
Μαθηματικά Μοντέλα Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας

Πρέπει να βρω γρήγορα
τις μεταβλητές σχεδιασμού
αλλιώς δε γίνεται δουλειά



Βασικοί Ορισμοί

Μοντελοποίηση

είναι η διαδικασία μετατροπής
των φυσικών νόμων
σε μαθηματικές εξισώσεις

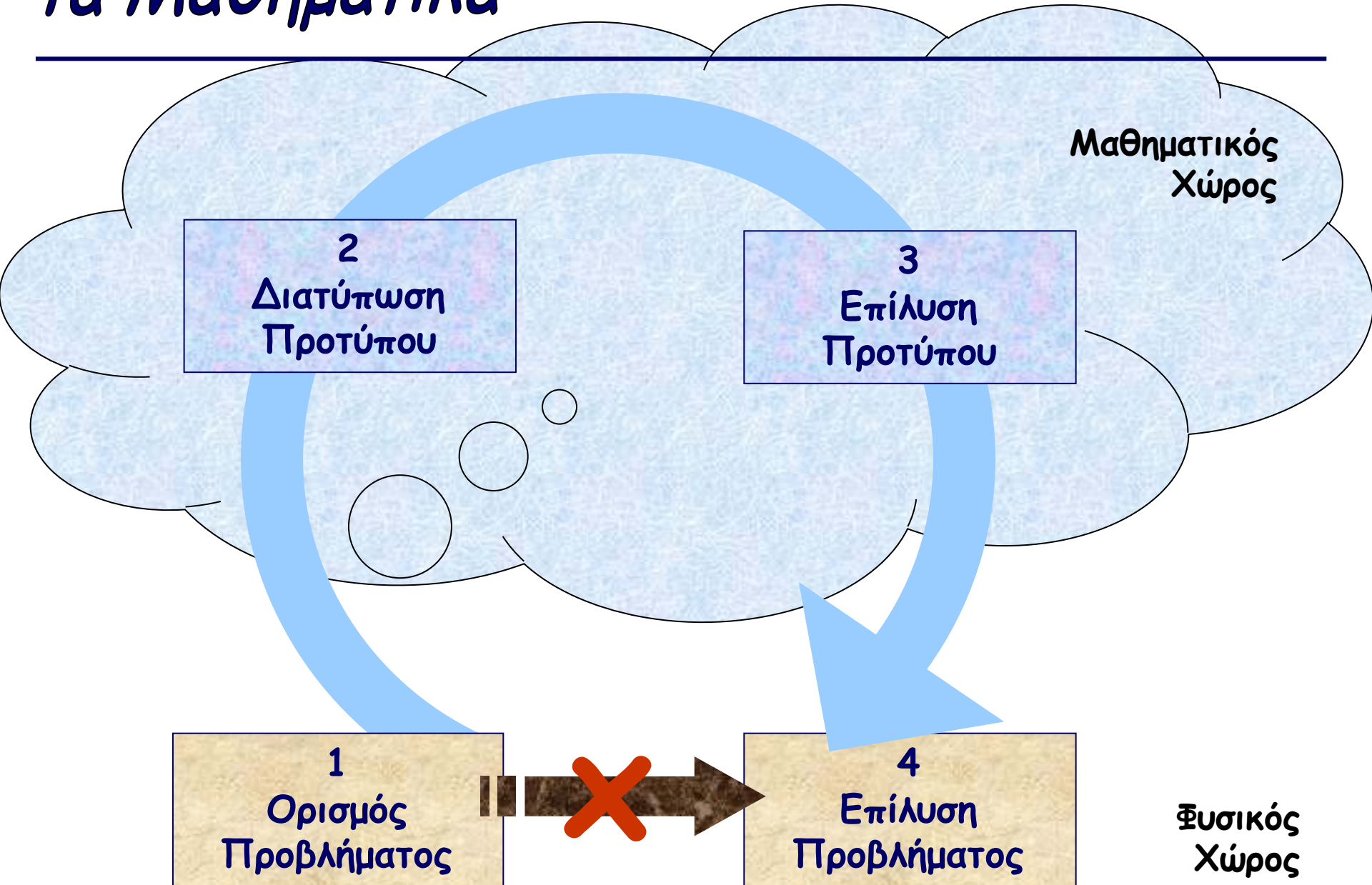
Προσομοίωση

είναι το κατάλληλο λογισμικό
το οποίο χρησιμοποιώντας το μαθηματικό μοντέλο
προβλέπει τη συμπεριφορά της διεργασίας

Σχεδιασμός


είναι οι δραστηριότητες με τις οποίες καθορίζονται
ο απαιτούμενος εξοπλισμός
και οι συνθήκες λειτουργίας της διεργασίας

τα Μαθηματικά



Μαθηματική Μοντελοποίηση

1. Ανάπτυξη Μαθηματικών Εξισώσεων
2. Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας
3. Προσδιορισμός Εναλλακτικών Προβλημάτων
4. Ανάπτυξη Αλγορίθμων Επίλυσης
5. (Πειραματική Επαλήθευση)



Ισοζύγια Μάζας και Ενέργειας
Θερμοδυναμική Ισορροπία
Φαινόμενα Μεταφοράς
Χαρακτηριστικά Λειτουργίας Εξοπλισμού
Περιορισμοί, Προδιαγραφές
κλπ

Μαθηματική Μοντελοποίηση

1. Ανάπτυξη Μαθηματικών Εξισώσεων
2. Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας
3. Προσδιορισμός Εναλλακτικών Προβλημάτων
4. Ανάπτυξη Αλγορίθμων Επίλυσης
5. (Πειραματική Επαλήθευση)

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου → Απόδοση τιμών σε όλες τις μεταβλητές

- από τις προδιαγραφές (ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΑ)
- από το σχεδιαστή μηχανικό (ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ)
- από την επίλυση των εξισώσεων (ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ)

Μαθηματική Μοντελοποίηση

1. Ανάπτυξη Μαθηματικών Εξισώσεων
2. Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας
3. Προσδιορισμός Εναλλακτικών Προβλημάτων
4. Ανάπτυξη Αλγορίθμων Επίλυσης
5. (Πειραματική Επαλήθευση)

ΕΥΘΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑ (DIRECT)

Εισερχόμενες ροές, Χαρακτηριστικά Εξοπλισμού, Συνθήκες Λειτουργίας
→ Εξερχόμενες Ροές

ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ (DESIGN)

Εισερχόμενες ροές, Εξερχόμενες Ροές
→ Χαρακτηριστικά Εξοπλισμού, Συνθήκες Λειτουργίας

ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (RATING)

Εισερχόμενες ροές, Χαρακτηριστικά Εξοπλισμού, Εξερχόμενες Ροές
→ Συνθήκες Λειτουργίας

Μαθηματική Μοντελοποίηση

1. Ανάπτυξη Μαθηματικών Εξισώσεων
2. Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας
3. Προσδιορισμός Εναλλακτικών Προβλημάτων
4. Ανάπτυξη Αλγορίθμων Επίλυσης
5. (Πειραματική Επαλήθευση)

- Επιλογή Μεταβλητών Σχεδιασμού
- Επιλογή Μεταβλητών Επίλυσης
- Καθορισμός Προτεραιότητας Επίλυσης Εξισώσεων ενδεχομένως με επιλογή μεταβλητών δοκιμής

Μαθηματική Μοντελοποίηση

1. Ανάπτυξη Μαθηματικών Εξισώσεων
2. Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας
3. Προσδιορισμός Εναλλακτικών Προβλημάτων
4. Ανάπτυξη Αλγορίθμων Επίλυσης
5. (Πειραματική Επαλήθευση)

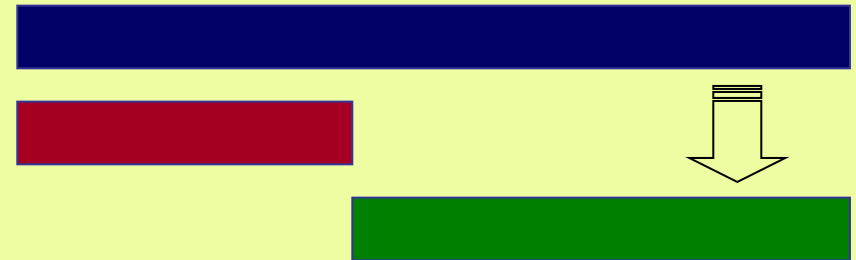


- Ανάπτυξη Μοντέλων
- Διάκριση Μοντέλων
- Πειραματική Επαλήθευση
- Προσαρμογή
- Εκτίμηση Παραμέτρων

Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας

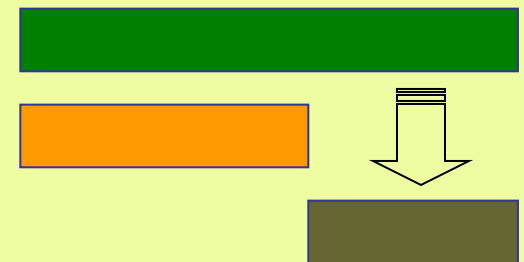
Χαρακτηριστικό Διεργασίας

Μεταβλητές	M
Εξισώσεις	N
<hr/>	
Βαθμοί Ελευθερίας	$F = M - N$

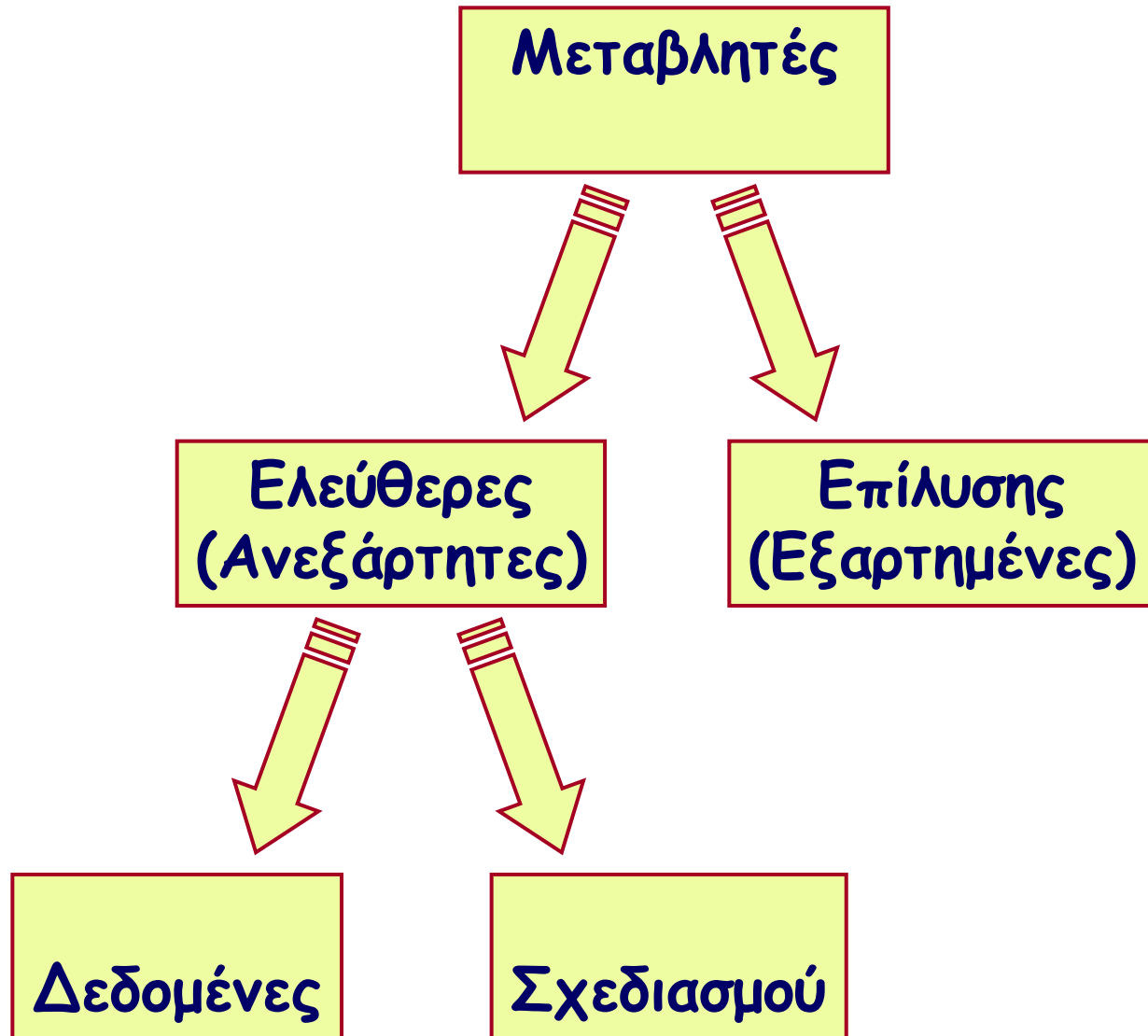


Χαρακτηριστικό Προβλήματος

Βαθμοί Ελευθερίας	F
Προδιαγραφές Σχεδιασμού	K
<hr/>	
Μεταβλητές Σχεδιασμού	$D = F - K$

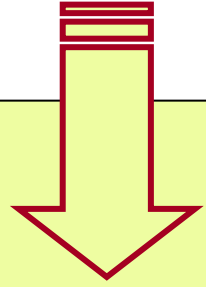


Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας



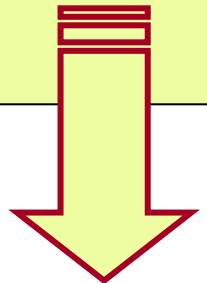
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας



ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ

Βαθμοί Ελευθερίας μιας Διεργασίας είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών που πρέπει να καθορισθούν για το μονοσήμαντο ορισμό της Διεργασίας (κατασκευή και λειτουργία)



Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας

Μεταβλητές

```
graph TD; A[Μεταβλητές] --> B[Ελεύθερες (Εισερχόμενες)]; A --> C[Κατάστασης (Εξερχόμενες)]; B --> D[Κατασκευαστικές]; B --> E[Διαταραχές (περιβάλλον)]; B --> F[Χειρισμού (ρύθμισης)];
```

Ελεύθερες
(Εισερχόμενες)

Κατάστασης
(Εξερχόμενες)

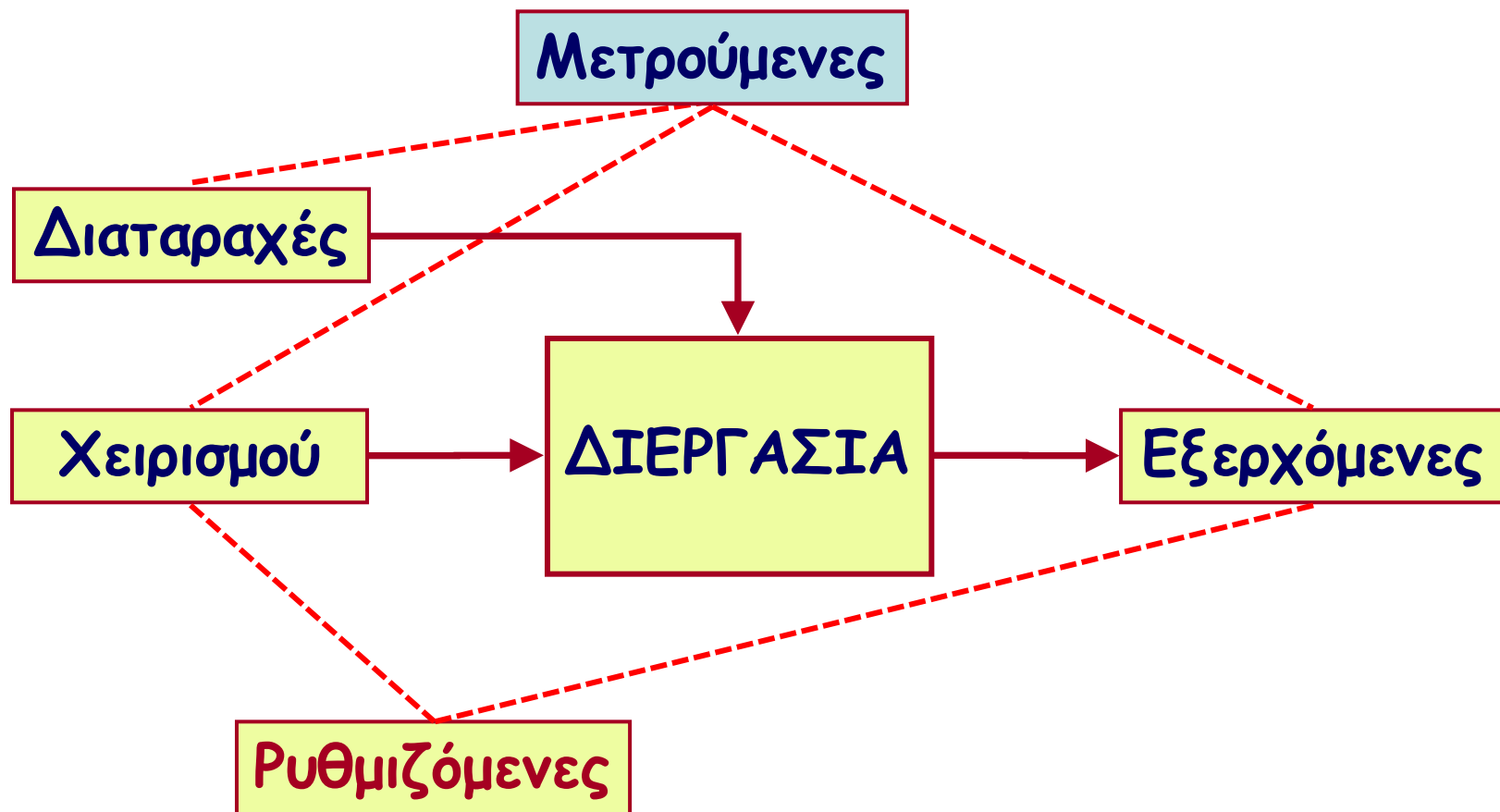
Κατασκευαστικές

Διαταραχές
(περιβάλλον)

Χειρισμού
(ρύθμισης)

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

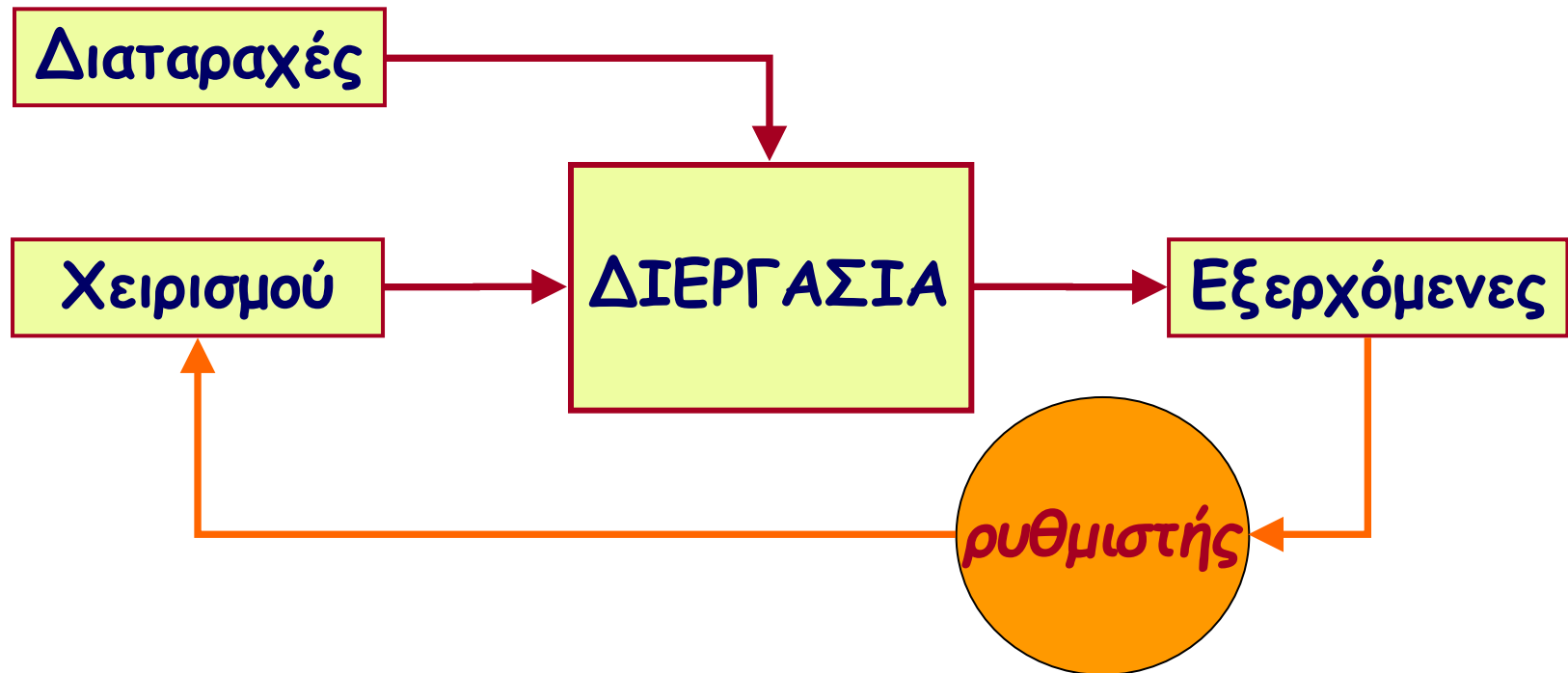
Ρύθμιση κ Βαθμοί Ελευθερίας



ΡΥΘΜΙΣΗ

Ρύθμιση κ Βαθμοί Ελευθερίας

*Αριθμός Μεταβλητών Χειρισμού \geq
Αριθμός Ρυθμιζόμενων Μεταβλητών*

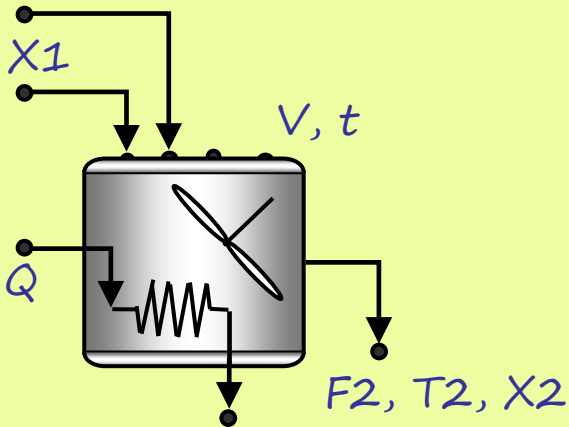


- Αποδίδει τιμές στις ρυθμιζόμενες μεταβλητές (τέλεια ρύθμιση)
- Αποδίδει τιμές στις μεταβλητές χειρισμού (χειροκίνητη)
- Καθορίζει μία σχέση μεταξύ ρυθμιζόμενης και χειρισμού (πραγματική)

ΠΧ ΑΝΑΔΕΥΟΜΕΝΟ ΔΟΧΕΙΟ

F_0, T_0, X_0

F_1, T_1, X_1



Πρόβλημα Σχεδιασμού 1:

Προδιαγραφές: $X_1, T_1,$
 F_2, T_2, X_2
 $X_0, T_0,$ (7)

Σχεδιασμού: t (1)

Επίλυσης: F_1, F_0, Q, V (4)

(E1) $F_2 = F_1 + F_0$

(E2) $X_2 F_2 = X_1 F_1 + X_0 F_0$

(E3) $Q = F_2 C_p T_2 - F_1 C_p T_1 - F_0 C_p T_0$

(E4) $V = (F_2/\rho) t$

F_0, F_1, F_2

X_0, X_1, X_2

Q, T_0, T_1, T_2

V, t

Μεταβλητές = 12

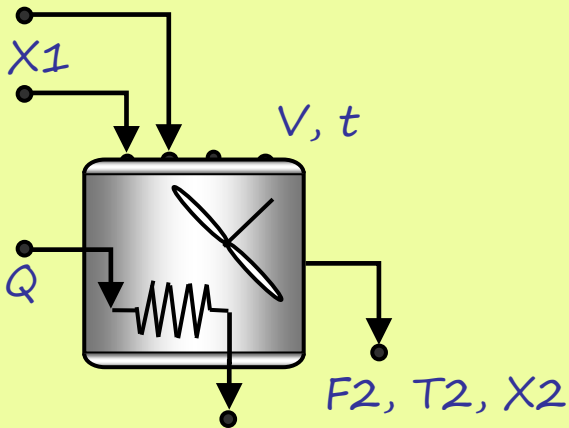
Εξισώσεις = 4

Ελεύθερες = 8

ΠΧ ΑΝΑΔΕΥΟΜΕΝΟ ΔΟΧΕΙΟ

F_0, T_0, X_0

F_1, T_1, X_1



Πρόβλημα Σχεδιασμού 2:

Προδιαγραφές: $F_1, X_1, T_1,$
 T_2, X_2
 X_0, T_0 (7)

Σχεδιασμού: t (1)

Επίλυσης: F_2, F_0, Q, V (4)

(E1) $F_2 = F_1 + F_0$

(E2) $X_2 F_2 = X_1 F_1 + X_0 F_0$

(E3) $Q = F_2 C_p T_2 - F_1 C_p T_1 - F_0 C_p T_0$

(E4) $V = (F_2/\rho) t$

F_0, F_1, F_2

X_0, X_1, X_2

Q, T_0, T_1, T_2

V, t

Μεταβλητές = 12

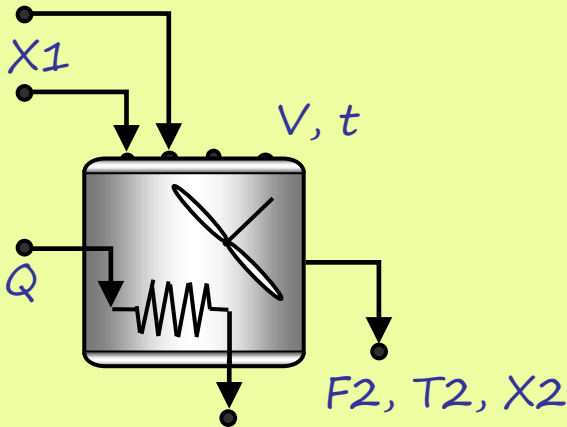
Εξισώσεις = 4

Ελεύθερες = 8

ΠΧ ΑΝΑΔΕΥΟΜΕΝΟ ΔΟΧΕΙΟ

F_0, T_0, X_0

F_1, T_1, X_1



Πρόβλημα Σχεδιασμού 3:

Προδιαγραφές: $X_1, T_1,$
 T_2, X_2
 X_0, T_0 (6)

Σχεδιασμού: F_2, t (2)

Επίλυσης: F_1, F_0, Q, V (4)

(E1) $F_2 = F_1 + F_0$

(E2) $X_2 F_2 = X_1 F_1 + X_0 F_0$

(E3) $Q = F_2 C_p T_2 - F_1 C_p T_1 - F_0 C_p T_0$

(E4) $V = (F_2/\rho) t$

F_0, F_1, F_2

X_0, X_1, X_2

Q, T_0, T_1, T_2

V, t

Μεταβλητές = 12

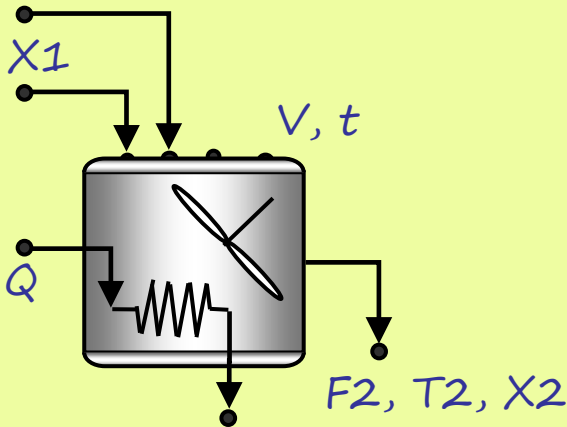
Εξισώσεις = 4

Ελεύθερες = 8

ΠΧ ΑΝΑΔΕΥΟΜΕΝΟ ΔΟΧΕΙΟ

F_0, T_0, X_0

F_1, T_1, X_1



Πρόβλημα Σχεδιασμού 4:

Προδιαγραφές: $F_1, X_1, T_1,$
 F_2, T_2, X_2
 X_0, T_0 (8)

Σχεδιασμού: (0)

Επίλυσης: F_0, Q, V, t (4) @

(E1) $F_2 = F_1 + F_0$

(E2) $X_2 F_2 = X_1 F_1 + X_0 F_0$

(E3) $Q = F_2 C_p T_2 - F_1 C_p T_1 - F_0 C_p T_0$

(E4) $V = (F_2/\rho) t$

F_0, F_1, F_2

X_0, X_1, X_2

Q, T_0, T_1, T_2

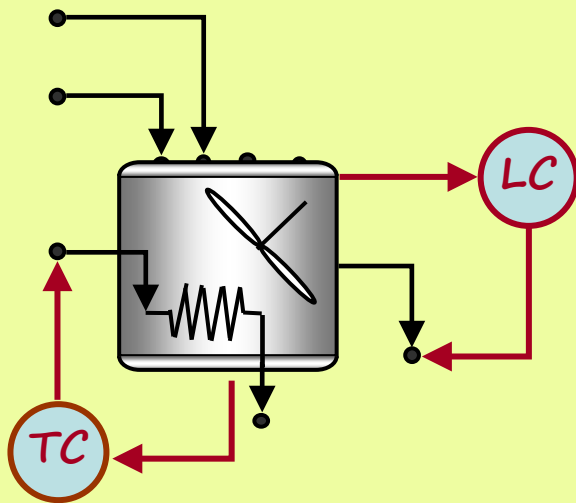
V, t

Μεταβλητές = 12

Εξισώσεις = 4

Ελεύθερες = 8

ΠΧ ΑΝΑΔΕΥΟΜΕΝΟ ΔΟΧΕΙΟ



Πρόβλημα Λειτουργίας 1:

Διαταραχές: $F_1, X_1, T_1,$
 F_0, X_0, T_0 (6)

Χειρισμού: Q, F_2 (2)

Ρυθμιζόμενες: T_2, V (2)

TC	LC
Q,	F ₂
T ₂ ,	V

$$(E1) F_2 = F_1 + F_0$$

$$(E2) X_2 F_2 = X_1 F_1 + X_0 F_0$$

$$(E3) Q = F_2 C_p T_2 - F_1 C_p T_1 - F_0 C_p T_0$$

$$(E4) V = (F_2 / \rho) t$$

F_0, F_1, F_2

X_0, X_1, X_2

Q, T_0, T_1, T_2

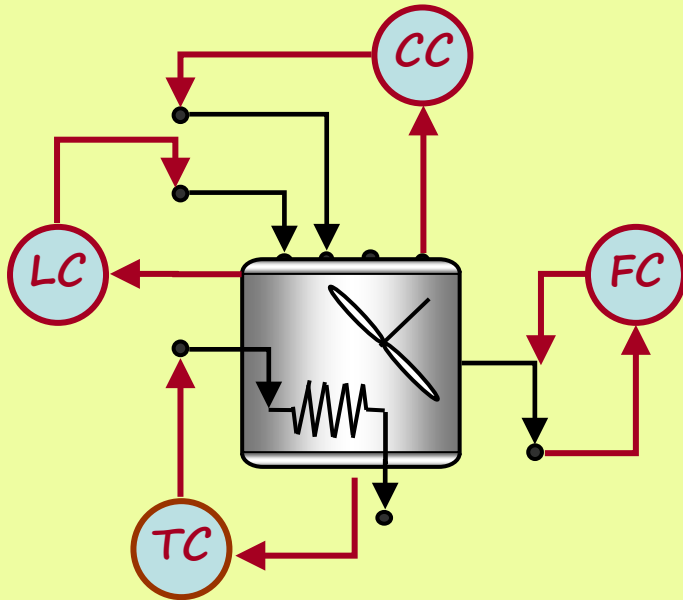
V, t

Μεταβλητές = 12

Εξισώσεις = 4

Ελεύθερες = 8

ΠΧ ΑΝΑΔΕΥΟΜΕΝΟ ΔΟΧΕΙΟ



Πρόβλημα Λειτουργίας 2:

Διαταραχές: X_1, T_1, X_0, T_0 (4)

Χειρισμού: F_1, F_2, F_0, Q (4)

Ρυθμιζόμενες: V, F_2, X_2, T_2 (4)

LC	FC	CC	TC
F_1	F_2	F_0	Q
V	F_2	X_2	T_2

$$(E1) F_2 = F_1 + F_0$$

$$(E2) X_2 F_2 = X_1 F_1 + X_0 F_0$$

$$(E3) Q = F_2 C_p T_2 - F_1 C_p T_1 - F_0 C_p T_0$$

$$(E4) V = (F_2/\rho) t$$

F_0, F_1, F_2

X_0, X_1, X_2

Q, T_0, T_1, T_2

V, t

Μεταβλητές = 12

Εξισώσεις = 4

Ελεύθερες = 8

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

Αλγόριθμος Επίλυσης

- Επιλογή Μεταβλητών Σχεδιασμού
- Επιλογή Μεταβλητών Επίλυσης
- Καθορισμός Προτεραιότητας Επίλυσης Εξισώσεων ενδεχομένως με επιλογή μεταβλητών δοκιμής

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

Επιλογή Μεταβλητών Σχεδιασμού

Εμπειρικά Κριτήρια

- παίρνουν διακριτές τιμές
- υφίστανται σημαντικούς περιορισμούς
- έχουν φυσική σημασία
- επηρεάζουν σημαντικά την αντικειμενική συνάρτηση αριστοποίησης

Κριτήρια Αλγορίθμων

- ελάχιστος αριθμός μεταβλητών δοκιμής
- ευκολία επίλυσης
- κλπ

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ
ΜΟΝΤΕΛΟ



ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ
ΕΠΙΛΥΣΗΣ

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

ΜΗΤΡΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

	Q1	F	T1	T2	m1	T5	T4	Q2	T3	m2	T7	T6	U1	A1	U2	A2
$Q1 = F C_p (T1-T2)$ (E1)	1	1	1	1												
$Q1 = m1 C_{p1} (T5-T4)$ (E2)	1				1	1	1									
$Q2 = F C_p (T2-T3)$ (E3)		1						1	1	1						
$Q2 = m2 C_{p2} (T7-T6)$ (E4)		1								1	1	1				
$Q1 = U1 A1 dTL(T1,T2,T4,T5)$ (E5)	1		1	1		1	1						1	1		
$Q2 = U2 A2 dTL(T2,T3,T6,T7)$ (E6)				1				1	1						1	1
$U1 = U1(F,m1,T1,T2,T4,T5)$ (E7)		1	1	1	1	1	1						1			
$U2 = U2(F,m2,T2,T3,T6,T7)$ (E8)		1		1					1	1	1	1	1			

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

Συστήματα Χημικής Μηχανικής → Αραιή Μήτρα Σύνδεσης

→ Αποδοτικοί Αλγόριθμοι

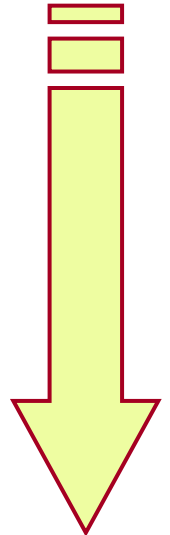
→ Λίγες Μεταβλητές Δοκιμής

→ πχ αλγόριθμος LCR

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

Δυσκολία Επίλυσης Συστήματος $N \times N \rightarrow N^3$
 \rightarrow (N μεταβλητές δοκιμής)

για αραιά συστήματα



Δυσκολία Επίλυσης Μη Κυκλικού Συστήματος $\rightarrow N$
 \rightarrow (0 μεταβλητές δοκιμής)

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

LEE-CHRISTENSEN-RUDD, 1966

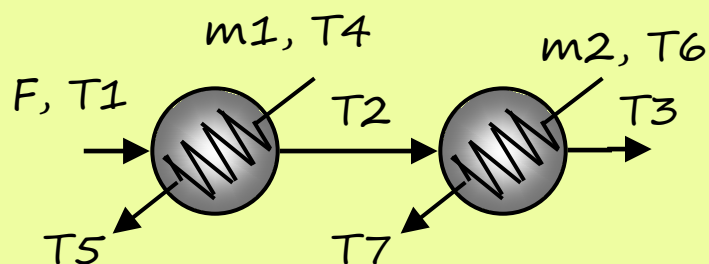
1. Αν μία μεταβλητή εμφανίζεται μόνο σε μία εξίσωση τότε η μεταβλητή αυτή είναι μεταβλητή επίλυσης της εξίσωσης και διαγράφονται η στήλη της μεταβλητής και η γραμμή της εξίσωσης
2. Το στάδιο 1 επαναλαμβάνεται όσες φορές είναι δυνατόν
3. Αν εξαντληθούν όλες οι εξισώσεις με τη διαδικασία του σταδίου 2 τότε το σύστημα δεν είναι κυκλικό.
Αν δεν είναι δυνατή η διαγραφή όλων των εξισώσεων τότε το σύστημα είναι κυκλικό.
4. Για μη κυκλικό σύστημα
Οι εναπομένουσες μεταβλητές είναι οι μεταβλητές σχεδιασμού
Η σειρά επίλυσης των εξισώσεων είναι η αντίστροφη της διαγραφής των

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

LEE-CHRISTENSEN-RUDD, 1966

5. Για κυκλικό σύστημα
Διαγράφονται τόσες εξισώσεις (k)
όσες η μικρότερη συχνότητα εμφάνισης μεταβλητής μείον ένα.
6. Αν μία μεταβλητή εμφανίζεται μόνο σε μία εξίσωση
τότε η μεταβλητή αυτή είναι μεταβλητή επίλυσης της εξίσωσης
και διαγράφονται η στήλη της μεταβλητής και η γραμμή της εξίσωσης
7. Αν εξαντληθούν όλες οι εξισώσεις με τη διαδικασία του σταδίου 6
τότε από τις εναπομένουσες μεταβλητές
 k είναι μεταβλητές δοκιμής και οι υπόλοιπες μεταβλητές σχεδιασμού

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου



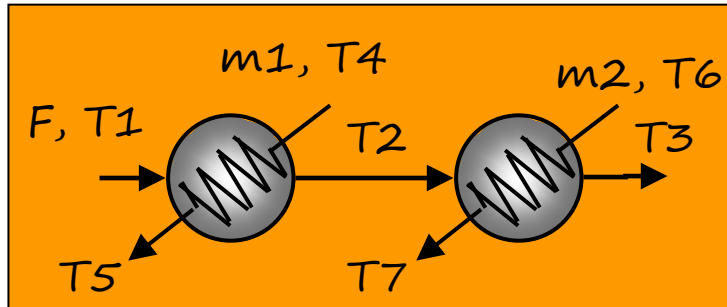
(E1) $Q1 = F C_p (T1 - T2)$
(E2) $Q1 = m1 C_{p1} (T5 - T4)$
(E3) $Q2 = F C_p (T2 - T3)$
(E4) $Q2 = m2 C_{p2} (T7 - T6)$
(E5) $Q1 = U1 A1 dTL(T1, T2, T4, T5)$
(E6) $Q2 = U2 A2 dTL(T2, T3, T6, T7)$
(E7) $U1 = U1(F, m1, T1, T2, T4, T5)$
(E8) $U2 = U2(F, m2, T2, T3, T6, T7)$

$Q1$ F $T1$ $T2$
 $m1$ $T5$ $T4$
 $Q2$ $T3$
 $m2$ $T7$ $T6$
 $U1$ $A1$
 $U2$ $A2$

Μεταβλητές = 16
Εξισώσεις = 8

Ελεύθερες = 8

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου



	1ο Πρόβλημα	2ο Πρόβλημα
Ρεύμα Διεργασίας	F, T_1, T_3	F, T_1, T_3
Διαθέσιμο Ρεύμα	m_1, T_4	m_1, T_4
Βοηθητική Παροχή	T_6	T_6
Υφιστάμενος Εξοπλισμός	-	A_1
Προδιαγραφές Σχεδιασμού	6	7
Μεταβλητές Σχεδιασμού	2	1

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

ΜΗΤΡΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ
1ο πρόβλημα

$$Q1 = F C_p (T1 - T2) \quad (E1)$$

$$Q1 = m1 C_{p1} (T5 - T4) \quad (E2)$$

$$Q2 = F C_p (T2 - T3) \quad (E3)$$

$$Q2 = m2 C_{p2} (T7 - T6) \quad (E4)$$

$$Q1 = U1 A1 dTL(T1, T2, T4, T5) \quad (E5)$$

$$Q2 = U2 A2 dTL(T2, T3, T6, T7) \quad (E6)$$

$$U1 = U1(F, m1, T1, T2, T4, T5) \quad (E7)$$

$$U2 = U2(F, m2, T2, T3, T6, T7) \quad (E8)$$

	Q1	F	T1	T2	m1	T5	T4	Q2	T3	m2	T7	T6	U1	A1	U2	A2
(E1)	1	1	1	1												
(E2)	1				1	1	1									
(E3)		1						1	1	1						
(E4)		1								1	1	1				
(E5)	1		1	1		1	1						1	1		
(E6)				1				1	1						1	1
(E7)		1	1	1	1	1	1						1			
(E8)		1		1					1	1	1	1	1			

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

ΜΗΤΡΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ
20 πρόβλημα

$$Q1 = F C_p (T1 - T2) \quad (E1)$$

$$Q1 = m1 C_{p1} (T5 - T4) \quad (E2)$$

$$Q2 = F C_p (T2 - T3) \quad (E3)$$

$$Q2 = m2 C_{p2} (T7 - T6) \quad (E4)$$

$$Q1 = U1 A1 dTL(T1, T2, T4, T5) \quad (E5)$$

$$Q2 = U2 A2 dTL(T2, T3, T6, T7) \quad (E6)$$

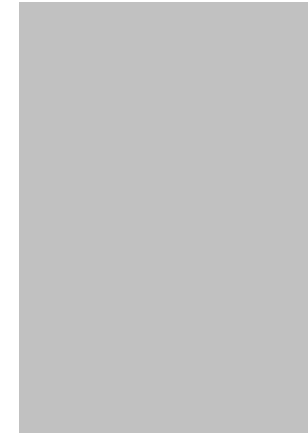
$$U1 = U1(F, m1, T1, T2, T4, T5) \quad (E7)$$

$$U2 = U2(F, m2, T2, T3, T6, T7) \quad (E8)$$

	Q1	F	T1	T2	m1	T5	T4	Q2	T3	m2	T7	T6	U1	U2	A2
(E1)	1	1	1	1											
(E2)	1				1	1	1								
(E3)		1						1	1	1					
(E4)		1								1	1	1			
(E5)	1		1	1		1	1						1		
(E6)				1				1	1					1	1
(E7)		1	1	1	1	1	1						1		
(E8)		1		1					1	1	1	1	1		

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

	m2	T2	T7	T5	Q1	Q2	U1	U2	A1	A2
E01		1			1					
E02				1	1					
E03		1				1				
E04	1		1			1				
E05		1		1	1		1		1	
E06		1	1			1		1		1
E07		1		1			1			
E08	1	1	1					1		
	2	6	3	3	3	3	2	2	1	1



Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

	m2	T2	T7	T5	Q1	Q2	U1	U2
E01		1			1			
E02				1	1			
E03		1				1		
E04	1		1			1		
E07		1		1			1	
E08	1	1	1					1
	2	4	2	2	2	2	1	1

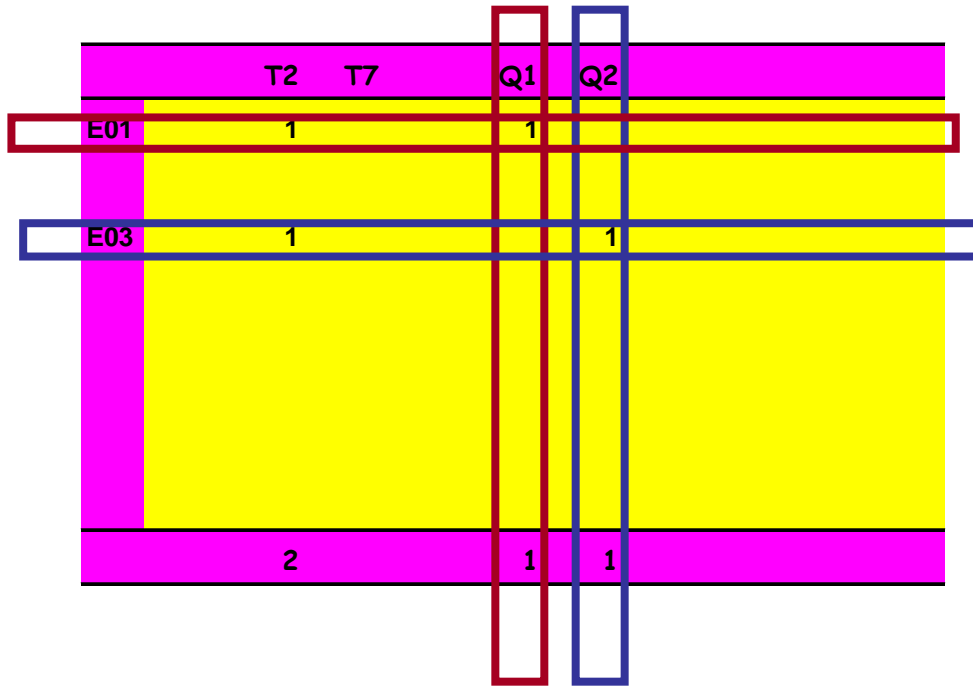
2	E06	A2
1	E05	A1

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

	m2	T2	T7	T5	Q1	Q2
E01		1			1	
E02				1	1	
E03		1				1
E04	1		1			1
	1	2	1	1	2	2

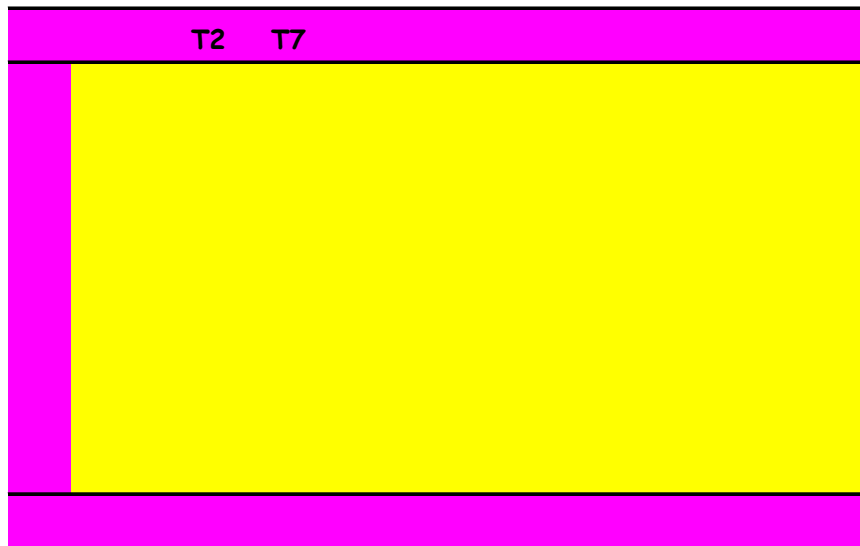
4	E08	U2
3	E07	U1
2	E06	A2
1	E05	A1

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου



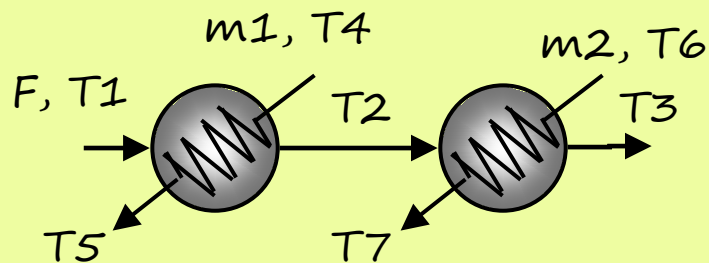
6	E02	T5
5	E04	m2
4	E08	U2
3	E07	U1
2	E06	A2
1	E05	A1

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου



8	E03	Q2
7	E01	Q1
6	E02	T5
5	E04	m2
4	E08	U2
3	E07	U1
2	E06	A2
1	E05	A1

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου



$$\begin{aligned} (E1) \quad Q1 &= F C_p (T1 - T2) \\ (E2) \quad Q1 &= m1 C_{p1} (T5 - T4) \\ (E3) \quad Q2 &= F C_p (T2 - T3) \\ (E4) \quad Q2 &= m2 C_{p2} (T7 - T6) \\ (E5) \quad Q1 &= U1 A1 dTL(T1, T2, T4, T5) \\ (E6) \quad Q2 &= U2 A2 dTL(T2, T3, T6, T7) \\ (E7) \quad U1 &= U1(F, m1, T1, T2, T4, T5) \\ (E8) \quad U2 &= U2(F, m2, T2, T3, T6, T7) \end{aligned}$$

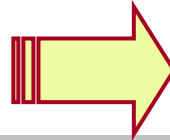
Αλγόριθμος Επίλυσης

1ο πρόβλημα

Σχεδιασμού	=	T7
Σχεδιασμού	=	T2
E03	->	Q2
E01	->	Q1
E02	->	T5
E04	->	m2
E08	->	U2
E07	->	U1
E06	->	A2
E05	->	A1

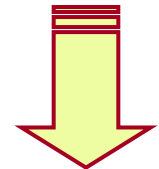
Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

	m2	T2	T7	T5	Q1	Q2	U1	U2	A2
E01		1			1				
E02				1	1				
E03		1				1			
E04	1		1			1			
E05		1		1	1		1		
E06		1	1			1		1	1
E07		1		1			1		
E08	1	1	1					1	
	2	6	3	3	3	3	2	2	1

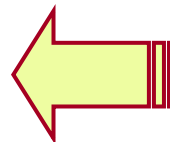


	T2	T7	T5	Q1	U1
E01	1			1	
E02			1	1	
E05	1		1	1	1
E07	1		1		1
	3		3	3	2

4 E03 Q2
3 E04 m2
2 E08 U2
1 E06 A2



	T7	Q1
E05		



	T2	T7	T5	Q1	U1
E01	1			1	
E02			1	1	
E05					
E07	1		1		1
	2		2	2	1

7 E02 T5
6 E01 T2
5 E07 U1
4 E03 Q2
3 E04 m2
2 E08 U2
1 E06 A2

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

Αλγόριθμος Επίλυσης 2ο πρόβλημα

1ο πρόβλημα

Σχεδιασμού = T7
Σχεδιασμού = T2
E03 -> Q2
E01 -> Q1
E02 -> T5
E04 -> m2
E08 -> U2
E07 -> U1
E06 -> A2
E05 -> A1

Σχεδιασμού = T7
Δοκιμής = T2
E03 -> Q2
E01 -> Q1
E02 -> T5
E04 -> m2
E08 -> U2
E07 -> U1
E06 -> A2
E05 -> A1 έλεγχος

Σχεδιασμού = T7
Δοκιμής = Q1
E02 -> T5
E01 -> T2
E07 -> U1
E05 -> Q1 έλεγχος
E03 -> Q2
E04 -> m2
E08 -> U2
E06 -> A2

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

Αλγόριθμος Επίλυσης

1ο πρόβλημα

	T7	T2	Q2	Q1	T5	m2	U2	U1	A2	A1
E03		1	1							
E01		1		1						
E02				1	1					
E04	1		1			1				
E08	1	1				1	1			
E07		1			1			1		
E06	1	1	1				1		1	
E05		1		1	1			1		1
	3	6	3	3	3	2	2	2	1	1

2ο πρόβλημα

	T7	T5	T2	U1	Q1	Q2	m2	U2	A2
E02		1			1				
E01			1		1				
E07		1	1	1					
E05		1	1	1	1				
E03			1			1			
E04	1					1	1		
E08	1		1				1	1	
E06	1		1			1		1	1
	3	3	6	2	3	3	2	2	1

Επίλυση Μαθηματικού Μοντέλου

