

ΕΠΙΔΟΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΘΕΜΑ 2

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την εμβάθυνση σε ζητήματα προσομοίωσης υπολογιστικών συστημάτων και στις μεθόδους που χρησιμοποιούμε για να εξάγουμε τις εκτιμήσεις των δεικτών επίδοσης.

Περιγραφή συστήματος προσομοίωσης

Το σύστημα που μελετάμε αποτελείται από δύο συσκευές, μια CPU και έναν δίσκο. Στο σύστημα έρχονται εργασίες δύο κατηγοριών. Οι αφίξεις των εργασιών ακολουθούν κατανομή Poisson με ρυθμούς 0.9 και 1.2 εργασίες ανά sec.

Οι εργασίες φτάνουν στην CPU η οποία έχει δύο ουρές αναμονής, μία για κάθε κατηγορία. Η CPU δίνει πλήρη προτεραιότητα στην κατηγορία A το οποίο μεταφράζεται στο ότι εργασία κατηγορίας B δεν μπορεί να φορτωθεί στην CPU εάν υπάρχει εργασία κατηγορίας A σε αναμονή. Ακόμη, εάν εμφανιστεί εργασία τύπου A στην CPU ενώ η CPU εκτελεί εργασία της κατηγορίας B, τότε η εργασία της κατηγορίας B επιστρέφει στην ουρά αναμονής της κατηγορίας της (ως πρώτη) και εκτελείται η εργασία κατηγορίας A. Οι ουρές και των δύο κατηγοριών είναι απλές ουρές FIFO. Στον δίσκο από την άλλη πλευρά υπάρχει μόνο μια κοινή ουρά FIFO και για τις δύο κατηγορίες.

Οι εργασίες της CPU ανά τακτά χρονικά διαστήματα μεταβαίνουν στον δίσκο και στην συνέχεια επιστρέφουν στην CPU. Οι χρόνοι εξυπηρέτησης στην CPU και στον δίσκο είναι εκθετικά κατανομημένοι. Μας δίνονται οι εξής τιμές για τους μέσους χρόνους εξυπηρέτησης και τον μέσο αριθμό επισκέψεων στον δίσκο:

	A	B
Μέσος χρόνος εξυπηρέτησης στη CPU	31	42
Μέσος χρόνος εξυπηρέτησης στον δίσκο	26	29
Μέσος αριθμός επισκέψεων στον δίσκο	10	8

Οι χρόνοι σε msec ανά επίσκεψη

Ζητούμενα και σχεδιαστικές επιλογές

Στο συγκεκριμένο σύστημα καλούμαστε να υπολογίσουμε με χρήση προσομοίωσης τον **μέσο χρόνο απόκρισης** των εργασιών για κάθε κατηγορία καθώς και το **συνολικό βαθμό χρησιμοποίησης** των πόρων του συστήματος. Το **διάστημα εμπιστοσύνης** θα υπολογίζεται κάθε **20** αναγεννητικούς κύκλους. Η εκτέλεση του προγράμματος θα σταματά όταν το διάστημα εμπιστοσύνης για τον μέσο χρόνο απόκρισης της **κατηγορίας B** έχει **μήκος μικρότερο από το 10%** της μέσης τιμής ή όταν εκτελεστούν 1000 αναγεννητικοί κύκλοι.

Επιλέξαμε την προσομοίωση να την υλοποιήσουμε σε **python** (notebook στο **colab** για την ακρίβεια). Δεν χρησιμοποιήσαμε κάποια έτοιμη βιβλιοθήκη για αυτό το σκοπό. Θα αναφέρουμε τα σημαντικότερα σημεία ενδιαφέροντος της υλοποίησής μας.

Για να δρομολογήσουμε τα γεγονότα χρησιμοποιήσαμε ορίσαμε μιά συνάρτηση που παράγει **χρόνο άφιξης διαδικασίας Poisson** με όρισμα τον ρυθμό της διαδικασίας. Η

παραγωγή της τυχαιάς μεταβλητής έγινε με την μέθοδο της αντιστροφής και χρησιμοποιώντας ομοιόμορφη τυχαιά μεταβλητή U στο $[0,1]$. Εκτελώντας την προσομοίωση για πολλά δείγματα λάβαμε υπολογίσαμε τις μέσες τιμές των χρόνων αφίξεων και τις συγκρίναμε με τις πραγματικές μέσες τιμές:

```
Simulation, True, Number of events
476.2 , 474.4 , 58707
31 , 31.0 , 248656
42 , 41.8 , 271224
26 , 26.1 , 223627
29 , 29.0 , 237547
```

Οι χρόνοι σε msec ανά επίσκεψη

Για την **δρομολόγηση των γεγονότων** διατηρούσαμε σε όλη την προσομοίωση τον χρόνο επόμενης άφιξης στο σύστημα, τον χρόνο ολοκλήρωσης της επίσκεψης στην CPU και τον χρόνο ολοκλήρωσης της επίσκεψης στον δίσκο.

Για τις **ουρές αναμονής** χρησιμοποιήσαμε την βιβλιοθήκη deque της python διότι χρειαζόμαστε να έχουμε αποδοτικά προσθήκες και στις δύο πλευρές της ουράς για να διαχειριστούμε την περίπτωση που εργασία κατηγορίας B διακόπτεται στην CPU από εργασία κατηγορίας A και επιστρέφει πρώτη στην ουρά αναμονής της κατηγορίας B.

Από τις τιμές των μέσων προσπελάσεων στον δίσκο εξάγουμε την **πιθανότητα** μια εργασία να μεταφερθεί στο δίσκο ή να αποχωρήσει από το σύστημα. Έτσι όταν οι εργασίες ολοκληρώνουν την επίσκεψη τους στη CPU με πιθανότητα $1/10$ και $1/8$ (για κατηγορία A και B αντίστοιχα) αποχωρούν από το σύστημα. Ειδάλλως μετακινούνται στον δίσκο.

Για τον **υπολογισμό του μέσου χρόνου απόκρισης** θα καταγράφουμε για κάθε κύκλο και κάθε κατηγορία τον συνολικό χρόνο που χρειάστηκε κάθε εργασία να ολοκληρωθεί. Σε ακολουθία με την ορολογία του βιβλίου (κεφ 7.3.4.3) το **y_i** που θα καταγράφουμε θα είναι για κάθε κύκλο το άθροισμα του χρόνου απόκρισης κάθε εργασία ίδιας κατηγορίας ενώ το **c_i** θα είναι ο αριθμός των εργασιών ίδιας κατηγορίας που ολοκληρώθηκαν στον κύκλο

Για τον **υπολογισμό του βαθμού χρησιμοποίησης** των πόρων του συστήματος το **y_i** θα είναι ο χρόνος που κάθε πόρος ήταν απασχολημένος στον κάθε κύκλο και **c_i** θα είναι η χρονική διάρκεια του κύκλου.

Για τις **συνθήκες τερματισμού** θα υπολογίσουμε την τιμή z από έναν πίνακα της κατανομής Student ώστε να έχουμε διάστημα εμπιστοσύνης 95%. Η μεταβλητή z με βάση τον εξής [πίνακα](#) επιλέγεται 1.96. Οι υπόλοιπες τιμές υπολογίστηκαν με βάση τις σχέσεις του βιβλίου

Αποτελέσματα προσομοίωσης

Εκτελέσαμε την προσομοίωση **πολλές φορές** για να κατανοήσουμε καλύτερα την αξία και την ποιότητα των αποτελεσμάτων της μεθόδου. Στις περισσότερες προσομοιώσεις ενεργοποιήθηκε η συνθήκη τερματισμού του διαστήματος εμπιστοσύνης, ενώ ο αριθμός των **αναγεννητικών κύκλων** ήταν αυστηρά μεγαλύτερος του 400. Παρατηρήσαμε πως ο μέσος χρόνος απόκρισης για την **κατηγορία A** κυμαίνεται ανάμεσα στα 1250 και 1550 msec και για την **κατηγορία B** ανάμεσα στα 1300 και 1500 msec. Ο **βαθμός χρησιμοποίησης** της CPU κυμαίνεται ανάμεσα στο 70 με 75 % ενώ του δίσκου στα 40 με 50%.

Ενδεικτικά θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα μιας προσομοίωσης με **1000** αναγεννητικούς κύκλους:

```
Average response time for Category A: 1374.774  
Average response time for Category B: 1454.929  
CPU utilization 0.724  
CPU utilization 0.451
```

Οι χρόνοι σε msec ανά επίσκεψη

Στην προσομοίωση αυτή καταγράψαμε και τον **αριθμό εργασιών** στο σύστημα σε κάθε γεγονός, καθώς και τον **αριθμό των επισκέψεων** στο δίσκο για όλες τις εργασίες και τα παρουσιάζουμε στα παρακάτω ιστογράμματα (η καταγραφή αυτών των μεγεθών έγινε κυρίως για sanity check).

