

PREDICT

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΟΡΑΣΗΣ
ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ
ΒΛΑΒΩΝ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΣΤΗ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ
ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ ΤΟΥ
ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ, ΣΤΟ
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

Case Studies: Βιομηχανία Αλεύρων & Βιομηχανία Κεραμοποιίας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην **προβλεπτική συντήρηση** στρέφονται όλο και περισσότερες επιχειρήσεις που θέλουν να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα που αυτή φέρει, αφού η παγκόσμια οικονομική κρίση έχει επηρεάσει σημαντικά την αγορά νέου εξοπλισμού στις παραγωγικές μονάδες. Οι επιχειρήσεις πλέον δεν δίνουν τα ίδια χρήματα, με παλαιότερα, για να ανανεώσουν τον εξοπλισμό τους, κρατώντας τον ήδη υπάρχοντα, για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, γεγονός που επιδρά αρνητικά σε διάφορα επίπεδα, όπως η μείωση του χρόνου ζωής, η αύξηση των ελαττωματικών παραγόμενων προϊόντων, η αύξηση του κόστους συντήρησης και ο μεγαλύτερος αριθμός εμφάνισης βλαβών.

Λαμβάνοντας υπόψη τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν όλο και περισσότερες παραγωγικές μονάδες, το PREDICT προσφέρει λύση αναπτύσσοντας ένα σύστημα Πρόβλεψης-Διάγνωσης Ανωμαλιών (ΠΔΑ) βασισμένο σε αλγορίθμους τεχνητής νοημοσύνης το οποίο συνδυάζει συμβατικούς αισθητήρες και μηχανική όραση για την ανίχνευση και πρόβλεψη βλαβών, ώστε:

- να αυξήσει την διάρκεια ζωής του παραγωγικού εξοπλισμού
- να μειώσει τον αδρανή χρόνο του εξοπλισμού λόγω εμφάνισης βλαβών
- να μειώσει το συνολικό κόστος συντήρησης.

Γενικότεροι στόχοι του έργου αυτού που εστιάζουν στον παραγωγικό εξοπλισμό των Εργοστασίων του Μέλλοντος είναι:

- η βέλτιστη διαχείριση κινδύνων
- η αυξημένη διάρκεια ζωής του.

Στο συγκεκριμένο white paper περιγράφεται η τεχνική λύση του PREDICT, παρουσιάζοντας τις τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν σε δύο μονάδες παραγωγής διαφορετικών βιομηχανιών, στην βιομηχανία Αλεύρων και στην βιομηχανία Κεραμοποιίας, και πιο συγκεκριμένα από την ΚΕΒΕ ΑΕ στην Νέα Σάντα, και από τους μύλους Λούλη στην Σούρπη.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Στο PREDICT ερευνάται και αναπτύσσεται το υποσύστημα Πρόβλεψης-Διάγνωσης Ανωμαλιών (ΠΔΑ), με βάση μία διεργασία πολλών μεταβλητών με στόχο την παρακολούθηση, την ανίχνευση αλλά και την πρόβλεψη ανωμαλιών/βλαβών/αποτυχιών σε πραγματικό χρόνο.

Δύο κύριες απαιτήσεις των τελευταίων ετών, εστιάζοντας στις βιομηχανικές παραγωγικές μονάδες, είναι η **μείωση των επενδύσεων για ανανέωση εξοπλισμού** και η **ταυτόχρονη χρήση του ήδη υπάρχοντος στο μέγιστο των δυνατοτήτων του**. Οι ανάγκες αυτές οδήγησαν στην έρευνα και ανάπτυξη νέων στρατηγικών και εργαλείων που βοηθούν στην επίτευξη αυτών των απαιτήσεων.

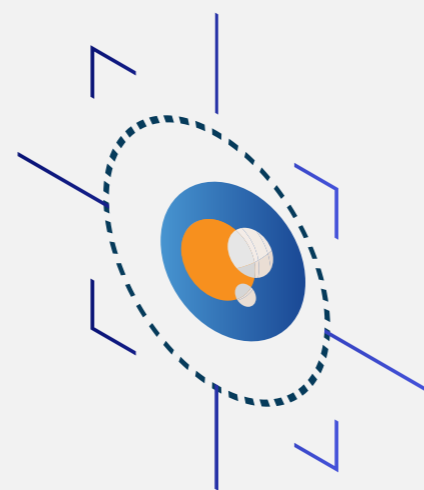
Η ομάδα του PREDICT ξεκίνησε με κύριο στόχο τόσο την **πρόβλεψη και ανίχνευση βλαβών**, καθώς και των ριζικών αιτιών τους μέσω της χρήσης καινοτόμων μοντέλων, όσο και την **διαχείριση κινδύνου** και **αντιμετώπιση συμβάντων κατά την λειτουργία**.

Η ανίχνευση ανωμαλιών/βλαβών με στόχο την εποπτεία της κατάστασης των μηχανών και την πρόβλεψη της μελλοντικής τους κατάστασης, είναι ένα πρόβλημα πολλών παραγόντων.



ΛΥΣΗ

Στο PREDICT χρησιμοποιούνται **δύο διαφορετικές μέθοδοι** από τις οποίες προκύπτουν τα δεδομένα που εισάγονται στα προβλεπτικά μοντέλα, τα οποία εκπαιδεύονται κατάλληλα ώστε να μπορούν να ανιχνεύουν τυχόν ανωμαλίες ή βλάβες στην κατάσταση των μηχανών.



1 Η πρώτη μέθοδος είναι η **χρήση συμβατικών αισθητήρων σε συνδυασμό με αλγόριθμους μηχανικής μάθησης**, όπου οι αισθητήρες δέχονται συγκεκριμένες μετρήσεις. Εάν οι τιμές των μεγεθών υπερβούν τα όρια που έχουν οριστεί από τους χρήστες, χτυπάει ένα είδος συναγερμού. Τα σήματα που συλλέγονται από τους αισθητήρες είναι: **δονήσεις, πίεση, θερμοκρασία, στροφές περιστροφής άξονα, ένταση ρεύματος και απόσταση φτερωτής**. Τα μοντέλα που δημιουργούνται συνδυάζουν την ανίχνευση ανωμαλιών και την πρόβλεψη πιθανών σφαλμάτων.

2 Η δεύτερη μέθοδος χρησιμοποιεί **καινοτόμους αλγόριθμους μηχανικής όρασης και μηχανικής μάθησης** για την ανίχνευση μη-ομαλής λειτουργίας, την αναγνώριση ενδεχόμενης βλάβης, καθώς και την εκτίμηση του χρονικού ορίζοντα εμφάνισης της βλάβης αυτής.

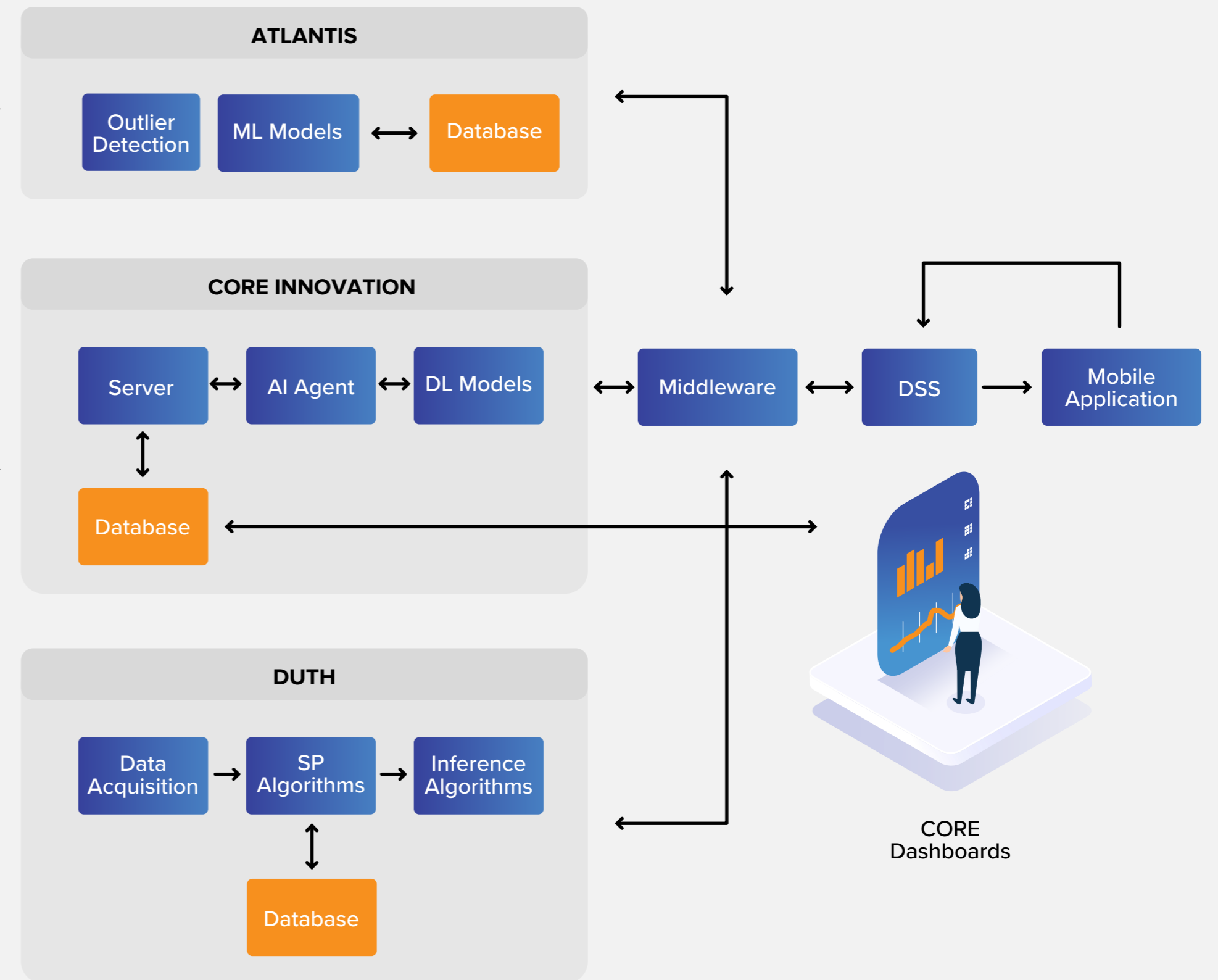
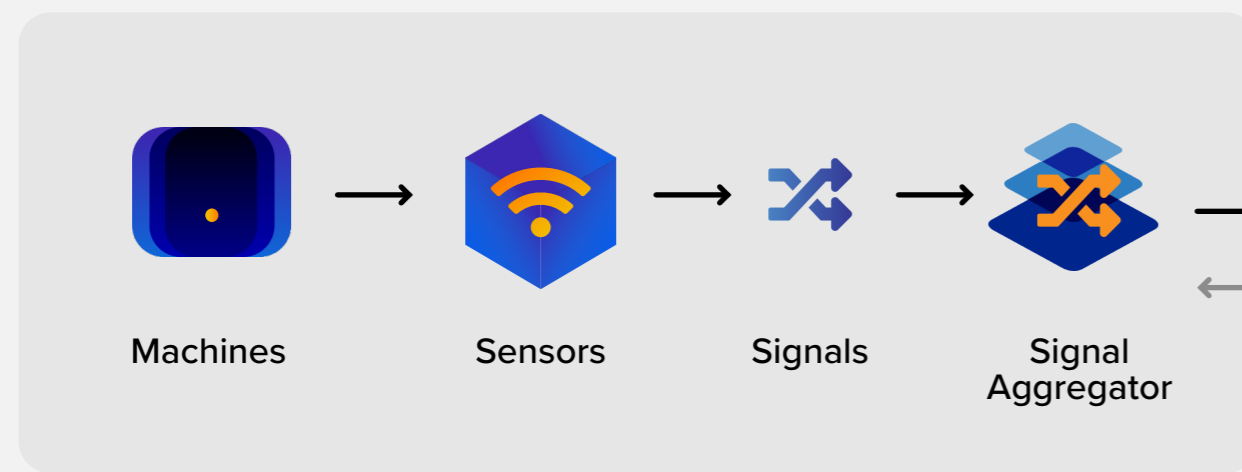
Στην ουσία, οι δύο μέθοδοι είναι και οι δύο **είσοδοι εισαγωγής δεδομένων** με τα οποία εκπαιδεύονται τα προβλεπτικά μοντέλα βλαβών. Κύριοι στόχοι στις γραμμές παραγωγής που θα εφαρμοστεί το σύστημα ΠΔΑ είναι η **μείωση κόστους που οφείλεται σε εργασίες συντήρησης/επισκευής**, καθώς επίσης και η **επιμήκυνση του ωφέλιμου χρόνου ζωής των μηχανών**.

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ PREDICT

Το integrated σύστημα του PREDICT είναι ένα **κατανεμημένο σύστημα**, βασισμένο στην συλλογή δεδομένων από IoT αισθητήρες, και στην επεξεργασία των δεδομένων με την βοήθεια **αλγορίθμων ανάλυσης εικόνων και μοντέλων μηχανικής μάθησης**.

Η καταγραφή των συνθηκών των μηχανών πραγματοποιείται μέσω **αισθητήρων επιτάχυνσης και καμερών υπερυψηλής ταχύτητας**.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης, τα οποία τροφοδοτούνται σε ένα σύστημα λήψης αποφάσεων, χρησιμοποιούνται μαζί με τα δεδομένα ανίχνευσης κινδύνων για τη δημιουργία προτάσεων για **προβλεπτική συντήρηση**.





ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ/ DASHBOARDS

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται δεδομένα από το User Interface (UI), το οποίο αναπτύσσει το ΔΠΘ, όπως αυτά εμφανίζονται στην οθόνη.



**Εικόνα 1: Δεδομένα από
επιταχυνσιόμετρα**

Δεδομένα από επιταχυνσιόμετρα δείχνουν το ακατέργαστο σήμα από το αισθητήριο

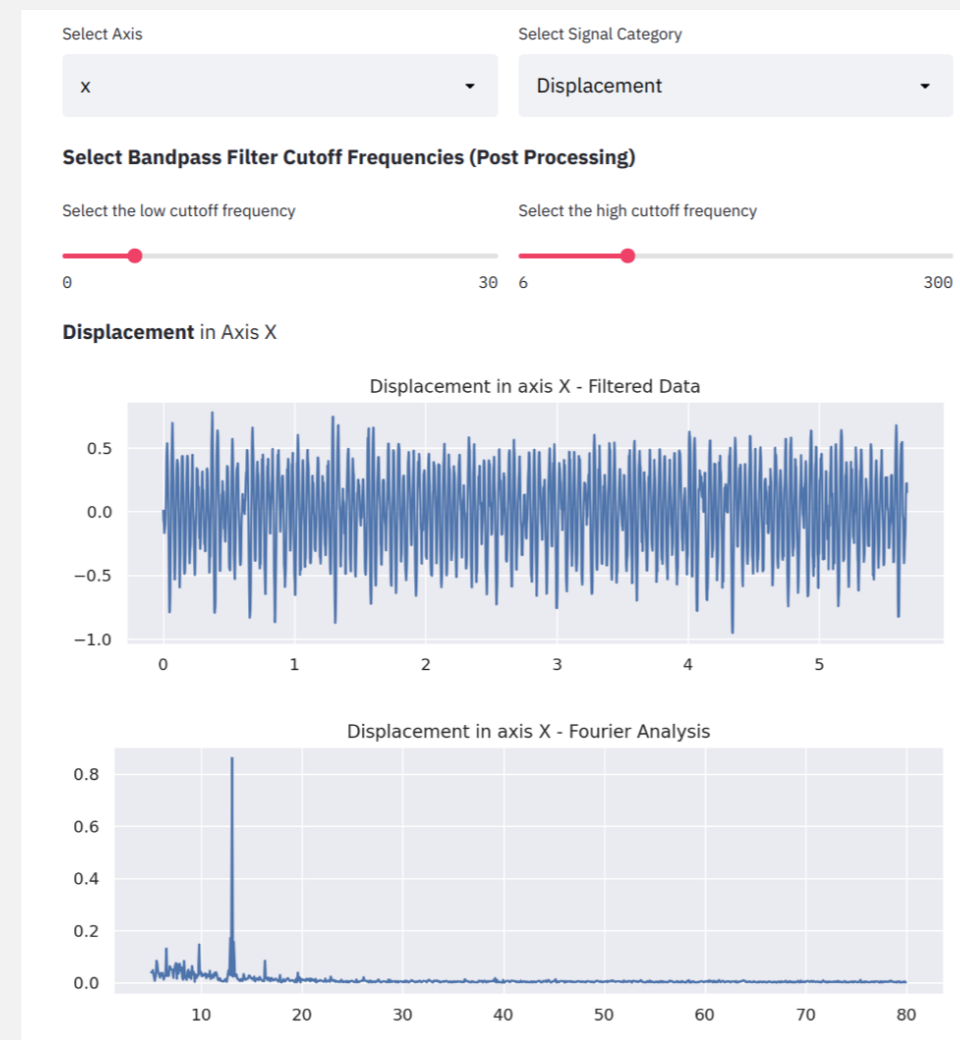
το σήμα του πρώτου διαγράμματος αλλά κατεργασμένο, φιλτραρισμένο με ζωνοπερατό φίλτρο


και το ανάπτυγμα Fourier του φιλτραρισμένου σήματος



Οι επόμενες δύο εικόνες δείχνουν τα ίδια δεδομένα με την Εικόνα 1, με τη βασική διαφορά πως τα σήματα δόνησης εξάγονται από **κάμερα και όχι από επιταχυνσιόμετρα.**

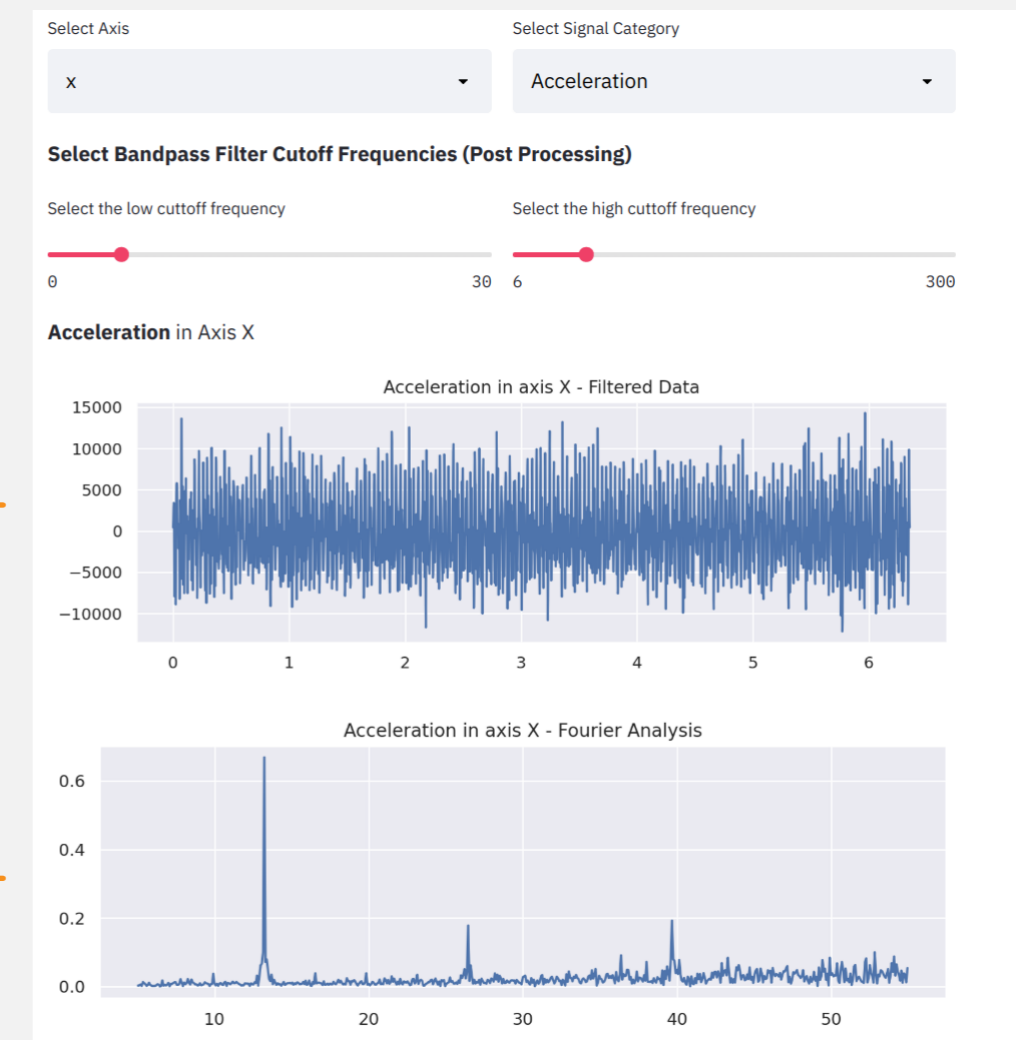
Βασική διαφορά μεταξύ των δύο εικόνων, πως το αποτέλεσμα στην πρώτη είναι για σήμα **μετατόπισης**, ενώ στη δεύτερη για σήμα **επιτάχυνσης**.




 **Εικόνα 2: Σήματα δόνησης από κάμερα για σήμα μετατόπισης**

Φιλτραρισμένο
σήμα δόνησης

Ο μετασχηματισμός
Fourier για τη
συνιστώσα της
δόνησης

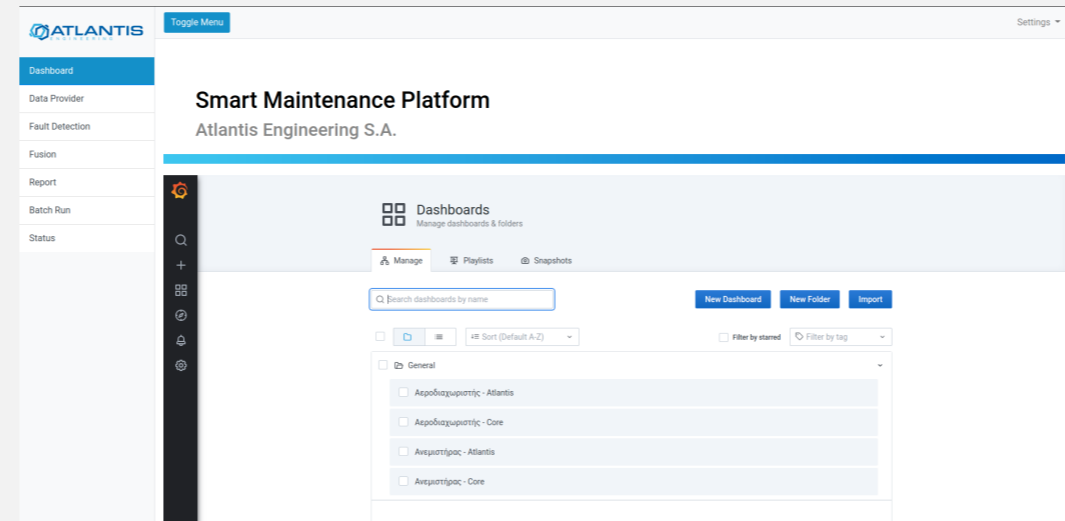


 **Εικόνα 3: Σήματα δόνησης από κάμερα για σήμα επιτάχυνσης**



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ/ DASHBOARDS

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται η **Πλατφόρμα Έξυπνης Συντήρησης της ATLANTIS**, η οποία ενσωματώνει το Grafana για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 4: Αρχική οθόνη της Πλατφόρμας Έξυπνης Συντήρησης της ATLANTIS.



Εικόνα 5: Ενδεικτική οπτικοποίηση μετρήσεων αισθητήρων

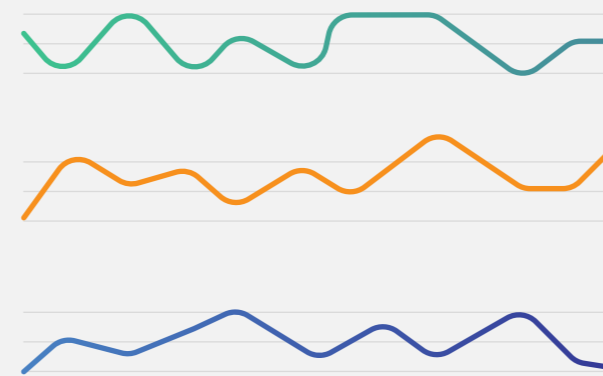
Εικόνα 6: Οθόνη παραμετροποίησης υπηρεσίας για σύνδεση με το σύστημα της Arpedon

Εικόνα 7: Οθόνη παραμετροποίησης υπηρεσίας εύρεσης σφαλμάτων

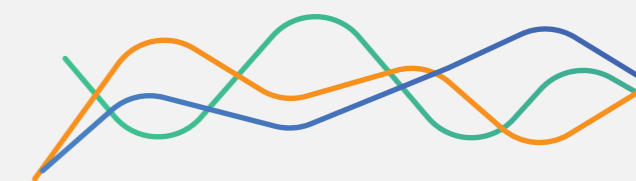


ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ/ DASHBOARDS

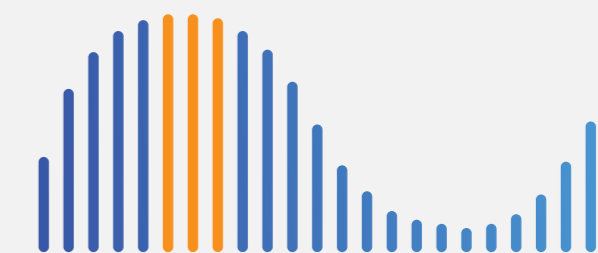
Για την ανάπτυξη του πιλοτικού συστήματος ΠΔΑ της CORE χρησιμοποιήσαμε **νευρωνικά δίκτυα και αλγορίθμους μηχανικής μάθησης** ειδικά διαμορφωμένους για το συγκεκριμένο πρόβλημα ώστε να μπορεί **το προβλεπτικό μοντέλο να ανιχνεύει βλάβες** στην κατάσταση της μηχανής σε πραγματικό χρόνο.



Το σύστημα περιλαμβάνει **τρία προβλεπτικά μοντέλα** (ένα για κάθε επιτυχιανσομετρο/άξονα) τα οποία λαμβάνουν σαν είσοδο το σήμα από το εκάστοτε αισθητήριο,



και **ένα συνολικό μοντέλο** το οποίο λαμβάνει την συνολική πληροφορία από όλα τα αισθητήρια ώστε να μπορεί να λαμβάνει γνώση για την **συνολική κατάσταση της μηχανής**.



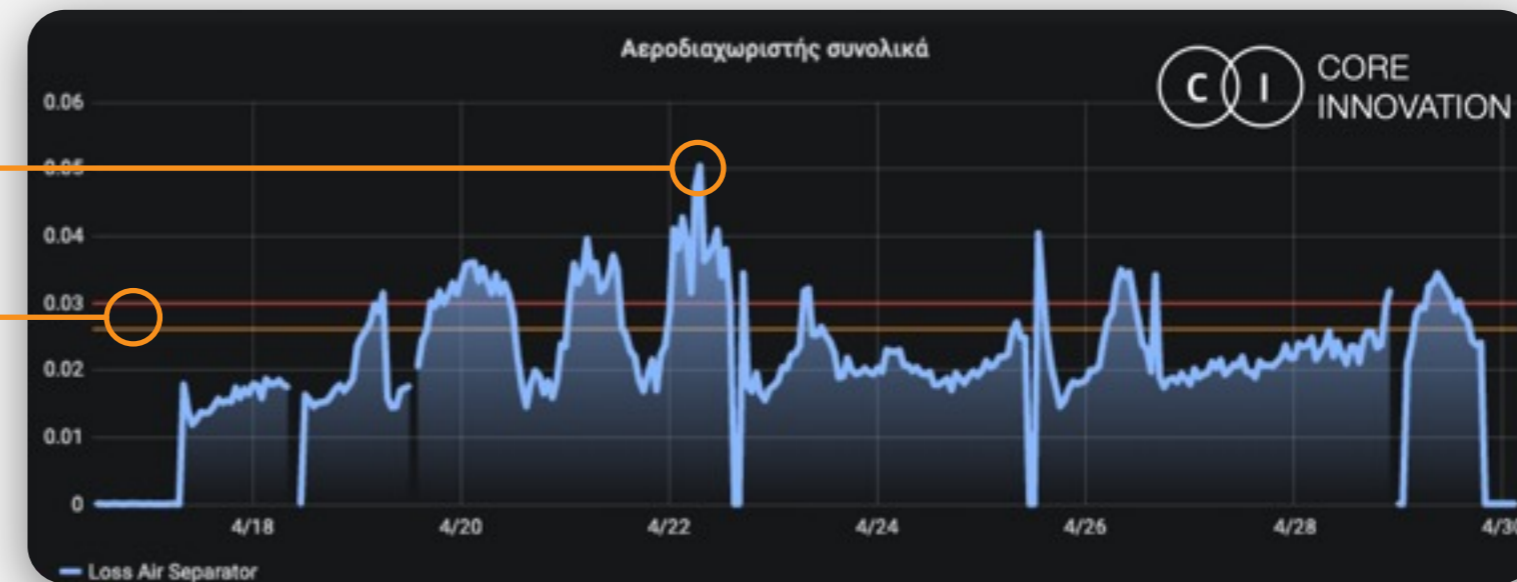
Η τελική έξοδος - πρόβλεψη του συστήματος ΠΔΑ προκύπτει από τον **συνδυασμό των επιμέρους μοντέλων**.



Στην εικόνα παρατηρούμε την γραφική απεικόνιση της λειτουργίας της μηχανής σε πραγματικό χρόνο. Η μπλε γραμμή είναι η πρόβλεψη του μοντέλου για την κατάσταση της μηχανής σε κάθε χρονική στιγμή.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αυτή τόσο πιθανότερο είναι να προκύψει βλάβη ή επίσπευση της συντήρησης.

Συγκεκριμένα, υπάρχουν όρια (πορτοκαλί και κόκκινες γραμμές) τα οποία αν ξεπεραστούν, στέλνεται ένα σήμα μέσω του **DSS** στον επιβλέπων της παραγωγικής διαδικασίας **ώστε να ελέγξει αν όντως πρόκειται για ανίχνευση ανώμαλης λειτουργίας** της μηχανής ή αποτέλεσμα εξωτερικού θορύβου.



Εικόνα 8: Γραφική απεικόνιση της λειτουργίας της μηχανής σε πραγματικό χρόνο



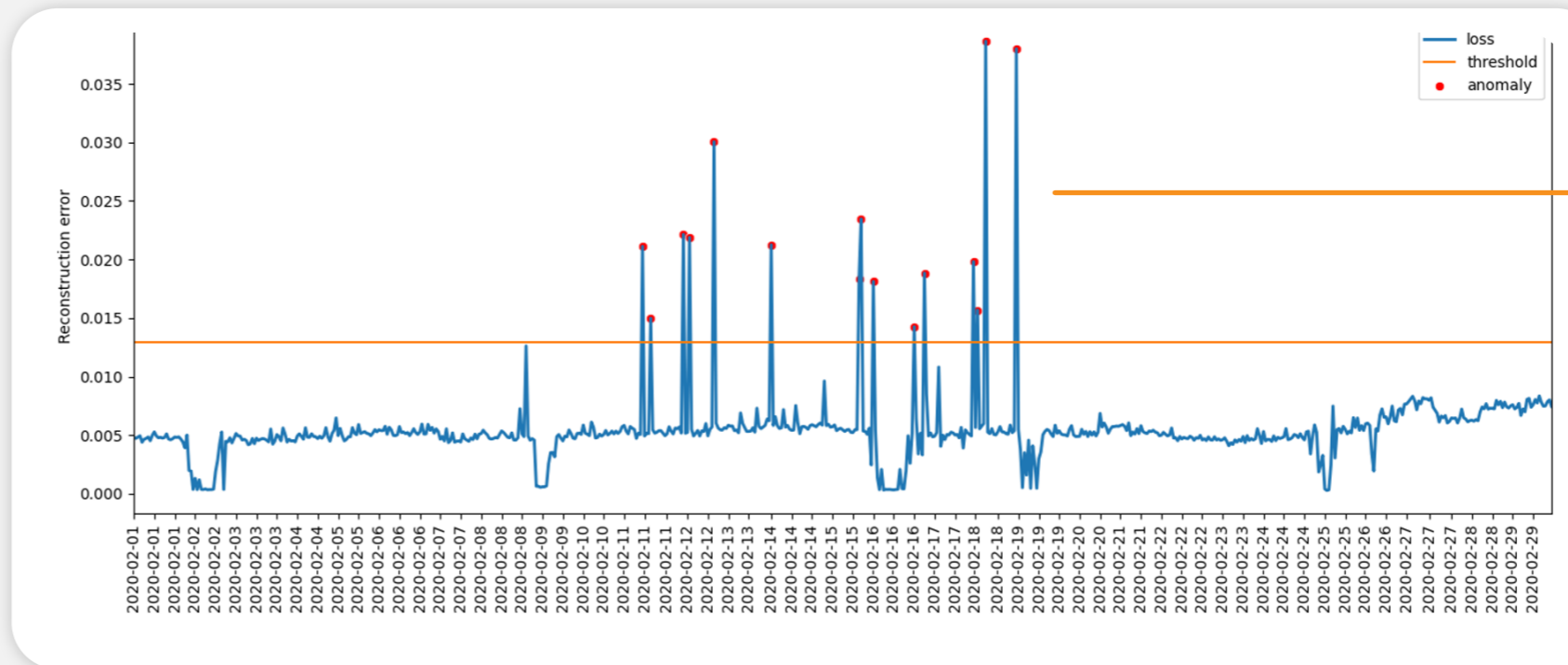
Εικόνα 9: Προβλέψεις των μοντέλων για τα επιμέρους αισθητήρια και επαλήθευση (In Horizontal/Out Vertical) για την ίδια χρονική περίοδο, (από 17/04 έως 30/04/2021)





ΕΠΙΤΥΧΗΜΕΝΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ

Στην συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα πρόβλεψης μη ομαλής λειτουργίας της μηχανής, παραθέτοντας την **αναπαράσταση του μοντέλου και την επαλήθευση τους** (όπου αυτό είναι εφικτό).



Εικόνα 10: Επαλήθευση προβλέψεων μοντέλου

Προβλέψεις του μοντέλου από 01/02 ως 29/02/2020, όπου σε σύνολο 3900 παρατηρήσεων το μοντέλο ανίχνευσε **14 συμβάντα μη ομαλής λειτουργίας**, βλ. μαρκαρισμένα σημεία στο κόκκινο πλαίσιο.

ΛΟΥΛΗ ΜΥΛΟΙ - ΣΟΥΡΠΗ - ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

Measurement points Files Info

+ Add

Name	Value	
Speed	3000	Delete
Comment	On Sunday, 16th of February ≈05:30 line stop. Intense sound on bearing of FAN IN VERTICAL V2.	Delete
Comment 2	On Monday, 17th of February ≈07:30 line start.	Delete
On Tuesday, 18th of February 10:30	we finished greasing the bearing of FAN IN VERTICAL V2 and started operation of the fan.	Delete
On Tuesday, 18th of February 10:00 line stop	Checking of bearing FAN IN VERTICAL V2.	Delete

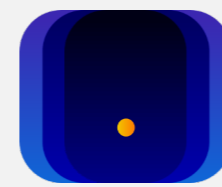
Εικόνα 11: Συμβάντα βλάβης/συντήρησης από την Πλατφόρμα της ΑΡΠΕΔΩΝ

Οι προβλέψεις του μοντέλου για τις συγκεκριμένες ημερομηνίες **επαληθεύονται** από τα καταγεγραμμένα συμβάντα βλάβης/συντήρησης, όπως αναφέρθηκαν στην Πλατφόρμα της ΑΡΠΕΔΩΝ

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Οι παραγωγικές μονάδες που επιλέγουν να υιοθετήσουν τη λύση που παρέχει το PREDICT θα έχουν πολλαπλά οφέλη τόσο στον τομέα της διαχείρισης κινδύνων όσο και στην διάρκεια ζωής του εξοπλισμού, **επιμηκύνοντας τον χρόνο ζωής των μηχανημάτων αλλά και μειώνοντας κάποια από τα καίρια κόστη** της επιχείρησης που προέρχονται από τον εξοπλισμό της.

Τα τεχνικά πλεονεκτήματα του συστήματος PREDICT είναι:



Η αρμονική ενσωμάτωση με το περιβάλλον των μηχανών



Ενσωμάτωση των αποτελεσμάτων PREDICT με τις διαδικασίες συντήρησης της εκάστοτε βιομηχανίας



Η ενεργή και διαρκής μάθηση με σύγχρονους αλγορίθμους μηχανικής μάθησης



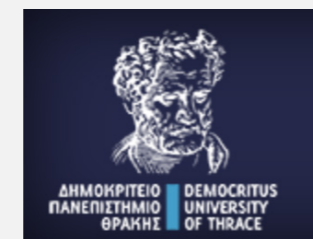
Η υψηλή ευελιξία, η προσαρμοστικότητα και η κλιμάκωση του συστήματος



Η συνεχής αναγνώριση ανωμαλιών και πρόβλεψη βλαβών μέσω πολυμεταβλητών διεργασιών

Συμπερασματικά, με την χρήση του ΠΔΑ επιτυγχάνεται η **έγκαιρη πρόβλεψη βλαβών/εκφυλιζόμενης λειτουργίας της μηχανής**. Αυτό δίνει την δυνατότητα στην εκάστοτε βιομηχανία να προγραμματίσει καλύτερα τις προληπτικές εργασίες συντήρησης και συνεπώς να **μειώσει κατά πολύ τον χρόνο μη διαθεσιμότητας των μηχανών τους**.

Το συγκεκριμένο white paper παρουσίασε τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας PREDICT και τα σημαντικά πλεονεκτήματα που προσφέρει στην βιομηχανία, επιταχύνοντας την υιοθέτηση της Προβλεπτικής Συντήρησης. Το σύστημα PREDICT αναπτύχθηκε από τους παρακάτω φορείς.



 @Predict_project

 @Predict

 www.predict-project.gr

Το Έργο PREDICT υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΩ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ - ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ)

Κωδικός Έργου: Τ1ΕΔΚ-02433



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης