων, της Υπερυψηλής Πίεσης (ΥΠ), της θερμοκρασίας και του χρόνου, στα βιοχημικά, καταλυτικά και δομικά χαρακτηριστικά ενζύμων που προέρχονται από φυτικές πηγές, όπως οι πηκτινομεθυλεστεράσες και οι κυστεϊνικές πρωτεϊνάσες. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναμένεται να οδηγήσουν στη γνώση των αιτιών ενεργοποίησης καθώς και αδρανοποίησης των μελετώμενων ενζύμων σε συγκεκριμένες συνθήκες, καθώς και των μεταβολών που μπορεί να προκληθεί στη δομή τους εξ' αιτίας της υποβολής τους στις συνθήκες αυτές. Η καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των φυτικών ενζύμων σε υψηλές πιέσεις θα μπορούσε να συνεισφέρει πολύτιμη γνώση σε βασικές επιστήμες στο πεδίο της βιολογίας όπως η βιοχημεία, η φυσικοχημεία και η πρωτεϊνική μηχανική, ενώ επιπλέον θα μπορούσε να αποτελέσει το απαραίτητο γνωστικό υπόβαθρο για τη θεμελίωση και βελτιστοποίηση νέων διεργασιών στη βιοχημική μηχανική και στην μηχανική των τροφίμων. Επιπρόσθετα, προέκυψαν ιδιαίτερος ενδιαφέροντα αποτελέσματα που αφορούν τη δυνητική χρήση της ΥΠ στην παραγωγική διαδικασία τόσο φρουτοχυμών όσο και νέων γαλακτοκομικών προϊόντων. Το συγκεκριμένο έργο χωρίστηκε σε τέσσερα πακέτα εργασίας (Π.Ε.1-4) όπως παρουσιάζονται στις ακόλουθες ενότητες.

Π.Ε.1: ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΝΖΥΜΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΦΥΤΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΥΠΕΡΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (ΥΠ) ΣΤΗ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥΣ.

Για την επίτευξη των στόχων του έργου, πραγματοποιήθηκε αρχικά μελέτη κινητικής απενεργοποίησης των πηκτινολυτικών και πρωτεολυτικών ενζύμων προερχόμενα από διάφορες φυτικές πηγές με την τεχνολογία της ΥΠ. Τα ληφθέντα αποτελέσματα επαλήθευσαν την τάση που φαίνεται σε μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας, ότι η διαφορετικότητα της πηγής προέλευσης των ενζύμων επηρεάζει σημαντικά τα χαρακτηριστικά της κινητικής απενεργοποίησης αυτών με την τεχνολογία της ΥΠ (Ly Nguyen et al., 2003 ; Sampedro et al., 2008 ; Katsaros et al., 2009). Για όλες τις περιπτώσεις βρέθηκε ότι ο ρυθμός απενεργοποίησης των μελετώμενων ενζύμων ακολουθεί κινητική πρώτης τάξης. Υπολογίστηκαν οι κινητικές σταθερές απενεργοποίησής της, όπως η σταθερά του ρυθμού απενεργοποίησης σε διάφορες θερμοκρασίες και πιέσεις, η ενέργεια ενεργοποίησης, E_a , και ο



όγκος ενεργοποίησης, V_a . Αναπτύχθηκε ένα μαθηματικό μοντέλο έχοντας ως μεταβλητές την πίεση, τη θερμοκρασία και το χρόνο, με το οποίο είναι δυνατός ο υπολογισμός της σταθεράς του ρυθμού απενεργοποίησης των ενζύμων σε ένα μεγάλο εύρος πιέσεων και θερμοκρασιών. Επιλέχθηκαν για περαιτέρω μελέτη της δομής ένζυμα (πηκτινολυτικά και πρωτεολυτικά) με διαφορετική συμπεριφορά κατά την απενεργοποίηση με ΥΠ. Ακολούθησε απομόνωση (isolation) και καθαρισμός (purification) των μελετώμενων ενζύμων με χρήση χρωματογραφίας ιοντανταλλαγής, συγγένειας και μοριακής διήθησης. Μετά τον καθαρισμό και την απομόνωση των συγκεκριμένων ενζύμων, πραγματοποιήθηκε κινητική μελέτη της επίδρασης ΥΠ στη δραστηρότητά τους.

Π.Ε.2: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΒΙΟΧΗΜΙΚΩΝ, ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΝΖΥΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥΣ.

Μετά τον καθαρισμό των συγκεκριμένων ενζύμων ακολούθησε η μελέτη των δομικών μεταβολών τους μετά από επεξεργασία με ΥΠ, καθώς και μετά από θερμική επεξεργασία με τη χρήση της φασματοσκοπίας κυκλικού διχροισμού. Παρατηρήθηκε ότι η μείωση της δραστηρότητας των συγκεκριμένων ενζύμων μπορεί να συσχετιστεί με μεταβολές στη τριτοταγή δομή τους (Alexandrakis et al., 2013). Τα αποτελέσματα της πραγματοποιηθείσας έρευνας συμπληρώνουν κενά στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την μελέτη και συσχέτιση του μηχανισμού αδρανοποίησης των συγκεκριμένων ενζύμων με τις μεταβολές που προκαλούνται στη δομή του σε διάφορες συνθήκες επεξεργασίας με ΥΠ και θερμοκρασία. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν αντίστοιχες αναφορές στη διεθνή βιβλιογραφία παρόμοιας θεματολογίας με την προτεινόμενη μελέτη, παρά μόνον κάποιες μεμονωμένες εργασίες στην αλλαγή της δομής ορισμένων πρωτεϊνικών συστημάτων, οι οποίες όμως δεν επαρκούν για την κάλυψη των κενών που υπάρχουν στη γνώση. Η γνώση που προέκυψε από το έργο αυτό θα χρησιμεύσει στη βαθύτερη κατανόηση των αιτιών των διαφοροποιημένων βιοχημικών χαρακτηριστικών και θα προσφέρει βάση για την εξήγηση των πιθανά διαφορετικών λειτουργικών ιδιοτήτων τους.

Π.Ε.3: ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΥΠ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ ΧΥΜΩΝ ΦΡΟΥΤΩΝ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ.

Με χρήση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τα Πακέτα Εργασίας 1 και 2, η τεχνολογία της ΥΠ εφαρμόστηκε για την παραγωγή σε πιλοτική κλίμακα πορτοκαλοχυμού NFC ποικιλίας Navel. Για την εύρεση των βέλτιστων συνθηκών ΥΠ και τη χρήση αυτών για την παραγωγή του πορτοκαλοχυμού μελετήθηκε η απενεργοποίηση της ΠΜΕ και των γαλακτικών βακτηρίων με συνδυασμένη εφαρμογή ΥΠ και θερμοκρασίας. Τόσο για την ΠΜΕ, όσο και για τους μικροοργανισμούς προσδιορίστηκε ένα συνολικό μαθηματικό μοντέλο για κάθε δείκτη που περιγράφει τη συνδυασμένη επίδραση της πίεσης και της θερμοκρασίας στην απενεργοποίησή τους. Συνδυάζοντας τα δύο μαθηματικά μοντέλα, οι προτεινόμενες συνθήκες για την επεξεργασία του πορτοκαλοχυμού (Navel) με ΥΠ είναι 600 MPa, 40°C για 3 min. Στις συγκεκριμένες συνθήκες επιτυγχάνεται 90% απενεργοποίηση της ΠΜΕ και μείωση των γαλακτικών βακτηρίων κατά 7D. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε



συγκριτική μελέτη της επίδρασης της υπερυψηλής πίεσης (ΥΠ) (600MPa, 40°C, 3min) και της συμβατικής θερμικής παστερίωσης (90°C, 30sec) στα ποιοτικά και διατροφικά χαρακτηριστικά φυσικού (Navel, ελληνικής προέλευσης) πορτοκαλοχυμού. Στις παραμέτρους που μελετήθηκαν περιλαμβάνονται η περιεκτικότητα του πορτοκαλοχυμού σε ασκορβικό οξύ, η συνολική αντιοξειδωτική δράση του πορτοκαλοχυμού, η δραστηριότητα της πηκτινομεθυλεστεράσης που σχετίζεται άμεσα με τη σταθερότητα του αιωρήματος του χυμού, η ρεολογική συμπεριφορά του πορτοκαλοχυμού, καθώς και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του. Πραγματοποιήθηκε συλλογή κινητικών δεδομένων για τις παραπάνω παραμέτρους, τόσο αμέσως μετά την επεξεργασία, όσο και κατά την διάρκεια της μετέπειτα συντήρησης του πορτοκαλοχυμού σε διάφορες ισοθερμοκρασιακές συνθήκες (0-15°C). Απώτερο στόχο της εργασίας αποτελεί ο βέλτιστος σχεδιασμός μιας διεργασίας ΥΠ για την παραγωγή ενός ποιοτικά ανώτερου προϊόντος.

Π.Ε.4: ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΥΠ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΔΡΑΣΗΣ ΦΥΤΙΚΩΝ ΠΡΩΤΕΟΛΥΤΙΚΩΝ ΕΝΖΥΜΩΝ ΓΙΑ ΠΗΞΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.

Μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων στο Π.Ε.1., η ΥΠ εφαρμόστηκε για την παραγωγή νέων γαλακτοκομικών προϊόντων με εφαρμογή πρωτεολυτικών ενζύμων (σαν παράγοντες πήξης του γάλακτος). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν πέντε διαφορετικά πρωτεολυτικά ένζυμα και προσδιορίστηκε αυτό το οποίο δίνει τις καλύτερες ιδιότητες στο τελικό προϊόν με βάση την οργανοληπτική αποδοχή των προϊόντων, τη σταθερότητα του σε συνθήκες επεξεργασίας, τον ελάχιστο απαιτούμενο χρόνο πήξης αλλά και το κόστος αυτών. Για την παρασκευή του νέου προϊόντος γάλακτος, μελετήθηκαν κρίσιμες παράμετροι για την ποιότητά του, όπως τα ολικά στερεά του γάλακτος που θα χρησιμοποιούνταν για την πήξη, η τιμή pH του, η θερμοκρασία και ο απαιτούμενος χρόνος για την πήξη των προϊόντων, καθώς και η προστιθέμενη ποσότητα ενζύμου. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν, η ακτινιδίνη ήταν το ένζυμο που παρουσίασε τις καλύτερες ιδιότητες και χρησιμοποιήθηκε ως παράγοντας πήξης για την παραγωγή νέων γαλακτοκομικών προϊόντων σε εργαστηριακή κλίμακα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το συγκεκριμένο έργο αποτελεί συνδυασμό βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν θα αποτελέσουν σημαντική πηγή για την επιστημονική κοινότητα, αφού τεκμηριώνουν την αιτία της μεταβολής της δραστηριότητας των σημαντικών αυτών ενζυμικών συστημάτων όταν αυτά υποβάλλονται σε διαφορετικούς συνδυασμούς ΥΠ και θερμοκρασίας, μέσω της μελέτης της δευτεροταγούς και τριτοταγούς δομής τους καθώς και της θερμοδυναμικής τους σταθερότητας. Επιπλέον η μελέτη της δραστηριότητας επεξεργασμένων με ΥΠ πηκτινολυτικών και πρωτεολυτικών ενζύμων συντελεί στην παραγωγή χυμών φρούτων και λαχανικών με βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, καθώς και σε νέα γαλακτοκομικά προϊόντα στα οποία τα πρωτεολυτικά ένζυμα θα είναι οι παράγοντες πήξης.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alexandrakis Z., Katsaros G., Stavros P., Katapodis P., Nounesis G. & Taoukis P.(2013). Comparative Structural Changes and Inactivation Kinetics of Pectin Methyl esterases from Different Orange Cultivars Processed by High Pressure. Food and Bioprocess Technology. Vol.6,No4, DOI 10.1007/s11947-013-1087-7.
2. Katsaros, G.I., Katapodis, P., Taoukis, P.S. (2009). High hydrostatic pressure inactivation kinetics of the plant proteases ficin and papain. *Journal of food engineering*, 91,42-48.
3. Ly Nguyen B., Van Loey A.M., Smout C., Eren Özcan S., Fachin D., Verlent I., Vu S., Duvetter T. and Hendrickx M.E., (2003). Mild-heat and high-pressure inactivation of carrot pectin methyl esterase: A kinetic study. *Journal of Food Science*, 68(4), 1377–1383.
4. Sampedro, F., Rodrigo, D., Hendrickx, M. (2008). Inactivation kinetics of pectin methyl esterase under combined thermal–high pressure treatment in an orange juice–milk beverage. *Journal of Food Engineering*, **86**, 133–139.



Οι έννοιες «διαιρεμένη» και «εγκαταλελειμμένη» πόλη.

Έλενα Μέσσιου

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Πατησίων 42, 106 82 Αθήνα

Τα προβλήματα της διαίρεσης και της εγκατάλειψης χωρικών ενοτήτων, δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν με ολοκληρωμένο τρόπο από τις κλασικές πολιτικές σχεδιασμού, λόγω των ιδιαιτεροτήτων τις οποίες παρουσιάζουν. Απαιτείται λοιπόν η ανάπτυξη νέων μεθόδων και πρακτικών.

Όσον αφορά στις σχετικές με τη διαίρεση θεωρητικές προσεγγίσεις οι οποίες έχουν αναπτυχθεί, μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες με κριτήριο τα αίτια που οδηγούν μια χωρική ενότητα σ' αυτήν την κατάσταση: η πρώτη κατηγορία, η οποία αναπτύχθηκε κυρίως από τη δεκαετία του 1950 μέχρι τη δεκαετία του 1980, αντιμετωπίζει τη διαίρεση ως αποτέλεσμα του φαινομένου της παγκοσμιοποίησης και της οικονομίας της ελεύθερης αγοράς (Castells and Mollenkopf 1991, Van Kempen 2007). Η δεύτερη κατηγορία, η οποία έχει κάνει την εμφάνισή της την τελευταία τριακονταετία, αναφέρεται στη διαίρεση που οφείλεται σε βίαιες διαμάχες και τη συσχετίζει με διαφορές στην εθνικότητα, στην ιθαγένεια, στη θρησκεία, στην κουλτούρα (Bollens 1998, Calame and Charlesworth 2009). Η συγκεκριμένη έρευνα εστιάζει σ' αυτού του τύπου τη διαίρεση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση του Βερολίνου, το οποίο πλέον λειτουργεί σαν ενιαία πόλη. Η Λευκωσία από την άλλη, αποτελεί ένα ζωντανό παράδειγμα διαιρεμένης πόλης.

Αντίστοιχα και στην περίπτωση των εγκαταλελειμμένων χωρικών ενοτήτων, την έρευνα απασχολούν πόλεις που εγκαταλείφθηκαν ως αποτέλεσμα βίαιων διαμαχών. Σχετικό παράδειγμα αποτελεί το Ποτσιτέλι (Βοσνία-Ερζεγοβίνη) που εγκαταλείφθηκε λόγω των εκτεταμένων καταστροφών από τον πόλεμο, το οποίο έχει αναβιώσει και αποτελεί σήμερα προτεινόμενο Μνημείο Παγκόσμιας Κληρονομιάς Ουνέσκο. Άλλη σχετική περίπτωση, είναι το Λεβίσι (Τουρκία) το οποίο εγκαταλείφθηκε κατά την ανταλλαγή πληθυσμών μεταξύ Ελλάδας και Τουρκίας.

Στο παραπάνω πλαίσιο, αντικείμενο της έρευνας, αποτελεί η ανίχνευση των συνεπειών των φαινομένων της διαίρεσης και της εγκατάλειψης στις παραμέτρους που διέπουν μια πόλη και η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο επιτυγχάνεται η διαχείριση μιας χωρικής ενότητας υπό καθεστώς διαίρεσης ή εγκατάλειψης, με τελικό στόχο να απαντηθεί το κύριο ερευνητικό ερώτημα της συγκεκριμένη έρευνας: Πώς μπορεί ο πολεοδομικός σχεδιασμός να συμβάλλει α) στην επανένωση διαιρεμένων πόλεων β) στην αναβίωση εγκαταλελειμμένων πόλεων.



Σύμφωνα με το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο της παρούσας έρευνας, βασικό αντικείμενο της πρώτης ενότητας αποτελεί η ανάλυση και ο προσδιορισμός των εννοιών της «διαιρεμένης» και της «εγκαταλελειμμένης» πόλης μέσω της αποδελτίωσης της συναφούς με το αντικείμενο γνώσης. Στη συνέχεια, στο δεύτερο και τρίτο μέρος, διενεργείται συγκριτική αξιολόγηση μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης χαρακτηριστικών παραδειγμάτων διαιρεμένων και εγκαταλελειμμένων πόλεων αντίστοιχα. Μέσα από τις παραπάνω αξιολογήσεις προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά τις συνέπειες και τους τρόπους με τους οποίους επιτυγχάνεται η διαχείριση μιας πόλης η οποία βρίσκεται υπό καθεστώδες διαίρεσης ή εγκατάλειψης. Στο τέταρτο μέρος, αναλύεται εκτενώς η περίπτωση της Αμμοχώστου, η οποία και αποτελεί τη βασική μελέτη περίπτωσης, καθώς συγκεντρώνει και τα δύο εξεταζόμενα χαρακτηριστικά (διαίρεση και εγκατάλειψη). Η Αμμόχωστος, μια γοργά αναπτυσσόμενη πόλη, αποτελούσε μέχρι το 1974 το τουριστικό, εμπορικό, οικονομικό και πολιτιστικό κέντρο της Κύπρου, ενώ προσέλκυε τις σημαντικότερες ξένες επενδύσεις, στους τομείς του τουρισμού, του εμπορίου και της βιομηχανίας. Αμέσως μετά την τουρκική εισβολή στην Κύπρο, ένα τμήμα της κατεχόμενης πλέον Αμμοχώστου περιφράχθηκε από την τουρκική κοινότητα, με σκοπό να χρησιμοποιηθεί για διαπραγματευτικούς λόγους. Σήμερα παραμένει αναξιοποίητο, ενώ περιγράφεται με χαρακτηρισμούς, όπως «πόλη φάντασμα» ή «νεκρή πόλη». Η βασική μελέτη περίπτωσης, διερευνάται τόσο με τη άντληση στοιχείων από δευτερογενείς πηγές, όσο και με την υλοποίηση πρωτογενούς έρευνας (καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και διεξαγωγή δομημένων συνεντεύξεων).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση την μέχρι σήμερα έρευνα έχουν προκύψει τα εξής, τα οποία αφορούν στην περίπτωση των διαιρεμένων πόλεων:

1. Παρά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν κάθε μια από τις πόλεις οι οποίες μελετώνται, παρατηρείται πως υπάρχουν επιπτώσεις της διαίρεσης οι οποίες παρουσιάζουν ένα επαναλαμβανόμενο μοτίβο (π.χ. αλλαγή του τρόπου που διαρθρώνονται οι χρήσεις γης, χωροθέτηση νέων υποδομών, κ.α)
2. Οι επιπτώσεις της διαίρεσης φαίνεται να παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά την επανένωση των πόλεων.
3. Όσον αφορά στη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο ο πολεοδομικός σχεδιασμός μπορεί να συμβάλλει στην επανένωση, από τη μέχρι τώρα επισκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι οι περισσότερες σχετικές προσεγγίσεις εστιάζουν στον ρόλο του μελετητή και όχι στον σχεδιασμό αυτόν καθ' εαυτόν (Yiftachel, 2006).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Anderson, J., From Empires to Ethno-National Conflicts: A framework for studying “divided cities” in “contested states” -Part I. Divided Cities/Contested States Working Paper No. 1, 2008, 1-23.
2. Bollens, S. A., Urban Policy in Ethnically Polarized Societies. International Political Science Review, 1998, 19(2), 187-215.



3. Calame, J., Charlesworth, E., *Divided Cities: Belfast, Beirut, Jerusalem, Mostar and Nicosia*. University of Pennsylvania Press: Philadelphia, 2009.
4. Castells, M., Mollenkopf, J., *Dual city: restructuring New York*. Russell Sage Foundation: New York, 1991.
5. Gaffikin, F., Morrissey, M., *Planning in divided cities*. Blackwell Publishing: Chichester, 2011.
6. Van Kempen, R., *Divided cities in the 21st century: challenging the importance of globalization*. *Journal of housing and built environment*, 2007, 22, 13-31.
7. Yiftachel, O., *Re-engaging Planning Theory? Towards "South -Eastern" Perspectives*. *Panning Theory*, 2006, 5(3), 211-222.



Εναλλακτικές μορφές τουρισμού και αναδυόμενοι τουριστικοί προορισμοί. Ο ρόλος του σχεδιασμού στη χωρική τους διάρθρωση και οι προϋποθέσεις ανάπτυξής τους.

Αναστασία Τουφεγγούλου

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Πατησίων 42, Αθήνα

Ο τουρισμός είναι ένα θέμα κρίσιμο για την αναπτυξιακή πορεία της Ελλάδας και επίκαιρο όσο ποτέ για τις χωρικές και περιβαλλοντικές του διαστάσεις. Ο νέος αναπτυξιακός προγραμματισμός για την περίοδο 2014-2020 τον κατατάσσει στους κύριους άξονες της αναπτυξιακής στρατηγικής και αξιολογεί τη συμβολή του ως καθοριστική στην προσπάθεια για αναγέννηση της ελληνικής οικονομίας. Εκτός των άλλων, ο τουρισμός αποτελεί και ένα κατεξοχήν χωρικό φαινόμενο. Ο χώρος αποτελεί πρωταρχικά τον φυσικό αποδέκτη της τουριστικής δραστηριότητας και σήμερα αναγνωρίζεται επίσης ότι αποτελεί ουσιώδη μηχανισμό-διαμορφωτή της τουριστικής αγοράς (Αυγερινού-Κολώνια, 2011). Επισημαίνεται ακόμα ότι, η χωρική οργάνωση του τουρισμού στην Ελλάδα δεν αποτέλεσε για τρεις δεκαετίες μετά την ψήφιση του πρώτου νόμου για τη χωροταξία (Ν.360/76) αποκλειστικό αντικείμενο προσέγγισης χωροταξικού σχεδιασμού. Σήμερα, αναγνωρίζεται ότι συγκροτείται μια χωρική πολιτική για τον τουρισμό και ένα νέο πρότυπο χωρικής οργάνωσης, σε μια μάλιστα πολύ κομβική συγκυρία (η εντεινόμενη ύφεση υπαγορεύει τις αναπτυξιακές και χωροταξικές επιλογές, π.χ. προώθηση σύνθετων τουριστικών καταλυμάτων).

Επιπρόσθετα, συγκεκριμένοι λόγοι επιτείνουν την αναγκαιότητα της χρονικής διάχυσης της τουριστικής δραστηριότητας και της ανάπτυξης νέων τουριστικών προϊόντων:

- Το πρόβλημα της έντονης εποχικότητας που διακρίνει τον ελληνικό τουρισμό (έρευνα του Ι.Τ.Ε.Π. αναφέρει ότι το 2012 το 20% των αφίξεων πραγματοποιήθηκε τον μήνα Αύγουστο και το 85% από Μάιο μέχρι Οκτώβριο).
- Η ανάδυση νέων ανταγωνιστικών προορισμών που προσφέρουν επίσης "ήλιο και θάλασσα" (Κροατία, Τουρκία κ.λπ.).
- Οι επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης (μείωση της μέσης δαπάνης ανά ταξίδι, μείωση της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης κ.λπ.).

Ο οικοτουρισμός αποτελεί έναν βασικό εκφραστή του προτύπου του βιώσιμου τουρισμού (και όχι απλώς μια ιδιαίτερη ξεχωριστή μορφή εναλλακτικού τουρισμού) δεδομένου ότι καλύπτει, υπό προϋποθέσεις, ορισμένες μορφές του (αγροτικός τουρισμός, τουρισμός περιπέτειας κ.λπ.). Στο πλαίσιο αυτό, ο οικοτουρισμός εκτιμάται ότι έχει τις δυνατότητες και



διαμορφώνει προοπτικές ώστε να προσφέρει διέξοδο στα προβλήματα των λιγότερο αναπτυγμένων περιοχών της χώρας.

Η έρευνα με αφετηρία τα παραπάνω ερωτήματα και διαπιστώσεις επιχειρεί να συμβάλει στη διερεύνηση της οργάνωσης των πολλά προσδοκώμενων εναλλακτικών μορφών τουρισμού στο χώρο, με έμφαση στη χωρική οργάνωση του οικοτουρισμού. Με πυξίδα έναν βασικό προσδιοριστικό παράγοντα της ανάπτυξης του τουρισμού και του οικοτουρισμού, τον σχεδιασμό, η έρευνα στοχεύει να αναδείξει επίσης τους τρόπους και τα εργαλεία ώστε να ενισχύσει την πολιτική για τον τουρισμό προς την κατεύθυνση της χωρικής, χρονικής και θεματικής διαφοροποίησης του τουριστικού προϊόντος της χώρας.

Ειδικότερα:

- Στο πρώτο μέρος της διδακτορικής διατριβής επιχειρείται να αποδοθεί το περιεχόμενο των εννοιών που πραγματεύεται η έρευνα. Εξετάζονται οι έννοιες: εναλλακτικός τουρισμός, οικοτουρισμός, βιώσιμος τουρισμός. Επίσης, διερευνάται η σχέση αυτών των εννοιών, η εξελικτική πορεία του καθορισμού τους, η αντανάκλασή της στο περιεχόμενό τους και οι συσχετίσεις αυτών των προτύπων τουρισμού με το κυρίαρχο πρότυπο του μαζικού- συμβατικού τουρισμού.
- Στο δεύτερο μέρος της έρευνας εξετάζεται η πολιτική που εφαρμόζει η Ευρωπαϊκή Ένωση για τον τομέα του τουρισμού και μάλιστα για τις εναλλακτικές μορφές τουρισμού, με έμφαση στον οικοτουρισμό.
- Βασικό αντικείμενο της επόμενης ενότητας είναι η περιγραφή και ανάλυση της κατανομής της τουριστικής ζήτησης και προσφοράς στον ελλαδικό χώρο την περίοδο 1981-2010. Επιλέχθηκε αυτή η περίοδος δεδομένου ότι από τη δεκαετία του '80 άρχισαν να αναπτύσσονται οι πρώτες σοβαρές προσπάθειες αλλαγής της ταυτότητας του μέχρι τότε τουρισμού (εφαρμογή του Αγροτουρισμού με χρηματοδότηση της ΕΟΚ, προγραμματισμός χιονοδρομικών κέντρων και υδροθεραπευτηρίων για την ανάπτυξη του Χειμερινού και Θεραπευτικού Τουρισμού αντίστοιχα).
- Στη συνέχεια, διερευνάται ο ρόλος του χωροταξικού και αναπτυξιακού σχεδιασμού στην οργάνωση του οικοτουρισμού στον ελλαδικό χώρο.
- Τέλος, η διατριβή περιλαμβάνει την έρευνα πεδίου σε εθνικό και τοπικό επίπεδο (Ζαγοροχώρια).

Ο σχεδιασμός της έρευνας πεδίου επιχειρεί να αναδείξει τις κύριες παραμέτρους που διαμορφώνουν τα βασικά χαρακτηριστικά της ανάπτυξης και οργάνωσης του οικοτουρισμού στον Ελλαδικό χώρο, οι οποίες επικεντρώνονται:

- Στα χαρακτηριστικά της οικοτουριστικής ζήτησης.
- Στα χαρακτηριστικά της οικοτουριστικής προσφοράς- οικοτουριστικού προϊόντος.
- Στην τουριστική εικόνα των οικοτουριστικών προορισμών.
- Στα χαρακτηριστικά της οργάνωσης και διαχείρισης του οικοτουρισμού.
- Στις τουριστικές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον οικοτουρισμό.



- Στους φορείς, οργανισμούς κ.λπ. που εμπλέκονται στη διαδικασία της οικοτουριστικής ανάπτυξης.

Ως προς τον ερευνητικό σχεδιασμό, επιλέγεται η χρήση τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών μεθόδων. Η συγκέντρωση των δεδομένων πραγματοποιείται με τη χρήση τεχνικών που αφορούν: α) στην παρατηρούμενη χωρική συμπεριφορά, β) στη διατύπωση ερωτήσεων (ερωτηματολόγιο/ συνέντευξη) και γ) στην προσφυγή δευτερογενών στοιχείων και αρχειακού υλικού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την μέχρι τώρα ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και της έρευνας πεδίου:

- Οι εκτιμήσεις - στατιστικές προβλέπουν αύξηση της ζήτησης του οικοτουρισμού.
- Το ζήτημα του ορισμού του οικοτουρισμού συνιστά ένα σημαντικό κομμάτι της βιβλιογραφίας, κυρίως κατά τη δεκαετία του '90. Ο Fennell (2001) αναγνωρίζει 85 ορισμούς του οικοτουρισμού και διαπιστώνει ότι διαστάσεις όπως η διατήρηση, η ηθική, η βιωσιμότητα, η εκπαίδευση και τα οφέλη στην τοπική κοινωνία τείνουν να κυριαρχούν στις πιο πρόσφατες αναλύσεις (Weaver και Lawton, 2007). Οι πολλαπλοί ορισμοί του οικοτουρισμού ενίοτε λειτουργούν ανταγωνιστικά. Επίσης, η έλλειψη ενός ακριβούς ορισμού αφήνει σημαντικά περιθώρια ερμηνείας στον αναγνώστη, γεγονός που μετατοπίζει τις δυσκολίες από το θεωρητικό και στο κομμάτι της έρευνας (αδυναμία μέτρησης του μεγέθους του οικοτουρισμού, των οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεών του κ.λπ.).
- Το μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας κατέχουν οι σχετικές με τον χώρο - οικοτουριστικό προορισμό μελέτες περίπτωσης, δηλαδή οι Προστατευόμενες Περιοχές (ΠΠ), κυρίως των λιγότερο ανεπτυγμένων χωρών. Σχεδόν απουσιάζουν οι έρευνες με αντικείμενο τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του οικοτουρισμού στην Ελλάδα. Αποδεικνύεται επίσης ότι οι μελέτες περίπτωσης του οικοτουρισμού αφορούν συντριπτικά τις δημόσιες ΠΠ.
- Ο σχεδιασμός στις Προστατευόμενες Περιοχές στην Ελλάδα κρίνεται ελλιπής, αποσπασματικός και σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμα και ανύπαρκτος γεγονός που περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες για προστασία. Ακόμα και στις ΠΠ όπου υπάρχουν σχέδια δεν υπάρχουν οι κατάλληλοι μηχανισμοί εφαρμογής, ελέγχου και παρακολούθησης. Ειδικότερα, αν και από το 1999 ήταν απαραίτητη η εκπόνηση των Σχεδίων Διαχείρισης (ΣΔ) μέχρι και σήμερα δεν έχει εγκριθεί κανένα ΣΔ στις ΠΠ.
- Απαιτείται η προώθηση συγκεκριμένων και ουσιαστικών θεσμικών και δομικών αλλαγών που θα οδηγήσουν στη δημιουργία ενός συνεκτικού και λειτουργικού Εθνικού Συστήματος Προστατευόμενων Περιοχών, το οποίο θα καλύπτει όχι μόνο τις περιοχές που σήμερα υπάγονται στην αρμοδιότητα των φορέων διαχείρισης, αλλά και το σύνολο των περιοχών που έχουν ενταχθεί στο οικολογικό δίκτυο Natura 2000. Αυτό άλλωστε αποτελεί υποχρέωση της χώρας βάσει της κοινοτικής οδηγίας 92/43/ΕΟΚ, με την οποία θεσπίστηκε το δίκτυο Natura 2000.



- Σήμερα πολλές επιχειρήσεις τιτλοφορούνται ως "οικοτουριστικές" ενώ έχουν ελάχιστα ή κανένα από τα σχετικά χαρακτηριστικά, πράγμα που σημαίνει πως ο οικοτουρισμός χρησιμοποιείται για την ικανοποίηση οικονομικών επιδιώξεων προωθώντας την ποιότητα του περιβάλλοντος για να προσελκύσει τουρίστες και όχι με σκοπό τη διατήρηση του φυσικού κεφαλαίου (λίγες περιπτώσεις εξαιρούνται).
- Τέλος, μέσα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση και την έρευνα πεδίου διαπιστώνεται η σπουδαιότητα της φέρουσας ικανότητας, ως εργαλείο τόσο πολιτικής όσο και σχεδιασμού της τουριστικής δραστηριότητας. Επίσης, της αποδίδεται ο ρόλος του "ρυθμιστή" της πολύπλοκης αυτής σχέσης μεταξύ περιβάλλοντος και ανάπτυξης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αυγερινού - Κολώνια, Σ., Χωρικές Δυναμικές του Τουρισμού (1961-1991). Στο G. Burgel και Z. Δεμαθάς (Επιμ.), Η Ελλάδα μπροστά στην Τρίτη χιλιετία: χώρος, οικονομία, κοινωνία τα τελευταία 40 χρόνια, 243-269. Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης Παντείου Πανεπιστημίου, Laboratoire de Geographie Urbaine, Universite de Paris X: Αθήνα, 2001.
2. Αυγερινού - Κολώνια, Σ., Προϋποθέσεις και προτάσεις για ένα νέο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τον Τουρισμό. Στο Σ. Αυγερινού- Κολώνια και Δ. Μέλισσας (Επιμ.), Οικονομική συγκυρία και χωροταξία του τουρισμού, 81-95. Προπομπός: Αθήνα, 2011.
3. Fennell, D., Οικοτουρισμός (επιμ: Α. Αποστολοπούλου, μτφ: Σ. Καραγιάννης). ΕΛΛΗΝ: Περιστέρι, 2001 (έτος έκδοσης πρωτοτύπου 1999).
4. Gale, T., Hill, J., Ecotourism and Environmental Sustainability: An Introduction. Στο J. Hill & T. Gale (Επιμ.), Ecotourism and environmental sustainability: principles and practice, 3-16. Ashgate Publishing Company: Surrey and Burlington, 2009.
5. Hall, M., Page, S., The Geography of Tourism and Recreation: Environment, place and space (3rd ed.). Routledge: Oxford and New York, 2010.
6. Honey, M., Ecotourism and Sustainable Development: Who Owns Paradise? (2nd ed.). Island Press: Washington, Covelo and London, 2008.
7. Ινστιτούτο Τουριστικών Ερευνών και Προβλέψεων (Ι.Τ.Ε.Π.), Εξελίξεις στον Τουρισμό και στα Βασικά Μεγέθη της Ελληνικής Ξενοδοχίας το 2012. Ι.Τ.Ε.Π.: Αθήνα, 2013.
8. Κοκκώσης, Χ., Τσάρτας, Π., Γκρίμπα, Ε., Ειδικές και Εναλλακτικές Μορφές Τουρισμού- Ζήτηση και προσφορά νέων προϊόντων τουρισμού. Κριτική ΑΕ: Αθήνα, 2011.
9. Κομίλης, Π., Οικοτουρισμός: Η εναλλακτική προοπτική αιεφόρου τουριστικής ανάπτυξης (2^η έκδ.). Προπομπός: Αθήνα, 2007.
10. Κομίλης, Π., Χωρική ανάλυση του τουρισμού. Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών: Αθήνα, 1986.
11. Weaver, D., Lawton, L., Twenty years on: The state of contemporary ecotourism research, *Tourism Management*, 2007, 28, 1168–1179. doi:10.1016/j.tourman.2007.03.004



Η ερμηνεία του χώρου μέσα από συστήματα συλλογικής νοημοσύνης

Μαρία Κερκίδου, Αναστασία Πεχλιβανίδου-Λιακατά

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

The innovative characteristic that is incorporated in contemporary architectural design is the aptitude of continual and dynamic transformation. New design tools have facilitated the elaboration of architectural proposals and their representation. This research looks into spaces of public use which are marked by the traces of human movement. Through movement the users' spatial behaviour is recorded and simulated aiming at the evaluation of the current architectural design and possible future alterations to it. An agent based approach is selected for the implementation in which swarm intelligence facilitates the motion simulation as well as the incorporation of behavioural features of the simulated users. Furthermore, attempts to embed adaptive traits to the urban equipment were implemented through the interplay of swarm agents, being used as an improvement tool for generic design proposals.

INTRODUCTION

In contemporary architecture, the cogitation on architectural design has expanded, and reshaped its boundaries through strategies that digital technology supplies. The technological evolution offers powerful machines that produce virtual/physical models in a glimpse; therefore reaching the point of testing before constructing. As a result, architects are inclined to revise the design logic and explore the architectural object while trying not to use programs but to program architecture per se.

SPATIAL BEHAVIOUR AND PEDESTRIAN MOVEMENT

The shift towards an algorithmic expression of the architectural problem derives from the designer's need to codify the problem through a series of finite steps. Addressing the problem of creating environments for human inhabitants can therefore be eminently contingent on their 'spatial behaviour'. Such a task entails a long list of factors that need to be considered in order to meet the needs of the users. As architectural design is intertwined with spatial behaviour, the one may offer indication of how successful is the former or how influencing can be the latter. The emerging goal for design concatenates those elements trying to address the problem of predicting the behavioural patterns of the users and evaluating the impact of the built environment on its inhabitants. Therefore, behaviour modelling and simulation rise to prominence as valuable tools for this endeavour.



Spatial behaviour modelling revolves around the static and dynamic properties of the physical environment as important components, since socio-cultural parameters are harder to express in quantity and less apparent across behavioural backgrounds. Analysing this behaviour in either indoor or outdoor areas is a significant aspect of architectural and urban design (Jalalian, et al., 2011).

The scope of this research focuses on the study of human movement as a dominant expression of spatial behaviour. Simulation models extend the ways by which designers can predict the movement patterns of pedestrian crowds while terms of arrangement in diverse urban spaces are being discussed (Willis, et al., 2004).

This work seeks to elaborate on how architects through crowd movement simulation can interpret the users' demands regarding a given space, comprehend the space's characteristics and abide to the overall requirements while also taking into account that due to the large number of variables that relate both to pedestrians and to the situations and environments in which they find themselves this can be a complex task.

AGENTS MOVEMENT AND SPACE REFORMATION

“The specificities of space are a product of interrelations -connections and disconnections- and their (combinatory) effects” (Massey, 2005). Assembling the characteristics of space one can discern the reasons for which the agent based approach is chosen for this implementation.

Agent based modeling comprises a theoretical basis along with practical instruments which combined can offer an interesting aspect of natural and urban phenomena as a collective dynamics of interacting components. Agents facilitate the investigation of the individual's behaviour in micro-level associated to the patterns that emerge through the interplay of numerous individuals in macro-level (Popov, 2009).

Specifically, this work implements a simulation using swarm intelligence. The definition of swarm intelligence would describe the attempt to design algorithms or distributed problem-solving mechanisms that collect information from the collective behaviour of social insects, offering an alternative way of creating intelligent systems (Bonabeau, 1999).

Extending this to artificial intelligence entails that agents can respond to disturbances without being programmed to manage the specific disturbance (Bonabeau, 1999). As James Adam describes, “the simple building behaviours of each individual, acting alone, combine together and result in the construction of coherent, functional structure”. There is no activity coordinator as a unit, but rather a collective intelligence expressing the aggregate of the colony (Adam, 2005).

COMPLEXITY IN TERMS OF SYSTEMS AND ARCHITECTURAL SPACE

It is stressed out that a social unity in its context, performing regular activities, is spatially inscribed as a dynamic process characterized by self-organisation; thus, creating a spatial pattern between the environment and its inhabitant (Lefebvre, 1991; Hillier, 1998).

Accordingly, combining the demands and traits of the user along with the geometrically unquantifiable aspect of space, it is suggested to meet the needs of the design problem via the



computational mechanism of a complex adaptive system (CAS). Such an approach would provide the designer with the framework for managing large numbers of elements and their inter-relationships.

CASs' main attributes are summarized by Johnson (2002) to the following: simple initial rules; numerous interactions in local level; random organisation; decentralised control.

The attributes of CASs that can broaden the scope of the design process include:

- discrete composition; independent entities in parallel action composing of a consistent superstructure
- algorithmic relationships; conditions that rule the system and define the correlation among the constituent elements, evaluating and readjusting it continuously
- exogenous control; ability of the system to respond to exogenous stimulus
- scalability; equivalent behaviour of a system comprising few elements to a system with numerous elements.

Even though the results derive from simple local stimuli, they induce complexity to the global ensemble. The notion of complexity deals with the original state of the system, focusing on the interaction among the composing parts which gives rise to unpredictable outcome. Through computational models, minor changes of the initial conditions lead to variation of results which have emergent properties. This can facilitate the segregation and revision of an individual element of the system whose impact can be traced.

The emergent features of such a system can be attributed to its ability to form unexpected and complex spatial configurations, simply by following a set of rules of local range.

METHODOLOGY

The research includes several experimentations in which agents represent pedestrians as well as case studies extending the previously mentioned with agents selectively representing environmental components and acting in parallel with crowd agents. The core algorithms implemented are based on largely tested models referring mainly to M. Resnick's Ants (1997) and C. Reynolds' OpenSteer library (Reynolds, 1999). The selected space of study is Syntagma Square in which pedestrian movement is simulated according to collected empirical data as well as compiled features regarding movement from related bibliography. According to the above, the experimentations depict diverse behavioural patterns that vary according to different environmental conditions (e.g. weather), situational (e.g. day vs night activities) etc. Furthermore, generic simulation of agents acting in parallel has been tested in the form of a system that represents the public square whose building components respond to changes caused by the pedestrian activities and accordingly the user agents react to the alterations brought by the environmental elements.

CONCLUSIONS

Within the framework of the research that has been held so far, the experiments on the interacting swarm groups featuring environmental elements along with spatial users, have presented interesting outcomes. Several parameters are designed to be user-defined in order to



comply with diverse scenarios. Nonetheless, this remains a work in progress and the results cannot be fully assessed at the current time. Future work will incorporate more elaborate pedestrian behaviour simulation which can be studied in relation to gathered empirical data of the square in question.

BIBLIOGRAPHY

1. Jalalian, A., Chalup, S. K., and Ostwald, M. J., Agent-agent interaction as a component of agent-environment interaction in the modelling and analysis of pedestrian visual behaviour. Hong Kong, Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2011, 555-564.
2. Willis, A. et al., Human movement behaviour in urban spaces: implications for the design and modelling of effective pedestrian environments. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2004, 31, 805-828.
3. Massey, D., *For Space*, Sage Publications Ltd, London, California and New Delhi, 2005, 67.
4. Popov, N., Utilising Agent Based Models for Simulating Landscape Dynamics, *Proceedings of Cumulus 38°South: Hemispheric shifts across learning, teaching and research*, Melbourne, 2009.
5. Bonabeau, E., et al, *Swarm Intelligence*, Oxford University Press, New York, 1999.
6. Adam, J., *Designing Emergence: Automatic Extraction of Stigmergic Algorithms from Lattice Structures*, Ph.D. Dissertation, University of Essex, UK, 2005.
7. Lefebvre, H., *The Production of Space*, Oxford, Blackwell, 1991.
8. Hillier, B., *Space is the Machine*, Cambridge, Cambridge University Press, 1998.
9. Johnson, S., *Emergence: The Connected Lives of Ants, Brains, Cities and Software*, London, Penguin Books, 2002.
10. Resnick, M., *Turtles, Termites and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds*. *Complex Adaptive Systems*, Cambridge, MA, MIT Press, 1997.
11. Reynolds, C. W., *Steering Behaviors For Autonomous Characters*, in the proceedings of Game Developers Conference 1999 held in San Jose, California, Miller Freeman Game Group, San Francisco, California, 1999, 763-782.



Χωρικές πολιτικές και λόγος για την πόλη την περίοδο της δικτατορίας 1967-1974. Τομές και συνέχειες στις διαδικασίες συγκρότησης του ελληνικού αστικού χώρου. Το πλαίσιο της έρευνας.

Πασχάλης Σαμαρίνης

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το αντικείμενο της έρευνας αφορά την κρίσιμη για την διαμόρφωση του ελληνικού αστικού χώρου μεταπολεμική περίοδο, εστιάζοντας στην επταετία 1967-1974 της δικτατορικής διακυβέρνησης. Ειδικότερα μελετάται η περίοδος ως προς τις συνέχειες ή τομές στις διαδικασίες της μεταπολεμικής αστικοποίησης και κυρίως σε σχέση με τις πολιτικές, το σχεδιασμό και το λόγο για την πόλη. Η εργασία τοποθετείται έτσι στην κοινή περιοχή δύο ευρύτερων –όχι διακριτών βέβαια- θεματικών πεδίων και των αντίστοιχων οπτικών: των ιστορικών και θεωρητικών διερευνήσεων της περιόδου της δικτατορίας ως υποπεριόδου της μεταπολεμικής ιστορίας και των θεωρητικών και ιστορικών διερευνήσεων της ελληνικής πόλης και πολεοδομίας. Ως οπτική εκφράζει αντίστοιχα την πρόθεση για μια σύνθετη - ιστορικο-γεωγραφική- προσέγγιση της «πόλης», ως δυναμικά μετασχηματιζόμενου και «ανοιχτού» χώρου πολλαπλότητας, σχέσεων και συγκρούσεων ως χώρου δηλαδή πολιτικού. Επίκεντρο του προβληματισμού είναι η πρωτεύουσα Αθήνα, ως χώρος με τα παραπάνω χαρακτηριστικά που συμπυκνώνει τις εξελίξεις και τις αντιθέσεις της μεταπολεμικής περιόδου των έντονων κοινωνικών μεταμορφώσεων. Η διατύπωση του τίτλου και γενικότερα η επιλογή να αναφέρομαι σε διαδικασίες (πολιτικές, ιδεολογικές) της «περιόδου της δικτατορίας» και όχι της «δικτατορίας» έχει τη δική της σημασία: Ο βαθμός στον οποίο αυτές, όπως και γενικότερα η κοινωνική παραγωγή της περιόδου, επικαθορίζονταν από το καθεστώς, την ιδεολογία και τις πρακτικές του είναι ένα από τα καταρχήν ζητούμενα, άξονας της διερεύνησης των «συνεχειών» και «τομών» και στοιχείο της κατανόησης του χαρακτήρα του. Ή για να το θέσω αλλιώς, αυτή η εργασία δεν ασχολείται με την ιδεολογία και τις υλοποιήσεις μιας «δικτατορικής πολεοδομίας», αλλά στρέφεται στις δυναμικές μετασχηματισμού του χώρου και στην ανάπτυξη των σχετικών ιδεών και αναζητά τα πεδία στα οποία διασταυρώθηκαν αυτές με τον αυταρχισμό και τις έκτακτες συνθήκες της δικτατορίας.

Η διερεύνηση κινείται γύρω από τις έννοιες –και τις πολύπλευρες πραγματικότητες που αυτές νοηματοδοτούν- της «αστικοποίησης», της «χωρικής πολιτικής», της πολεοδομίας και του «λόγου» για την πόλη. Η έμφαση της προσέγγισης είναι στις σχέσεις μεταξύ των παραπάνω



πεδίων: της αστικοποίησης ως της κατεξοχήν διαδικασίας μεταμόρφωσης του μεταπολεμικής κοινωνίας και του χώρου της. Της χωρικής πολιτικής ως των στρατηγικών και πρακτικών διαχείρισης αυτής της δυναμικής, των αντιθέσεων και των συγκρούσεών της. Της πολεοδομίας ως επιστημονικού αντικειμένου – «χώρου» και ως αντίληψης συγκροτημένης παρέμβασης στο χώρο. Του «λόγου για την πόλη», όπως αυτός εκφέρονταν από τους «ειδικούς», ως ιδεολογίες του σχεδιασμού, αλλά και ευρύτερα, ως έκφραση των μεταπολεμικών ρευμάτων σκέψης και των εξελίξεων της δημόσιας συζήτησης. Η πορεία αυτής της σχέσης, των μετασχηματισμών της πόλης και των ιδεών που αναπτύσσονται σχετικά, αναζητείται στην περίοδο της δικτατορίας σε σχέση με την ευρύτερη μεταπολεμική πορεία. Τα ειδικότερα ερωτήματα γύρω από τα οποία κινήθηκε η έρευνα θα μπορούσαν να διατυπωθούν ως εξής: Πώς εξελίχθηκαν μέσα στην επταετία οι διαδικασίες της αστικοποίησης και των μετασχηματισμών του αστικού χώρου; Τί είδους ποιοτικές ή ποσοτικές διαφοροποιήσεις μπορούν να εντοπιστούν και κατά πόσο αυτές συνδέονται με τις έκτακτες πολιτικές συνθήκες; Ποια λογική εξέφρασε η χωρική πολιτική της δικτατορίας σε σχέση με αυτές τις δυναμικές; Κατά πόσο υπήρξαν μετατοπίσεις στο περιεχόμενο της πολιτικής και στο πλαίσιο άσκησης αυτής; Πώς εξελίχθηκε η δημόσια συζήτηση για τα θέματα της πόλης, αλλά και ο προβληματισμός των «ειδικών»-επιστημόνων του χώρου; Μέσα σε ποιους κοινωνικούς χώρους, με ποιες διαδικασίες και τί περιεχόμενο; Πώς μπορούν να προσεγγιστούν οι στάσεις των «ειδικών» απέναντι στο κράτος και το καθεστώς και σε τί φάσμα κινήθηκαν αυτές; Ποια νήματα συνδέουν την προδικτατορική και τη δικτατορική περίοδο με τις πολιτικές και τις δυναμικές των ιδεών για την πόλη στην μεταπολίτευση;

ΑΠΟ ΤΟ «ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ» ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ.

Τα παραπάνω ειδικά ερωτήματα, αλλά και η ανάγκη ένταξής τους σε ένα ευρύτερο πλαίσιο θεώρησης της μεταπολεμικής πορείας μετασχηματισμού της ελληνικής κοινωνίας και του χώρου της, διαμορφώνουν το πλαίσιο αναζητήσεων, και κατευθύνουν τις μεθοδολογικές επιλογές της έρευνας. Πρωταρχικής σημασίας είναι, επιπλέον, η θεωρητική επιλογή ως προς την ένταξη της προσωπικής αυτής μελέτης, στο συλλογικό και συνεχιζόμενο εγχείρημα της έρευνας για την -κρίσιμη και φορτισμένη πολιτικά- περίοδο της επταετίας και την ελληνική πόλη. Με αφετηρία τις διαπιστώσεις ότι η περίοδος παραμένει σε μεγάλο βαθμό αδιερεύνητη -μια «μαύρη τρύπα» της ελληνικής ιστοριογραφίας σύμφωνα με έγκριτους ιστορικούς- και αυτό αφορά και στα θέματα πόλης/πολεοδομίας, οι στόχοι που τέθηκαν δεν είναι οι οριστικές απαντήσεις των ερωτημάτων ή η «κάλυψη» του αντικειμένου· αλλά η πρόταση ενός πλαισίου διερεύνησης-διαλόγου με υπάρχουσες προσεγγίσεις, η δημιουργία ερωτημάτων και η συγκέντρωση/καταγραφή υλικού το οποίο θα μπορούσε ενδεχομένως να υποστηρίξει μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες.

Σε αυτές τις κατευθύνσεις, η έρευνα προσέγγισε βιβλιογραφικά ένα ευρύτερο των «σπουδών του χώρου» πεδίο, το οποίο αφορά σε κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές ερμηνείες της περιόδου. Σε σχέση με την «ειδική» βιβλιογραφία για την ελληνική πόλη και πολεοδομία, αυτή μελετήθηκε με άξονα τη συζήτηση για τις «ιδιομορφίες» της ελληνικής περίπτωσης και τις σχέσεις αυτών με τις ευρύτερες κοινωνικές εξελίξεις: Μπορούμε να μιλήσουμε για ένα «διαίτερο παράδειγμα» συγκρότησης του ελληνικού αστικού χώρου; Ποιές είναι οι καταβολές του και πώς συγκροτείται στη «μακρά» ιστορική διάρκεια; Σε ποιο πλαίσιο μπορούν να ερμηνευτούν ο περιβόητος «μη σχεδιασμός» και η «ανυπαρξία του κράτους» και



ποιες πραγματικές σχέσεις εκφράζουν μεταξύ κράτους, κοινωνίας και «ειδικών»; Και ποια η θέση της εξεταζόμενης περιόδου σε αυτή τη «μακρά» διάρκεια;

Το κυρίως μέρος της έρευνας οργανώνεται σε τέσσερα κεφάλαια, τα οποία αντιστοιχούν και σε διαφορετικούς «χώρους» έκφρασης λόγου, παραγωγής προτάσεων και συζήτησης για την πόλη. Οι παράλληλες και διαπλεκόμενες πορείες τους μελετώνται στην προδικτατορική και τη δικτατορική περίοδο μέσα από τη μελέτη προτάσεων, μέσα από αρχειακό υλικό και μαρτυρίες ανθρώπων που συμμετείχαν ενεργά όλο αυτό το διάστημα στα σχετικά εγχειρήματα. Διερευνώνται ειδικότερα:

- Ο «χώρος» των θεσμικών φορέων έρευνας και προγραμματισμού. Ως παράδειγμα αναφοράς επιλέχθηκε η δραστηριότητα του Κέντρου Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών και η χαρακτηριστικότερη ίσως μελέτη εκείνης της περιόδου, το *Δεκαπενταετές Πρόγραμμα Μακροχρονίου Αναπτύξεως*.

- Οι δραστηριότητες σχετικά με την εκπόνηση του ρυθμιστικού σχεδίου της Αθήνας. Η ιδιαιτερότητα της δικτατορικής περιόδου αφορά στη διάσπαση της διαδικασίας εκπόνησης σε δύο ασύμβατες και συγκρουόμενες πορείες που αντιστοιχούσαν σε διαφορετικούς χώρους του κρατικού μηχανισμού και μελετητές. Διερευνώνται η σχετική δραστηριότητα του αρμόδιου Γραφείου Ρυθμιστικού του Υπουργείου Δημοσίων Έργων, καθώς και οι προτάσεις του Γραφείου Δοξιάδη για το Χωροταξικό Σχέδιο και Πρόγραμμα Περιοχής Πρωτεύουσας, μετά από ανάθεση του Υπουργείου Προγραμματισμού.

- Η συζήτηση στη δημόσια σφαίρα μέσω του Τύπου και στο πλαίσιο των ιδιαίτερων συνθηκών της εποχής. Σε αυτή την περίπτωση επιλέγεται το εβδομαδιαίο περιοδικό «Οικονομικός Ταχυδρόμος», το οποίο παρουσίαζε συστηματικά τα θέματα προγραμματισμού, χωροταξικού και πολεοδομικού σχεδιασμού.

- Ο δημόσιος, αλλά και οριοθετημένος, κοινωνικοεπαγγελματικός χώρος του Συλλόγου Αρχιτεκτόνων (ΣΑΔΑΣ) και η παρουσία του στη διάρκεια της επταετίας. Οι διεργασίες και η δημόσια παρέμβαση του Συλλόγου καταγράφονται μέσα από το υλικό του μηνιαίο Δελτίου του.

Σε εκτενή παραρτήματα παρατίθεται, τέλος, με μορφή πινάκων το σχετικό αρχειακό υλικό του Οικονομικού Ταχυδρόμου, του Δελτίου του ΣΑΔΑΣ και του Αρχείου Δοξιάδη.

Τα συμπεράσματα και τα ερωτήματα που προκύπτουν από την έρευνα προφανώς δε μπορούν να συνοψιστούν σε λίγες γραμμές. Θα μπορούσαν να συμπυκνωθούν όμως στη διαπίστωση ότι η περίοδος της επταετίας, εν μέσω του αυταρχισμού και των συνθηκών «εκτάκτου ανάγκης», υπήρξε κάθε άλλο παρά κενή διεργασιών σε σχέση με τις πολιτικές και τη συζήτηση για το χώρο. Η ραγδαία όξυνση των πολεοδομικών προβλημάτων, τα κοινωνικά θέματα που ανέκυπταν γύρω από την ανάπτυξη του αστικού χώρου και οι τοποθετήσεις «ειδικών» και μη απέναντι σε αυτά, προδιέγραφαν σε σημαντικό βαθμό προοπτικές και κατευθύνσεις της μεταπολιτευτικής περιόδου.



«Η οργανική πόλη» του 4ου CIAM και ο Ιωάννης Δεσποτόπουλος

Βασιλική Δήμα

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Πατησίων 42, 10682 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια του παζλ που συνθέτουν την ιστορία της αρχιτεκτονικής του ελληνικού μεσοπολέμου είναι ο Ιωάννης Δεσποτόπουλος. Η δραστηριότητά του τη δεκαετία του '30 που επιστρέφει στην Ελλάδα από τη Γερμανία είναι πολυσχιδής και περιλαμβάνει, πέρα από σημαντικότερες μελέτες και διαγωνισμούς κτιρίων, θεωρητικές και πολεοδομικές μελέτες. Ως εργαλείο κατανόησης των τελευταίων μπορεί να χρησιμεύσει η συμβολή του Δεσποτόπουλου στο περίφημο IV Διεθνές Συνέδριο «Νεωτέρας Αρχιτεκτονικής» (Congrès Internationaux d'Architecture Moderne – CIAM), που πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 1933 εν πλω από τη Μασσαλία στην Αθήνα, καταλήγοντας με συνεδριάσεις στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Το συνέδριο αυτό αποτέλεσε ουσιαστικά την αφετηρία της παρούσας αναζήτησης. Και πιο συγκεκριμένα το μυστήριο, κατά μία έννοια, που καλύπτει τον ελληνικό τίτλο «Η Οργανική Πόλις». Πρόκειται για μετάφραση του “La Ville Fonctionnelle” ή “Die Funktionelle Stadt” και η επιλογή του όρου *οργανική* - αντί του *λειτουργική* ή *φονξιοναλιστική* - παραμένει ένα ερώτημα που δεν έχει διερευνηθεί εκτενώς μέχρι σήμερα. Ο τίτλος αυτός, όπου το *οργανική* αποτελεί περισσότερο απόδοση, παρά μετάφραση του, αναφέρεται στην ελληνική βιβλιογραφία εδώ και 80 χρόνια, αλλά απ' όσο μας είναι γνωστό, δεν έχει τεθεί ποτέ το ερώτημα: πώς προέκυψε ο τίτλος αυτός; Αποτελεί απλά μία λανθασμένη μετάφραση, μία αβλεψία της εποχής;

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

Κείμενο-κλειδί και αφορμή για την αναδίπλωση της όλης προβληματικής σχετικά με το *οργανικό-λειτουργικό* και τη συμβολή του Δεσποτόπουλου σε αυτή αποτέλεσε η πρωτότυπη μελέτη του Fred Forbat «Η οργανική πόλις», που γράφτηκε ειδικά για τα *Τεχνικά Χρονικά* και με την ευκαιρία του επερχόμενου IV Συνεδρίου στην Αθήνα.

¹ Το άρθρο αυτό προλογίζει ο Ι. Δεσποτόπουλος, ο οποίος με αστερίσκο στον τίτλο σημειώνει: «Προτεινόμεν τον όρο ‘οργανική πόλις’ προς απόδοσιν της έννοιας ‘La ville fonctionnelle’ [sic] ή ‘Die funktionelle Stadt’, χωρίς με τούτο να κρίνωμεν απορριπτέα την υπό

¹ Forbat, Fred, «Η Οργανική Πόλις», *Τεχνικά Χρονικά*, 15 Ιουλίου 1933, αριθ. 38, σ. 694-703. Σύντομο εισαγωγικό σημείωμα: Ι. Δεσποτόπουλος. Περίληψη του πρωτότυπου στα γερμανικά υπάρχει στο ξενόγλωσσο παράρτημα του ίδιου τεύχους, σ. 740-742.



άλλων συναδέλφων χρησιμοποιηθείσαν ήδη έκφρασιν ‘λειτουργική πόλις’². Ακριβώς επειδή σημειώνεται, όμως, παρατηρούμε ότι ο όρος *οργανική πόλη*, δεν αποτελεί λάθος ή παράβλεψη, αλλά συνειδητή απόφαση και εμπεριέχει ήδη μία ερμηνεία. Στο αρχείο του Φρεντ Φόρμπατ στη Στοκχόλμη βρέθηκε πλούσια αλληλογραφία της εποχής, καθώς και το πρωτότυπο κείμενο “Die funktionelle Stadt”. Από τις πρώτες παρατηρήσεις της μελέτης του Φόρμπατ είναι ότι τα πολεοδομικά αμαρτήματα των τελευταίων δεκαετηρίδων έχουν κοινή προέλευση την έλλειψη γνώσης ότι η πόλη είναι οργανισμός [Organismus] του οποίου η ζωή οφείλεται στην απρόσκοπτη, συντονισμένη λειτουργία όλων των οργάνων του. Τονίζει ότι η εξωτερική μορφή της πόλης είναι συνάρτηση [Funktion στο πρωτότυπο] των εκδηλώσεων της ζωής που περιέχονται σε αυτήν και θεωρεί ότι η συγκρότηση της μορφής αυτής δεν μπορεί να είναι αποτέλεσμα καθαρά μηχανική εργασίας. Η απόδοση του γερμανικού *Funktion* με τη μαθηματική του έννοια της *συνάρτησης* στα ελληνικά στο σημείο αυτό, μας υποδεικνύει ότι κάτι που σήμερα θεωρούμε δεδομένο, ότι δηλαδή η έννοια του functional του 4^{ου} CIAM σημαίνει λειτουργικό, μπορεί την εποχή εκείνη που γινόταν η συζήτηση και με όλες τις διαφορετικές απόψεις και προσεγγίσεις των διαφόρων εθνικών ομάδων, να μην είχε για όλους το ίδιο νόημα και περιεχόμενο. Ως αποτέλεσμα της παρατήρησης αυτής, η απόδοση του όρου ως *οργανικό* στα ελληνικά μετατρέπεται από μία απλή μετάφραση, σε ερμηνευτικό εργαλείο για το περιεχόμενο και την ουσία της *funktionelle Stadt*. Συνεχίζοντας όμως με το κείμενο του Φόρμπατ, όπου απορρίπτει την άποψη που θέλει την πόλη ως καθαρά μηχανιστικό αποτέλεσμα, αμέσως μετά απορρίπτει και την αντίθετη αντίληψη ότι η συγκρότηση της πόλης είναι καθαρά αισθητικής φύσης, την οποία μάλιστα θεωρεί ένα από τα ολέθρια σφάλματα ολόκληρης απερχόμενης γενιάς. Και τονίζει ότι πρόκειται για ένα πνευματικό-οργανωτικό πρόβλημα [Aufgabe] του οποίου η αισθητική απορρέει από την ορθή λύση.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

Την έννοια της πόλης ως οργανισμού, δεν πρέπει λοιπόν να τη θεωρήσουμε μία «ελληνική» πρωτοτυπία. Ενυπήρχε στις συναντήσεις για την προετοιμασία του 4^{ου} Συνεδρίου. Σύμφωνα με τον Martin Steinmann είχε εξεταστεί, μεταξύ άλλων, και ο τίτλος «Η οργανική πόλη» [“Die organische Stadt”]³ και συνδέει τον εναλλάκτικό αυτό τίτλο με τις έρευνες του van Eesteren για το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο του Άμστερνταμ, το οποίο ολοκληρώθηκε μόλις ένα μήνα πριν το συνέδριο και αποτέλεσε το θέμα της διάλεξης του στην Αθήνα. Αποφασιστικής σημασίας για τις έρευνες του van Eesteren και του συνεργάτη του van Lohuizen ήταν η γνώση ότι τα επιμέρους στοιχεία της πόλης είχαν συγκεκριμένη σχέση μεταξύ τους, ώστε εν τέλει η πόλη να γίνεται αντιληπτή ως όλον, ως ενιαίο σύνολο.

Μία από τις πρώτες του δημοσιεύσεις του Ιωάννη Δεσποτόπουλου είναι το λήμμα «πολεοδομική», το 1932, στον Κ’ Τόμο της Μεγάλης Ελληνικής Εγκυκλοπαίδειας.⁴ Στο λήμμα αυτό τονίζει ότι η θέση σήμερα (το 1932) των αρχών της πολεοδομικής είναι εντελώς

² Forbat, «Η Οργανική Πόλις», σ. 694.

³ Steinmann, Martin, *CIAM: Dokumente 1928-1939*, Birkhäuser: Basel-Boston-Stuttgart, 1979, σ. 118-119.

⁴ Δεσποτόπουλος, Ι., *Μεγάλη Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια*, λήμμα «πολεοδομική», Τόμος Κ’ «ΠΕΡΙΗΛΙΟΝ-ΡΑΒΕΝΙΑ», “Πυρσός” Ανώνυμος Εταιρεία Εκδόσεων και Γραφικών Τεχνών: Αθήνα, 1932, σ. 427-428.



σαφής και εκπηγάζουν από τις πρωταρχικές, παρ' όλων τον πολύπλοκο οργανισμό της λειτουργίας της σύγχρονης πόλης. Στο δεύτερο λήμμα «σχέδια πόλεων» που δημοσιεύεται την επόμενη χρονιά (1933) στον ΚΒ' τόμο της ίδιας εγκυκλοπαίδειας⁵ αναφέρει ότι οι σοσιαλιστικές αρχές προς διαμόρφωση των πόλεων τείνουν στη διάλυση (Auflösung) των μεγαλοθηριακών μεγαλουπόλεων. Τα δύο αυτά λήμματα, ενώθηκαν και αναλύθηκαν περαιτέρω στην «πραγματεία του περί πολεοδομίας εις τα Τεχν. Χρονικά, επ' ευκαιρία του εν Αθήναις Γ' [sic] Συνεδρίου Νέας Αρχιτεκτονικής», όπως την γράφει χαρακτηριστικά στο βιογραφικό του του 1941⁶. Πρόκειται για τη δημοσίευση με τίτλο «Πολεοδομική» στα Τεχνικά Χρονικά τον Αύγουστο του 1933.⁷ Πρόκειται για τη συμβολή του, κατά μία έννοια στο 4^ο CIAM, όπου τονίζει ότι η πρόρρηση του Bruno Taut για διάλυση των υπερτροφικών μεγαλουπόλεων και η τοποθέτησή του σε άλλες μικρότερες, οργανικά και με λόγο ύπαρξης κοντά σε παραγωγικά κέντρα, πραγματοποιείται αυτόματα με την πρόοδο της τεχνικής. Με τη δημιουργία της οργανικής αυτής συγκρότησης των χωρών, θεωρεί ο Δεσποτόπουλος ότι η πολεοδομία γίνεται χωροδομία. Και βάζει σε παρένθεση το γερμανικό όρο Landesbau, τονίζοντας ότι ο σύγχρονος πολεοδόμος δε δημιουργεί μεμονωμένα σχέδια, αλλά σχέδια χωρών, εξαρτώμενων οργανικά από ολόκληρο το κράτος και αυτό από ολόκληρο τον κόσμο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η *Λειτουργική Πόλη* του 4^{ου} Συνεδρίου δε σήμαινε απαραίτητα, όπως συχνά κατηγορούν τα CIAM, αποσπασματοποίηση και διαμελισμό της πόλης, αλλά αντίθετα, τοποθέτηση των διαφόρων μελών της πόλης σε σχέση μεταξύ τους ώστε να κατανοηθεί ο οργανισμός της πόλης στο σύνολό του. Για το λόγο αυτό και οι «Οδηγίες» που είχαν μοιραστεί σε όλες τις εθνικές ομάδες για το 4^ο CIAM ήταν ότι οι χάρτες έπρεπε «να παρέχουν τη δυνατότητα της γνώσης του οργανισμού της πόλης». Σε μία τέτοια προσέγγιση της πολεοδομίας, η πόλη δεν αποτελεί συνδυασμό διαφόρων μηχανιστικών λειτουργιών, αλλά ενιαίο ζωντανό οργανισμό, του οποίου όλες οι επιμέρους λειτουργίες είναι συναρτημένες, αλληλοεξαρτώμενες. Στα πλαίσια της οργανικής πολεοδομίας όπως την περιγράφει ο Δεσποτόπουλος, μεταβαίνοντας συνεχώς σε κλίμακες σχεδιασμού, η οργανική πόλη αποτελεί μέρος της γενικότερης σύνθεσης της χώρας, η οποία επίσης αποτελεί μέρος του συνόλου του κόσμου. Πρόκειται λοιπόν για μία αντιμετώπιση του φαινομένου της πολεοδομίας, από την πιο μικρή μονάδα (σπίτι) μέχρι την πιο μεγάλη (κόσμος, σύμπαν) ως μία οργανική επέκταση του ίδιου του ανθρώπου και της κοινωνίας. Όπως γράφει χαρακτηριστικά ο Δεσποτόπουλος: «Η πολεοδομία οδηγεί εις ικανοποίησιν των υλικών και πνευματικών αναγκών, ηθικών αρχών, άνευ των οποίων δεν είναι δυνατόν να υπάρξει ανωτέρα εκδήλωσις της ζωής».⁸

⁵ Δεσποτόπουλος, Ι., *Μεγάλη Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια*, λήμμα «σχέδια πόλεων», Τόμος ΚΒ' «ΣΚΟΥΖΕΣ – ΤΗΛΕΜΑΧΟΣ», «Πυρσός» Ανώνυμος Εταιρεία Εκδόσεων και Γραφικών Τεχνών: Αθήνα, 1933, σ. 680-685.

⁶ Δεσποτόπουλος, Ι. Γ., «ΣΠΟΥΔΑΙ – ΤΙΤΛΟΙ – ΕΡΓΑΣΙΑΙ ΤΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΟΣ ΔΠΛ.ΜΗΧ. Ι.Γ. ΔΕΣΠΟΤΟΠΟΥΛΟΥ», αντίγραφο του υποβληθέντος κατά τον Οκτώβριο 1941 για την κατάληψη της εκτάκτου έδρας «Αρχιτεκτονικών Συνθέσεων» του ΕΜΠ, αρχείο Ιωάννη Δεσποτόπουλου.

⁷ Δεσποτόπουλος, Ιωάννης, «Πολεοδομική», *Τεχνικά Χρονικά*, 1 Αυγούστου 1933, αριθ. 39, σ. 756-773.

⁸ Δεσποτόπουλος, «Πολεοδομική», σ.763.



Αρχές σχεδιασμού των ελληνιστικών πόλεων Μεσσήνης και Μεγαλόπολης

Φιλιά Ηλιοπούλου

Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη σύγκρισης των πόλεων Μεσσήνης και Μεγαλόπολης κατά την ελληνιστική περίοδο εντάσσεται στα πλαίσια της ευρύτερης διερεύνησης της αρχιτεκτονικής παρέμβασης του ανθρώπου στο τοπίο κατά την περίοδο αυτή, καθώς και της πιθανότητας ύπαρξης συνθετικών αρχών –διατυπωμένων ή μη– οι οποίες κατεύθυναν την δράση αυτή. Ειδικότερα, η έρευνα επικεντρώνεται σε δύο ζητήματα: επισημαίνεται, καταρχήν, ο *έντεχνος σχεδιασμός του χώρου* (η τοπιακή ένταξη των πολεοδομικών σχηματισμών σε ευρύτερους τοπιακούς συσχετισμούς). Δεύτερον, επιχειρείται η *διερεύνηση της τοπιακής αυτής ένταξης με συγκεκριμένες κατευθυντήριες αρχές οργάνωσης του χώρου*. Η βασική υπόθεση της έρευνας προσανατολίζεται προς την άποψη πως τις αρχές αυτές διαμόρφωναν παράγοντες σχετικοί τόσο με τον τρόπο οργάνωσης της τοπικής κοινωνίας, όσο και με το φυσικό περιβάλλον. Δηλαδή *την οργάνωση του χώρου όριζαν πολιτικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές παράμετροι*.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

Η έρευνα εστιάζει στην περίπτωση της **αρχαίας Μεσσήνης**, της καλύτερα σωζόμενης πόλης της ελληνιστικής περιόδου στον ελλαδικό χώρο και μεθοδολογικά, κρίθηκε απαραίτητη η σύγκριση με άλλη μία πόλη της ίδιας χρονικής περιόδου, την **αρχαία Μεγαλόπολη**.

Πριν εντοπιστούν τα σημεία σύγκλισης των δύο προαναφερθεισών μελετών περίπτωσης, σημειώνεται ότι η ιστορική αυτή περίοδος σηματοδοτεί το πέρασμα από τη μονάδα στο (αστικό) σύνολο, καθώς υπάρχουν οι ενδείξεις ότι προβληματισμοί για τον αστικό χώρο τροφοδοτούν την σχέση μεταξύ κτηρίων και τοπίου. Σε αντίθεση με την κλασική «φυσική» ή «οργανική» ανάπτυξη, η πόλη στην ελληνιστική εποχή αναπτύσσεται βάσει ενός σχεδίου το οποίο καθορίζει το δημόσιο χώρο (Ιπποδάμειο σχέδιο). Ο Ιππόδαμος ήταν ο πρώτος που συνέλαβε "την πόλεων διαίρεσιν" με κριτήρια λειτουργικά, υποστηρίζοντας ότι το σχέδιο μιας πόλεως θα πρέπει να συντάσσεται με βάση την κοινωνική διαστρωμάτωση και να την αποτυπώνει χωρικά, γεγονός τα οποίο προσδίδει μια φιλοσοφική/θεωρητική βάση στο σύστημα οργάνωσης των πόλεων της περιόδου εκείνης.



ΕΝΟΤΗΤΑ 2

Με βάση αυτή τη φιλοσοφική θέση, ιδρύονται σχεδόν ταυτόχρονα οι πόλεις της Μεσσήνης και της Μεγαλόπολης από τον Θηβαίο στρατηγό Επαμεινώνδα, το 369π.Χ. και το 370π.Χ. αντίστοιχα. Με παρόμοιες δομές, τις οποίες καθόρισε ο συντηρητικός χαρακτήρας της αγροτικής κοινωνίας και η οικονομική τους αυτάρκεια, οι δύο πόλεις διακρίνονται για την εφαρμογή ενός **εκτεταμένου οικιστικού προγράμματος**, με σαφή στόχο την ανάδειξη τους ως ισχυρά ομόσπονδα έθνη απέναντι στην κοινή σπαρτιατική απειλή.

Η χωροθέτηση των δύο πολεοδομικών συγκροτημάτων καθορίζεται από κριτήρια γεωμορφολογικής, πολιτικής και ιστορικής σημασίας. Στα πρώτα εντάσσεται η πρόσβαση σε υδάτινα στοιχεία και φυσικές πηγές καθώς και οι αμυντικές δυνατότητες της περιοχής ενώ στα δεύτερα, η κεντρική γεωγραφική τους θέση στον αντίστοιχο νομό και η εγγύτητα τους σε εμπορικές οδούς. Ως προς τους ιστορικούς λόγους, η επιλογή των θέσεων δεν είναι τυχαία, δεδομένου ότι τόσο η αρχαία Μεσσήνη όσο κι η αρχαία Μεγαλόπολη ιδρύονται στα ίχνη μικρότερων προϋπαρχόντων οικισμών. Αυτή η συνειδητή και επιδεικτική αναγωγή στα πρωιμότερα ιερά δείχνει ότι η πόλη όφειλε συνειδητά να μην δίνει την εντύπωση ότι χτίστηκε σε παρθένο έδαφος αλλά αντίθετα, ότι αναπτύσσεται σε εννοιολογικά και συμβολικά φορτισμένο τόπο, νομιμοποιώντας έτσι την επανίδρυση της σε χώρο με ιστορικές ρίζες.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα οικιστικά αυτά συγκροτήματα θα εξυπηρετούσαν μεγάλα πληθυσμιακά σύνολα (αποτέλεσμα συνένωσης μικρότερων οικισμών), ήταν απαραίτητη η διασφάλιση μιας έκτασης ικανής να υποδεχτεί τις αυξημένες οικιστικές ανάγκες των πληθυσμιακών αυτών δανειών. Οι δύο πόλεις οργανώνονται ως **«προγραμματισμένοι κενοί χώροι» με ισχυρή περιμετρική οχύρωση¹**, οι οποίοι κατοικούνται μόνο σε περίοδο πολιορκίας. Οι ανοιχτοί χώροι εντός των τειχών (αγροτικές εκτάσεις)², δυσανάλογα μεγαλύτεροι των αντίστοιχων δομημένων, εξασφάλιζαν την αυτάρκεια της πόλης. Ωστόσο, η υπέρβαση της κλίμακας κατά τον σχεδιασμό αυτών των πόλεων επηρέασε σημαντικά την δυνατότητα ασφάλειας τους κι ως εκ τούτου, είχε ολέθριες συνέπειες για την βιωσιμότητα τους. Ελλείπει «πληθυσμιακής ασφυξίας», όπως αρχικά είχε προβλεφθεί, τα τείχη της πόλης περιέκλειαν έναν χώρο τόσο μεγάλο, του οποίου η έκταση και μόνο δημιουργούσε προβλήματα ασφαλείας, ενώ παράλληλα, η σταδιακή ερήμωση των οικισμών γύρω από την αρχαία Μεσσήνη και Μεγαλόπολη και η τελική προσχώρηση των δύο πόλεων στην Αχαϊκή Συμπολιτεία επέφερε και το οριστικό (οικιστικό) τέλος τους. Εντούτοις, σ' αυτό το τέλος έγκειται μια ειδοποιός διαφορά: Η αρχαία Μεσσήνη κατόρθωσε λόγω μακροχρόνιας ειρήνης να διατηρηθεί σε γενικές γραμμές ανέπαφη, ενώ η αρχαία Μεγαλόπολη καταστράφηκε και ανοικοδομήθηκε, για να καταστραφεί ξανά, ως αποτέλεσμα των βίαιων συγκρούσεων στο εσωτερικό του Ομόσπονδου κράτους της.

Η μελέτη των οικιστικών συνόλων της αρχαίας Μεσσήνης και Μεγαλόπολης μαρτυρά μια τομή στην δομή και τον τρόπο οργάνωσης των οικισμών της περιόδου εκείνης σε σχέση

¹ Φρουριακός χαρακτήρας οικιστικών συνόλων

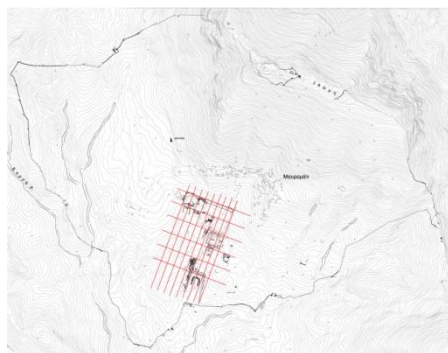
² Rus in urbe («αγρός εν πόλει»)



με προγενέστερες: την μετάβαση από αγροτικούς οικισμούς σε ανεπτυγμένα οικιστικά σύνολα, με μεγάλη οικοδομική παράδοση. Σε επίπεδο πολεοδομικής συγκρότησης, και οι δύο πόλεις οργανώνονται με βάση το Ιπποδάμειο σύστημα και προγραμματικά αποκτούν τον ίδιο οικιστικό εξοπλισμό (κοινές δημόσιες λειτουργίες και κτήρια), καθώς και το ίδιο ιεραρχημένο οδικό σύστημα εντός κι εκτός οικισμού (κύριες αρτηρίες, δευτερεύουσες οδοί). Εντούτοις, **στο σύνολο τους δεν συγκροτούνται με τον ίδιο τρόπο.** Από τη μία, η αρχαία Μεσσήνη οργανώνεται ως ενιαίο οικιστικό σύνολο σε έξι κλιμακωτά επίπεδα με ισχυρή φυσική οχύρωση κι από την άλλη, η αρχαία Μεγαλόπολη συγκροτείται ως διπλή πόλη, τεμνόμενη στα δύο από τον Ελισσώνα, με συμμετρικές χαράξεις ως προς αυτόν επί πλατώματος με χωρίς φυσικές εξάρσεις και συνεπώς, χωρίς φυσική οχύρωση, γεγονός που την καθιστά αμυντικά ευάλωτη.

Κοινή είναι και η **διάταξη των δύο αυτών οικιστικών συνόλων**, η οποία διακρίνεται από την κεντρική χωροθέτηση των δημόσιων λειτουργιών στον αστικό ιστό, τον σαφή διαχωρισμό τους από την περιοχή της κατοικίας και την ιεράρχηση του οδικού δικτύου γύρω από έναν κεντρικό δημόσιο χώρο.

ΜΕΣΣΗΝΗ



Εικόνα 2. Ιπποδάμειο σύστημα

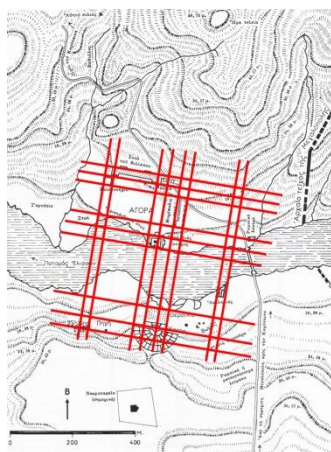


Εικόνα 3. Το οικιστικό σύνολο

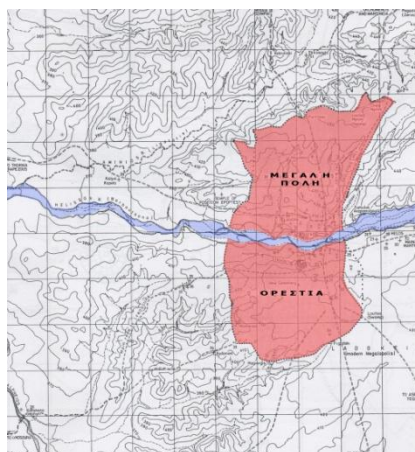


Εικόνα 4. Μνημεία

ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ



Εικόνα 5. Ιπποδάμειο σύστημα



Εικόνα 6. Το οικιστικό σύνολο



Εικόνα 7. Μνημεία



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε γενικές γραμμές, ο τρόπος οργάνωσης των οικιστικών συγκροτημάτων της αρχαίας Μεσσήνης και Μεγαλόπολης αποκαλύπτει μια **αξιολόγηση του τοπιακού υποβάθρου ως προς την πολεοδομική συγκρότηση τους**. Συσχετίζεται έτσι, η χωροθέτηση των επιμέρους στοιχείων του οικιστικού συγκροτήματος με το τοπιακό υπόβαθρο, είτε με τη μορφή «εκμετάλλευσης» φυσικών κοιλωμάτων κι εξάρσεων είτε με τη μορφή ανάδειξης προνομιακών θέσεων πανοραμικής εποπτείας της πόλης και του περιβάλλοντος αυτής χώρας (αισθητική αξιολόγηση). Επιπρόσθετα, τα έργα υποδομής και κυρίως, τα οχυρωματικά κι αρδευτικά έργα στις δύο αυτές πόλεις, αποτελούν έντεχνες συσχετίσεις με τον τόπο, άρα προσχεδιασμένες.

Αυτό αποδεικνύει την αρχική υπόθεση της παρούσας μελέτης ότι **η αρχαία Μεσσήνη και Μεγαλόπολη διαθέτουν τοπιακή προσέγγιση**, δεδομένου ότι μέσω μιας συγκεκριμένης πολεοδομικής συγκρότησης –Ιπποδάμειας- συσχετίζονται τα δημόσια οικοδομήματα με το τοπιακό υπόβαθρο, με τρόπο τέτοιο ώστε να προβάλλονται οι πολιτειακές δομές καθώς κι η οικονομική ισχύς της πόλεως.

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΜΕΣΣΗΝΗ: Π. Θέμελης - Εταιρία Μεσσηνιακών Αρχαιολογικών Σπουδών

ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ: Πετρονώτης, Αργ. 1973. «Η Μεγάλη Πόλις της Αρκαδίας. Αρχαίες Ελληνικές Πόλεις 23». Αθηναϊκός Τεχνολογικός Όμιλος. Αθήνα: Αθηναϊκό Κέντρο Οικιστικής.



Ηλεκτροχημική απόθεση νικελίου σε ίνες άνθρακα, πυρολυτικά ή/και ηλεκτροχημικά επεξεργασμένες, για CVD εναπόθεση νανοδομημένου άνθρακα

Μαρκέλλα Πιζάνια, Ιωάννης Σμιτζής

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Η συγκεκριμένη παρουσίαση εντάσσεται στα πλαίσια Διδακτορικής Διατριβής με τίτλο «Κατασκευή – Ιδιότητες – Κατευθύνσεις Εφαρμογών Συνθέτων Υλικών Ινών Άνθρακα – Νανοσωλήνων Άνθρακα – Άμορφου Άνθρακα». Σκοπός της διατριβής είναι η κατασκευή και η μελέτη των ιδιοτήτων συνθέτων υλικών με μέσο ενίσχυσης ίνες άνθρακα, νανοσωλήνες άνθρακα εμπορίου, καθώς και νανοδομημένο άνθρακα, που παράγεται εργαστηριακά σε διάταξη Χημικής Εναπόθεσης Ατμών (Chemical Vapor Deposition, CVD). Η παρουσίαση αφορά την ηλεκτροχημική απόθεση νικελίου, το οποίο δρα ως καταλύτης για τον σχηματισμό νανοδομών άνθρακα πάνω σε ίνες άνθρακα, μέσω CVD.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ίνες άνθρακα αποτελούν ένα καθιερωμένο μέσο προηγμένης τεχνολογίας για την ενίσχυση πολυμερικής μήτρας, θερμοπλαστικής ή κυρίως θερμοσκληρυνμένης. Από την άλλη μεριά, οι νανοσωλήνες άνθρακα έχουν εξαιρετικές ιδιότητες, όπως μηχανικές, ηλεκτρικές, θερμικές κλπ. Νανοσωλήνες άνθρακα, που αναπτύσσονται ομοιόμορφα στις τρεις διαστάσεις πάνω σε ίνες άνθρακα αποτελούν ένα καινοτόμο υλικό στον τομέα των σύνθετων υλικών. Λόγω των εξαιρετικών ιδιοτήτων των νανοσωλήνων, οι ίνες άνθρακα, όταν έχουν «καλυφθεί» με τρισδιάστατο πλέγμα νανοδομημένου άνθρακα, καθίστανται εξαιρετικά μέσα ενίσχυσης, προσφέροντας καλύτερη πρόσφυση μέσα στην πολυμερική μήτρα [1]. Ο σχηματισμός νανοδομών άνθρακα πάνω σε ίνες άνθρακα μπορεί να γίνει με Χημική Εναπόθεση Ατμών (Chemical Vapor Deposition, CVD). Τα μέταλλα που καταλύουν την διάσπαση του μεθανίου είναι ως επί το πλείστον το Co, Ni και Fe [2, 3].

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η ηλεκτροχημική απόθεση νικελίου πάνω σε εμπορικές ίνες άνθρακα, οι οποίες προηγουμένως έχουν υποστεί κατάλληλη επεξεργασία. Συγκεκριμένα αυτές υφίστανται πυρόλυση στους 1000 °C, ώστε να καταστραφούν οι επιφανειακές ομάδες που τυχόν περιείχαν. Ακολούθως τροποποιούνται μέσω κυκλικής βολταμετρίας, με σκοπό την δημιουργία οξυγονούχων ομάδων στην επιφάνειά τους, με ελεγχόμενο τρόπο [4]. Οι ίνες άνθρακα που προκύπτουν μετά την απόθεση του νικελίου αποτελούν πρόδρομα υλικά, για περαιτέρω επεξεργασίες με την μέθοδο CVD.

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

Οι εμπορικές ίνες υφίστανται αρχικά πυρόλυση στους 1000 °C, σε κατάλληλο φούρνο πυρολύσεως σε αδρανή ατμόσφαιρα αζώτου, με ταχύτητα θερμάνσεως 10 °C/min και χρόνο παραμονής 30 min στη συγκεκριμένη θερμοκρασία. Ακολούθως, οι πυρολυμένες ίνες άνθρακα τροποποιούνται μέσω κυκλικής βολταμετρίας, όπου αυτές αποτελούν το ηλεκτρόδιο εργασίας του ηλεκτρολυτικού κελίου και υφίστανται οξείδωση με υδατικό διάλυμα θεικού οξέος 5% κ.β. Εφαρμόζονται δύο περιοχές δυναμικού: στενή (-1 V → + 1.5 V → - 1 V) και ευρεία περιοχή (- 3 V → + 3 V → - 3 V), με ταχύτητα σάρωσης δυναμικού 50 mV/s για είκοσι κύκλους ηλεκτροχημικής οξείδωσης / αναγωγής. Επιπλέον πυρολυμένες ίνες άνθρακα υφίστανται ηλεκτροχημική οξείδωση με πυκνό θειικό οξύ (96 % κ.β.) σε ενδιάμεσο πεδίο δυναμικού (-1 V → + 2 V → - 1 V) με ταχύτητα σάρωσης 2.5 mV/s, για τρεις κύκλους ηλεκτροχημικής οξείδωσης / αναγωγής.

Η ηλεκτροχημική απόθεση νικελίου πάνω σε ηλεκτροχημικά οξειδωμένες ή μη ίνες άνθρακα πραγματοποιείται με τη μέθοδο της κυκλικής βολταμετρίας, χρησιμοποιώντας διάλυμα NiCl₂·6H₂O και κατάλληλες συνθήκες επεξεργασίας. Το pH του διαλύματος ρυθμίζεται στην τιμή 3 με προσθήκη διαλύματος 2 N HCl. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας προστίθεται, στάγδην, διάλυμα βορικού οξέος 0.5 M (H₃BO₃), το οποίο δρα ως καταλύτης για την απόθεση νικελίου, αποτρέποντας επίσης την παθητικοποίηση του ηλεκτροδίου [5-8].

Οι ίνες άνθρακα μετά την απόθεση νικελίου σε αυτές, χωρίς ή με προηγούμενη επεξεργασία, χαρακτηρίζονται με τις μεθόδους της Περίθλασης Ακτίνων X (X - Ray Diffraction, XRD), της Ηλεκτρονιακής Μικροσκοπίας Σάρωσης (Scanning Electron Microscopy, SEM) και Μικροανάλυσης Ακτίνων X (Energy Dispersive Spectroscopy, EDS) και της Φωτοηλεκτρονιακής Φασματοσκοπίας Ακτίνων X (X-Ray Photoelectron Spectroscopy, XPS). Με βάση τα αποτελέσματα των μεθόδων χαρακτηρισμού, επιλέγονται οι κατάλληλες συνθήκες για την ηλεκτροχημική επεξεργασία των ινών άνθρακα, καθώς και για την ηλεκτροχημική απόθεση νικελίου σε αυτές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. M.F. De Riccardis, D. Carbone, Th. Dikonimos Makris, R. Giorgi, N. Lisi, E. Salernitano, Carbon, 44 (2006), 671–674.
2. K. Otsuka, Y Abe, N. Kanai, Y. Kobayashi, S. Takenaka, E. Tanabe, Carbon, 42 (2004), 727-736.
3. M. Houille, A. Deneuve, J. Amadou, D. Begin, C. Pham-Huu, Carbon, 46 (2008), 76-83.
4. P. Georgiou, J. Walton, J. Simitzis, Electrochimica Acta, 55 (2010), 1207-1216.
5. G. Malpass, M. Kalaji, E. Venancio, A. Motheo, Electrochimica Acta, 49 (2009), 4933.
6. R. Orinakova, A. Turonova, D. Kladekova, M. Galova, R. Smith, J. of Applied Electrochemistry, 36 (2006), 957.
7. J.P. Hoare, J. Electrochem. Soc., 133 (1986), 2491
8. C.Q. Cui, J.Y. Lee, Electrochimica Acta, 40 (1995), 1653.



Ποτενσιοστατική σύνθεση ηλεκτρικά αγώγιμων συμπολυμερών 3-οκτυλθειοφαινίου - διφαινυλίου και μορφοποίησή τους ως νανοδομημένα υμένια

Σοφία Καραμάνου, Ιωάννης Σιμιτζής

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια τα αγώγιμα πολυμερή, ιδιαίτερα με την μορφή λεπτών υμενίων, έχουν αποκτήσει μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον λόγω των προοπτικών εφαρμογής τους σε εύκαμπτα πολυμερικά τρανζίστορς, διόδους εκπομπής φωτός, φωτοβολταϊκά ηλιακά κελία κλπ, καθώς συνδυάζουν πολύ καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα με χαμηλή πυκνότητα, χαμηλό κόστος και εύκολη επεξεργασία. Η ηλεκτρική αγωγιμότητά τους αποκτάται μέσω ντοπαρίσματος, με ουσίες που είναι δέκτες ή δότες ηλεκτρονίων [1,2].

Τα πολυφαινυλένια παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον, λόγω της μηχανικής αντοχής, της υψηλής σταθερότητάς τους στις περιβαλλοντικές επιδράσεις, ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες, καθώς και της υψηλής τιμής αγωγιμότητας στην ντοπαρισμένη κατάσταση [3]. Τα πολυθειοφαινία αποτελούν μία άλλη σημαντική κατηγορία αγώγιμων πολυμερών, τα οποία παρουσιάζουν καλή χημική σταθερότητα σε συνθήκες περιβάλλοντος, υψηλή αγωγιμότητα, ικανότητα σχηματισμού υμενίων και παράγουν σταθερές διεπιφάνειες πάνω σε μεταλλικά ηλεκτρόδια. Με χρησιμοποίηση κατάλληλων παραγώγων του θειοφαινίου, όπως είναι το 3-οκτυλθειοφαινίο μπορούν να παραχθούν αντίστοιχα πολυμερή, τα οποία διαλύονται ευκολότερα σε κατάλληλους διαλύτες [4,5]. Εκτός από τα αγώγιμα ομοπολυμερή, σημαντικό επιστημονικό και τεχνολογικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα συμπολυμερή που βασίζονται σε διαφορετικές κατηγορίες μονομερών και αποτελούν νέα πρωτότυπα υλικά που συνδυάζουν χαρακτηριστικές ιδιότητες και των δύο ομοπολυμερών [6].

Μια άλλη προσέγγιση αφορά τη νανοδομή των αγώγιμων υλικών. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η ανισόλη αποτελεί έναν ευρέως χρησιμοποιούμενο διαλύτη προς σχηματισμό σταθερά διεσπαρμένων νανοδομών πολυ(3-αλκυλθειοφαινίου) με υψηλή αναλογία τους ως προς τον διαλύτη [7,8].

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ποτενσιοστατική σύνθεση ηλεκτρικά αγώγιμων συμπολυμερών 3-οκτυλθειοφαινίου - διφαινυλίου και η μορφοποίησή τους ως νανοδομημένα υμένια.



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Για τη διεξαγωγή του ηλεκτροπολυμερισμού χρησιμοποιείται ηλεκτρολυτικό κελίο ενός χώρου με σύστημα τριών ηλεκτροδίων, το οποίο περιλαμβάνει το ηλεκτρόδιο εργασίας και το βοηθητικό ηλεκτρόδιο από επιπλατινωμένη πλατίνα σε μορφή φύλλου, καθώς και ηλεκτρόδιο καλομέλανα (SCE), ως ηλεκτροδίου αναφοράς. Το μέσο ηλεκτροπολυμερισμού αποτελείται από τα μονομερή διφαινύλιο και 3-οκτυλθειοφαίνιο, τα οποία χρησιμοποιούνται σε συγκέντρωση [διφαινύλιο] / [3-οκτυλθειοφαίνιο] = 0.05 M / 0.05 M. Ο ανοδικός ηλεκτροπολυμερισμός πραγματοποιείται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, χρησιμοποιώντας ως ηλεκτρολύτη το τετραφθοροβορικό τετραβουτυλεναμμώνιο (TBABF₄) σε συγκέντρωση 0.1 M και ως διαλύτη το ακετονιτρίλιο (ACN). Γίνεται σύνθεση συμπολυμερών εφαρμόζοντας σταθερό δυναμικό (E = 1.70 V vs SCE), για διαφορετικούς χρόνους ηλεκτροπολυμερισμού. Ο χαρακτηρισμός των συμπολυμερών περιλαμβάνει κατάλληλες μεθόδους, όπως την φασματοσκοπία υπερύθρου με μετασχηματισμό Fourier (FTIR), την φασματοσκοπία υπεριώδους-ορατού (UV-Vis) και την ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης και μικροανάλυσης ακτίνων X (SEM-EDAX). Επίσης προσδιορίζεται η ηλεκτρική αγωγιμότητά τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος με την μέθοδο των δύο σημείων. Για τον έλεγχο της παρουσίας των νανοδομών των ημιαγωγικών πολυμερών, ως κατάλληλες μέθοδοι επιλέχθηκαν η δυναμική σκέδαση φωτός (DLS) σε διάλυμα πολυμερούς με διαλύτη ανισόλη και η ατομική μικροσκοπία δύναμης (AFM) για τα παραγόμενα υμένια πολυμερούς που σχηματίζονται προηγουμένως με την τεχνική της επικάλυψης με περιστροφή (spin coating).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. P. Zarras , J. Irvin, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, 4th edition (online), Wiley: New York, (2003), Vol. 6, Chapter Electrically Active Polymers, 88.
2. A. S. Sarac, In Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Mark, H. F., Ed., Wiley: New York, (2006), Vol. 6.
3. J. Simitzis, D. Triantou, S. Soulis, “Synthesis and characterization of electrically conducting copolymers based on biphenyl and thiophene” Journal of Applied Polymer Science, **118**, (2010), 1494.
4. R. M. Latonen, C. Kvarnstrom, M. Grzeszczuk, A. Ivaska, “Study of electrolyte effects on electrochemical synthesis and p-doping of poly(thienyl biphenyl) films”, Synthetic Metals **130**, (2002), 257.
5. R. Valaski, L. M. Moreira, L. Micaroni, I. A. Hummelgen, “The electronic behavior of poly(3-octylthiophene) electrochemically synthesized onto Au substrate”, Brazilian Journal of Physics, **33**, 2, (2003), 392.
6. R. Marie Latonen, C. Kvarnstrom, A. Ivaska, “Electrochemical synthesis of a copolymer of poly(3-octylthiophene) and poly(paraphenylene)”, Electrochemical Acta, **44**, (1999), 1933.
7. Z. Pan, J. Ge, W. Li, J. Peng, F. Qiu, “Transition from polythiophene-based one-dimensional nanofibers to spherical clusters in ultrafiltration”, The Royal Society of Chemistry 2012, Soft matter communications, (View online : www.rsc.org/softmatter)
8. S. Samitsu, T. Shimomura, S. Heike, T. Hashizume, K. Ito, “Effective Production of Poly(3-alkylthiophene) Nanofibers by means of Whisker Method using Anisole Solvent: Structural, Optical, and Electrical Properties” Macromolecules, **41**, (2008), 8000.



Ανάπτυξη και διερεύνηση νανοδομών και καινοτόμων υλικών για βιοεφαρμογές

Α. Σκαρμούτσου, Κ.Α. Χαριτίδης

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Η ανάγκη για την επιδιόρθωση βλαβών σε ιστούς ή η καταπολέμηση της παθογένειας με μεθόδους πιο αποτελεσματικές και με μικρότερες παρενέργειες από τις κλινικά αποδεκτές σήμερα, που βελτιώνουν τελικά την ποιότητα ζωής των ασθενών, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη του τομέα της ιστικής μηχανικής. Η ιστική μηχανική στοχεύει στη θεραπεία και αποκατάσταση των ιστών, ώστε να μειωθούν τα μετεγχειρητικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι ασθενείς. Για να επιτευχθούν οι στόχοι της ιστικής μηχανικής υπάρχουν δυο, κυρίως, προσεγγίσεις. Η πρώτη αφορά τη χρήση υλικών που δύνανται να ενισχύσουν την ανάπτυξη κυττάρων στην επιφάνειά τους, που θα οδηγήσει τελικά στην ανάπτυξη ιστού, ώστε να αντικατασταθεί ο κατεστραμμένος. Η δεύτερη αφορά την ανάπτυξη κατάλληλων δομών που δύνανται να μεταφέρουν φαρμακευτικές ουσίες στο σημείο της παθογένειας, ώστε να πραγματοποιηθεί στοχευμένα η θεραπεία. Οι παραπάνω προσεγγίσεις οδηγούν τελικά στην αποκατάσταση της φυσιολογίας των ιστών και στη θεραπεία των ασθενών.

Η παρούσα διδακτορική διατριβή επικεντρώθηκε σε δυο τομείς. Ο πρώτος αφορά στην ανάπτυξη και στο χαρακτηρισμό νανοσωματιδίων που δύνανται να μεταφέρουν φάρμακα σε ιστούς που παρουσιάζουν παθογένεια, και ο δεύτερος η μελέτη των νανομηχανικών ιδιοτήτων πολυμερικών υλικών (μαλακή ύλη) που εφαρμόζονται στην ιατρική. *Στόχος ήταν η μελέτη νανοδομημένων υλικών και υλικών όγκου που προάγουν τις ανάγκες και τους στόχους της ιστικής μηχανικής, ώστε να αναπτυχθεί ένα πειραματικό πρωτόκολλο μελέτης των νανομηχανικών ιδιοτήτων της μαλακής ύλης, το οποίο θα είναι χρήσιμο για τη μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων των ιστών.* Οι ιστοί ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκονται (υγής φάση, παθογένεια και μετά την αποκατάσταση της φυσιολογίας) παρουσιάζουν διαφοροποιημένες μηχανικές ιδιότητες, εξαιτίας της διαφορετικής οργάνωσης της μικροδομής τους. Η παρούσα διδακτορική διατριβή επιχειρεί να προσεγγίσει ολοκληρωμένα αυτές τις διαφορές, οδηγώντας στην ανάπτυξη μιας καινούριας μεθόδου χαρακτηρισμού και διάγνωσης της παθογένειας σε ασθενείς.

Πιο αναλυτικά, στο πλαίσιο της διδακτορικής διατριβής πραγματοποιήθηκε *σύνθεση και χαρακτηρισμός επιφανειακά ενεργοποιημένων μαγνητικών νανοσωματιδίων*, τα οποία συντίθενται μέσω της μεθόδου της πολυόλης, η οποία επιτρέπει τον έλεγχο του μεγέθους των σωματιδίων κάτω από τη μικρο-κλίμακα (< 200 nm). Η μέθοδος της πολυόλης είναι μια θερμική διάσπαση ενός οργανικού άλατος σε ένα θερμό οργανικό διαλύτη. Στο μείγμα προστίθενται επιφανειοδραστικές ενώσεις σε διαφορετικές συγκεντρώσεις, ώστε να



συντεθούν *οργανόφιλα*, *υδρόφιλα*, και *αμφίφιλα* νανοσωματίδια. Τα επιφανειακά ενεργοποιημένα μαγνητικά νανοσωματίδια χαρακτηρίζονται ως προς τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, ώστε να αποτιμηθούν πιθανές βελτιώσεις της πειραματικής διαδικασίας, οδηγώντας σε διαφοροποιήσεις του μέσου μέγεθος του πυρήνα, της μαγνήτισης κορεσμού, της διαλυτότητας και της σταθερότητάς τους σε διαλύματα, καθώς και της χημείας της επιφάνειάς τους.

Τα επιφανειακά ενεργοποιημένα μαγνητικά νανοσωματίδια υπόκεινται σε περαιτέρω επιφανειακή ενεργοποίηση με κατάλληλες ενώσεις και κατάλληλους παράγοντες, ώστε να επιτευχθεί *στόχευση σε κακοήθεις ιστούς και μεταφορά φαρμάκων* στις κακοήθεις περιοχές, ενώ παράλληλα να παρουσιάζουν μια *αόρατη προστασία* έναντι του ανοσοποιητικού συστήματος. Με την αναφερόμενη αόρατη προστασία, τα νανοσωματίδια είναι ικανά να κινούνται στον οργανισμό παρουσιάζοντας μικρή τοξικότητα και έχοντας βιοσυμβατότητα με τα κύτταρα και τους ιστούς. Μελλοντικά, τα παραπάνω νανοσωματίδια μπορούν να ελεγχθούν ως φορείς μεταφοράς φαρμάκων σε παθολογικούς οργανισμούς, ώστε να μελετηθεί η βιοκαταναμολή των νανοδομών με τη θεραπευτική τους δράση και την απόδοσή τους ως παράγοντες υπερθερμίας.

Μια τάση που παρατηρείται στη διεθνή βιβλιογραφία είναι η μελέτη των *νανομηχανικών ιδιοτήτων (επιφανειακή ακαμψία, σκληρότητα και μέτρο ελαστικότητας) καλοηθών και κακοηθών όγκων, αλλά και των όγκων στους οποίους έχουν χορηγηθεί νανοδομημένοι θεραπευτικοί παράγοντες*. Οι κακοήθεις ιστοί παρουσιάζουν διαφοροποίηση στις μηχανικές τους ιδιότητες συγκριτικά με τους φυσιολογικούς, λόγω της διαφορετικής έκφρασης πρωτεϊνών, καταλήγοντας σε διαφοροποίηση των μηχανικών ιδιοτήτων, ακόμα και σε τοπικό επίπεδο. Παρόλα αυτά, με τις κλασικές μεθόδους μέτρησης μηχανικών ιδιοτήτων δεν είναι εφικτός ο εντοπισμός των συγκεκριμένων αλλαγών αλλά ούτε και η τοπική μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων. Επομένως, η χρήση της *τεχνικής της νανοδιείσδυσης* παρέχει χρήσιμες πληροφορίες στις παρατηρούμενες αλλαγές. Για να επιτευχθεί αυτό, αναπτύχθηκε ένα *πειραματικό πρωτόκολλο για τη μέτρηση των νανομηχανικών ιδιοτήτων*, διότι η μαλακή ύλη παρουσιάζει ετερογένειες, ιξωδοελαστική και χρονοεξαρτώμενη συμπεριφορά, με αποτέλεσμα πολλές φορές τη λανθασμένη ερμηνεία των μετρούμενων μηχανικών ιδιοτήτων. Στη διδακτορική διατριβή μελετήθηκαν οι νανομηχανικές ιδιότητες διάφορων μαλακών υλικών (πολυμερή, σύνθετα ανόργανα-οργανικά υλικά και συμπολυμερή), ώστε να προσδιοριστούν οι ιδιαιτερότητες της μαλακής ύλης και να αναπτυχθεί μια μέθοδος για τις δοκιμές των ασυμπίεστων ιστών (μέτρο του Poisson ίσο με 0.5). Το πειραματικό πρωτόκολλο που αναπτύχθηκε είναι ένας οδηγός για τη μελέτη δεδομένων που θα ληφθούν από καλοήθεις, κακοήθεις και μετά την χορήγηση νανοδομημένων θεραπευτικών παραγόντων (ή παραγόντων υπερθερμίας) ιστούς, μέσω διαφορετικών μαθηματικών μοντέλων, ώστε να εξηγηθεί η διαφοροποίηση των μετρούμενων μηχανικών ιδιοτήτων.



Σύνθεση, διερεύνηση φυσικοχημικών ιδιοτήτων και αποτίμηση λειτουργικότητας σύνθετων κοίλων πολυμερικών νανοσφαιρών για εφαρμογές στην νανοϊατρική

Α. Χατζηπαυλίδης¹, Π. Μπιλάλης², Λ.-Α. Τζιβελέκας³, Ν. Μπούκος³, Γ.
Κόρδας³, Κ. Α. Χαριτίδης¹

¹ Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

² Εργαστήριο Βιομηχανικής Χημείας, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών

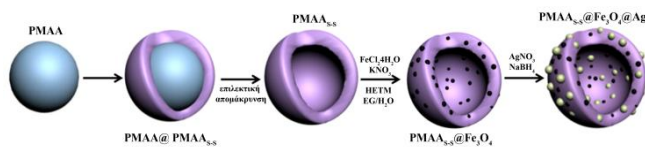
³ Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας, ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος»

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η σύνθεση και η διερεύνηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων σύνθετων δικτυωμένων κοίλων πολυμερικών νανοσφαιρών με νανοσωματίδια αργύρου και οξειδίου του σιδήρου στην επιφάνεια τους. Οι σύνθετες κοίλες νανοσφαίρες προέκυψαν από το συμπολυμερισμό του μεθακρυλικού οξέος, του Ν,N'-μεθυλενο-δις-ακρυλαμιδίου, του μεθακρυλικού εστερα της μεθοξυ-πολύ(αιθυλενο γλυκόλης) και της Ν,N'- δις (ακρυλοϋλο)κυσταμίνης και παρουσιάζουν ευαισθησία/απόκριση σε μεταβολές της τιμής του pH και στην παρουσία οξειδοαναγωγικών παραγόντων (redox), καθώς επίσης και υπερπαραμαγνητική συμπεριφορά σε θερμοκρασία δωματίου. Στο πλαίσιο της μελέτης εξετάστηκε η λειτουργικότητα τους στην εφαρμογή της μαγνητικής υπερθερμίας, ενώ επίσης πραγματοποιήθηκαν πειράματα ελέγχου της επιφανειακής ενίσχυσης της σκέδασης Raman (SERS) χρησιμοποιώντας ως μοντέλο αναλύτη τη ροδαμίνη Β. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε αποτίμηση της λειτουργικότητας των σύνθετων νανοδομημένων υλικών ως φορείς φαρμακευτικών ουσιών μέσω *in vitro* πειραμάτων πλήρωσης και ελεγχόμενης αποδέσμευσης σε διαφορετικές τιμές pH και παρουσία αναγωγικών παραγόντων.

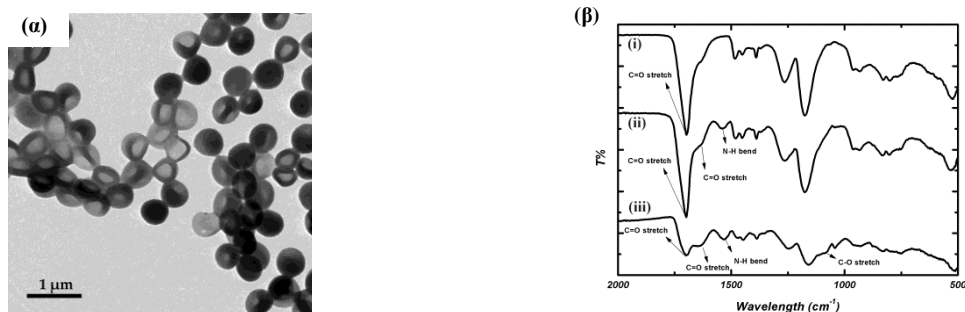
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το Σχήμα 1 περιλαμβάνει τη σχηματική αναπαράσταση της πορείας της σύνθεσης που ακολουθήθηκε για την παρασκευή των σύνθετων κοίλων νανοσφαιρών PMAA_s@Fe₃O₄@Ag [1].



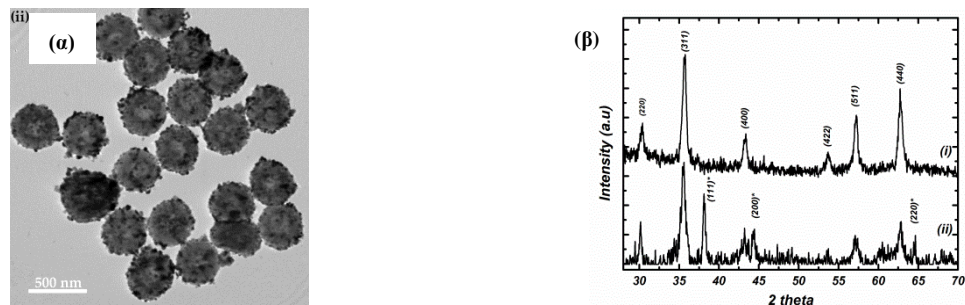
Σχήμα 1. Σχηματική αναπαράσταση της συνθετικής πορείας των σύνθετων κοίλων νανοσφαιρών $PMAA_{S-S}@Fe_3O_4@Ag$.

Η εικόνα ηλεκτρονικής μικροσκοπίας διέλευσης φωτεινού πεδίου των κοίλων νανοσφαιρών $PMAA_{S-S}$ αποδεικνύει την επιτυχή απομάκρυνση του μη δικτυωμένου υποστρώματος πολυ(μεθακρυλικού οξέος) και τον σχηματισμό κοιλότητας (Σχήμα 2α). Επιπλέον, με την φασματοσκοπία υπερύθρου πραγματοποιήθηκε ο χημικός χαρακτηρισμός των τριών σταδίων της συνθετικής πορείας για την παρασκευή των κοίλων νανοσφαιρών $PMAA_{S-S}$ (Σχήμα 2β).



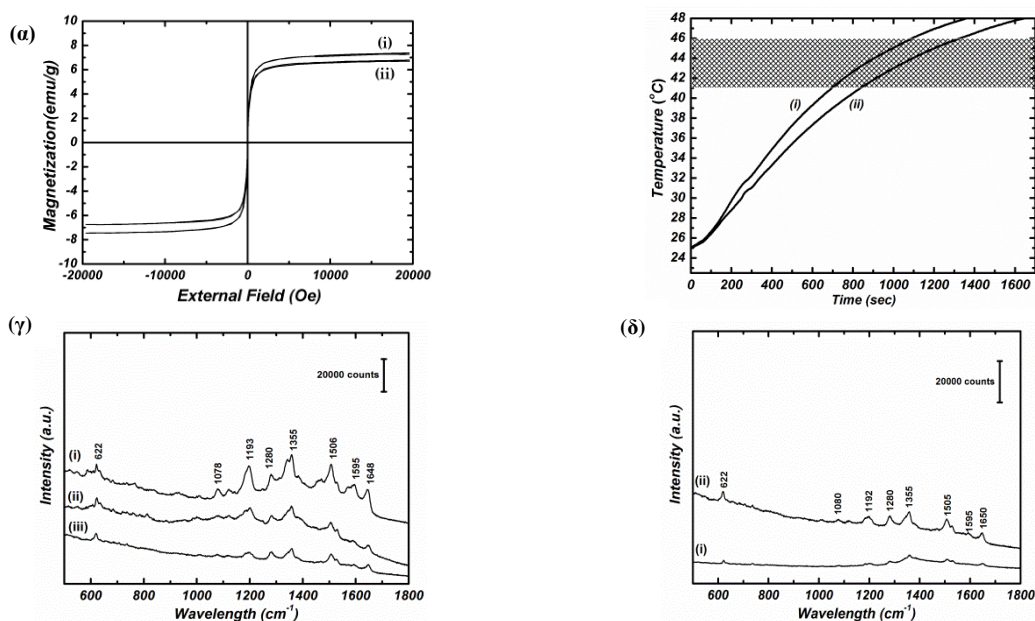
Σχήμα 2. (α) Εικόνα ηλεκτρονικής μικροσκοπίας διέλευσης (TEM) των δικτυωμένων κοίλων νανοσφαιρών $PMAA_{S-S}$ και (β) φάσματα FTIR (i) των μη δικτυωμένων $PMAA$, (ii) των δικτυωμένων νανοσφαιρών δύο στρώσεων νανοσφαιρών δομής πυρήνα/φλοιού, $PMAA@PMAA_{S-S}$ και (iii) των δικτυωμένων κοίλων νανοσφαιρών $PMAA_{S-S}$.

Η ανάπτυξη των νανοσωματιδίων στην επιφάνεια των κοίλων πολυμερικών νανοσφαιρών επιβεβαιώθηκε από τις εικόνες φωτεινού πεδίου (Σχήμα 3α), ενώ η κρυσταλλικότητα μελετήθηκε με την τεχνική της περίθλασης των ακτίνων X (Σχήμα 3β). Έπειτα από σύγκριση με τη βάση δεδομένων JCPDS και τη σχετική βιβλιογραφία προέκυψε ότι οι ανακλάσεις στα διαγράμματα μπορούν να αποδοθούν στον μαγνητίτη και στον άργυρο.



Σχήμα 3. (α) Εικόνα TEM φωτεινού πεδίου των κοίλων νανοσφαιρών $PMAA_{S-S}@Fe_3O_4@Ag$ και (ii) διαγράμματα XRD των: (β) κοίλων νανοσφαιρών $PMAA_{S-S}@Fe_3O_4$ και (ii) $PMAA_{S-S}@Fe_3O_4@Ag$ (Με αστερίσκο συμβολίζονται οι κορυφές που αποδίδονται στον άργυρο).

Με τη μαγνητομετρία δονούμενου δείγματος καταγράφηκαν οι μαγνητικοί βρόχοι των δειγμάτων σε θερμοκρασία δωματίου (Σχήμα 4α). Παρατηρήθηκε ότι τα υπό μελέτη υλικά παρουσιάζουν υπερπαραμαγνητική συμπεριφορά. Μέσω πειραμάτων αποτίμησης της επίδρασης της εφαρμογής εναλλασσόμενου μαγνητικού πεδίου και την καταγραφή των διαγραμμάτων της θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου μελετήθηκε η λειτουργικότητα των σύνθετων κοίλων νανοσφαιρών PMAA_{S-S}@Fe₃O₄ και PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag στην εφαρμογή της μαγνητικής υπερθερμίας (Σχήμα 4β). Η δράση των σύνθετων κοίλων νανοσφαιρών PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag ως ενεργό υπόστρωμα για την παρατήρηση του φαινομένου SERS, καθώς και η επίδραση του μαγνητικού πεδίου στην ενίσχυση της έντασης των κορυφών των φασμάτων Raman εξετάστηκε χρησιμοποιώντας τη (β) αμίνη B ως αναλυτή (Σχήμα 4γ και 4δ, αντίστοιχα).

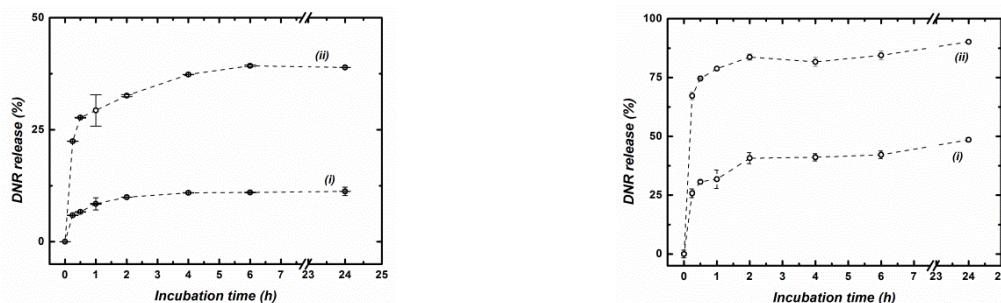


Σχήμα 4. (α) Μαγνητικοί βρόχοι των: (i) κοίλων νανοσφαιρών PMAA_{S-S}@Fe₃O₄ και (ii) PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag, (β) διαγράμματα μαγνητικής υπερθερμίας των σύνθετων κοίλων νανοσφαιρών (i) PMAA_{S-S}@Fe₃O₄ και (ii) PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag, (γ) φάσματα Raman διαλυμάτων ροδαμίνης B σε διάφορες συγκεντρώσεις (i. 10⁻² M, ii. 10⁻⁴ M, iii. 10⁻⁶ M), στα οποία προστέθηκε ποσότητα 1 mg των σύνθετων κοίλων νανοσφαιρών PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag και (δ) φάσμα Raman διαλύματος ροδαμίνης B σε συγκέντρωση 10⁻⁸ M, στο οποίο προστέθηκε ποσότητα 1 mg των σύνθετων κοίλων νανοσφαιρών PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag (i) χωρίς και (ii) υπό την επίδραση του μαγνητικού πεδίου μόνιμου μαγνήτη.

Για την αποτίμηση της λειτουργικότητας των υπό μελέτη σύνθετων κοίλων νανοσφαιρών PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag ως φορείς ουσιών ιατροφαρμακευτικού ενδιαφέροντος πραγματοποιήθηκαν πειράματα πλήρωσης και ελεγχόμενης αποδέσμευσης χρησιμοποιώντας ως μοντέλο φαρμακευτικής ένωσης τη δαουνορουβικίνη (daunorubicin). Υπολογίστηκε ότι η ικανότητα πλήρωσης των σύνθετων κοίλων νανοσφαιρών PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag είναι ίση με 440,7±0,5 mg ανά mg σύνθετων κοίλων νανοσφαιρών PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag και η τιμή της ικανότητας εγκλωβισμού ίση με 96%. Αρχικά μελετήθηκε η διαμόρφωση του ποσοστού της DNR που αποδεσμεύτηκε από τις κοίλες νανοσφαίρες PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag σε διαφορετικές συνθήκες pH (Σχήμα 5α), ενώ στη συνέχεια αποτιμήθηκε η επίδραση



αναγωγικών παραγόντων και συγκεκριμένα της γλουταθειόνης (GSH) και της τρις (2-καρβοξυαιθυλ)φωσφίνης (TCPEP) στην αποδέσμευση της δαυνορουβικίνης (Σχήμα 5β).



Σχήμα 5. (α) Διαγράμματα του ποσοστού του φαρμάκου που αποδεσμεύτηκε από τις σύνθετες κοίλες νανοσφαίρες PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag συναρτήσει του χρόνου σε: (i) φυσιολογικές (pH=7,4) και (ii) όξινες (pH=5,0) συνθήκες pH και (β) διαγράμματα του ποσοστού του φαρμάκου που αποδεσμεύτηκε από τις σύνθετες κοίλες νανοσφαίρες PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag συναρτήσει του χρόνου σε: (i) σε φυσιολογικές συνθήκες pH (pH=7,4) παρουσία GSH (10 mM) και (ii) όξινες συνθήκες (pH=5,0) pH παρουσία TCPEP (10 mM).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας παρασκευάστηκαν επιτυχώς κοίλες πολυμερικές νανοσφαίρες μέσω πολυμερισμού απόσταξης-καταβύθισης. Μέσω απλής χημικής μεθόδου αναπτύχθηκαν νανοσωματίδια στην επιφάνεια και συνολικά προέκυψαν σύνθετες πολυμερικές κοίλες νανοσφαίρες με απόκριση σε μεταβολές του pH και στην παρουσία οξειδοαναγωγικών παραγόντων. Η διερεύνηση των ιδιοτήτων πραγματοποιήθηκε διεξοδικά χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές χαρακτηρισμού (ηλεκτρονική μικροσκοπία διέλευσης και σάρωσης, φασματοσκοπία ενεργειακής διασποράς ακτίνων X, περίθλαση ακτίνων X, φασματοσκοπία υπερύθρου, δυναμική σκέδαση φωτός, μαγνητομετρία δονούμενου δείγματος κ.α.). Από την αποτίμησης της λειτουργικότητας παρατηρήθηκε ότι οι σύνθετες κοίλες νανοσφαίρες PMAA_{S-S}@Fe₃O₄@Ag που παρασκευάστηκαν και μελετήθηκαν παρουσιάζουν μια σειρά από ενδιαφέρουσες και κατάλληλες ιδιότητες για εφαρμογή τόσο στο πεδίο της μαγνητικής υπερθερμίας και της επιφανειακής ενίσχυσης των φασμάτων Raman, όσο και στο πεδίο της ελεγχόμενης αποδέσμευσης φαρμάκων μέσω της απόκρισης στις μεταβολές του pH και στην παρουσία οξειδοαναγωγικών παραγόντων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. A. Chatzipavlidis, P. Bilalis, L.-A. Tziveleka, N. Boukos, C.A. Charitidis, G. Kordas, Nanostructuring The Surface Of Dual Responsive Hollow Polymer Microspheres For Versatile Utilization In Nanomedicine-Related Applications, Langmuir, (2013), 29 (30), 9562–9572.



Μοριακή Προσομοίωση Υαλωδών Υλικών

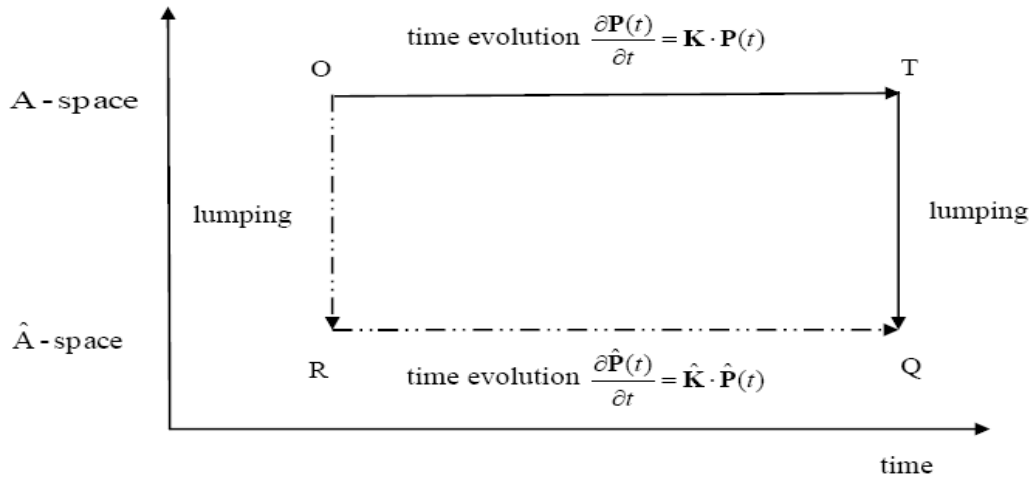
Νικόλαος Λεμπέσης, Δώρος Ν. Θεοδώρου

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη μελέτη της σχέσης δομής-ιδιοτήτων υλικών. Άμεσο στόχο αποτελεί η διερεύνηση των αμόρφων στερεών, τα οποία εμφανίζουν χαρακτηριστικά τόσο της στερεάς, όσο και της υγρής φάσης. Χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι των αμόρφων στερεών είναι οι ύαλοι ή υαλώδη υλικά. Τα υλικά αυτά εμφανίζουν διαταραγμένη και ακανόνιστη δομή, όπως τα υγρά, ενώ η μοριακή κίνηση σε αυτά απαρτίζεται κυρίως από δονήσεις γύρω από θέσεις ισορροπίας και η διάχυση στο εσωτερικό τους είναι εξαιρετικά αργή, όπως ακριβώς στα στερεά. Οι ιδιότητες των υαλωδών υλικών παρουσιάζουν χρονική εξάρτηση. Αυτή είναι μία ισχυρή ένδειξη πως τα υλικά αυτά βρίσκονται εκτός θερμοδυναμικής ισορροπίας, ενώ χαρακτηρίζονται από μία διαρκή προσπάθεια προσέγγισης της, ένα φαινόμενο που είναι ευρύτερα γνωστό ως φυσική γήρανση. Η κατανόηση των υαλωδών υλικών και κατ' επέκταση η ικανότητα ελέγχου των ιδιοτήτων τους εμφανίζει μεγάλο τεχνολογικό ενδιαφέρον. Οι μοριακές προσομοιώσεις αποτελούν ένα βασικό και αποτελεσματικό εργαλείο για τη μελέτη της συμπεριφοράς των υλικών, καθώς είναι σε θέση να εκτιμήσουν με μεγάλη ακρίβεια θερμοδυναμικές, δυναμικές, μηχανικές και ρεολογικές ιδιότητες. Σε αυτή την εργασία αναπτύσσουμε και εφαρμόζουμε διάφορες τεχνικές μοριακών προσομοιώσεων, εκμεταλλευόμενοι τη σχετικά ευρεία ποικιλία σχημάτων για την εφαρμογή αυτών των τεχνικών, με απώτερο σκοπό να προσομοιώσουμε δύο φαινόμενα: α) το φαινόμενο της φυσικής γήρανσης στα υαλώδη υλικά και β) την απόκριση αυτών των υλικών σε μηχανική παραμόρφωση. Απώτερος σκοπός είναι να συνδυαστούν κατάλληλα τα δύο προαναφερθέντα φαινόμενα και να μελετηθούν ως ένα.

Ένα από τα βασικότερα εμπόδια στην προσπάθεια προσομοίωσης των υαλωδών υλικών τίθεται από τους μεγάλους χρόνους που χαρακτηρίζουν τη φυσική γήρανση και τη μηχανική παραμόρφωση υπό συνθήκες πειραματικές συνθήκες. Για την αντιμετώπιση αυτού του εμποδίου αναπτύξαμε μια σειρά από νέες υπολογιστικές τεχνικές. Συγκεκριμένα, προκειμένου να μελετηθεί η χρονική εξέλιξη ενός λεπτομερούς ατομικού προτύπου υαλώδους υλικού στο χρόνο χρησιμοποιήσαμε τη μεθοδολογία των εγγενών δομών. Σύμφωνα με την μεθοδολογία αυτή, η χρονική εξέλιξη του υαλώδους συστήματος μπορεί να θεωρηθεί ότι συμβαίνει μέσω στοιχειωδών μεταβάσεων μεταξύ λεκανών δυναμικής ενέργειας στο χώρο απεικονίσεων. Το δίκτυο των λεκανών που προσδιορίζεται μπορεί να γίνει εξαιρετικά μεγάλο, δημιουργώντας προβλήματα στη μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς του συστήματος σε μεγάλες κλίμακες χρόνου. Για την επίλυση των προβλημάτων αυτών σχεδιάσαμε έναν αλγόριθμο που αδροποιεί την περιγραφή του αρχικού συστήματος, ομαδοποιώντας λεκάνες που επικοινωνούν γρήγορα μεταξύ τους σε «μετα-λεκάνες» (Σχήμα

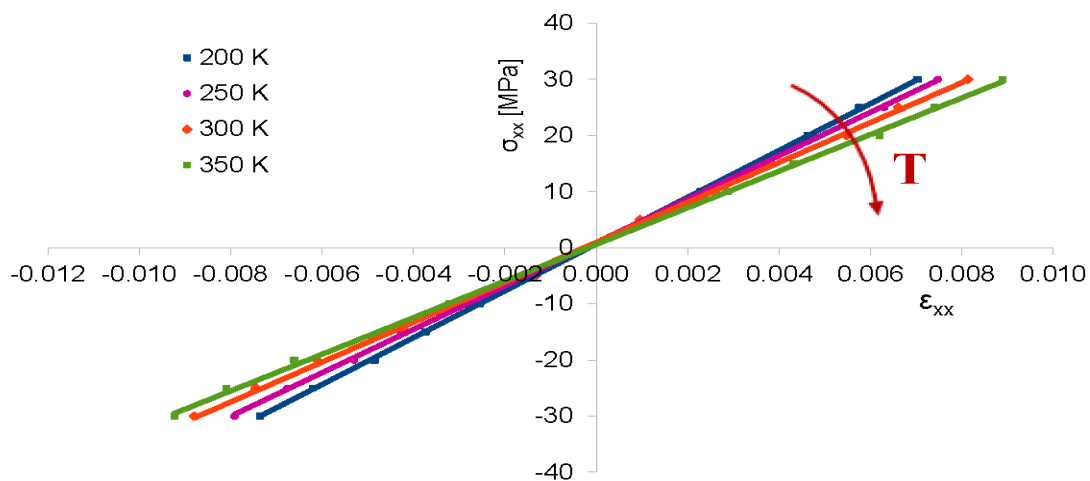
1). Το προκύπτον σύστημα περιγράφει πιστά τη δυναμική του αρχικού συστήματος σε μεγάλους χρόνους.



Σχήμα 1: Αναπαράσταση της μεθοδολογίας αδροποίησης ενός αρχικού συστήματος (O).

Ο αλγόριθμος αδροποίησης ελέγχθηκε μέσω μιας μεθοδολογίας για την γραφική απεικόνιση του συστήματος και της χρονικής εξέλιξης αυτού.

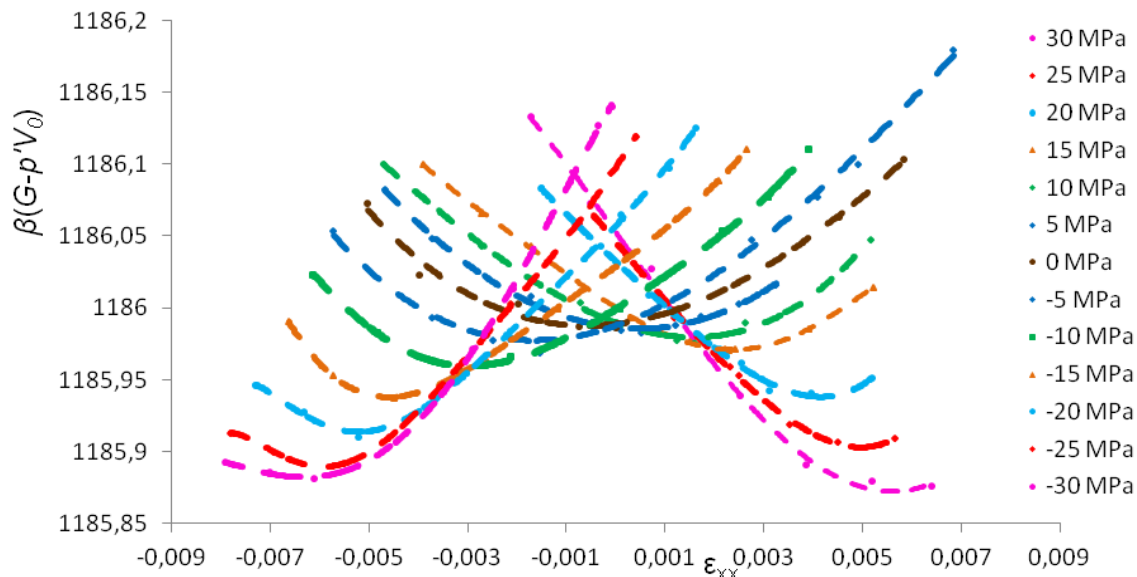
Η μηχανική παραμόρφωση υαλώδων υλικών προσεγγίστηκε με τη βοήθεια κατάλληλα σχεδιασμένου αλγορίθμου, ο οποίος παραμορφώνει το υπό μελέτη σύστημα βηματικά. Ένα μεγάλο μέρος του αλγορίθμου αφιερώνεται στη διαδικασία παραμόρφωσης των ελαχίστων ενέργειας Gibbs και των παρεμβαλλόμενων σαγματικών σημείων. Στην εργασία αυτή εκτιμήθηκαν οι ελαστικές σταθερές (μέτρο Young και λόγος Poisson) του υαλώδους ατακτικού πολυστυρενίου μέσω υπολογιστικών πειραμάτων μονοαξονικής έκτασης/θλίψης στην ελαστική περιοχή κάνοντας χρήση της οιονεί αρμονικής προσέγγισης (quasi harmonic approximation). Επιπλέον, η θερμοκρασιακή εξάρτηση των εκτιμώμενων ελαστικών σταθερών βρέθηκε να έχει την αναμενόμενη μορφή (Σχήμα 2):



Σχήμα 2: Διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης υαλώδους ατακτικού πολυστυρενίου.



Τέλος, παρατηρήθηκε πως η απόκριση του πεδίου ενέργειας σε μηχανική καταπόνηση μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό νέων ελαχίστων ενέργειας ή στην καταστροφή προϋπαρχόντων. Η παρατήρηση αυτή μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως η υπερεπιφάνεια ενέργειας αλλάζει το σχήμα της με την επιβολή παραμόρφωσης (Σχήμα 3):



Σχήμα 3: Ενδεικτική απόκριση ελαχίστου ενέργειας Gibbs σε μηχανική παραμόρφωση.



Παρασκευή συνθέσεων διαπερατού σκυροδέματος και έλεγχος των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων τους.

Βαρδάκα Γ., Τσίμας Σ.

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας,
Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

Το διαπερατό σκυρόδεμα είναι ουσιαστικά ένα μακροπορώδες σκυρόδεμα με συνεχή κενά, τα οποία ενσωματώνονται σκοπίμως στη δομή του. Ο σχεδιασμός του με τη χρήση ελάχιστης ποσότητας τσιμεντόπαστας για την επικάλυψη των χονδρόκοκκων αδρανών, διευκολύνει τη διαμόρφωση αυτού του διασυνδεδεμένου δικτύου πόρων στο υλικό, γεγονός που επιτρέπει τη διέλευση του νερού σε πολύ υψηλότερο ποσοστό από ότι στα συμβατικά σκυροδέματα.

Το διαπερατό σκυρόδεμα ανήκει σε μια εντελώς διαφορετική κατηγορία από τα συμβατικά σκυροδέματα και ως εκ τούτου, τα φυσικά χαρακτηριστικά του διαφέρουν σημαντικά από εκείνα των γνωστών σκυροδεμάτων. Συνίσταται από τσιμέντο Πόρτλαντ, χονδρόκοκκα αδρανή, λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα αδρανή, πρόσμικτα και νερό, η βέλτιστη αναλογία των οποίων διερευνάται ανάλογα με την φύση των αδρανών που χρησιμοποιούνται και τις επιμέρους απαιτήσεις εφαρμογής του σκυροδέματος. Τελικώς ο συνδυασμός αυτών των συστατικών οδηγεί στην παραγωγή ενός σκληρυμένου προϊόντος με πόρους που συνδέονται μεταξύ τους και κυμαίνονται σε μέγεθος από 2 έως 8 mm, γεγονός που επιτρέπει στο νερό να διέρχεται εύκολα μέσα από το σκυρόδεμα. Οι κενοί χώροι του κυμαίνονται μεταξύ 18 και 35% και οι τυπικές θλιπτικές αντοχές που επιτυγχάνονται είναι της τάξης του 2,8 έως 28 MPa. Το διαπερατό σκυρόδεμα είναι ένας τύπος σκυροδέματος όπου το πορώδες δε βρίσκεται στα αδρανή (σε αντίθεση με τα ελαφρο-σκυροδέματα) αλλά μέσα στην ίδια τη δομή του σκυροδέματος. Ο όρος «διαπερατό σκυρόδεμα» περιγράφει ένα σκυρόδεμα «ανοικτού τύπου» και μηδενικής κάθισης. Το ποσοστό αποστράγγισης ενός πεζοδρομίου που έχει κατασκευασθεί με διαπερατό σκυρόδεμα ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος των αδρανών και την πυκνότητα του μείγματος, αλλά γενικά κυμαίνεται από 81 έως 730 L/min/m² (1,2,3,4,5). Στην παρούσα εργασία οι συνθέσεις διαπερατού σκυροδέματος που μελετώνται περιέχουν τρία διαφορετικά είδη αδρανών (ασβεστολιθικά αδρανή, οικοδομικά απόβλητα και σκωρία χάλυβα) σε διάφορα ποσοστά συμμετοχής.

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ Α' ΥΛΩΝ

Για την παρασκευή των συνθέσεων του διαπερατού σκυροδέματος χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά είδη αδρανών (ασβεστολιθικά αδρανή, οικοδομικά απόβλητα και σκωρία χάλυβα). Η χημική τους ανάλυση φαίνεται στον Πίνακα 1.

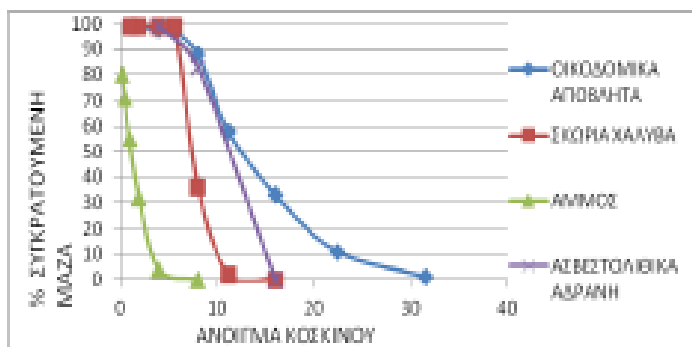


Πίνακας 1: Χημική Ανάλυση Αδρανών

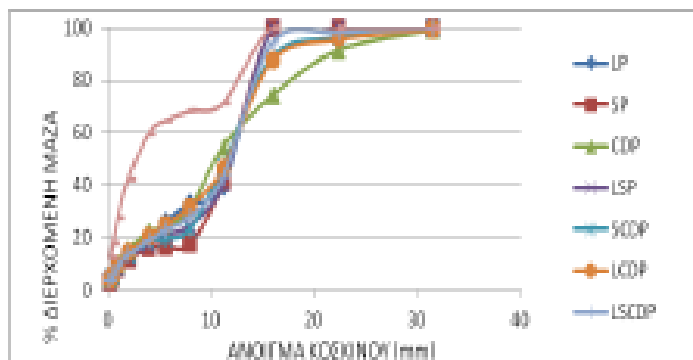
Χημική Ένωση	Ασβεστολιθικά Αδρανή	Οικοδομικά Απόβλητα	Σκωρία Χάλυβα
CaO	52,8	44,7	41,33
SiO ₂	1,16	20,1	14,92
Al ₂ O ₃	0,67	4,72	7,22
Fe ₂ O ₃	0,33	1,79	22,62
SO ₃	<0,01	0,04	0,29
MgO	0,89	0,69	1,91
K ₂ O	<0,01	0,5	0,01
Na ₂ O	0	0,4	0,19
Cl ⁻	<0,01	0,18	0,01
TiO ₂	<0,01	0,26	0
LOI	43,93	26,23	-

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΔΡΑΝΩΝ- ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΥΝΘΕΣΕΩΝ

Στα Σχήματα 1 και 2 παρουσιάζονται οι καμπύλες της κοκκομετρικής κατανομή των αδρανών που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και των υπό μελέτη συνθέσεων.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

Πίνακας 2 Συνθέσεις Διαπερατού Σκυροδέματος

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	CEM II 42.5 (kg/m ³)	Άμμος (kg/m ³)	Ασβεστολιθικό γαρμπίλι (%)	Σκωρία χάλυβα (%)	Οικοδομικά Απόβλητα (%)	w/c
LP	190	350	100	0	0	0,47
SP	190	350	0	100	0	0,58
CDP*	190	350	0	0	100	0,41
LSP	190	350	50	50	0	0,53
LCDP*	190	350	50	0	50	0,44
SCDP*	190	350	0	50	50	0,65
LSCDP*	190	350	50	25	25	0,56

* Τα οικοδομικά απόβλητα χρησιμοποιήθηκαν αφού είχαν διαβρεχτεί με νερό.

ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΝΘΕΣΕΩΝ

Αντοχές σε θλίψη

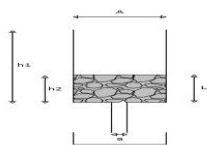
Τα παραγόμενα δοκίμια εξετάστηκαν για μέτρηση της αντοχής τους σε θλίψη σύμφωνα με το EN12390 και οι μετρήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Αντοχές Συνθέσεων Διαπερατού Σκυροδέματος (MPa)

	LP	SP	CDP	LSP	SCDP	LCDP	LSCDP
3 HM	6,2	8	6,9	7,2	5,3	7,7	8
7 HM	7,1	11,2	7,1	8,3	6,4	9	9,2
28 HM	7,9	12,6	9,5	9,7	6,4	10,4	9,7

Υδατοπερατότητα

Η μέθοδος ελέγχου η οποία εφαρμόστηκε προσδιορίζει την υδατοπερατότητα με υδατοπερατόμετρο μεταβαλλόμενου ύψους (Σχήμα 3) που ικανοποιεί τις προδιαγραφές του πρότυπου εδαφομηχανικής E 105-86. Ο συντελεστής υδατοπερατότητας k (cm/s) του διαπερατού σκυροδέματος δίνεται από την εξίσωση που ακολουθεί και παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.



$$k = \frac{a * L}{A * t} * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Σχήμα 3



Πίνακας 4 Συντελεστής Υδατοπερατότητας k (cm/s)

	LP	SP	CDP	LSP	SCDP	LCDP	LSCDP
k (cm/s)	0,13	0,16	0,12	0,15	0,09	0,18	0,15

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Όλες οι παραγόμενες συνθέσεις διαπερατού σκυροδέματος εμφάνισαν ικανοποιητικές και εντός των ορίων φυσικομηχανικές ιδιότητες για το πεδίο εφαρμογών τους. Επιπλέον, η χρήση εναλλακτικών αδρανών εξασφαλίζει περιβαλλοντικά οφέλη που συνοψίζονται στην ανακύκλωση και ορθότερη διαχείριση αυτών των υλικών καθώς και στην εξασφάλιση των φυσικών πρώτων υλών.
- Το παραπροϊόν της σκωρίας χάλυβα λόγω της σκληρότητάς του αυξάνει τις αντοχές του διαπερατού σκυροδέματος καθώς και την υδατοπερατότητα, ενώ τα οικοδομικά απόβλητα από την άλλη επιτρέπουν μεγάλο βαθμό συμύκνωσης.
- Τα δύο εναλλακτικά αδρανή έδειξαν να συνεργάζονται καλά με τα ασβεστολιθικά, βοηθώντας στις τιμές των ιδιοτήτων του διαπερατού σκυροδέματος, όχι όμως και μεταξύ τους. Αυτό οφείλεται στη φύση και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά αυτών των υλικών, τα οποία κατά την παρασκευή των δοκιμών και την συμύκνωσή τους δεν συνεργάζονται καλά (δεν έχουν καλό «packing») στη δημιουργία του εσωτερικού πορώδους δικτύου.
- Η παρουσία και των τριών τύπων αδρανών στο σκυροδέμα όμως λειτουργεί αρκετά καλά, δείχνοντας να συνεργάζονται και να δίνουν μία πολύ συμπαγή μορφή με καλές ιδιότητες σε όλους τους τομείς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ACI Committee, 2006, 522R-06: Pervious Concrete, *Technical Documents*.
2. ACI Committee, 2008, 522.1-08: Specification for Pervious Concrete Pavement, *Technical Documents*
3. Liv Haselbach and Robert Freeman, 2006, Vertical Porosity Distributions in Pervious Concrete Pavement», *Materials Journal*, Volume 103, Issue 6, pages 452-458.
4. Dale P. Bentz, 2008, Virtual Pervious Concrete: Microstructure, Percolation, and Permeability, *Materials Journal*, Volume 105, Issue 3, pages 297-301.
5. Vardaka G., Leptokaridis C. and Tsimas S., “Study of Pervious Concrete Mix Design”, *Cimento Beton Dunyasi / Cement and Concrete World* No. 97, May/June 2012, pp. 72-77.



Μοριακή, δομική και καταλυτική μελέτη καινοτόμων βιοκαταλυτών (ημικυτταρινάσες) που εμπλέκονται στην αποικοδόμηση της φυτικής βιομάζας

Μαρία-Δέσποινα Χαραυγή^{1,2}, Ευάγγελος Τόπακας¹, Μαρία Β. Δημαρόγκωνα¹,
Ευαγγελία Δ. Χρυσίνα², Παύλος Χριστακόπουλος¹

¹Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

²Ινστιτούτο Βιολογίας, Φαρμακευτικής Χημείας και Βιοτεχνολογίας, Εθνικό Ίδρυμα
Ερευνών, Λεωφ. Βασιλέως Κωνσταντίνου 48, 11635 Αθήνα

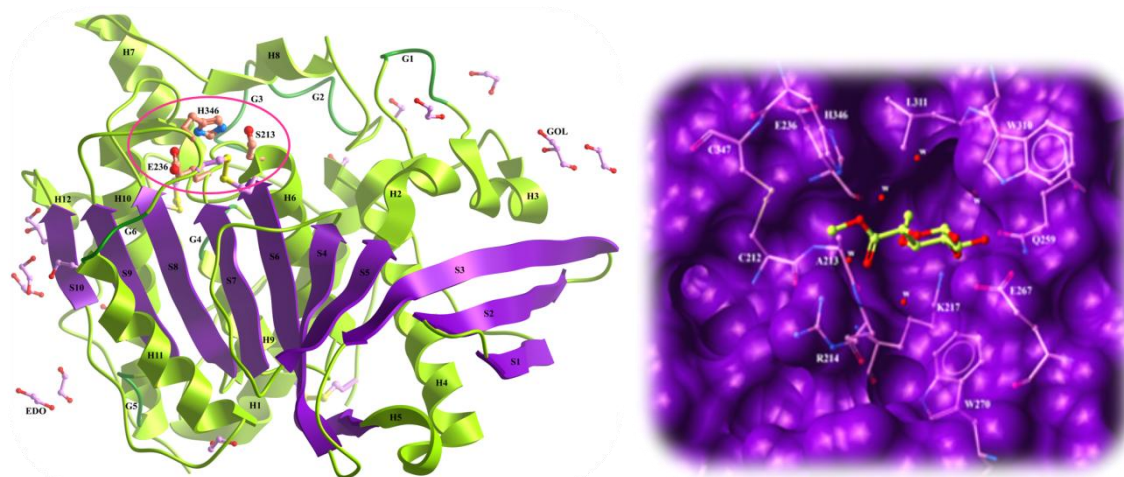
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πλήρης αποικοδόμηση της φυτικής βιομάζας και ειδικότερα λιγνινοκυτταρινούχων υλικών συγκεντρώνει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον τόσο λόγω των εκτεταμένων βιοτεχνολογικών εφαρμογών που αυτή συνεπάγεται όσο και λόγω της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων αποθεμάτων ορυκτών πόρων όπως το πετρέλαιο. Εξάλλου, σύμφωνα με οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης ένα ποσοστό 10% των συμβατικών καυσίμων θα πρέπει να αντικατασταθεί με βιοκαύσιμα μέχρι το 2020. Τα θερμοσταθερά ένζυμα που εμπλέκονται στη βιοκατάλυση πρώτων υλών όπως αγροτικά ή δασικά παραπροϊόντα αποτελούν ελκυστικό στόχο μελέτης αφού μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάτω από έντονες διεργασίες βιομηχανικής κλίμακας και με μειωμένο οικονομικό κόστος καθιστώντας εφικτή την αξιοποίησή τους στην πορεία μετατροπής της βιομάζας σε ζυμώσιμα σάκχαρα με απώτερο στόχο την παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς. Οι γλυκουρονικές εστεράσες (Glucuronoyl Esterases, GEs), αποτελούν μια πρόσφατα ανακαλυφθείσα οικογένεια υδατανθρακικών εστερασών (Carbohydrate Esterases, CEs), την οικογένεια CE-15 (CAZy database¹). Η δράση των GEs διαφαίνεται να εντοπίζεται στην υδρόλυση του εστερικού δεσμού μεταξύ των πλευρικών ομάδων του 4-Ο-μεθυλ-D-γλυκουρονικού οξέος της γλυκουρονοξυλάνης και αρωματικών αλκοολών της λιγνίνης, ένα δεσμό-φραγμό για την αποτελεσματική αποικοδόμηση της λιγνινοκυτταρινούχου βιομάζας², ωστόσο ο φυσιολογικός τους ρόλος και ο μηχανισμός δράσης τους δεν έχει πλήρως αποσαφηνιστεί.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

Η ανασυνδυασμένη γλυκουρονική εστεράση από το μικροοργανισμό *Myceliophthora thermophila* (συνώνυμο *Sporotrichum thermophile*, StGE2) αποτελεί ένα καινοτόμο θερμόφιλο ένζυμο το οποίο αρχικά μελετήθηκε δομικά με χρήση της μεθόδου κρυσταλλογραφίας ακτίνων Χ. Οι κρυσταλλογραφικές μελέτες ακτίνων Χ επεκτάθηκαν στη σημειακά μεταλλαγμένη S213A StGE2 η οποία αποτελεί την ανενεργή μορφή του ενζύμου ως προς την υδρόλυση του μεθυλεστέρα του 4-Ο-μεθυλ-D-γλυκουρονικού οξέος (MeGlcA)³.

Αναπτύχθηκαν πρωτόκολλα κρυστάλλωσης καθώς και πρωτόκολλα λύσης και βελτιστοποίησης των τρισδιάστατων δομών των πρωτεϊνικών στόχων σε υψηλή ευκρίνεια 1.55 Å και 1.9 Å αντίστοιχα, ενώ ήταν επιτυχής ο προσδιορισμός της τρισδιάστατης κρυσταλλικής δομής του συμπλόκου S213A – MeGlcA σε ευκρίνεια 2.35 Å. Οι συγκεκριμένες τρισδιάστατες πρωτεϊνικές δομές αποτελούν τις πρώτες δομές θερμοάντοχης γλυκουρονικής εστεράσης και σημειακά μεταλλαγμένης σε καταλυτικό αμινοξύ θερμοάντοχης GE της CE-15 οικογένειας ενώ αυτή του συμπλόκου S213A - MeGlcA είναι η πρώτη δομή εστεράσης του γλυκουρονικού οξέος ως συμπλόκου με κάποιο ανάλογο υποστρώματος⁴ (Εικ. 1.α., 1.β.) Με στόχο την περαιτέρω χαρτογράφηση του καταλυτικού κέντρου του ενζύμου διεξάγονται πειράματα κατευθυνόμενης σημειακής μετάλλαξης και υπερέκφρασης των γονιδίων των L311A, L311N, L311Q, L311R και K217R *StGE2* για την εν δυνάμει παραγωγή και μελέτη των αντίστοιχων μεταλλαγμένων πρωτεϊνών.



Εικόνα 1: α. (αριστερά) Σχηματική αναπαράσταση της τρισδιάστατης δομής της *StGE2* όπου διακρίνεται και η καταλυτική τριάδα των αμινοξέων του ενεργού κέντρου, β. (δεξιά) Σχηματική απεικόνιση της στερεοδιάταξης της καταλυτικής περιοχής με τα αμινοξέα που την πλαισιώνουν όπως αυτή διαμορφώνεται με τη δέσμευση του συνθετικού υποστρώματος στο σύμπλοκο S213A *StGE2* – MeGlcA.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

Η διερεύνηση της φυσιολογικής δράσης του ενζύμου περιλαμβάνει την απομόνωση λιγνινο-υδατανθρακικών συμπλόκων (Lignin-Carbohydrate Complexes, LCCs)⁶ ως εν δυνάμει φυσικά υποστρώματα για τη γλυκουρονική εστεράση εμπλουτισμένα σε εστερικούς δεσμούς-στόχο. Ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται υπολείμματα μικροαλεσμένου μαλακού ξύλου (softwood) φυτικής βιομάζας σκανδιναβικής ελάτης (*Spruce*) καθώς και αλεσμένου φελλού (φυτικής προέλευσης, bark). Η ανάλυση των πρώτων υλών και των προϊόντων απομόνωσης γίνεται με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας υπεράυθρου με μετασχηματισμό Fourier (Fourier Transform InfraRed spectroscopy, FT-IR) ενώ των προϊόντων εν δυνάμει υδρόλυσης παρουσία *StGE2* τόσο με FT-IR όσο και με ανίχνευση της απελευθέρωσης γλυκουρονικού οξέος.

Παράλληλα, μελετάται το συνθετικό δυναμικό του ενζύμου μέσω αντιδράσεων εστεροποίησης και μετεστεροποίησης σε μη συμβατικά συστήματα, τα οποία αυξάνουν τη



διαλυτότητα των υποστρωμάτων ενώ μετατοπίζουν τη θερμοδυναμική ισορροπία της αντίδρασης από την υδρόλυση προς τη σύνθεση εστερικού δεσμού. Τα πειράματα διεξάγονται με συστήματα μικρογαλακτωμάτων απουσία επιφανειοενεργών ουσιών (detergentless microemulsions) σε μίγματα οργανικών διαλυτών ποικιλίας αναλογιών υδατικής φάσης⁵ και χρήση StGE2 παρουσία D-γλυκουρονικού οξέος και αλκοολών ή εστέρων ως εν δυνάμει αντιδρώντα. Τα αποτελέσματα των παραπάνω πειραμάτων αξιολογούνται με χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (Thin Layer Chromatography, TLC).

Επιπροσθέτως, έλαβε χώρα ακινητοποίηση ενεργής StGE2 από πολυενζυμικό της εκχύλιμα, μέσω παρασκευής ενζυμικών συσσωματωμάτων διασταυρούμενων δεσμών (CLEAs) με παράγοντα σχηματισμού γλουταραλδεϋδη και παρουσία διαφόρων καταβυθιστικών μέσων. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν έναντι συνθετικού υποστρώματος του ενζύμου με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC, High Performance Liquid Chromatography).

Τέλος, πρόκειται να δημιουργηθεί πρωτόκολλο μέτρησης της ενεργότητας του ενζύμου ως προς την υδρόλυση εμπορικά διαθέσιμου υποστρώματος, του βενζυλεστέρα του D-γλυκουρονικού οξέος, τόσο μέσω χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC) όσο και με φωτομετρικό προσδιορισμό χρησιμοποιώντας εμπορικά διαθέσιμο ενζυμικό σκεύασμα (D-Glucuronic Acid & D-Galacturonic Acid Assay Kit, Megazyme). Η ενζυμική ενεργότητα ως προς το συγκεκριμένο υπόστρωμα μελετήθηκε και στην περίπτωση της εστεράσης του γλυκουρονικού οξέος από το μεσόφιλο μικροοργανισμό *Podospira anserina* (PaGE1). Πρόκειται για μια καινοτόμο και ταχεία μέθοδο ποσοτικοποίησης της ενζυμικής ενεργότητας της εστεράσης του γλυκουρονικού οξέος η οποία επιτρέπει για πρώτη φορά την ευρεία χρήση της στο πλαίσιο των μελετών της σημαντικής δράσης αυτού του βιοκαταλύτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Cantarel, B.L., Coutinho, P.M., Rancurel, C., Bernard, T., Lombard, V., Henrissat, B., The Carbohydrate-Active EnZymes database (CAZy): an expert resource for Glycogenomics, *Nucleic Acids Res* 2009, 37, 233-238.
2. Duranová, M., Spániková, S., Wösten, H.A., Biely, P., de Vries, R.P., Two glucuronoyl esterases of *Phanerochaete chrysosporium*, *Arch Microbiol* 2009, 191, 133-40.
3. Topakas, E., Moukouli, M., Dimarogona, M., Vafiadi, C., Functional expression of a thermophilic glucuronoyl esterase from *Sporotrichum thermophile*: identification of the nucleophilic serine, *Appl Microbiol Biotechnol* 2010, 87, 1765-72.
4. Charavgi M.D., Dimarogona M., Topakas E., Christakopoulos P., Chrysinia E.D., The structure of a novel glucuronoyl esterase from *Myceliophthora thermophila* gives new insights into its role as a potential biocatalyst, *Acta Crystallogr D Biol Crystallogr* 2013, 69, 63-73.
5. Khmelnitsky, Y. L., Hilhorst, R., Veeger, C, Detergentless microemulsions as media for enzymatic reactions. Cholesterol oxidation catalyzed by cholesterol oxidase, *Eur J Biochem* 1988, 176, 265-271.
6. Jin A. X., Ren J. L., Peng F., Xuc F., Zhou G. Y., Sun R. C., Kennedy J. F., Comparative characterization of degraded and non-degradative hemicelluloses from barley straw and maize stems: Composition, structure, and thermal properties, *Carbohydrate Polymers* 2009, 78, 609-619.



Τροποποιημένα σωματιδιακά στερεωτικά υλικά: Παρασκευή και αποτίμηση της εφαρμογής τους σε πορώδεις λίθους

Ε. Ξυνοπούλου, Α. Μπακόλας, Α. Μοροπούλου

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

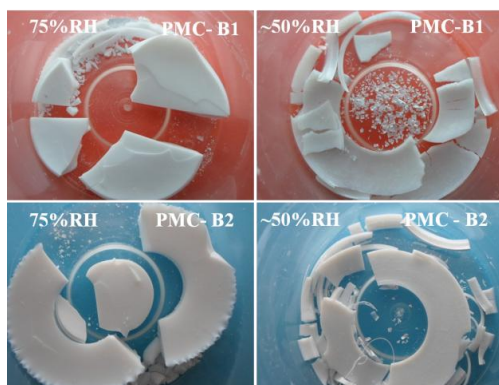
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει την παρασκευή τροποποιημένων σωματιδιακών σύνθετων στερεωτικών υλικών (Particle Modified Consolidants - PMC), αποτελούμενων από πυριτική βάση (TEOS) στην οποία εισάγονται κολλοειδείς διασπορές νάνο-σωματιδίων τιτανίας και πυριτίας και στη συνέχεια, την εφαρμογή τους σε δύο τύπους πορωδών λίθων. Κατόπιν, ακολουθεί έλεγχος και αποτίμηση της συμβατότητας και επιτελεσματικότητας των στερεωτικών υλικών με χρήση ενόργανων εργαστηριακών μεθόδων τόσο πριν όσο και μετά την κατεργασία.

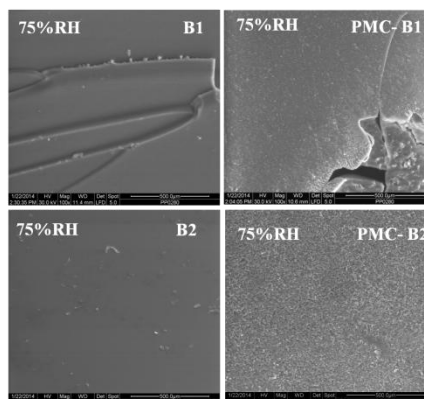
Η στερέωση των πορωδών δομικών υλικών έχει ως σκοπό την ενίσχυση της συνοχής και την βελτίωση της αντοχής και της ανθεκτικότητάς τους, υπό την επίδραση των επιβλαβών περιβαλλοντικών φορτίων. Τόσο όμως κατά την διείσδυση των στερεωτικών στο πορώδες σύστημα των υλικών, όσο και κατά την ξήρανση, παρουσιάζονται αρκετοί περιορισμοί που πολλές φορές καθιστούν την στερέωση ανεπιτυχή. Δεδομένου ότι η εφαρμογή των υλικών στερέωσης στα δομικά υλικά επηρεάζει τα φυσικοχημικά και φυσικό-μηχανικά χαρακτηριστικά τους, τα στερεωτικά υλικά οφείλουν να πληρούν ορισμένες προδιαγραφές (ASTM E2167-2008) [1, 2]. Η ικανότητα εμποτισμού σε αποτελεσματικό βάθος διείσδυσης, καθώς και η διατήρηση της διαπερατότητας, των υδρομετρικών χαρακτηριστικών και της εμφάνισης του λίθου, αποτελούν βασικά κριτήρια αποτίμησης των στερεωτικών υλικών. Παράλληλα, κατά την πήξη και σκλήρυνση του υλικού, θα πρέπει να παρατηρείται ενίσχυση της συνοχής και βελτίωση των μηχανικών αντοχών του υποστρώματος. Τα αλκοξυσιλάνια, τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα στερεωτικά υλικά, παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα, ωστόσο έχουν την τάση να συρρικνώνονται κατά την ξήρανση, προκαλώντας περαιτέρω επιπτώσεις στο πορώδες δίκτυο των δομικών υλικών. Η προσθήκη ανόργανων νάνο-σωματιδίων σε πυριτική μήτρα, έχει διαπιστωθεί ότι συντελεί στην ελάττωση της συρρίκνωσης του υλικού, διασφαλίζοντας την αποφυγή σχηματισμού ρηγματώσεων στο εσωτερικό των πόρων του λίθου [3-5].

1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ PMC

Η διαδικασία παρασκευής διακρίνεται σε τρία επί μέρους στάδια. Αρχικά έγινε η σύνθεση της νάνο-διασποράς σωματιδίων $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ (διασπαρμένη φάση). Αναπτύχθηκαν διαφορετικές συνθέσεις νάνο-πυριτίας (Stober), μεταβάλλοντας τις συγκεντρώσεις των αντιδραστηρίων, προκειμένου να διερευνηθεί η επίδρασή τους τόσο στο τελικό μέγεθος των σωματιδίων, όσο και στην % περιεκτικότητα του αιωρήματος σε στερεά.. Στη συνέχεια, προστέθηκε ποσότητα σωματιδίων οξειδίου του τιτανίου στο αιώρημα νάνο-πυριτίας (δσωματιδίων=48.8nm, DLS, Zetasizer, Malvern Instruments) σε διάφορες αναλογίες. Σε δεύτερη φάση παρασκευάστηκε η πυριτική βάση (μήτρα – Binder) μέσω της ανάμειξης του μονομερούς TEOS με αιθανόλη (43% κ.ο.) και προσθήκης του καταλύτη DBTL. Πραγματοποιήθηκε επίσης σειρά πειραμάτων μεταβάλλοντας τις αναλογίες TEOS:DBTL:Ethanol. Κατά το τρίτο στάδιο έγινε η ανάμειξη των συστατικών σε κατάλληλες αναλογίες και κατόπιν, το μίγμα υποβλήθηκε σε ομογενοποίηση με υπερήχους (Sonics, Vibracell,). Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ελεγχόμενες συνθήκες ($T^\circ\text{C}$, RH%), προκειμένου να εξετασθεί η επιρροή των ατμοσφαιρικών συνθηκών τόσο στον χρόνο ξήρανσης όσο και στα τελικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του υλικού. Σύμφωνα με τις Εικόνες 1, 2, διαφοροποιήσεις παρατηρήθηκαν ανάμεσα στα δείγματα, τόσο μακροσκοπικά, όσο και μέσω της εξέτασης σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.



Εικόνα 1. Φωτογραφίες από δείγματα PMC (PMCB1,B2) μετά από ξήρανση σε ελεγχόμενες συνθήκες



Εικόνα 2. Φωτογραφίες SEM από δείγματα Binder (B1, B2) και PMC (PMCB1,B2) μετά από ξήρανση (100x, Bar=500μm)

2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ

Τα παρασκευασθέντα υλικά στη συνέχεια εφαρμόστηκαν σε δοκίμια λίθου μέσω τριχοειδούς ρόφησης. Το βάθος διείσδυσης του υλικού στο πορώδες δίκτυο του λίθου εξετάστηκε με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης με στοιχειακή ανάλυση (SEM, Fei Mod:Quanta 200, Philips). Η επίδραση της κατεργασίας στα υγρομετρικά χαρακτηριστικά του λίθου μελετήθηκε με εφαρμογή υδατοαπορρόφησης μέσω τριχοειδούς αναρρίχησης, καθώς και μέσω προσδιορισμού της μεταβολής της διαπερατότητας σε υδρατμούς, σύμφωνα με ισχύοντα πρότυπα (UNI10859:2000, ASTM E96). Στον Πίνακα 1 παρατίθενται οι μεταβολές στα υγρομετρικά χαρακτηριστικά λίθων κατεργασμένων με διαφορετικές συνθέσεις PMC. Για τις μετρήσεις της ταχύτητας διάδοσης υπερήχων χρησιμοποιήθηκε ειδική φορητή διάταξη (PUNDIT 6, CNS Farnell), ενώ οι μεταβολές στο πορώδες και τα χαρακτηριστικά



μικροδομής των δειγμάτων μελετήθηκαν μέσω ποροσιμετρίας υδραργύρου (Macropores120 & Pascal440, ThermoElectron). Τέλος, για τον προσδιορισμό της μεταβολής των χρωματικών παραμέτρων, χρησιμοποιήθηκε φορητό φασματοφωτόμετρο (Dr.Lange Spectro-color, LMG183) πριν και μετά την κατεργασία.

Πίνακας 1: Υγρομετρικά χαρακτηριστικά των λίθων πριν και μετά την κατεργασία

Λίθος/ Κατεργασία	C ($\text{mg}/\text{cm}^2\text{s}^{1/2}$)		WA (%)	
	Συντελεστής υδατ/φησης μέσω τριχ. αναρρίχησης	κατεργασμένο	ακατέργαστο	κατεργασμένο
Πωρόλιθος ΡΟΔΟΥ	ακατέργαστο	κατεργασμένο	ακατέργαστο	κατεργασμένο
PMC1	35.2 (± 0.01)	29.9 (± 0.02)	7.75 (± 1.91)	7.42 (± 1.86)
PMC2	40 (± 0.004)	37.9 (± 0.01)	9.18 (± 1.41)	8.88 (± 1.33)
PMC3	29.4 (± 0.002)	20.7 (± 0.006)	7.55 (± 1.64)	6.34 (± 1.48)
Πωρ/θος ΡΕΘΥΜΝΟΥ				
PMC1	17 (± 0.001)	14.3 (± 0.01)	12.79 (± 0.4)	10.78 (± 1.51)
PMC2	20.1 (± 0.02)	10 (± 0.003)	12.66 (± 0.41)	11.31 (± 0.3)
PMC3	16.3 (± 0.002)	12.9 (± 0.001)	11,97 (± 0.45)	10.45 (± 0.2)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη, τρεις συνθέσεις τροποποιημένων σωματιδιακών σύνθετων παρασκευάστηκαν και στη συνέχεια αποτιμήθηκαν. Μέσω του ποιοτικού χαρακτηρισμού των διασπορών, προσδιορίστηκαν οι βέλτιστες αναλογίες των αντιδρώντων για τον σχηματισμό σταθερής διασποράς χωρίς την τάση δημιουργίας ιζήματος, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε πορώδεις λίθους. Επίσης, καθορίστηκαν ως ευνοϊκότερες συνθήκες για την παραμονή του υλικού κατά το διάστημα της ξήρανσης οι 75%RH και $21 \pm 1^\circ\text{C}$, όπου παρατηρήθηκε μικρότερη ανάπτυξη ρηγματώσεων. Όσον αφορά την ικανότητα εμποτισμού των υποστρωμάτων, οι παρατηρούμενες διαφορές οφείλονται τόσο στις ιδιότητες της εκάστοτε σύνθεσης κατά τη sol φάση, όσο και στα διαφορετικά χαρακτηριστικά μικροδομής των δύο λίθων. Σε γενικές γραμμές παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μεταβολή μάζας σε δοκίμια κατεργασμένα με PMC3, ενδεικτικό της θετικής στερεωτικής δράσης της εν λόγω σύνθεσης. Διαπιστώθηκε επίσης πως η κατεργασία προκαλεί περισσότερο αισθητές μεταβολές στα φυσικοχημικά και φυσικό-μηχανικά χαρακτηριστικά του πωρόλιθου Ρεθύμνου, όπου η κατανομή του πορώδους του είναι μετατοπισμένη προς μικρότερες ακτίνες, σε σχέση με τον πωρόλιθο Ρόδου. Όσον αφορά τα αισθητικά κριτήρια, η συνολική διαφορά του χρώματος των επιφανειών κυμαίνεται κοντά στα αποδεκτά όρια.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Price C.A. and Doehne E., The Getty Conservation Institute, Stone Conservation An overview of Current Research (2010)
2. Scherer, George W. and Wheeler George S., Silicate Consolidants for Stone, Key Engineering Materials Vol. 391 (2009) pp 1-25
3. Rodriques Delgado J., Pinto Ferreira A.P., Stone Consolidation: The role of treatment Procedures, Journal of Cultural Heritage 9 (2008) 38-53
4. Scherer G.W., Miliani C., Velo-Simpson M.L., "Particle-modified consolidants: A study on the effect of particles on sol-gel properties and consolidation effectiveness, Journal of Cultural Heritage 8 (2007)1-6
5. E. Ksinopoulou, A. Bakolas, I.A. Kartsonakis, C.A. Charitidis and A. Moropoulou, Particle modified consolidants in the consolidation of porous stones, In: Proc. of 12th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone, Columbia University, New York, 22-26 October 2012



Διερεύνηση συνδυασμένης χρήσης δεδομένων SAR με ετερογενή τοπογραφικά δεδομένα μέσω συνταύτισης μη συναρτησιακών καμπυλών

Βασιλάκη Δ.

Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80
Αθήνα

Εισαγωγή

Οι σύγχρονοι δορυφορικοί αισθητήρες SAR παρέχουν τη δυνατότητα αναγνώρισης λεπτομερειών της γήινης επιφάνειας όπως για παράδειγμα είναι οι οδοί και τα κτίρια. Η αναγνώριση τέτοιων λεπτομερειών δεν ήταν εφικτή στα δορυφορικά δεδομένα SAR της προηγούμενης γενιάς δεκτών, λόγω της πολύ χαμηλότερης ανάλυσής τους. Έτσι τα δεδομένα των σύγχρονων δορυφορικών αισθητήρων SAR είναι για πρώτη φορά συμβατά με άλλου τύπου τοπογραφικά δεδομένα, όπως είναι οι οπτικές εικόνες υψηλής ανάλυσης και οι χάρτες μεσαίας κλίμακας, με αποτέλεσμα τη δημιουργία διεθνούς ερευνητικού και πρακτικού ενδιαφέροντος για τη συνδυασμένη χρήση των δεδομένων SAR με άλλου τύπου τοπογραφικά δεδομένα. Υπό το πρίσμα αυτών των εξελίξεων ο γενικός αντικειμενικός σκοπός της διατριβής είναι διττός:

1. να διερευνήσει τη δυνατότητα συνδυασμένης χρήσης δεδομένων SAR υψηλής ανάλυσης με άλλου τύπου τοπογραφικά δεδομένα και
2. να διερευνήσει τη χρήση γραμμικών στοιχείων ακανόνιστης γεωμετρίας ως εναλλακτική (του μεμονωμένου σημείου) μορφή πληροφορίας αναφοράς για την αλληλοαναφορά και τη γεωαναφορά των δεδομένων SAR με άλλου τύπου τοπογραφικά δεδομένα.

Η διερεύνηση αυτή αποσκοπεί στην αξιοποίηση της συμπληρωματικής (γεωμετρικής, φασματικής, χωρικής και χρονικής) φύσης των δεδομένων SAR στην υφιστάμενη τεχνολογία επισκόπησης και χαρτογράφησης της γήινης επιφάνειας. Η προηγούμενη σχετική έρευνα στο πεδίο αυτό δεν είναι ούτε εκτεταμένη ούτε συστηματική εξαιτίας του γεγονότος ότι μέχρι πρόσφατα δεν ήταν ευρέως διαθέσιμα δεδομένα SAR υψηλής ανάλυσης. Επιπλέον η χρήση γραμμικών στοιχείων ακανόνιστης γεωμετρίας έχει διερευνηθεί ελάχιστα.

Ειδικός αντικειμενικός σκοπός της διατριβής είναι η άρση των παραδοχών, και κατ' επέκταση περιορισμών, που είχαν τεθεί σε προηγούμενες ερευνητικές εργασίες, ώστε η συνδυασμένη χρήση δεδομένων SAR να είναι εφικτή:



1. για τα δεδομένα SAR υψηλής ανάλυσης,
2. για μη γεωμετρικά διορθωμένα δεδομένα,
3. με χρήση γραμμικών στοιχείων ακανόνιστης γεωμετρίας,
4. για τυχαία μορφή γήινης επιφάνειας (όχι απαραίτητα επίπεδης),
5. για ευρύτερες περιοχές της γήινης επιφάνειας (όχι μόνο μικρά τμήματα) και
6. για μετρική αξιοποίηση των δεδομένων SAR για τοπογραφικές εφαρμογές.

Οι γενικεύσεις αυτές είναι απολύτως απαραίτητες για την ανάπτυξη γενικών μεθόδων που επιτρέπουν την εξαγωγή γενικών και ρεαλιστικών συμπερασμάτων για την ενσωμάτωση των δεδομένων των δεκτών SAR στην επισκόπηση και αποτύπωση της γήινης επιφάνειας.

Γενικές μέθοδοι

Στο πλαίσιο αυτά, η διατριβή εισάγει νέα, γενική, μέθοδο για την ολική συνταύτιση ζεύγους ετερογενών γραμμικών στοιχείων ακανόνιστης γεωμετρίας (μη συναρτησιακών καμπυλών), η οποία βασίζεται στο γενικό Επαναληπτικό Αλγόριθμο Πλησιέστερων Σημείων (Iterative Closest Point - ICP) σημαντικά τροποποιημένο για γραμμικά στοιχεία (με νέα μέθοδο υπολογισμού πλησιέστερων (ομόλογων/αντίστοιχων) κοινών σημείων μεταξύ γραμμικών στοιχείων). Ειδικότερα εισάγονται νέες μέθοδοι συνταύτισης γραμμικών στοιχείων στο επίπεδο (2Δ-2Δ), συνταύτισης γραμμικών στοιχείων στο χώρο (3Δ-3Δ) και συνταύτισης γραμμικών στοιχείων διαφορετικών διαστάσεων (3Δ-2Δ). Αυτές συνοδεύονται από νέες μεθόδους υπολογισμού της απαραίτητης αρχικής προσέγγισης βάσει στερεού μετασχηματισμού αλλά και βάσει μη στερεού μετασχηματισμού, χρησιμοποιώντας φυσικές ή στατιστικές ιδιότητες των γραμμικών στοιχείων. Εισάγεται νέα γενική μέθοδος ολικής συνταύτισης δικτύου (πλήθους) ετερογενών γραμμικών στοιχείων ακανόνιστης γεωμετρίας που βασίζεται σε νέα μέθοδο αντιστοίχισης γραμμικών στοιχείων μεταξύ των δικτύων και ενιαίας επίλυσής τους με τη Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων (MET). Επίσης εισάγεται νέα και γενική μέθοδος άμεσης γεωαναφοράς εικόνων TerraSAR-X κεκλιμένης γεωμετρίας που βασίζεται σε νέα γεωμετρική αντιμετώπιση της διαδικασίας λήψης μετρήσεων SAR και αναλυτικής επίλυσης της γεωμετρίας λήψης, καθώς επίσης και μέθοδος αναλυτικού υπολογισμού τρόπου μετάδοσης του σφάλματος από τον τρισδιάστατο χώρο στη διδιάστατη εικόνα SAR. Τέλος εισάγεται νέα και γενική μέθοδος γεωμετρικής συσχέτισης - αναγωγής (της οποίας η ορθοαναγωγή είναι ειδική περίπτωση) μεταξύ μη γεωμετρικά διορθωμένης εικόνας και ετερογενών τοπογραφικών δεδομένων, καθώς και ραδιομετρικής συγχώνευσης ετερογενών εικόνων (συμπεριλαμβανομένων εικόνων SAR). Οι γενικές μέθοδοι της διατριβής τεκμηριώνονται και ελέγχονται με πλήθος προσομοιωμένων και πραγματικών δεδομένων σε πραγματικά προβλήματα και σε ορισμένες ιδιαίτερα απαιτητικές τοπογραφικές εφαρμογές.

Ειδικές μέθοδοι

Εκτός από νέες γενικές μεθόδους σε επίπεδο βασικής έρευνας, εισάγονται νέες ειδικές μέθοδοι σε επίπεδο εφαρμοσμένης έρευνας. Οι γενικές μέθοδοι συνδυάζονται με μεθόδους, προβλήματα και δεδομένα από το ευρύτερο επιστημονικό πεδίο του Τοπογράφου Μηχανικού



όπως είναι οι γεωδαιτικοί μετασχηματισμοί, τα μοντέλα γεωειδούς, τα παγκόσμια ψηφιακά μοντέλα επιφανείας, οι χαρτογραφικοί προβολικοί μετασχηματισμοί, ο τριγωνισμός Delaunay, η ραδιομετρική επεξεργασία εικόνων και οι μέθοδοι γεωμετρικής επεξεργασίας δισδιάστατων εικόνων που απεικονίζουν την τρισδιάστατη γήινη επιφάνεια. Συγκεκριμένα εισάγονται ειδικές μέθοδοι για την: 1) Αλληλοαναφορά ή γεωαναφορά μη γεωμετρικά διορθωμένων εικόνων SAR με άλλου τύπου τοπογραφικά δεδομένα, 2) Αλληλοαναφορά ή γεωαναφορά μη γεωμετρικά διορθωμένων οπτικών εικόνων με δεδομένα SAR, 3) Αλληλοαναφορά μη γεωμετρικά διορθωμένων εικόνων SAR και οπτικών εικόνων, 4) Συγχώνευση/Σύντηξη μη γεωμετρικά διορθωμένων εικόνων SAR με οπτικές εικόνες και 5) Ταχεία γεωμετρική διόρθωση δορυφορικών εικόνων SAR του δέκτη TerraSAR-X μέσω άμεσης γεωαναφοράς και χρήσης παγκόσμιων μοντέλων επιφανείας και γεωειδούς. Οι ειδικές μέθοδοι τεκμηριώνονται και ελέγχονται με πραγματικά δεδομένα, και παράλληλα τεκμηριώνουν ακόμα περισσότερο τις γενικές μεθόδους από τις οποίες προήλθαν.

Συμπεράσματα

Οι ειδικές και γενικές μέθοδοι εφαρμόζονται σε τυχαία μορφή και ευρύτερες περιοχές της γήινης επιφάνειας. Τα αποτελέσματα είναι συνεπή με την αναμενόμενη ακρίβεια, καταδεικνύουν τις δυνατότητες των σύγχρονων δεκτών SAR και τις δυνατότητες των γενικών και ειδικών μεθόδων που έχουν αναπτυχθεί στη διατριβή, και καθιστούν τα δεδομένα SAR ένα σημαντικό εργαλείο στην παρατήρηση της γήινης επιφάνειας.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ και χρηματοδοτήθηκε από το ερευνητικό πρόγραμμα «Ηράκλειτος ΙΙ». Τα τοπογραφικά δεδομένα στην περιοχή Καλάμου, Ελλάδα, χορηγήθηκαν από τη Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ, και στην περιοχή Maussane, Γαλλία, από την εταιρεία Intermap και το ερευνητικό κέντρο JRC (DigitalGlobe[2010], European Space Imaging). Τους ευχαριστώ για την ευγενική προσφορά και την υποστήριξη. Επίσης ευχαριστώ τον επιβλέποντα της παρούσας διατριβής και επιστημονικό υπεύθυνο του έργου καθώς και τα μέλη της συμβουλευτικής και εξεταστικής επιτροπής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ (ενδεικτική)

1. Vassilaki D, Ioannidis C, Stamos A (2011), Georeference of TerraSAR-X Images using Networks of Ground Control Linear Features. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XXXVIII, 4/W19, Hannover, Germany. ISSN 1682-1777.
2. Vassilaki D, Ioannidis C, Stamos A (2011), Georeference of TerraSAR-X images using Science Orbit data. 31st EARSeL Symposium, May 30-June 2, Prague, Czech Republic, pp.472-480. ISBN 978-80-01-04868-9.
3. Vassilaki D, Ioannidis C, Stamos A (2011), Fusion of optical and SAR images in slant range SAR geometry, 31st EARSeL Symposium, May 30-June 2, Prague, Czech Republic, pp.552-560. ISBN 978-80-01-04868-9.



4. Vassilaki D, Ioannidis C, Stamos A (2012), Automatic ICP-Based Global Matching of Free-Form Linear Features. The Photogrammetric Record, 27(139), pp.311-329. ISSN 1477-9730.
5. Vassilaki D, Stamos A, Ioannidis C (2013), Rapid geometric correction of SSC TerraSAR-X images with direct georeferencing, global DEMs and global geoid models. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XL, 1/W1, Hannover, Germany, pp. 357-362. ISSN 1682-1777.
6. Vassilaki D (2013), Research on the synergy of SAR data with heterogeneous remote sensing and geospatial data using free-form linear features matching, PhD thesis, School of Rural and Surveying Engineering, NTUA.



Προστασία των μέτρων στήριξης σηράγγων από πυρκαγιά

Σακκάς Κ.

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80
Αθήνα

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η προστασία των μέτρων στήριξης σηράγγων από πυρκαγιά. Μια πυρκαγιά σε σήραγγα αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα ατυχήματα, με εν δυνάμει τραγικά αποτελέσματα σε ανθρώπινες απώλειες και εξαιρετικά μεγάλο οικονομικό και κοινωνικό κόστος. Όπως προκύπτει από μία κριτική ανάγνωση της διεθνούς βιβλιογραφίας, σε όλες τις περιπτώσεις σοβαρών πυρκαγιών σε σήραγγες οι ανθρώπινες απώλειες ήταν μεγάλες, το κόστος αποκατάστασης μερικές δεκάδες έως εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ ενώ ο χρόνος που απαιτήθηκε μέχρι την επαναλειτουργία της σήραγγας από μήνες μέχρι και χρόνια. Στα παραπάνω θα πρέπει να προστεθεί και η ανασφάλεια που δημιουργείται στους χρήστες για την ασφάλεια των σηράγγων, ιδιαίτερα εκείνων με μεγάλο μήκος. Τα αίτια πρόκλησης πυρκαγιάς σε σήραγγα ποικίλλουν, με τον ανθρώπινο παράγοντα να προκύπτει ως από τους σημαντικότερους.

Για την εκτίμηση των μέγιστων θερμοκρασιών που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς έχουν προταθεί διάφορες πρότυπες καμπύλες θερμοκρασίας-χρόνου, μεταξύ των οποίων η καμπύλη του προτύπου ISO-834 και η καμπύλη RWS του υπουργείου συγκοινωνιών της Ολλανδίας, με μέγιστες προβλεπόμενες θερμοκρασίες τους 1050°C και 1350°C αντίστοιχα. Η καμπύλη RWS είναι η δυσμενέστερη διεθνώς και θεωρείται ως η πιο αντιπροσωπευτική μίας πυρκαγιάς σε σήραγγα. Η προβλεπόμενη απότομη αύξηση της θερμοκρασίας στα πρώτα λεπτά της πυρκαγιάς, οδηγεί χωρίς αμφιβολία σε αποφλοίωση του σκυροδέματος αν δεν ληφθούν συγκεκριμένα μέτρα προστασίας.

Για την αποφυγή των επιπτώσεων της πυρκαγιάς στα μέτρα στήριξης των σηράγγων, εφόσον αυτή δεν κατασβηστεί ή περιορισθεί έγκαιρα, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μέτρα παθητικής πυροπροστασίας. Η παθητική πυροπροστασία της επένδυσης της σήραγγας επιτυγχάνεται με τη χρήση πυράντοχων πλακών (από γύψο και ίνες υάλου ή άλλα μη εύφλεκτα υλικά), με την εφαρμογή εκτοξευόμενων κονιαμάτων τσιμεντοειδούς βάσης, με την εφαρμογή διογκωμένων κονιαμάτων στον οπλισμό της σήραγγας, με την προσθήκη ινών πολυπροπυλενίου στο σκυροδέμα, ή με το σχεδιασμό πυράντοχου σκυροδέματος επιλέγοντας κατάλληλα τα αδρανή του ή/και άλλα πρόσθετα. Από την εξέταση και την ανάλυση των εμπορικών υλικών και μεθόδων παθητικής πυροπροστασίας προέκυψε ότι παρά την εκτεταμένη έρευνα, που πραγματοποιείται τα τελευταία χρόνια διεθνώς για την εξεύρεση



οικονομικών λύσεων, το κόστος εφαρμογής τους εξακολουθεί να παραμένει υψηλό. Εξάλλου, αντιμετωπίζονται και προβλήματα συνάφειας των υλικών με την επένδυση της σήραγγας.

Εμφανίζεται λοιπόν η ανάγκη ανάπτυξης υλικών παθητικής πυροπροστασίας με χαμηλό κόστος, με τα γεωπολυμερή να εμφανίζονται ως μία πολύ εκλυστική λύση. Ο γεωπολυμερισμός είναι μία νέα τεχνολογία η οποία περιλαμβάνει την ετερογενή χημική αντίδραση μεταξύ στερεών υλικών πλούσιων σε οξειδία πυριτίου και αργιλίου και αλκαλικών πυριτικών διαλυμάτων σε ισχυρές αλκαλικές συνθήκες. Πρόκειται για υλικά με ικανοποιητικές μηχανικές και φυσικές ιδιότητες και εξαιρετικές θερμομονωτικές ιδιότητες. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη τριών γεωπολυμερών για πυροπροστασία. Τα υλικά κατασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας ως ενεργοποιητή είτε NaOH ή KOH, στην υδατική φάση, και δύο διαφορετικές πρώτες ύλες τον μετακαολίνη που προέρχεται από τη αφυδροξυλίωση του καολίνης και πρόκειται για ένα βιομηχανικό ορυκτό και τη σκωρία των ηλεκτροκαμίνων από την επεξεργασία των λατεριτών για την παραγωγή Ni και πρόκειται για ένα βιομηχανικό απόβλητο.

Αρχικά χρησιμοποιήθηκε ο μετακαολίνης, ένα υλικό με γνωστή σύσταση και παράλληλα με υψηλό σημείο τήξης. Η σύνθεση του εξήχθη με τη βοήθεια τριγωνικών διαγραμμάτων φάσεων. Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν οι μηχανικές, φυσικές και θερμικές ιδιότητες του και πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος παθητικής πυροπροστασίας σύμφωνα με τις οδηγίες της E.F.N.A.R.C. Από τη δοκιμή που πραγματοποιήθηκε φάνηκε ότι το συγκεκριμένο υλικό δημιουργεί την επιθυμητή βάρθρωση για ένα υλικό πυροπροστασίας, η εικόνα του όμως μετά την πραγματοποίηση της δοκιμής με την έντονη ρωγμάτωση, το καθιστά μειονεκτικότερο για εφαρμογή σε σήραγγες. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η σκωρία των ηλεκτροκαμίνων με την οποία αναπτύχθηκαν δύο ακόμη υλικά. Η σύνθεση των υλικών εξήχθη με τη βοήθεια θερμοδυναμικών υπολογισμών και τριγωνικών διαγραμμάτων φάσεων με σκοπό να μπορούν να ανθίστανται σε θερμοκρασίες άνω των 1000°C. Τα υλικά ωρίμασαν είτε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος είτε σε φούρνο. Τα σκληρυμένα υλικά υπεβλήθησαν σε εργαστηριακές δοκιμές για τον προσδιορισμό των μηχανικών, φυσικών και θερμικών τους ιδιοτήτων. Τα αποτελέσματα των παραπάνω δοκιμών έδειξαν ότι τα υλικά έχουν αρκετά ικανοποιητικές ιδιότητες συγκρινόμενα με τις αντίστοιχες ιδιότητες των υφισταμένων υλικών πυροπροστασίας. Στη συνέχεια, τα υλικά υποβλήθηκαν σε διάφορα σενάρια πυρκαγιάς σύμφωνα με παραλλαγή της πρότυπης δοκιμής ελέγχου παθητικής πυροπροστασίας της E.F.A.N.R.C. Και τα δύο υλικά μπορούν να αντισταθούν σε δυσμενή σενάρια πυρκαγιάς με θερμοκρασίες έως 1049 °C (καμπύλη ISO 834) δημιουργώντας μια υψηλή θερμική βάρθρωση. Το δεύτερο αποδείχθηκε πιο πυράντοχο ακόμα και μετά από έκθεση σε ακραίες θερμοκρασίες, που φτάνουν μέχρι τους 1350 °C χωρίς να εμφανίσει κανένα σημάδι αποφλοιώσης ή ρωγμάτωσης. Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης του πιο δυσμενούς σεναρίου πυρκαγιάς, της καμπύλης Rijkswaterstaat (RWS), η θερμοκρασία στη διεπιφάνεια του υλικού πυροπροστασίας και της προστατευόμενης πλάκας σκυροδέματος έφτασε μέχρι τους 280°C, τιμή η οποία είναι κατά 100 °C χαμηλότερη από τις απαιτήσεις της δοκιμής RWS. Έτσι, το σκυρόδεμα δεν εμφάνισε καμίας μορφής αποφλοιώση, γεγονός που επιβεβαιώθηκε και από την απουσία σημάτων ακουστικής εκπομπής κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Τέλος πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση του κόστους των υλικών με την περίπτωση του δευτέρου και του τρίτου υλικού να είναι σαφώς πιο φθηνά από το πρώτο καθώς χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη ένα απόρριμμα. Επίσης ένα παραπάνω πλεονέκτημα αυτών των



δύο υλικών είναι ότι με την παραγωγή και χρησιμοποίησή τους αξιοποιείται ένα μέρος ενός βιομηχανικού απορρίμματος συμβάλλοντας θετικά στην περιβαλλοντική διαχείριση του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Sakkas, K., Nomikos, P., Sofianos, A., Panias, D., 2013. Inorganic polymeric materials for passive fire protection of underground constructions. *Fire and Materials Journal* 1 37, 140-150
2. Sakkas, K., Nomikos, P., Sofianos, A., Panias, D., 2014. Utilisation of FeNi - slag for the production of inorganic polymeric materials. *Waste Biomass Valorization*. Doi: 10.1007/s12649-013-9278-z.
3. Sakkas, K., Nomikos, P., Sofianos, A., Panias, D., 2013. Sodium-based fire resistant geopolymer for passive fire protection. *Fire and Materials Journal*, DOI: 10.1002/fam.2244.



Βιομιμητική ανάπτυξη σύνθετων υβριδικών ικριωμάτων αποτελούμενων από νανοκρυστάλλους υδροξυαπατίτη κολλαγόνου και L-αργινίνης.

Μπρασινίκα Δ., Τσετσέκου Α.

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80
Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ερευνητικές προσπάθειες στον χώρο της Ιστικής μηχανικής προσανατολίζονται προς την ανάπτυξη τεχνητών βιολειτουργικών υποκατάστατων με παρόμοια χημική σύνθεση και κρυσταλλική δομή με αυτή του φυσικού οστού. Σε αυτή την ανάπτυξη, αποκτά ιδιαίτερη σημασία το είδος του οστού και οι μηχανικές του ιδιότητες. Πράγματι, σε οστά που υφίστανται υψηλά φορτία, όπως το μηριαίο οστό, η σκληρότητα και η δυσθραυστότητα του εμφυτεύματος πρέπει να είναι ικανοποιητικές και σε ισορροπία ώστε να αποφεύγεται αφενός η θραύση, αλλά να παρέχεται και σταθερότητα. Ωστόσο, σε εφαρμογές σε οστά που δέχονται χαμηλά φορτία, όπως σε κρανιοεγκεφαλικές επεμβάσεις, είναι πιο σημαντικό να υπάρχει σταθερότητα και σωστές τρισδιάστατες δομές. Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στην αναγέννηση των ιστών είναι η δημιουργία ενός αγγειακού δικτύου που θα μεταφέρει το οξυγόνο και τα θρεπτικά στοιχεία στον αναγεννώμενο ιστό. Συνεπώς, οι σύγχρονες ερευνητικές προσπάθειες στην ανάπτυξη βιοεμφυτευμάτων λαμβάνοντας υπόψη αυτήν την σημαντικότερη αρχή, στρέφονται προς την ανάπτυξη τρισδιάστατων δομών με κατάλληλη πορώδη δομή η οποία να περιλαμβάνει διασυνδεδεμένους μακροπόρους και μικροπόρους ομοιογενώς κατανομημένους μεταξύ τους. Ειδικότερα νέες στρατηγικές ανάπτυξης υιοθετούνται που βασίζονται στη βιομιμητική ανάπτυξη νέων υβριδικών βιοϋλικών, αποτελούμενων από νανοκρυστάλλους υδροξυαπατίτη και βιοπολυμερών με αυξημένη βιοσυμβατότητα και βιοδραστικότητα, ικανών να διεγείρουν την κυτταρική απόκριση και οστική ανάπτυξη.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΑΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΥΔΡΟΞΥΑΠΑΤΙΤΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΚΟΛΛΑΓΟΝΟΥ ΚΑΙ L-ΑΡΓΙΝΙΝΗΣ

Η ανάπτυξη εμφυτευμάτων βασίζεται στο συνθετικό υδροξυαπατίτη (HAp), $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, καθώς αποτελεί το βασικό ανόργανο συστατικό των σκληρών ιστών του ανθρώπινου οργανισμού και επιδεικνύει εξαιρετικές ιδιότητες βιοσυμβατότητας και οστεοεπαγωγικότητας. Ωστόσο ο χημικός υδροξυαπατίτης παρά τα πλεονεκτήματα που



εμφανίζει δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα καθώς εμφανίζει ελαστική συμπεριφορά σε αντίθεση με τα οστά. Το ενδιαφέρον έτσι επικεντρώνεται στην παρασκευή μειγμάτων υδροξυαπατίτη με οργανικά βιοπολυμερή, τα οποία θα βελτιώσουν τόσο την ικανότητα οστεοενσωμάτωσης όσο και τις μηχανικές του ιδιότητες. Το βιοπολυμερές, που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί κατά την ανάπτυξη των κρυστάλλων του υδροξυαπατίτη, είναι το κολλαγόνο. Αποτελεί την βασική πρωτεΐνη των φυσικών οστών και χρησιμοποιείται με τελικό στόχο τη ρύθμιση της διεργασίας πυρήνωσης και ανάπτυξης των κρυστάλλων του υδροξυαπατίτη. Το κολλαγόνο διαθέτει εξαιρετικές ιδιότητες βιοσυμβατότητας, αποικοδομείται εύκολα, απορροφάται από το σώμα και επιτρέπει επαφή με τα κύτταρα. Ωστόσο, οι μηχανικές του ιδιότητες είναι σχετικά χαμηλές ($E \sim 100$ MPa) σε σύγκριση με το οστό ($E \sim 250$ GPa) και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται σε μείγματα με υδροξυαπατίτη για την δημιουργία οστού. Πέραν τούτου, η ανάπτυξη των βιοϋλικών πρέπει να εστιάσει στην ικανότητά τους να εισάγουν ορισμένες κυτταρικές αποκρίσεις σε μοριακό επίπεδο, δηλαδή η οστεοενσωμάτωση και η ανάπτυξη του οστού να είναι κατευθυνόμενες. Επιλέχθηκε γι' αυτό, η σύνθεση των κρυστάλλων του υδροξυαπατίτη να γίνει παρουσία του αμινοξέος L-αργινίνη, το οποίο έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να ενισχύει σημαντικά την κυτταρική διασύνδεση, ανάπτυξη και διαφοροποίηση. Η αργινίνη μπορεί επίσης να επηρεάσει τη δημιουργία του υδροξυαπατίτη καθώς η δομή της επιτρέπει την ανάπτυξη περισσότερων σημείων πυρήνωσης του κεραμικού επιδρώντας με αυτόν τον τρόπο στην τελική μορφολογία και κυρίως στο μέγεθος των κρυστάλλων που αναπτύσσονται. Οι κρύσταλλοι του υδροξυαπατίτη που συντίθενται όπως περιγράφεται παραπάνω, χαρακτηρίζονται ως προς τη μορφολογία τους, το μέγεθός τους, την κρυσταλλικότητά τους κ.λπ. με χρήση των μεθόδων: Περίθλασης Ακτίνων X (XRD), Υπέρυθρης Φασματομετρίας με Μετασχηματισμό Fourier (FTIR) και Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Διερχόμενης Δέσμης (TEM).

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΙΚΡΙΩΜΑΤΩΝ

Στη συνέχεια από τα αιωρήματα που εμφανίζουν τις βέλτιστες ιδιότητες, αναπτύσσονται τρισδιάστατα υβριδικά ικρίωματα. Τα ικρίωματα αυτά αναπτύσσονται με τη μέθοδο της λυοφιλίωσης (freeze drying). Κατά τη λυοφιλίωση τα αιωρήματα υδροξυαπατίτη ψύχονται σε θερμοκρασία -55 °C, οπότε το περιεχόμενο νερό παγώνει. Στη συνέχεια, ενώ το υλικό διατηρείται υπό ψύξη, η πίεση μειώνεται σε σημείο κάτω από το τριπλό σημείο του νερού και έτσι το νερό απομακρύνεται με εξάχνωση παρέχοντας ικρίωματα με εσωτερικό πορώδες δίκτυο. Ωστόσο με την ανάπτυξη του εσωτερικού πορώδους δικτύου, επηρεάζεται αρνητικά η μηχανική συμπεριφορά των ικριωμάτων. Για τη βελτίωση των μηχανικών αντοχών τους πραγματοποιείται διασύνδεση του κολλαγόνου με οργανικούς διασυνδέτες (cross-linkers), οι οποίοι μπορούν να δημιουργήσουν ισχυρούς δεσμούς με τα αμινοξέα που περιέχονται στη δομή του κολλαγόνου και με αυτό τον τρόπο να βελτιώσουν τις τελικές μηχανικές αντοχές που θα εμφανίζουν τα παραγόμενα ικρίωματα. Οι διασυνδέτες, που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν είναι η γλουταραλδεΐδη και η γενιπίνη. Η γλουταραλδεΐδη είναι ένας πρωτεϊνικός διασυνδέτης, που δημιουργεί ισχυρούς δεσμούς με τα αμινοξέα των βιομορίων που συμμετέχουν στη σύνθεση των κρυστάλλων του υδροξυαπατίτη προσδίδοντας έτσι στο τελικό ικρίωμα πιο σταθερή δομή με μεγαλύτερη ελαστικότητα, σκληρότητα και βελτιωμένες ιδιότητες διαβροχής. Ωστόσο, η γλουταραλδεΐδη εμφανίζει τοξικότητα όταν η συγκέντρωσή της στο τελικό αιώρημα ξεπερνάει το 2,5%. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος προτείνεται η χρήση της γενιπίνης, που αποτελεί έναν φυσικό διασυνδέτη, ο



οποίος βελτιώνει και αυτός τις μηχανικές αντοχές των παραγόμενων ικριωμάτων, εμφανίζοντας παράλληλα πολύ χαμηλή τοξικότητα σε σύγκριση με την γλουταραλδεύδη. Το εσωτερικό πορώδες δίκτυο των ικριωμάτων αυτών εξετάζεται με χρήση Ηλεκτρονικού Μικροσκοπίου Σάρωσης (SEM).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη φυσικοχημική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα αιωρήματα που αναπτύχθηκαν, διαπιστώθηκε ότι η βιομιμητική σύνθεση που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη κρυστάλλων υδροξυαπατίτη παρουσία κολλαγόνου και L-αργινίνης ήταν επιτυχής. Αναπτύχθηκαν κρύσταλλοι εξαγωνικού υδροξυαπατίτη με δομή παρόμοια με αυτή που συναντάται στον απατίτη του φυσικού οστού. Συγκεκριμένα, οι κρύσταλλοι αυτοί εμφανίζουν πλακόμορφο σχήμα και οι διαστάσεις τους εξαρτώνται από την τελική περιεκτικότητα σε βιομόρια (κολλαγόνο και αργινίνη). Επιπλέον, παρατηρήθηκε μικρό εύρος διασποράς στις διαστάσεις των σωματιδίων με μέση τιμή μεγέθους των κρυστάλλων περίπου 10x10 nm.

Τα ικρίωματα υδροξυαπατίτη τα οποία αναπτύχθηκαν, αναλύθηκαν με το μικροσκόπιο SEM και στο εσωτερικό τους παρατηρήθηκε η ανάπτυξη σύνθετου εκτεταμένου πορώδους δικτύου αποτελούμενο τόσο από μακροπόρους όσο και μικροπόρους. Το μέγεθος των μακροπόρων κυμαίνεται από 50 έως 100 μm , ενώ το μέγεθος των πόρων του μικροπορώδους δικτύου είναι περίπου 10 μm . Η διασύνδεση των ικριωμάτων με τους οργανικούς διασυνδέτες επιφέρει εμφανή βελτίωση στις μηχανικές αντοχές των ικριωμάτων καθώς και στην αντοχή τους σε υδατικό περιβάλλον.



Definition of a unified methodology for the simulation of rupture in collision and grounding of ships

Μαρινάτος Ν. Ι.

Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80
Αθήνα

ABSTRACT

The object of the present study, is the definition of a numerical procedure to simulate the response of ship structures under accidental loading conditions, which suffer various different modes of failure, such as tension, bending, shear, and crushing and in particular to investigate the effect of material modeling, i.e. material curve and rupture criterion as well as mesh size on the results. To this end, medium and small scale indentation experiments conducted by different research groups, are simulated using the explicit finite element code ABAQUS 6.10-2. The tests refer to the quasi-static transverse loading of various thin walled structures which represent parts of a ship structure, such as an un-stiffened plate, stiffened plates and a double hull model. Three rupture criteria are incorporated into VUMAT subroutine, which interacts with the explicit finite element code and refers to an isotropic hardening plane stress J2 material, in order to investigate the prediction of rupture. The focus is on investigating whether it is possible to define a unified methodology, which is appropriate for the simulation of all different tests.

INTRODUCTION

The Finite Element simulation of strongly non-linear response of structures, which results in large strains, heavily depends on the material model that is chosen by the user to represent the actual material behaviour. Finite element codes require as input the true Mises stress-strain relation of the material in the plastic domain, which commonly the user determines from the measurements of the force and the elongation acquired during standard tensile tests. However, there is more than one procedure to determine the required relationship that the user inputs to the code, from the measured parameters.

In the present investigation three different types of true stress-strain curves beyond neck were assumed and applied in the simulations, i.e. the experimental, the powerlaw and the tangent type, (Marinatos et al. 2013b), Figure 1. Also three rupture criteria were implemented inside VUMAT subroutine given in the ABAQUS explicit finite element code, in order to investigate fracture prediction. These are referred in the literature as the critical equivalent plastic strain criterion or SHEAR criterion, the BWH instability criterion (Alsos et al. 2008) and the RTCL damage criterion (Törnqvist 2003), respectively. It is noted that, two forms of

the RTCL and SHEAR damage criteria were implemented in the simulations, the unscaled (RTCL, SHEAR) and the scaled (RTCLS, SHEARS) form. According to the selected form, the critical equivalent plastic strain was dependent or not on the element length, (Marinatos et al. 2013b), Figure 1.

The effect of the aforementioned modeling parameters on the simulation results has been investigated, by comparing the experimental force and absorbed energy-penetration curves with those that had been derived from the numerical analysis. Representation of damage has also been examined.

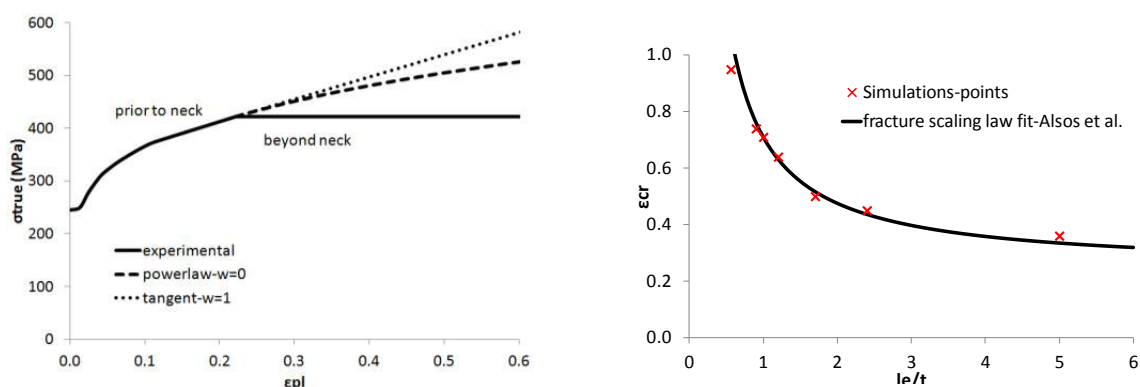


Figure 1. Different types of true equivalent stress-plastic strain curves beyond neck and equivalent plastic failure strain for different element sizes (uniaxial tension), Alsos et al. (2009)

SECTION 1

The scope of indentation experiments is to investigate the structural crashworthiness of the collided vessels in stranding, when the ship settles on the sea floor without being subjected to sway or surge motions and also in collision events. In the case of such events, damaged hull and cargo tanks may have severe environmental consequences and could even result in serious injury even loss of life. Thus, focus through this experimental procedure is placed on the investigation of the resistance of the struck structure under transverse loading, including the response of the structure after ultimate load is reached. Furthermore valuable data is attained, which then can be used for the verification of the rupture criteria that are applied in numerical simulations.

Different tests of extreme loading on thin walled structures that were performed by independent research groups have been simulated. In particular, the tests which are presented in Alsos & Amdahl (2009) and Paik et al. (1999) refer the former to quasi-static transverse loading of an un-stiffened (US) and two stiffened plates, one with one flat bar (1-FB) and the other with two flat bar (2-FB) stiffeners, and the latter to quasi-static indentation tests of a double hull model, where the impact location of the cone shape indenter on the outer skin plating was varied between webs and on webs, (ST-3-BW) and (ST-3-OW) respectively.

CONCLUSIONS

Through this investigation it has been concluded that, SHEARS rupture criterion in combination with the ‘tangent type’ true stress-strain curve, corresponds fairly well in all cases of the examined models. Moreover a length element over thickness ratio le/t which varies between $1.25 \leq le/t \leq 6$ yields good results in all of the examined cases, (Marinatos et al. 2013a,b). Representation of damage is illustrated in Figure 2 in the use of SHEARS rupture criterion in combination with the ‘tangent type’ true stress-strain curve.

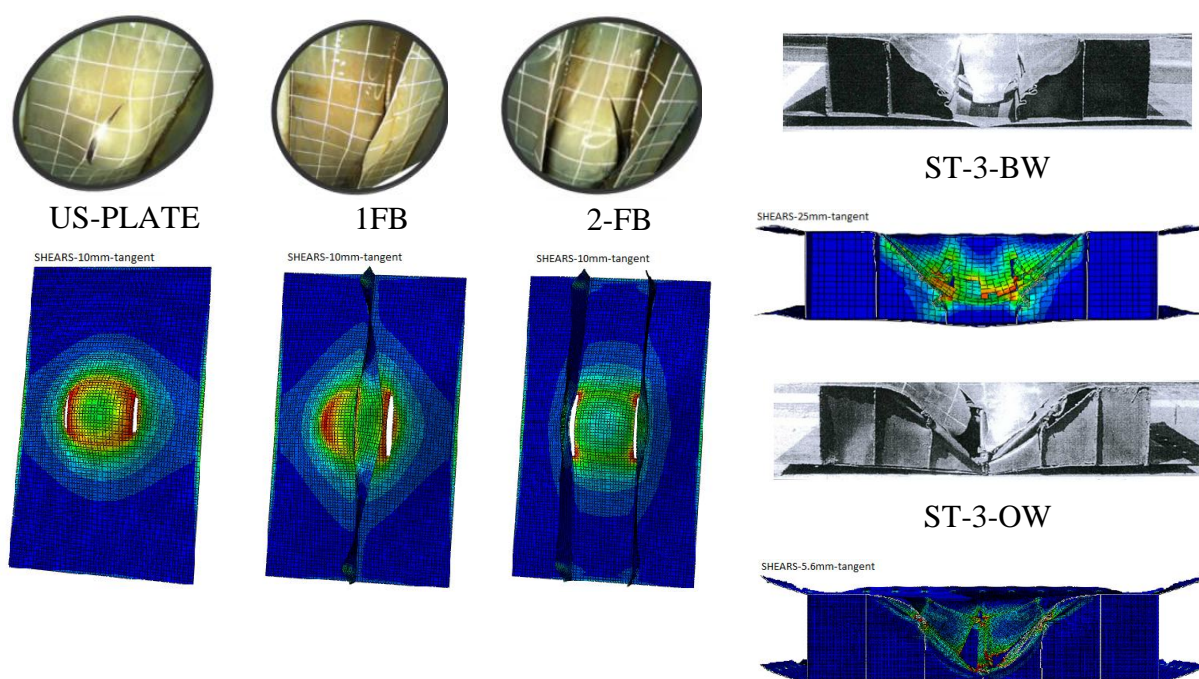


Figure 2. Representation of damage according to SHEARS rupture criterion in combination with the tangent type material true curve and different element lengths.

US-Plate, 1-FB and 2-FB models (left), ST-3-BW and ST-3-OW models (right)

REFERENCES

1. ABAQUS 6.10-2. 2010. Documentation.
2. Alsos, H.S., Hopperstad, O.S., Tornqvist, R., Amdahl, J. 2008. Analytical and numerical analysis of local necking using a stress based instability criterion. *International Journal of Solids and Structures* 45(7-8): 2042–2055.
3. Alsos, H.S. & Amdahl, J. 2009. On the resistance to penetration of stiffened plates, part I: experiments. *International Journal of Impact Engineering* 36(6): 799-807.
4. Alsos, H.S., Amdahl, J., Hopperstad, O.S. 2009. On the resistance to penetration of stiffened plates, part II: numerical analysis. *International Journal of Impact Engineering* 36(7): 875-887.



5. Ling, Z. 1996. Uniaxial true stress-strain after necking. *AMP Journal of Technology* 5:37–48.
6. Marinatos, J.N. & Samuelides, M. 2013a. Material modeling for Finite-Element simulation of ship impacts. *4th International Conference on Marine Structures*, Espoo, Finland.
7. Marinatos, J.N. & Samuelides, M. 2013b. Material characterization and implementation of the RTCL, BWH and SHEAR failure criteria to finite element codes for the simulation of impacts on ship structures. *6th International Conference of Collision and Grounding of Ships*, Trondheim, Norway.
8. Paik, J.K., Chung, J.Y., Choe, I.H., Thayamballi, A.K., Pedersen, P.T., Wang, G. 1999. On rational design of double hull tanker structures against collision. *Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers*, Vol. 107:323-363.
9. Törnqvist, R. 2003. Design of crashworthy ship structures. Ph.D. thesis, DTU, Lyngby, Denmark.



Υδροδυναμική Προσομοίωση Βιολογικών Συστημάτων Πρόωσης και Εφαρμογή στη Σχεδίαση Βέλτιστων Συστημάτων πρόωσης Πλοίου

Υ.Δ: Τσαρσιταλίδης Βασίλειος,

Επιβλέπων: Πολίτης Γεράσιμος

Τριμελής Επιτροπή: Πολίτης Γεράσιμος, Τζαμπίρας Γεώργιος,

Τριανταφύλλου Γεώργιος

Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80
Αθήνα

Καθ'όλη την καταγεγραμμένη ιστορία του, ο άνθρωπος στρεφόταν στην φύση για έμπνευση όταν έψαχνε για αποδοτικά μέσα. Από την αρχαία μυθολογία μέχρι την επιστημονική φαντασία, παρουσιάζονται ιπτάμενες μηχανές που μοιάζουν με πουλιά (ορνιθόπτερα) και υποβρύχια που μοιάζουν με ψάρια. Πολλοί εφευρέτες προσπάθησαν να αντιγράψουν την φύση, αλλά οι περισσότεροι αποθαρρύνθηκαν από την πολυπλοκότητα της κατασκευής και της μηχανικής των ρευστών

Μετά από εκατομμύρια χρόνια εξέλιξης, τα ψάρια ανέπτυξαν ικανότητες μακράν ανώτερες από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της σύγχρονης ναυπηγικής. Ενστικτωδώς, χρησιμοποιούν τα σώματά τους, ώστε να πετυχαίνουν υψηλή απόδοση, επιτάχυνση και ελκτική ικανότητα.

Τα δελφίνια, για παράδειγμα, κολυμπούν με χάρη και προφανή ευκολία δίπλα σε πλοία που ταξιδεύουν με 20 κόμβους. Θαλάσσιοι βιολόγοι αναφέρουν ότι κιτρινόπτεροι τόνοι τραβούν την πετονιά με ταχύτητες που ξεπερνούν τους 40 κόμβους, ενώ οι σολομοί πηδούν κόντρα στο ρεύμα του ποταμού με απότομες επιταχύνσεις που συχνά ξεπερνούν τα 20G.

Ενώ η σύγχρονη αεροναυπηγική, εξελίσσεται ραγδαία τα τελευταία 100 χρόνια, οι ιπτάμενες μηχανές της φύσης, με 150 εκατομμύρια χρόνια εξέλιξης, παραμένουν μακράν ανώτερες. Μία απλή σύγκριση εκπλήσσει τους πάντες. Οι άνθρωποι κινούνται με μέγιστη ταχύτητα 3-4 μήκη σώματος το δευτερόλεπτο, ένα άλογο αγώνων, περίπου 7 και το ταχύτερο τετράποδο (cheetah), πετυχαίνει 18 μήκη σώματος το δευτερόλεπτο. Ένα υπερηχητικό αεροσκάφος σαν το SR 71 Blackbird που ταξιδεύει με Mach 3 καλύπτει περίπου 32 μήκη το δευτερόλεπτο. Από την άλλη, ένα κοινό περιστέρι κινείται με 75 μήκη σώματος το δευτερόλεπτο, το ψαρόνι πετάει στα 120, ενώ είδη χελιδονιού ξεπερνούν τα 140. Η ταχύτητα περιστροφής (roll rate) ενός αεροβατικού αεροσκάφους σαν το (A4 skyhawk) λέγεται ότι είναι 270 μοίρες το δευτερόλεπτο, σπουργίτια και χελιδόνια ξεπερνούν τις 5000 μοίρες το δευτερόλεπτο, ενώ ξεπερνούν τα 14G επιταχύνσεων εκατοντάδες φορές την ημέρα, ενώ τα καλύτερα μαχητικά αεροσκάφη μόλις που αντέχουν 10-11G.



Ως μηχανικοί (και άνθρωποι εν γένει), έχουμε έμφυτη την αναζήτηση της βελτίωσης, η οποία εκφράζεται στην περίπτωση της πρόωσης, στην ανάγκη για αύξηση της απόδοσης. Το γεγονός αυτό, μαζί με την σύγχρονη τάση του για μέσα φιλικά προς το περιβάλλον, κάνει ακόμα πιο επιτακτική την ανάγκη να διερευνηθούν εναλλακτικά μέσα πρόωσης.

Όπως πολύ σωστά ετέθη από τον Rozhdestvensky (2003), είναι εμφανές ότι το ενδιαφέρον για βιομημητικά συστήματα δικαιολογείται, καθώς τέτοια συστήματα:

- Μπορούν να θεωρηθούν 'καθαρά' από οικολογικής άποψης
- Λειτουργούν σε σχετικά χαμηλές συχνότητες
- Λειτουργούν με αρκετά υψηλή απόδοση
- Είναι πολυχρηστικά, με την έννοια της ικανότητας να λειτουργούν σε διάφορες καταστάσεις κίνησης και φόρτισης
- Συνδυάζουν τη λειτουργία του προωστήρα, της επιφάνειας ελέγχου και του μέσου σταθεροποίησης
- Μπορούν να παρέχουν στατική ώση, αλλά και μεγάλη ελκτική ικανότητα
- Κατέχουν καλύτερα χαρακτηριστικά σπηλαίωσης από συμβατικές έλικες
- Έχουν μικρή (σχετικά) αντίσταση στην ανενεργή κατάσταση
- Επιτρέπουν (ενίοτε απαιτούν) την χρήση σύγχρονων τεχνολογιών, όπως προχωρημένα συστήματα ελέγχου, πιεζοηλεκτρικά σύνθετα υλικά, τεχνητούς μύες κ.α.

Σε αυτό το κλίμα και έχοντας όλα τα παραπάνω υπ' όψιν, η παρούσα εργασία προσανατολίζεται στην χρήση της μεθόδου των συνοριακών στοιχείων για την προσομοίωση βιολογικών συστημάτων πρόωσης. Η χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου ενδείκνυται, καθώς μπορεί με μεγάλη (σχετικά) ταχύτητα να προσομοιώσει μη μόνιμα φαινόμενα, καθώς και να δώσει αρκετή, συγκεντρωμένη πληροφορία για τα φαινόμενα που εκτυλίσσονται.

Πιο συγκεκριμένα, αφού γίνει μία γενική παρουσίαση του τυπικού προβλήματος ενός βιομημητικού προωστήρα, παρουσιάζεται το μαθηματικό μοντέλο των συνοριακών στοιχείων, η αριθμητική εφαρμογή αυτού και η τελική υλοποίησή του σε ένα πρόγραμμα.

Ύστερα, παρουσιάζονται κατά σειρά, οι διερευνήσεις που πραγματοποιήθηκαν ως προς την πλειοψηφία των ελεύθερων παραμέτρων του προβλήματος, αλλά και των διαφορετικών περιπτώσεων, δείχνοντας τα αποτελέσματα που παρουσιάστικαν στις (παρακάτω αναφερόμενες) δημοσιευμένες εργασίες, αλλά και πρόσθετα αποτελέσματα, από τα οποία προκύπτει μία εκτεταμένη συστηματική σειρά προωστήρων, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά συμβατό τρόπο με τις γνωστές ως τώρα μεθόδους σχεδίασης. Η ανεπτυγμένη μεθοδολογία, μαζί με εφαρμογές αυτής παρουσιάζονται μαζί με συγκρίσεις με συμβατικούς προωστήρες, όπου και αποδεικνύεται η υπεροχή των υπό μελέτη συστημάτων.

Τέλος, παρουσιάζονται και οι τελευταίες εξελίξεις που αφορούν την εφαρμογή υδροελαστικότητας κατά την έννοια του ελαστικά εδρασμένου πτερυγίου και κάποια πρώτα αποτελέσματα της συστηματικής διερεύνησης αυτού, καθώς και κάποιοι πρώτοι σχεδιασμοί εφαρμογής των υπο μελέτη συστημάτων, σε πραγματικά πλοία.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οι δημοσιεύσεις που προέκυψαν στα πλαίσια του προγράμματος είναι:

1. Politis, G.K. & Tsarsitalidis, V.T (2009). 'Simulating Biomimetic (Flapping Foil) Flows for Comprehension, Reverse Engineering and Design'. First International Symposium on Marine Propulsors, smp'09, Trondheim, Norway.
2. Politis, G.K. & Tsarsitalidis, V.T (2010). 'Understanding Birds's flight, using a 3-D BEM method and a time stepping algorithm'. 4th IC-SCCE 2010, Athens, Greece.
3. Politis, G.K. & Tsarsitalidis, V.T (2011). 'Exploring the Potential of an Oscillating Duct as a Marine Propulsor'. Second International Symposium on Marine Propulsors, smp'11, Hamburg, Germany.
4. Politis, G. & V. Tsarsitalidis (2012). "Flexible Oscillating Duct: An approach to a novel propulsor." Applied Ocean Research (Journal) 36: 36-50.
5. Politis, G.K., Tsarsitalidis, V.T., (2013). "Biomimetic Propulsion using twin oscillating wings". Third International Symposium on Marine Propulsors, SMP'13. Tasmania, Australia
6. Politis, G.K., Ioannou, T., Tsarsitalidis, V.T., (2013). "Flexible Elliptic Oscillating Duct. Taking the FOD one step further". Third International Symposium on Marine Propulsors, SMP'13. Tasmania, Australia
7. Politis, G.K., Tsarsitalidis, V.T., (2014). "Flapping Wing Propulsor Design: An approach based on systematic 3D-BEM simulations". Ocean Engineering (Journal) Vol 84, pp. 98-123

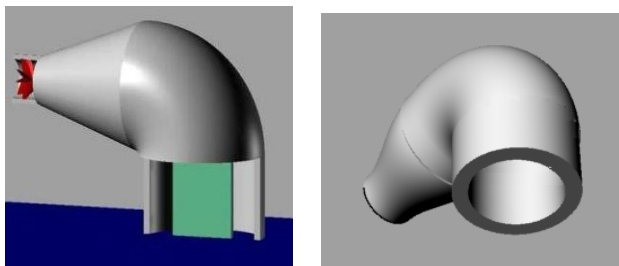


Υδροδυναμική Ανάλυση Πλωτών Συσκευών Ταλαντευόμενης Υδάτινης Στήλης για την Ανάκτηση Κυματικής Ενέργειας στην Ανοιχτή Θάλασσα

Κονισπολιάτης Δημήτριος Επιβλέπων Καθηγητής: Σ. Α. Μαυράκος

Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80
Αθήνα

Η παρούσα διδακτορική διατριβή, πραγματεύεται την υδροδυναμική ανάλυση, μεμονωμένων ή συστάδας, πλωτών συσκευών ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης (Oscillating Water Column –OWC– Devices), κατακόρυφης αξονοσυμμετρικής γεωμετρίας, για την ανάκτηση της κυματικής ενέργειας. Οι συσκευές OWC είναι μέχρι σήμερα οι πιο διαδεδομένες συσκευές ανάκτησης της κυματικής ενέργειας λόγω του απλού μηχανισμού λειτουργίας τους και της εύκολης σχεδίασής τους. Διακρίνονται ανάλογα με τη γεωμετρική τους μορφολογία σε απλής και σύνθετης γεωμετρίας. Οι συσκευές απλής γεωμετρίας αποτελούνται από ένα ημιβυθισμένο κοίλο θάλαμο, ανοικτό στον πυθμένα κάτω από την ίσαλο (Εικόνα 1). Η καθ' ύψος κίνηση της επιφάνειας του νερού στο εσωτερικό τους συμπιέζει και εκτονώνει περιοδικά τον υπερκείμενο όγκο αέρα που κινείται μέσα σε αεραγωγό παλινδρομικά. Στον αεραγωγό είναι τοποθετημένος αεροστρόβιλος που περιστρέφεται πάντοτε κατά την ίδια φορά, ο οποίος συνδέεται με ηλεκτρογεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Οι συσκευές OWC σύνθετης γεωμετρίας ακολουθούν την ίδια αρχή λειτουργίας με της απλής γεωμετρίας OWC με μοναδική διαφοροποίηση στη γεωμετρία του ημιβυθισμένου κοίλου θαλάμου ταλάντωσης όπου συντίθεται από ομόκεντρους κυλίνδρους.



Εικόνα 1: Σχηματική αναπαράσταση πλωτής συσκευής OWC απλής γεωμετρίας

Κατά την υδροδυναμική ανάλυση, απαιτήθηκε τόσο η επίλυση του προβλήματος περίθλασης των κυματισμών γύρω από κάθε συσκευή της διάταξης, σε τρόπο ώστε να εκτιμηθούν τα



φορτία που δέχεται αυτή και η ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας του νερού στο εσωτερικό της, όσο και του προβλήματος ακτινοβολίας για τον προσδιορισμό της εσωτερικής, χρονικά μεταβαλλόμενης, πίεσης και παροχής αέρα προς τον αεροστρόβιλο αλλά και για την μελέτη των κινήσεων της μεμονωμένης κατασκευής ή της συστάδας αυτών λαμβάνοντας υπ' όψη τις υδροδυναμικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συσκευών.

Στα πλαίσια του γραμμικοποιημένου υδροδυναμικού προβλήματος, το συνολικό δυναμικό της ροής γύρω από τη μεμονωμένη ή κάθε συσκευή της διάταξης (στην περίπτωση συστάδας συσκευών), θεωρήθηκε ως επαλληλία (α) του δυναμικού του προσπίπτοντος απλού αρμονικού κυματισμού, (β) του δυναμικού περίθλασης γύρω από την συγκρατούμενη συσκευή όταν αυτή δέχεται την επίδραση των απλών αρμονικών κυματισμών και των ανακλάσεων τους από τις υπόλοιπες συσκευές της διάταξης (στην περίπτωση συστάδας συσκευών), θεωρούμενης της πίεσης στο εσωτερικό εκάστης εξ' αυτών ίσης με την ατμοσφαιρική, (γ) του δυναμικού ακτινοβολίας λόγω μοναδιαίου πλάτους της αναπτυσσόμενης υπερπίεσης στο εσωτερικό του θαλάμου της εξεταζόμενης συσκευής και των ανακλάσεων του λόγω αλληλεπιδράσεων με τις υπόλοιπες, αν υπάρχουν, συσκευές της διάταξης, θεωρούμενων των συσκευών ως ευρισκόμενων σε ήρεμη θάλασσα, καθώς και (δ) των δυναμικών ακτινοβολίας λόγω των εξαναγκασμένων κινήσεων της συσκευής και των αλληλεπιδράσεών τους με τους ακτινοβολούμενους κυματισμούς από τις υπόλοιπες συσκευές της διάταξης, αν υπάρχουν, όταν η πίεση στον εσωτερικό θάλαμο εκάστης εξ' αυτών ισούται με την ατμοσφαιρική.

Λόγω της γεωμετρίας κάθε εξεταζόμενης συσκευής, η ανάλυση έγινε σε κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε βασίζεται στις συζευγμένες ιδιοδιανυσματικές αναπαραστάσεις του δυναμικού της ροής σε κατάλληλα ορισμένες δακτυλιοειδείς περιοχές γύρω από κάθε κατασκευή, λαμβάνοντας υπ' όψη το συζευγμένο υδρο – αεροδυναμικό πρόβλημα μέσα στη συσκευή, το πεπερασμένο πάχος τοιχώματος του θαλάμου και τη συμπίεστικότητα του αέρα. Παράλληλα, το δυναμικό της ροής, που ικανοποιεί σε όλο το πεδίο ροής την εξίσωση Laplace, αναλύθηκε σε κατάλληλα επιλεγμένες σειρές Fourier – Bessel που ικανοποιούν εκ των προτέρων όλες τις οριακές συνθήκες στα οριζόντια τοιχώματα κάθε δακτυλιοειδούς περιοχής (πυθμένας, ελεύθερη επιφάνεια του ρευστού εντός και εκτός θαλάμου, οριζόντιες επιφάνειες της συσκευής). Οι λύσεις αυτές, απαιτείται να ικανοποιούν τη συνέχεια της υδροδυναμικής πίεσης και της ταχύτητας ροής στα όρια παρακείμενων περιοχών της ροής, καθώς και των οριακών συνθηκών στα κατακόρυφα βρεχόμενα τοιχώματα της επιφάνειας κάθε σώματος.

Το γραμμικοποιημένο πρόβλημα περίθλασης και ακτινοβολίας επιλύθηκε για μεμονωμένη ή συστάδα συσκευών ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης απλής αλλά και σύνθετης γεωμετρίας. Στην τελευταία περίπτωση, συμπεριελήφθη, μια επιπλέον κυλινδρική περιοχή ρευστού, κάτω από το κεντρικό ομόκεντρο κυλινδρικό σώμα, ώστε το δυναμικό της ροής να εκφραστεί και σε αυτή την περιοχή με τη βοήθεια ιδιοδιανυσματικών αναπαραστάσεων.

Στη συνέχεια, με την απαίτηση της συνέχειας της υδροδυναμικής πίεσης και της ταχύτητας ροής στα όρια παρακείμενων περιοχών του πεδίου ροής καθώς και των κινηματικών συνθηκών στα κατακόρυφα βρεχόμενα τοιχώματα κάθε σώματος, προσδιορίζονται οι άγνωστοι συντελεστές Fourier που χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή του δυναμικού της ροής σε όλο το πεδίο ροής και εξ' αυτών το ίδιο το δυναμικό. Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ συστάδας συσκευών και μεμονωμένης συσκευής έγκειται στο γεγονός πως, στη συστάδα, ο



προσπίπτων κυματισμός σε κάθε συσκευή δεν προέρχεται μόνο από τον απλό αρμονικό κυματισμό αλλά, επιπλέον, και από τις ανακλάσεις σε όλες τις συσκευές της διάταξης. Επομένως, κάθε συσκευή σκεδάζει–ακτινοβολεί κυματισμούς προς τα υπόλοιπα σώματα της διάταξης, τα οποία σκεδάζουν με τη σειρά τους κυματισμούς λόγω ύπαρξής τους, δημιουργώντας μια ακολουθία διαταραχών (μέθοδος πολλαπλών περιθλάσεων).

Μετά τον προσδιορισμό του δυναμικού της ροής με ολοκλήρωση των υδροδυναμικών πιέσεων προσδιορίστηκαν οι οριζόντιες και κατακόρυφες δυνάμεις και ροπές διέγερσης, πρώτης τάξης, που ασκούνται στα τοιχώματα κάθε συσκευής, καθώς και η χρονικά μεταβαλλόμενη παροχή αέρα προς τον αεροσυμπιεστή. Επιπλέον, υπολογίστηκε η ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας του νερού στο θάλαμο ταλάντωσης, αλλά και εξωτερικά κάθε κατασκευής.

Εν συνεχεία, επιλύθηκε το σύστημα των εξισώσεων κίνησης στους έξι βαθμούς ελευθερίας για την περίπτωση μεμονωμένης ή συστάδας ανεξάρτητα κινούμενων συσκευών που διεγείρονται υπό την επίδραση απλών αρμονικών κυματισμών, λαμβάνοντας υπόψη τη σύζευξή τους με την εξίσωση περιγραφής της χρονικά μεταβαλλόμενης παροχής αέρα (περίθλασης και ακτινοβολίας) προς τον αεροστρόβιλο κάθε συσκευής. Επιπλέον, επιλύθηκε το σύστημα των εξισώσεων κίνησης στους έξι βαθμούς ελευθερίας συστάδας συσκευών, συνδεδεμένων μεταξύ τους, που κινούνται σε φάση σαν ένα σώμα, προσδιορίζοντας το μέτρο της εσωτερικής ταλαντευόμενης πίεσης κάθε συσκευής και τις μεταφορικές και περιστροφικές κινήσεις της ενιαίας διάταξης. Οι εξισώσεις κίνησης που προέκυψαν με εφαρμογή των νόμων του Νεύτωνα, εκφράζουν τη δυναμική ισορροπία μεταξύ αδρανειακών δυνάμεων, υδροδυναμικών αντιδράσεων, δυνάμεων επαναφοράς, διέγερσης και δυνάμεων λόγω της πίεσης εντός του θαλάμου ταλάντωσης. Η εξίσωση για τον προσδιορισμό της παροχής αέρα λήφθηκε υπόψη μέσω της εσωτερικά χρονικά μεταβαλλόμενης πίεσης του αέρα και ενός σταθερού μεγέθους που περιγράφει τις ιδιότητες του εκάστοτε αεροστρόβιλου (όπως, ταχύτητα περιστροφής και διάμετρος αεροστρόβιλου) που είναι τοποθετημένος στη συσκευή.

Στα πλαίσια της υδροδυναμικής ανάλυσης της συσκευής, προσδιορίστηκαν οι υδροδυναμικοί συντελεστές, δηλαδή η υδροδυναμική μάζα και η απόσβεση, τόσο λόγω της μεταβαλλόμενης πίεσης του αέρα στο εσωτερικό του θαλάμου (pressure – radiation) όσο και λόγω των κινήσεων κάθε σώματος (motion – radiation), η εσωτερική πίεση, η ενέργεια που απορροφά κάθε συσκευή απλής και σύνθετης γεωμετρίας και το εύρος απόληψης της ενέργειας αυτής. Όλα τα ανωτέρω μεγέθη υπολογίστηκαν για την περίπτωση της συστάδας των συσκευών, τόσο για κάθε μια μεμονωμένη συσκευή όσο και για το σύνολο των συσκευών, θεωρούμενων ως ενιαίου συγκροτήματος. Για την μεγιστοποίηση της απορροφούμενης ενέργειας εξετάστηκαν κατά πόσο παράγοντες όπως το πάχος και το βύθισμα του θαλάμου ταλάντωσης, το είδος του αεροστρόβιλου και η ύπαρξη ομόκεντρου κυλινδρικού σώματος στο θάλαμο ταλάντωσης επηρεάζουν την εσωτερική πίεση του αέρα.

Παράλληλα, υπολογίστηκαν οι μέσες χρονικά, δευτεροτάξιες υδροδυναμικές δυνάμεις και ροπές (drift forces) που ασκούνται σε κάθε συσκευή της διάταξης, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της απ' ευθείας ολοκλήρωσης όλων των όρων της υδροδυναμικής πίεσης, πάνω στην στιγμιαία βρεχόμενη επιφάνεια κάθε συσκευής, και ελέγχθηκε ως προς την ακρίβειά της ιδιαίτερα σε περιοχές όπου εμφανίζονται κινήσεις συντονισμού της κατασκευής και της εντός του θαλάμου συμπίεσης ευρισκόμενης υδάτινης μάζας.



Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διατριβής πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στη δεξαμενή Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR) του Πανεπιστημίου της Μαδρίτης. Οι μετρήσεις αφορούν πρωτοτάξια και δευτεροτάξια υδροδυναμικά μεγέθη (δυνάμεις διέγερσης πρώτης τάξης, μέσες χρονικά δυνάμεις δεύτερης τάξης, ανυψώσεις της ελεύθερης επιφάνειας) σε ακίνητη στην πρόσπτωση του κύματος μεμονωμένη συσκευή ή συστάδα τριών συσκευών ταλαντευόμενης υδάτινης στήλης, σύνθετης γεωμετρίας, με εσωτερική πίεση ίση με την ατμοσφαιρική.



Η κωδικοποίηση της διεργασίας απόφασης σε μαγνητοεγκεφαλογραφικά σήματα

Nikolaos Smyrnis, Dimitris S. Mylonas, Roozbeh Rezaie, Constantinos I.
Siettos, Errikos Ventouras, Periklis Y. Ktonas, Ioannis Evdokimidis, Andrew
C. Papanicolaou

Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Για την μελέτη απλών λανθανόντων χρόνων σχεδιάσαμε ένα οπτικόκινητικό πείραμα όπου αποτελούταν από 3 στάδια. Το πρώτο στάδιο το οποίο είναι η περίοδος αναφοράς ή προπαρασκευαστική περίοδος, η οποία διαρκεί 2.5-3.5s. Ακολουθεί η εμφάνιση ενός οπτικού ερεθίσματος στην οθόνη στην οποία το υποκείμενο πρέπει να απαντήσει κινητικά πιέζοντας μία μπάλα με το δεξί του χέρι. Τα τρία αυτά στάδια τα οποία αποτελούν τη μία πειραματική δοκιμή (trial) επαναλήφθηκαν συνεχόμενα, 120 φορές από 10 υγιή άτομα (εύρος ηλικιών: 22-30 χρονών, μέση τιμή/διασπορά (26.4+/-5.3 χρόνια). Η συνεχόμενη καταγραφή των σημάτων για κάθε υποκείμενο έγινε χρησιμοποιώντας ένα μαγνητοεγκεφαλόγραφο (4DNeuroimaging, SanDiego, CA) με 248 κανάλια και το σήμα ψηφιοποιήθηκε στα 508 Hz.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας μπορεί να διαιρεθεί σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά την αναγνώριση των προκλητών δυναμικών στο καταγεγραμμένο μαγνητοεγκεφαλογραφικό σήμα τα οποία προέρχονται από την αισθητηριακό ερεθισμό λόγω του οπτικού ερεθίσματος (Visual evoked activity) και την ετοιμασία και εκτέλεση της κινητικής απάντησης (Pre-motor evoked activity). Σκοπός της εργασίας είναι η αναγνώριση των προκλητών δυναμικών στην βάση κάθε πειραματικής δοκιμής και η επιβεβαίωση ότι η γνωσιακή διεργασία που επιτελείται στο συγκεκριμένο οπτικοκινητικό πείραμα περιγράφεται από μια διεργασία απόφασης δύο σταδίων (two-stage decision process).

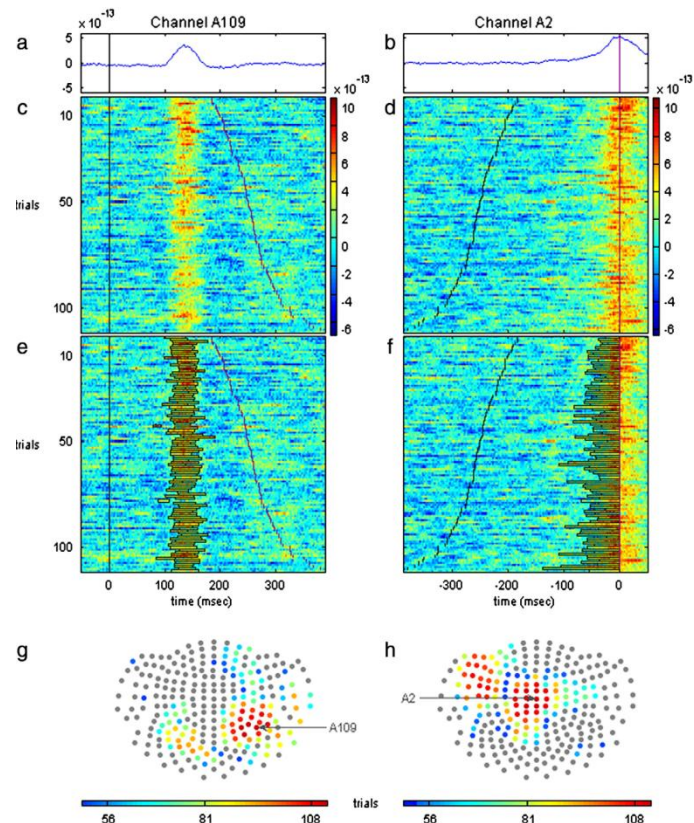
Το δεύτερο μέρος της εργασίας επικεντρώνεται στην ποσοτικοποίηση των χαρακτηριστικών των προκλητών δυναμικών και η μελέτη κάποιας πιθανής εξάρτησης του λανθανόντος χρόνου από τα χαρακτηριστικά αυτά. Σκοπός του μέρους αυτού είναι η μελέτη για το αν κάποιο μέρος της στοχαστικότητας που εμφανίζει ο λανθάνων χρόνος ανάμεσα στις διαδοχικές πειραματικές δοκιμές μπορεί να εξηγηθεί από τις παραμέτρους των προκλητών δυναμικών που μπορούν να αναγνωρισθούν μέσω μη επεμβατικών νευροαπεικονιστικών μεθόδων όπως η μαγνητοεγκεφαλογραφία.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η Εικόνα 1a και 1b είναι το μέσο σήμα από ένα χαρακτηριστικό υποκείμενο (ατόμο 2) που απεικονίζει την οπτική και προ-κινητική προκλητή δραστηριότητα. Στις εικόνες 1c και 1d φαίνονται τα σήματα κάθε πειραματικής δοκιμής όπως καταγράφηκαν από το ίδιο κανάλι, όπου καθίσταται δυνατό να αναγνωρισθεί οπτικά η δραστηριότητα που σχετίζεται με την αντίληψη του ερεθίσματος και την κίνηση αντίστοιχα. Οι εικόνες 1e και 1f είναι όμοιες με τις 1c και 1d με τη μόνη διαφορά ότι σ'αυτές έχει σημειωθεί η δραστηριότητα στη βάση κάθε πειραματικής δοκιμής στις εικόνες 1(c-f) απεικονίζονται ταξινομημένα κατά αύξοντα λανθάνοντα χρόνο. Στο τελευταίο μέρος της εικόνας 1(g-h) φαίνεται η τοπολογία των καναλιών όπου ανιχνεύθηκε η δραστηριότητα σε κάθε πειραματική επανάληψη. Από την προβολή των καναλιών στο χάρτη των καναλιών του μαγνητοεγκεφαλογράφου φαίνεται ξεκάθαρα ότι η μέθοδος αναγνώρισε δραστηριότητα στις περιοχές όπου αναμενόταν αυτή να υπάρχει, γεγονός το οποίο λειτούργησε σαν ένα είδος περαιτέρω ελέγχου για την ορθότητα των αποτελεσμάτων.

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι καμία παράμετρος που χαρακτηρίζει την οπτική δραστηριότητα όπως αυτή αναγνωρίστηκε σε κάθε πειραματική επανάληψη δεν έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στο λανθάνοντα χρόνο. Τα ίδια αποτελέσματα επιβεβαιώνονται και από το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης.

Αντίθετα η στατιστική ανάλυση και το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης έδειξε ότι η διάρκεια και η έναρξη της προ-κινητικής δραστηριότητας έχουν σημαντική επίδραση στον λανθάνοντα χρόνο.



Εικόνα 1: Αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθόδου σε μαγνητοεγκεφαλογραφικά δεδομένα



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, η μελέτη αυτή υποστηρίζει προηγούμενες πειραματικές ενδείξεις που είχαν προκύψει από νευρωνικές καταγραφές (Hanes and Schall 1996) χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό κινητικό σχεδιασμό και μακροσκοπικές καταγραφές, όχι από συγκεκριμένους νευρώνες αλλά από ολόκληρες περιοχές του εγκεφάλου. Επιπλέον δείχνει ότι τα μαγνητοεγκεφαλογραφικά σήματα κάθε πειραματικής καταγραφής μπορούν να κωδικοποιήσουν μια διεργασία απόφασης όπως αυτή εξελίσσεται στην κινητική περιοχή του ανθρώπινου εγκεφάλου. Τα ευρήματα εγείρουν την δυνατότητα για την περαιτέρω μελέτη του νευρωνικού υποστρώματος πιο σύνθετων διεργασιών καθώς και των παθολογικών καταστάσεων που τις επηρεάζουν, χρησιμοποιώντας μη επεμβατικές νευροαπεικονιστικές μεθόδους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Binder, J., Liebenthal, E., Possing, E., Medler, D., Ward, B., 2004. Neural correlates of sensory and decision processes in auditory object identification. *Nat. Neurosci.* 7, 295–301.
2. Carpenter, R.H.S., Williams, M.L.L., 1995. Neural computation of log likelihood in the control of saccadic eye movements. *Nature* 265, 59–65.
3. Carpenter, R.H.S., Reddi, B.A.J., Anderson, A.J., 2009. A simple two-stage model predicts reaction time distributions. *J. Phys.* 587 (16), 4051–4062.
4. Everling, S., Krappmann, P., Spantekow, A., Flohr, H., 1997. Influence of pre-target cortical potentials on saccadic reaction times. *Exp. Brain Res.* 115, 479–484.
5. Glimcher, P.W., Sparks, D.L., 1992. Movement selection in advance of action in the superior colliculus. *Nature* 355, 542–545.
6. Hanes, J.P., Schall, J.D., 1996. Neural control of voluntary movement initiation. *Science* 274, 427–430.
7. Jung, T.-P., Makeig, S., Westerfield, M., Townsend, J., Courchesne, E., Sejnowski, T.J., 2001. Analysis and visualization of single-trial event related potentials. *Hum. Brain Mapp.* 14, 166–185.
8. Kim, J., Shadlen, M.N., 1999. Neural correlates of a decision in the dorsolateral prefrontal cortex of the macaque. *Nat. Neurosci.* 2, 176–185.
9. Kutas, M., McCarthy, G., Donchin, E., 1977. Augmenting mental chronometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science* 197, 792–795.
10. Makeig, S., Bell, A.J., Jung, T.-P., Sejnowski, T.J., 1996. In: Touretzky, D., Mozer, M., Hasselmo, M. (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems*. MIT Press, Cambridge, MA, pp. 145–151.
11. McCarthy, G., Donchin, E., 1981. A metric for thought: a comparison of P300 latency and reaction time. *Science* 211, 77–80.
12. Papadopoulou, M., Evdokimidis, I., Tsoukas, E., Mantas, A., Smyrnis, N., 2010. Event related potentials before saccades and antisaccades and their relation to reaction time. *Exp. Brain Res.* 205, 521–531.
13. Ratcliff, R., 2006. Modeling response signal and response time data. *Cogn. Psychol.* 53, 195–237.



14. Ratcliff, R., Philistiades, M.G., Sajda, P., 2009. Quality of evidence for perceptual decision making is indexed by trial-to-trial variability of the EEG. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 106, 6539–6544.
15. Redii, B.A.J., 2001. Decision making: the two stages of neuronal judgment. *Curr. Biol.* 11, 603–606.
16. Rowley, C.W., Marsden, J.E., 2000. Reconstruction equations and the Karhunen–Loève expansion for systems with symmetry. *Phys. D* 142, 1–19.
17. Salzman, C.D., Newsome, W.T., 1994. Neural mechanisms for forming a perceptual decision. *Science* 264, 231–237.
18. Shadlen, M.N., Newsome, W.T., 1996. Motion perception: seeing and deciding. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 93, 628–633.
19. Stone, M., 1960. Models for choice reaction time. *Psychometrika* 25, 251–260.
20. Taylor, M.J., Carpenter, R.H.S., Anderson, A.J., 2006. A noisy transform predicts saccadic and manual reaction times to changes in contrast. *J. Phys.* 573 (3), 741–751.



Ασυμπτωτική Μελέτη Δύσκαμπτων Δυναμικών Συστημάτων: Κατασκευή και Ανάλυση Μοντέλων Μειωμένης Τάξης Βιολογικών Διεργασιών και Μηχανισμών Καύσης

Παναγιώτης Δ. Κουρδής ^{α,β}

^α Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών & Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Ηρώων
Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

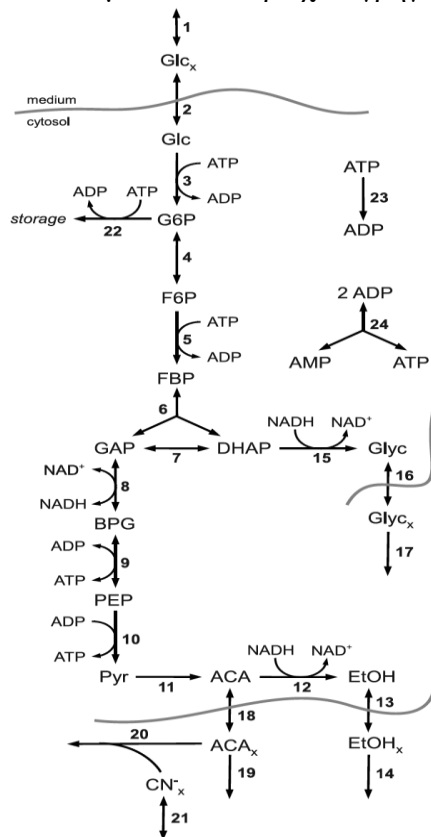
^β Department of Mechanical and Civil Engineering, California Institute of Technology,
Pasadena, CA 91125, USA

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μελετήθηκε η δυναμική δύσκαμπτων συστημάτων που διέπουν προβλήματα στη περιοχή της βιολογίας και των αντιδρώντων αερίων με χρήση της μεθόδου Computational Singular Perturbation (CSP). Η μέθοδος CSP αναπτύχθηκε από τους Lam & Goussis περί τα τέλη της δεκαετίας του '80 για την μελέτη προβλημάτων αντιδρώντων αερίων [1]. Ωστόσο, λόγω του γενικού της χαρακτήρα έχει εφαρμοστεί και σε προβλήματα από το χώρο της Βιολογίας [2]. Το θεωρητικό υπόβαθρο της CSP εμπίπτει στο πεδίο της Γεωμετρικής Θεωρίας Ιδιαζουσών Διαταραχών (Geometric Singular Perturbation Theory, GSPT). Η GSPT αφορά δυναμικά συστήματα πολλαπλών χρονικών κλιμάκων, των οποίων η δυναμική περιλαμβάνει κανονικές υπερβολικές αναλλοίωτες πολλαπλότητες (normally hyperbolic invariant manifolds) που έλκουν εκθετικά τις γειτονικές τροχιές. Η CSP μας επιτρέπει να μελετήσουμε ξεχωριστά την γρήγορη και την αργή δυναμική του συστήματος, να εντοπίσουμε τις συνιστώσες του μαθηματικού μοντέλου που είναι υπεύθυνες για την εκδήλωση κάθε μιας και να κατανοήσουμε την μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Στα πλαίσια της παρούσης διατριβής αποδείχθηκε ότι σε δύσκαμπτα συστήματα των οποίων η αργή δυναμική είναι ταλαντωτική, η CSP επιτρέπει τον εντοπισμό των συνιστωσών που είναι υπεύθυνες για την παραγωγή των ταλαντώσεων καθώς και την μελέτη της στιβαρότητας (robustness) του μοντέλου. Επίσης, επιτρέπει την αλγοριθμική κατασκευή απλοποιημένων μοντέλων μεγάλης ακρίβειας καθώς και κριτήρια και κατευθύνσεις για την κατασκευή απλοποιημένων μοντέλων με χρήση των κλασικών παραδοχών Quasi Steady State Approximation (QSSA) και Partial Equilibrium Approximation (PEA). Δεδομένου ότι ο αλγοριθμικός χαρακτήρας της CSP δεν θέτει περιορισμούς ως προς το είδος, το μέγεθος ή την πολυπλοκότητα του προβλήματος, μελετήθηκαν το μεταβολικό μονοπάτι της γλυκόλυσης και η αυτανάφλεξη μίγματος υδρογόνου-αέρα.

**ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΠΛΟΚΩΝ ΒΙΟΧΗΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕΣΩ ΑΛΓΟΡΙΘΜΙΚΗΣ
ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΗΣ: ΤΟ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΟ ΜΟΝΟΠΑΤΙ ΤΗΣ ΓΛΥΚΟΛΥΣΗΣ**

Μελετήθηκε η αλγοριθμική απλοποίηση ενός πολύπλοκου παραδειγματικού κυτταρικού μηχανισμού με σκοπό την κατανόηση της λειτουργίας του και των εσωτερικών του αλληλεπιδράσεων. Σημείο αναφοράς υπήρξε το λεπτομερές μοντέλο της εργασίας [3] (βλ. Σχήμα 1) ένα από τα πιο περιεκτικά και πιο πιστοποιημένα μοντέλα μεταβολικού μονοπατιού και παράδειγμα αναφοράς στην συστημική βιολογία. Το μοντέλο περιέχει γρήγορες (αποσβετικής φύσης) και αργές χρονοκλίμακες οι οποίες εντοπίστηκαν και αναλύθηκαν ξεχωριστά. Μεταξύ άλλων, η αλγοριθμική ανάλυση με την CSP και τα διαγνωστικά εργαλεία που παρέχει επαλήθευσε αρκετούς γνωστούς ισχυρισμούς σχετικά με τις γλυκολυτικές ταλαντώσεις χωρίς την εκ των προτέρων ανάγκη βιοχημικής γνώσης ή την εισαγωγή κάποια μορφής υποθέσεων από τον ερευνητή. Δείχθηκε ότι οι γλυκολυτικές ταλαντώσεις δεν μπορούν να κατανοηθούν ως μια απλή αλυσίδα αίτιου-αιτιατού που διατρέχει τους μεταβολίτες της γλυκόλυσης. Επίσης, αναγνωρίστηκαν οι αντιδράσεις που (i) είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη των γρήγορων χρονοκλιμάκων, (ii) συμμετέχουν στην διαμόρφωση της αργής πολλαπλότητας και (iii) είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη της χαρακτηριστικής χρονοκλίμακας της ταλαντωτικής κίνησης, καθώς και οι μεταβλητές που (v) θα προσαρμοστούν περισσότερο υπό την επίδραση των γρήγορων χρονοκλιμάκων και που (vi) σχετίζονται με το εύρος και την συχνότητα των ταλαντώσεων. Αποδείχθηκε ότι η στιβαρότητα (robustness) των ταλαντώσεων του συστήματος μπορεί να εκτιμηθεί εξετάζοντας (i) τη συνεισφορά των συνιστωσών του μοντέλου που παράγουν την χαρακτηριστική χρονοκλίμακα της αργής δυναμικής και (ii) την αλληλεπίδραση της χαρακτηριστικής χρονοκλίμακας με την γρήγορη δυναμική που καθορίζεται από την αργή πολλαπλότητα. Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάστηκαν στην εργασία [4].

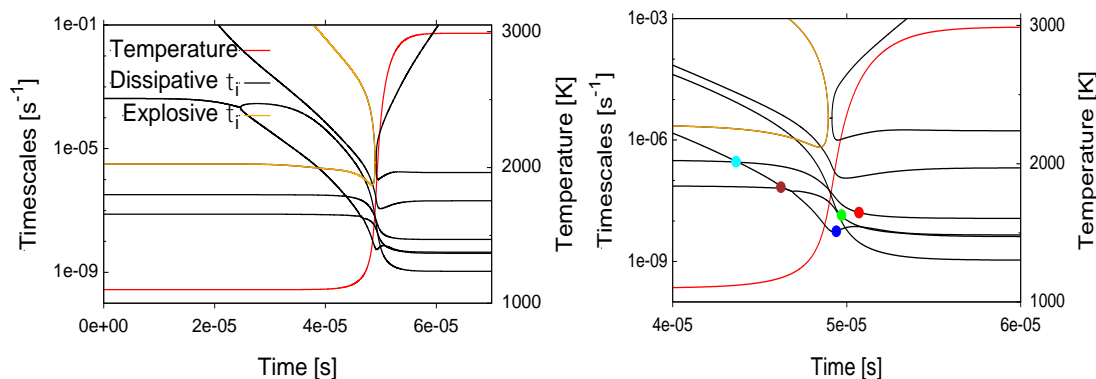


Σχήμα 1. Σχηματική αναπαράσταση του λεπτομερούς μοντέλου της γλυκόλυσης που αναπτύχθηκε από τους Hynne et al. [4]. Το μοντέλο περιλαμβάνει 24 αντιδράσεις, οι οποίες μεταξύ άλλων είναι αντιδράσεις μεταφοράς και αντιδράσεις διάλυσης του εξωκυτταρικού μέσου.

**ΑΥΤΑΝΑΦΛΕΞΗ ΜΙΓΜΑΤΟΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ-ΑΕΡΑ: ΑΛΓΟΡΙΘΜΙΚΗ
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ QSSAs ΚΑΙ PEAs ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ CSP**

Μελετήσαμε έναν από τους πιο αξιόπιστους λεπτομερές μηχανισμούς καύσης μείγματος υδρογόνου-αέρα διαθέσιμους [5], με σκοπό την συστηματική παραγωγή των κλασσικών απλοποιημένων μοντέλων με τη χρήση των μεθόδων QSSA και PEA. Η ανάλυση βασίστηκε στα πρόσφατα αποτελέσματα της εργασίας [6], όπου παρουσιάστηκε ο γενικός τρόπος

κατασκευής τους με χρήση της CSP και επιπλέον δόθηκαν κριτήρια για την a priori εκτίμηση της ακρίβειας και της ευστάθειας που παρέχουν. Αρχικά, εντοπίσαμε στο υπολογιστικό πεδίο τις περιοχές όπου είναι εφικτή η εφαρμογή μια τέτοιας προσέγγισης (βλ. Σχήμα 2).



Σχήμα 2: Αριστερά: η εξέλιξη των 7 χρονοκλιμάκων (6 αποσβεστικές και 1 εκρηκτική), για στοιχειομετρικό μείγμα υδρογόνου-αέρα με αρχική θερμοκρασία $T = 1100\text{ K}$ και αρχική πίεση $P = 2\text{ bar}$. Δεξιά: οι 7 χρονοκλίμακες στην περιοχή της αυτανάφλεξης.

Κατόπιν με την εφαρμογή της CSP και των διαγνωστικών της εργαλείων αντήλασε την αναγκαία πληροφορία για την κατασκευή όλων των απλοποιημένων μοντέλων που μπορούν να κατασκευαστούν στις περιοχές αυτές. Στη συνέχεια, υπολογίσαμε την ακρίβεια και την ευστάθεια που παρέχουν τα μοντέλα αυτά. Τέλος, επιβεβαιώθηκε ότι τα κριτήρια για την a priori εκτίμηση της ακρίβειας και ευστάθειας που παρουσιάστηκαν στην εργασία [6] παρέχουν τις σωστές προβλέψεις. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής παρουσιάστηκαν σε διεθνές συνέδριο [7].

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διατριβή μελετήθηκαν μαθηματικά μοντέλα η δυναμική των οποίων εμφανίζει πολλαπλές χρονοκλίμακες, εκ των οποίων οι πιο γρήγορες από αυτές είναι αποσβεστικής φύσης, με χρήση της μεθόδου CSP. Η επιτυχής και πλήρης ανάλυση των προβλημάτων της γλυκόλυσης και της ανάφλεξης μείγματος υδρογόνου-αέρα θα ενθαρρύνει την μελέτη ακόμη πιο πολύπλοκων και μεγαλύτερου μεγέθους δύσκαμπτων μαθηματικών μοντέλων που προκύπτουν σε διάφορα επιστημονικά πεδία και θα επιτρέψει τη κατασκευή των σχετικών απλοποιημένων μηχανισμών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. S. H. Lam, D. A. Goussis, Understanding complex chemical kinetics with Computational Singular Perturbation, Proceedings Combustion Institute 22:931-941 (1988).



2. D. A. Goussis, H. N. Najm. Model reduction and physical understanding of slowly oscillating processes: The circadian cycle, *Multiscale Modeling and Simulation* 5(4):1297–1332 (2006).
3. F. Hynne, S. Danø, P. G. Sørensen, Full-scale model of glycolysis in *saccharomyces cerevisiae*. *Biophysical chemistry* 94(1-2):121–163 (2001).
4. P. D. Kourdis, D. A. Goussis, Glycolysis in *saccharomyces cerevisiae*: Algorithmic exploration of robustness and origin of oscillations, *Mathematical Biosciences*, 243(2):190-214 (2013).
5. P. Saxena and F. A. Williams, Testing a small detailed chemical-kinetic mechanism for the combustion of hydrogen and carbon monoxide, *Combustion and Flame* 145(1-2):316–323 (2006).
6. D. A. Goussis. Quasi steady state and partial equilibrium approximations: their relation and their validity, *Combustion Theory and Modelling* 16:869–926, 2012.
7. P. D. Kourdis, D. A. Goussis, Hydrogen/Air Auto-ignition: Algorithmic Identification of QSSA and PEA, 4th International Workshop on Model Reduction in Reacting Flows, San Francisco California, USA (2013).



Πειραματική μελέτη τυπικής σύνδεσης των επιστυλίων του Παρθενώνα υπό διάτμηση

Πάσιου Ε., Κουρκουλής Σ.

Εργαστήριο Αντοχής και Υλικών, Τομέας Μηχανικής, Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών
και Φυσικών Επιστημών, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα επιστύλια του Παρθενώνα συνδέονται με τη βοήθεια μεταλλικών συνδέσμων μορφής “Γ”. Οι σύνδεσμοι τοποθετούνται σε κατάλληλα διαμορφωμένες εντορμίες που πληρούνται με συνδετικό υλικό [1,2]. Η συστηματική ύπαρξη ρηγματώσεων στις περιοχές των συνδέσεων γέννησε την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της συμπεριφοράς τους [3,4]. Στην παρούσα εργασία μελετάται πειραματικώς η συμπεριφορά των συνδέσεων υπό διάτμηση δεδομένου ότι: (α) Η διάτμηση είναι μια υπαρκτή και κρίσιμη καταπόνηση για τους συνδέσμους του μνημείου, (β) Η συμπεριφορά των συνδέσεων σε διάτμηση δεν έχει μελετηθεί. Τα δοκίμια αποτελούνταν από δύο όγκους μαρμάρου Διονύσου συνδεδεμένους με σύνδεσμο τιτανίου και κονίαμα. Στα πειράματα εκτός από τις παραδοσιακές πειραματικές τεχνικές (π.χ. μηκυνσιόμετρα) εφαρμόστηκαν και πλέον σύγχρονες (ακουστική εκτομπή, ηλεκτρικά σήματα, ψηφιακή συσχέτιση εικόνας), οι οποίες πλεονεκτούν δεδομένου ότι μπορούν να αντλούν πληροφορίες από το εσωτερικό των δοκιμίων. Η μελέτη έδειξε ότι η πραγματοποίηση δοκιμών καθαρής διάτμησης είναι εξαιρετικά δύσκολη εν τούτοις μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας την προτεινόμενη γεωμετρία των δοκιμίων και δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή σε κρίσιμες λεπτομέρειες της πειραματικής διάταξης. Απεδείχθη επίσης ότι οι καινοτόμες πειραματικές τεχνικές δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τους μηχανισμούς αστοχίας και την αλληλουχία της ενεργοποίησής τους ενώ παράλληλα υπάρχουν ενδείξεις ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επί τόπου καταγραφή παραμορφωσιακών πεδίων και πρόβλεψη επικειμένων αστοχιών δομικών μελών των μνημείων.

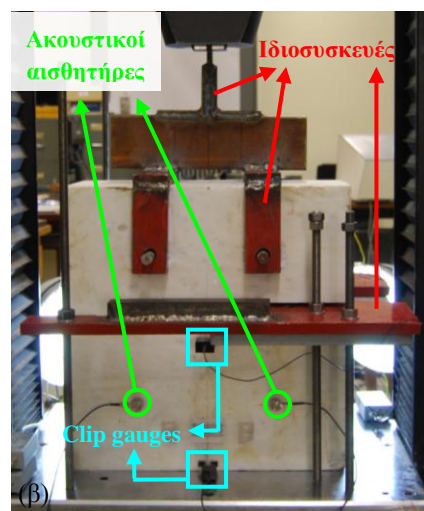
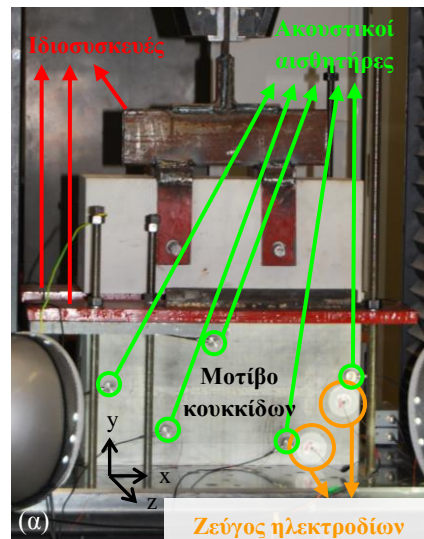
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Παρθενώνας είναι μία «εν ξηρώ» κατασκευή οι μαρμάρيني όγκοι της οποίας συνδέονται με μεταλλικά στοιχεία (σύνδεσμοι μορφής “Γ” και γόμφοι) που τοποθετούνται σε εντορμίες [1,2]. Σήμερα, τα αρχαία συνδετήρια στοιχεία από σίδηρο και ο μόλυβδος που εχρησιμοποιείτο για πλήρωση της εντορμίας αντικαθίστανται από αντίστοιχα στοιχεία τιτανίου και κονίαμα. Η παρατήρηση συστηματικής συγκέντρωσης βλαβών περίξ των συνδέσεων γέννησε τον προβληματισμό σχετικά με τη μηχανική τους συμπεριφορά και ανέδειξε την ανάγκη πρόσθετης διερεύνησης της αλληλεπίδρασης των συνδετηρίων στοιχείων με το μάρμαρο [3,4]. Η μελέτη εστιάζεται στη μηχανική απόκριση των συνδέσμων οι οποίοι ενώ έχουν σχεδιαστεί για ανάληψη εφελκυστικών φορτίων, απεδείχθη ότι δέχονται και σημαντική διατμητική καταπόνηση [1,2].

ΔΟΚΙΜΙΑ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Τα δοκίμια προσομοιώνουν μία τυπική σύνδεση δύο εν σειρά επιστυλίων του Παρθενώνα υπό κλίμακα 2:3. Αποτελούνται από δύο όγκους μαρμάρου Διονύσου (ο ένας είναι μορφής “Γ”), έναν σύνδεσμο τιτανίου μορφής “Γ” και κατάλληλο κονίαμα πλήρωσης της εντορμίας. Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι τα δοκίμια (όπως συμβαίνει και στην πραγματική κατασκευή) δεν είναι συμμετρικά στο επίπεδο xz (Εικ.1α) λόγω της θέσης του συνδέσμου. Στο σύνδεσμο κολλήθηκαν τρία ηλεκτρομηκυσιόμετρα (strain gauges, SG) ενώ στα επιστύλια προσαρμόστηκαν οκτώ αισθητήρες ακουστικής εκπομπής με τη βοήθεια σιλικόνης. Στην περιοχή που αναμένεται η αστοχία τοποθετήθηκε ένα ζεύγος αισθητήρων ηλεκτρικού ρεύματος. Πριν την έναρξη της δοκιμής, δημιουργήθηκε στην επιφάνεια του δοκιμίου ένα μοτίβο κουκκίδων με τη βοήθεια αερογράφου για την απεικόνιση του πεδίου των μετατοπίσεων (3D DIC), Εικ.1α. Στην πίσω επιφάνειά του (ανώτατη και κατώτατη στάθμη της διεπιφάνειας των δύο όγκων) προσαρμόστηκαν κατάλληλα δύο ειδικά μηχανοσκόπια (clip gauges) μέτρησης της απόστασης μεταξύ των δύο επιστυλίων, Εικ.1β.

Για την υλοποίηση των δοκιμών κατασκευάστηκε σειρά χαλύβδινων ιδιοσυσκευών. Το ένα επιστύλιο ακινητοποιείται στην τράπεζα του πλαισίου φόρτισης με τη βοήθεια τριών πλακών συγκράτησης με οπές, έξι κοχλιοτομημένων ράβδων και περικοχλίων. Στο επιστύλιο μορφής “Γ” διανοίγονται δύο οπές σε ίσες αποστάσεις εκατέρωθεν της διεπιφάνειας των μαρμάρων. Η φόρτιση επιβάλλεται μέσω των οπών αυτών με μια μεταλλική κατασκευή (μία δοκός που συνδέει δύο τεμάχια σχήματος “Π” με οπές και μία πλάκα έλξης) και δύο άκαμπτες μεταλλικές ράβδους που διαπερνούν τον κινούμενο όγκο. Η πειραματική διάταξη φαίνεται καθαρά στην Εικ.1. Οι δοκιμές υλοποιήθηκαν με έλεγχο της μετατόπισης (displacement control) και ρυθμό 0.2 mm/min ώστε να προσομοιώνονται “οιονεί” στατικές (quasi-static) συνθήκες.

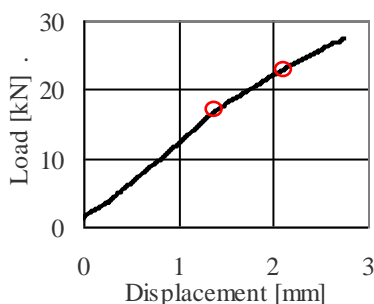


Εικόνα 1: (α) Η μπροστινή και (β) η πίσω επιφάνεια ενός τυπικού δοκιμίου πριν την έναρξη της δοκιμής.

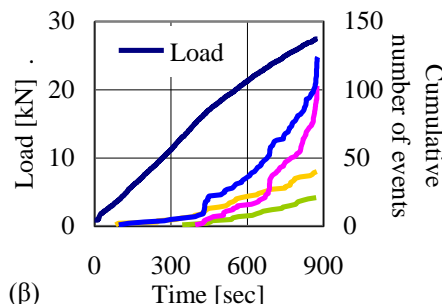
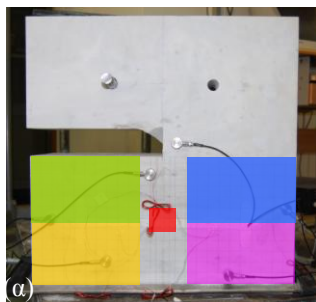
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το χρονικό της φόρτισης παρουσιάζεται μέσω της καμπύλης δύναμης - μετατόπισης, Εικ.2, στην οποία εντοπίζονται δύο αλλαγές κλίσης: μία στο ~62% της μέγιστης δύναμης (17.0 kN) και μία λιγότερο διακριτή στο ~85% του φορτίου θραύσης (23.0 kN). Η αστοχία του συστήματος εμφανίστηκε με θραύση του κινούμενου επιστυλίου στα 27.4 kN. Τα ακουστικά γεγονότα διαχωρίστηκαν σε πέντε βοηθητικούς υπο-όγκους του δοκιμίου (Εικ.3α). Ο αθροιστικός αριθμός των γεγονότων αυτών μαζί με το φορτίο παρουσιάζονται συναρτήσει του χρόνου στην Εικ. 3β. Η επικείμενη θραύση του επιστυλίου (περίπου στο μέσο του πέλματος της εντορμίας) έγινε αντιληπτή στο ~85% του φορτίου θραύσης (23.0 kN) όπου τα γεγονότα άρχισαν να συγκεντρώ-

νονται στους δύο υπο-όγκους του κινούμενου όγκου. Οι πρώτες σημαντικές ηλεκτρικές εκπομπές ανιχνεύτηκαν όταν η δύναμη υπερέβην το ~43% του φορτίου θραύσης (12.0 kN) ενώ στο ~85% της μέγιστης δύναμης (23.0 kN) η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος εμφάνισε μία στιγμιαία απότομη αύξηση που καταδεικνύει σοβαρές βλάβες (ρηγματώσεις) στο σύστημα. Οι μέγιστες ενδείξεις που κατέγραφαν τα μηκυνσιόμετρα στην άνω και κάτω στάθμη της διεπιφάνειας των δύο όγκων άγγιξαν μόλις το 1 mm και το 0.016 mm, αντίστοιχα. Το ίδιο αποτέλεσμα έδωσε η μέθοδος DIC αποδεικνύοντας την υλοποίηση πρακτικά καθαρής διάτμησης. Οι παραμορφώσεις του συνδέσμου καταγράφηκαν από SG κολλημένα στον κορμό του. Το SG στην πλευρά του ακίνητου όγκου (SG-f) ήταν αναισθητο στις μεταβολές του φορτίου μέχρι το ~60% του φορτίου θραύσης (17.0 kN). Στον κινούμενο όγκο, το τμήμα του συνδέσμου πλησίον του κέντρου βρισκόταν συνεχώς υπό “θλίψη” (SG-k). Το κεντρικό τμήμα του συνδέσμου “θλιβόταν” μέχρι το 36% του μέγιστου φορτίου και οι ενδείξεις του SG-c ταυτίζονταν με αυτές του SG-k. Ακολούθησε διάστημα (μέχρι το 62% του φορτίου θραύσης) όπου το SG-c κατέγραφε σχεδόν σταθερή τιμή της παραμόρφωσης και αμέσως μετά ξεκίνησε η αποφόρτίσή του. Στο 77% της μέγιστης δύναμης η κεντρική περιοχή του συνδέσμου αποφορτίστηκε πλήρως και βρέθηκε σε κατάσταση “εφελκυσμού” μέχρι το τέλος της δοκιμής.



Εικόνα 2: Η καμπύλη δύναμης - μετατόπισης. Έχουν σημειωθεί οι αλλαγές στην κλίση της.



Εικόνα 3: (α) Οι πέντε βοηθητικοί υπο-όγκοι του δοκιμίου.
(β) Ο αθροιστικός αριθμός των ακουστικών γεγονότων στους πέντε υπο-όγκους και το φορτίο συναρτήσει του χρόνου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προτεινόμενη γεωμετρία των δοκιμών σε συνδυασμό με τη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη επέτρεψαν την υλοποίηση πειραμάτων καθαρής διάτμησης. Επιπλέον, απεδείχθη ότι οι καινοτόμες πειραματικές τεχνικές “αφουγκράζονται” ευκρινώς τα γεγονότα στο εσωτερικό των δοκιμών και τα σήματά τους λειτουργούν ως προάγγελοι αστοχιών. Στην προκειμένη περίπτωση έκρουσαν τον “κώδωνα του κινδύνου” περίπου στο 85% του φορτίου θραύσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μ. Κορρές - Χ. Μπούρας, *Μελέτη αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, Υπουργείο Πολιτισμού και Επιστημών, Επιτροπή Συντηρήσεως Μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα 1983.
2. Κ. Ζάμπας, *Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος*, Τόμος 3β, Υπουργείο Πολιτισμού, Επιτροπή Συντηρήσεως Μνημείων Ακροπόλεως, Αθήνα 1994.
3. Ε.-Ε. Τουμπακάρη, *Μελέτη Δομικής Αποκαταστάσεως Ορθοστατών Βορείου Τοίχου Σηκού Παρθενώνος*, Τόμος 1, Υπουργείο Πολιτισμού, ΥΣΜΑ, 2004/2006.
4. Α. Βρούβα, *Διερεύνηση Συνδεσμολογίας Επιστυλίων Βόρειας Κινοστοιχίας Παρθενώνα*, Υπουργείο Πολιτισμού, ΕΣΜΑ, 2007.



Έλεγχος της δομικής ακεραιότητας με καινοτόμες μεθόδους μη καταστροφικού ελέγχου σε κατασκευές και σύνθετα υλικά

Συγγραφέας Χριστόπουλος Άγγελος, Επιβλέπων Τσαμασφύρος Γεώργιος

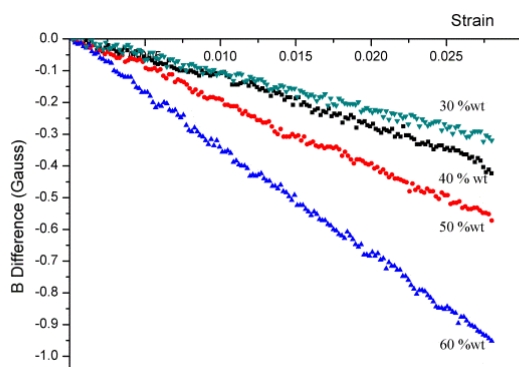
Σχολή Εφαρμοσμένων μαθηματικών και φυσικών επιστήμων, Ε.Μ.Π., Ηρώων Πολυτεχνείου
9, 157 80 Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

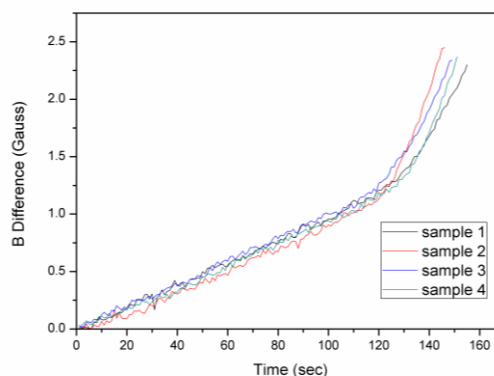
Το αντικείμενο αυτής της διδακτορικής διατριβής αναφέρεται στην ανάπτυξη νέων μεθόδων μέτρησης της παραμόρφωσης με μαγνητικές και ηλεκτρικές μεθόδους. Συγκεκριμένα αναπτύχθηκαν τρεις διαφορετικές μεθοδολογίες μέτρησης της παραμόρφωσης με την χρήση α) κοκκώδους σύνθετου υλικού σιδήρου εποξικής ρητίνης β) άμορφων μαγνητοελαστικών συρμάτων και γ) ηλεκτρικά αγώγιμης βαφής αργύρου. Παράλληλα αναπτύχθηκε πρωτότυπο σύστημα οπτικής παρακολούθησης της θέσης επαγωγικών αισθητήρων. Με βάση αυτές τις μεθοδολογίες θα μπορούσε να είναι δυνατή μια σχετικά γρήγορη επιθεώρηση (σε σχέση με τις υφιστάμενες μεθόδους ΜΚΕ) ανά τακτά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να ανακτηθεί το παραμορφωσιακό πεδίο της κατασκευής. Στη συνέχεια θα συγκρίνεται με προηγούμενες μετρήσεις, με σκοπό τον εντοπισμό πιθανών διαφορών οι οποίες θα υποδεικνύουν κάποια ενδεχόμενη ατέλεια στην κατασκευή.

1. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΕ ΚΟΚΚΩΔΗ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ ΣΙΔΗΡΟΥ/ΕΠΟΞΙΚΗΣ ΡΗΤΙΝΗΣ

Όπως αποδείχτηκε πειραματικά τα κοκκώδη σύνθετα υλικά με εγκλείσματα σιδήρου έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν τις μαγνητικές τους ιδιότητες όταν παραμορφώνονται. Η έρευνα επικεντρώθηκε στην μελέτη της μεταβολής της μαγνητικής αντίστασης (Reluctance) όταν αυτά υπόκεινται σε εφελκυσμό. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων απέδειξαν πως υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ της μεταβολής της μαγνητικής αντίστασης και της παραμόρφωσης (εικόνα 1α). Άρα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν εξωτερικά στρώματα σε ένα υλικό ή μια κατασκευή και να καταγράφουν μεταβολές στο παραμορφωσιακό πεδίο τους. Τα πειραματικά αποτελέσματα δίνουν σαφείς ενδείξεις πως αν όλες οι παράμετροι διατηρηθούν σταθερές τότε μπορεί να επιτευχτεί επαναληψιμότητα στις μετρήσεις (εικόνα 1β). Έτσι ένα τέτοιο υλικό μπορεί να βαθμονομηθεί ώστε να προκύψει μια πειραματική σχέση μεταξύ της παραμόρφωσης και της μεταβολής της πυκνότητας μαγνητικής ροής, η οποία να ισχύει για κάθε υλικό με τα ίδια χαρακτηριστικά.



α)

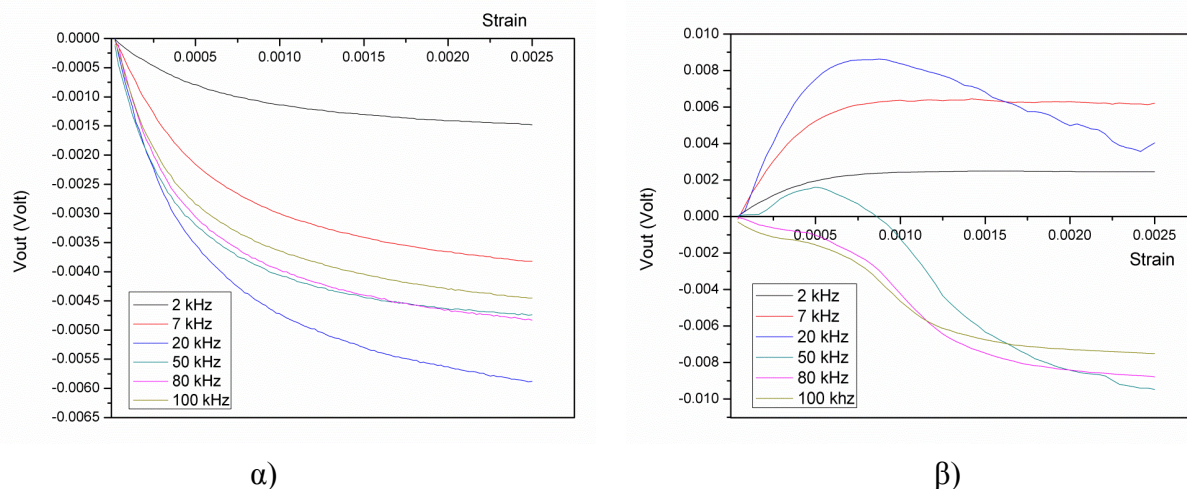


β)

Εικόνα 1: α) Η μεταβολή της πυκνότητας μαγνητικής ροής B σε σχέση με την παραμόρφωση για διάφορες συγκεντρώσεις β) η μεταβολή της πυκνότητας μαγνητικής ροής B για διάφορα δοκίμια.

2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΜΟΡΦΩΝ ΜΑΓΝΗΤΟΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΡΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

Η πειραματική μελέτη έδειξε πως η ενσωμάτωση άμορφων μαγνητοελαστικών συρμάτων σε πολυμερή και σύνθετα υλικά μπορεί να αναβαθμίσει τις ιδιότητες τους επιτρέποντας την μέτρηση της παραμόρφωσης τους. Η μεταβολή της μαγνητικής διαπερατότητας των εν λόγω συρμάτων επιδεικνύει εξαιρετική απόκριση σε σχέση με την παραμόρφωση και για τις δυο διαφορετικές μεθοδολογίες που δοκιμάστηκαν (με αγωγή και επαγωγή). Στην περίπτωση όπου οι μετρήσεις λαμβάνονται με αγωγή (κλασικό φαινόμενο GMI) παρατηρήθηκε καλύτερη απόκριση στα σύρματα τα οποία έχουν αρνητικό συντελεστή μαγνητοσυστολής, καθώς η απόκριση τους σε σχέση με την παραμόρφωση είναι μονότονη. Αντίστοιχα στην περίπτωση όπου οι μετρήσεις λαμβάνονται με επαγωγικούς αισθητήρες παρατηρήθηκε πως τα σύρματα με αρνητικό συντελεστή μαγνητοσυστολής και σε αυτή την περίπτωση επιδεικνύουν καλύτερη συμπεριφορά καθώς η απόκριση τους σε σχέση με την παραμόρφωση είναι μονότονη (εικόνα 2).



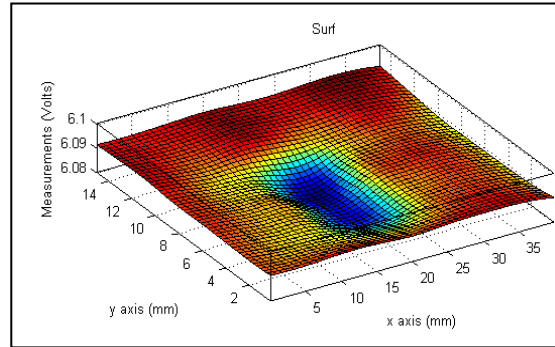
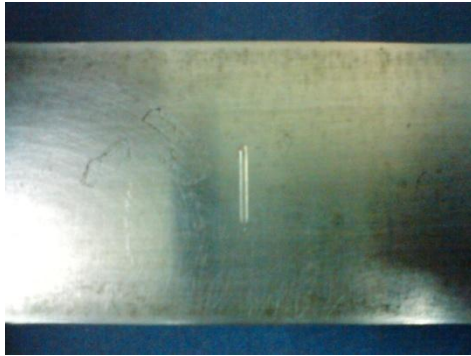
Εικόνα 2: Αποτελέσματα επαγωγικών μετρήσεων της διαφορά δυναμικού V που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου λήψης σε σχέση με την παραμόρφωση α) για σύρματα $CoSiB$ β) για σύρματα $FeSiB$

3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΓΩΓΙΜΗΣ ΒΑΦΗΣ ΑΡΓΥΡΟΥ

Τα πειραματικά αποτελέσματα αποδεικνύουν πως η ηλεκτρικά αγώγιμη βαφή με νιφάδες Αργύρου παρουσιάζει μεταβολή των ηλεκτρικών της ιδιοτήτων με την παραμόρφωση. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αισθητήρας παραμόρφωσης σαν εξωτερική επίστρωση σε υλικά και κατασκευές. Η μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που μετρήθηκε κατά την διάρκεια των πειραμάτων παρουσιάζει γραμμική συμπεριφορά για ένα μεγάλο εύρος παραμορφώσεων ενώ η απόκριση είναι αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με τα κλασικά ηλεκτρικά μηκυνσιόμετρα. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως αν διατηρηθούν τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά σε ένα αποτύπωμα από τέτοιου είδους βαφή, είναι δυνατή η επαναληψιμότητα των μετρήσεων ώστε να μπορεί να γίνει βαθμονόμηση.

4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΕΠΑΓΩΓΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Στα πλαίσια αυτής της διατριβής αναπτύχθηκε ένα σύστημα για την παρακολούθηση της θέσης επαγωγικών αισθητήρων. Το σύστημα αυτό είναι ιδανικό για την συλλογή και επεξεργασία μετρήσεων που προέρχονται από επίπεδες επιφάνειες. Η βασική λειτουργία του είναι να αντιστοιχίζει τις τιμές που λαμβάνονται από την έξοδο επαγωγικού αισθητήρα, με την σχετική θέση του πάνω στην υπό εξέταση επιφάνεια. Με αυτό τον τρόπο θα γίνεται πιο εύκολη η διαδικασία έλεγχου σε μεγάλες επιφάνειες ενώ παράλληλα βελτιώνεται σημαντικά και η αξιοπιστία. Επιπλέον το σύστημα αυτό απλοποιεί αρκετά την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων πράγμα που βοηθά τόσο τον επιθεωρητή όσο και τον τελικό χρήστη της κατασκευής στο να βγάλει συμπεράσματα για την δομική ακεραιότητα (εικόνα 3).



Εικόνα 3: Αποτελέσματα από μια περιοχή της επιφάνειας πλησίον της ατέλειας όπου παρατηρείται μείωση της πυκνότητας μαγνητικής ροής

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάπτυξη και εφαρμογή των παραπάνω μεθοδολογιών για την μέτρηση και καταγραφή της παραμόρφωσης, είναι ένα σημαντικό βήμα προς τη βελτίωση της αξιοπιστίας και της απόδοσης των δομικών στοιχείων μιας κατασκευής. Η ικανότητα να παρακολουθείται το παραμορφωσιακό πεδίο κατά τη διάρκεια ή μετά την εφαρμογή εξωτερικών φορτίσεων, θα βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό στην μείωση του βάρους (μέσω της μείωσης των συντελεστών ασφαλείας), τον αρχικό σχεδιασμό και την αύξηση της ταχύτητας ελέγχου.



Water – Energy Interactions in Urban Water Systems

Sotiria Baki, Christos Makropoulos

School of Civil Engineering, NTUA, 9 Heroon Polytechniou Street, 157 80 Athens

INTRODUCTION / GENERAL CONTEXT

Water and energy are natural resources inextricably linked with each other; the interrelationship and interactions between them are commonly referred to with the term “water – energy nexus”. The identification and analysis of linkages and trade-offs between water and energy has gained significant attention in recent years as seen from various current international practices and guidelines (Kenway et al., 2008; Wilkinson, 2000; Reffold, 2008; EEA, 2012; Griffiths-Sattenspiel and Wilson, 2009) and it is now widely acknowledged that a combined and integrated approach is required to attain sustainable resource management (Hoff, 2011). However, current sector policies exhibit high degree of fragmentation and there is a need to move towards more integrated policies for addressing sufficiently the water - energy nexus in order to minimize negative trade-offs and maximize synergies between water and energy (Hussey and Pittock, 2012; Kenway et al., 2013b; Hoff, 2011; Pittock, 2011).

The current research work is focusing in the water – energy interactions within urban water systems. Energy can be consumed through all the different phases of the urban water cycle, including the source for water abstraction, water conveyance in the external aqueduct network, water treatment, water distribution in the internal distribution network, end-use, wastewater treatment, wastewater reuse and effluent discharge (Retamal et al., 2008; Klein et al., 2005; Cohen et al., 2004; Water in the West, 2013). The energy component of the urban water cycle is also of rising importance due to increasing energy use and energy prices. Particularly for water utilities, energy use represents, in most cases, the highest operating cost after manpower (Brandt et al., 2011). It should therefore be a main priority and challenge for the water industry to achieve combined resource efficiency, for both water and energy in urban water systems.

Various potential energy related interventions can be applied to the different phases of the urban water cycle (Brandt et al., 2011; Wilkinson, 2000; Frijns et al., 2011; Water in the West, 2013; Kenway et al., 2013a; Kenway et al., 2008; Reffold et al., 2008). These interventions can be categorised in different groups, such as technical and operational, or water demand management interventions, interventions that are implemented at a water company, end-user or local level.



METHODOLOGY & TOOLS

To address this issue there is a need for tools that are able to estimate the energy footprint of the entire urban water cycle, from source to tap to final discharge. Such tools would enable the investigation of different type of potential policies and interventions on the urban water system under a synergistic viewpoint.

In this research work we examine the customization and application of UWOT, the Urban Water Optioneering Tool (Rozos and Makropoulos, 2013), a tool that simulates the entire urban water cycle from source to tap and disposal using an alternative approach based on demand signals. UWOT provides a common tool for the combined assessment of water and energy in the urban water cycle and for the purposes of the PhD research the tool has been further developed and modified in order to be able to incorporate various components of the water-energy nexus and perform necessary energy-related calculations. Specifically particular emphasis has been given on the development of model components related to renewable energy and particularly hydropower production and energy recovery during the water conveyance and distribution phase.

CASE STUDY

The methodology was tested in the intricate urban water system of the city of Athens that serves a population of approximately 4,300,000 people. The analysis for the purposes of the current work focused on the external urban water supply system, i.e. the water conveyance phase up to the city's water treatment plants. The Athens external water supply system extends over an area of around 4,000 km² including both surface water and groundwater resources (Kozanis et al., 2012). The hydrosystem comprises an extensive network of surface water reservoirs, boreholes, aqueducts, pumping stations, hydropower plants and water treatment works and is characterised by a high level of complexity (Efstratiadis et al., 2009; Makropoulos et al., 2010). Currently five small hydropower plants are already in operation on the south branch of the Athens external water supply system, on Mornos aqueduct, taking into advantage the aqueduct's hydropower potential.

Initially, the current situation was simulated in terms of network schematization, water and energy balances taking into account both current energy consumption and renewable energy generation. Following the successful simulation of the baseline scenario various energy production and energy saving interventions were examined for the specific urban water system. Particular emphasis was given to energy production through hydropower and pump storage schemes in combination with renewable energy sources. The interventions, which were identified from various literature sources (Brilakis, 2009; Knight Piesold, 2002), as well as in collaboration with the Athens Water Supply and Sewerage Company (EYDAP), have been grouped into different phases according to their implementation timeframe.

RESULTS AND CONCLUSIONS

Model simulations produced seasonal variation patterns of energy consumption and energy production along the external water supply system for the baseline and future scenarios. The effect of each set of interventions on the urban water system's energy footprint was estimated



at each implementation phase through the use of selected performance indicators. The tool and methodology followed enabled the identification of the most promising and effective hydrosystem interventions from the ones examined, as well as the estimation of the hydrosystem's potential for improvement in terms of the water-energy nexus. The current research work has led to the development of a preliminary water energy roadmap for the Athens water supply system. The analysis and proposed interventions have mainly focused on the Athens external water supply system. The aim is to expand the analysis downstream the water treatment plants in order to incorporate Athens' entire urban water cycle and investigate the water-energy nexus through all the phases of the urban water cycle.

Overall the current work aims to demonstrate that tools such as UWOT, that facilitate an integrated assessment of water and energy within urban water systems, are able to capture interrelations between water and energy and evaluate potential interventions and policies by quantifying their effects on the urban water cycle. Such tools can therefore play an important role in sustainable strategic planning and efficient management at the city level, especially if coupled with socio-economic scenarios through integrated modelling approaches that attempt to capture the entire socio-technical urban water system as demonstrated in the work described by Baki et al. (2012).

REFERENCES

1. Baki, S., Koutiva, I. and Makropoulos, C. (2012). A hybrid artificial intelligence modelling framework for the simulation of the complete, socio-technical, urban water system. *6th International Congress on Environmental Modelling and Software (iEMSs 2012)*, 1-5 July 2012, Leipzig Germany.
2. Brandt, M.; Middleton, R.; Gordon Wheale; Schulting, F. (2011) Energy Efficiency in the Water Industry, a Global Research Project. *Water Practice & Technology*, 6 (2).
3. Brilakis, D. (2009). *Small hydropower plants on EYDAP's network: Experience – Future Prospects*; Presented at the conference: Contribution of hydro power works to the country's energy planning, organised by the Technical Chamber of Greece (TEE-TCG), 20-21 March 2009, Ioannina.
4. Cohen, R.; Nelson, B. and Wolff, G. (2004) NRDC: Energy Down the Drain: The Hidden Costs of California's Water Supply, 85; Pacific Institute, Oakland, California: Natural Resources Defense Council.
5. EEA, 2012. Towards efficient use of water resources in Europe. Report 1/2012. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
6. Efstratiadis, G. Karavokiros, G. and Mamassis, N. (2009) Master plan of the Athens water resource system - Year 2009, Maintenance, upgrading and extension of the Decision Support System for the management of the Athens water resource system, Contractors: , Report 1, 116 pages, Department of Water Resources and Environmental Engineering – National Technical University of Athens, Athens.
7. Frijns, J.; Middleton, R.; Uijterlinde, C.; Wheale, G. (2011) Energy efficiency in the European water industry: learning from best practices. *Journal of Water and Climate Change*, 3 (1), 11.
8. Griffiths-Sattenspiel, B. and Wilson, W. (2009). The Carbon Footprint of Water, 54; River Network, Portland.



9. Hoff, H. (2011). Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm.
10. Hussey, K., and J. Pittock. 2012. The Energy–Water Nexus: Managing the Links between Energy and Water for a Sustainable Future. *Ecology and Society* 17(1): 31.
11. Kenway, S. J.; Scheidegger, R.; Larsen, T. A.; Lant, P.; Bader, H.-P. (2013) Water-related energy in households: A model designed to understand the current state and simulate possible measures. *Energy and Buildings*, 58, 378–389.
12. Kenway, S. J.; Turner, G. M.; Cook, S. and Baynes, T. (2008). Water-energy futures for Melbourne: the effect of water strategies, water use and urban form, 50; CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship.
13. Kenway, S.; McMahon, J.; Elmer, V.; Conrad, S.; Rosenblum, J. (2013) Managing water-related energy in future cities – a research and policy roadmap. *Journal of Water and Climate Change*, 4 (3), 161.
14. Klein, G.; Krebs, M.; Hall, V.; O'Brien, T. and Blevins, B. B. (2005). California's Water – Energy Relationship, 180; California Energy Commission.
15. Knight Piesold (2002) Development of small hydroelectric projects, Investigation of Possibilities for Development of Small Hydroelectric Projects for EYDAP at all Available Locations. Initial Project Appraisal Briefing Paper, Knight Piesold Consulting, April 2002.
16. Kozanis, S., Christofides, A., Efstratiadis, A., Koukouvinos, A., Karavokiros, G., Mamassis, N., Koutsoyiannis, D., Nikolopoulos, D., (2012). Using open source software for the supervision and management of the water resources system of Athens. In: European Geosciences Union General Assembly 2012. *Geophysical Research Abstracts*, vol. 14. European Geosciences Union, Vienna, p. 7158.
17. Makropoulos, C., Efstratiadis, A. and Koukouvinos, A. (2010) Appraisal of financial cost and proposals for a rational management of the hydrosystem, Untreated water costing for the water supply of Athens, 73 pages, Department of Water Resources and Environmental Engineering – National Technical University of Athens.
18. Pittock, J. (2011). National climate change policies and sustainable water management: conflicts and synergies. *Ecology and Society* 16(2): 25.
19. Reffold, E.; Leighton, F.; Choudhury, F. and Rayner, P. S. (2008) Greenhouse gas emissions of water supply and demand management options (Science Report No. SC070010), 100; Bristol, UK: Environment Agency.
20. Retamal, M.; Abeysuriya, K.; Turner, A. and White, S. (2008) WATER ENERGY NEXUS Literature Review, 45; Institute for Sustainable Futures, University of Technology Sydney.
21. Rozos, E., and Makropoulos, C., (2013) Source to tap urban water cycle modelling, *Environmental Modelling and Software*, 41, 139–150, doi:10.1016/j.envsoft.2012.11.015, Elsevier.
22. Water in the West. (2013) Water Energy Literature Review, 146; Stanford: Water in the West, Stanford University.
23. Wilkinson, R. (2000). Methodology for analysis of the energy intensity of California's water systems, and an assessment of multiple potential benefits through integrated water-energy efficiency measures, 89; Ernest Orlando Lawrence Berkeley Laboratory, California Institute for Energy Efficiency.