

Επίδοση Υπολογιστικών Συστημάτων

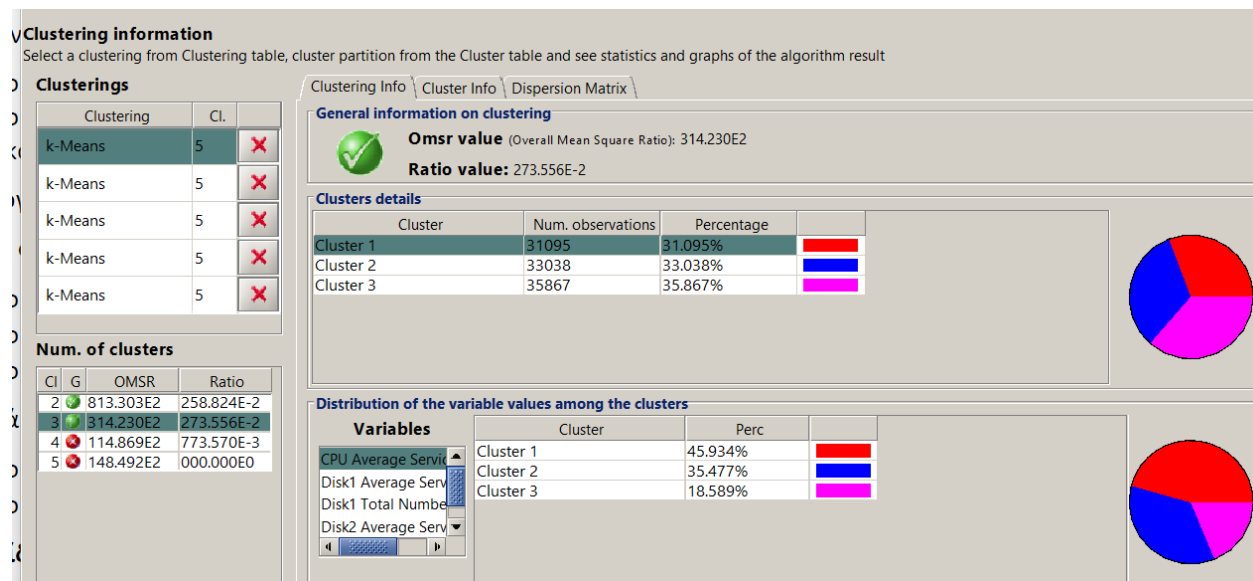
Θέμα 3-Group5

8^ο Εξάμηνο, Ακαδημαϊκή περίοδος 2021 – 2022

Ονοματεπώνυμο	Αριθμός Μητρώου
Μπούφαλης Οδυσσεύς Δημήτριος	el18118
Αναστάσιος Παπαζαφειρόπουλος	el18079

A.

Χρησιμοποιώντας τα δοσμένα αρχεία εφαρμόσαμε ομαδοποίηση των δεδομένων (clustering) για να τα διαχωρίσουμε σε ομάδες με χαμηλή μεταβλητότητα στο εσωτερικό τους σύμφωνα με τα βήματα της εκφώνησης. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήσαμε τον αλγόριθμο k-means με μέγιστο αριθμό clusters 5 και αριθμό επαναλήψεων 50 με μετασχηματισμό $(\text{value} - \min) / (\max - \min)$. Χρησιμοποιήσαμε βέβαια αποκλειστικά την ομαδοποίηση σε 3 κατηγορίες. Αφού εκτελέσαμε 5 φορές την ομαδοποίηση διαλέξαμε αυτή που για 3 clusters δίνει μεγαλύτερο ratio. Τα αποτελέσματα της ομαδοποίησης που διαλέξαμε φαίνονται παρακάτω:



Clustering information

Select a clustering from Clustering table, cluster partition from the Cluster table and see statistics and graphs of the algorithm result

Clusterings

Clustering	Cl.	
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖

Num. of clusters

Cl	G	OMSR	Ratio
2	🟢	813.303E2	258.824E-2
3	🟢	314.230E2	273.556E-2
4	🔴	114.869E2	773.570E-3
5	🔴	148.492E2	000.000E0

Clustering Info Cluster Info Dispersion Matrix

Cluster Information

This panel shows information of variables (center and statistics) within a single cluster

Cluster 1

Cluster 2

Cluster 3

Cluster 1/3 has 31095 observations

Sel.	Name	Center	Std. Dev.	Kurt.	Skew.
<input checked="" type="checkbox"/>	CPU Average Service Ti...	368.039E-1	899.040E-2	224.300E-2	-113.184E-2
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk1 Average Service ...	119.717E-1	179.969E-2	-320.195E-4	-237.968E-4
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk1 Total Number of ...	430.403E-1	108.517E-1	220.375E-2	-112.249E-2
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk2 Average Service ...	102.550E-1	999.502E-3	630.930E-4	375.208E-3
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk2 Total Number of ...	257.538E-1	381.675E-2	-608.652E-5	435.886E-4

Single cluster details

Clustering information

Select a clustering from Clustering table, cluster partition from the Cluster table and see statistics and graphs of the algorithm result

Clusterings

Clustering	Cl.	
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖

Num. of clusters

Cl	G	OMSR	Ratio
2	🟢	813.303E2	258.824E-2
3	🟢	314.230E2	273.556E-2
4	🔴	114.869E2	773.570E-3
5	🔴	148.492E2	000.000E0

Clustering Info Cluster Info Dispersion Matrix

Cluster Information

This panel shows information of variables (center and statistics) within a single cluster

Cluster 1

Cluster 2

Cluster 3

Cluster 2/3 has 33038 observations

Sel.	Name	Center	Std. Dev.	Kurt.	Skew.
<input checked="" type="checkbox"/>	CPU Average Service Ti...	267.535E-1	801.457E-2	693.949E-3	-946.208E-3
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk1 Average Service ...	101.410E-1	144.800E-2	247.583E-3	208.954E-3
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk1 Total Number of ...	292.170E-1	903.514E-2	724.954E-3	-812.271E-3
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk2 Average Service ...	693.372E-2	866.258E-3	-621.785E-4	-643.555E-4
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk2 Total Number of ...	174.779E-1	270.396E-2	417.688E-4	-141.227E-4

Single cluster details

Main Panel Input Statistics Clustering Clustering Information

Clustering information

Select a clustering from Clustering table, cluster partition from the Cluster table and see statistics and graphs of the algorithm result

Clusterings

Clustering	Cl.	
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖
k-Means	5	✖

Num. of clusters

Cl	G	OMSR	Ratio
2	🟢	813.303E2	258.824E-2
3	🟢	314.230E2	273.556E-2
4	🔴	114.869E2	773.570E-3
5	🔴	148.492E2	000.000E0

Clustering Info Cluster Info Dispersion Matrix

Cluster Information

This panel shows information of variables (center and statistics) within a single cluster

Cluster 1

Cluster 2

Cluster 3

Cluster 3/3 has 35867 observations

Sel.	Name	Center	Std. Dev.	Kurt.	Skew.
<input checked="" type="checkbox"/>	CPU Average Service Ti...	129.126E-1	974.660E-2	370.335E-2	223.233E-2
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk1 Average Service ...	130.613E-1	161.753E-2	-101.052E-3	543.853E-4
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk1 Total Number of ...	139.517E-1	112.100E-1	402.465E-2	228.813E-2
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk2 Average Service ...	807.566E-2	862.556E-3	-155.232E-3	-194.744E-3
<input checked="" type="checkbox"/>	Disk2 Total Number of ...	219.273E-1	318.205E-2	964.679E-4	134.009E-3

Single cluster details

Από τα δεδομένα του πρώτου πίνακα βλέπουμε ότι το class A αντιπροσωπεύει το 31.095% του συνολικού φορτίου, το class B αντιπροσωπεύει το 33.038% και το class C το 35.867%. Επίσης ξέρουμε ότι

$$X = \lambda = \frac{298090}{512000} = 0.5822 \text{ εργασίες/sec}$$

Συνεπώς, επειδή $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$ και με βάση τα παραπάνω ποσοστά έχουμε ότι:

- $\lambda_1 = 0.31095 * \lambda = 0.181 \text{ εργασίες/sec}$
- $\lambda_2 = 0.3308 * \lambda = 0.1923 \text{ εργασίες/sec}$
- $\lambda_3 = 0.35867 * \lambda = 0.2088 \text{ εργασίες/sec}$

B.

Συνεπώς, με βάση τα παραπάνω έχουμε συνολικό ρυθμό αφίξεων $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 0.5822 \text{ εργασίες/sec}$ ενώ από τα υπόλοιπα 3 πινακάκια για κάθε cluster μπορούμε να βρούμε από τις τιμές των κέντρων τα S_{ij} και v_{ij} . Ας συμβολίσουμε ως 1 την CPU, 2 το disk1 και 3 το disk2. Επίσης για δεδομένη κατηγορία εργασιών έστω j ξέρουμε ότι ισχύει $v_{1j} = v_{2j} + v_{3j} + 1$. Έχουμε από την στήλη centers τα εξής:

$$S_{11} = 36.8 \text{ msec}, S_{21} = 11.97 \text{ msec}, S_{31} = 10.25 \text{ msec}$$

$$v_{11} = 69.79, v_{21} = 43.04, v_{31} = 25.75$$

$$S_{12} = 26.75 \text{ msec}, S_{22} = 10.14 \text{ msec}, S_{32} = 69.33 \text{ msec}$$

$$v_{12} = 47.69, v_{22} = 29.21, v_{32} = 17.48$$

$$S_{13} = 12.91 \text{ msec}, S_{23} = 13.06 \text{ msec}, S_{33} = 80.75 \text{ msec}$$

$$v_{13} = 36.87, v_{23} = 13.95, v_{33} = 21.92$$

Στη συνέχεια εισάγουμε τις τιμές αυτές στο εργαλείο JMVA για να βρούμε τα ζητούμενα μεγέθη. Έτσι έχουμε:

Classes					
Stations	Service Times	Visits	Reference Station	What-if	Comment
Classes characteristics Number, customized name, type of classes and number of customers (closed class) or arrival rate (open class). Add classes one by one or define total number at once. <div style="float: right;">Number: <input type="text" value="3"/></div> <div style="text-align: right;"><input type="button" value="New Class"/></div>					
*	Name	Type	No. of Customers	Arrival Rate (λ)	
1	Class1	open		0.1810	✗
2	Class2	open		0.1923	✗
3	Class3	open		0.2088	✗

Classes
Stations
Service Times
Visits
Reference Station
What-if
Comment

Stations characteristics

Number: 3

Number, customized name and type of stations. Add stations one by one or define the total number at once. Load Dependent stations necessarily require the use of MVA.

New Station

*	Name	Type	
1	CPU	Load Independent	✗
2	Disk1	Load Independent	✗
3	Disk2	Load Independent	✗

Classes
Stations
Service Times
Visits
Reference Station
What-if
Comment

Service Times

Input service times of each station for each class.

If the station is "Load Dependent" you can set the service times for each number of customers by double-click on "LD Settings..." button.

Press "Service Demands" button to enter service demands instead of service times and visits.

MULTICLASS MODELS: when for a station the per-class service times are different, the results are correct ONLY IF its scheduling discipline is assumed Processor Sharing (PS) and not FCFS (See BCMP Theorem).

*	Class1	Class2	Class3
CPU	0.0368	0.0267	0.0129
Disk1	0.0120	0.0101	0.0131
Disk2	0.0103	0.0693	0.0808

File
Action
Help

Algorithm: QN

Classes
Stations
Service Times
Visits
Reference Station
What-if
Comment

Visits

Average number of visits to each station per class.

*	Class1	Class2	Class3
CPU	69.7900	47.6900	36.8700
Disk1	43.0400	29.2100	13.9500
Disk2	25.7500	17.4800	21.9200

Πατώντας solve έχουμε:


- Για κάθε σταθμό και ανά κατηγορία και συνολικά για κάθε σταθμό τον ρυθμό απόδοσης

Throughput	Number of Customers	Residence Times	System Response Time	Utilization	System Power	Synopsis
Throughput Throughput of each class for each station. System Throughput is the completion rate of the Reference Station .						
*	Aggregate	Class1	Class2	Class3		
System	0.5821	0.1810	0.1923	0.2088		
CPU	29.5012	12.6320	9.1708	7.6985		
Disk1	16.3201	7.7902	5.6171	2.9128		
Disk2	12.5991	4.6608	3.3614	4.5769		

- Για κάθε σταθμό και ανά κατηγορία και συνολικά για κάθε σταθμό τον βαθμό χρησιμοποίησης

JMVA Solutions - MVA						
Throughput	Number of Customers	Residence Times	System Response Time	Utilization	System Power	Synopsis
Utilization Utilization of a customer class at the selected station. The utilization of a delay station is the average number of customers in the station (it may be greater than 1).						
*	Aggregate	Class1	Class2	Class3		
CPU	0.8096	0.4649	0.2453	0.0994		
Disk1	0.1882	0.0932	0.0570	0.0380		
Disk2	0.6504	0.0478	0.2330	0.3696		

- Για κάθε σταθμό και ανά κατηγορία και συνολικά για κάθε σταθμό τον χρόνο απόκρισης


 JMVA Solutions - MVA

Throughput	Number of Customers	Residence Times	System Response Time	Utilization	System Power	Synopsis
Residence Times						
Total time spent by each customer class summed across all visits to a station.						
*	Aggregate	Class1	Class2	Class3		
CPU	7.3030	13.4862	6.6988	2.4995		
Disk1	0.3984	0.6347	0.3649	0.2244		
Disk2	3.1961	0.7550	3.4665	5.0631		

Βέβαια οι τιμές αυτές μπορούν να προκύψουν και από τον συνολικό χρόνο απόκρισης μέσω του τύπου

$$R_{ij}(\lambda) = \frac{D_{ij}}{1 - \sum_{k=1}^C U_{ik}(\lambda)}$$

Όπου $D_{ij} = S_{ij}v_{ij}$ και τα U_{ik} προκύπτουν από τις παραπάνω μετρήσεις.


 JMVA Solutions - MVA

Throughput	Number of Customers	Residence Times	System Response Time	Utilization	System Power	Synopsis
System Response Time						
The global aggregate is the "System Response Time" and is obtained weighting the aggregated values by the relative per-class throughput.						
A: This value of System Response Time includes the Residence Time of the Reference Station.						
B: This value of System Response Time does NOT include the Residence Time of the Reference Station.						
Notice: For open classes the Reference Station always coincides with the arrival process. Thus the B values are not computed.						
*	Aggregate	Class1	Class2	Class3		
A	10.8975	14.8758	10.5302	7.7870		
B	--	--	--	--		

Για παράδειγμα για το $R_{11} = \frac{S_{11}v_{11}}{1 - U_{11} - U_{12} - U_{13}} = 36.8 \text{ msec} * \frac{69.79}{1 - 0.8096} = 13.4888235 \approx 13.4862$.

Με αντίστοιχο τρόπο επαληθεύονται και τα υπόλοιπα.

Τέλος, συνολικά για το δίκτυο και για κάθε κατηγορία έχουμε τον μέσο χρόνο απόκρισης όπως φαίνεται παρακάτω:

 JMVA Solutions - MVA

Throughput	Number of Customers	Residence Times	System Response Time	Utilization	System Power	Synopsis
System Response Time						
The global aggregate is the "System Response Time" and is obtained weighting the aggregated values by the relative per-class throughput.						
A: This value of System Response Time includes the Residence Time of the Reference Station.						
B: This value of System Response Time does NOT include the Residence Time of the Reference Station.						
Notice: For open classes the Reference Station always coincides with the arrival process. Thus the B values are not computed.						
*	Aggregate	Class1	Class2	Class3		
A	10.8975	14.8758	10.5302	7.7870		
B	--	--	--	--		

Ενώ για τον μέσο αριθμό εργασιών έχουμε:

 JMVA Solutions - MVA

Throughput	Number of Customers	Residence Times	System Response Time	Utilization	System Power	Synopsis
Number of Customers						
Average number of customers for each class at each station.						
*	Aggregate	Class1	Class2	Class3		
Aggregate	6.3434	2.6925	2.0250	1.6259		
CPU	4.2511	2.4410	1.2882	0.5219		
Disk1	0.2319	0.1149	0.0702	0.0469		
Disk2	1.8604	0.1367	0.6666	1.0572		

Το αρχείο mva1.jmva έχει την παραπάνω μοντελοποίηση.

Γ.

Εκτελώντας what-if analysis μέσω του JMVA θέτοντας τις εξής παραμέτρους:

What-if analysis
Solve models increasing proportionally the arrival rates of the open classes. Starting from the actual value, the arrival rates are increased (or decreased) by the percentage expressed in the 'to' value.

Control Parameter : **Arrival Rates**

Class : **-- All classes proportionally --**

From (%) : **100.0**

To (%) : **106.0**

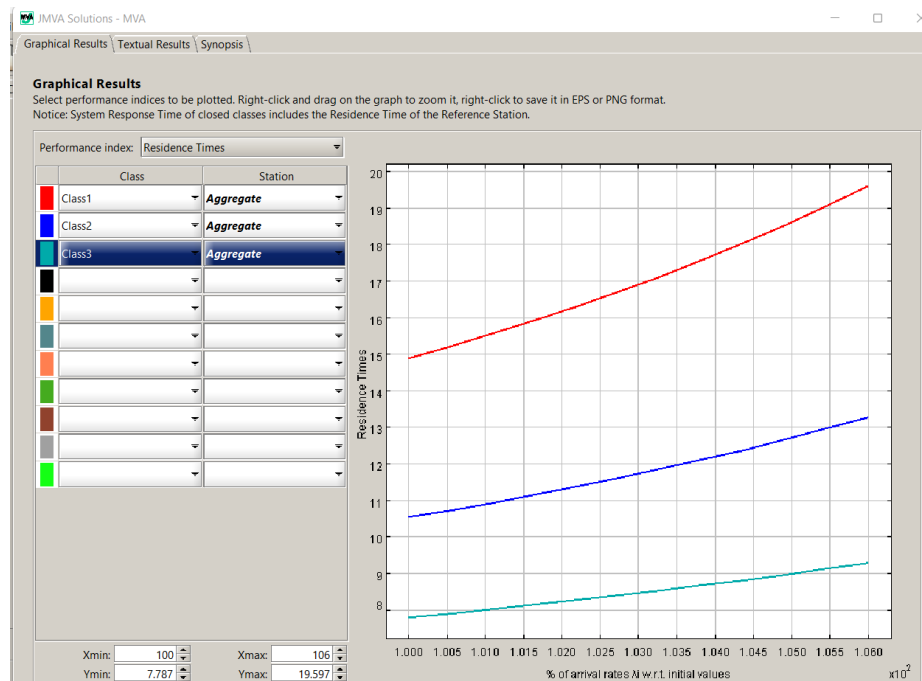
Steps (n. of executions) : **12**

☐ Compare Algorithms

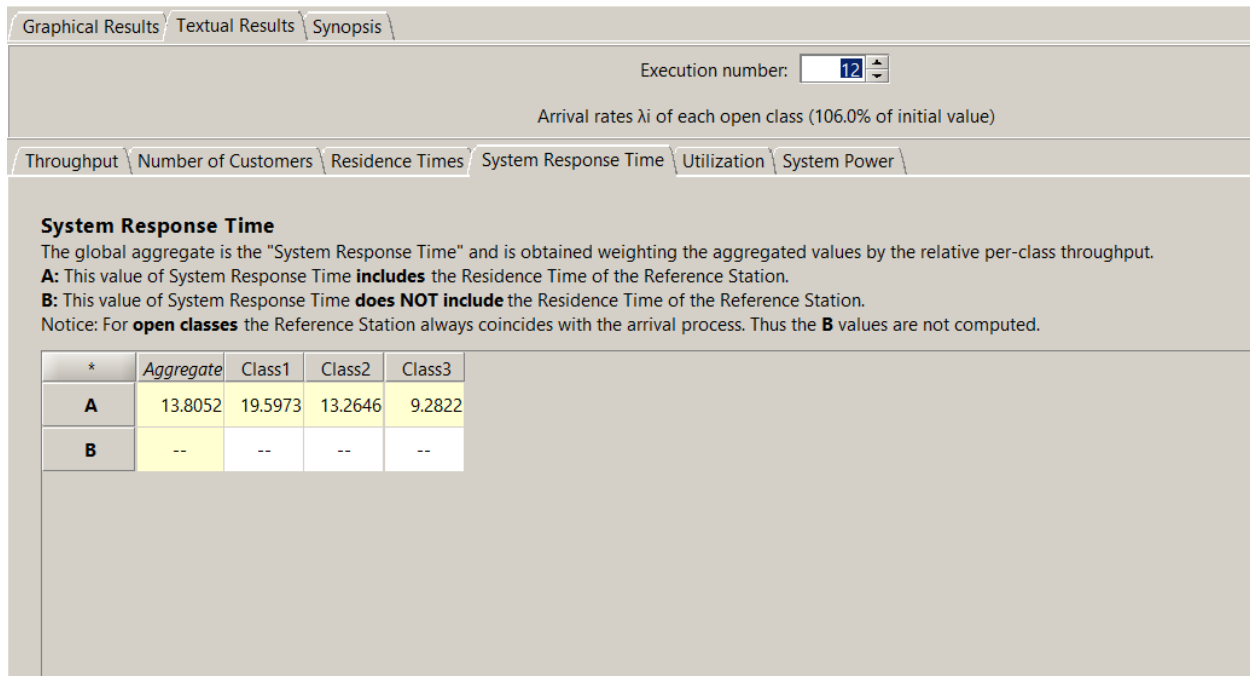
	Class1	Class2	Class3
λi	0.181	0.1923	0.2088

< Back Next > Solve Exit

Όπου θεωρήσαμε 12 επαναλήψεις αφού θέλουμε να δούμε τι θα συμβεί σε ορίζοντα ενός έτους (12 μήνες). Επίσης, αφού κάθε μήνα το λ αυξάνεται κατά 0.5% μετά από 12 μήνες θα έχει γίνει 106%. Το γραφικό αποτέλεσμα που λαμβάνουμε φαίνεται παρακάτω:

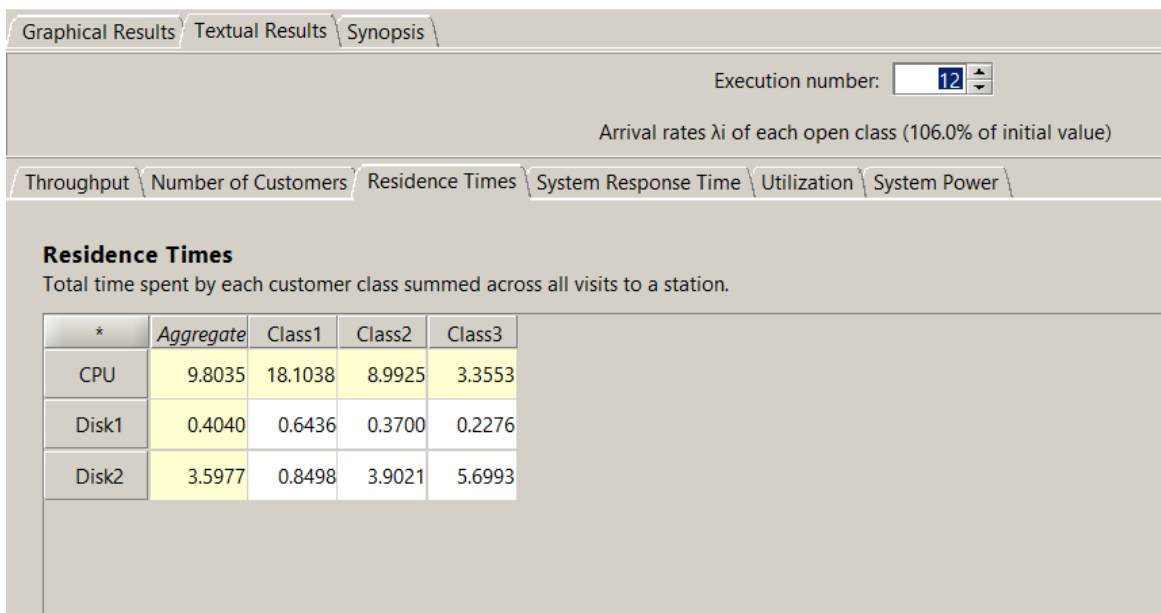


Βλέπουμε ότι μετά το πέρας του ενός έτους για τις κατηγορίες 2,3 ο χρόνος απόκρισης παραμένει χαμηλότερος από 15sec. Άρα θέλουμε να μειώσουμε τον χρόνο απόκρισης της πιο απαιτητικής κατηγορίας που είναι η Class 1 η οποία ξεπερνά τα 15sec. Συγκεκριμένα για το Class 1 έχουμε ότι ο χρόνος απόκρισης είναι 19.5973 sec στο τέλος του χρόνου όπως φαίνεται και παρακάτω:



Παρατηρούμε ότι για την κατηγορία 1 ο χρόνος απόκρισης στην cpu είναι αρκετά μεγαλύτερος από τον χρόνο απόκρισης στους 2 δίσκους. Συνεπώς, θα βρούμε την ελάχιστη αύξηση στην ταχύτητα της cpu έτσι ώστε να πετύχουμε τον στόχο μας. Πρέπει να ισχύει λοιπόν ότι $R_1 \leq 15 \rightarrow R_{11} + R_{21} + R_{31} \leq 15 \rightarrow R_{11} \leq 15 - R_{21}(12) - R_{31}(12)$. Στην 12^η επανάληψη έχουμε ότι:

 JMVA Solutions - MVA



Άρα $R_{21}(12) = 0.6436$ και $R_{31}(12) = 0.8498$. Οπότε έχουμε:

$$R_{11} \leq 15 - R_{21}(12) - R_{31}(12) \rightarrow R_{11} \leq 13.5066 \rightarrow S'_{11} * \frac{v_{11}}{1 - U'_{11} - U'_{12} - U'_{13}} \leq 13.5066$$

Έστω ότι $\frac{S'_{11}}{S_{11}} = x$ τότε έχουμε:

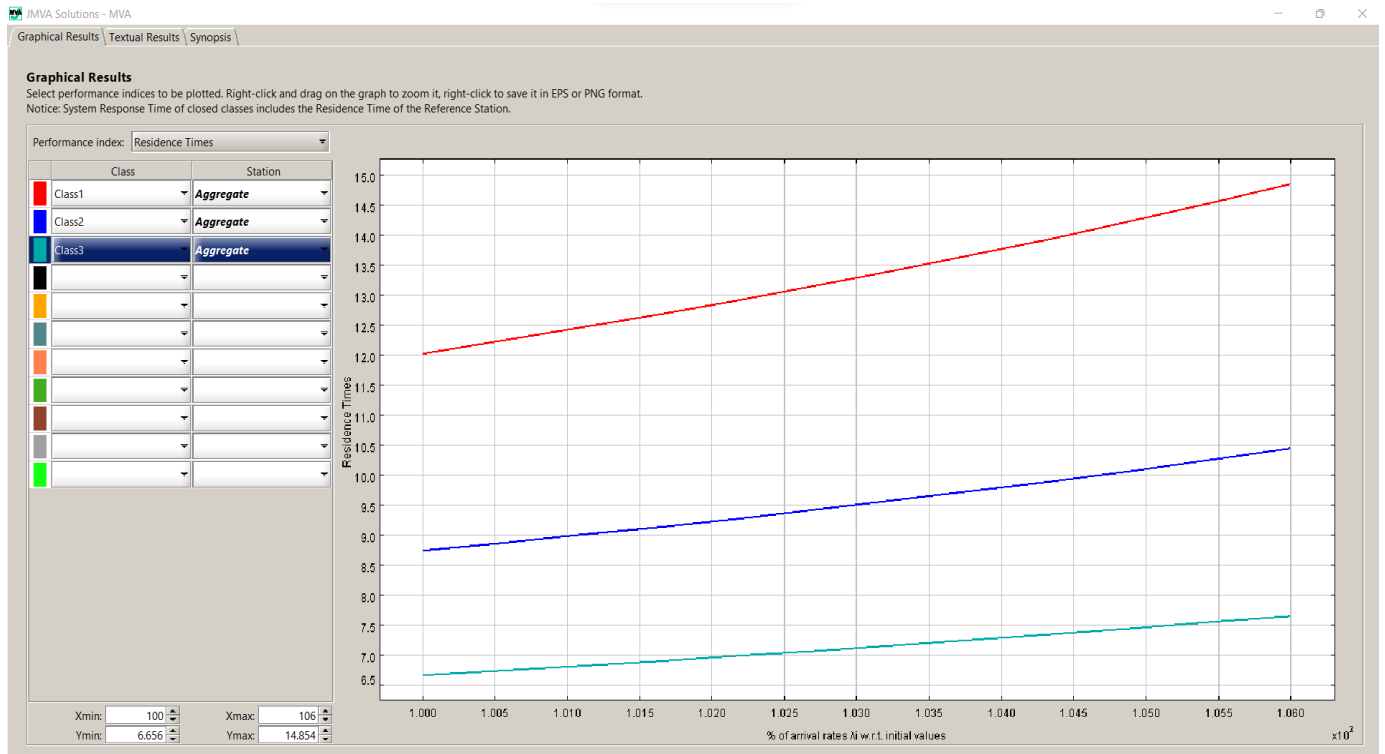
$$U'_{11}(12) = \lambda_1(12) * S'_{11} * v_{11} = U_{11}(12) * x$$

Με την ίδια λογική παίρνουμε $U'_{12}(12) = U_{12}(12) * x$ και $U'_{13}(12) = U_{13}(12) * x$. Συνεπώς, η ανίσωση που είχαμε θα γίνει:

$$\frac{S_{11}v_{11}x}{1 - x(U_{11} + U_{12} + U_{13})} \leq 13.5066 \rightarrow$$

$$x = 0.95397144 \approx 0.954$$

Τώρα, μπορούμε να αλλάξουμε τα service times της cru με βάση το x που βρήκαμε και να εκτελέσουμε εκ νέου what if analysis για να επιβεβαιώσουμε ότι πετύχαμε τον στόχο μας. Αλλάζοντας τις τιμές των S_{ij} με βάση το x που βρήκαμε έχουμε γραφικά ότι:



Όντως, βλέπουμε ότι όλες οι τιμές δεν ξεπερνούν τα 15sec και το ότι ο χρόνος απόκρισης για την κατηγορία 1 δεν είναι ακριβώς 15 οφείλεται σε στρογγυλοποιήσεις.

Execution number:

Arrival rates λ_i of each open class (106.0% of initial value)

Throughput \ Number of Customers \ Residence Times \ System Response Time \ Utilization \ System Power \

System Response Time
The global aggregate is the "System Response Time" and is obtained weighting the aggregated values by the relative per-class throughput.
A: This value of System Response Time **includes** the Residence Time of the Reference Station.
B: This value of System Response Time **does NOT include** the Residence Time of the Reference Station.
Notice: For **open classes** the Reference Station always coincides with the arrival process. Thus the **B** values are not computed.

*	Aggregate	Class1	Class2	Class3
A	10.8119	14.8541	10.4381	7.6522
B	--	--	--	--

Συνεπώς, η ελάχιστη απαιτούμενη αναβάθμιση είναι να αυξήσουμε την ταχύτητα της cpu κατά 4.82% αφού $\frac{1}{x} = 1.04821803$.

Το αρχείο mna2.jmna έχει τα τροποποιημένα service times ώστε να πετύχουμε τον στόχο μας.