



**ΕΘΝΙΚΟ  
ΜΕΤΣΟΒΙΟ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Α.Π. : 12081  
Αθήνα, 8/3/2018

ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Προς τα Μέλη ΔΕΠ της  
Σχολής Μηχ/γων  
Μηχ/κών

### ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής της **Κας Δριβάλου Σωτηρίας**, Διπλωματούχου **Μηχανικός Παραγωγής & Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης**, που θα πραγματοποιηθεί την *Τρίτη 13 Μαρτίου 2018*, ώρα *14:30μ.μ.* στο Αμφιθέατρο Πολυμέσων (ισόγειο κτιρίου Κεντρικής Βιβλιοθήκης του ΕΜΠ, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου). Ο τίτλος της Διδακτορικής Διατριβής είναι ο εξής :

**«Σχεδιασμός Πρότυπου Διαμεσολαβητή Εποπτείας και Διαχείρισης Ηλεκτρικού Δικτύου με την Προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων»**

Επισυνάπτεται περίληψη της παραπάνω Διδακτορικής Διατριβής

Ο ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ

**N.ΜΑΡΜΑΡΑΣ**  
**Καθηγητής Ε.Μ.Π**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ**  
**«Σχεδιασμός Πρότυπου Διαμεσολαβητή Εποπτείας και Διαχείρισης Ηλεκτρικού Δικτύου**  
**με την Προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων»**

**Σωτηρία Δριβάλου**

Αντικείμενο της παρούσας διατριβής αποτέλεσε η ανάλυση, ο σχεδιασμός, και η αξιολόγηση ενός Πρότυπου Διαμεσολαβητή Εποπτείας και Διαχείρισης Ηλεκτρικού Δικτύου Διανομής Μέσης Τάσεως, με την Προσέγγιση της Μηχανικής Γνωσιακών Συστημάτων (ΜΓΣ), και ειδικότερα με τη φιλοσοφία του οικολογικού σχεδιασμού διαμεσολαβητών. Σε θεωρητικό επίπεδο, η διατριβή στόχευσε στην παραγωγή γνώσης σχετικά με την εφαρμοσιμότητα και αποτελεσματικότητα της προηγμένης τεχνικής του οικολογικού σχεδιασμού, σε ένα πεδίο που δεν έχει δοκιμαστεί ξανά. Επίσης, στόχευσε στον εμπλουτισμό της γνώσης αναφορικά με τον τρόπο διερεύνησης και ενσωμάτωσης στη διαδικασία σχεδιασμού ενός διαμεσολαβητή, των τεχνολογικών και οργανωτικών αλλαγών που βρίσκονται σε εξέλιξη στο σύστημα εργασίας, μέσα από την προσέγγιση της ΜΓΣ. Σε πρακτικό επίπεδο, στόχευσε στη δημιουργία ενός οικολογικού διαμεσολαβητή που θα υποστηρίζει αποτελεσματικά το νοητικό έργο των χειριστών, ιδιαίτερα σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του ηλεκτρικού δικτύου (περίοδοι υψηλής ζήτησης ενέργειας, χρονικά παράθυρα πριν και μετά την εκδήλωση μπλακάουτ), όπου οι βιομηχανικοί διαμεσολαβητές που σχεδιάζονται με συμβατικές προσεγγίσεις, παρουσιάζουν ανεπάρκειες (Κεφάλαιο 1).

Η *Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων* (Κεφάλαιο 2) συνδυάζει τη Μηχανική Συστημάτων, τη Γνωσιακή Επιστήμη, και την Εργονομία. Η ΜΓΣ προσεγγίζει όλα τα φαινόμενα που αναδύονται στο σημείο συνάντησης ανθρώπων, τεχνολογίας, και εργασίας, ενώ ασχολείται και με την ανάλυση των οργανωτικών θεμάτων της εργασίας. Η ΜΓΣ διαθέτει εξειδικευμένα πλαίσια, μεθόδους, και εργαλεία, κατάλληλα για την υλοποίηση ολοκληρωμένων παρεμβάσεων και την επίλυση πραγματικών προβλημάτων σχεδιασμού σε πολύπλοκα κοινωνικο-τεχνικά συστήματα, με τρόπο συμβατό προς τις νοητικές και φυσικές δυνατότητες, αλλά και τους περιορισμούς των ανθρώπων που τα διαχειρίζονται.

Οι διαμεσολαβητές των Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας αποτελούν γνωσιακά τεχνήματα που εξυπηρετούν τη διατήρηση, απεικόνιση και διαχείριση πληροφορίας, και πρέπει να είναι σχεδιασμένοι έτσι, ώστε να υποστηρίζονται κατάλληλα οι σύνθετες νοητικές δραστηριότητες των χειριστών. Από αναλύσεις παρελθόντων μπλακάουτ στην Ελλάδα και σε άλλα κράτη, έχει διαπιστωθεί ότι οι λανθασμένοι χειρισμοί των εργαζομένων, παρουσιάζουν άμεση συσχέτιση με τον τρόπο απεικόνισης πληροφορίας για το δίκτυο και το σύστημα ελέγχου, στο διαμεσολαβητή. Η συμβατική προσέγγιση στο σχεδιασμό διαμεσολαβητών υιοθετεί την απεικόνιση της κατάστασης των εποπτευόμενων παραμέτρων λειτουργίας κάθε στοιχείου του συστήματος, ως ανεξάρτητων τιμών, σύμφωνα με την αρχιτεκτονική «ένας αισθητήρας – μία ένδειξη ή χειρισμός».

Η *οικολογική προσέγγιση στο σχεδιασμό διαμεσολαβητών* (Κεφάλαιο 3) συνιστά: α) την παρουσίαση των ορατών και μη-ορατών σχέσεων (φυσικές, τοπολογικές, λειτουργικές) του πεδίου και του συστήματος ελέγχου, β) την αποτύπωση των αρχών λειτουργίας, των προτεραιοτήτων, και των στόχων του συνολικού συστήματος, και γ) την τμηματική απεικόνιση του συστήματος σε διαφορετικό επίπεδο λεπτομέρειας, μέσα από απεικονίσεις που παρουσιάζουν χωρική και χρονική συνέχεια, και μέσα από οπτικές φόρμες που υποστηρίζουν την ενοποίηση και τον διαχωρισμό των πληροφοριών από πλευράς χειριστή. Με την υποστήριξη των οικολογικών διαμεσολαβητών, οι χειριστές μπορούν να δημιουργούν έγκυρα και αποτελεσματικά νοητικά μοντέλα για τη λειτουργία του συστήματος, και να διαχειρίζονται κατάλληλα τόσο οικείες, όσο και μη-οικείες καταστάσεις για τις οποίες δεν έχουν προηγούμενη εμπειρία.

Στα ηλεκτρικά δίκτυα, μη-οικείες καταστάσεις είναι πιο πιθανό να εμφανιστούν πριν ή μετά την εκδήλωση σοβαρών διαταραχών λειτουργίας (Κεφάλαιο 4), στην εκδήλωση των οποίων σημαντικό ρόλο παίζουν, οι παράγοντες που διαμορφώνουν δυναμικά το πλαίσιο λειτουργίας των σύγχρονων δικτύων (καιρικές συνθήκες, εξωγενή φαινόμενα, διακρατικές συνδέσεις, τρόπος λειτουργίας των σύγχρονων αγορών, διαθεσιμότητα ενεργειακών πόρων, εξοπλισμός εποπτείας και ελέγχου δικτύων). Αφενός λόγω της φυσικής κοινωνικο-τεχνικής εξέλιξης των δικτύων, και αφετέρου λόγω στοχευμένων ενεργειών που γίνονται για να αντισταθμιστούν τα προβλήματα που οδηγούν σε διαταραχές λειτουργίας, υλοποιούνται στα ηλεκτρικά δίκτυα σημαντικές οργανωτικές αλλαγές (π.χ. στις αρμοδιότητες των ενεργειακών θεσμικών φορέων), και τεχνολογικές αλλαγές (π.χ. μετάβαση από τους παραδοσιακούς διαμεσολαβητές στους σύγχρονους ηλεκτρονικούς διαμεσολαβητές, εφαρμογές έξυπνων δικτύων). Οι αλλαγές αυτές (Κεφάλαιο 5) μεταβάλλουν τον τρόπο οργάνωσης της εργασίας, τις συνεργασίες και το νοητικό έργο των χειριστών, και έχουν επιπτώσεις στην απόδοση των ανθρώπων και στην ασφαλή λειτουργία του συστήματος.

Η λειτουργία και αποκατάσταση των ηλεκτρικών συστημάτων μέσα σε ένα απελευθερωμένο περιβάλλον, απαιτεί περισσότερο ενεργό έλεγχο σε επίπεδο διανομής, και κατάλληλο σχεδιασμό των Συστημάτων Διαχείρισης Διανομής που υποστηρίζουν το έργο των χειριστών τους. Με εφαλτήριο τις προαναφερθείσες αλλαγές και προκλήσεις (Κεφάλαιο 6), η παρούσα διατριβή εστίασε στο σχεδιασμό οικολογικού διαμεσολαβητή για την εποπτεία και διαχείριση δικτύου διανομής μέσης τάσεως, μέσα από ένα ολοκληρωμένο κύκλο γνωσιακού σχεδιασμού που περιλαμβάνει Εθνογραφική Ανάλυση, Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, Σχεδιασμό Πρωτοτύπων, και Αναλυτική Αξιολόγηση του διαμεσολαβητή.

Η *Εθνογραφική Ανάλυση* (Κεφάλαιο 7) υλοποιήθηκε προκειμένου να μελετηθούν οι τεχνικές και κοινωνικές πτυχές της εργασίας, και ειδικότερα για να αποκτηθεί γνώση για: τους κανόνες λειτουργίας και συνεργασίας στο πεδίο, τον τρόπο σύζευξης των εργαζομένων με τα γνωσιακά τεχνήματα, και τον τρόπο αφομοίωσης προγενέστερων τεχνικών και οργανωτικών αλλαγών. Οι πληροφορίες για το σύστημα εργασίας που συλλέχθηκαν με διάφορες μεθόδους και τεχνικές (συστηματικές παρατηρήσεις, συνεντεύξεις, μελέτη της γλώσσας εργασίας και του συμβολικού συστήματος κωδικοποίησης πληροφοριών, κλπ), συνέβαλαν στην ανάλυση: του νοητικού και συνεργατικού έργου των εργαζομένων στο πλαίσιο συνήθων και κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας, του κατανεμημένου γνωσιακού συστήματος, των πρακτικών εργασίας των χειριστών σε οικείες και μη-οικείες

καταστάσεις, καθώς και των παρεμβάσεων που έχουν πραγματοποιήσει σε παραδοσιακά τεχνήματα (Μιμικό Διάγραμμα, Διάγραμμα Μετασχηματιστών, Πίνακας Ελέγχου, Τράπεζα Χειρισμών, κλπ) και διαδικασίες, για να υποστηρίζεται καλύτερα το έργο τους. Μέσα από την Εθνογραφική ανάλυση, αναδείχθηκαν καλές πρακτικές απεικόνισης πληροφορίας, καθώς και κρίσιμες κατευθύνσεις σχεδιασμού.

Η *Ανάλυση Νοητικής Εργασίας* (Κεφάλαιο 8), πραγματοποιήθηκε προκειμένου να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις υποστήριξης του έργου των εργαζομένων, και να διερευνηθούν οι επιπτώσεις των υλοποιούμενων τεχνικών και οργανωτικών αλλαγών. Αναπτύχθηκαν, ένα βασικό «Μοντέλο Ιεραρχικής Αφαίρεσης» του τεχνολογικού δικτύου, καθώς και πολλαπλά «Μοντέλα Ιεραρχικής Αφαίρεσης-Διάσπασης» (Μοντέλο Ενεργειακών Θεσμικών Φορέων, Μοντέλο Υποτομέων, Μοντέλο Συνεργαζόμενων Αιθουσών, Μοντέλο Συνεργασίας Χειριστών-Συνεργείων, Μοντέλο Δομής Μετασχηματιστών, Μοντέλο Τεχνολογικών Συστημάτων Εποπτείας και Ελέγχου Δικτύου), που αποτυπώνουν διαφορετικές οπτικές και πτυχές, της λειτουργίας και δομής του συστήματος εργασίας, οι οποίες καθορίζουν τη δράση σε αυτό. Στα μοντέλα αποτυπώθηκαν και προθετικά χαρακτηριστικά του συστήματος εργασίας, οι οποίες καθορίζουν τη δράση σε αυτό. Στα μοντέλα αποτυπώθηκαν και προθετικά χαρακτηριστικά διαχείρισης του πεδίου (π.χ. προτεραιότητες ηλεκτροδότησης συγκεκριμένων πελατών), καθώς και εξειδικευμένη πληροφορία σχετική με τη λειτουργία του εξοπλισμού σε πραγματικές συνθήκες (π.χ. Ονομαστικά-, Πραγματικά-, και Σχετικά με το πλαίσιο-όρια λειτουργίας). Ακολούθησε Πλαισιοθετημένη Ανάλυση Δραστηριότητας, βάσει πραγματικών περιστατικών, πάνω σε κατάλληλα επιλεγμένα μοντέλα, υπό το πρίσμα τεσσάρων παραμέτρων της εργασίας (καθήκοντα ελέγχου, στρατηγικές, κοινωνική οργάνωση συνεργασιών, ατομικοί παράγοντες). Η σύνθεση των επιμέρους απαιτήσεων σχεδιασμού που εξήχθησαν από κάθε στάδιο, οδήγησε στον καθορισμό προδιαγραφών για την υποστήριξη των εργαζομένων σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου.

Ο *Σχεδιασμός Πρωτότυπων* (Κεφάλαιο 9), είχε αφηρητά τα υπάρχοντα τεχνήματα, προχώρησε στα πρωτότυπα σε χαρτί, και ολοκληρώθηκε με τα ηλεκτρονικά πρωτότυπα, διερευνώντας τις επιπτώσεις εναλλακτικών σχεδιαστικών λύσεων στο νοητικό και συνεργατικό έργο των χειριστών. Η διαδικασία «Σημσιολογικής Αποτύπωσης», παρουσιάστηκε αναλυτικά σε κάθε στάδιο, προσδιορίζοντας πώς οι επιμέρους απαιτήσεις και προδιαγραφές, που αναδείχθηκαν από την Εθνογραφική ανάλυση και την Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, «μεταφράζονται» σε συγκεκριμένες σχεδιαστικές λύσεις, μέσα από τη σύζευξη των βασικών αρχών του οικολογικού σχεδιασμού με άλλες αρχές, τεχνικές, και πρότυπα. Επίσης, προσδιορίστηκε ο τρόπος που αξιοποιούνται στο σχεδιασμό, μέσω κατάλληλης προσαρμογής, προϋπάρχουσες δομές απεικόνισης από τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, αλλά και οι σχεδιαστικές παρεμβάσεις των χειριστών πάνω στα παραδοσιακά τεχνήματα.

Η *Αναλυτική Αξιολόγηση* (Κεφάλαιο 10) του τελικού πρωτότυπου του οικολογικού διαμεσολαβητή «PIGMENTUM» που σχεδιάστηκε, έγινε με τη βοήθεια του εργαλείου «Ταξινόμησης της Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις», προκειμένου: α) να διαπιστωθεί εάν εκπληρώνονται οι σχεδιαστικοί στόχοι, και πώς μπορούν να λειτουργήσουν οι νέες σηματολογικές δομές που εισάγονται στο σύστημα απεικόνισης πληροφορίας για το δίκτυο, β) να αποτυπωθεί ο τρόπος που υποστηρίζεται το νοητικό έργο των χειριστών και για τα τρία επίπεδα νοητικής συμπεριφοράς, καθώς και οι εναλλαγές μεταξύ αυτών, στο πλαίσιο κρίσιμων συνθηκών λειτουργίας του δικτύου, και γ) να διερευνηθούν συγκριτικά, οι τρέχουσες πρακτικές εργασίας με τον παραδοσιακό διαμεσολαβητή, σε σχέση με αυτές που αναμένεται να αναπτύξουν οι χειριστές με τον οικολογικό διαμεσολαβητή.

Η παρούσα διατριβή, υλοποιώντας τους στόχους που είχαν τεθεί αρχικά, συμβάλει στα ακόλουθα (Κεφάλαιο 11): 1) Η επιλογή, προσαρμογή, και συνδυαστική εφαρμογή, μεθοδολογικών πλαισίων, εργαλείων, και τεχνικών, εμπλουτίζει τη Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων με στοιχεία κατάλληλα για τη χρήση της, στο σχεδιασμό παρεμβάσεων σε μεγάλης κλίμακας συστήματα, τα οποία υπόκεινται σε συνεχείς αλλαγές. 2) Η επίτευξη βασικών στόχων του οικολογικού σχεδιασμού συνδέεται με τα εργαλεία της «Ιεραρχικής Αφαίρεσης – Διάσπασης» και «Ταξινόμησης της Συμπεριφοράς Βασισμένης σε Επιτηδειότητες, Κανόνες, και Γνώσεις». Η αναλυτική τεκμηρίωση της αξιοποίησής τους κατά την ανάλυση, το σχεδιασμό, και την αξιολόγηση, με τρόπους που διαφοροποιούνται από τη συνήθη πρακτική στη βιβλιογραφία, αναδεικνύει επιπλέον δυνατότητες εφαρμογής τους, επεκτείνοντας την υπάρχουσα γνώση. 3) Η συμμετοχή των εργαζομένων στην ανάλυση και το σχεδιασμό με κατάλληλα επιλεγμένες τεχνικές, προκειμένου να αξιοποιηθεί η προϋπάρχουσα γνώση τους για το σύστημα εργασίας και οι δεξιότητές τους, μπορεί να λειτουργήσει ως υπόδειγμα για μελλοντικές ερευνητικές μελέτες, αλλά και για τη βιομηχανική πράξη. 4) Ο τρόπος τεκμηρίωσης του σχεδιασμού, συμβάλει στη συστηματοποίηση της «διαδικασίας σηματολογικής αποτύπωσης» για την ανάπτυξη προηγμένων απεικονίσεων στα ηλεκτρικά δίκτυα. Το πρωτότυπο Σύστημα Συμβόλων (π.χ. «Σημιαίες Διασύνδεσης»), Σχεσιακών Γεωμετρικών Δομών Απεικόνισης (π.χ. «Μεταβαλλόμενο Τραπέζιο»), Συναθροιστικών Δομών Απεικόνισης (π.χ. «Πίνακας Συνδεσιμότητας»), Οθονών, Θεάσεων, και Παραθύρων (π.χ. «Παράθυρο Ισχύος-θερμοκρασίας», «Παράθυρο Αναγγελιών») του διαμεσολαβητή «PIGMENTUM», μπορεί να λειτουργήσει ως πρότυπο κατά το σχεδιασμό διαμεσολαβητών ηλεκτρικών δικτύων, καθώς και άλλων κρίσιμων υποδομών που διέπονται από παρεμφερείς αρχές λειτουργίας και ελέγχου.

Μελλοντικά βήματα περιλαμβάνουν: α) την εμπειρική αξιολόγηση του διαμεσολαβητή σε περιβάλλον προσομοίωσης, και β) τη συγκριτική αξιολόγηση του με βιομηχανικούς διαμεσολαβητές, βάσει ποσοτικών και ποιοτικών κριτηρίων απόδοσης, αλλά και κρίσιμων παραμέτρων υποστήριξης του νοητικού έργου. Τέλος, τα αποτελέσματα των επιμέρους σταδίων της ανάλυσης και του σχεδιασμού, μπορούν να αξιοποιηθούν μελλοντικά για το σχεδιασμό με μία ενιαία φιλοσοφία και άλλων στοιχείων του περιβάλλοντος ελέγχου (σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, αυτοματισμοί, συναγερμοί, πρόγραμμα εκπαίδευσης, κλπ), προκειμένου ο οικολογικός διαμεσολαβητής να αποδώσει το μέγιστο της δυναμικής του.

*Λέξεις κλειδιά:* Εργονομία, Μηχανική Γνωσιακών Συστημάτων, Οικολογικός Σχεδιασμός Διαμεσολαβητών, Εθνογραφική Ανάλυση, Ανάλυση Νοητικής Εργασίας, Συμμετοχικός Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Πρωτότυπων, Αναλυτική Αξιολόγηση Νοητικής Υποστήριξης, Ηλεκτρικά Δίκτυα, Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας, Τεχνολογικές και Οργανωτικές Αλλαγές, Διαταραχές Λειτουργίας.