



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Σχολή Μηχανικών

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών

Διαχείριση Δεδομένων Μεγάλης Κλίμακας

Αναφορά Ανάλυσης Δεδομένων

Εργασία: Best-Value Smartphone Analysis

ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ ΒΑΡΣΟΥ 21390021

ΑΓΓΕΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΕΝΤΖΕΛΟΣ 21390132

1. Εισαγωγή

Αυτό το έγγραφο αποτελεί την συγγραφή της αναφοράς για την ανάλυση δεδομένων που πραγματοποιήσαμε σε ένα dataset που αφορά για τα διάφορα κινητά που υπάρχουν στην αγορά και τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά τους. Θα επικεντρωθούμε στην ανάλυση σχετικά με την τιμή του κάθε κινητού σε αντιπαράθεση με τον επεξεργαστή που έχουν και την RAM.

Αρχικά, θα περιγράψουμε το πρόβλημα που επιχειρούμε να λύσουμε με την ανάλυση αυτή, έπειτα θα περιγράψουμε εν συντομία το dataset που χρησιμοποιήσαμε και τέλος θα επικεντρωθούμε στην περιγραφή του κώδικα που υλοποιήσαμε καθώς και την περιγραφή/αποτίμηση των αποτελεσμάτων που συμπεραίνουμε από αυτά.

Σε αυτήν την αναφορά δεν θα συμπεριλάβουμε όλα τα περιεχόμενα των πινάκων καθώς είναι πολλά για τις δύο αναλύσεις που υλοποιήσαμε (Processor, RAM) ωστόσο υπάρχουν όλοι αναλυτικά στον κώδικα .ipynb. Ο κώδικας .py περιέχει και αυτός όλη την ανάλυση αλλά συμπεριλήφθηκε για πρακτικούς λόγους, συνεπώς η ανάλυση μαζί με τις πηγές που χρησιμοποιήσαμε βρίσκεται αναλυτικά στον κώδικα .ipynb (θα ήταν προτιμότερο δηλαδή να προβληθεί από εκεί αφού είναι ενσωματωμένοι όλοι οι πίνακες και τα σχήματα).

2. Ορισμός Προβλήματος

Επιλέξαμε αυτό το πρόβλημα γιατί θέλαμε να προσεγγίσουμε το θέμα ανάλυσης των πιο value for money smartphones. Γενικά, στις μέρες μας ειδικότερα στο tech world του διαδικτύου όλοι επιχειρούν να απαντήσουν στο ερώτημα ποιο κινητό ή λειτουργικό είναι καλύτερο. Όπως για παράδειγμα, συχνό debate είναι η επιλογή μεταξύ Apple ή Android κινητού. Με τους υποστηρικτές της Apple να υποστηρίζουν ότι αν και πιο ακριβά είναι πιο ποιοτικά και με τους υποστηρικτές των Android να υποστηρίζουν ότι είναι το ίδιο ποιοτικά (αν όχι και περισσότερο) και σε πιο προσιτή τιμή. Στην ανάλυση που θα κάνουμε θα προσπαθήσουμε να δείξουμε σε πιο εύρος τιμών το hardware(processor, RAM) ισοδυναμεί με την τιμή. Αν δηλαδή αυτά που πληρώνεις είναι η «μάρκα» ή όντως η αξία του κινητού σε σύγκριση με τις δυνατότητες του. Και γενικά, ποιο εύρος τιμών είναι το καλύτερο για μια αξιοπρεπής αγορά ενός κινητού. Συνεπώς, ποιο είναι το πιο best value smartphone στην αγορά σήμερα.

3. Περιγραφή του συνόλου δεδομένων

Το σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήσαμε περιέχει 11 στήλες και 1021 γραμμές που αφορούν σε γενικές πληροφορίες σχετικά με κινητά τηλέφωνα. Έχει γενικά πληροφορίες για κινητά από πολύ φθηνά έως πολύ ακριβά και όλων των λειτουργικών. Από τις 11 στήλες του dataset εμείς χρησιμοποιήσαμε την στήλη Price (την τιμή σε ινδικά ρούπια την οποία μετατρέψαμε σε ευρώ), την Processor (που έχει το όνομα του επεξεργαστή, τους πυρήνες του και στην συχνότητα του) και την RAM (που έχει την μνήμη RAM και τον αποθηκευτικό built-in χώρο). Οι υπόλοιπες στήλες που υπάρχουν στο αρχείο αλλά δεν χρησιμοποιήσαμε είναι γενικά χαρακτηριστικά που αφορούν στο όνομα του κινητού, το Rating του, την Sim που δέχεται (δηλαδή τον αριθμό των καρτών), το μέγεθος της μπαταρίας του σε mAh, την ανάλυση της οθόνης, την κάμερα που έχει, αν δέχεται έξτρα κάρτα αποθηκευτικού χώρου και το λειτουργικό σύστημα του κάθε κινητού τηλεφώνου.

4. Περιγραφή των μεθόδων ανάλυσης δεδομένων

Για την υλοποίηση της ανάλυσης χρησιμοποιήσαμε τρεις τεχνικές. Αρχικά, κάναμε την τεχνική One Hot Encoding στις κατηγορικές τιμές του Processor (και αντίστοιχα της RAM) στην συνέχεια κάναμε Clustering (K-Means) για το grouping των κινητών και τέλος κάναμε την τεχνική του Association Rule Mining (Apriori function) για την εξαγωγή των συσχετίσεων. Ο λόγος που χρησιμοποιήσαμε αυτές τις τεχνικές θα τις παρουσιάσουμε παρακάτω εξηγώντας εν συντομία τι κάνει γενικά η κάθε τεχνική και γιατί την χρησιμοποιούμε στην ανάλυση μας.

Η τεχνική One Hot Encoding χρησιμοποιείται γενικά στη μηχανική μάθηση για τη μετατροπή κατηγορικών δεδομένων σε αριθμητικά δεδομένα. Τα κατηγορικά δεδομένα δηλαδή μετατρέπονται σε στήλες (ανάλογα πόσα είναι) και για κάθε στοιχείο η τιμή της στήλης γίνεται "Hot" (1) ή "Cold" (0) αν η συγκεκριμένη γραμμή έχει ή όχι το στοιχείο αυτό. Αυτή είναι η μορφή που θέλουμε n-dimensions με κάθε κατηγορία να χωρίζεται σε στήλες. Υπάρχει και άλλη μορφή που γίνεται η κωδικοποίηση σε μια στήλη (1-dimension) αναθέτοντας ένα unique value (int) ανάλογα με όλες τις κατηγορίες που έχει μέσα και αν το συναντήσει ξανά θέτει τον ίδιο αριθμό. Αυτήν την μορφή χρησιμοποιήσαμε για να κάνουμε το scatter plot μεταξύ του column Price και του column Processor/RAM οι οποίες στήλες έχουν κατηγορικά δεδομένα. Με αυτόν τον τρόπο, στο σχήμα για τον ίδιο τύπο Processor/RAM (με συγκεκριμένη τιμή int) αντιστοιχίζονται διαφορετικά Prices και βγαίνει σωστό το γράφημα μεταξύ τιμής και Processor/RAM.

Η τεχνική Clustering χρησιμοποιείται γενικά για την ανάλυση δεδομένων με σκοπό την ομαδοποίηση ενός συνόλου αντικειμένων σε υποσύνολα (clusters) με βάση την ομοιότητά τους. Κάθε αντικείμενο δηλαδή, σε ένα cluster είναι παρόμοιο με τα αντικείμενα του ίδιου cluster παρά με τα αντικείμενα άλλων clusters. Στην προκειμένη περίπτωση, την χρησιμοποιούμε για να μπορέσουμε να ομαδοποιήσουμε τα κινητά τηλέφωνα με βάση την ομοιότητα στην τιμή τους. Δηλαδή, έχοντας το γράφημα με την τιμή και τους επεξεργαστές ομαδοποιούμε σε ίδια clusters τα κινητά που είναι κοντά μεταξύ τους που από την μορφή του διαγράμματος είναι τα κινητά που είναι κοντά σε τιμές. Επομένως, καταφέραμε να διαχωρίσουμε τα κινητά που είναι παρόμοια ανάλογα με την τιμή τους.

Η τεχνική Association Rule Mining χρησιμοποιείται γενικά για την ανάλυση δεδομένων με σκοπό την ανίχνευση ενδιαφέρουσων συσχετίσεων μεταξύ αντικειμένων από ένα dataset. Στην προκειμένη περίπτωση την χρησιμοποιούμε για να εξάγουμε κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ κινητών που βρίσκονται στο ίδιο cluster. Δηλαδή έχοντας χωρίσει κάθε κινητό με βάση την τιμή εξάγουμε αποτελέσματα ανάλογα με τα πιο συχνά χαρακτηριστικά που αφορούν την Processor και την RAM. Συνεπώς, βρίσκουμε τις πιο συχνές και ενδιαφέρουσες συσχετίσεις των κινητών που βρίσκονται στο ίδιο εύρος τιμής. Είμαστε σε θέση δηλαδή, να βγάλουμε ένα γενικό συμπέρασμα για τα χαρακτηριστικά των κινητών και να απαντήσουμε αν είναι τελικά καλά για την τιμή τους ή όχι.

5. Πειραματικά Αποτελέσματα

Γενικά, πραγματοποιήθηκαν πολλές πειραματικές εκτελέσεις μέχρι να φτάσουμε στις τελικές αυτές τιμές των παραμέτρων για τον αριθμό των clusters στον K-Means και των minimum support και threshold για το Association Rule Mining. Στην αρχή για τον K-Means, χρησιμοποιήσαμε $k = 3$ διαχωρίζοντας δηλαδή το εύρος τιμών σε “low-end”, “middle-range” και “high-end” phones όπως διαχωρίζονται με αυτήν την ονομασία στην αγορά γενικότερα. Αλλά μετά παρατηρήσαμε ότι υπάρχουν κάποια outliers (που έχουν δηλαδή τιμή ανάμεσα στα 5000€ με 7000€) και κάναμε τελικώς clustering για $k = 4$ θεωρώντας μια εξτρά κατηγορία κινητών “luxury” phones που έχουν δηλαδή εξωφρενικά ακραίες τιμές σε σύγκριση με τα υπόλοιπα κινητά.

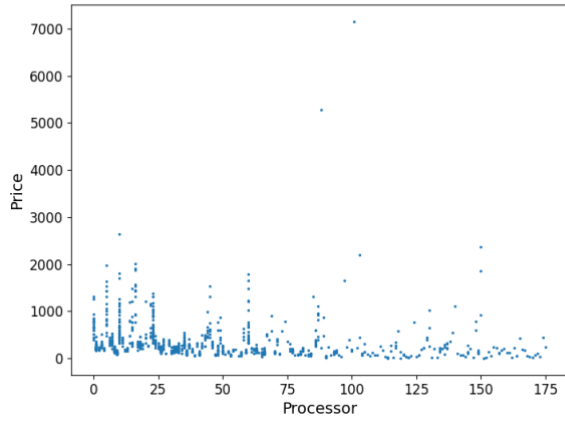
Για τις παραμέτρους min support και threshold έχουμε θέσει σαν default τις τιμές 0.2 και 0.6 αντίστοιχα οι οποίες είναι σχετικά χαμηλές για την εξαγωγή περισσότερων αποτελεσμάτων/συσχετίσεων. Γενικά, όσο χαμηλώνουμε την παράμετρο για το minimum support τόσο αυξάνεται ο αριθμός των frequent itemsets και συνεπώς ο αριθμός των συσχετίσεων. Αντίστοιχα, αν αυξήσουμε το minimum threshold τότε λαμβάνουμε πιο ισχυρές και ενδιαφέρουσες συσχετίσεις καθώς «φιλτράρονται» οι αδύναμες συσχετίσεις και συνεπώς έχουμε μικρότερο αριθμό συσχετίσεων αλλά πιο ουσιαστικό. Συνεπώς, αλλάζοντας αυτές τις τιμές λαμβάνουμε λιγότερα ή περισσότερα αποτελέσματα.

Σε γενικές γραμμές ανάλογα σε ποιο cluster κινητών βρισκόμασταν, προσπαθήσαμε να αλλάξουμε αυτές τις δύο παραμέτρους για να βγαίνουν και αρκετά αποτελέσματα αλλά και αρκετές σχέσεις. Για παράδειγμα, στο cluster για τα «luxury phones» (όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2, 4) έχει μικρό αριθμό εγγραφών είναι προτιμητέο να έχεις τις default τιμές γιατί γενικά οι συσχετίσεις που θα βγουν θα είναι συχνές (0.5 και άνω) και ισχυρές λόγω του χαμηλού πλήθους των στοιχείων. Αντίθετα, στο cluster για τα low-end phones επειδή έχει τις περισσότερες εγγραφές (όπως φαίνεται πάλι από το Σχήμα 2, 4) αν έχουμε τις default τιμές δεν θα παρθούν πολλά αποτελέσματα γιατί θα είναι πιο μικρό το support για τα frequent itemsets καθώς και το confidence των συσχετίσεων.

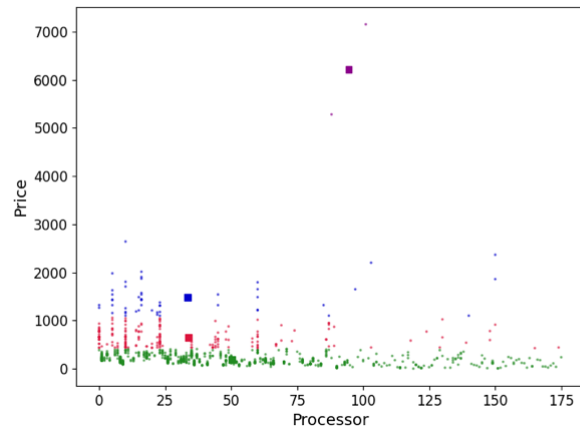
Αυτό συμβαίνει και λόγω του πλήθους όπως είπαμε, αλλά επίσης η στήλη Processor π.χ. για την στήλη τύπου processor και clock speed έχει πολύ συγκεκριμένες τιμές (συγκεκριμένα μοντέλα επεξεργαστών και συγκεκριμένες τιμές clock speed) και στην RAM (αν και γενικά οι τιμές της RAM σε κινητά αν και είναι αριθμοί είναι συγκεκριμένες 4GB, 6GB, 8GB όπως και ο χώρος αποθήκευσης κτλ.). Συνεπώς, προσπαθήσαμε να προσαρμόσουμε κάθε φορά τις τιμές για να έχουμε μια γκάμα τιμών και συσχετίσεων για τα χαρακτηριστικά κάθε κινητού και ας μην είναι τόσο ισχυρές οι συσχετίσεις κάθε φορά.

Οι χρόνοι εκτελέσεις γενικά λόγω ότι δεν είναι εξωφρενικά μεγάλο του dataset ήταν αρκετά μικροί. Δηλαδή συγκριτικά μεγάλοι ήταν οι χρόνοι εκτέλεσης για το Clustering της Price με τον Processor και της RAM και με τις δύο να είναι περίπου στα 30 δευτερόλεπτα η καθेमιά. Αν ήταν αρκετά μεγαλύτερο το dataset οι χρόνοι εκτέλεσης θα ήταν πιθανόν πολύ μεγαλύτεροι λόγω της μεγαλύτερης πολυπλοκότητας του clustering.

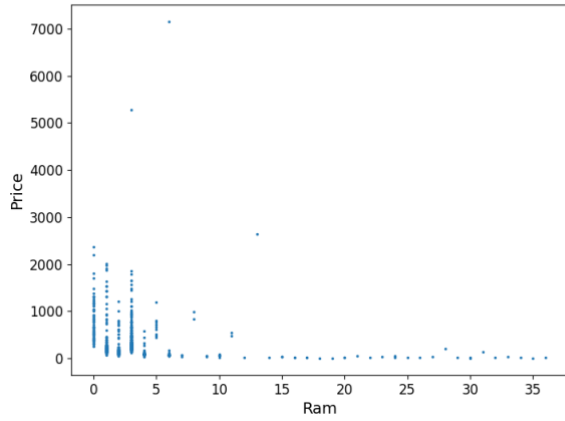
Στις παρακάτω εικόνες, βλέπουμε τα δύο γραφήματα για το Price με την Processor (175 περίπου είδη επεξεργαστών) και την RAM (35 περίπου είδη RAM) αντίστοιχα και το αποτέλεσμα των Clustering και των δύο ($k = 4$). Επίσης, παραθέτονται και ενδεικτικά οι πρώτες 5 εγγραφές των πινάκων για τα frequent itemsets και τα Association Rules όσον αφορά τα τέσσερα cluster για την ανάλυση Processor και για την ανάλυση RAM αντίστοιχα.



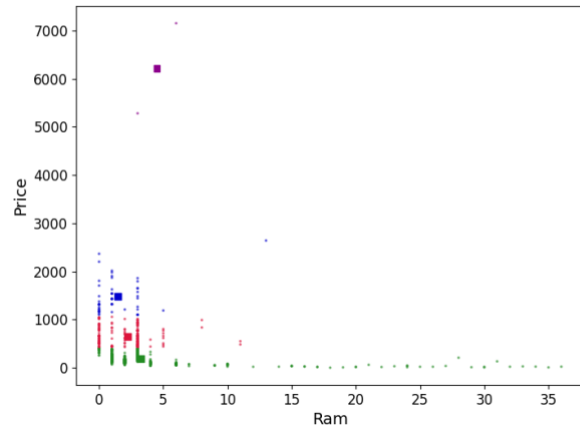
Εικόνα 1: Απλό scatter γράφημα (Price – Processor)



Εικόνα 2: Γράφημα Cluster (Price – Processor)



Εικόνα 3: Απλό scatter γράφημα (Price – RAM)



Εικόνα 4: Γράφημα Cluster (Price – RAM)

support	itemsets	antecedents	consequents	antecedent support	consequent support	support	confidence	lift	leverage	conviction	zhangs_metric
0	0.169427 (2.2GHz Processor)	0 (Octa Core)	(2.2GHz Processor)	0.871338	0.169427	0.168153	0.192982	1.139032	0.020525	1.029189	0.948695
1	0.109554 (2.3GHz Processor)	1 (2.2GHz Processor)	(Octa Core)	0.169427	0.871338	0.168153	0.992481	1.139032	0.020525	17.112102	0.146960
2	0.157962 (2.4GHz Processor)	2 (Octa Core)	(2.3GHz Processor)	0.871338	0.109554	0.109554	0.125731	1.147661	0.014096	1.018503	1.000000
3	0.185987 (2GHz Processor)	3 (2.3GHz Processor)	(Octa Core)	0.109554	0.871338	0.109554	1.000000	1.147661	0.014096	inf	0.144492
4	0.871338 (Octa Core)	4 (Octa Core)	(2.4GHz Processor)	0.871338	0.157962	0.157962	0.181287	1.147661	0.020324	1.028490	1.000000
support	itemsets	antecedents	consequents	antecedent support	consequent support	support	confidence	lift	leverage	conviction	zhangs_metric
0	0.541401 (128 GB inbuilt)	0 (6 GB RAM)	(128 GB inbuilt)	0.259873	0.541401	0.222930	0.857843	1.584487	0.082235	3.226005	0.498402
1	0.234395 (64 GB inbuilt)	1 (128 GB inbuilt)	(6 GB RAM)	0.541401	0.259873	0.222930	0.411765	1.584487	0.082235	1.258217	0.804365
2	0.257325 (4 GB RAM)	2 (128 GB inbuilt)	(8 GB RAM)	0.541401	0.296815	0.245860	0.454118	1.529967	0.085164	1.288162	0.755325
3	0.259873 (6 GB RAM)	3 (8 GB RAM)	(128 GB inbuilt)	0.296815	0.541401	0.245860	0.828326	1.529967	0.085164	2.671338	0.492603
4	0.296815 (8 GB RAM)	4 (64 GB inbuilt)	(4 GB RAM)	0.234395	0.257325	0.175796	0.750000	2.914604	0.115481	2.970701	0.858014

Εικόνα 5: Association Rule Mining (Processor, RAM) για Low-End smartphones

support	itemsets	antecedents	consequents	antecedent support	consequent support	support	confidence	lift	leverage	conviction	zhangs_metric
0	0.311475 (3.2GHz Processor)	0 (Octa Core)	(3.2GHz Processor)	0.825137	0.311475	0.311475	0.377483	1.211921	0.054466	1.106034	1.000000
1	0.158470 (3GHz Processor)	1 (3.2GHz Processor)	(Octa Core)	0.311475	0.825137	0.311475	1.000000	1.211921	0.054466	inf	0.253968
2	0.109290 (Hexa Core)	2 (Snapdragon 8 Gen2)	(3.2GHz Processor)	0.114754	0.311475	0.114754	1.000000	3.210526	0.079011	inf	0.777778
3	0.825137 (Octa Core)	3 (3.2GHz Processor)	(Snapdragon 8 Gen2)	0.311475	0.114754	0.114754	0.368421	3.210526	0.079011	1.401639	1.000000
4	0.114754 (Snapdragon 8 Gen2)	4 (Snapdragon 8+ Gen1)	(3.2GHz Processor)	0.114754	0.311475	0.114754	1.000000	3.210526	0.079011	inf	0.777778
support	itemsets	antecedents	consequents	antecedent support	consequent support	support	confidence	lift	leverage	conviction	zhangs_metric
0	0.475410 (128 GB inbuilt)	0 (128 GB inbuilt)	(8 GB RAM)	0.475410	0.508197	0.377049	0.793103	1.560623	0.135447	2.377049	0.684783
1	0.426230 (256 GB inbuilt)	1 (8 GB RAM)	(128 GB inbuilt)	0.508197	0.475410	0.377049	0.741935	1.560623	0.135447	2.032787	0.730435
2	0.267760 (12 GB RAM)	2 (12 GB RAM)	(256 GB inbuilt)	0.267760	0.426230	0.229508	0.857143	2.010989	0.115381	4.016393	0.686567
3	0.508197 (8 GB RAM)	3 (256 GB inbuilt)	(12 GB RAM)	0.426230	0.267760	0.229508	0.538462	2.010989	0.115381	1.586521	0.876190
4	0.377049 (128 GB inbuilt, 8 GB RAM)	4 (8 GB RAM)	(256 GB inbuilt)	0.508197	0.426230	0.131148	0.258065	0.605459	-0.085461	0.773343	-0.569892

Εικόνα 6: Association Rule Mining (Processor, RAM) για Middle Range smartphones

support	itemsets	antecedents	consequents	antecedent support	consequent support	support	confidence	lift	leverage	conviction	zhangs_metric
0	0.14 (2.84GHz Processor)	0 (Octa Core)	(2.84GHz Processor)	0.58	0.14	0.14	0.241379	1.724138	0.0588	1.133636	1.000000
1	0.14 (3.22GHz Processor)	1 (2.84GHz Processor)	(Octa Core)	0.14	0.58	0.14	1.000000	1.724138	0.0588	inf	0.488372
2	0.20 (3.2GHz Processor)	2 (3.22GHz Processor)	(Hexa Core)	0.14	0.20	0.14	1.000000	5.000000	0.1120	inf	0.930233
3	0.10 (3GHz Processor)	3 (Hexa Core)	(3.22GHz Processor)	0.20	0.14	0.14	0.700000	5.000000	0.1120	2.866667	1.000000
4	0.20 (Hexa Core)	4 (3.22GHz Processor)	(Bionic A15)	0.14	0.14	0.14	1.000000	7.142857	0.1204	inf	1.000000
support	itemsets	antecedents	consequents	antecedent support	consequent support	support	confidence	lift	leverage	conviction	zhangs_metric
0	0.22 (128 GB inbuilt)	0 (128 GB inbuilt)	(8 GB RAM)	0.22	0.24	0.10	0.454545	1.893939	0.0472	1.393333	0.605128
1	0.10 (1TB inbuilt)	1 (8 GB RAM)	(128 GB inbuilt)	0.24	0.22	0.10	0.416667	1.893939	0.0472	1.337143	0.621053
2	0.42 (256 GB inbuilt)	2 (12 GB RAM)	(256 GB inbuilt)	0.38	0.42	0.22	0.578947	1.378446	0.0604	1.377500	0.442815
3	0.22 (512 GB inbuilt)	3 (256 GB inbuilt)	(12 GB RAM)	0.42	0.38	0.22	0.523810	1.378446	0.0604	1.302000	0.473354
4	0.38 (12 GB RAM)	4 (6 GB RAM)	(256 GB inbuilt)	0.32	0.42	0.10	0.312500	0.744048	-0.0344	0.843636	-0.335937

Εικόνα 7: Association Rule Mining (Processor, RAM) για High-End smartphones

support			itemsets		antecedents		consequents		antecedent support		consequent support		support	confidence	lift	leverage	conviction	zhangs_metric
0	0.5	(1.5GHz Processor)	0	(1.5GHz Processor)	(Octa Core)		0.5		1.0		0.5	1.0	1.0	0.00	inf	0.0		
1	0.5	(2.8GHz Processor)	1	(1.5GHz Processor)	(Snapdragon 801)		0.5		0.5		0.5	1.0	2.0	0.25	inf	1.0		
2	1.0	(Octa Core)	2	(Snapdragon 801)	(1.5GHz Processor)		0.5		0.5		0.5	1.0	2.0	0.25	inf	1.0		
3	0.5	(Snapdragon 855)	3	(2.8GHz Processor)	(Octa Core)		0.5		1.0		0.5	1.0	1.0	0.00	inf	0.0		
4	0.5	(Snapdragon 801)	4	(2.8GHz Processor)	(Snapdragon 855)		0.5		0.5		0.5	1.0	2.0	0.25	inf	1.0		
support			itemsets		antecedents		consequents		antecedent support		consequent support		support	confidence	lift	leverage	conviction	zhangs_metric
0	0.5	(256 GB inbuilt)	0	(8 GB RAM)	(256 GB inbuilt)		0.5		0.5		0.5	1.0	2.0	0.25	inf	1.0		
1	0.5	(64 GB inbuilt)	1	(256 GB inbuilt)	(8 GB RAM)		0.5		0.5		0.5	1.0	2.0	0.25	inf	1.0		
2	0.5	(2 GB RAM)	2	(64 GB inbuilt)	(2 GB RAM)		0.5		0.5		0.5	1.0	2.0	0.25	inf	1.0		
3	0.5	(8 GB RAM)	3	(2 GB RAM)	(64 GB inbuilt)		0.5		0.5		0.5	1.0	2.0	0.25	inf	1.0		

Εικόνα 8: Association Rule Mining (Processor, RAM) για Luxury smartphones

6. Κριτική αποτίμηση αποτελεσμάτων

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πινάκων για το Association Rule Mining (frequent itemsets και association rules), θα προσπαθήσουμε να βγάλουμε τα συμπεράσματα για κάθε είδους κινητό όσον αφορά στους τύπους Processor (Model, Clock speed, Core type), RAM και Storage που διαθέτουν. Το hardware δηλαδή συνολικά για τα low-end phones, τα middle-range phones, τα high-end phones και τα luxury phones.

Αρχικά, θα περιγράψουμε τα χαρακτηριστικά για τα τέσσερα είδη κινητών όσον αφορά στο processor που διαθέτουν. Τα low-end κινητά φαίνεται να έχουν σαν τα πιο frequent items επεξεργαστές με 2 - 2.2GHz και είναι οκταπύρηνια (Octa Core). Η πιο συχνή συσχέτιση, είναι αυτή με 2.2 GHz clock speed και Octa Core ενώ κάποιο frequent item/association για μοντέλο επεξεργαστή δεν υπάρχει. Συμπεραίνουμε δηλαδή, ότι τα low-end τηλέφωνα γενικά έχουν ένα χαμηλό σχετικά εύρος όσον αφορά το clock speed και στην καλύτερη περίπτωση ο επεξεργαστής φτάνει μέχρι 2.2 GHz.

Τα mid-range τηλέφωνα φαίνεται να έχουν σαν πιο frequent items επεξεργαστές 3.2 GHz με Octa Core. Το εύρος για clock speed επεξεργαστή είναι 3 με 3.2GHz και όλα τα κινητά είναι Octa Core εκτός από κάποιες εξαιρέσεις φαίνεται που είναι Hexa Core (αλλά δεν έχουν συσχέτιση με κάποιο άλλο item οπότε δεν ξέρουμε με τι clock speed συνδυάζονται). Συχνά σχετικά μοντέλα επεξεργαστών που εμφανίζονται είναι ο Snapdragon 8 Gen 1 και 8+ Gen2 που επίσης στις συσχετίσεις φαίνεται ότι αυτοί οι επεξεργαστές έχουν 3.2GHz clock speed και είναι οκταπύρηνιοι (confidence = 1.0). Επιπλέον, φαίνεται ότι όσα κινητά είχαν clock speed 3GHz και 3.2GHz ήταν πάντα Octa Core (confidence = 1.0). Γενικά, συμπεραίνουμε ότι τα κινητά middle-range σε σχέση με τα low-end έχουν ισχυρότερους επεξεργαστές με κανένα να παρουσιάζει clock speed κάτω από 3.

Τα high-end κινητά, φαίνεται να έχουν σαν το πιο frequent itemsets το clock speed 3.2 GHz και είναι οκταπύρηνια (Octa Core). Το εύρος για clock speed των επεξεργαστών είναι 2.84GHz έως 3.22GHz και όλα τα κινητά που έχουν 3.22GHz είναι Hexa Core ενώ τα υπόλοιπα είναι όλα Octa Core (το βλέπουμε λόγω του confidence = 1 και στις δύο περιπτώσεις). Συχνά σχετικά μοντέλα επεξεργαστών που εμφανίζονται είναι πρώτα ο Bionic A16 και μετά ο Bionic A15 που και οι δύο σύμφωνα με τα associations έχουν 3.22GHz και είναι Hexa-Core. Γενικά, συμπεραίνουμε ότι τα κινητά high-end έχουν λίγο καλύτερο πιο συχνά clock speed από ότι τα middle-end phones αλλά σε γενικές γραμμές έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά.

Τα luxury κινητά, φαίνεται να έχουν σαν τα πιο frequent itemsets τα clock speed 1.5GHz και 2.8GHz και τους επεξεργαστές Snapdragon 855 και 801 και επειδή το support είναι 1 σημαίνει ότι όλα τα κινητά είναι Octa Core. Από τα associations βλέπουμε ότι ουσιαστικά τα μισά κινητά αποτελούνται από τον επεξεργαστή Snapdragon 855 με clock speed 2.8GHz και τα άλλα μισά από τον επεξεργαστή Snapdragon 801 με clock speed 1.5GHz. Γενικά, συμπεραίνουμε ότι τα luxury phones έχουν από τους χειρότερους επεξεργαστές από όλη την γκάμα των κινητών.

Τώρα, θα αναλύσουμε τα γενικά χαρακτηριστικά που φαίνονται να αναλύονται για κάθε τύπου κινητών όσον αφορά την RAM και το Storage που διαθέτουν. Τα low-end κινητά τηλέφωνα φαίνεται να έχουν σαν τα πιο frequent items τα 128 GB Storage και 8 GB RAM αλλά υπάρχουν και λιγότερο συχνά items με 4 GB, 6 GB RAM και με storage 64 GB. Επομένως, βλέπουμε για τα low-end κινητά ότι το εύρος της RAM είναι από 4 έως 8 GB ενώ για το storage το εύρος φαίνεται να είναι από 64 έως 128 GB. Στην συνέχεια, οι ισχυρότερες συσχετίσεις είναι ο συνδυασμός 6GB RAM, 8GB RAM με storage 128 GB αλλά επίσης συχνός είναι και ο συνδυασμός 4GB RAM με 64 GB storage. Συμπεραίνουμε δηλαδή ότι, στην κατηγορία low-end phones στην καλύτερη περίπτωση κάποιος θα πάρει ένα κινητό με 128 GB storage και 8 GB RAM.

Τα mid-range κινητά τηλέφωνα φαίνεται να έχουν σαν πιο frequent items τα 8 GB RAM και 128 GB storage αλλά υπάρχουν και λιγότερο συχνά items με 12GB RAM και με storage 256 GB. Επομένως, βλέπουμε για τα mid-range κινητά ότι το εύρος της RAM είναι από 8 έως 12 GB ενώ για το storage το εύρος φαίνεται να είναι από 128 έως 256 GB. Στην συνέχεια, οι ισχυρότερες συσχετίσεις είναι ο συνδυασμός 12 GB RAM με storage 256 GB αλλά επίσης

συχνοί είναι και οι συνδυασμοί 8 GB RAM με 128 GB και 256 GB storage. Συμπεραίνουμε δηλαδή ότι, στην κατηγορία mid-range phones στην καλύτερη περίπτωση κάποιος θα πάρει ένα κινητό με 256 GB storage και 12 GB RAM. Σε σύγκριση με τα low-end κινητά βλέπουμε ότι το εύρος της RAM και του Storage είναι μεγαλύτερο και τα κινητά τύπου mid-range με τα κατώτατα χαρακτηριστικά σε RAM και Storage είναι η καλύτερη περίπτωση για low-end phones.

Τα high-end κινητά τηλέφωνα φαίνεται να έχουν σαν πιο frequent items τα 12 GB RAM και 256 GB storage αλλά υπάρχουν και λιγότερο συχνά items με 6GB και 8GB RAM αλλά και με storage 128 GB, 512 GB και 1 TB. Επομένως, βλέπουμε για τα high-end κινητά ότι το εύρος της RAM είναι από 6 έως 12 GB ενώ για το storage το εύρος φαίνεται να είναι από 128 έως 1 TB. Στην συνέχεια, οι ισχυρότερες συσχετίσεις είναι ο συνδυασμός 12 GB RAM με storage 256 GB αλλά επίσης συχνοί είναι και οι συνδυασμοί 12 GB RAM με 512 GB storage, 8 GB RAM με 128 GB storage και 6, 8 GB RAM με 256 GB storage. Συμπεραίνουμε δηλαδή ότι, στην κατηγορία high-end phones στην καλύτερη περίπτωση κάποιος θα πάρει ένα κινητό με 512 GB storage και 12 GB RAM. Σε σύγκριση με τα mid-range κινητά, βλέπουμε ότι το εύρος της RAM παραμένει το ίδιο ενώ του Storage είναι αρκετά μεγαλύτερο δηλαδή αυξάνεται από 512 GB μέχρι και 1 TB. Αν και το εύρος της RAM έχει παραμείνει το ίδιο, αυτό φαίνεται να σημαίνει ότι το ανώτατο κατώφλι για την RAM γενικότερα στα κινητά είναι τα 12 GB.

Τέλος, τα luxury κινητά τηλέφωνα φαίνεται να έχουν σαν πιο frequent items τα 2, 8 GB RAM και 64, 256 GB storage. Στην συνέχεια, οι ισχυρότερες συσχετίσεις είναι οι συνδυασμοί 8 GB RAM με storage 256 GB και 2 GB RAM με storage 64 GB. Συμπεραίνουμε δηλαδή ότι, στην κατηγορία luxury phones στην καλύτερη περίπτωση κάποιος θα πάρει ένα κινητό με 256 GB storage και 8 GB RAM. Σε σύγκριση με τα low-end κινητά βλέπουμε ότι το εύρος της RAM είναι το ίδιο (ή και χειρότερο στην περίπτωση 2 GB RAM), ενώ του Storage αντίστοιχα είναι το ίδιο με τα mid-range. Συνεπώς, αν και έχουν μεγαλύτερη τιμή από όλα τα άλλα κινητά (και κυρίως των high-end) έχουν από τα χειρότερα χαρακτηριστικά σε RAM και Storage.

7. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που βγάλαμε, γενικά συμπεραίνουμε ότι τα πιο value for money κινητά βρίσκονται μεταξύ των κατηγοριών middle-range και high-end και αν έπρεπε να επιλέξουμε ένα λογικά το middle-end. Γιατί καταλήξαμε σε αυτό το συμπέρασμα θα αναλύσουμε ακριβώς παρακάτω.

Τα low-end αν και τα πιο φθηνά έχοντας δηλαδή ένα εύρος τιμών μέχρι 400€ αν κάποιος θέλει περισσότερη επεξεργαστική ισχύ πάνω από 2.2 GHz πάει αναγκαστικά στα middle-end ή στα high-end ενώ αν είναι κάποιος επαγγελματίας που θέλει παραπάνω χώρο από 128GB π.χ. για βίντεο δεν μπορεί να βρει σε αυτήν την τιμή. Το μόνο θετικό που έχουν τα low-end smartphones είναι ότι έχουν αξιοπρεπή RAM στα 8GB όπως έχουν π.χ και τα high-end και middle-range μοντέλα, οπότε αν κάποιος χρειάζεται ένα κινητό για κάποιες συγκεκριμένες εφαρμογές που χρειάζονται αρκετή RAM και αναζητεί τηλέφωνο σε αυτήν την τιμή δεν είναι μια κακή σχετικά αγορά. Τα luxury phones, στην εξωφρενική τιμή που βρίσκονται ανάμεσα στα 5000€ με 7000€ και όπως αναλύσαμε έχοντας τα χειρότερα χαρακτηριστικά στην επεξεργαστική ισχύ και στην RAM/Storage δεν λαμβάνονται καθόλου υπόψιν.

Τα middle-range κινητά με τα high-end κινητά τώρα σε θέμα επεξεργαστικής ισχύς είναι σε γενικές γραμμές ανάλογα. Μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να θες την λίγη παραπάνω επεξεργαστική ισχύ που προσφέρουν τα high-end αλλά λογικά ένας μέσος καταναλωτής δεν θα καταλάβει κάποια ουσιαστική διαφορά. Επίσης, η χωρητικότητα της RAM είναι επίσης ανάλογη οπότε δεν χάνεται κάτι και εδώ. Τώρα, αν κάποιος ψάχνει για μεγαλύτερο αποθηκευτικό χώρο είναι λίγο διαφορετική η ιστορία. Αν και οι δύο τύποι διαθέτουν π.χ. 128Gb και 256Gb αποθηκευτικό χώρο η δυνατότητα για 512Gb και 1Tb (που είναι ιδιαίτερα σημαντική π.χ. για φωτογράφους/βιντεογράφους) δεν υπάρχει στα middle-end phones οπότε κάποιος πάει αναγκαστικά σε μεγαλύτερη τιμή κινητό να ψάξει. Συνεπώς, σε σύγκριση με την τιμή τους με τα middle-range να έχουν εύρος τιμής από περίπου 400€ έως 1000€ και τα high-end από 1000€ με 3000€ αν κάποιος χρειάζεται μόνο την ίδια επεξεργαστική ισχύ και έναν αξιοπρεπή χώρο για εφαρμογές τότε δεν έχει νόημα να ξοδέψει πάνω από 1000€ και σε πολλές περιπτώσεις ακόμη λιγότερα.

Τέλος, στην ανάλυση μας σκοπίμως συμπεριλάβαμε μόνο αναλύσεις σχετικά με τον επεξεργαστή και την RAM/Storage αλλά προφανώς πολλοί άλλοι παράγοντες επηρεάζουν στην αξιοπιστία ενός κινητού. Όπως η κάμερα, η προτίμηση λογισμικού, η μπαταρία κτλ. Εμείς θέλαμε να εστιάσουμε σε αυτό που νομίζουμε είναι το πιο βασικό σε ένα κινητό. Να έχει καλό hardware που γενικά δεν σε υποβαθμίζει στις δυνατότητες που μπορεί να κάνει όπως π.χ. στην πλοήγηση στο internet, στις εφαρμογές, στα παιχνίδια κτλ. και γενικά στην λειτουργικότητα του κινητού.