



Πληροφοριακά Συστήματα Διοίκησης

Προσομοίωση – Simulation

Προσομοίωση

- Έστω ότι το σύστημα βρίσκεται σε κάποια αρχική κατάσταση
- Αν γνωρίζουμε τους κανόνες σύμφωνα με τους οποίους το σύστημα αλλάζει καταστάσεις θα ήταν δυνατόν να υπολογίσουμε τα στάδια από τα οποία θα περάσει το σύστημα με την πάροδο του χρόνου έτσι ώστε να εκτιμήσουμε την τελική του κατάσταση.
- Η προσομοίωση επιδιώκει την κατασκευή ενός πειραματικού μοντέλου το οποίο μιμείται το πραγματικό σύστημα στις λειτουργίες που μας ενδιαφέρουν.
- Στο μοντέλο αυτό μπορούμε να εφαρμόσουμε πειραματικές πολιτικές προκειμένου να τις αξιολογήσουμε και να επιλέξουμε την πιο κατάλληλη.

Παράδειγμα

- Μελέτη μιας γραμμής αναμονής σε ένα ταμείο μιας τράπεζας προκειμένου να ληφθεί απόφαση σχετικά με την λειτουργία και δεύτερου ταμείου.
- Κατάσταση: μέγεθος της γραμμής αναμονής
- Κανόνες που αλλάζουν την κατάσταση:
 - Άφιξη ενός πελάτη
 - Εξυπηρέτηση ενός πελάτη
- Αν γνωρίζαμε τους χρόνους άφιξης και εξυπηρέτησης κάθε πελάτη θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε την κατάσταση του συστήματος σε κάθε χρονική στιγμή.

Μοντέλο προσομοίωσης

- Είναι ένα πρόγραμμα σε ΗΥ που περιλαμβάνει:
 - Ένα σύνολο μεταβλητών που αντιπροσωπεύουν τα βασικά χαρακτηριστικά ενός πραγματικού συστήματος (π.χ. χρόνοι αναμονής πελατών, ποσοστά αξιοποίησης υπαλλήλων)
 - Ένα σύνολο εντολών προς τον Η/Υ που τροποποιούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά με την πάροδο του χρόνου σύμφωνα με τους κανόνες που ισχύουν στο σύστημα
- Η προσομοίωση είναι ένα σημαντικό εργαλείο για ανάλυση προβλημάτων σε καθεστώς αβεβαιότητας (Monte Carlo προσομοίωση)

Παράδειγμα: Συντονισμός αφίξεων πλοίων

Δεδομένα

- Συγκρότημα λιμανιών για τις ανάγκες ενός διυλιστηρίου.
- 2 προβλήτες φόρτωσης και εκφόρτωσης
- 15 πετρελαιοφόρα πλοία που ανήκουν σε 4 διαφορετικές κατηγορίες με γνωστό:
 - χωρητικότητα
 - χρόνο φόρτωσης – εκφόρτωσης
 - Κατηγορία προϊόντων που μπορεί να μεταφέρει

Ζητούμενα

- Τι δυνατότητες αποθήκευσης προϊόντων πρέπει να υπάρχουν από το διυλιστήριο έτσι ώστε να αποφευχθεί η συμφόρηση στα λιμάνια;
- Τι αποτέλεσμα θα είχε η αύξηση του αριθμού των πλοίων στην λειτουργία του λιμανιού;

Χαρακτηριστικά προσομοίωσης

- Απαιτεί λιγότερες απλουστεύσεις της πραγματικότητας
- Η προσομοίωση αξιολογεί και δεν υποδεικνύει μια λύση. Είναι κατάλληλη για what if αναλύσεις στρατηγικών
- Η προσομοίωση επιτρέπει την χρήση πολλαπλών κριτηρίων αξιολόγησης
- Η προσομοίωση είναι σχετικά απλή στη χρήση της

Διαφορές προσομοίωσης και αναλυτικών μεθόδων

- Απαιτεί λιγότερες απλουστεύσεις στην κατασκευή του μοντέλου από ότι οι αναλυτικές μέθοδοι και μπορεί να αντιμετωπίσει πιο περίπλοκα συστήματα
- Η προσομοίωση δεν προτείνει μια στρατηγική αλλά αξιολογεί μια στρατηγική
- Η προσομοίωση επιτρέπει την χρήση πολλαπλών κριτηρίων αξιολόγησης ώστε η επιλογή της στρατηγικής που θα υλοποιηθεί να είναι περισσότερο ρεαλιστική.

Προϋποθέσεις

- Καλή κατανόηση του συστήματος που πρόκειται να προσομοιώσουμε (κανόνες που το διέπουν)
- Γνώση περιβάλλοντος προγραμματισμού στο οποίο θα αναπτυχθεί το σύστημα
 - SIMSCRIPT
 - SIMULA
 - EXCEL
 - @RISK (διαχείριση χρηματοοικονομικού κινδύνου)
 - EXTEND (ανασχεδιασμός επιχειρηματικών διαδικασιών)

Κατασκευή μοντέλου προσομοίωσης

- Καθορισμός οντοτήτων (entities) του συστήματος (π.χ. σε ένα Super Market οντότητες είναι οι πελάτες και οι ταμίες)
- Περιγραφή της λειτουργίας κάθε οντότητας και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των οντοτήτων. Προσδιορισμός δραστηριοτήτων (activities)
 - B-δραστηριότητες (B=Bound) που μπορούν να ξεκινήσουν ανεξάρτητα από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το σύστημα (π.χ. άφιξη ενός πελάτη στο κατάστημα)
 - C-δραστηριότητες (C=Conditional) που για να ξεκινήσουν πρέπει να ικανοποιούνται ορισμένες συνθήκες (π.χ. η εξυπηρέτηση πελάτη στο ταμείο προϋποθέτει ο ταμίας να μην είναι απασχολημένος)
- Προσδιορισμός της χρονικής διάρκειας κάθε δραστηριότητας
- Προσδιορισμός των κανόνων για την εκτέλεση των C-δραστηριοτήτων

Προσαύξηση του χρόνου

- ΤΧΠ = Τρέχων Χρόνος Προσομοίωσης είναι η τρέχουσα χρονική στιγμή στην οποία εκτελείται μια δραστηριότητα.
- ΧΔΔ_i = Χρόνος Διάρκειας Δραστηριότητας είναι η χρονική διάρκεια που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας
- ΧΛΔ_i = Χρόνος Λήξης Δραστηριότητας
$$ΧΛΔ_i = ΤΧΠ + ΧΔΔ_i$$
- ΝΧΠ = Νέος Χρόνος Προσομοίωσης είναι ο ενωρίτερος χρόνος λήξης μιας δραστηριότητας
$$ΝΧΠ = \min\{ΧΛΔ_i\} \text{ για όλα τα } i$$

Φάσεις προσομοίωσης

- Φάση 1: Έναρξη δραστηριοτήτων
 - Εξετάζονται όλες οι C-δραστηριότητες και διαπιστώνεται ποιες μπορούν να ξεκινήσουν
 - Εκτελούνται οι C-δραστηριότητες που μπορούν να ξεκινήσουν και πραγματοποιούνται οι αντίστοιχες μεταβολές στο σύστημα. Προσδιορίζονται τα $X\Delta_i$ και $X\Lambda_i$.
- Φάση 2: Λήξη ενωρίτερης δραστηριότητας
 - Εξετάζονται οι χρόνοι λήξης $X\Lambda_i$ κάθε δραστηριότητας i σε εξέλιξη και επιλέγεται ο μικρότερος. Ο χρόνος αυτός είναι ο $NX\Gamma$
 - $TX\Gamma = NX\Gamma$
 - Αν $TX\Gamma >$ τελικό χρόνο προσομοίωσης τότε ΤΕΛΟΣ
- Φάση 3: Εκτέλεση επακόλουθων δραστηριοτήτων
 - Εντοπίζονται οι δραστηριότητες με $X\Lambda_i = NX\Gamma$
 - Εκτελούνται οι μεταβολές τους συστήματος που συνεπάγεται η λήξη της. Δηλαδή εκτελείται για κάθε δραστηριότητα που λήγει μια B-δραστηριότητα που καθορίζει τις μεταβολές που συνεπάγεται η λήξη της
- Επιστροφή στην Φάση 1

Εφαρμογή της Προσομοίωσης σε συνθήκες αβεβαιότητας

- Τυχαία (στοχαστικά) γεγονότα (π.χ. χρόνος άφιξης πελατών, διάρκεια εξυπηρέτησης σε ταμείο)
- Δημιουργείται μια σειρά τεχνητών παρατηρήσεων οι οποίες «συμπεριφέρονται στατιστικά» όπως οι πραγματικές παρατηρήσεις όταν θα συμβούν

Τυχαίοι αριθμοί

- Ψευδοτυχαίοι αριθμοί
- Ιδιότητες τυχαίων αριθμών:
 - Ομοιόμορφη κατανομή (δεν πρέπει να υπάρχουν αριθμοί που να εμφανίζονται συχνότερα από άλλους)
 - Θα πρέπει να περιέχει ανεξάρτητους όρους (εξετάζονται συνδυασμοί συνεχόμενων όρων που εμφανίζονται περισσότερες φορές από το αναμενόμενο)

Αναδρομικός ορισμός
 x_0 είναι γνωστό (seed)
 $x_{n+1} = (P_1 x_n + P_2) \bmod N$

π.χ. για $P_1 = 263$, $P_2 = 71$, $N = 100$, $x_0 = 79$
 Προκύπτει η ακολουθία ψευδοτυχαίων αριθμών:
 79, 48, 95, 56, 99, ...

	A	B	C	D	E	F	G
1	x0	79		N	100		
2	x1	48		P1	263		
3	x2	95		P2	71		
4	x3	56					
5	x4	99		B2	=MOD(\$E\$2*B1+\$E\$3;\$E\$1)		
6	x5	8					
7	x6	75					
8	x7	96					
9	x8	19					
10	x9	68					
11	x10	55					
12	x11	36					
13					

Δημιουργία ψευδοτυχαίων αριθμών με seed = 79 και χρήση του αναδρομικού τύπου:
 $x_{n+1} = (P_1 * x_n + P_2) \bmod N$

Παραγωγή τυχαίων αριθμών με το EXCEL

The image shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G
1	0,3707979	=RAND()					
2	10	=INT(RAND()*10)+1					
3	10	=RANDBETWEEN(1;10)					

Overlaid on the spreadsheet is the 'Random Number Generation' dialog box. The dialog box has the following settings:

- Number of Variables: 1
- Number of Random Numbers: 100
- Distribution: Uniform
- Parameters: Between 0 and 1
- Random Seed: 1821
- Output options: New Worksheet Ply

Εκθετική κατανομή

- Η εκθετική κατανομή εμφανίζεται συχνότατα σε φαινόμενα γραμμών αναμονής ως η κατανομή που χαρακτηρίζει το χρόνο μεταξύ δύο διαδοχικών αφίξεων ή το χρόνο εξυπηρέτησης

Προσομοίωση γραμμής αναμονής

- Σύστημα γραμμής αναμονής με 1 σταθμό εξυπηρέτησης
- Τυχαίες μεταβλητές:
 - Χρόνος μεταξύ 2 διαδοχικών αφίξεων πελατών. Εκθετικά κατανομημένος με μέση τιμή $\mu_1=4$ λεπτά
 - Χρόνος εξυπηρέτησης των πελατών από τον σταθμό εξυπηρέτησης. Εκθετικά κατανομημένος με μέση τιμή $\mu_2=5$ λεπτά
- Έστω Q ο αριθμός των πελατών που ευρίσκονται στο σύστημα (συμπεριλαμβανομένου του πελάτη που εξυπηρετείται στην τρέχουσα χρονική στιγμή)
- Οι δραστηριότητες του συστήματος είναι
 - Άφιξη πελάτη
 - Έναρξη εξυπηρέτησης πελάτη
 - Τέλος εξυπηρέτησης πελάτη

Άφιξη πελάτη

- Η δραστηριότητα αυτή είναι B-δραστηριότητα καθώς η άφιξη είναι ανεξάρτητη από την κατάσταση του συστήματος
- Η άφιξη πελάτη συνεπάγεται αύξηση του αριθμού πελατών κατά 1 $\rightarrow Q = Q + 1$
- Μηχανισμός δημιουργίας αφίξεων
 - Κατά την εκτέλεση μιας άφιξης θα προσδιορίζει τον χρόνο της επόμενης άφιξης με κατάλληλη δειγματοληψία

$$\chi\Delta_1 = T\chi\pi + A$$

(A είναι ο χρόνος άφιξης)

Έναρξη εξυπηρέτησης πελάτη

- Η έναρξη εξυπηρέτησης πελάτη είναι C-δραστηριότητα
- Προϋποθέσεις:
 - Ύπαρξη τουλάχιστον ενός πελάτη στο σύστημα.
 - $Q \geq 1$
 - Διαθέσιμος ταμίας. Σηματοδοτείται από την μεταβλητή S που πρέπει να έχει την τιμή 0
 - $S=1 \rightarrow$ απασχολημένος
 - $S=0 \rightarrow$ ελεύθερος
- Μεταβολές λόγω της δραστηριότητας
 - Έναρξη απασχόλησης του ταμιά
- Μηχανισμός εξυπηρέτησης πελατών
 - Κατά την έναρξη μιας εξυπηρέτησης πελάτη προσδιορίζεται ο χρόνος που θα χρειαστεί για την εξυπηρέτηση του πελάτη

$$X\Delta_2 = T\chi\pi + E$$

(E είναι η διάρκεια μιας εξυπηρέτησης)

Τέλος εξυπηρέτησης πελάτη

- Η δραστηριότητα αυτή είναι B-δραστηριότητα καθώς όταν αρχίσει η εξυπηρέτηση αυτή θα πραγματοποιηθεί υποχρεωτικά στον προκαθορισμένο χρόνο
- Μεταβολές λόγω της δραστηριότητας
 - Ο ταμίας καθίσταται ελεύθερος δηλαδή $S=0$

Σύμβολα διαγράμματος

- Q = αριθμός πελατών που ευρίσκονται στο σύστημα
- N = συνολικός αριθμός πελατών που έχουν εισαχθεί στο σύστημα
- D = συνολικός αριθμός πελατών που έχουν εξυπηρετηθεί ή έχουν αποχωρήσει από το σύστημα
- $AR(i)$ = χρόνος άφιξης του πελάτη i
- $DP(i)$ = χρόνος αναχώρησης του πελάτη i
- $W(i)$ = χρόνος του πελάτη i στο σύστημα
- W = συνολικός χρόνος εξυπηρετηθέντων πελατών στο σύστημα
- $AVG(W)$ = μέσος χρόνος εξυπηρετηθέντος πελάτη στο σύστημα

Εξέλιξη της γραμμής αναμονής

Χρόνος	Άφιξη πελάτη υπ' αριθμ N	Διάρκεια μέχρι την επόμενη άφιξη (A)	Έναρξη εξυπηρέτησης πελάτη υπ' αριθμ N	Διάρκεια εξυπηρέτησης (E)	Τέλος εξυπηρέτησης πελάτη υπ' αριθμ D	Διάρκεια παραμονής πελάτη στο σύστημα
0	N=1	3	N=1	5		
3	N=2	5				
5			N=2	4	D=1	5
8	N=3	2				
9			N=3	2	D=2	6
10	N=4	6				
11			N=4	2	D=3	3
13					D=4	3
16	N=5	4	N=5	2		
18					D=5	2
20	N=6	2	N=6	3		
22	N=7	7				
23			N=7	1	D=6	3
24					D=7	1

Σύνοψη προσομοίωσης

- Αριθμός πελατών που επισκέφθηκαν το σύστημα = 7
- Συνολικός χρόνος παραμονής πελατών = 23'
- Μέσος χρόνος παραμονής πελατών = 3,28'
- Μέγιστος χρόνος παραμονής πελάτη = 6'
- Ελάχιστος χρόνος παραμονής πελάτη = 1'