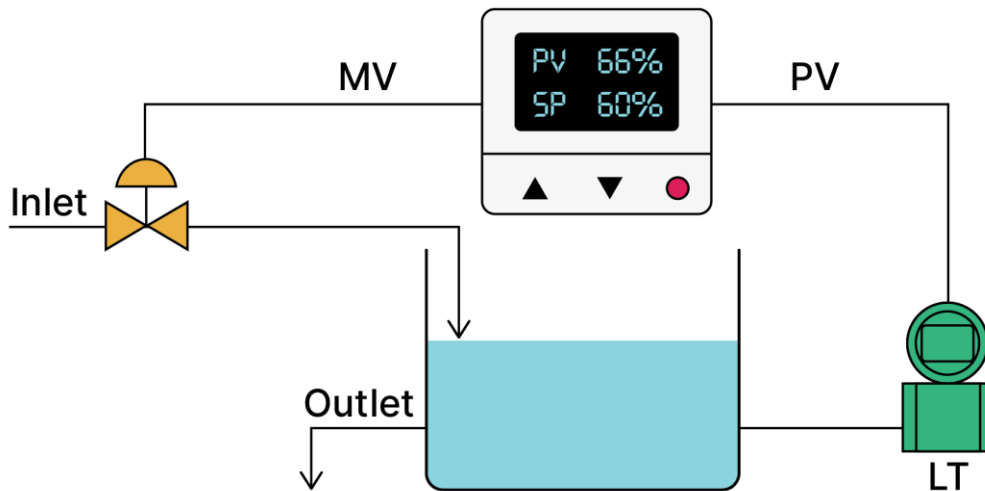


Εφαρμογές ελεγκτών PID στη βιομηχανία



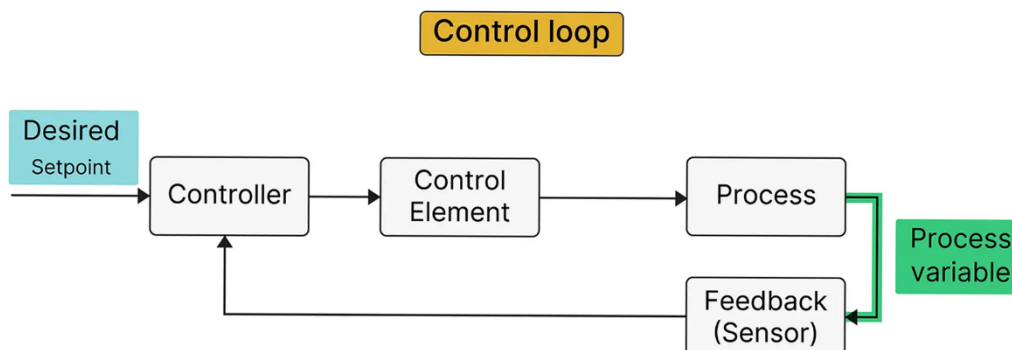
Σε αυτό το μάθημα, θα συζητήσουμε **τους ελεγκτές PID**, τι είναι και τι κάνουν, την εξέλιξή τους στις σύγχρονες βιομηχανικές εφαρμογές και, τέλος, μερικές νεότερες προσεγγίσεις ελέγχου.

Τι είναι ο ελεγκτής PID;

Ο σκοπός ενός ελεγκτή PID είναι να διατηρεί αυτόματα μια μεταβλητή διεργασίας σε ένα επιθυμητό σημείο ρύθμισης.

Πώς επιτυγχάνεται αυτό;

Σε έναν βρόχο ελέγχου, μια μεταβλητή διεργασίας μετράται συνεχώς και συγκρίνεται με ένα επιθυμητό σημείο ρύθμισης, το οποίο συνήθως καθορίζει ένας ανθρώπινος χειριστής.



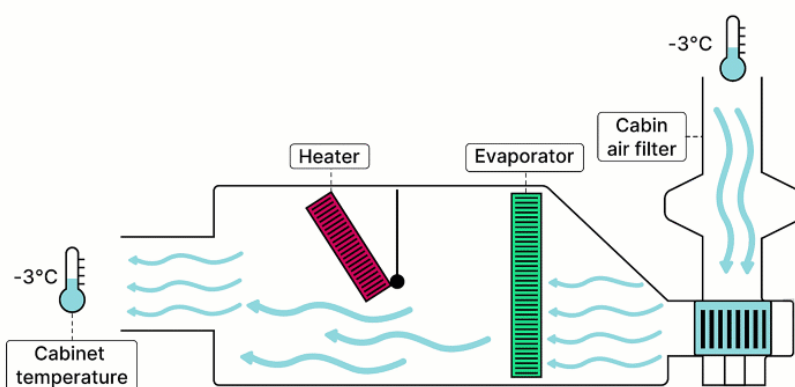
Ας υποθέσουμε ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ της μετρούμενης τιμής και της επιθυμητής τιμής σημείου ρύθμισης. Σε αυτήν την περίπτωση, θα πραγματοποιηθούν διορθωτικές ενέργειες στη ρυθμιζόμενη μεταβλητή για να φέρει τη μεταβλητή διεργασίας πιο κοντά στο σημείο ρύθμισης.

Παράδειγμα θερμοκρασίας αυτοκινήτου

Θα εφαρμόσουμε αυτήν την ιδέα στον έλεγχο της εσωτερικής θερμοκρασίας ενός αυτοκινήτου.

Ας υποθέσουμε ότι οδηγείτε στον αυτοκινητόδρομο όταν αλλάζει η εξωτερική θερμοκρασία, προκαλώντας πτώση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Η νέα θερμοκρασία καμπίνας ανιχνεύεται, τροφοδοτείται πίσω στον ελεγκτή και συγκρίνεται με την επιθυμητή θερμοκρασία σημείου ρύθμισης. Ο ελεγκτής θα μετακινήσει θυρίδες ή βαλβίδες, αναμειγνύοντας τον εξωτερικό αέρα με τον αέρα που θερμαίνεται από τον κινητήρα, για να αυξήσει τη θερμοκρασία της καμπίνας μέχρι να φτάσει στο σημείο ρύθμισης.



Οι θυρίδες ανοίγουν πλήρως; Είναι στραγγαλισμένες; Πόσο γρήγορα κινούνται;

Εκεί είναι απαραίτητα τα "P", "I" και "D" του ελέγχου PID.

Δεν θέλουμε η θερμοκρασία της καμπίνας να αυξάνεται πέρα από το σημείο ρύθμισης ή πολύ αργά. Προφανώς, η κίνηση της θυρίδας είναι κρίσιμη.

Ο αλγόριθμος **PID** καθορίζει την ενέργεια ελέγχου.

Το "P" σημαίνει Αναλογικό, το "I" σημαίνει Ολοκληρωτικό (Integral) και το "D" σημαίνει Παραγωγικό (Derivative).

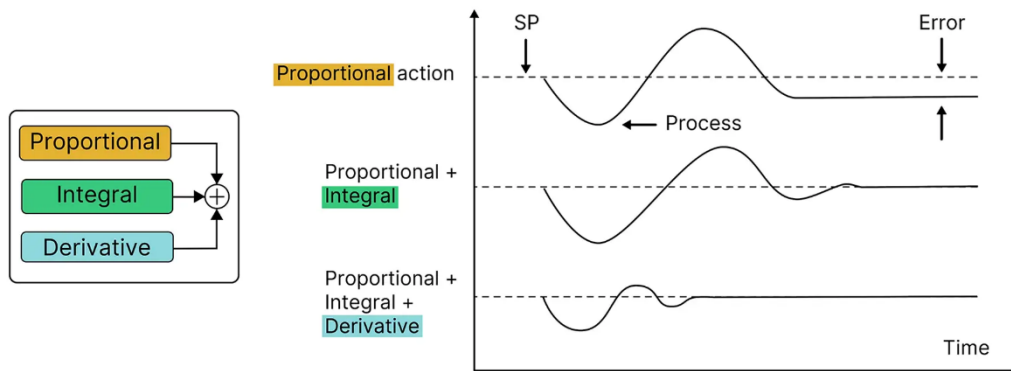
Η προσαρμογή αυτών των παραμέτρων αλλάζει τον τρόπο απόκρισης του ελεγκτή.

Ο Αναλογικός όρος (P) εξετάζει την τρέχουσα τιμή και παρέχει μια προσαρμογή με βάση τη διαφορά της από το σημείο ρύθμισης. Αυτή η διαφορά αναφέρεται ως σφάλμα.

Ο Ολοκληρωτικός όρος (I) εξετάζει το μεταβαλλόμενο σφάλμα και ο Παραγωγικός όρος (D) προσπαθεί να προβλέψει προς τα πού κατευθύνεται.

Οι όροι P και I λένε στη διορθωτική ενέργεια να συνεχίσει.

Ο Παραγωγικός όρος πιάνει τη διορθωτική ενέργεια και λέει, Πας πολύ γρήγορα. Πρέπει να επιβραδύνεις.



Εξέλιξη των ελεγκτών PID

Many automation and control folks credit Elmer Sperry for inventing the simple feedback PID controller in 1911. Elmer created a system to control a ship's rudders to help prevent it from sinking due to waves and other external forces. Πολλοί άνθρωποι αυτοματισμού και ελέγχου πιστώνουν τον Elmer Sperry για την εφεύρεση του απλού ελεγκτή ανάδρασης PID το 1911. Ο Έλμερ δημιούργησε ένα σύστημα για τον έλεγχο των πηδαλίων ενός πλοίου για να αποτρέψει τη βύθισή του λόγω κυμάτων και άλλων εξωτερικών δυνάμεων.

Οι πρώτοι **πρακτικοί βιομηχανικοί ελεγκτές PID** εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1940, όπως ο πνευματικός ελεγκτής Foxboro 43P.

Η εισαγωγή ηλεκτρονικών ελεγκτών PID, όπως ο FOXBORO SPEC 230SM CONTROL STATION, οδήγησε στην ευρεία χρήση του ελέγχου PID στις βιομηχανίες διεργασιών.

Foxboro 43P pneumatic controller



FOXBORO SPEC 230SM
Electronic controllers



Οι αίθουσες ελέγχου ήταν γεμάτες με ελεγκτές ενός σταθμού τοποθετημένους σε πίνακες, καθένας από τους οποίους διαχειριζόταν μια Μεταβλητή Διαδικασίας ή έναν βρόχο ελέγχου.

Ένα σχέδιο σωληνώσεων και οργάνων (P&ID) δείχνει πώς συνδέονται ο εξοπλισμός, οι βαλβίδες και τα όργανα σε μια διεργασία.

Ένας διακριτός αυτόνομος ελεγκτής ένδειξης στάθμης (LIC) που βρίσκεται σε έναν πίνακα ελέγχου και είναι προσβάσιμος από έναν χειριστή εμφανίζεται χρησιμοποιώντας έναν κύκλο με τυπωμένο τον αριθμό ετικέτας της συσκευής.

Συστήματα ελέγχου PLC και DCS

Οι ελεγκτές ενός σταθμού έχουν σχεδόν εξαφανιστεί από τη βιομηχανία.

Σήμερα, διαθέτουμε **πλατφόρμες PLC και DCS** που είναι ικανές να διαχειρίζονται πολλαπλές διεργασίες μέσω κεντρικού ελέγχου, με αποτέλεσμα ταχύτερη επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων.

Για παράδειγμα, η μονάδα αναλογικής εισόδου AB Controllogix PLC 1756-IF8 μπορεί να λάβει δεδομένα μέτρησης διεργασίας από έως και 8 ξεχωριστές διεργασίες. Η διαχείριση του ελέγχου PID γίνεται μέσω της γλώσσας προγραμματισμού RSLogix 5000 ή της νεότερης έκδοσης Studio 5000 Logix Designer.

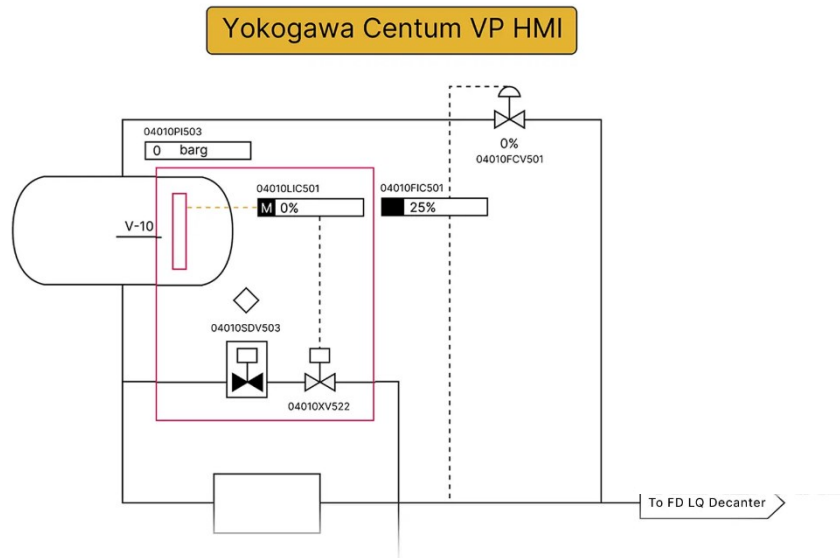
Το **DCS** είναι ένα μηχανογραφημένο σύστημα ελέγχου με πολλαπλούς αυτόνομους ελεγκτές που λειτουργούν και ελέγχουν πολλούς βρόχους ελέγχου.

Οι συσκευές πεδίου συνδέονται με ελεγκτές με πολλαπλές μονάδες I/O που βρίσκονται σε ερμάρια (cabinets). Οι ελεγκτές είναι δικτυωμένοι χρησιμοποιώντας πολλά πρωτόκολλα επικοινωνίας, όπως Ethernet ή Modbus. Τα HMI του σταθμού χειριστή βρίσκονται σε μια κεντρική αίθουσα ελέγχου.

Ο σταθμός χειριστή επιτρέπει στους χειριστές της εγκατάστασης να παρατηρούν και να προσαρμόζουν τις συνθήκες της εγκατάστασης σε πραγματικό χρόνο. Ένας σταθμός μηχανικού (engineering station) HMI βρίσκεται σε περιοχή προσβάσιμη μόνο για

αλλαγές στον προγραμματισμό της λογικής ελέγχου για οποιονδήποτε από τους πολλούς βρόχους ελέγχου.

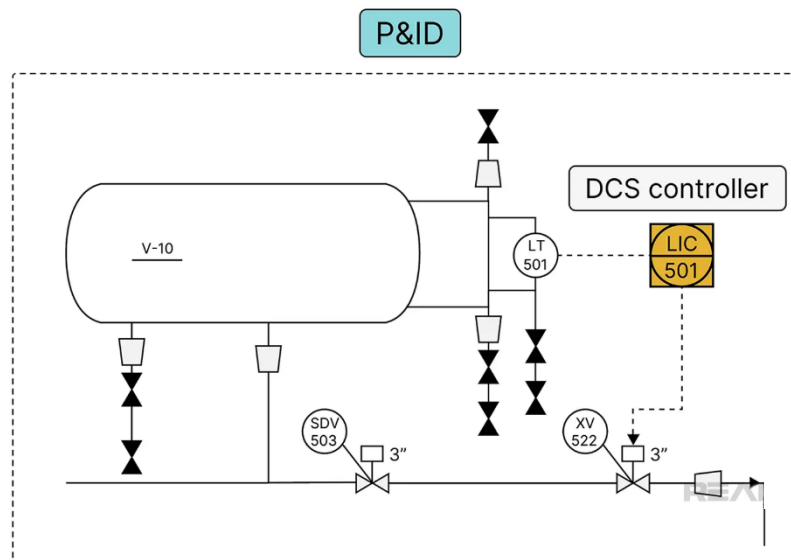
Ακολουθεί ένα παράδειγμα οθόνης Yokogawa Centum VP HMI. Ο ελεγκτής ένδειξης στάθμης (LIC501) έχει ρυθμιστεί σε χειροκίνητη λειτουργία και αυτή τη στιγμή εμφανίζει ένδειξη 0%. Η έξοδος του ελεγκτή λειτουργεί μια βαλβίδα XV522.



Πώς εμφανίζεται ένας **ελεγκτής DCS** σε ένα **P&ID**;

We draw a square box around the discrete standalone symbol to indicate a DCS controller.

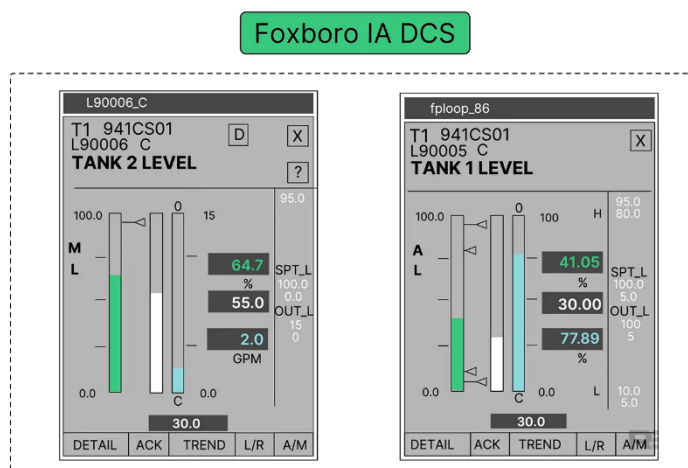
Σχεδιάζουμε ένα τετράγωνο πλαίσιο γύρω από το διακριτό αυτόνομο σύμβολο για να υποδείξουμε έναν ελεγκτή DCS.



Ένα απλοποιημένο P&ID από το παράδειγμα της Yokogawa δείχνει τον ελεγκτή στάθμης και τη βαλβίδα XV522.

Φυσικά, δεν έχουν όλα τα DCS HMI την ίδια εμφάνιση.

Οι ελεγκτές σε ένα Foxboro IA DCS HMI έχουν σχεδιαστεί για να μοιάζουν με την πρόσοψη ενός παραδοσιακού ελεγκτή ενός σταθμού.



Εφαρμογές και συντονισμός ελεγκτών PID

Οι ελεγκτές PID χρησιμοποιούνται σχεδόν σε όλες τις βιομηχανίες για τον έλεγχο διαφόρων μεταβλητών διεργασίας.

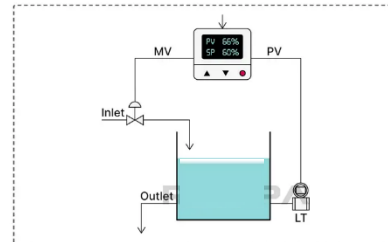
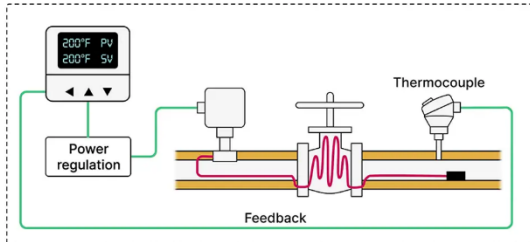
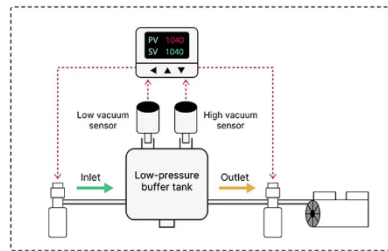
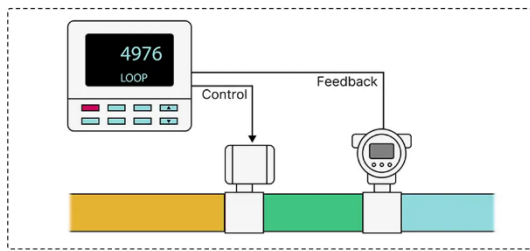
Για να αναφέρουμε μερικά:

Οι ελεγκτές θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται στην κατασκευή για την εξασφάλιση ακριβούς διαχείρισης θερμοκρασίας, όπως στην παραγωγή τροφίμων και στη χημική επεξεργασία.

Οι ελεγκτές παροχής διαχειρίζονται τη ροή πετρελαίου, φυσικού αερίου και ατμού σε αγωγούς, εργασίες δύλισης και άλλες διεργασίες παραγωγής στη βιομηχανία πετρελαίου και φυσικού αερίου.

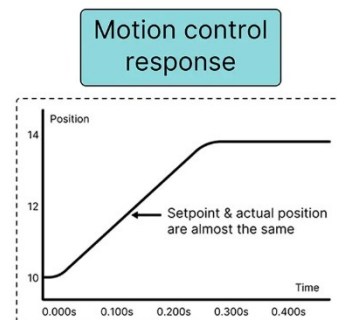
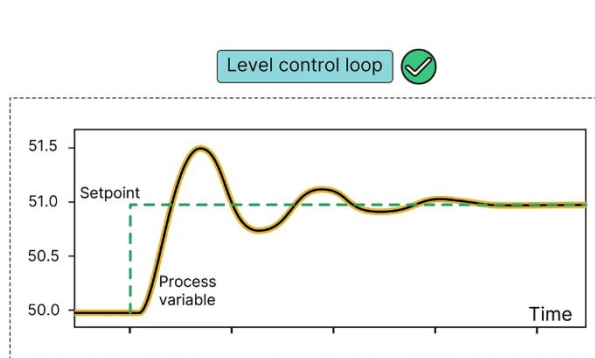
Οι ελεγκτές πίεσης χρησιμοποιούνται στην Πετροχημική Επεξεργασία για τη διαχείριση των πιέσεων σε στήλες απόσταξης και διαχωριστές.

Οι ελεγκτές στάθμης βρίσκονται συχνά σε εργοστάσια χημικής επεξεργασίας. Συνήθως χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση της στάθμης υγρών σε δεξαμενές και δοχεία εντός ενός συγκεκριμένου εύρους.



Οι αποδεκτές αποκρίσεις σε αλλαγές σημείου ρύθμισης ή σε διαταραχές διαφέρουν ανάλογα με την εφαρμογή. Για παράδειγμα, μια απόκριση με απόσβεση τέταρτου κύματος (quarter-wave damped) μπορεί να είναι αποδεκτή σε έναν βρόχο ελέγχου στάθμης αλλά καταστροφική σε ένα σύστημα ελέγχου κίνησης.

Σε ένα σύστημα ελέγχου κίνησης, η πραγματική θέση πρέπει να ακολουθεί πιστά τη θέση στόχου ή σημείου ρύθμισης.



Η επίτευξη της επιθυμητής απόκρισης είναι όπου η ευελιξία του ελέγχου PID ξεχωρίζει πραγματικά.

Ο συντονισμός βρόχου ελέγχου προσαρμόζει τις παραμέτρους P, I και D για την επίτευξη βέλτιστης απόδοσης.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι συντονισμού ελεγκτή.

Οι φοιτητές μηχανικών είναι εξοικειωμένοι με τις παραδοσιακές μεθόδους συντονισμού όπως οι μέθοδοι Ziegler-Nichols, Cohen-Coon και Reaction Rate.

Το μειονέκτημα των παραδοσιακών μεθόδων συντονισμού είναι η απαίτηση διαταραχής της διεργασίας για τη λήψη πολύτιμων δεδομένων απόκρισης διεργασίας. Για παράδειγμα, η μέθοδος Ziegler-Nichols απαιτεί η διεργασία να τεθεί σε κατάσταση συνεχούς ταλάντωσης, η οποία μπορεί να είναι μη πρακτική ή επικίνδυνη.

Οι ελεγκτές DCS έχουν συχνά ενσωματωμένους αλγόριθμους που προσαρμόζουν αυτόματα τις παραμέτρους PID χωρίς ανεπιθύμητες διαταραχές της διεργασίας.

Όποια και αν είναι η μέθοδος συντονισμού που χρησιμοποιείται, συχνά απαιτούνται τελικές τροποποιήσεις από έμπειρους επαγγελματίες για τη λεπτομερή ρύθμιση του συστήματος.

Άλλες μέθοδοι ελέγχου

Ας ελπίσουμε ότι δεν σας έχουμε δώσει την εντύπωση ότι οι ελεγκτές PID είναι η μόνη επιλογή για τον έλεγχο διεργασιών στη βιομηχανία.

Άλλες μέθοδοι ελέγχου περιλαμβάνουν το Fuzzy Logic Control (FLC) και το Model Predictive Control (MPC).

Οι ελεγκτές PID είναι οι πιο συνηθισμένοι λόγω της εξοικείωσης και της λειτουργικότητάς τους.

Το FLC είναι κατάλληλο όπου εμπλέκονται ανθρώπινη εισαγωγή δεδομένων ή γλωσσικές μεταβλητές, όπως καταναλωτικές συσκευές.

Το MPC λειτουργεί καλά σε συστήματα με πολλαπλές αλληλεπιδρώντες μεταβλητές, όπως βιομηχανικές διεργασίες, ρομποτική και αυτόνομα οχήματα.