

## Soft sensors

Αντικαθιστώντας τις εργαστηριακές αναλύσεις με real-time ελέγχους στη γραμμή παραγωγής

Αργύρης Τσιγκαλής, Sales Solutions Professional, SIEMENS



# Το πρόβλημα της μέτρησης

Πολλές διεργασίες απαιτούν συχνό έλεγχο της ποιότητας του προϊόντος



Η μέτρηση όμως είναι εφικτή μόνο

- μέσω **εργαστηριακών αναλύσεων** ή
- **αργών μετρήσεων** της διεργασίας



## Τρόφιμα - Ποτά:

- Αλκοολικός βαθμός (%) στη ζύμωση
- Ιξώδες σε σάλτσες και γαλακτοκομικά προϊόντα
- Κρυστάλλωση στην παραγωγή ζάχαρης



## Χημικά:

- Βαθμός μετατροπής μιας αντίδρασης
- Ποιότητα προϊόντος σε αποστακτική στήλη
- Ιξώδες στην παραγωγή πολυμερών



## Φάρμακα:

- Υγρασία σκόνης / κόκκων
- Συγκέντρωση API (δραστικής φαρμακευτικής ουσίας) στην παραγωγή δισκίων
- Βιομάζα σε κυτταρική καλλιέργεια



## Χαρτί:

- Αντοχή χαρτιού



## Νερό:

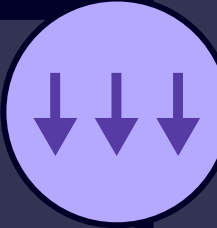
- Οξυγόνο, αμμωνιακό άζωτο στα υγρά απόβλητα

# Το πρόβλημα της μέτρησης



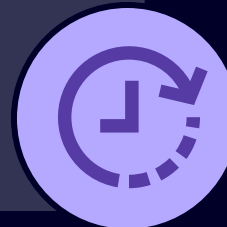
## Περιορισμένη συχνότητα δειγματοληψίας

Μόνο μία φορά ανά κάποιες ώρες ή την ημέρα



## Μεγάλοι χρόνοι απόκρισης

Οι εργαστηριακές αναλύσεις μπορεί να διαρκέσουν ώρες ή ακόμη και ημέρες, ενώ οι αργές μετρήσεις διεργασίας εμφανίζουν αποτελέσματα μόνο μετά από αρκετά λεπτά.



## «Τυφλά σημεία» στη διεργασία

Οι χειριστές δεν έχουν συνεχή ορατότητα σε κρίσιμες παραμέτρους ποιότητας.



## Υψηλό λειτουργικό κόστος

Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό, εξοπλισμός και αναλώσιμα για τη συχνή εκτέλεσή τους.



# Οι συνέπειες



## Την απόδοση

Χωρίς real time μετρήσεις ο έλεγχος της διαδικασίας δεν είναι βέλτιστος

## Την ποιότητα του προϊόντος

Το προϊόν έχει ήδη παραχθεί εκτός προδιαγραφών

## Την ενεργειακή αποδοτικότητα

Με περιορισμένη ορατότητα, οι χειριστές επιλέγουν υψηλότερες θερμοκρασίες, μεγαλύτερους χρόνους παραμονής, αυξημένη ανάδευση → Υπερκατανάλωση ενέργειας για να αποφευχθεί προϊόν εκτός προδιαγραφών

# Η ιδέα

Soft sensor

=

AI μοντέλο

+

Δεδομένα από άλλους,  
ήδη εγκατεστημένους  
αισθητήρες



Συνεχής εκτίμηση (πρόβλεψη)  
για παραμέτρου διεργασίας η  
οποία δεν μετρείται άμεσα



Ο έλεγχος διεργασίας απαιτεί κάποια ειδική μέτρηση.



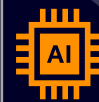
Το εργοστάσιο διαθέτει ήδη εγκατεστημένους πολλούς αισθητήρες.



Μεταξύ τους υπάρχει **συσχέτιση**, η οποία καθορίζεται από τη διεργασία.



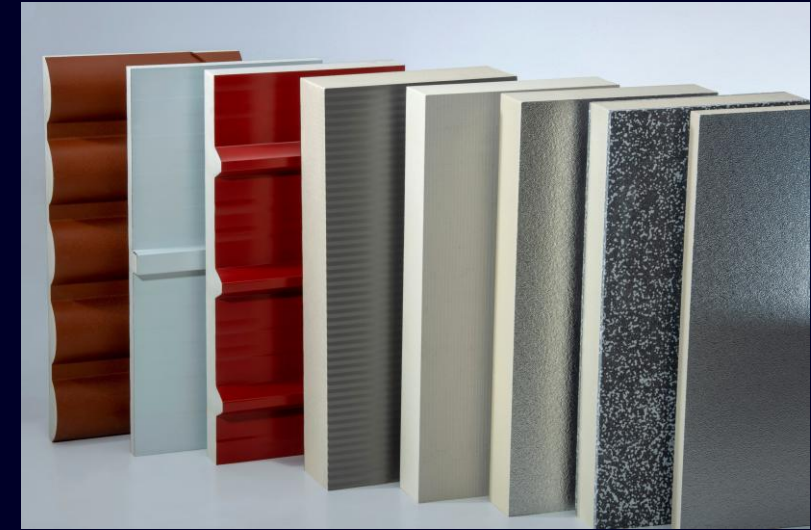
Ιδέα: Είναι δυνατή η **πρόβλεψη της μεταβλητής-στόχου** αξιοποιώντας τα διαθέσιμα δεδομένα, χωρίς νέο αισθητήρα;



Αυτό είναι εφικτό με τη χρήση ενός **soft sensor** που βασίζεται σε μοντέλο διεργασίας.



- Παγκόσμιος ηγέτης στην παραγωγή **πολυμερών υψηλής απόδοσης**
- **Πολυουρεθάνες**  
Χρήση σε: μονώσεις, αφρούς, έπιπλα, αυτοκινητοβιομηχανία, κατασκευές
- **Πολυκαρβονικά**  
Χρήση σε: διαφανή & ανθεκτικά πλαστικά, ηλεκτρονικά, αυτοκίνητα, ιατρικές συσκευές
- **Ειδικά πλαστικά & ρητίνες**  
Χρήση σε: χρώματα, βερνίκια, κόλλες, προστατευτικές επιφάνειες
- **40+ μονάδες παραγωγής διεθνώς**
- Παρουσία σε **100+ χώρες**



# Η ανιλίνη



Πρώτη ύλη για...



- Φαρμακευτικά προϊόντα
- Χρωστικές
- Αφρώδη υλικά που χρησιμοποιούνται στη μόνωση κτιρίων και ψυκτικών συσκευών



Επηρεάζει...

- Την απόδοση των επόμενων αντιδράσεων στη διεργασία
- Κρίσιμα χαρακτηριστικά ποιότητας
- Ακόμη και μικρές αποκλίσεις μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις.

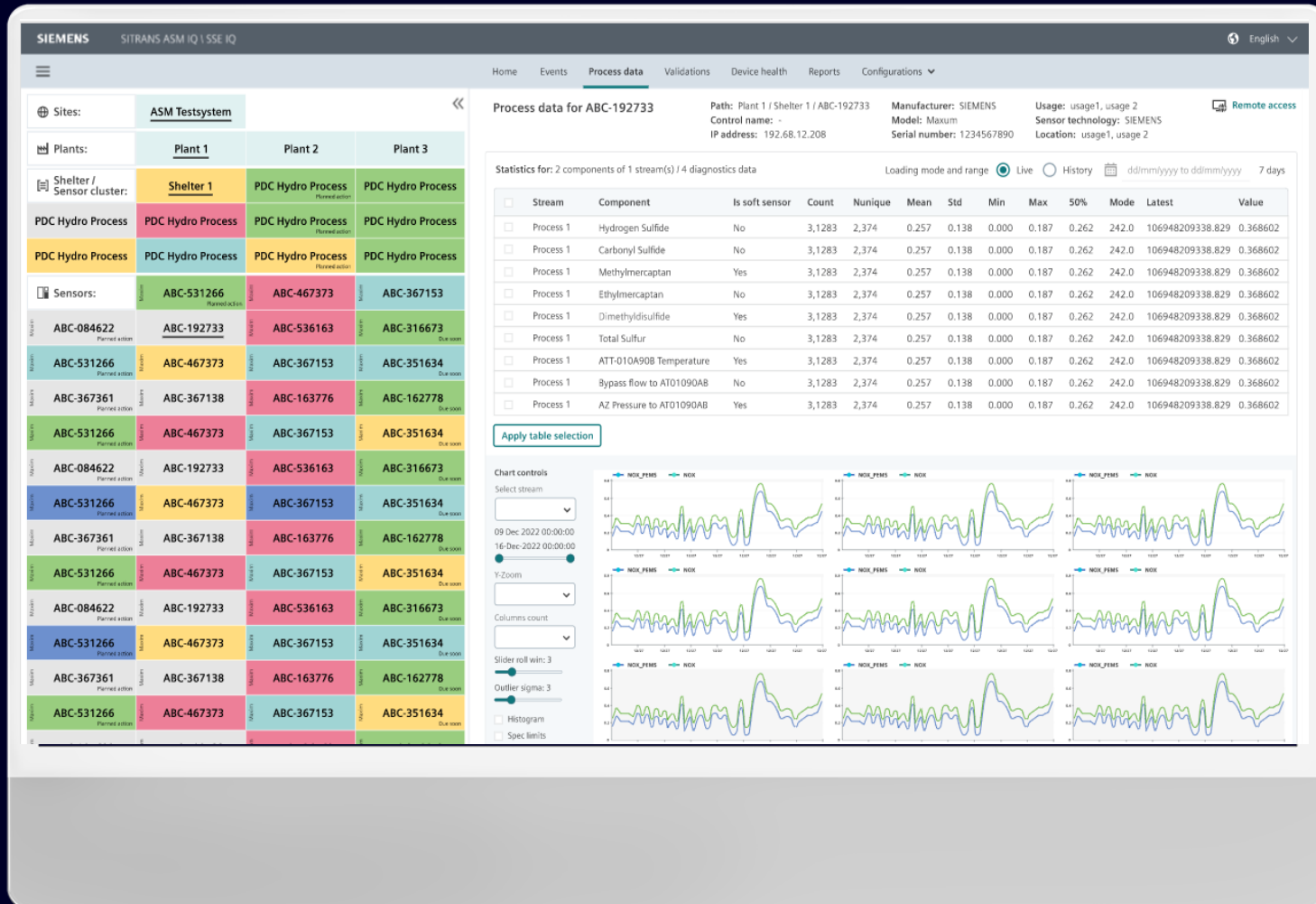


Μέτρηση

- Μέσω δειγματοληψίας και εργαστηριακών αναλύσεων (π.χ. αέρια χρωματογραφία – GC)
- Χρονική καθυστέρηση στα αποτελέσματα (Σύνολο από δειγματοληψία έως αποτέλεσμα = αρκετές ώρες...1 ημέρα)
- Υψηλό κόστος
- Μη συνεχής μέτρηση (1 φορά ανά εβδομάδα)

# SITRANS SSE IQ (Soft Sensor Engine)

## Μία πλατφόρμα για κάθε είδους soft sensor



01 | **Ανάπτυξη και λειτουργία** soft sensors με χρήση μοντέλων διεργασίας που δημιουργούνται με τεχνητή νοημοσύνη (AI)

02 | **Απεικόνιση** φιλική προς τον χρήστη

03 | **Σύνδεση** με το σύστημα αυτοματισμού για την παροχή αποτελεσμάτων μετρήσεων

04 | **Αξιολόγηση** της απόδοσης του soft sensor σύμφωνα με τα πρότυπα μετρολογίας

05 | Πρόσθετες λειτουργίες για τη **διαχείριση** του soft sensor, όπως η διαχείριση συμβάντων

## Βήμα 1

### Ανάλυση

- Ημερήσια ιστορικά δεδομένα
- Ελάχιστη περίοδος: 3–12 μήνες (ώστε να λαμβάνονται υπόψη διαφορετικά επίπεδα λειτουργίας και εποχικές επιδράσεις)
- Όλοι οι διαθέσιμοι αισθητήρες (π.χ. παροχή δεδομένων μέσω αρχείων CSV)
- Διάγραμμα Σωληνώσεων & Οργάνων Μέτρησης και Ελέγχου
- Περιγραφή Αυτοματισμού και Ελέγχου
- Στιγμιότυπα οθονών SCADA



Οι πληροφορίες αξιολογούνται από Ειδικό Διεργασιών (Process Expert) και Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) για να αξιολογηθεί **αν είναι εφικτή** η δημιουργία softsensor και τον **καθορισμό των απαιτούμενων παραμέτρων εισόδου**

## Βήμα 2

## Προεπεξεργασία δεδομένων

- Συμπλήρωση **ελλιπών δεδομένων** μέσω παρεμβολής και άλλων μεθόδων
- Απομάκρυνση **ακραίων τιμών** που δεν λαμβάνονται υπόψη στην εκπαίδευση του μοντέλου

SIEMENS SITRANS SSE IQ

Preprocessing

Workflow 1

Column preview Manage duplicates Manage missing values \* Data validation Contextual errors Statistical analysis Data visualization Outlier de>

Fill or remove missing values in your dataset

Numerical columns handling strategy: Mean

String columns handling strategy: Mode

View missing values

Handle missing values

Column Name	Data Type	Category	Missing Count
time	DateTime	String	0
AT	Float	Numerical	0
AP	Float	Numerical	0
AH	Float	Numerical	0
AFDP	Float	Numerical	0
GTEP	Float	Numerical	0
TIT	Float	Numerical	0
TAT	Float	Numerical	0

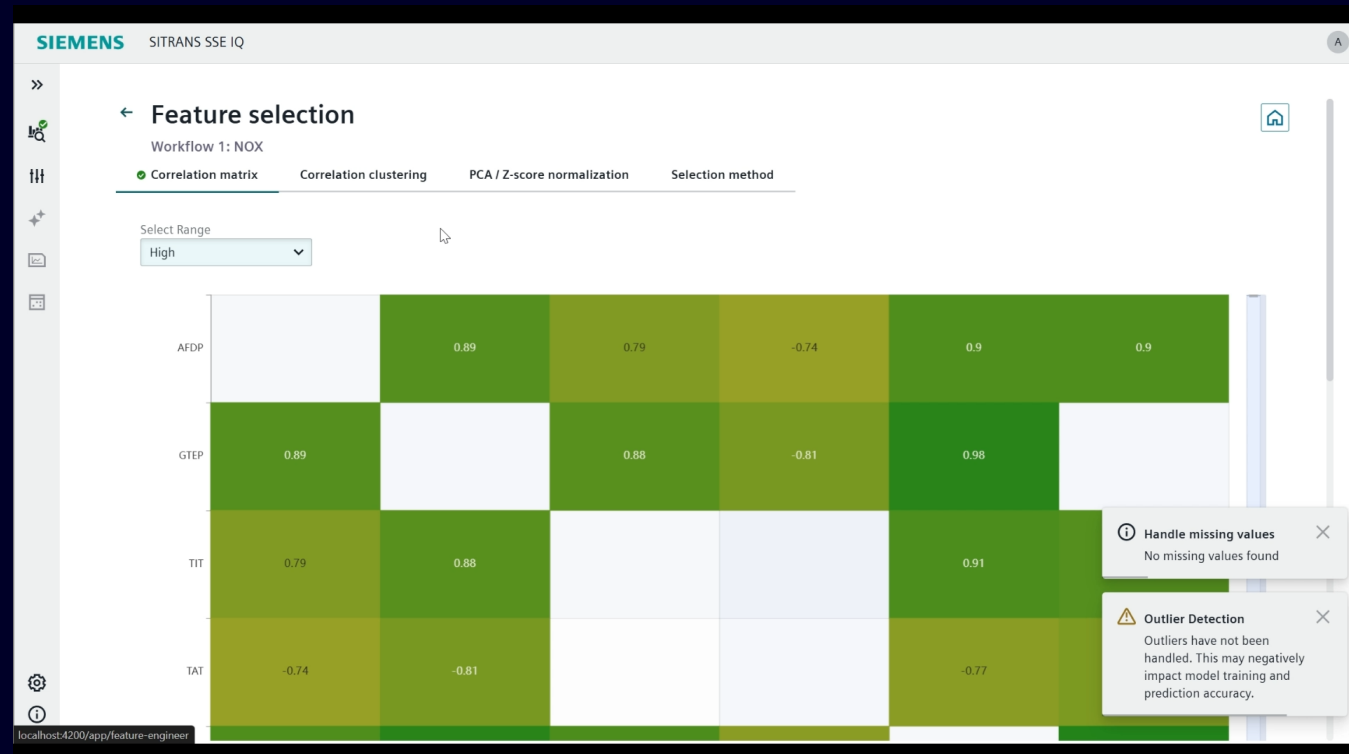
Handle missing values  
No missing values found

localhost:4200/app/feature-engineer

## Βήμα 3

### Εξερεύνηση των συσχετίσεων των δεδομένων

- Εξερεύνηση των συσχετίσεων των δεδομένων με βάση τόσο **στατιστικά** όσο και **φυσικά κριτήρια**
- **5 έως 10** σωστά επιλεγμένες μεταβλητές αρκούν για τη δημιουργία ενός ισχυρού μοντέλου

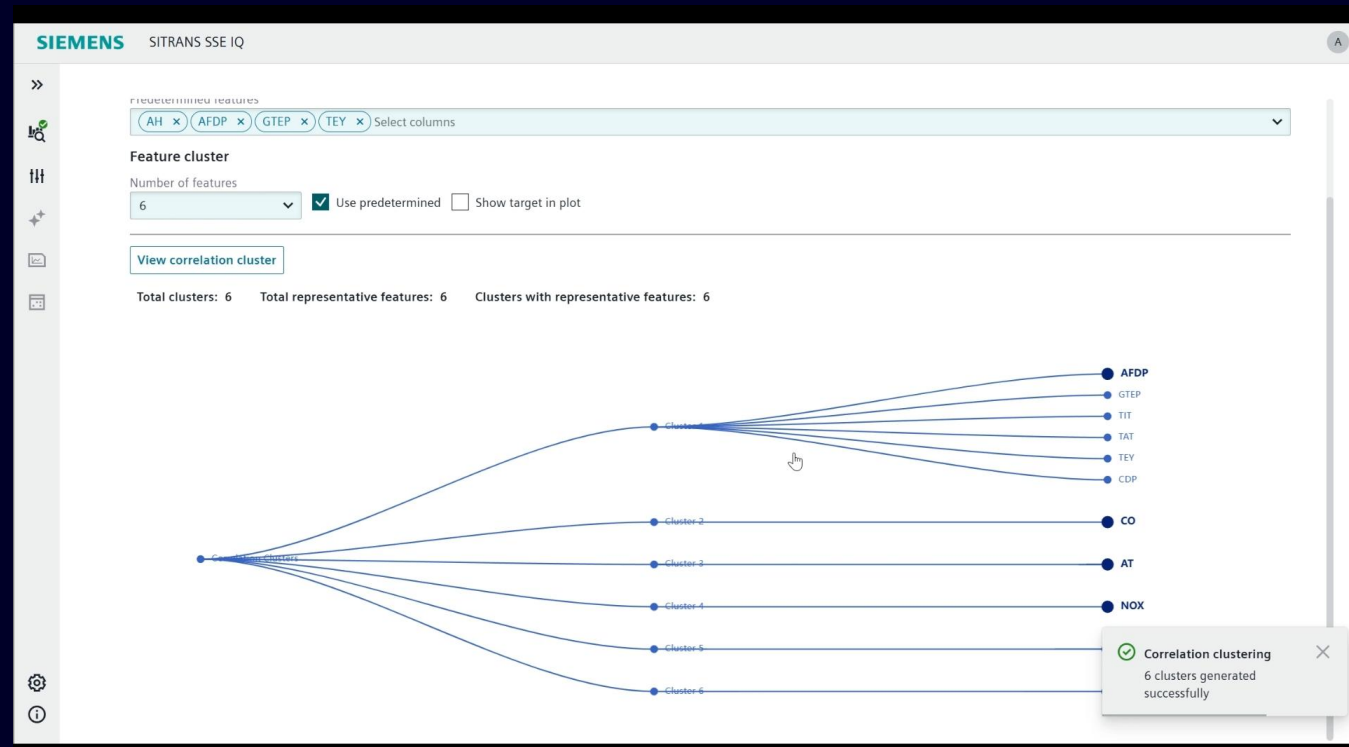


# Βήματα

## Βήμα 4

### Επιλογή των σωστών εισόδων

- Οι εισοδοι συχνά είναι έντονα συσχετισμένες (π.χ. η πίεση επηρεάζει τη ροή) – επομένως χρησιμοποιείται **μόνο μία από αυτές**, ώστε να αποφεύγεται η χρήση 30+ εισόδων.
- Προσέγγιση αποφυγής πολύπλοκων μοντέλων για λειτουργία και συντήρηση (π.χ. αισθητήρες με **χαμηλή αξιοπιστία** αποφεύγονται λόγω του κινδύνου επίδρασης της αβεβαιότητας).



## Βήμα 5

### Εκπαίδευση του μοντέλου

- Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει εκπαίδευση για **σύντομο χρονικό διάστημα** (π.χ. λίγα λεπτά) ώστε να ελεγχθεί η σκοπιμότητα ενός soft sensor, ή για **μεγαλύτερο χρόνο** με στόχο τη βελτίωση της ακρίβειας.
- Το λογισμικό εντοπίζει το βέλτιστο μοντέλο Τεχνητής Νοημοσύνης (**σύνθεση διαφόρων υπο-μοντέλων**) μέσα από εκατομμύρια διαφορετικές επαναλήψεις, εξερευνώντας λύσεις από απλή παλινδρόμηση έως πολύπλοκα νευρωνικά δίκτυα.

SIEMENS SITRANS SSE IQ

### Model building

Workflow 1: NOX

Select Train/Test split

70% Train 90% Train

Train: 80% | Test: 20%

Select AutoML mode

Fastest  Best fit  Time budget

Quickly fit an ML Model to the data to validate your use case - 2 Mins Get the best possible ML model without constraints on interpretability -60 Mins Set your own time budget and get the best possible model within that time

Save configuration and build later Build model now

Available models

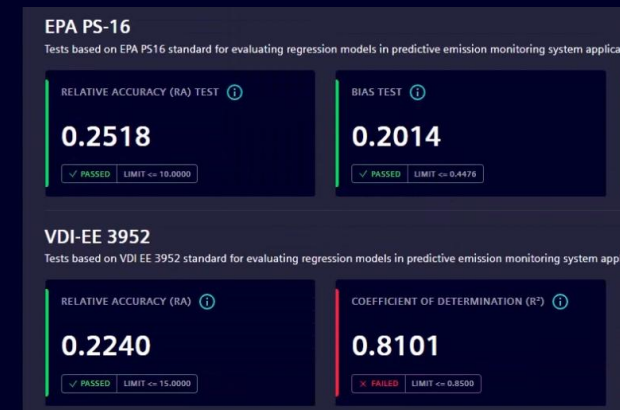
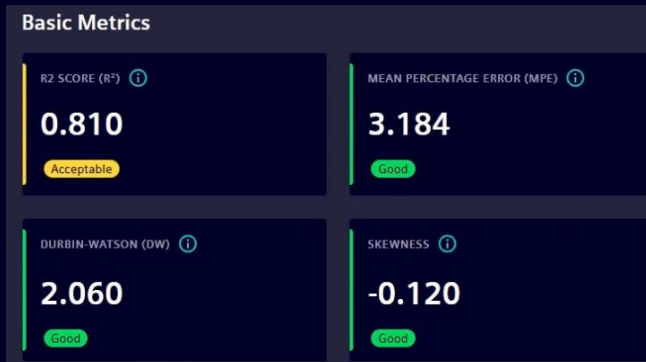
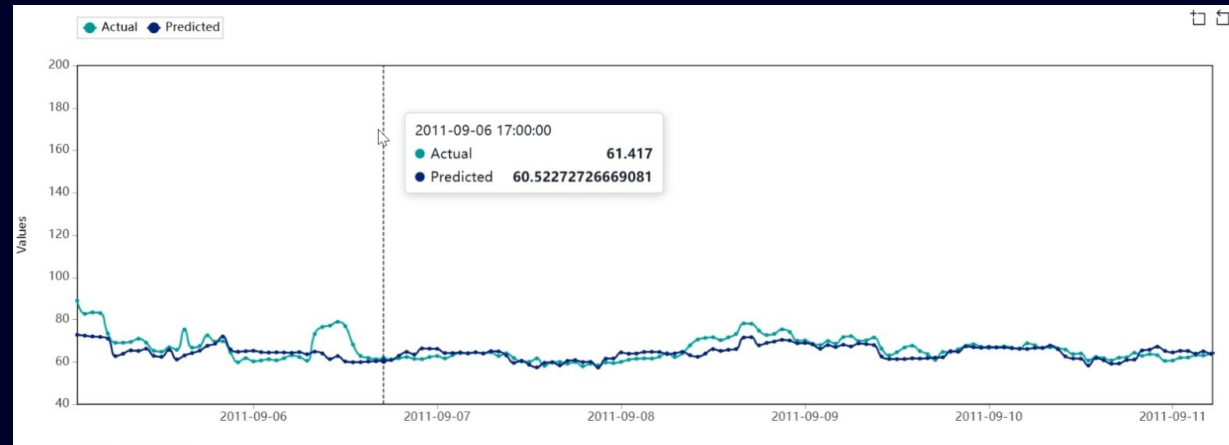
Model name	Created on	Time taken	R2 score	Mean percentage error	Status
Model 1	24.2.2026, 16:18:37	2m 0s	0.7167	4.61	

AutoML Training completed successfully

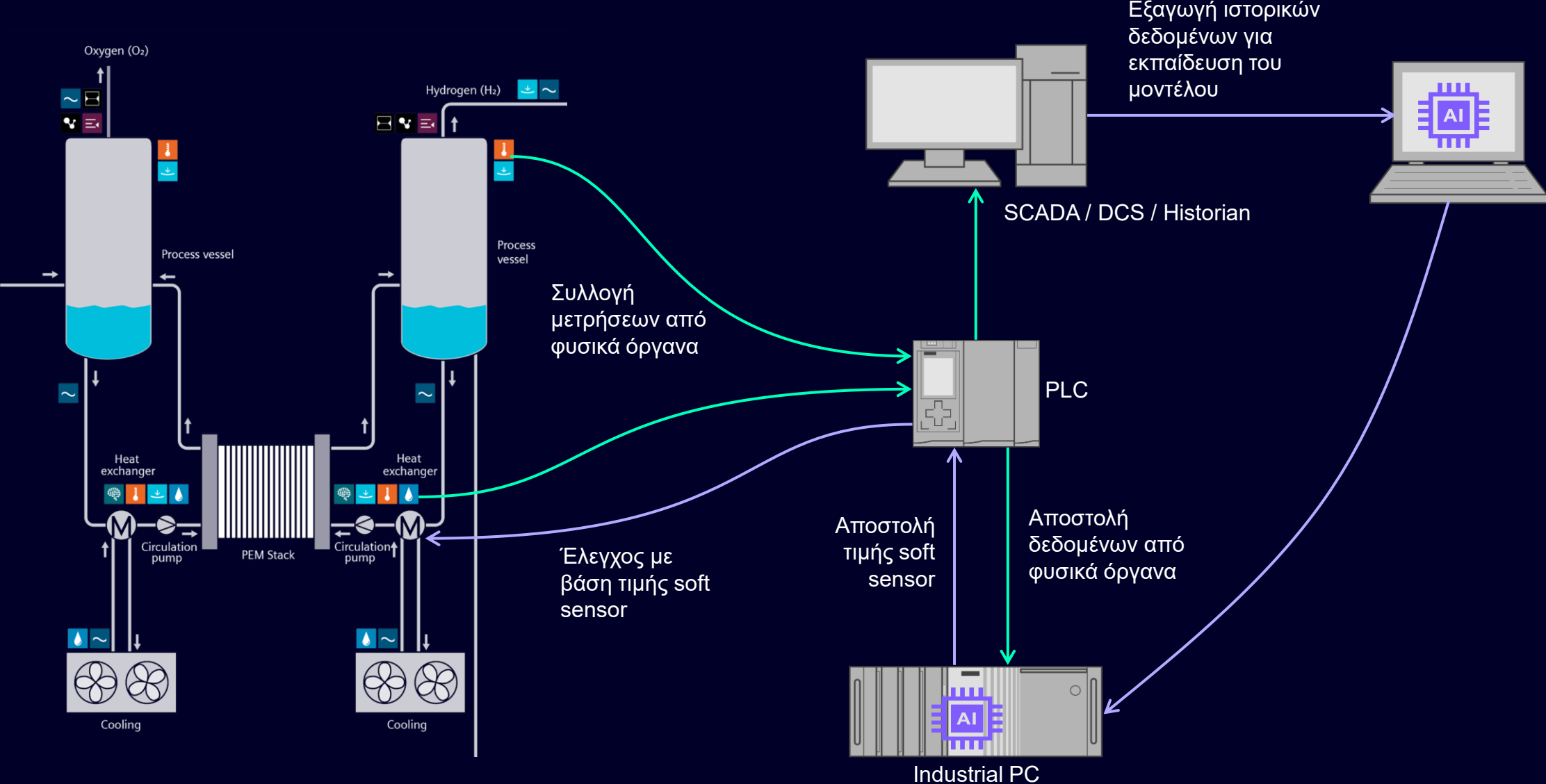
## Βήμα 6

### Έλεγχος ακρίβειας του μοντέλου

- **Επικύρωση** του soft sensor μέσω σύγκρισης με πραγματικές μετρήσεις (ακρίβεια, συσχέτιση).
- Αξιολόγηση της ανάγκης **βαθμονόμησης** του μοντέλου (bias, drift), η οποία πραγματοποιείται σε επίπεδο λογισμικού, καθώς και εκτίμηση της ανάγκης επανεκπαίδευσής του.



# Σύνδεση με συστήματα ελέγχου



Demo

Demo

# Αποτελέσματα



1

## Αύξηση παραγωγής

Η διαδικασία γίνεται ακριβώς για όσο χρόνο χρειάζεται

0,5 – 1%

2

## Μείωση παραγωγής προϊόντων εκτός προδιαγραφών

Συνεχής real time μέτρηση → Έγκαιρη παρέμβαση

έως και 50%

3

## Βελτίωση ποιότητας

Συνεχής real time μέτρηση → Βέλτιστη ρύθμιση της διαδικασίας παραγωγής

έως και 30%

4

## Μείωση κατανάλωσης ενέργειας

Συνεχής real time μέτρηση → Χαμηλότερες ρυθμίσεις διεργασίας

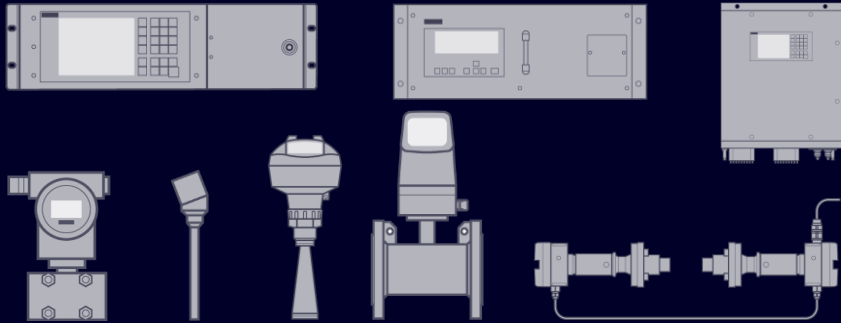
1–2%

5

## Μείωση κόστους παραγωγής

Εξοικονόμηση απασχόλησης προσωπικού για δειγματοληψία και αναλύσεις και κόστους αναλύσεων (οι αναλύσεις μειώνονται)

# Περιοχές εφαρμογής των soft sensors



Υπερ-υψηλή ακρίβεια



Υψηλό κόστος του συστήματος αισθητήρων (CapEx, OpEx)



Αισθητήρες χαμηλού κόστους



Ανεπαρκής αξιοπιστία αισθητήρων (αντικατάσταση ή εφεδρεία)



Μετρήσεις ασφάλειας



Απαιτείται ταχύτερη μέτρηση ή η μέτρηση δεν είναι διαθέσιμη σήμερα



Έλεγχος διεργασιών, ποιότητας ή περιβάλλοντος

# Σύγκριση με φυσικούς αισθητήρες



Σημαντικά χαμηλότερο κόστος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής



Βελτιωμένη αξιοπιστία με λιγότερες διακοπές λειτουργίας



Επιτρέπει καλύτερο έλεγχο διεργασιών



Έως

~100%

διαθεσιμότητα για κάθε αισθητήρα (βασίζονται σε πολλαπλά σήματα εισόδου)

70%

μείωση κόστους επένδυσης για συγκεκριμένους αισθητήρες

90%

μείωση ετήσιου λειτουργικού κόστους για αισθητήρες

99%

ταχύτερος χρόνος απόκρισης για συγκεκριμένες εφαρμογές

# Contact

**Αργύρης Τσιγκαλής**

Sales Solutions Professional

SIEMENS A.E.

Αγίου Γεωργίου 5

555 35 Θεσσαλονίκη

Mobile +30 6946 003925

E-mail [argirios.tsigalis@siemens.com](mailto:argirios.tsigalis@siemens.com)



# Disclaimer

© Siemens 2026

Subject to changes and errors. The information given in this document only contains general descriptions and/or performance features which may not always specifically reflect those described, or which may undergo modification in the course of further development of the products. The requested performance features are binding only when they are expressly agreed upon in the concluded contract.

All product designations may be trademarks or other rights of Siemens AG, its affiliated companies or other companies whose use by third parties for their own purposes could violate the rights of the respective owner.