



ΜΥΛΟΙ ΘΡΑΚΗΣ - Ι.ΟΥΖΟΥΝΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε.

ΣΠΕΚΤΡΑ

Ανάπτυξη Συστημάτων Αυτοματοποίησης και Βελτιστοποίησης
της Παραγωγικής Διαδικασίας Αλευροβιομηχανίας

Οι στόχοι του έργου

1. Επιλογή των κατάλληλων αισθητηρίων οργάνων για την ογκομέτρηση στα σιλό της εγκατάστασης και για τη μέτρηση της πρωτεΐνης και της υγρασίας των σιτηρών και των αλεύρων.
2. Ανάπτυξη συστήματος SCADA για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της γραμμής παραγωγής.
3. Πιλοτική εφαρμογή για την τεχνοοικονομική αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος.

Η ανάπτυξη του συστήματος έγινε με την συνεργασία του Εργαστηρίου Ηλεκτρικών Μηχανών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Δ.Π.Θ. ως Υπεργολάβου Έρευνας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΠΕΚΤΡΑ

SCADA

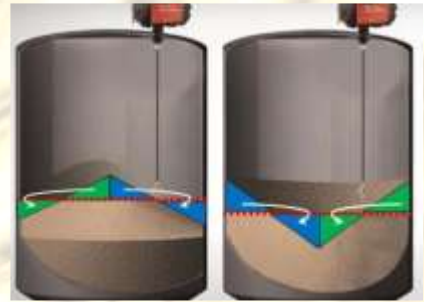
Το σύστημα SCADA συλλέγει πληροφορίες από τους αισθητήρες που επιλέχθηκαν, χωρίς τη χρήση ακριβού εξοπλισμού, επεκτείνεται και να εξελίσσεται ώστε να προσαρμόζεται στις ανάγκες της Βιομηχανίας και είναι εύκολο στον χειρισμό.

ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΙΛΟ ΣΙΤΟΥ

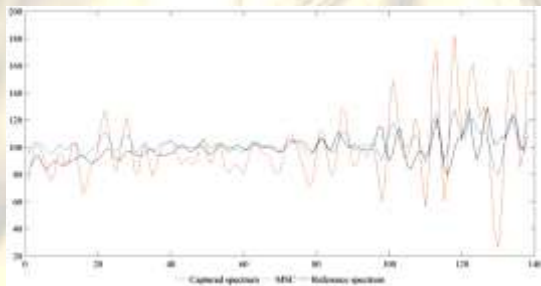


Η ογκομέτρηση των σιλό επιτυγχάνεται με συνδυασμό του αισθητήρα Smart Bob II με το σχοινί και του τρισδιάστατου σαρωτή 3D Level Scanner, για μεγαλύτερη ακρίβεια. Το Smart Bob II μετράει την στάθμη σε ένα προκαθορισμένο

σημείο, το 3D Level Scanner μετράει την κορυφή του κώνου μέσα στο σιλό και το σύστημα με αριθμητικές μεθόδους και γεωμετρία, υπολογίζει τον όγκο του περιεχομένου. Αλγόριθμος χρησιμοποιείται για τη διόρθωση των μετρήσεων του αισθητηρίου Smart Bob II για όλα τα σιλό.



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΣΙΤΟ ΚΑΙ ΑΛΕΥΡΙ



Με την χρήση της φασματοσκοπίας, ως μεθόδου μέτρησης και εκτίμησης της πρωτεΐνης, της υγρασίας και της τέφρας των σιτηρών και των αλεύρων, αναπτύχθηκε εξειδικευμένο σύστημα με αισθητήρες και

υπολογιστικά μοντέλα. Σε επιλεγμένες ροές σίτου και αλεύρου εγκαταστάθηκαν NIR αισθητήρες AvaSpec-Mini-NIR scanner της Avantes,. Τα φάσματα μεταφέρονται από τις μετρητικές διατάξεις στο υποσύστημα υπολογισμού των παραμέτρων. Αλγόριθμος χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των χημικών παραμέτρων σε σιτάρι και αλεύρι στις συγκεκριμένες ροές σε πραγματικό χρόνο



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα

Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης

ΜΥΛΟΙ ΘΡΑΚΗΣ - Ι.
ΟΥΖΟΥΝΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε.

ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ Ε.Π. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΑΚΗΣ

**"ΣΠΕΚΤΡΑ"
ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ
ΑΛΕΥΡΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ**



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Ανάπτυξη Συστημάτων Αυτοματοποίησης και Βελτιστοποίησης της Παραγωγικής Διαδικασίας Αλευροβιομηχανίας - «ΣΠΕΚΤΡΑ»

Το έργο «ΣΠΕΚΤΡΑ», αξιοποιώντας την ύπαρξη σύγχρονων τεχνολογιών στο αντικείμενο των αυτοματισμών, συνέβαλε στον εκσυγχρονισμό της βιομηχανικής εγκατάστασης Μύλοι Θράκης Ι. Ουζουνόπουλος Α.Ε. δημιουργώντας ένα ευφυές σύστημα παρακολούθησης και διαχείρισης της διαδικασίας παραγωγής αλευριού σε πραγματικό χρόνο.

Μια τυπική αλευροβιομηχανία περιλαμβάνει τα σιλό, στα οποία αποθηκεύονται τα διάφορα είδη σιτηρών



(πρώτη ύλη), τα σιλό διαβροχής, το μύλο που αλέθονται τα σιτάρια και τις αποθήκες αλεύρων, στις οποίες μεταφέρεται το τελικό προϊόν. Από την παραπάνω διαδικασία,

μπορούν να παραχθούν διαφορετικά είδη αλεύρων, ανάλογα με τα συστατικά του μείγματος σιτηρών, που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία τους. Στην παραπάνω βιομηχανική εγκατάσταση, υπήρχαν διαδικασίες, οι οποίες μέχρι πρόσφατα αντιμετωπιζονταν με εμπειρικό τρόπο.

Η μέτρηση του όγκου των σιτηρών στα σιλό είναι περίπλοκη και δύσκολη διαδικασία, αφού η επιφάνεια τους είναι ανομοιογενής, συνεχώς μετατοπίζεται και η διαφορά στάθμης μεταξύ των διαφόρων κορυφών και κοιλοτήτων μπορεί να είναι σημαντική. Κάτι τέτοιο εξέθετε τους εργαζομένους σε επικίνδυνες συνθήκες πραγματοποίησης χειροκίνητων μετρήσεων. Η μέθοδος που ακολουθούνταν στο εργοστάσιο ήταν η χρήση σχοινού για την εύρεση της στάθμης, η οποία έχει μικρή ακρίβεια.

Ένα ακόμα ζήτημα που αντιμετώπιζε η αλευροβιομηχανία ήταν το γεγονός ότι το σιτάρι χαρακτηρίζεται από υψηλή μεταβλητότητα πρωτεΐνης στη σύστασή του, κάτι το οποίο δημιουργεί δυσκολίες, καθώς η περιεκτικότητα αυτής μπορεί να διαφέρει ακόμη και σε επίπεδο παρτίδας σίτου. Επίσης, οι απαιτήσεις για αυξημένη περιεκτικότητα πρωτεΐνης που υπάρχουν σε άλευρα συγκεκριμένων χρήσεων, απαιτεί τη χρήση ανάλογων σιτηρών, τα οποία έχουν υψηλό κόστος.

Συνεπώς, η αυτοματοποίηση της διαδικασίας μέτρησης της στάθμης και των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων των σιτηρών, των αλεύρων είναι κρίσιμης σημασίας για την επιχείρηση. Το έργο «ΣΠΕΚΤΡΑ» αντιμετώπισε ολιστικά τα παραπάνω ζητήματα, δημιουργώντας ένα σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου της γραμμής παραγωγής.

Στο πλαίσιο του έργου διερευνήθηκαν και επιλέχθηκαν τα κατάλληλα αισθητήρια όργανα, με βάση το ελάχιστο κόστος και την πλήρη κάλυψη των αναγκών της εγκατάστασης.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω παραμέτρους, σχεδιάστηκε ένα σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Απόκτησης Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA), το οποίο καταγράφει τα

δεδομένα από τους αντίστοιχους κόμβους αισθητήρων, τα συλλέγει σε ένα κεντρικό σταθμό και εκτελεί τους απαραίτητους αλγορίθμους βελτιστοποίησης για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των διαδικασιών παραγωγής της βιομηχανικής εγκατάστασης. Οι χρήστες έχουν πρόσβαση στα συλλεχθέντα δεδομένα και στα αποτελέσματα των αλγορίθμων ελέγχου μέσω μιας γραφικής διεπαφής.

Για όλα τα παραπάνω υπήρξε μία πιλοτική εφαρμογή για την εξομοίωση του συνολικού συστήματος. Με αυτόν τον τρόπο βγήκαν τα απαραίτητα συμπεράσματα και συντάχθηκε μία τεχνοοικονομική έκθεση με τελικό σκοπό την υλοποίηση του συνολικού συστήματος στη βιομηχανική παραγωγή της αλευροβιομηχανίας.

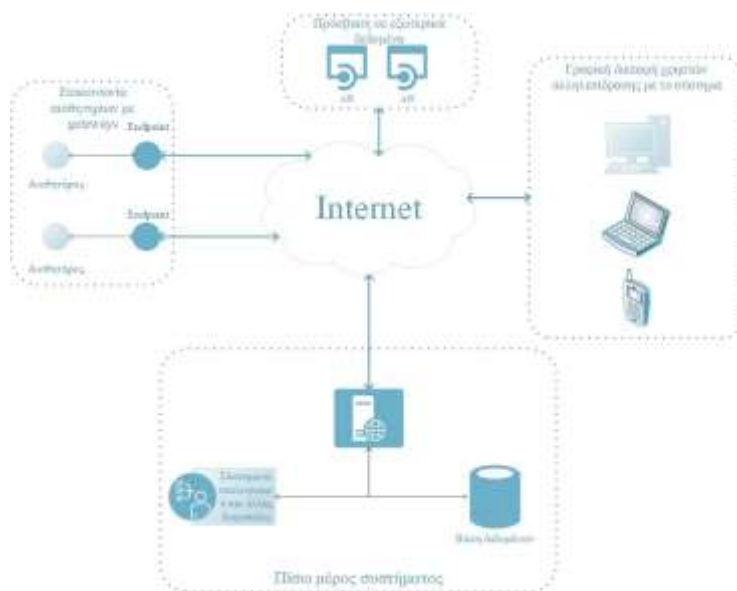
Οι στόχοι του έργου που επιτεύχθηκαν συνοψίζονται στα εξής:

1. Επιλογή των κατάλληλων αισθητήριων οργάνων για την ογκομέτρηση στα σιλό της εγκατάστασης και για τη μέτρηση της πρωτεΐνης και της υγρασίας των σιτηρών και των αλεύρων.
2. Ανάπτυξη συστήματος SCADA για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της γραμμής παραγωγής.
3. Πιλοτική εφαρμογή για την τεχνοοικονομική αξιολόγηση της λειτουργίας του συστήματος.

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ SCADA

Το σύστημα SCADA σχεδιάστηκε με τους παρακάτω στόχους ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της Βιομηχανίας και να είναι λειτουργικό και αποδοτικό:

- να μπορεί να συλλέγει πληροφορίες από τους αισθητήρες που επιλέχθηκαν, χωρίς τη χρήση ακριβού εξοπλισμού για την ένταξή τους στο σύστημα
- να είναι εύκολο στον χειρισμό και η πρόσβαση των χρηστών να είναι εύκολη, διαθέσιμη από οποιοδήποτε μέρος
- να μπορεί να επεκτείνεται και να εξελίσσεται σχετικά εύκολα, ώστε να προσαρμόζεται στις ανάγκες της Βιομηχανίας, χωρίς να χρειάζεται σχεδιασμός νέων συστημάτων, ή την ανάγκη χρονοβόρων αναβαθμίσεων
- να συλλέγει και να επεξεργάζεται χρήσιμη πληροφορία από το internet



Η Δομή του συστήματος SCADA

Με βάση τα παραπάνω επιλέχθηκε η σχεδίαση ενός καινοτόμου συστήματος ανοικτού κώδικα SCADA, βασισμένο στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, με κίνητρο τους στόχους που έχουν τεθεί στα πλαίσια της 4ης βιομηχανικής επανάστασης.

Το σύστημα SCADA που αναπτύχθηκε αφορά δύο αντικείμενα:

- Την ογκομέτρηση των σιλό σίτου της Αλευροβιομηχανίας
- Τον συνεχή προσδιορισμό συγκεκριμένων χημικών παραμέτρων στην τροφοδοσία σίτου στον μύλο και προϊόντος αλεύρου από τον μύλο

ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΙΛΟ ΣΙΤΟΥ

Οι ανάγκες της βιομηχανίας

- μεγάλη ακρίβεια και αξιοπιστία στις μετρήσεις όγκου
- δυνατότητα μέτρησης χωρίς φυσική επαφή κάποιου ατόμου στα σιλό
- δυνατότητα συνεχόμενων και επαναλαμβανόμενων μετρήσεων
- δυνατότητα μετρήσεων οποιαδήποτε ώρα του 24ώρου
- Η λύση να ενσωματώνει και να συνδυάζει τους αισθητήρες που επιλέχθηκαν (SMART BOB II και 3D LEVEL SCANNER)
- Ευκολία στον χειρισμό της εφαρμογής
- Δυνατότητες επέκτασης και τροποποιήσεων του συστήματος SCADA

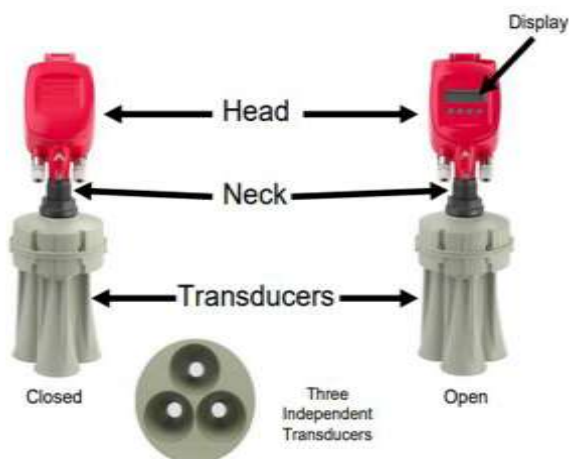
ΤΡΟΠΟΙ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

Μετά από έρευνα των υφιστάμενων μεθόδων επιλέχθηκε ο συνδυασμός των αισθητήρων SMART BOB II και 3D LEVEL SCANNER ο οποίος προσφέρει τις παρακάτω δυνατότητες μέτρησης σε συνδυασμό με το σύστημα SCADA

- Μέτρηση από τον αισθητήρα Smart Bob II με το σχοινί και την χρήση του δικού του λογισμικού το οποίο κάνει μέτρηση στάθμης με πολύ υψηλή ακρίβεια.
- Μέτρηση από τον τρισδιάστατου σαρωτή 3D Level Scanner, ο οποίος υπολογίζει με τη μεγαλύτερη ακρίβεια τον όγκο του περιεχομένου των σιλό.
- Μέτρηση με συνδυασμό Smart Bob II και 3D Level Scanner. Το Smart Bob II μετράει την στάθμη σε ένα προκαθορισμένο σημείο, το 3D Level Scanner μετράει την κορυφή του κώνου μέσα στο σιλό
- Με τις μετρήσεις του Smart Bob II και του 3D Level Scanner το σύστημα με αριθμητικές μεθόδους και γεωμετρία, υπολογίζει τον όγκο του περιεχομένου.



Αισθητήρας SMART BOB II



Αισθητήρας 3D LEVEL SCANNER

Ένας συνδυασμός από τους προαναφερθέντες τρόπους υπολογισμού του όγκου του περιεχομένου των σιλό χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια και το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Η εγκατάσταση των αισθητήρων και η ανάπτυξη του συστήματος έγινε ως ακολούθως:

- Τοποθέτηση του 3D Level Scanner και ενός Smart Bob II σε ένα σιλό το οποίο αποτελεί και το σιλό οδηγό.
- Τοποθέτηση ενός Smart Bob II σε όλα τα υπόλοιπα σιλό
- Ανάπτυξη αλγόριθμου διόρθωσης ο οποίος με βάση τις συνδυασμένες μετρήσεις των δύο αισθητήρων στο σιλό οδηγό βελτιστοποιεί τις μετρήσεις στα υπόλοιπα σιλό ώστε να πετυχαίνεται μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτήν της απλής μέτρησης με Smart Bob II

Ο αλγόριθμος διόρθωσης έχει τη δυνατότητα της συνεχούς βελτίωσης – μάθησης, με την πάροδο του χρόνου και τις νέες μετρήσεις που γίνονται. Ακόμη για πιο ακριβή και λεπτομερή αποτελέσματα, εντάχθηκαν οι παρακάτω παράμετροι στον αλγόριθμο:

- η κατάσταση κατάστασης αδειάσματος ή γεμίσματος του σιλό
- η πυκνότητα του εσωτερικού του σιλό

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ SCADA ΓΙΑ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΙΛΟ

Για την ολοκλήρωση του συστήματος SCADA και για να είναι αυτό λειτουργικό και αποδοτικό ανταποκρινόμενο στους στόχους της Βιομηχανίας κατά την πιλοτική λειτουργία πραγματοποιήθηκαν:

1. Έλεγχος των τρόπων υπολογισμού όγκου των σιλό που περιεγράφηκαν παραπάνω και ιδιαίτερα των συνδυαστικών μεθόδων οι οποίες χρειάζονται και υπολογιστικές μεθόδους
2. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της ακρίβειας των παραπάνω τρόπων υπολογισμού του όγκου του περιεχομένου των σιλό και επιλογή των κατάλληλων για την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια
3. έλεγχος των αλγορίθμων που δημιουργήθηκαν και η σύγκριση των αποτελεσμάτων που δίνουν με τα πραγματικά στοιχεία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν.
4. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων και επιλογή του κατάλληλου αλγορίθμου που παρουσιάζει τα καλύτερα και πιο ορθά αποτελέσματα

5. Με βάση τα παραπάνω δημιουργήθηκε ο τελικός αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για τη διόρθωση των μετρήσεων του αισθητηρίου SB II για όλα τα σιλό.
6. Αυτοματοποίηση του παραπάνω αλγορίθμου που αναπτύχθηκε και τελειοποιήθηκε χειροκίνητα για τη διόρθωση των μετρήσεων του αισθητηρίου SB II για όλα τα σιλό.
7. Εισαγωγή δεδομένων και αλγορίθμων στο σύστημα SCADA και ολοκλήρωση συστήματος

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΣΙΤΟ ΚΑΙ ΑΛΕΥΡΙ.

Οι ανάγκες της βιομηχανίας

- μεγάλη ακρίβεια και αξιοπιστία στις μετρήσεις των χημικών παραμέτρων
- δυνατότητα συνεχόμενων και επαναλαμβανόμενων μετρήσεων
- δυνατότητα μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο
- Η λύση να ενσωματώνει και να συνδυάζει τους αισθητήρες που επιλέχθηκαν
- δυνατότητα αυτόματων και επαναλαμβανόμενων μετρήσεων μέτρησης χωρίς φυσική παρουσία κάποιου ατόμου.
- Ευκολία στον χειρισμό της εφαρμογής
- Δυνατότητες επέκτασης και τροποποιήσεων του συστήματος SCADA

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Στα πλαίσια της χρήσης της φασματοσκοπίας, ως μεθόδου μέτρησης και εκτίμησης της πρωτεΐνης, της υγρασίας και της τέφρας των σιτηρών και των αλεύρων, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αισθητήρες και υπολογιστικά μοντέλα.



Ο αισθητήρας που επιλέχθηκε είναι ο AvaSpec-Mini-NIR scanner της Avantes, ο οποίος ανήκει στα φασματοσκόπια νέας γενιάς, τα οποία μπορούν απευθείας να συλλέξουν την πληροφορία και να υπολογίσουν το φάσμα. Έχει τα χαρακτηριστικά των νέων φασματοσκοπίων NIR χειρός, με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του μεγέθους και του κόστους τους. Επίσης, η φορητότητα τον καθιστά ικανό να ενταχθεί με ευκολία σε ένα συνολικό σύστημα παρακολούθησης και υπολογισμού των ζητούμενων μεγεθών.

Για την ενσωμάτωση της μεθόδου και των αισθητηρίων στο σύστημα πραγματοποιήθηκε:

- Καθορισμός της πειραματικής διαδικασίας, για τη βαθμονόμηση του υπολογιστικού μοντέλου, με στόχο την εκτίμηση των ζητούμενων παραμέτρων, σε συνθήκες εργαστηρίου,
- Επιλογή, σχεδίαση και ανάπτυξη πρότυπου υπολογιστικού μοντέλου, με βάση τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας και εκτίμηση των ζητούμενων παραμέτρων
- Σχεδίαση και ανάπτυξη συστήματος λήψης και μεταφοράς των φασμάτων από τις μετρητικές διατάξεις στο υποσύστημα υπολογισμού των παραμέτρων, με βάση τις προδιαγραφές που τέθηκαν, ως προς τα σημεία δειγματοληψίας και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υφιστάμενων συστημάτων SCADA.

Ο αλγόριθμος που αναπτύχθηκε έχει τη δυνατότητα της συνεχούς βελτίωσης – μάθησης, με την πάροδο του χρόνου και τις νέες μετρήσεις που γίνονται. Εξετάζει συσχετίσεις μεταξύ των φασμάτων των διαφόρων δειγμάτων και των παραμέτρων τις οποίες το μοντέλο εκτιμά. Με βάση τα παραπάνω το σύστημα:

1. εντοπίζει συσχετίσεις μεταξύ των φασμάτων που λαμβάνει ή κάποιων χαρακτηριστικών αυτών, και των ζητούμενων παραμέτρων,
2. αξιολογεί τα αποτελέσματα του μέσα από την εφαρμογή υφιστάμενων μεθόδων εκτίμησης των ζητούμενων παραμέτρων
3. προσαρμόζεται στα νέα δεδομένα που προκύπτουν, μέσα από την εκπαίδευση που λαμβάνει από την παραπάνω αξιολόγηση.

ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ SCADA ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Για την ολοκλήρωση του συστήματος SCADA και για να είναι αυτό λειτουργικό και αποδοτικό και ανταποκρινόμενο στους στόχους της Βιομηχανίας κατά την πιλοτική λειτουργία πραγματοποιήθηκαν:

1. Έλεγχος των αλγορίθμων που δημιουργήθηκαν και η σύγκριση των αποτελεσμάτων που δίνουν με τα πραγματικά στοιχεία των μετρήσεων των χημικών παραμέτρων από το εργαστήριο της Βιομηχανίας
2. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων και επιλογή του κατάλληλου αλγορίθμου που παρουσιάζει τα καλύτερα και πιο ορθά αποτελέσματα
3. Με βάση τα παραπάνω δημιουργήθηκε ο τελικός αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των χημικών παραμέτρων σε σιτάρι και αλεύρι
4. Εισαγωγή δεδομένων και αλγορίθμων στο σύστημα SCADA και ολοκλήρωση συστήματος

Η ανάπτυξη του συστήματος έγινε με την συνεργασία του Εργαστηρίου Ηλεκτρικών Μηχανών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Δ.Π.Θ. ως Υπεργολάβου Έρευνας