

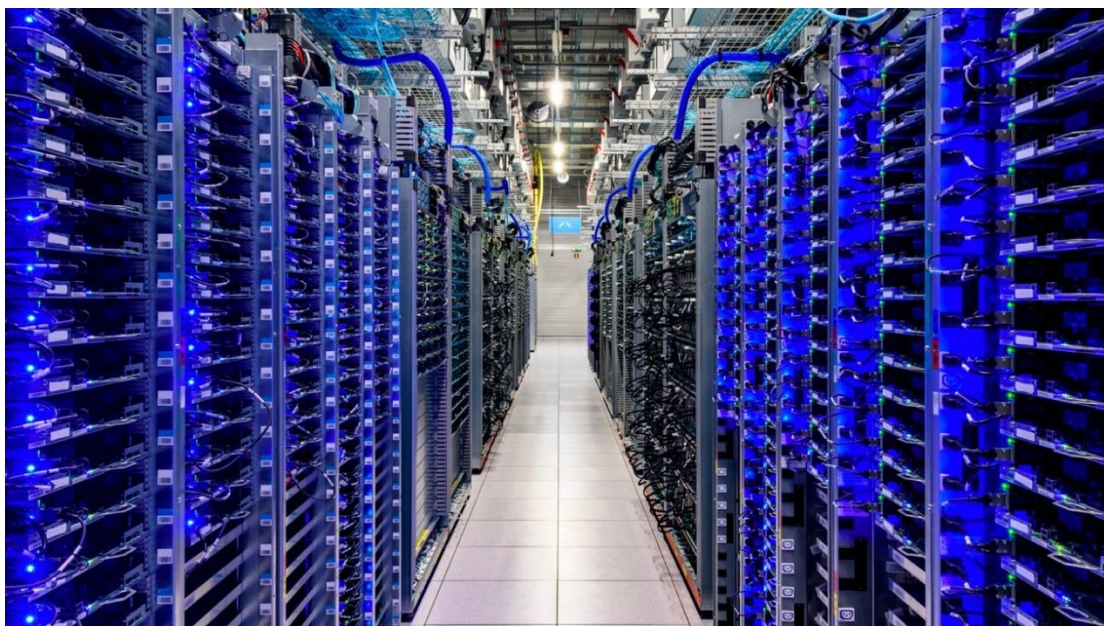


Ροή Υ :: Υπολογιστικά Συστήματα, ΕΜΠ

Βικέντιος Βιτάλης el18803

Προηγμένα Θέματα Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών

8^ο Εξάμηνο, 2^η Σειρά



4. Πειραματική Αξιολόγηση

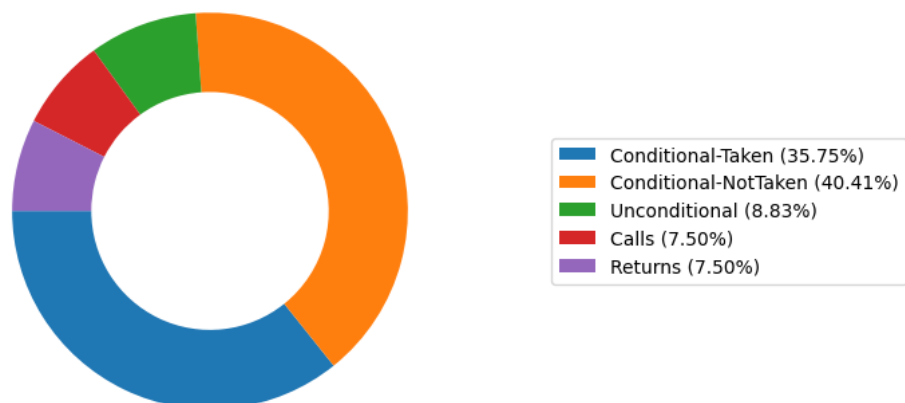
Για την υλοποίηση αυτής της άσκησης χρησιμοποιήθηκε το PIN. Συγκεκριμένα τα SPEC_CPU2006 benchmarks. Παρατίθεται η λίστα των 14 benchmarks:

1. 403.gcc
2. 429.mcf
3. 434.zeusmp
4. 436.cactusADM
5. 445.gobmk
6. 450.soplex
7. 456.hmmer
8. 458.sjeng
9. 459.GemsFDTD
10. 462.libquantum
11. 470.lbm
12. 471.omnetpp
13. 473.astar
14. 483.xalancbmk

4.1 Μελέτη εντολών άλματος

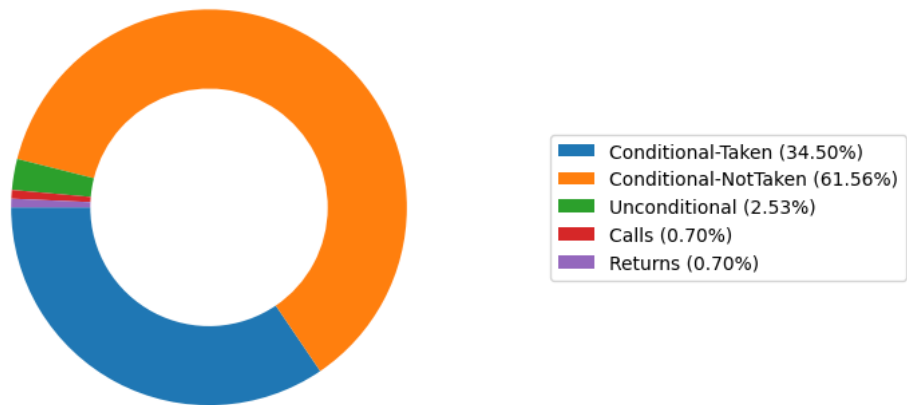
Σε αυτό το ερώτημα συγκεντρώνουμε στατιστικά στοιχεία για τον αριθμό των εντολών άλματος που εκτελέστηκαν.

Benchmark '403.gcc'
Total Branches: 754236378 - 23.69% of total instructions



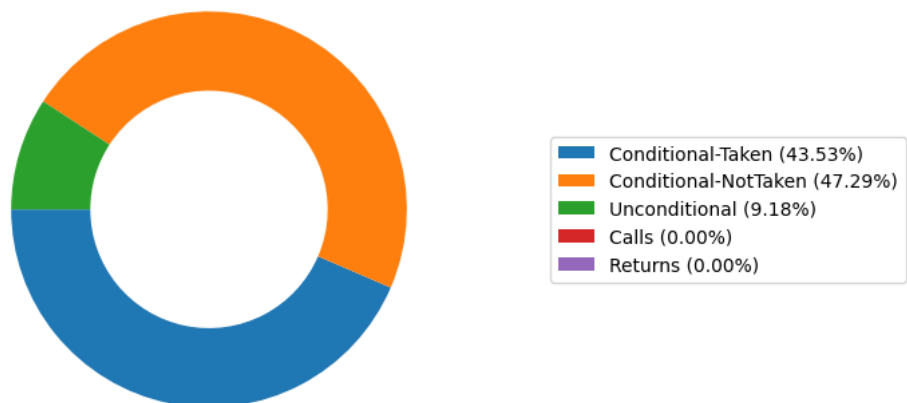
Benchmark '429.mcf'

Total Branches: 3862678265 - 21.22% of total instructions

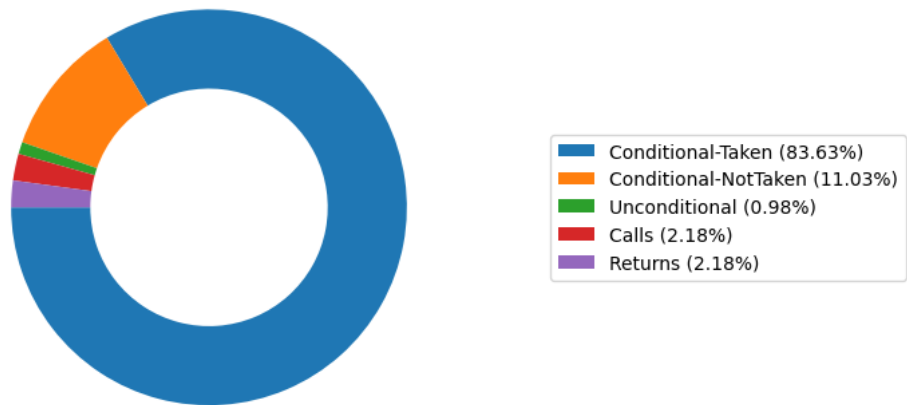


Benchmark '434.zeusmp'

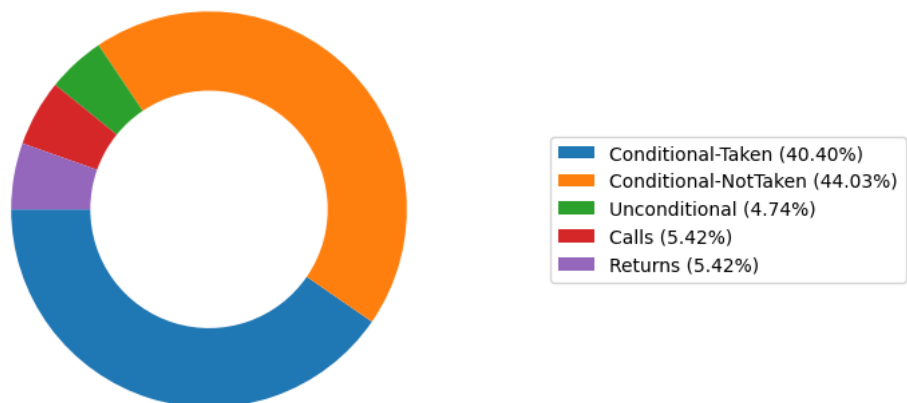
Total Branches: 7550193406 - 7.33% of total instructions



Benchmark '436.cactusADM'
Total Branches: 170068712 - 0.21% of total instructions

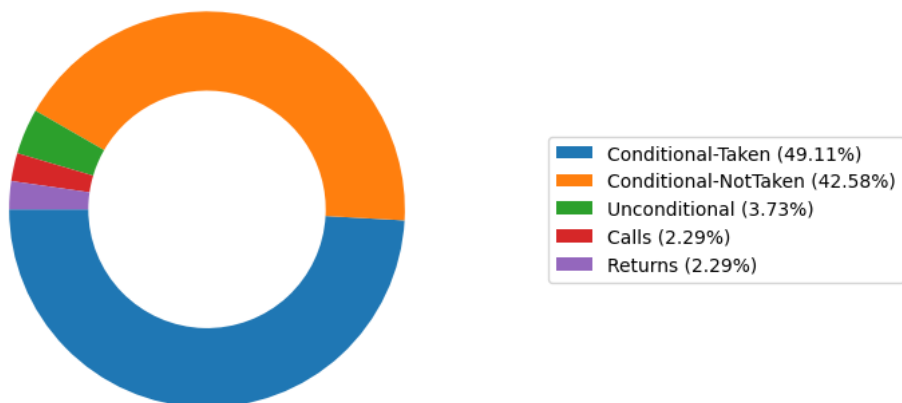


Benchmark '445.gobmk'
Total Branches: 3463152248 - 19.66% of total instructions



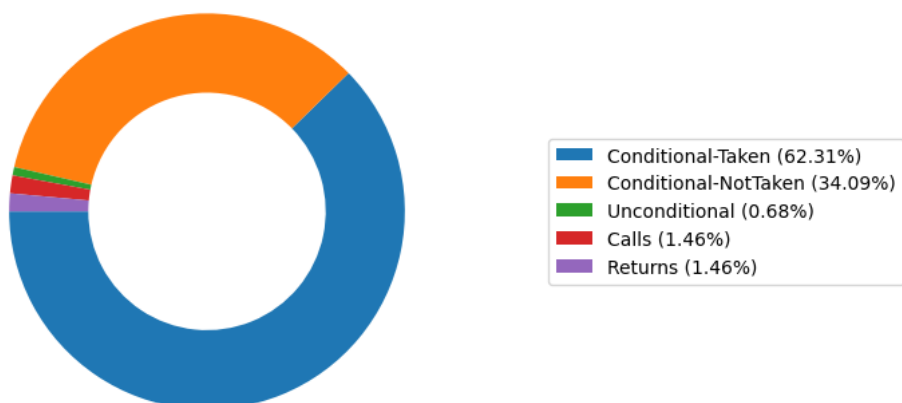
Benchmark '450.soplex'

Total Branches: 1848066276 - 20.30% of total instructions



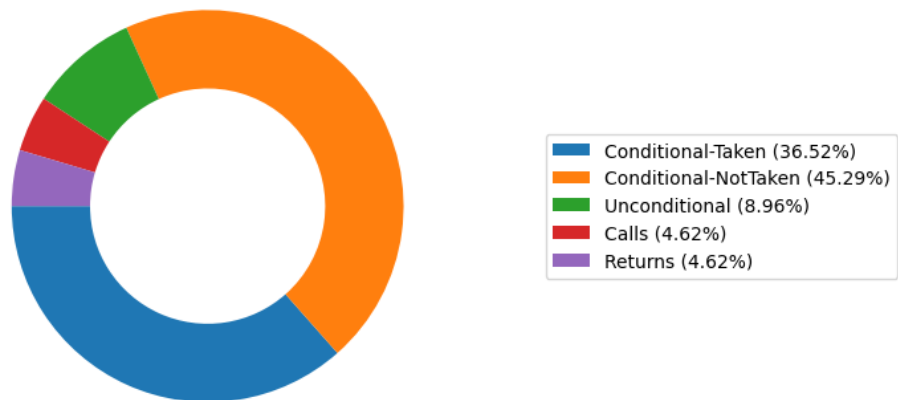
Benchmark '456.hmmer'

Total Branches: 13914142716 - 5.18% of total instructions



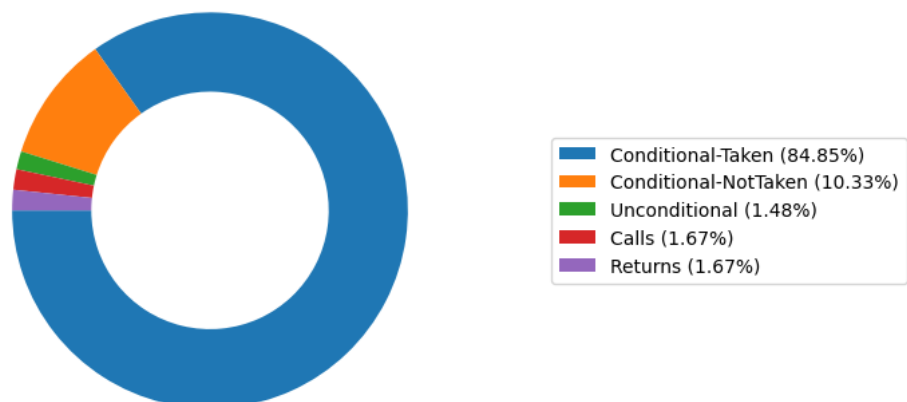
Benchmark '458.sjeng'

Total Branches: 100333241013 - 21.92% of total instructions



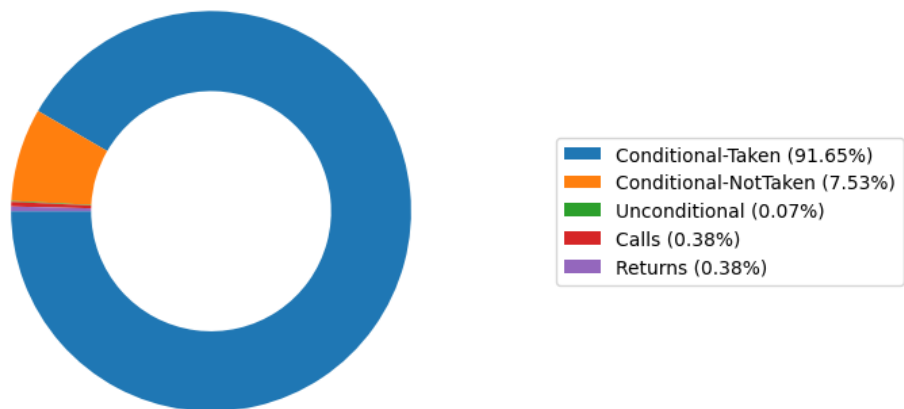
Benchmark '459.GemsFDTD'

Total Branches: 3417401373 - 3.14% of total instructions



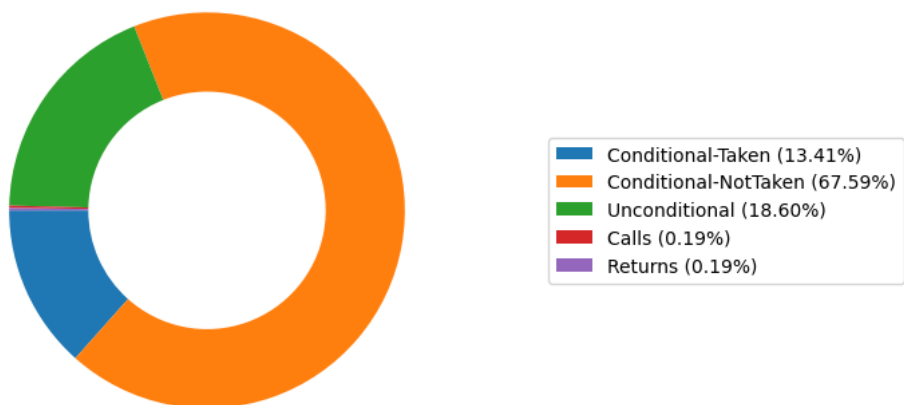
Benchmark '462.libquantum'

Total Branches: 2158567031 - 23.99% of total instructions



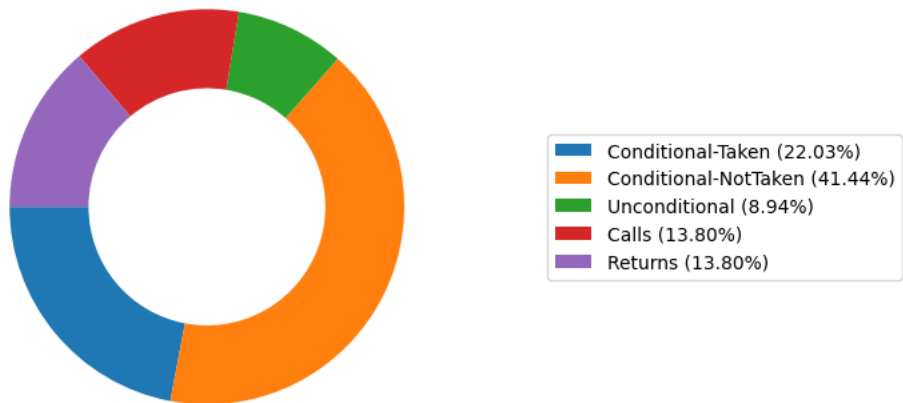
Benchmark '470.lbm'

Total Branches: 1354361101 - 1.47% of total instructions



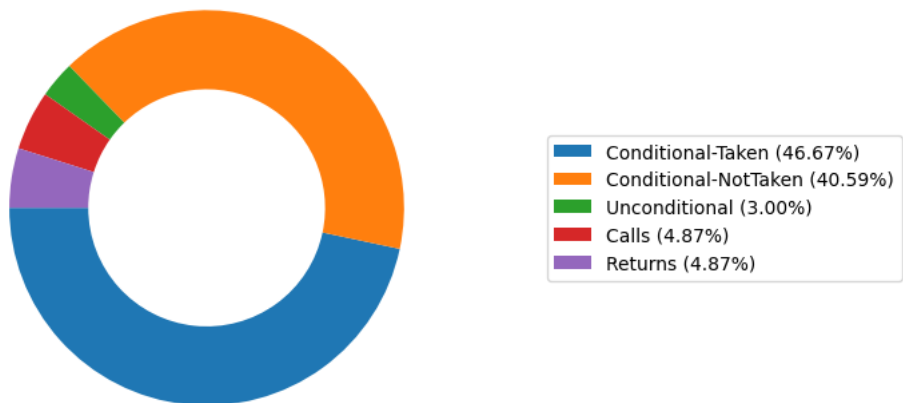
Benchmark '471.omnetpp'

Total Branches: 51023103744 - 24.04% of total instructions

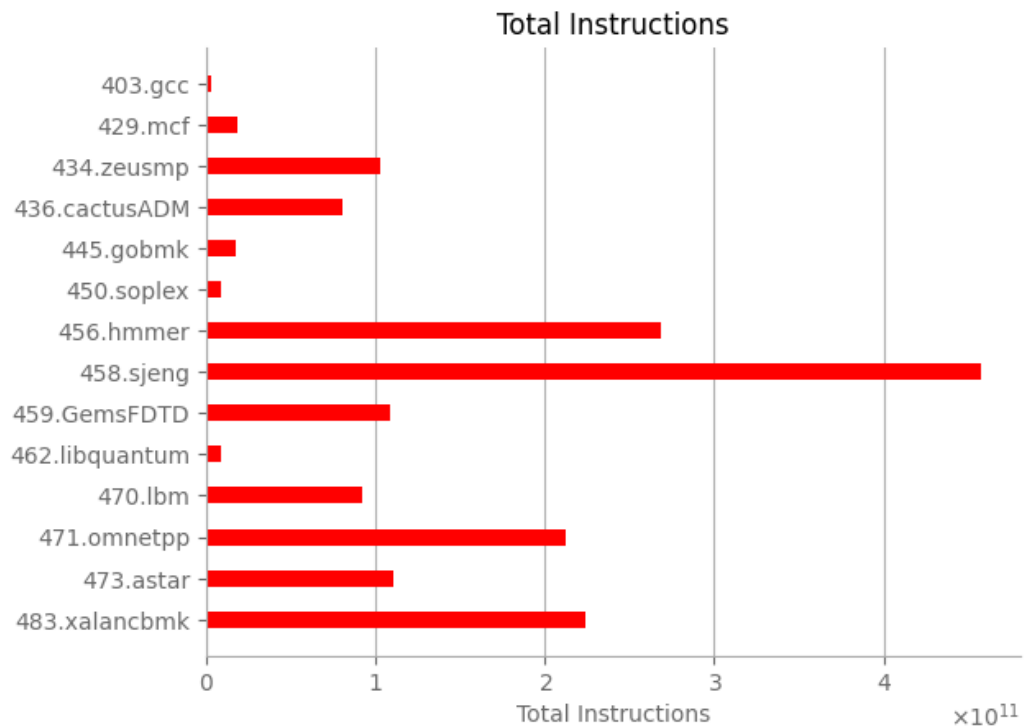
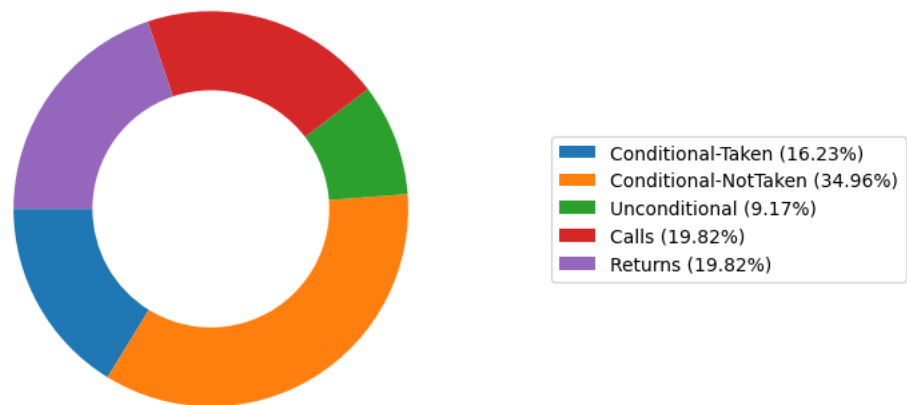


Benchmark '473.astar'

Total Branches: 18049774655 - 16.29% of total instructions



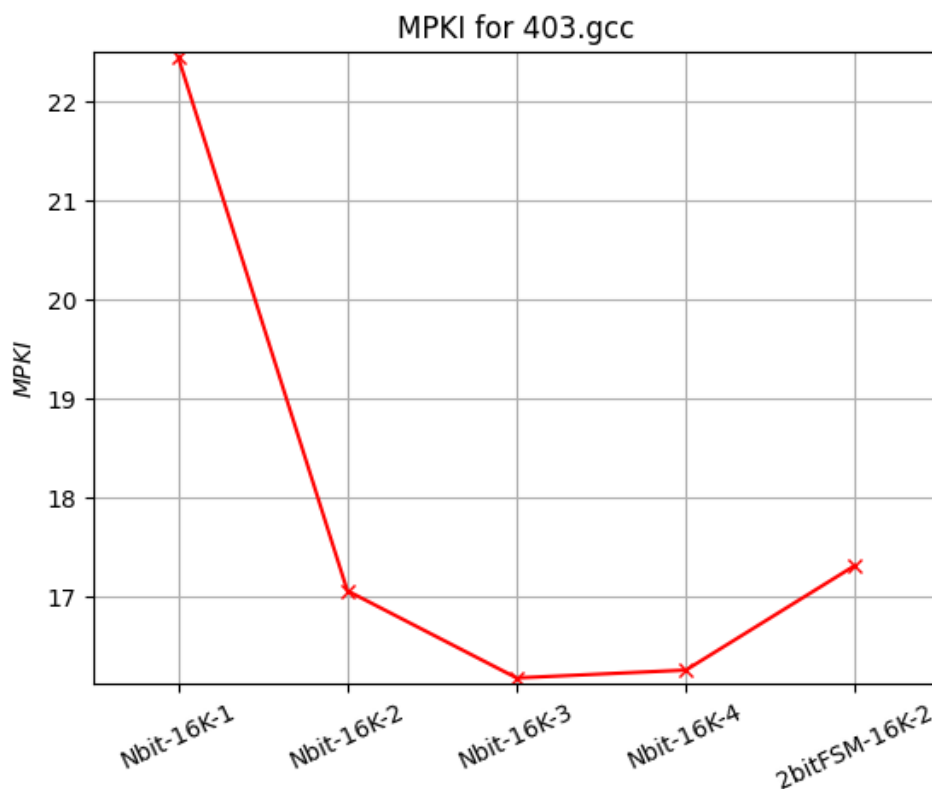
Benchmark '483.xalancbmk'
Total Branches: 54611289640 - 24.37% of total instructions

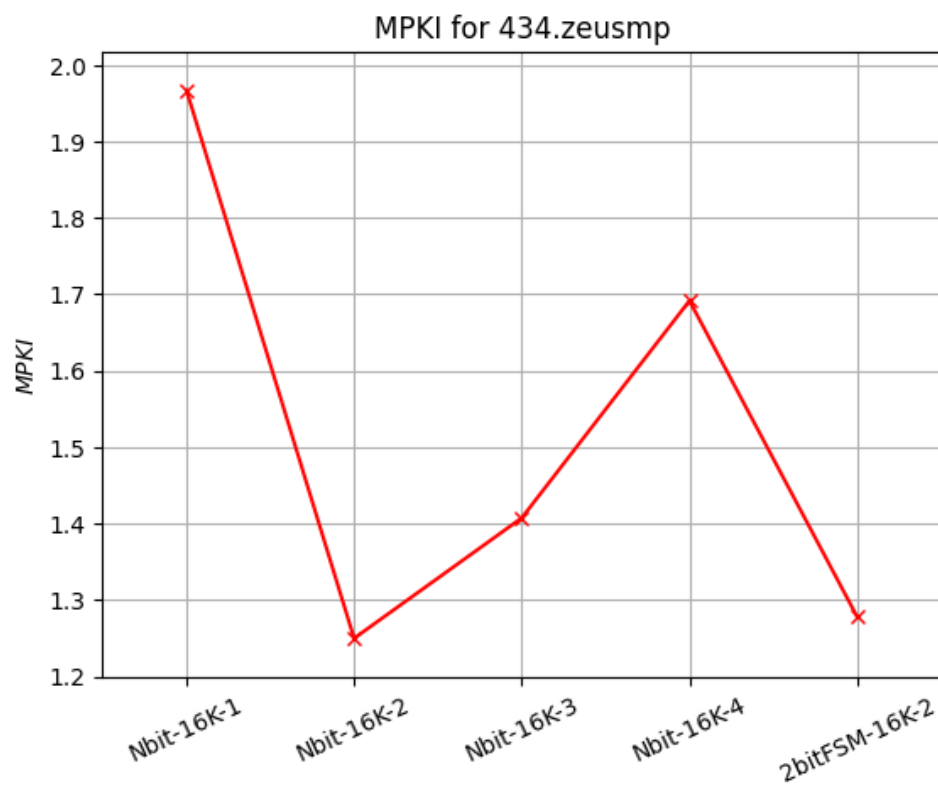
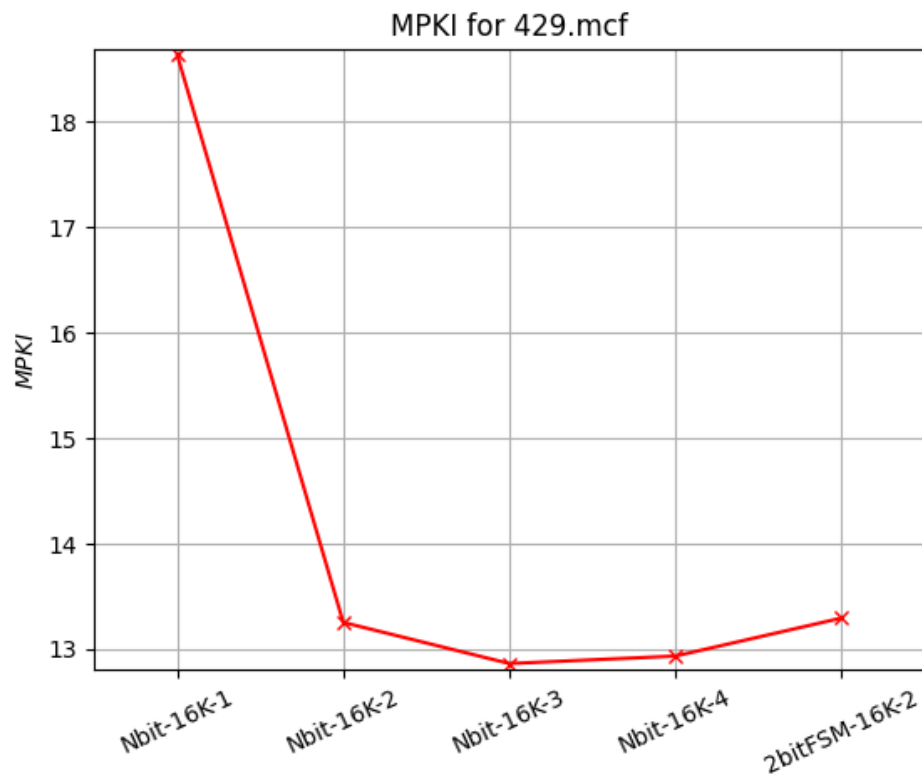


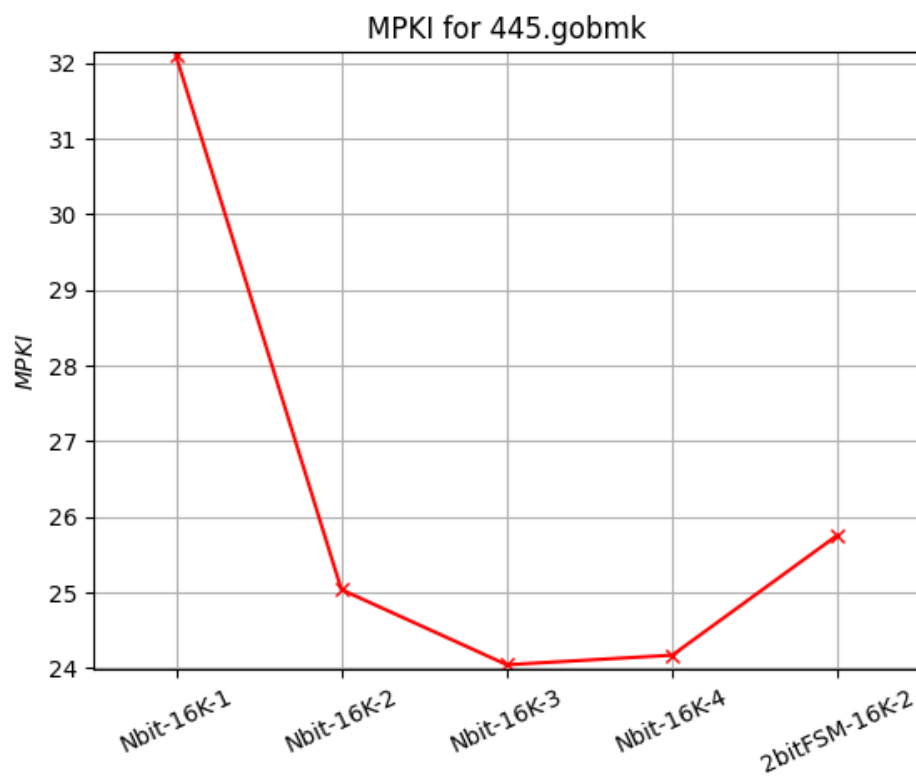
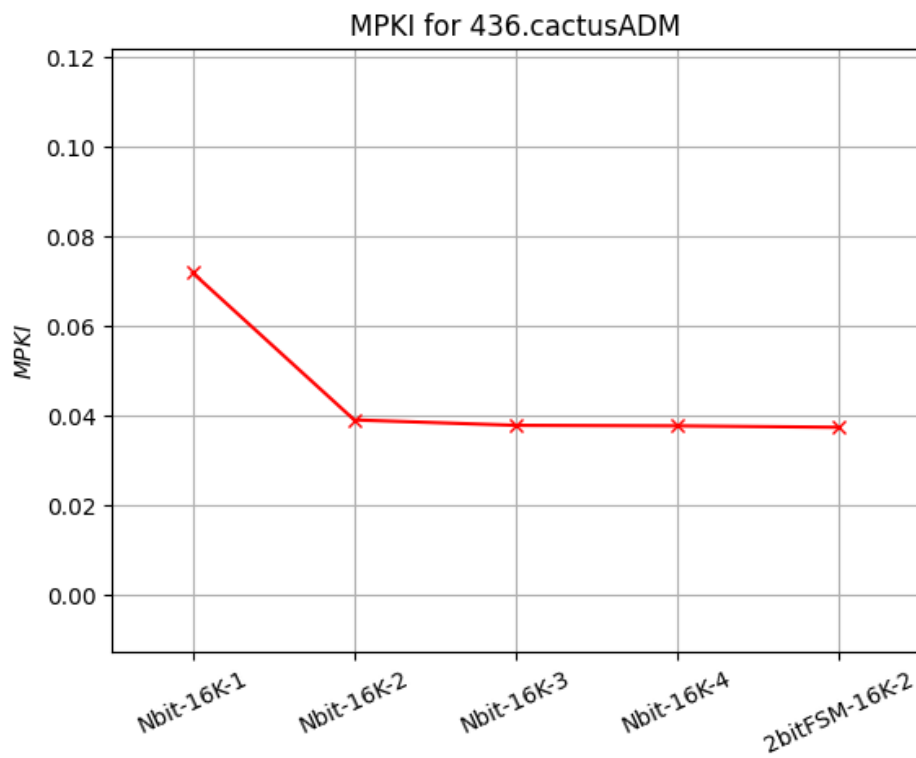
Συμπεράσματα: Παρατηρούμε ότι στα μετροπρογράμματά μας οι εντολές άλματος αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό των συνολικών εντολών που εκτελούνται. Υφίστανται benchmarks όπου οι εντολές άλματος είναι περίπου το 20% με 30% των συνολικών εντολών και άλλα όπου οι εντολές άλματος είναι σημαντικά λιγότερες κάτω του 5% των συνολικών. Σχετικά με την κατηγορία των αλμάτων, τα περισσότερα από αυτά τα είναι είτε Conditional Taken, είτε Conditional NotTaken. Περίπου το 10% είναι τα Unconditional Branches, Calls, Returns. Τέλος, για το σύνολο των εντολών, όπως βλέπουμε στο σχετικό ραβδόγραμμα, υπάρχουν benchmarks με μικρό πλήθος εντολών και άλλα με αρκετά μεγάλο πλήθος εντολών τα οποία απαιτούν και μεγαλύτερο χρόνο εκτέλεσης.

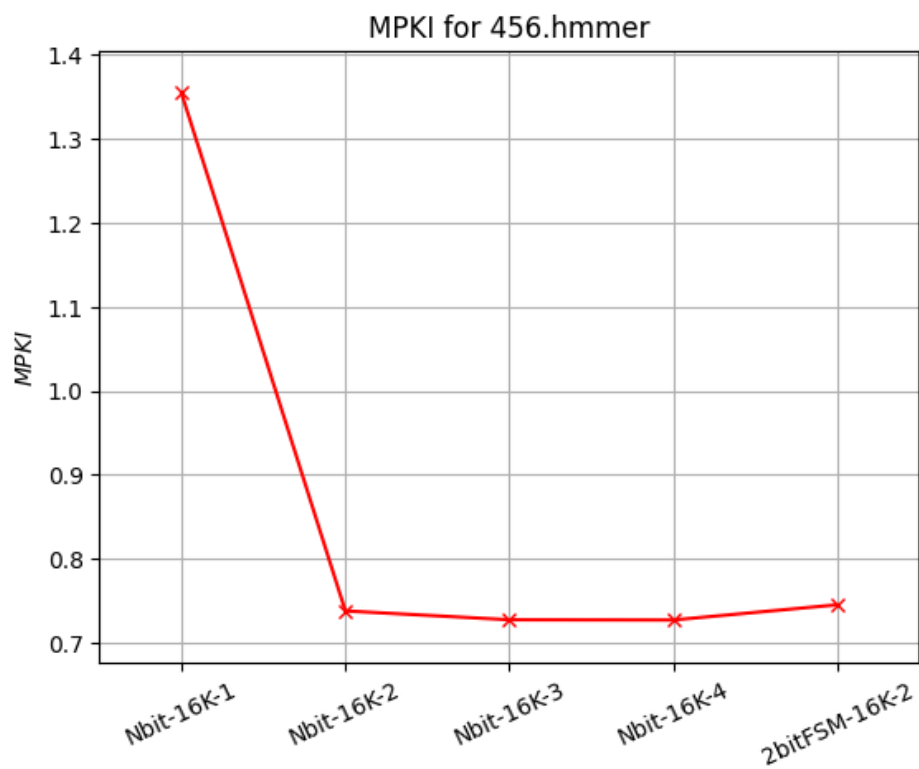
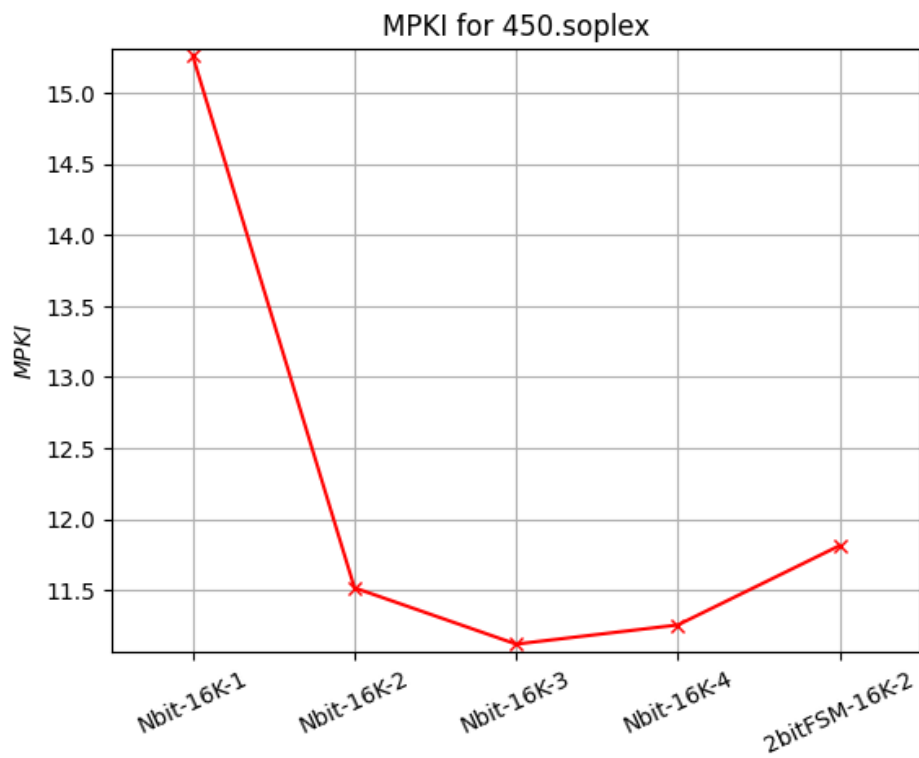
4.2 Μελέτη των N-bit predictors

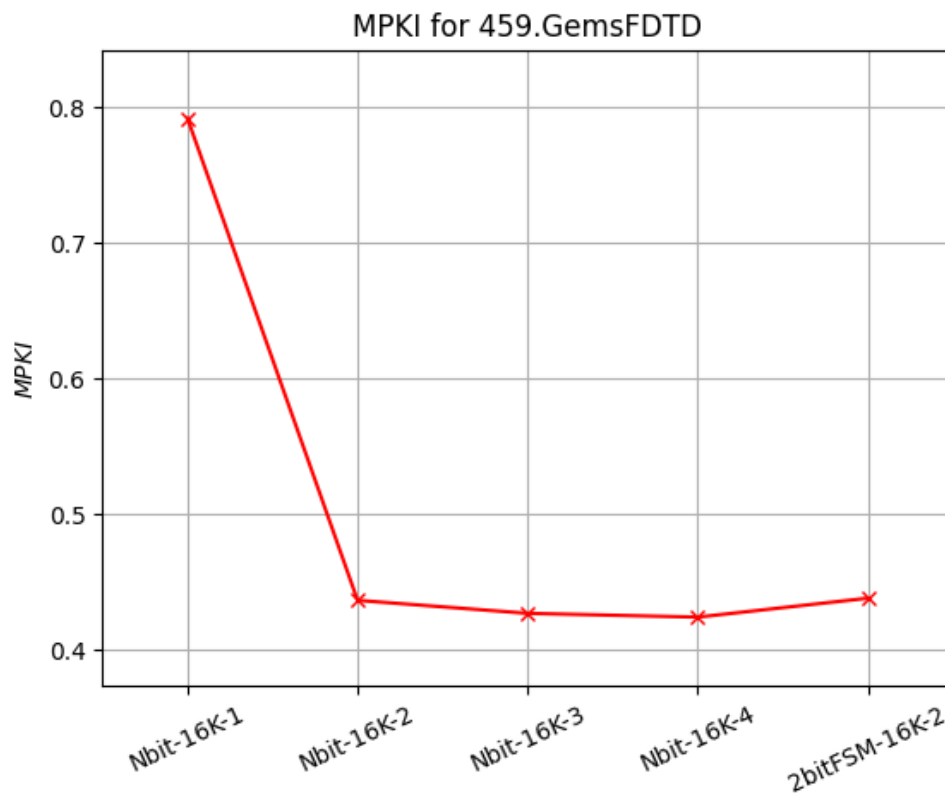
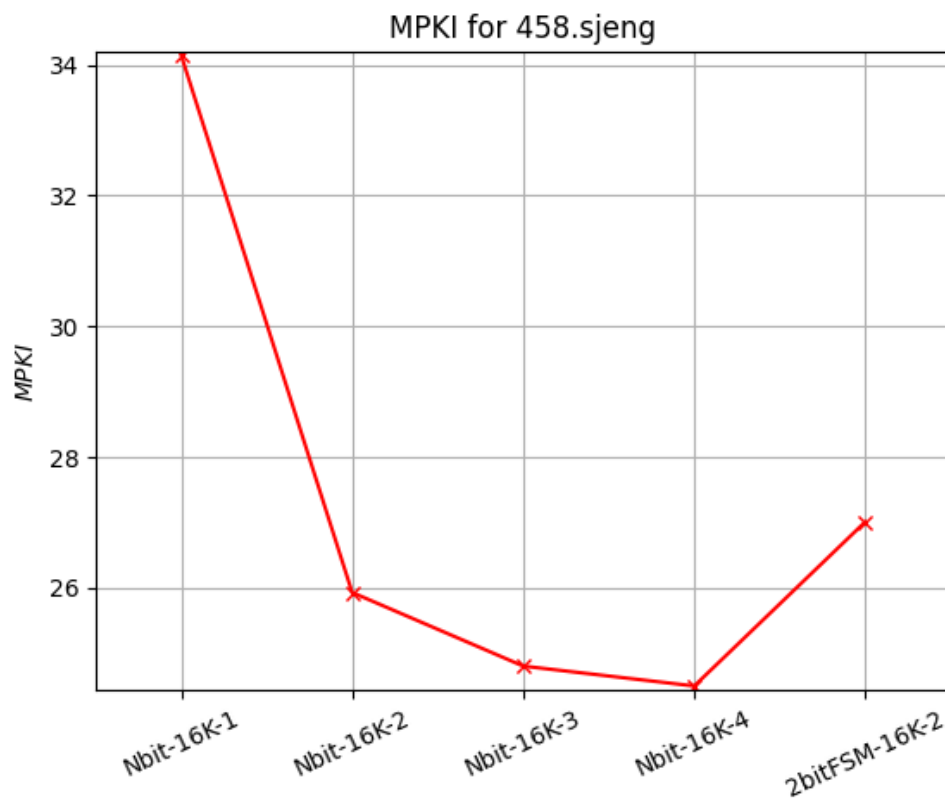
(i) Σε αυτό το ερώτημα μελετάμε την απόδοση των N-bit predictors για διαφορετικές τιμές του N. Τα entries τα διατηρούμε σταθερά. Τα N-bit υλοποιούν έναν saturating up-down μετρητή. Η σύγκριση των N-bit predictors γίνεται με βάση το direction MPKI. Παρατίθενται τα διαγράμματα και τα αντίστοιχα συμπεράσματα.

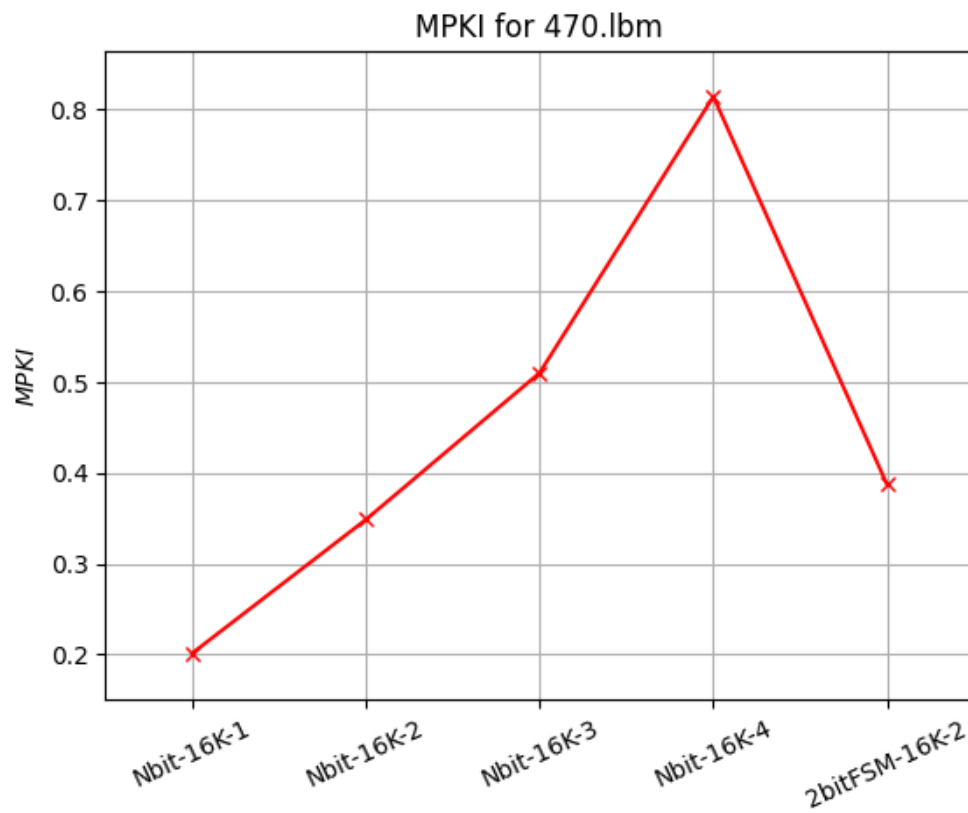
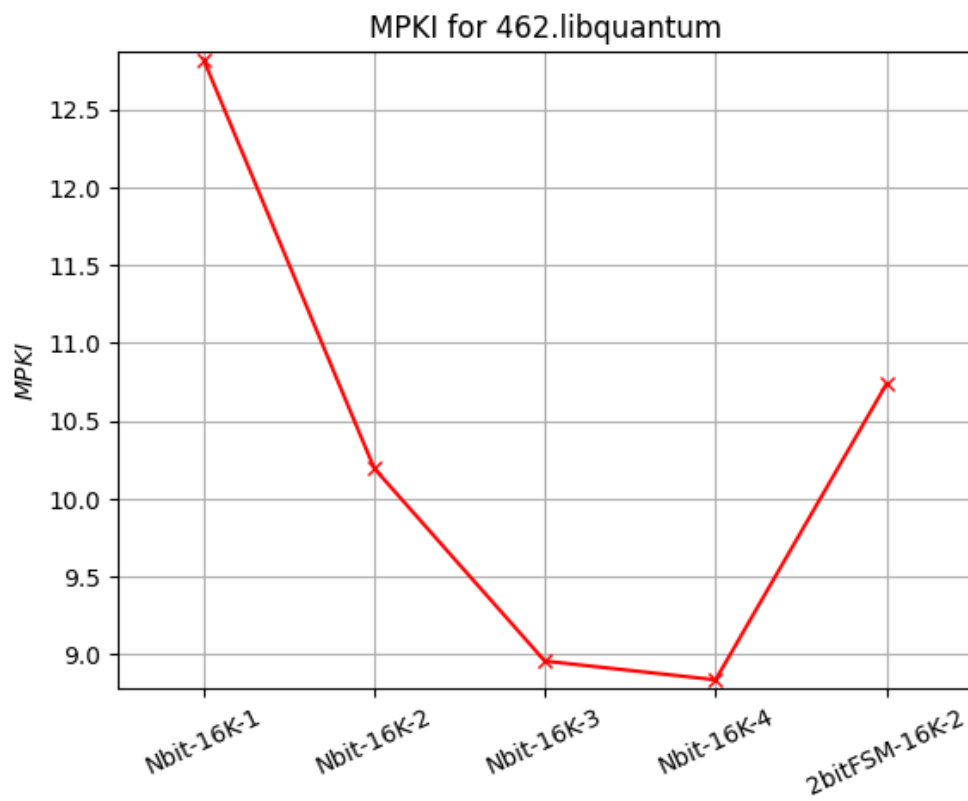


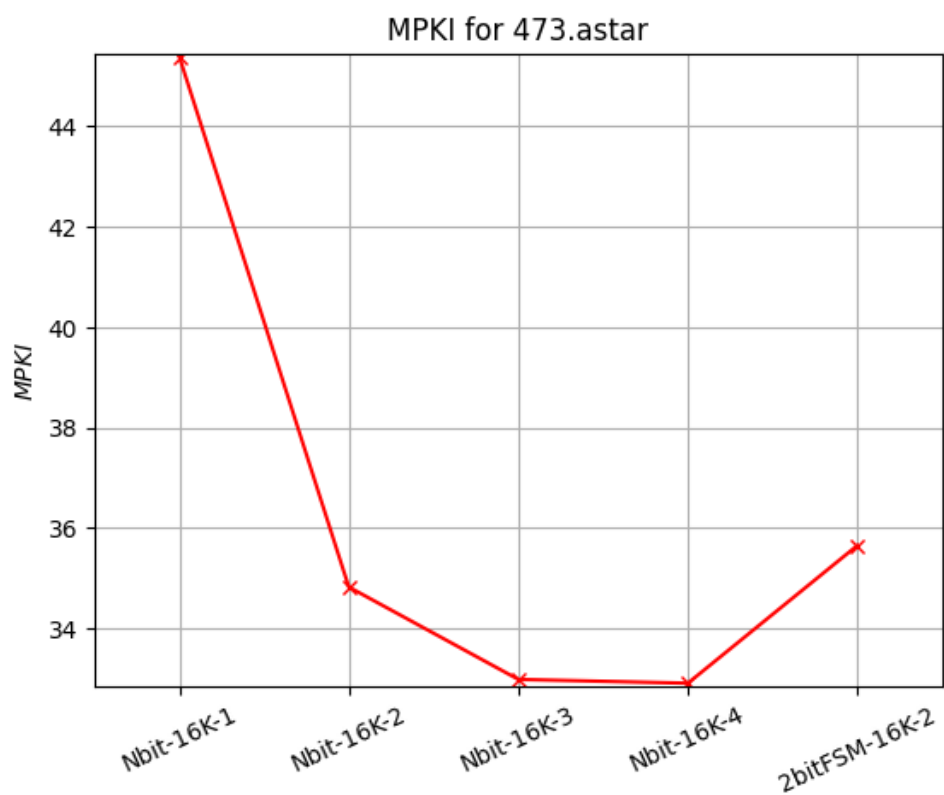
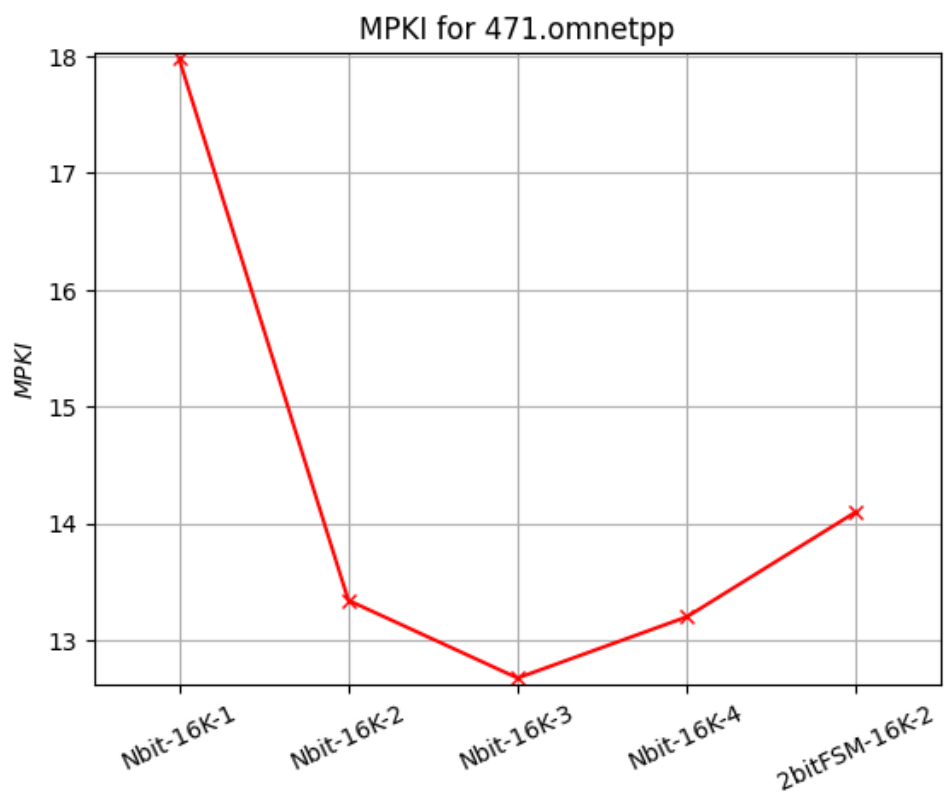


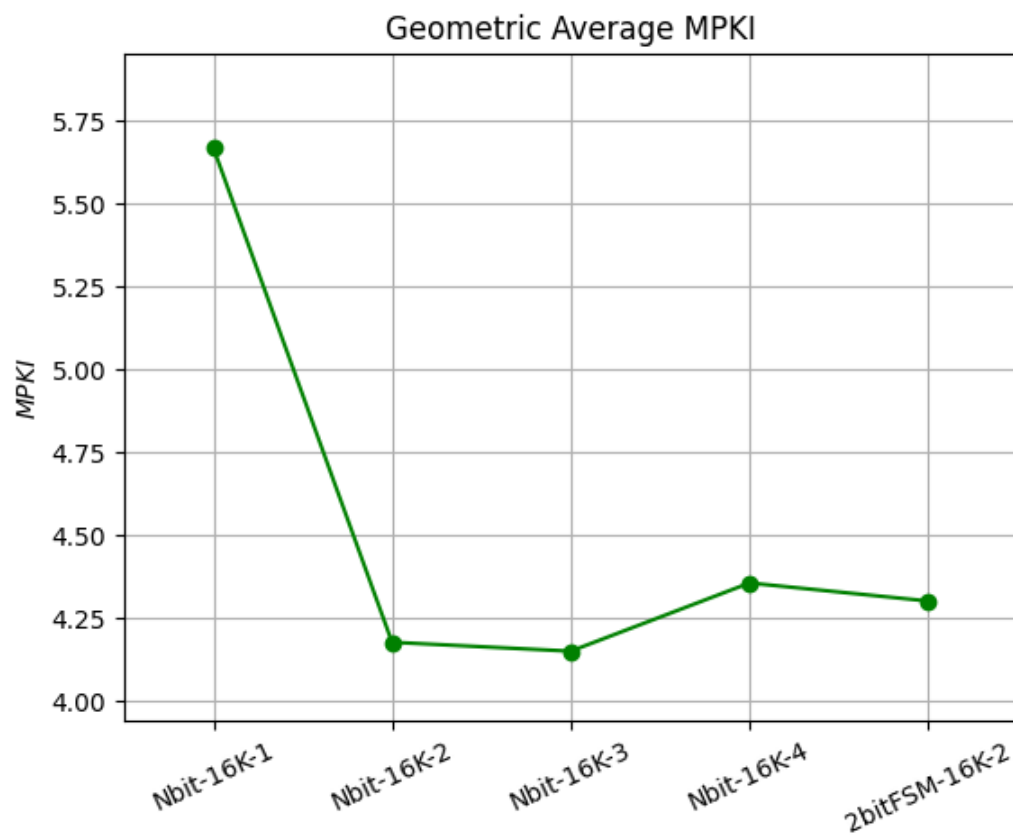
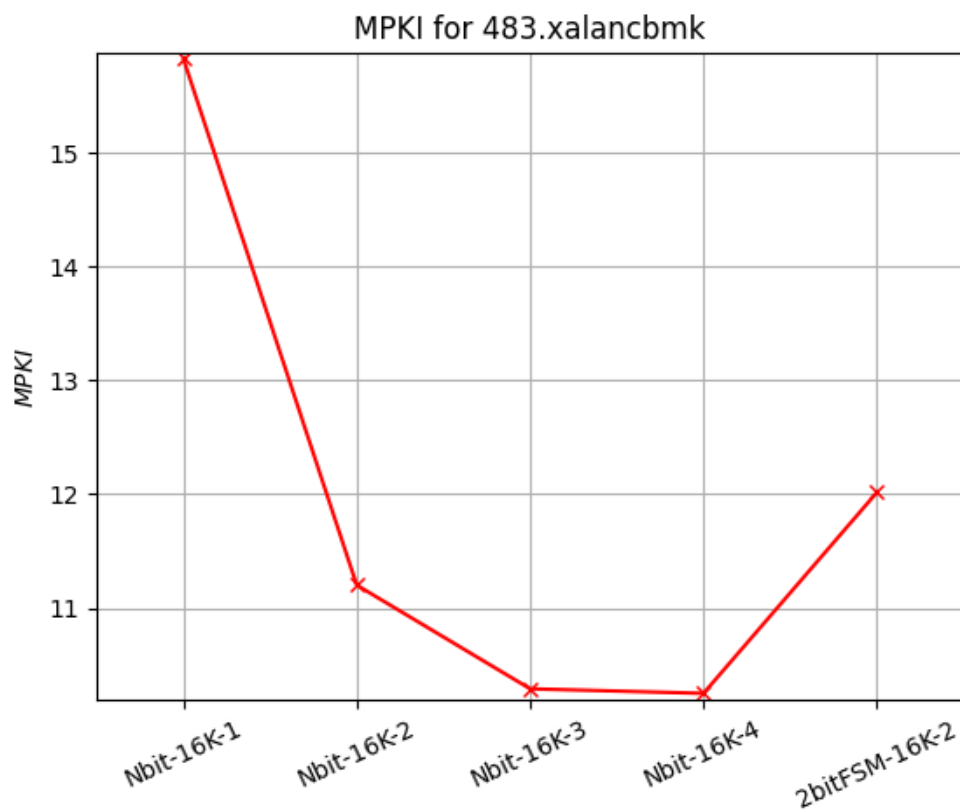






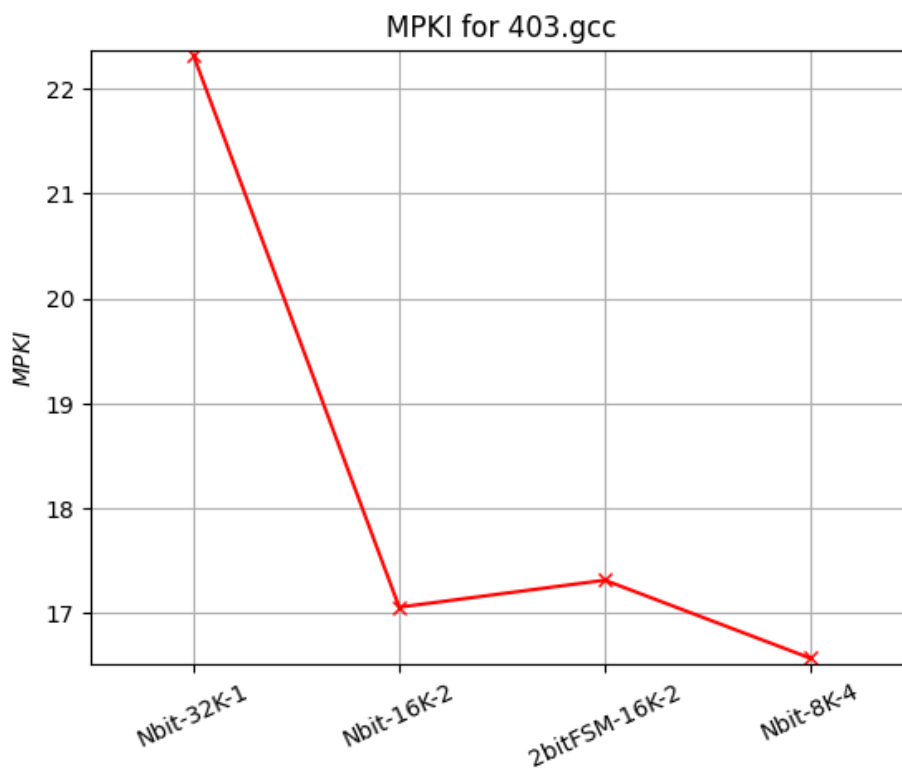


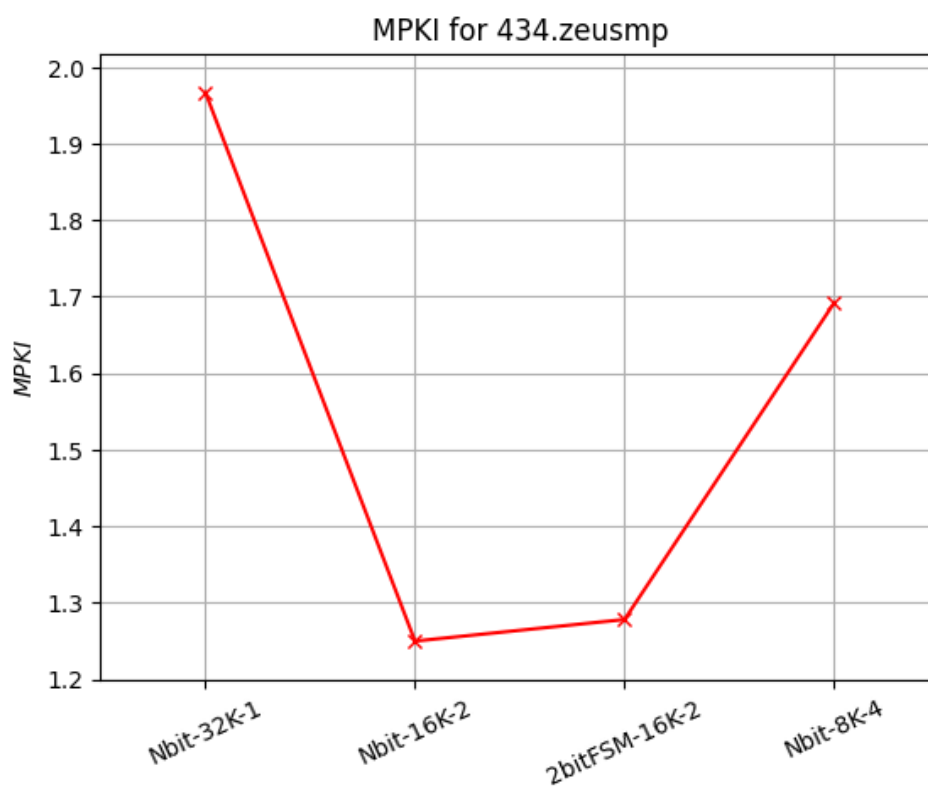
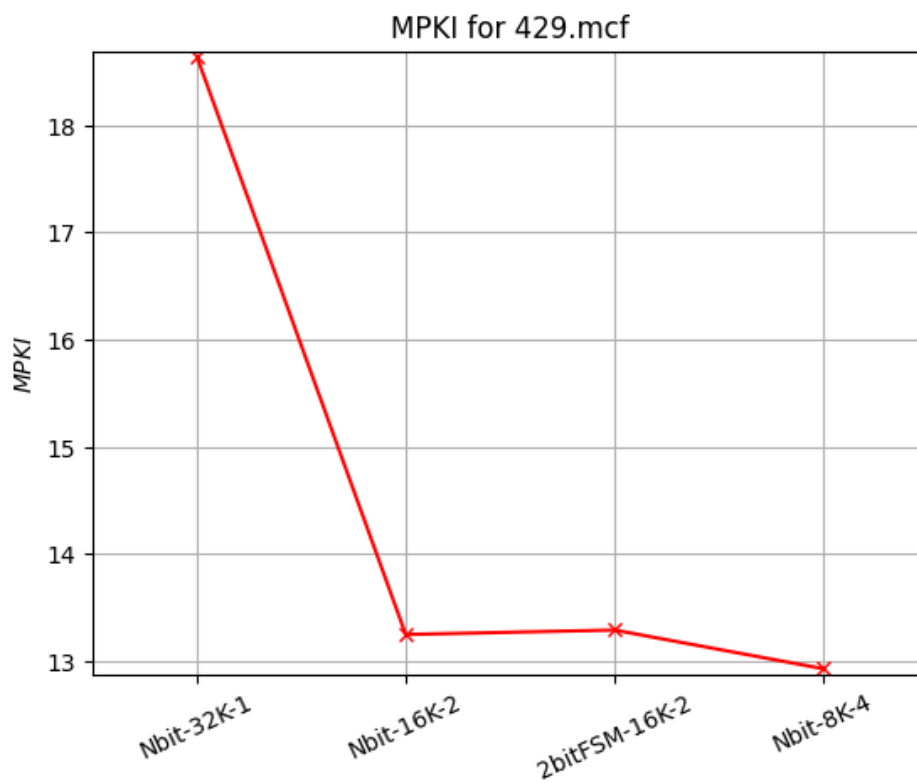


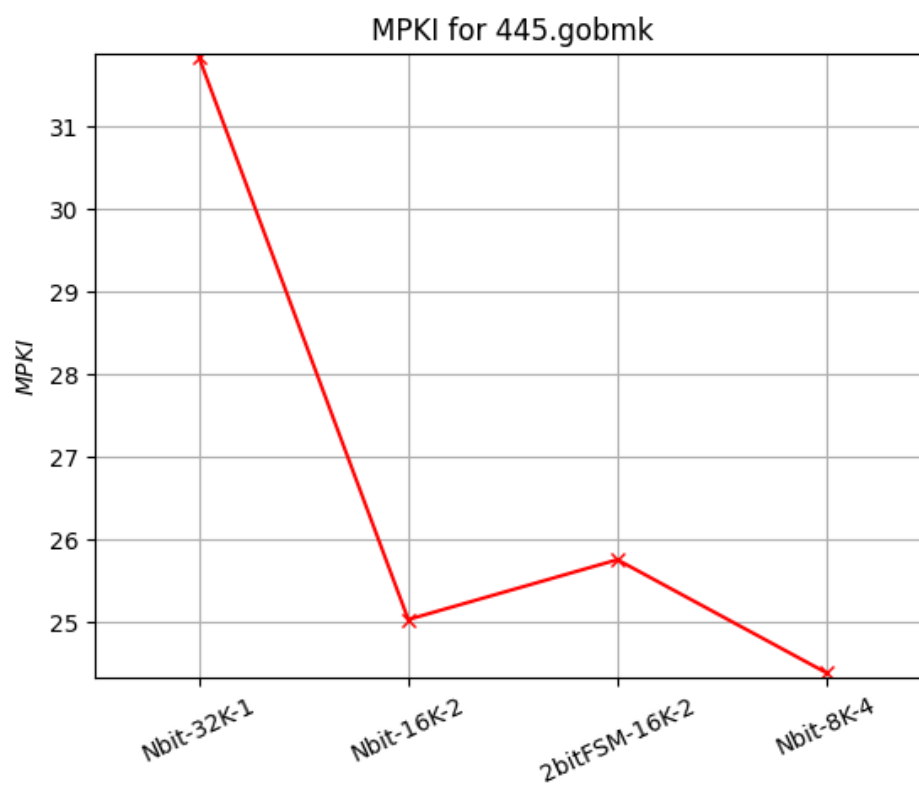
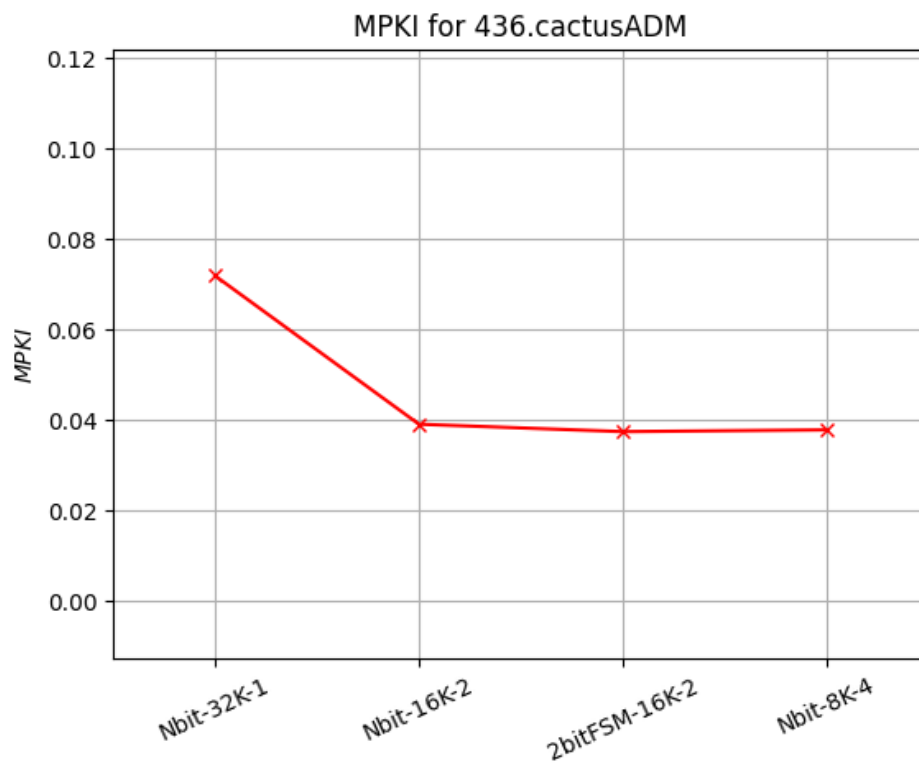


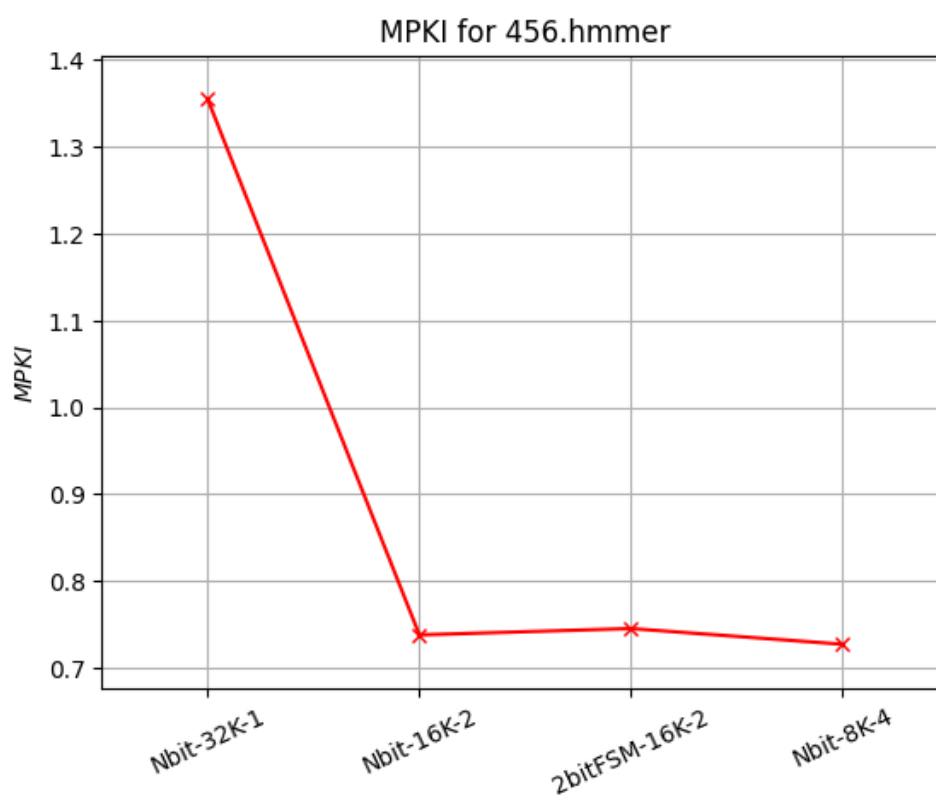
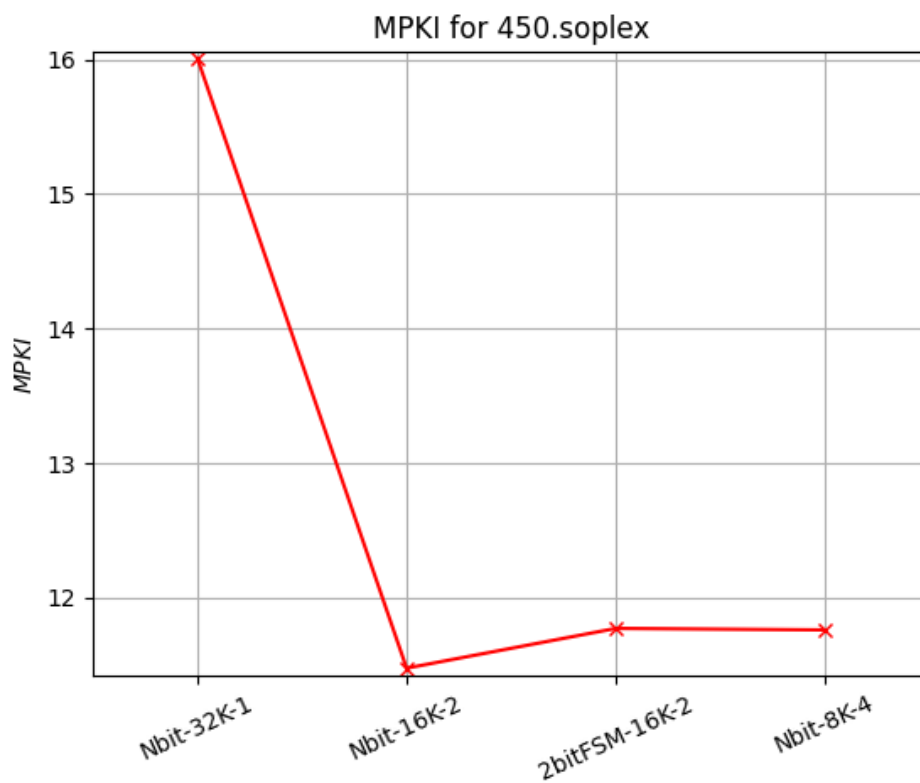
Συμπεράσματα: Από της μορφές των καμπυλών στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε πως 13 στα 14 benchmarks παρουσιάζουν βελτίωση καθώς το πλήθος των bits του predictor αυξάνει, δηλαδή η μετρική dMPKI φθίνει καθώς τα bits αυξάνονται από 1 σε 2 και από 2 σε 3. Η μετάβαση από 3bit σε 4bit δεν συνεπάγεται πάντα βελτίωση. Διαφορετική ως προς την μορφή καμπύλη αντιστοιχεί στο μετρόπρόγραμμα 434.zeusmp για το οποίο το μικρότερο MPKI αντιστοιχεί σε 2-bit predictor. Για το συγκεκριμένο μετροπρόγραμμα η τιμή του MPKI είναι ήδη αρκετά χαμηλή και η διαφοροποίηση της επίδοσης που επέρχεται με τη χρήση διαφορετικών Nbit-Predictors είναι αρκετά μικρή και δεν επηρεάζει ιδιαίτερα. Αναοφρικά με το FSM που υλοποιήσαμε, αποδίδει καλύτερα μονάχα σε σχέση με τον 1bit Predictor. Ο αντίστοιχος 2bit Predictor που υλοποιείται ως saturating up-down counter αποδίδει πάντα καλύτερα σε σχέση με τον 2-bit FSM Predictor. Αποκτάμε μια συνολική εικόνα για το σύνολο των benchmarks από το διάγραμμα γεωμετρικών μέσων τιμών, όπου εύκολα επιβεβαιώνουμε τα προηγούμενα συμπεράσματα. Τέλος, με βάση το διάγραμμα των μέσων, φαίνεται πως η καλύτερη επιλογή είναι ο 16K 3-bit Predictor.

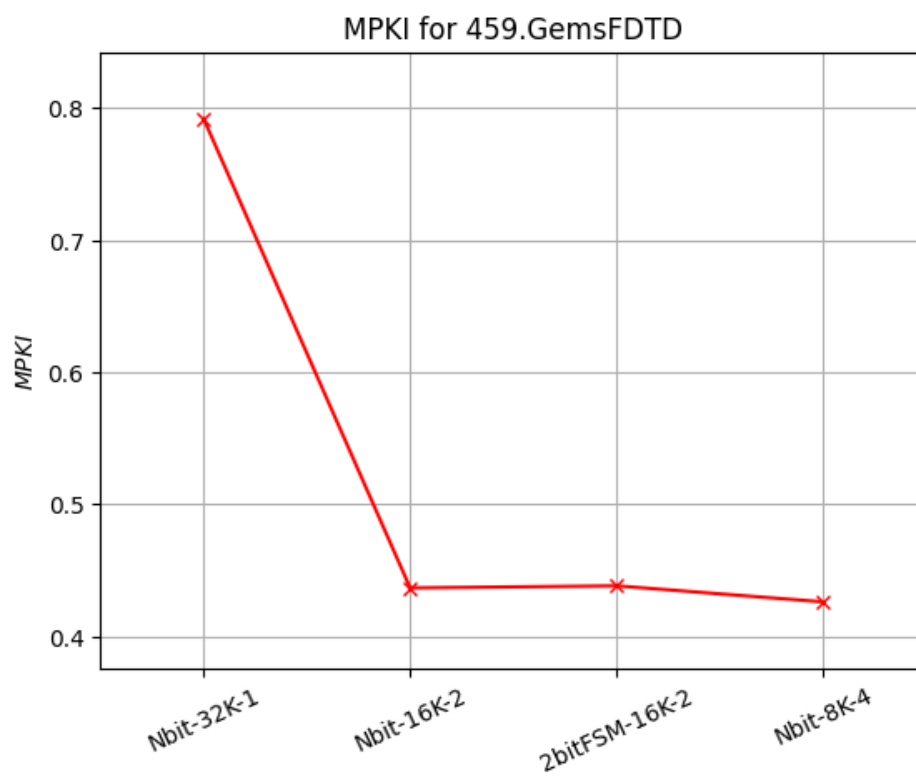
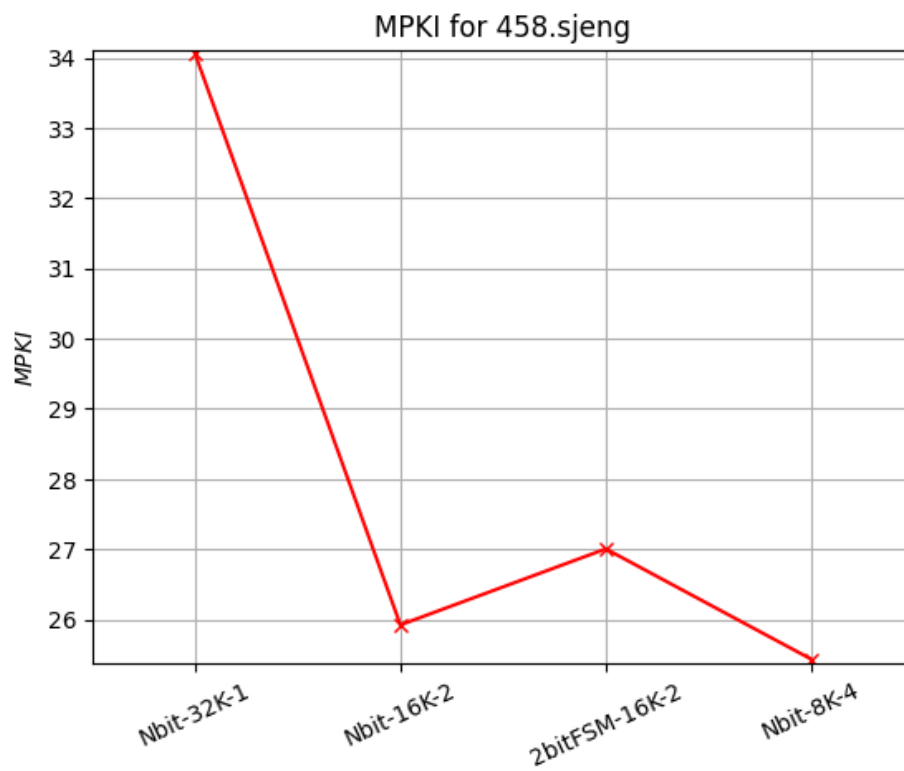
(ii) Σε αυτό το υποερώτημα επαναλαμβάνουμε τη μελέτη απόδοσης των N-bit predictors για διάφορες τιμές του N. Η διαφορά είναι ότι κρατάμε σταθερό το hardware overhead 32K. Παρατίθενται τα διαγράμματα και ο σχολιασμός τους.

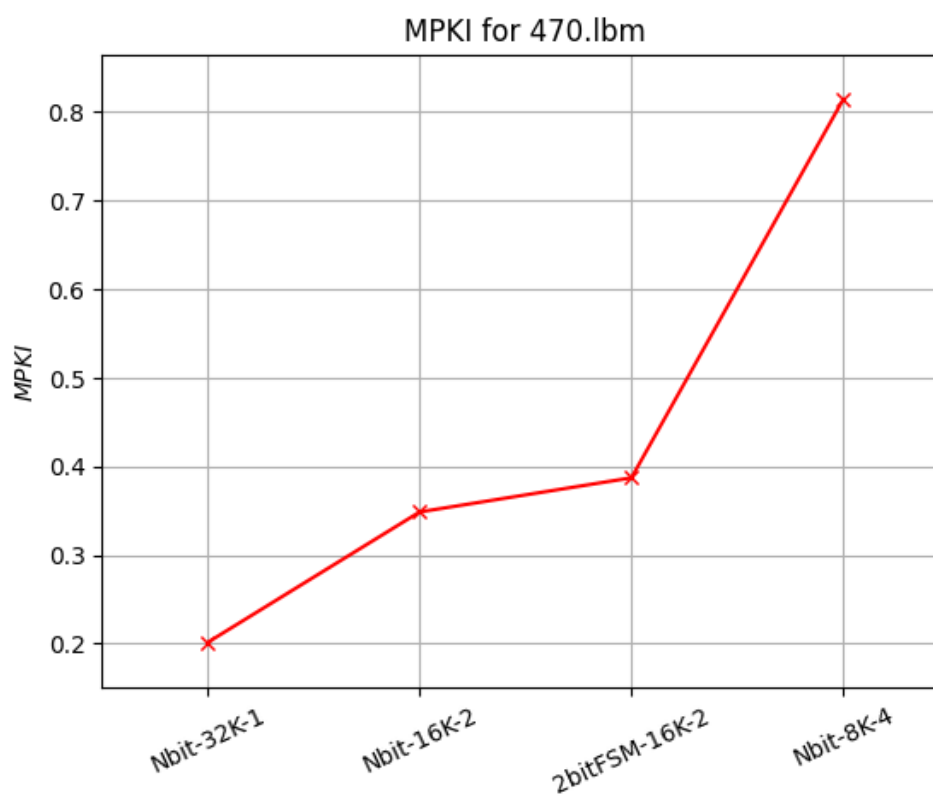
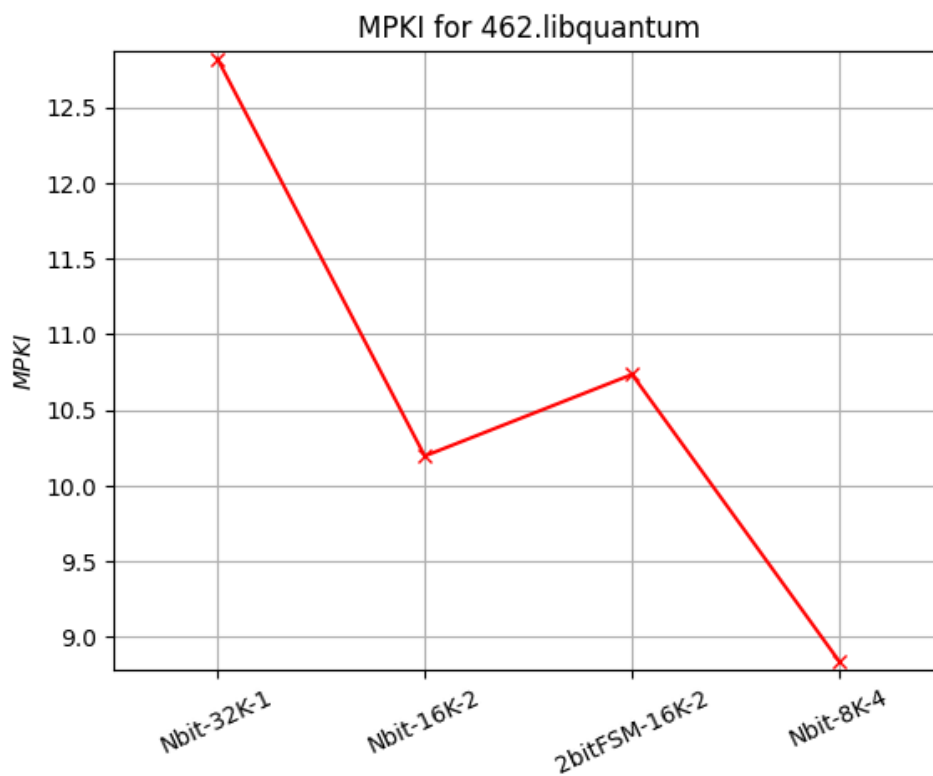


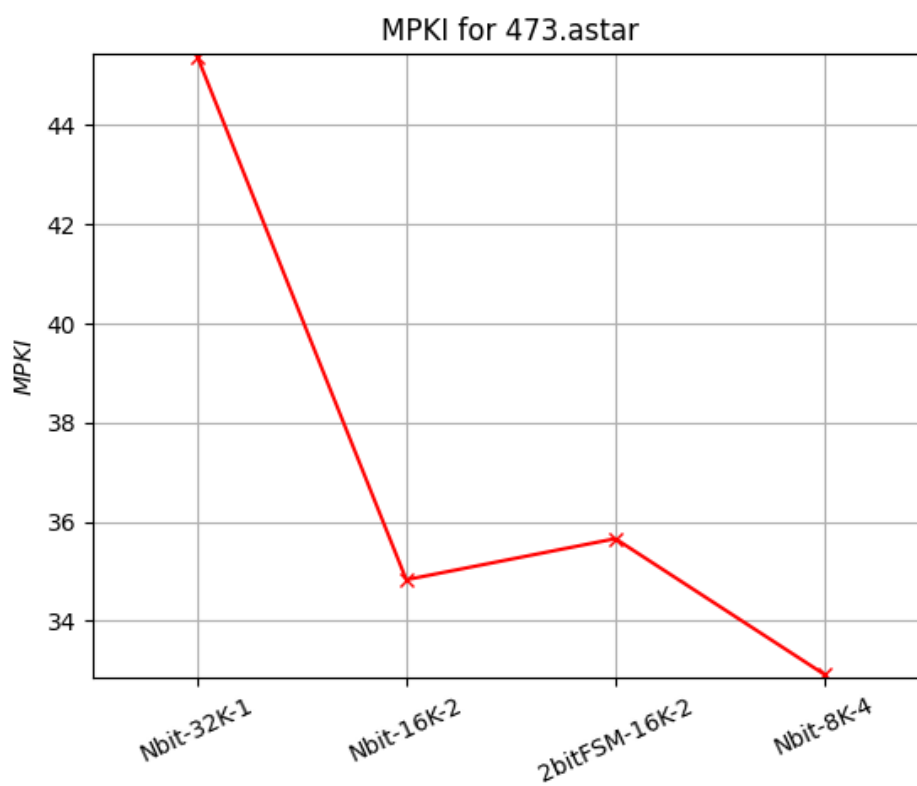
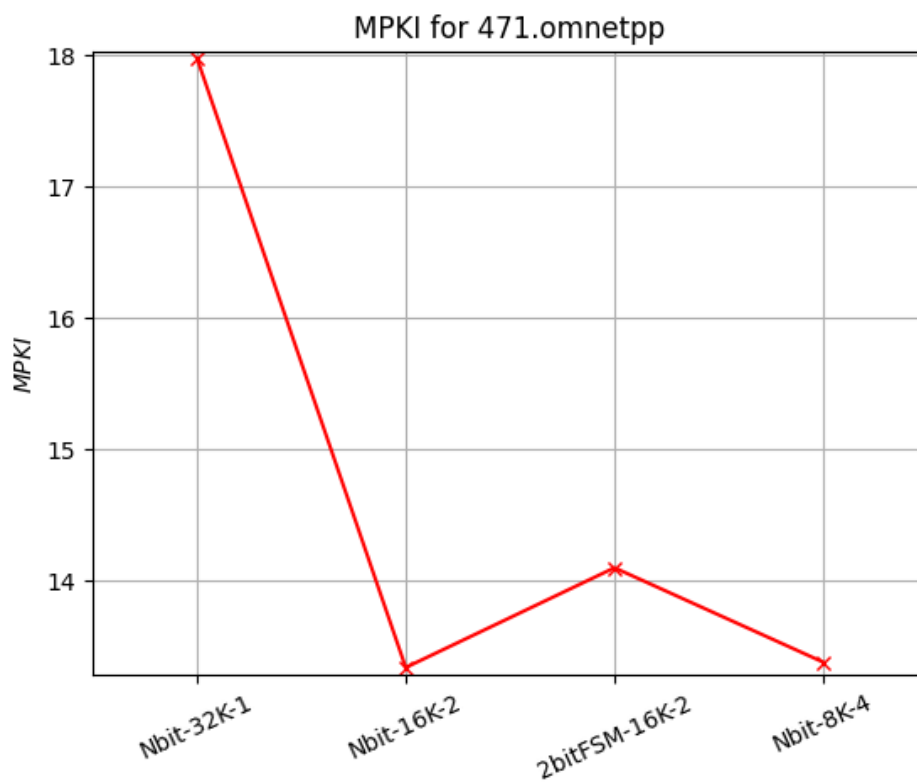


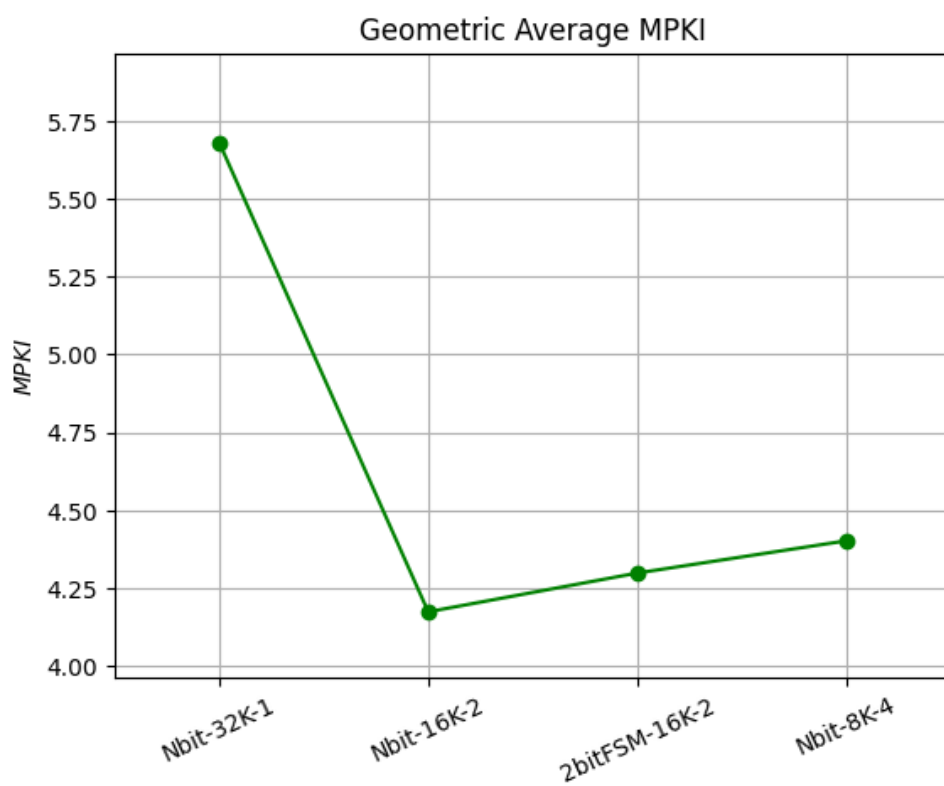
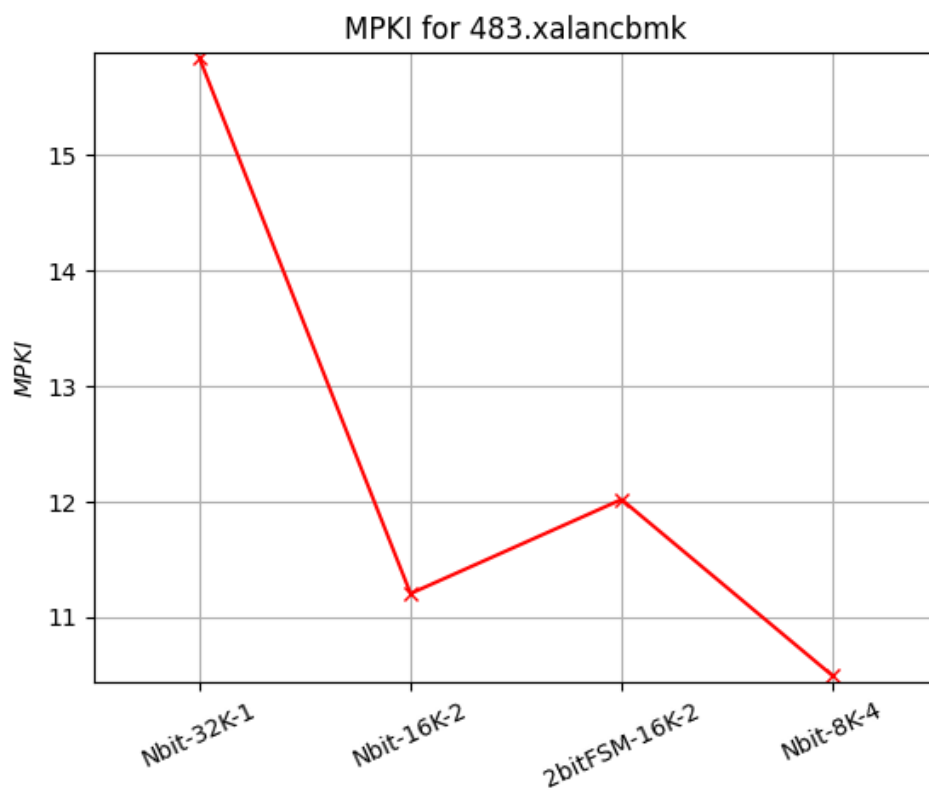












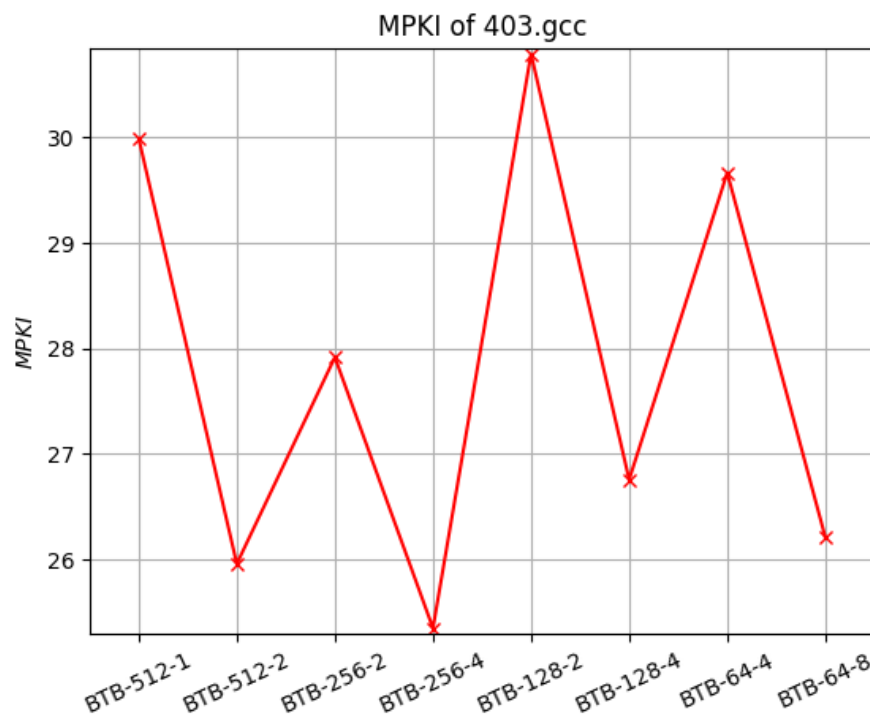
Συμπεράσματα: Παρατηρούμε πως και στους νέους συνδυασμούς για σταθερό υλικό, οι γραφικές μοιάζουν με του προηγούμενου ερωτήματος και τα συμπεράσματα είναι ανάλογα. Από τις μορφές των καμπυλών στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε πως σχεδόν όλα τα benchmarks παρουσιάζουν βελτίωση καθώς το πλήθος των bits του predictor αυξάνει, δηλαδή η μετρική dMPKI φθίνει καθώς τα bits αυξάνονται, παρά την μείωση του πλήθους των predictors. Η μόνη διαφορετική ως προς την μορφή καμπύλη αντιστοιχεί στο μετρόπρόγραμμα 434.zeusmp για το οποίο το μικρότερο MPKI αντιστοιχεί σε 2-bit predictor. καλύτερη επιλογή είναι ο 4-bit Predictor με 8K entries. θα μπορούσε να επιλεχθεί και ο 2-bit Predictor με 16K entries που αποδίδει σχεδόν εξίσου καλά.

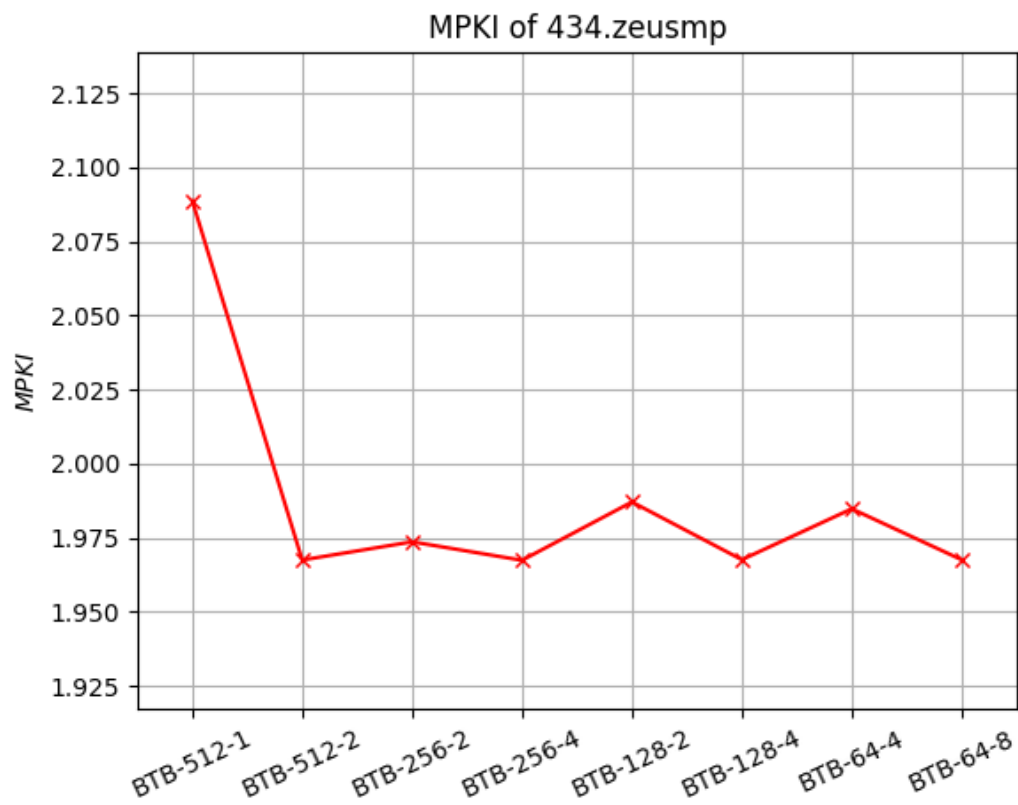
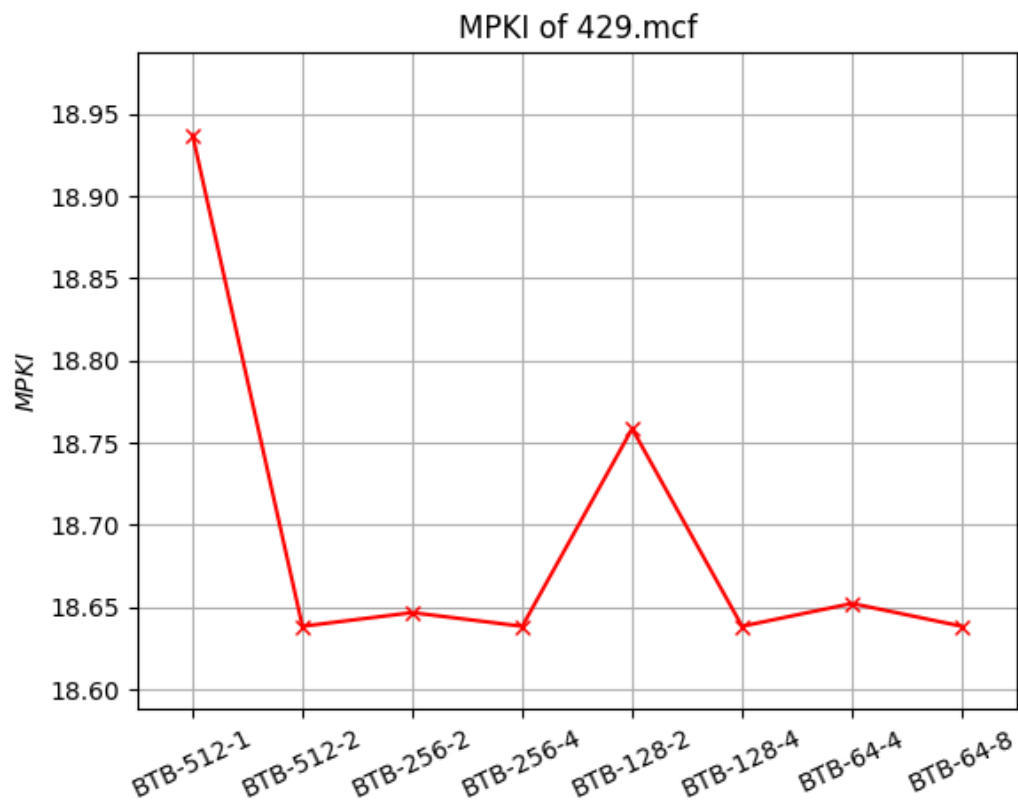
4.3 Μελέτη του BTB

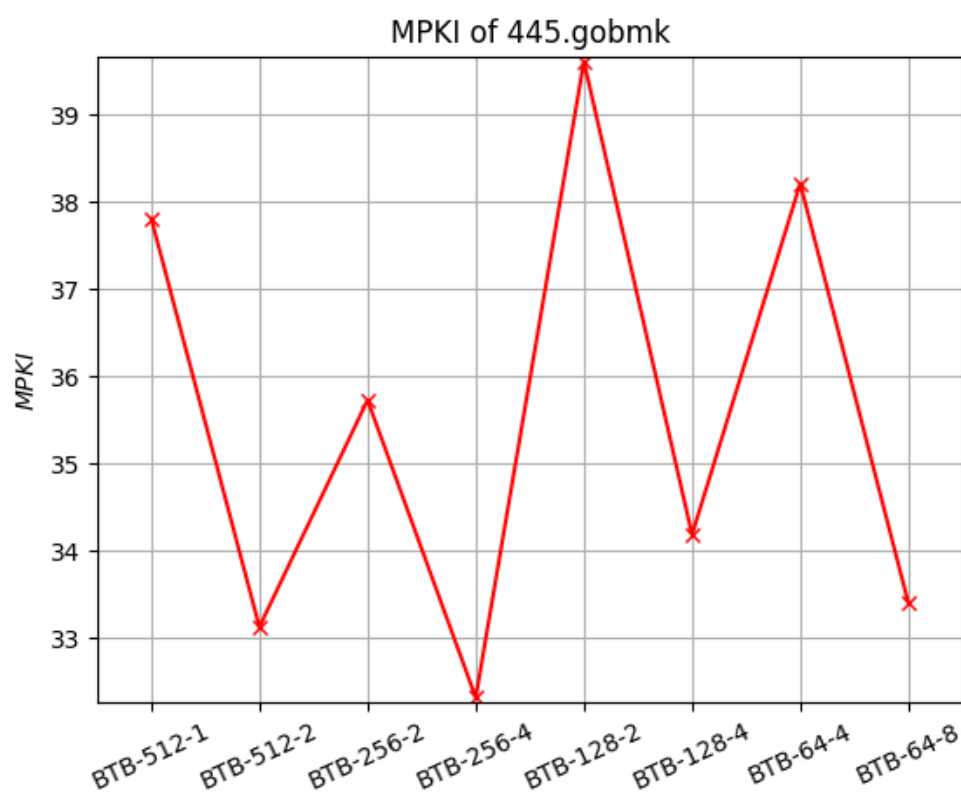
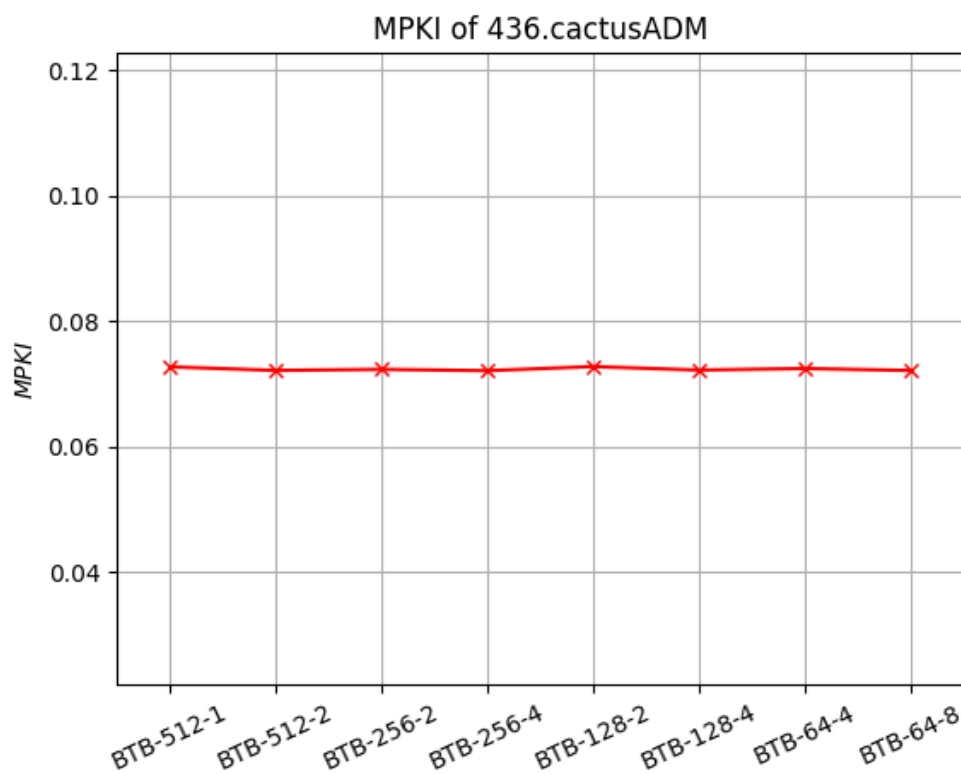
Στο ερώτημα αυτό μελετάμε την απόδοση του BTB για διάφορες τιμές των entries.

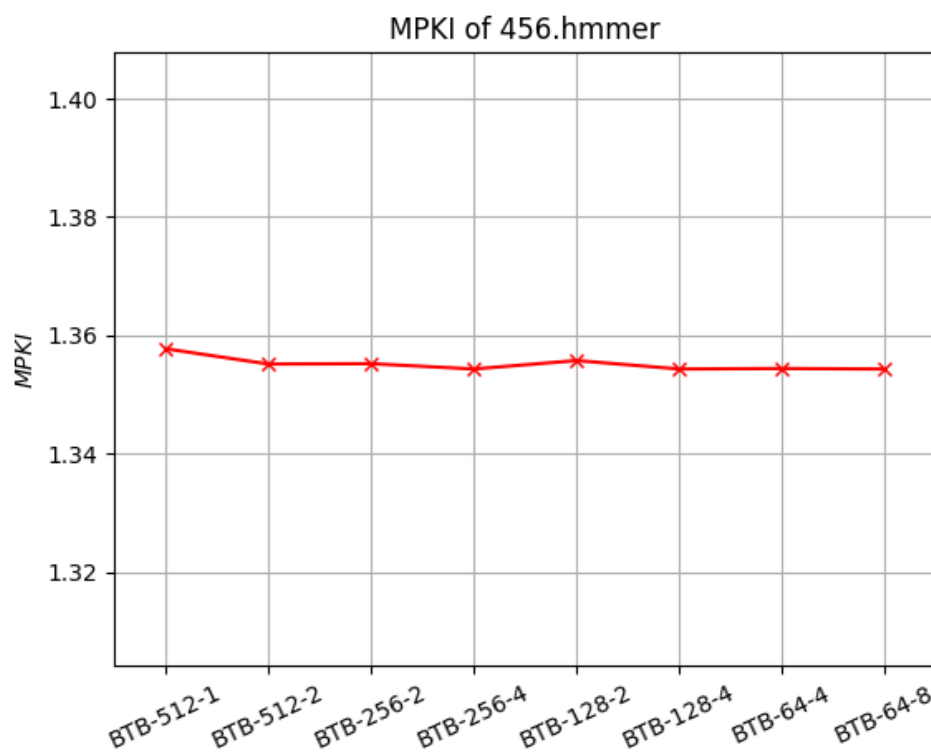
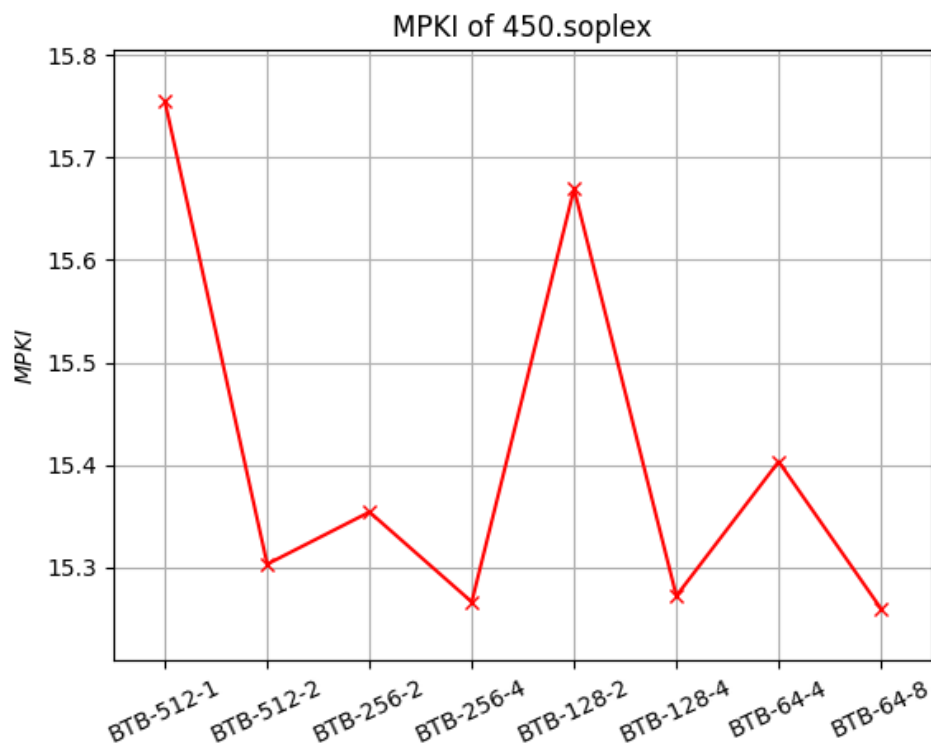
Παρατίθενται οι συνδυασμοί και τα διαγράμματα:

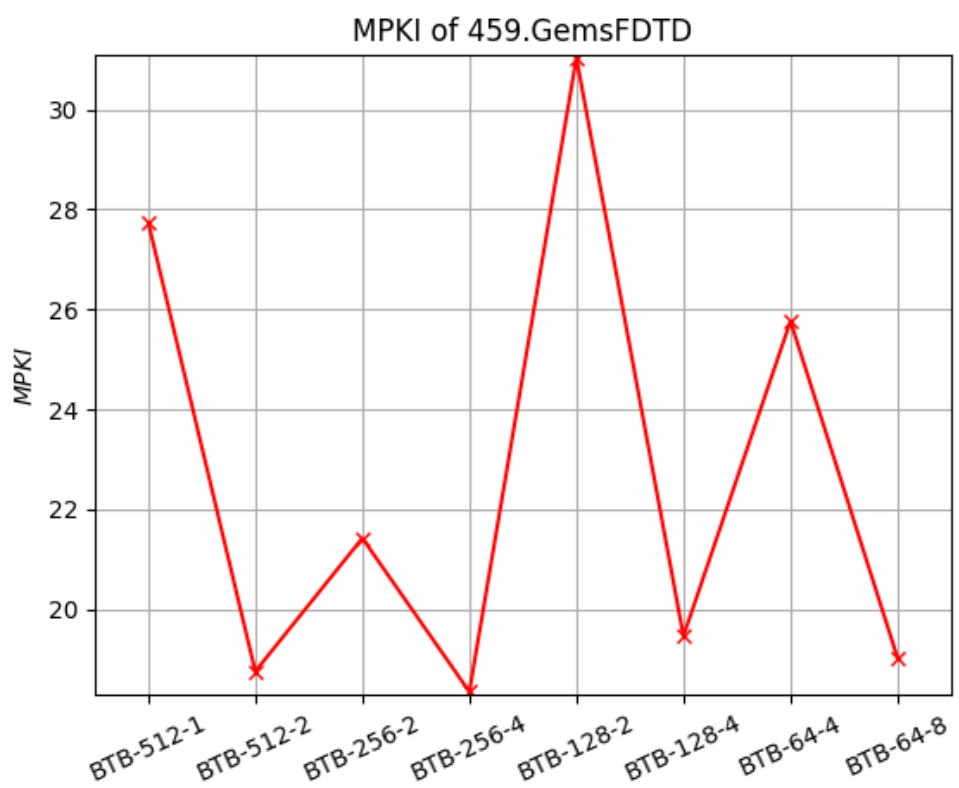
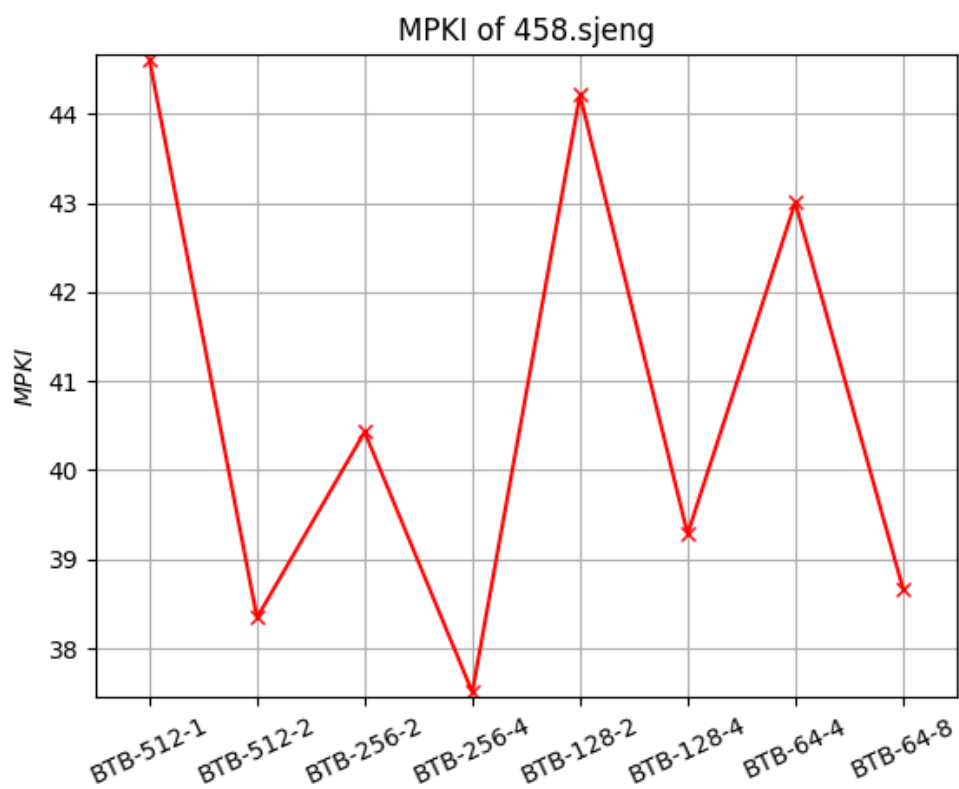
- 1) 512 entries, associativity 1
- 2) 512 entries, associativity 2
- 3) 256 entries, associativity 2
- 4) 256 entries, associativity 4
- 5) 128 entries, associativity 2
- 6) 128 entries, associativity 4
- 7) 64 entries, associativity 4
- 8) 64 entries, associativity 8

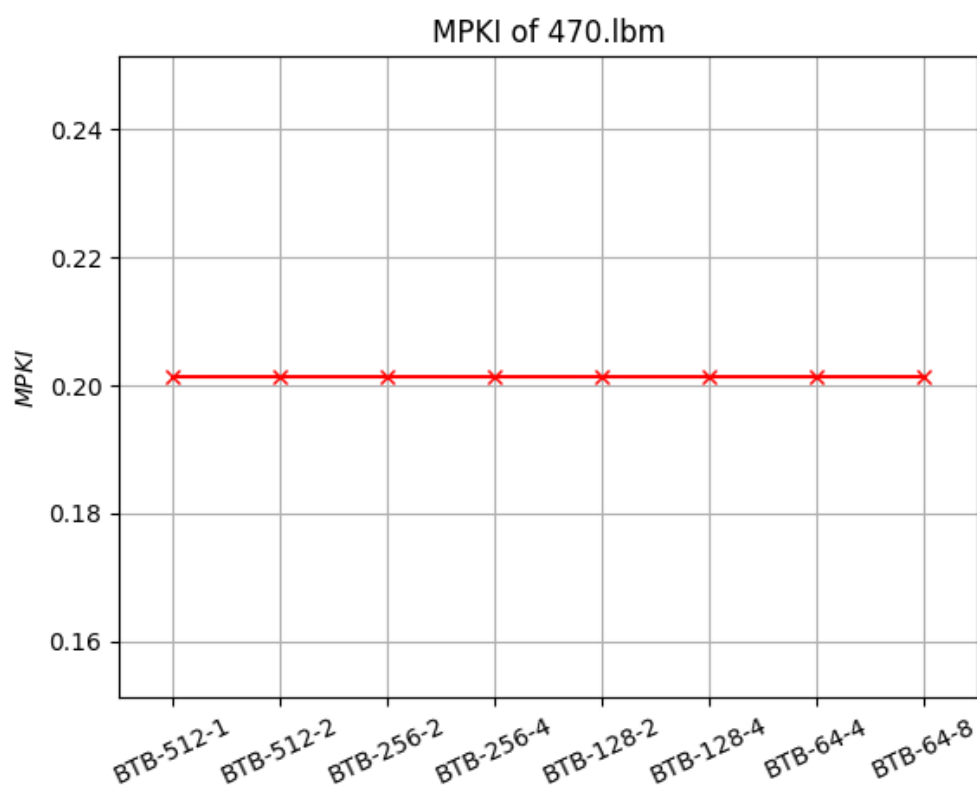
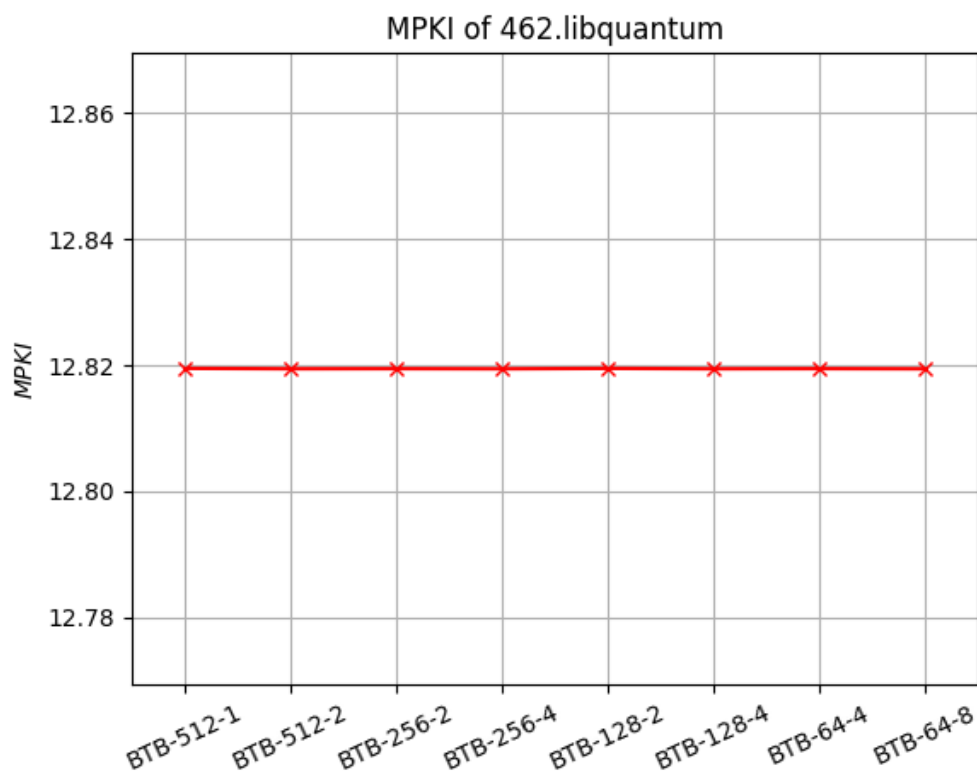


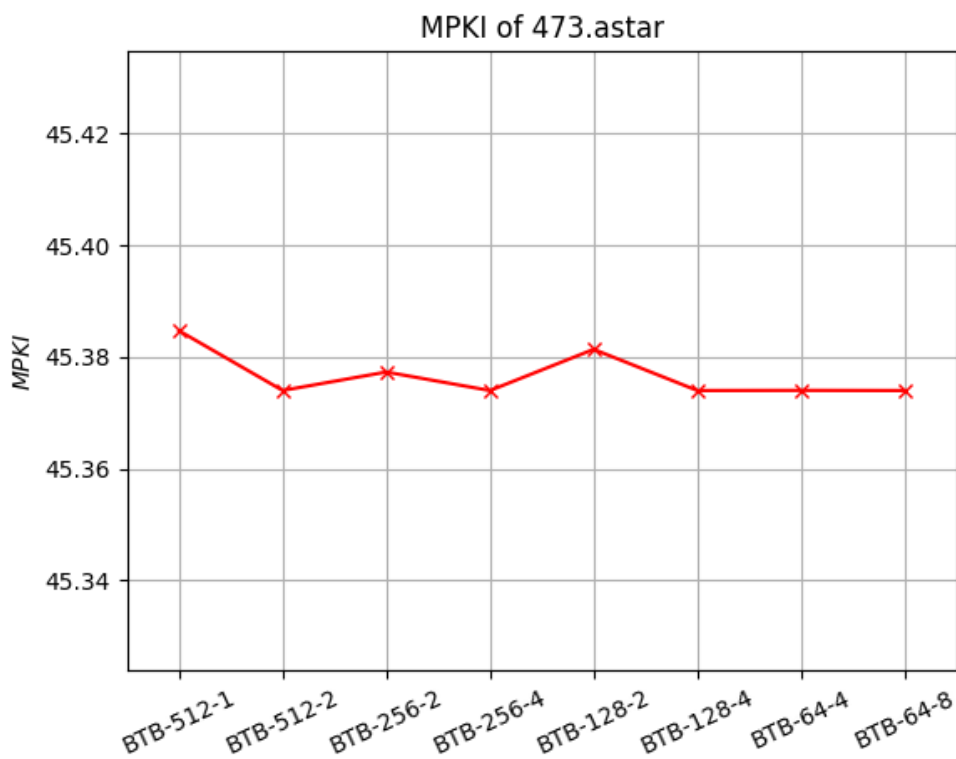
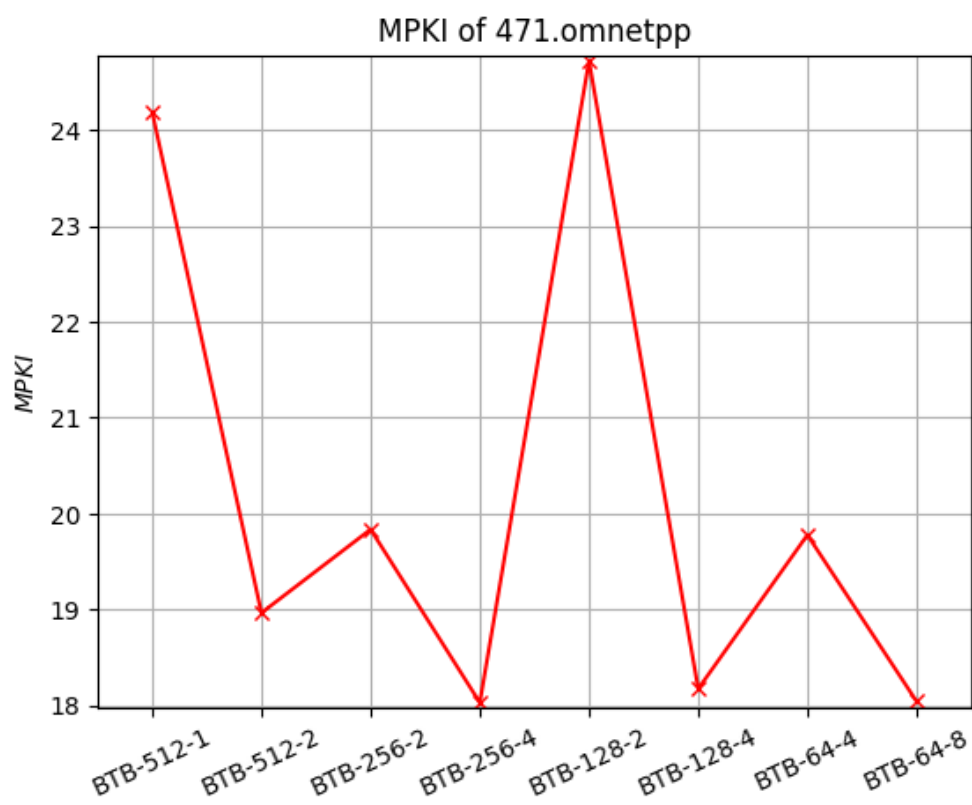


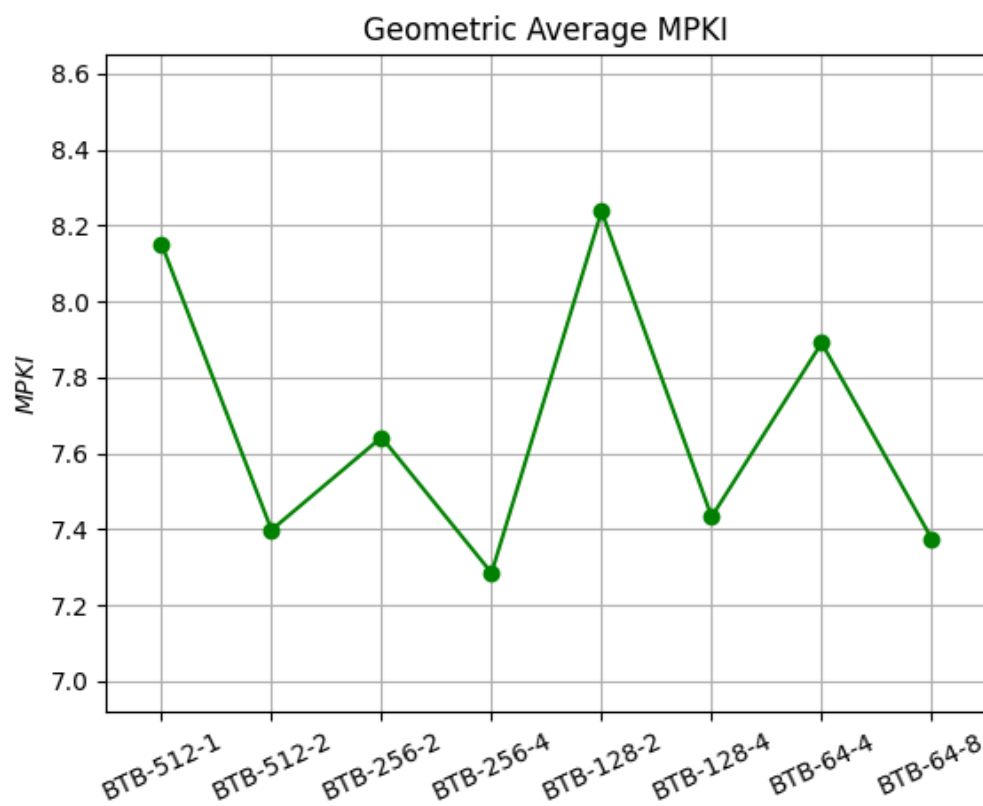
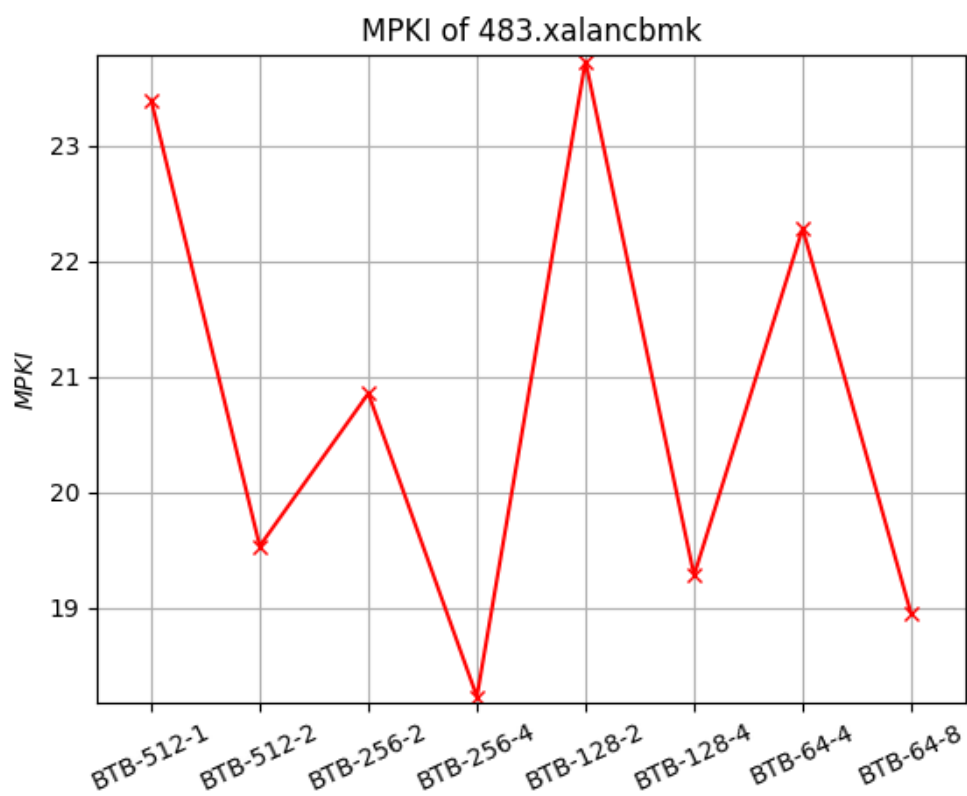








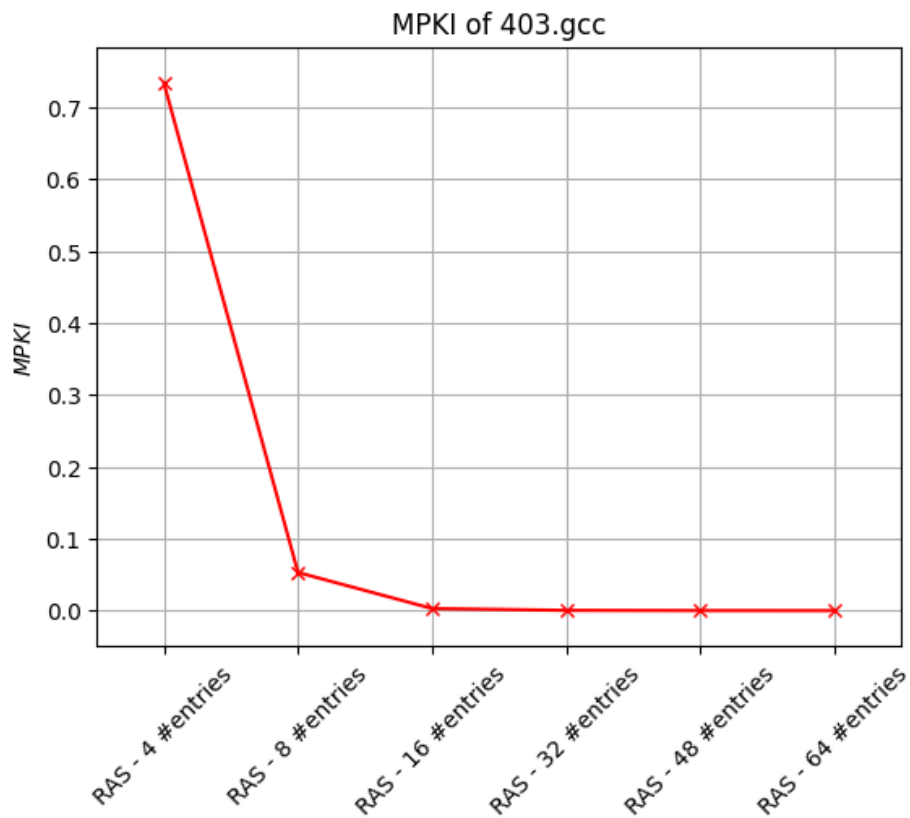


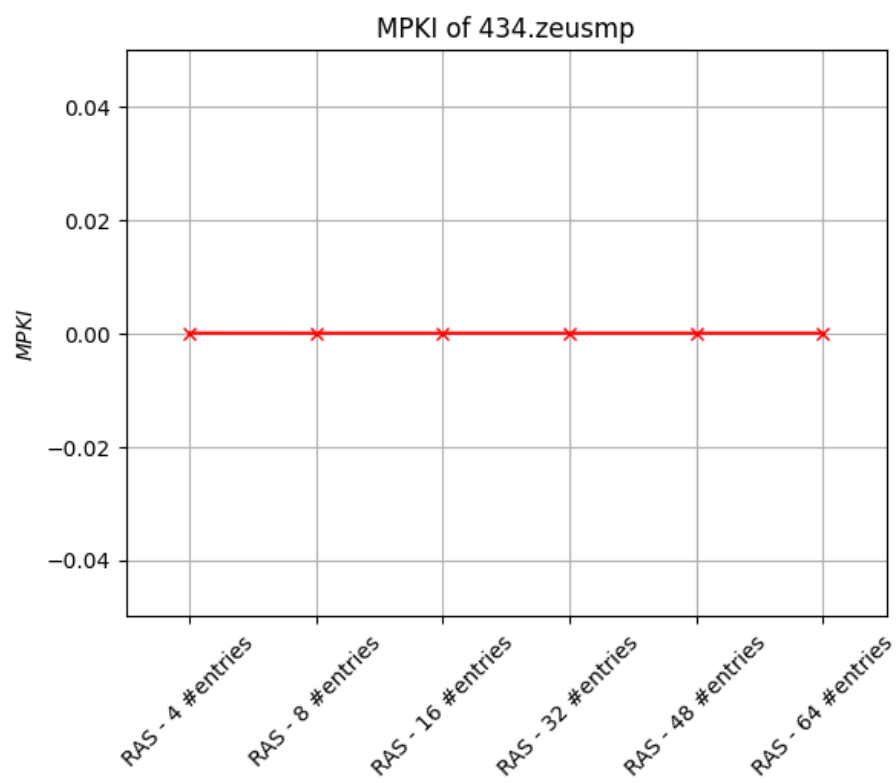
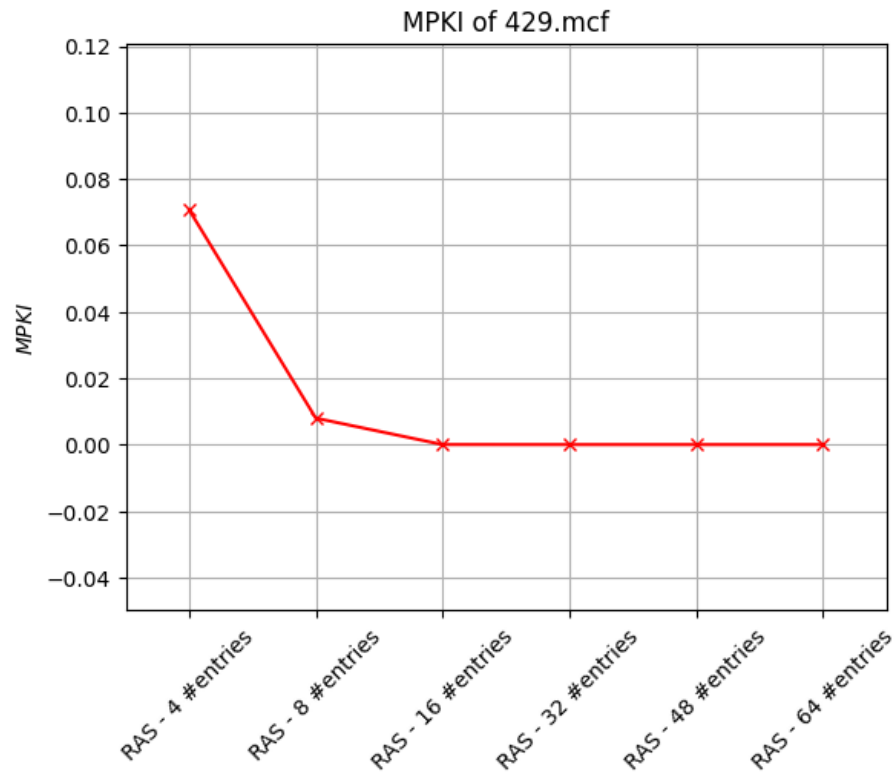


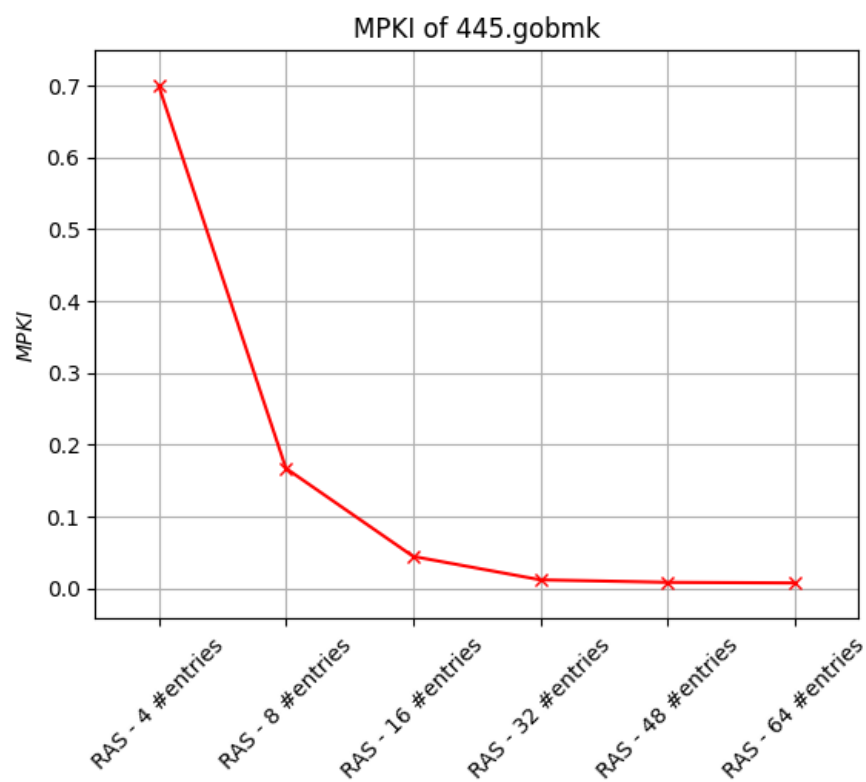
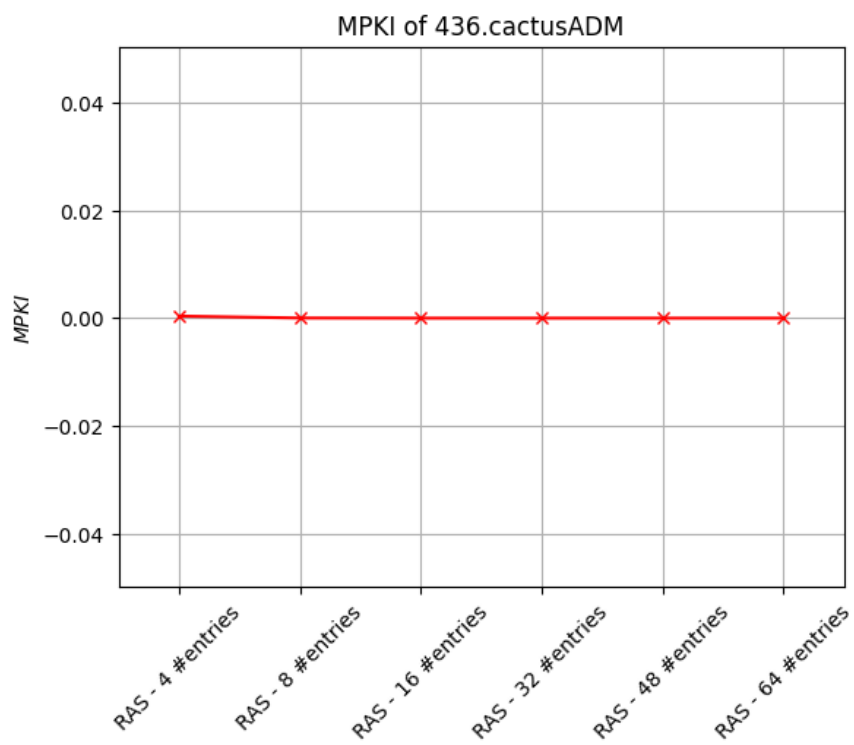
Συμπεράσματα: Στα παραπάνω διαγράμματα χρησιμοποιούμε ως μετρική τα επιμέρους prediction misses & target misspredictions per KILOInstructions. Από τα επιμέρους διαγράμματα διαπιστώνουμε ότι για σταθερό πλήθος table lines x associativity(entries) η αύξηση του associativity επιφέρει βελτίωση. Την μικρότερη τιμή misses επιτυγχάνουν οι συνδυασμοί BTB-256-2 και BTB-64-4. Μάλιστα ο BTB-256-2 φαίνεται να έχει καθολικό προβάδισμα στην απόδοση όπως βλέπουμε και στο διάγραμμα των γεωμετρικών μέσων. Η υπερβολική αύξηση του associativity μειώνοντας τα table lines μετά από ένα όριο δε δρα βελτιωτικά. Η καλύτερη επιλογή είναι ο BTB Predictor με 512 entries, οργανωμένα σε 256 lines και associativity 2.

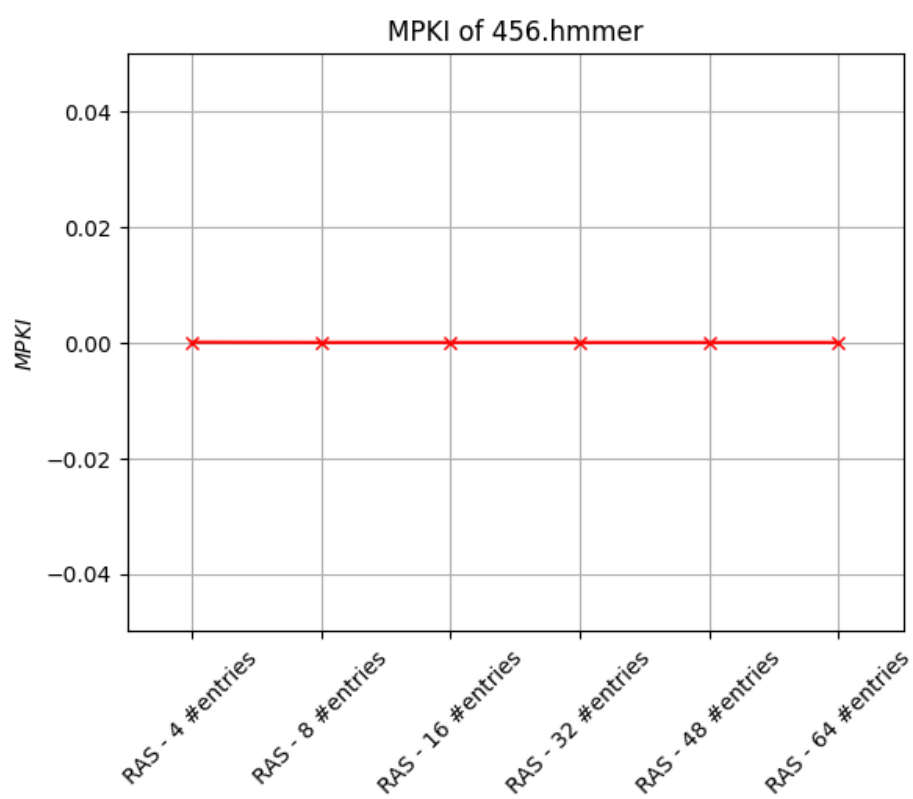
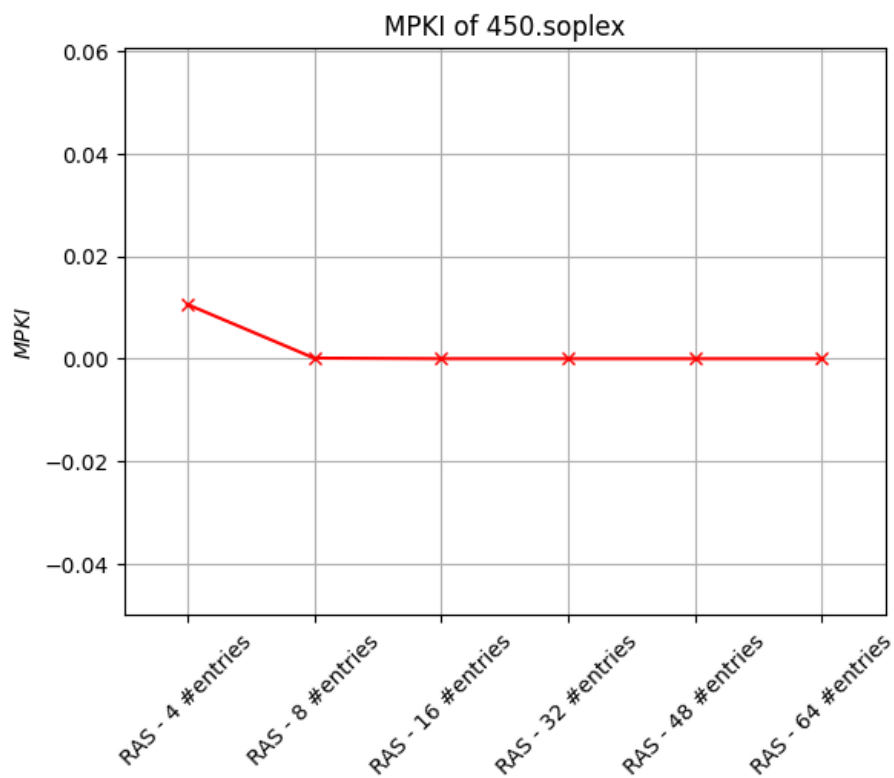
4.4 Μελέτη του RAS

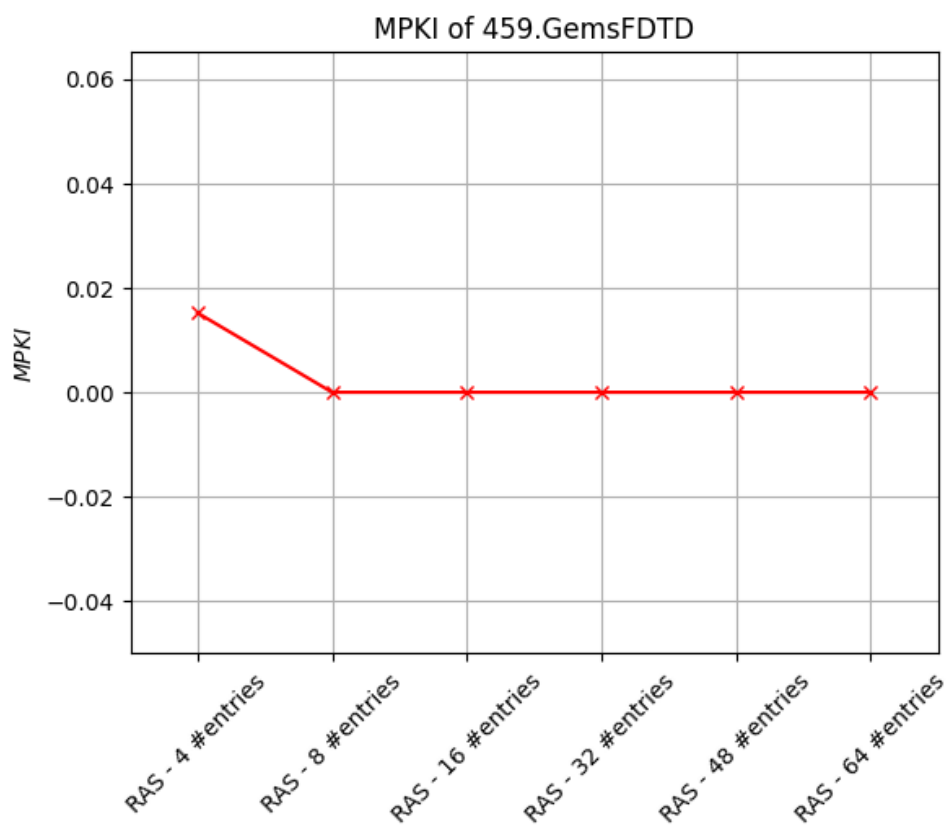
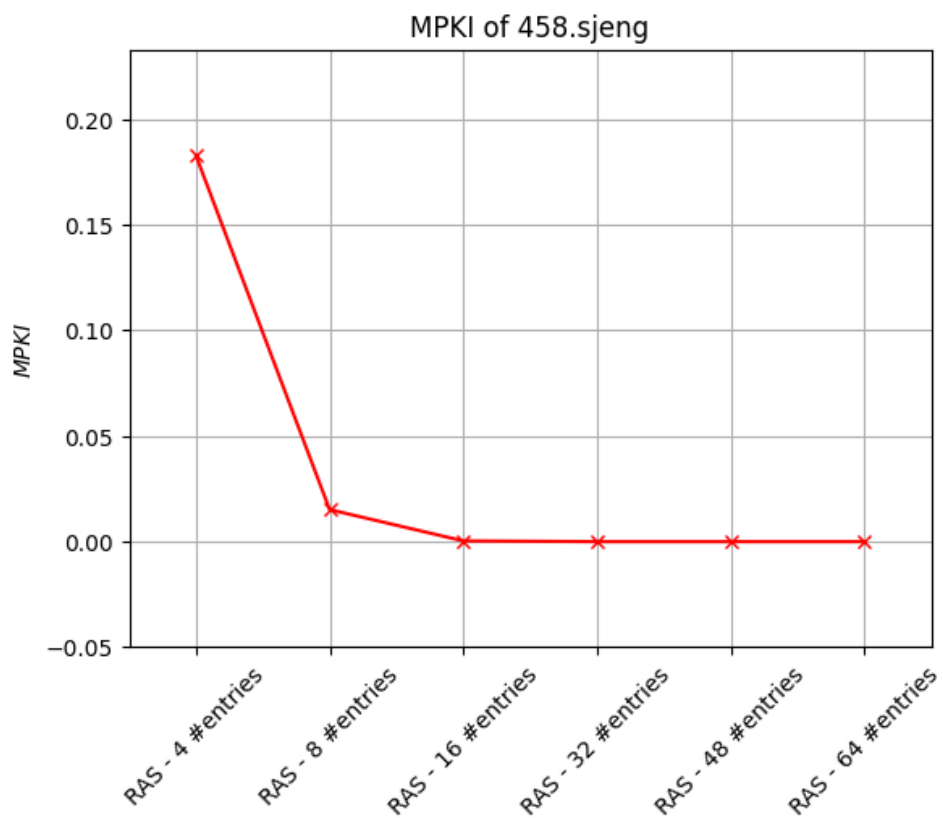
Σε αυτό το ερώτημα μελετάμε μέσω του δοθέντος ras.h αρχείου την απόδοση του RAS για διάφορες τιμές entries. Παρατίθενται τα διαγράμματα και ο σχολιασμός τους.

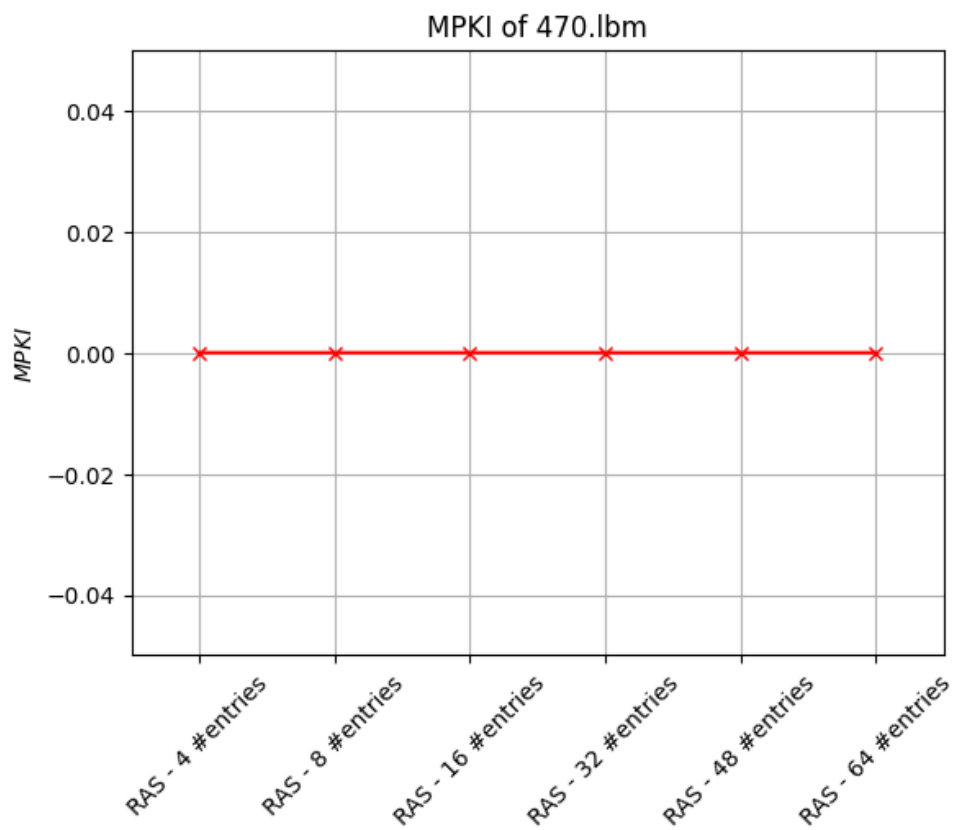
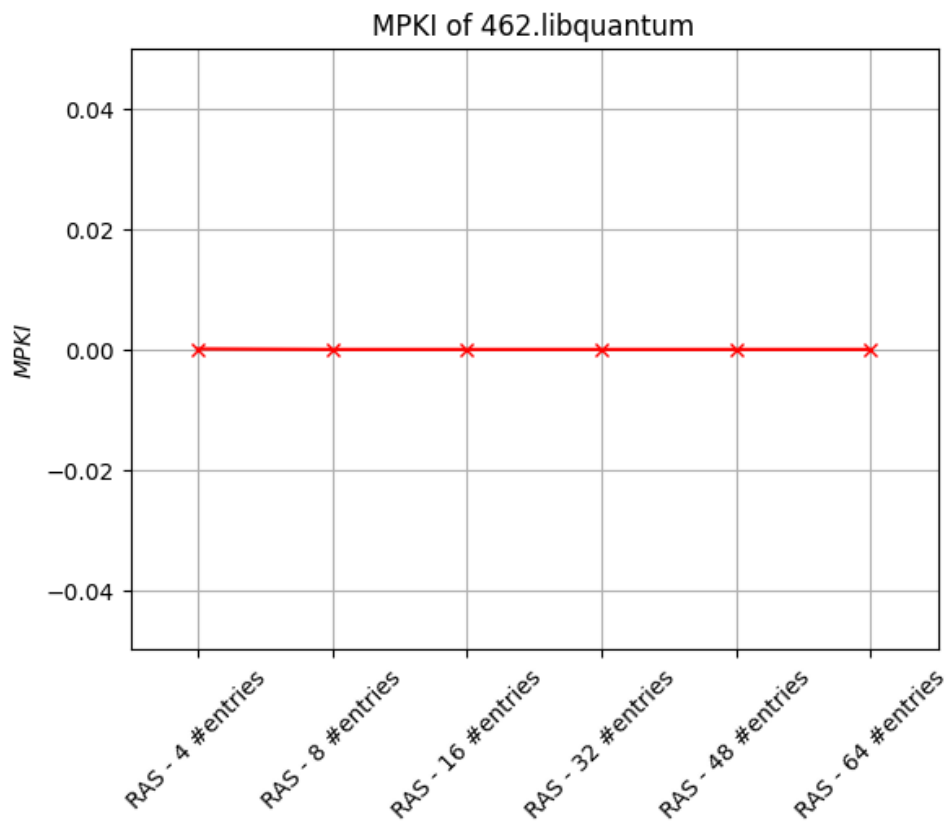


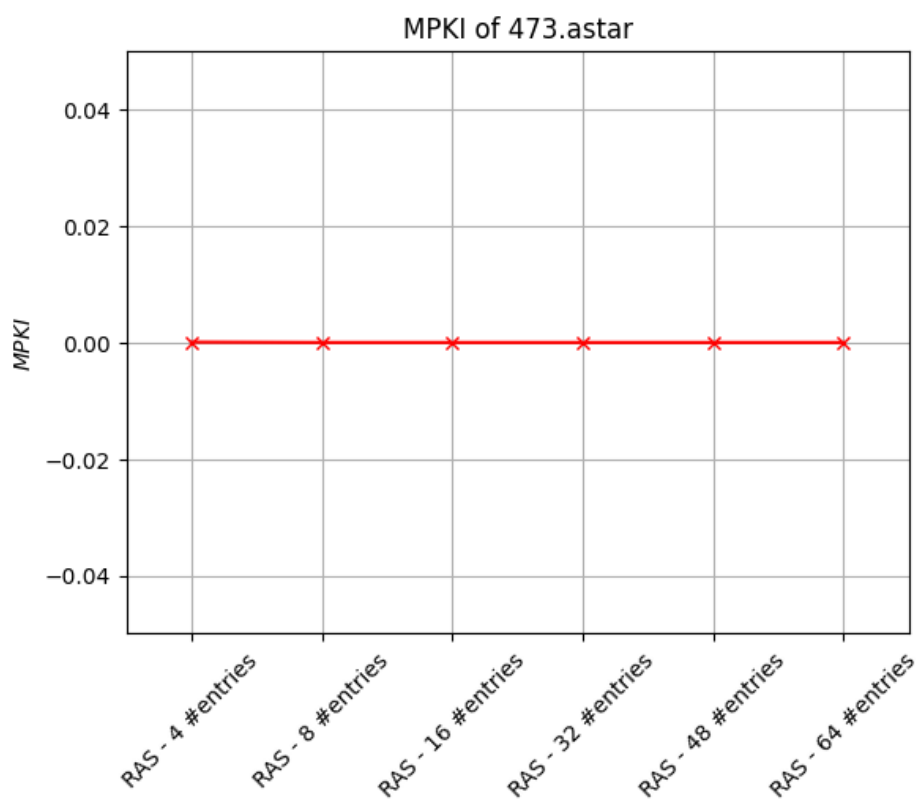
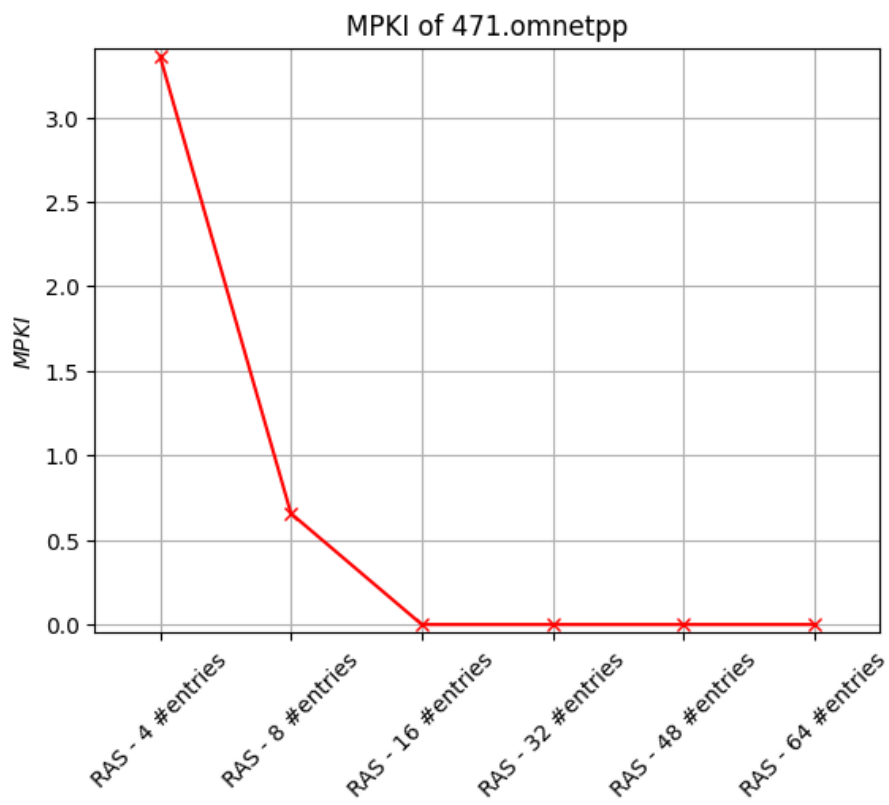


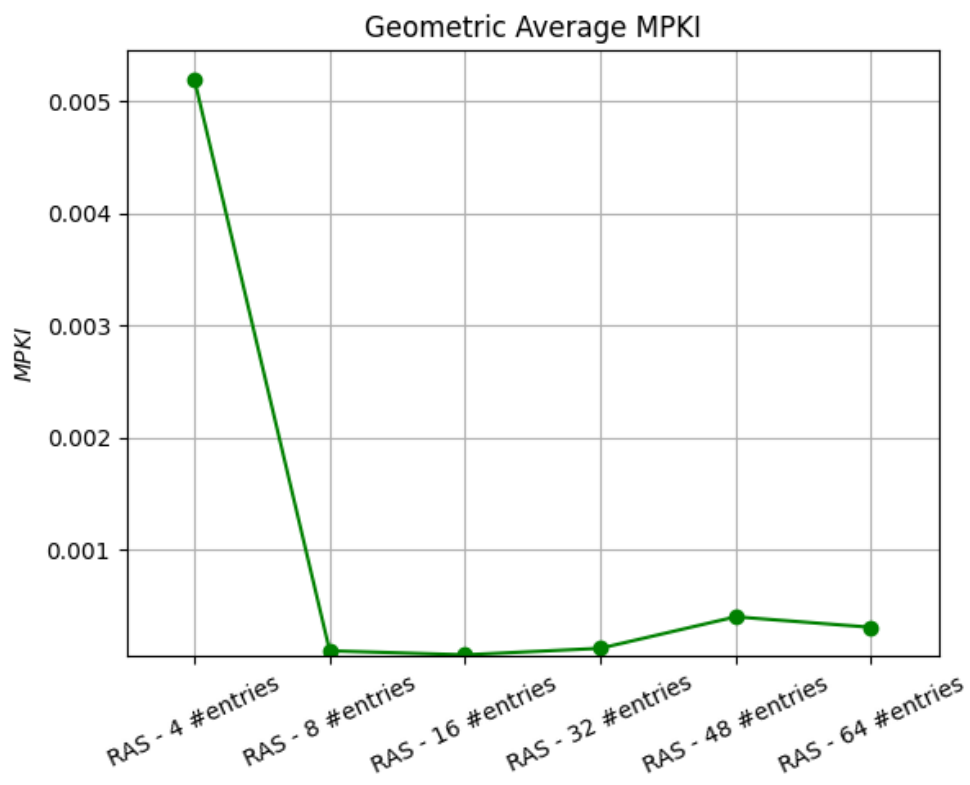
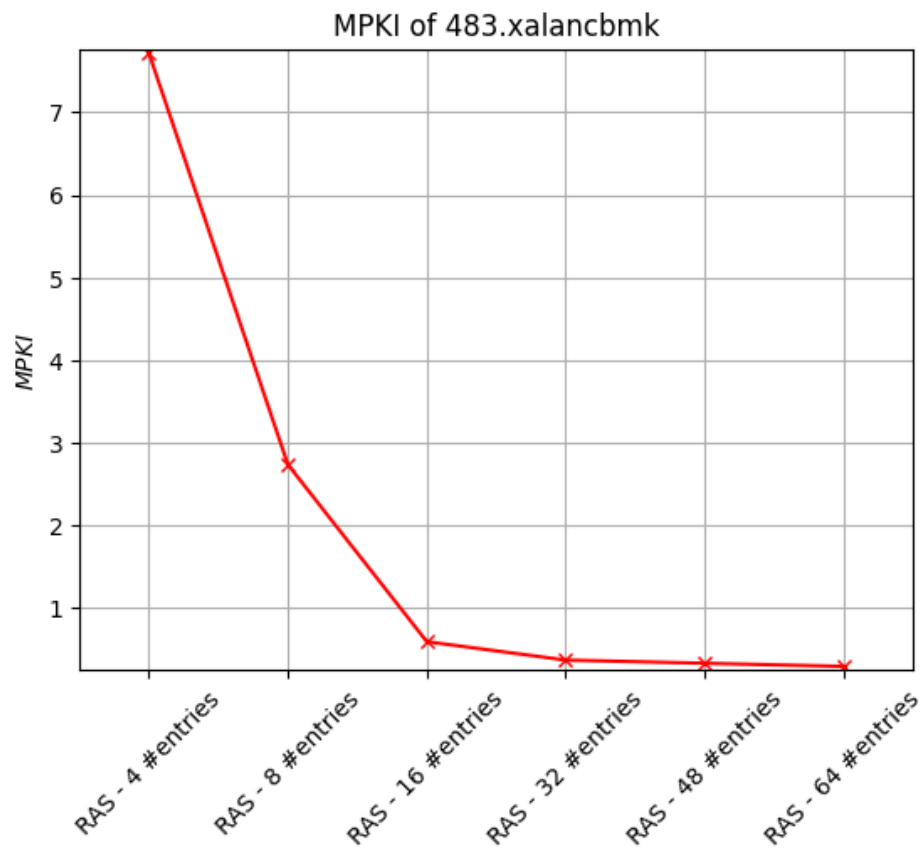












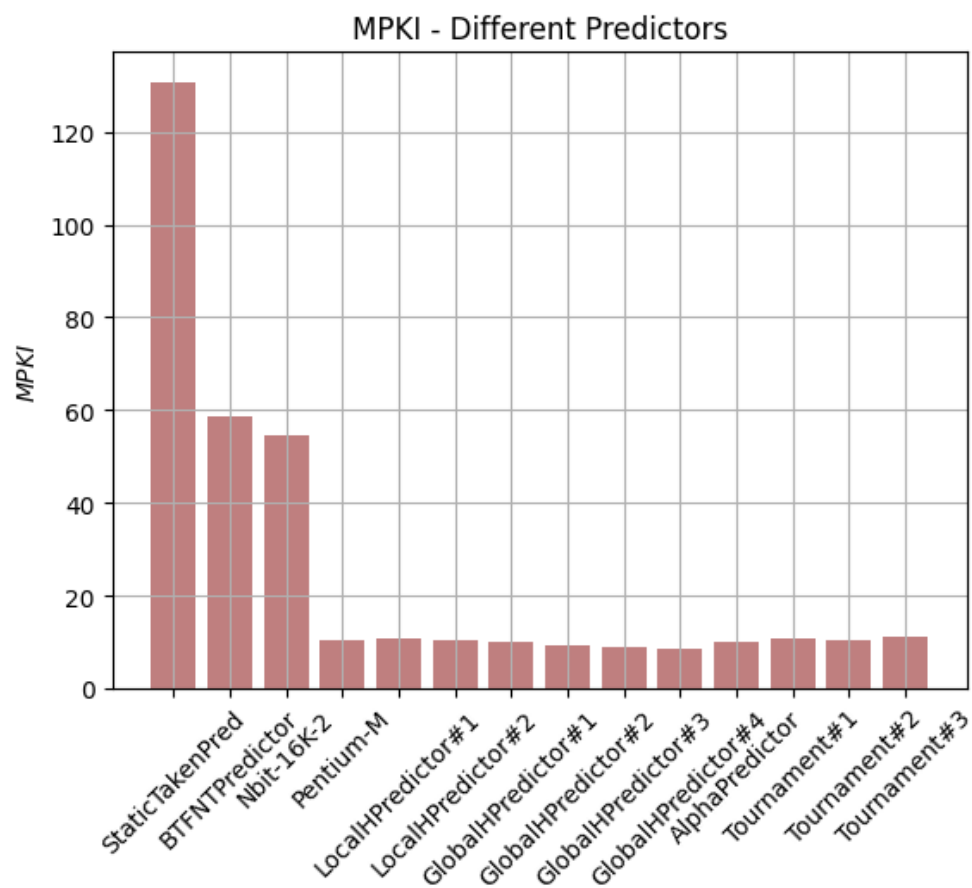
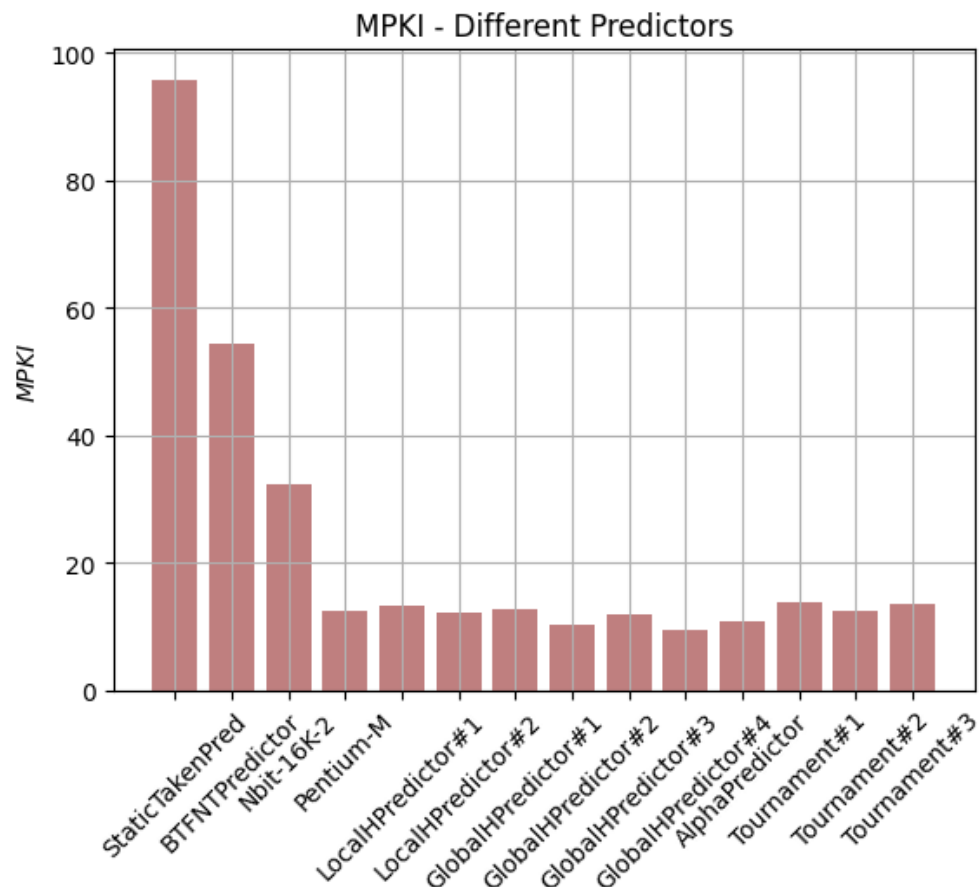
Συμπεράσματα: Για τα entries που μας δίνονται, τα MPKI είτε μειώνονται με αρκετά μικρότερο ρυθμό, είτε παραμένουν σχεδόν σταθερά. Σε κάθε περίπτωση με την αύξηση των εγγραφών οδηγούμαστε σε βελτίωση της επίδοσης, ωστόσο από ένα σημείο και πέρα η περαιτέρω αύξηση δεν έχει νόημα καθώς η επίδοση δεν βελτιώνονται σημαντικά αναλογικά με την αύξηση του υλικού που πραγματοποιούμε. Με βάση τα παραπάνω, η επιλογή 16 ή 32 ή 64 εγγραφών έχει τη βέλτιστη επίδοση με κριτήριο αποκλειστικά το MPKI. Ωστόσο, δεν είναι φρόνιμο να σπαταλήσουμε επιπλέον υλικό, όταν αυτή η δαπάνη υλικού δεν μεταφράζεται σε ανάλογη βελτίωση της απόδοσης. Συνεπώς θα επιλέξουμε το ελάχιστο υλικό που επιφέρει την καλύτερη απόδοση. Επιλέγουμε τις 16 εγγραφές RAS, καθώς η επίδοση είναι η βέλτιστη χωρίς να σπαταλάται hardware. Σε διαφορετική περίπτωση θα μπορούσαμε να επιλέξουμε και τις 8 εγγραφές RAS, με σχετικά μικρή επίπτωση στην απόδοση.

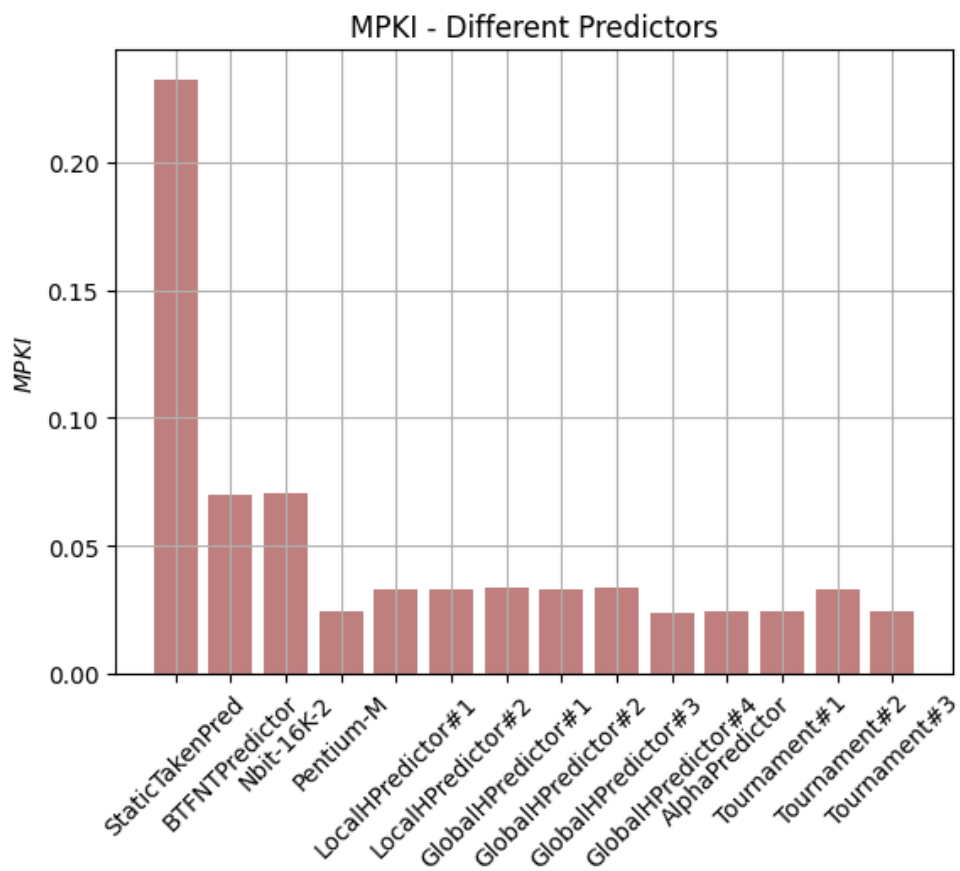
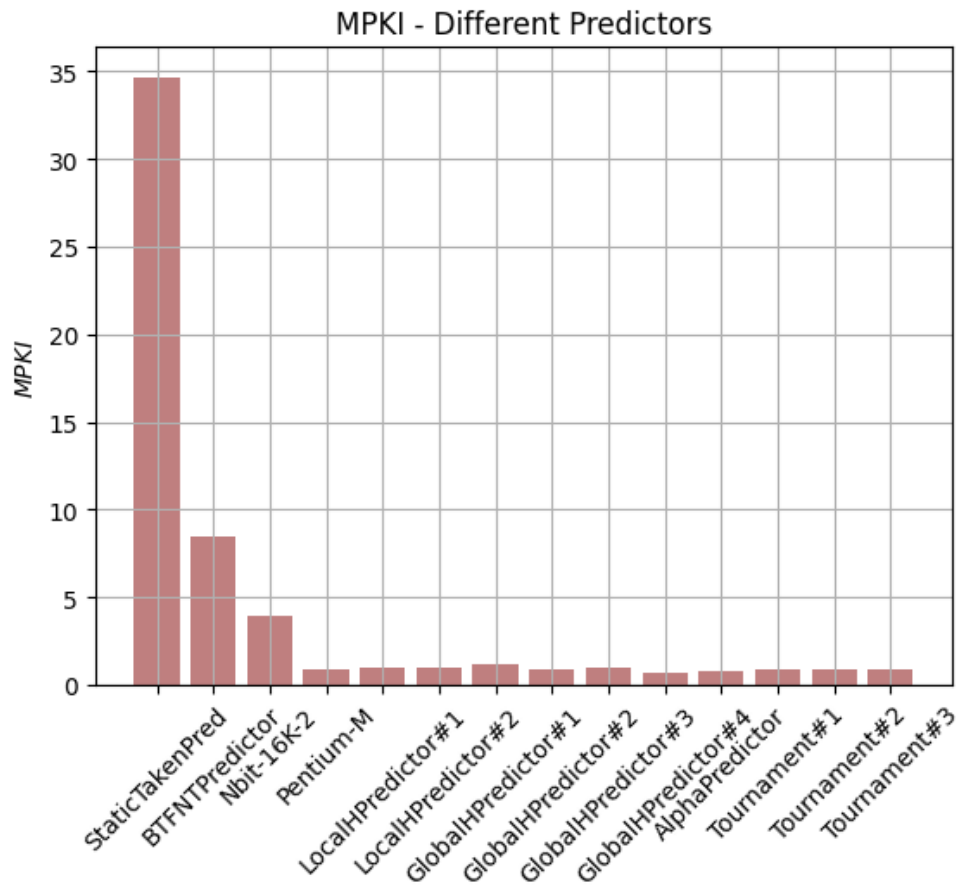
4.5 Σύγκριση των διαφορετικών predictors

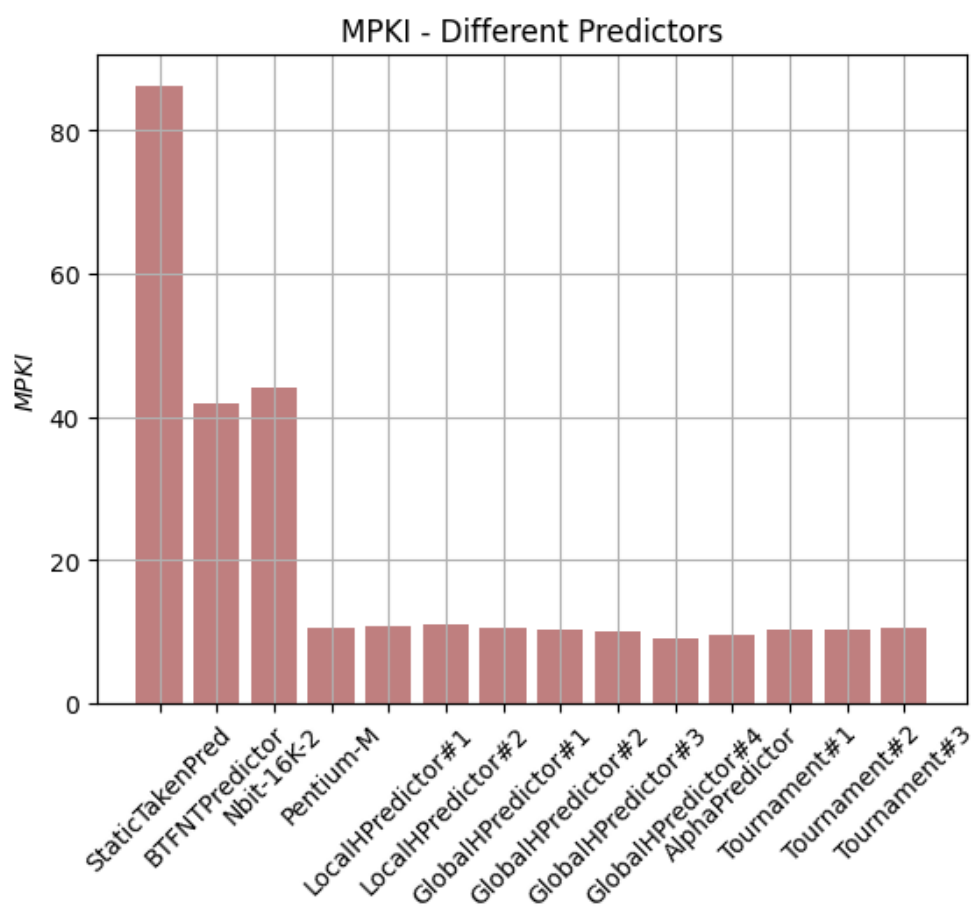
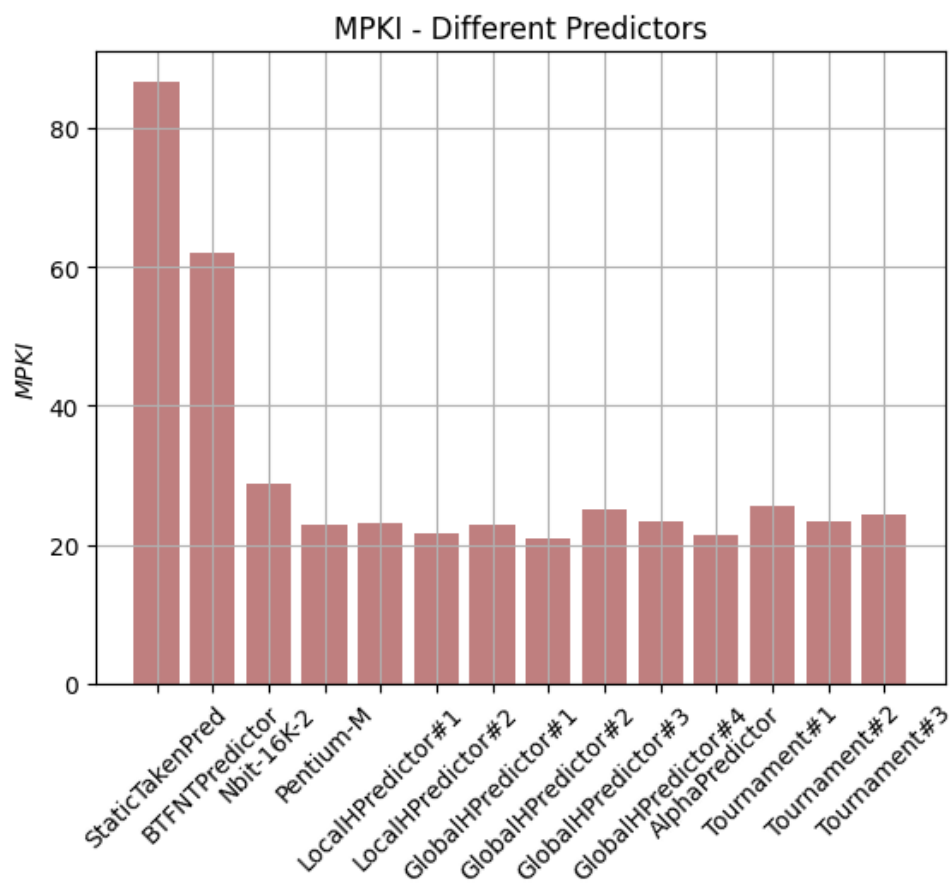
Στο τελευταίο ερώτημα μελετάται η απόδοση διαφορετικών predictors στο σύνολο των μετροπρογραμμάτων. Η μελέτη έγινε για τους εξής predictors:

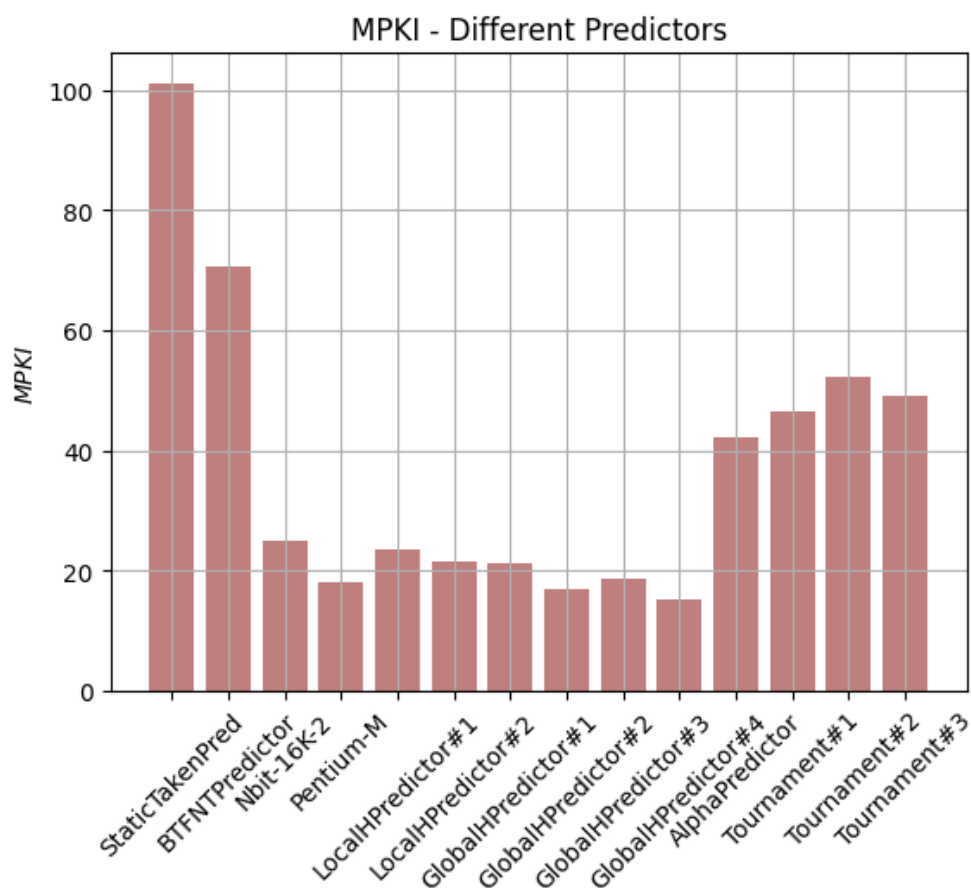
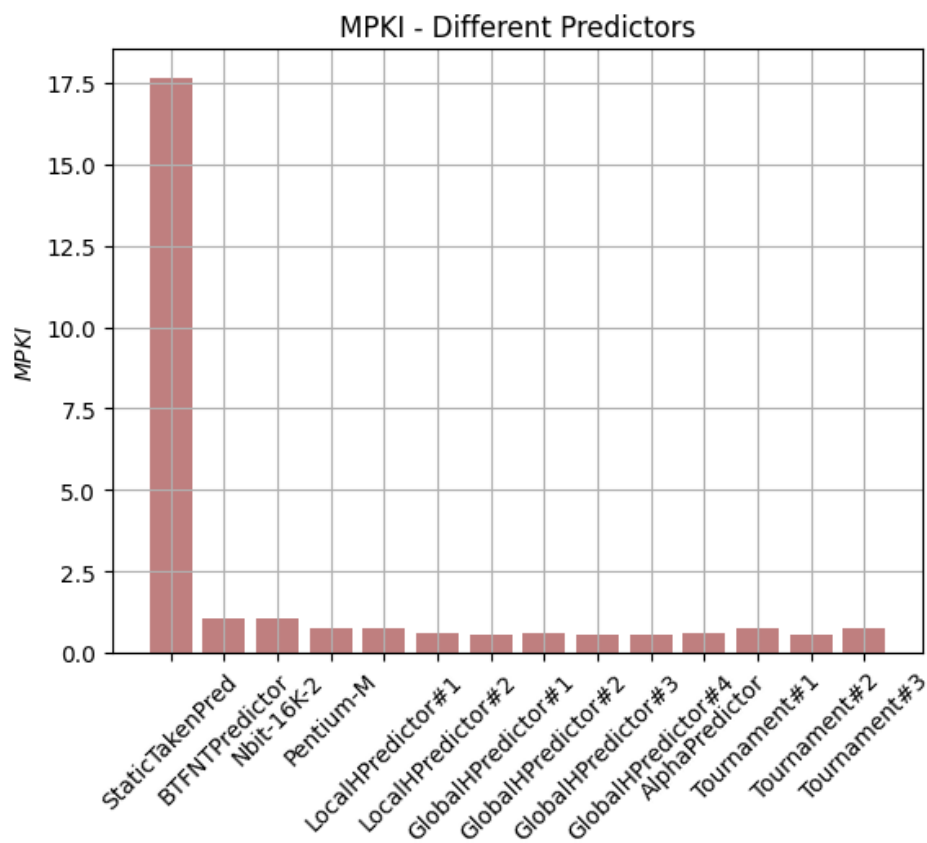
1. StaticTakenPredictor
2. BTFNTPredictor
3. Pentium-M
4. LocalHistory-PHT(8K,2)-BHT(4K,4)
5. LocalHistory-PHT(8K,2)-BHT(8K,2)
6. GlobalHistory-PHT(16K,2)-BHR(4)
7. GlobalHistory-PHT(8K,4)-BHR(4)
8. GlobalHistory-PHT(16K,2)-BHR(8)
9. GlobalHistory-PHT(8K,4)-BHR(8)
10. ALPHA-PREDICTOR-PHT(1K,3)-BHT(1K,10),GlobalHistory-PHT(4K,2)-BHR(12))
11. Tournament(GlobalHistory-PHT(8K,2)-BHR(4),LocalHistory-PHT(4K,2)-BHT(2K,4))
12. Tournament(LocalHistory-PHT(8K)-BHT(2K,4),LocalHistory-PHT(4K,2)-BHT(2K,4))
13. Tournament(GlobalHistory-PHT(4K,4)-BHR(4),Nbit-16K-1)
14. Tournament(LocalHistory-PHT(4K,2)-BHT(2K,4),Nbit-16K-1)

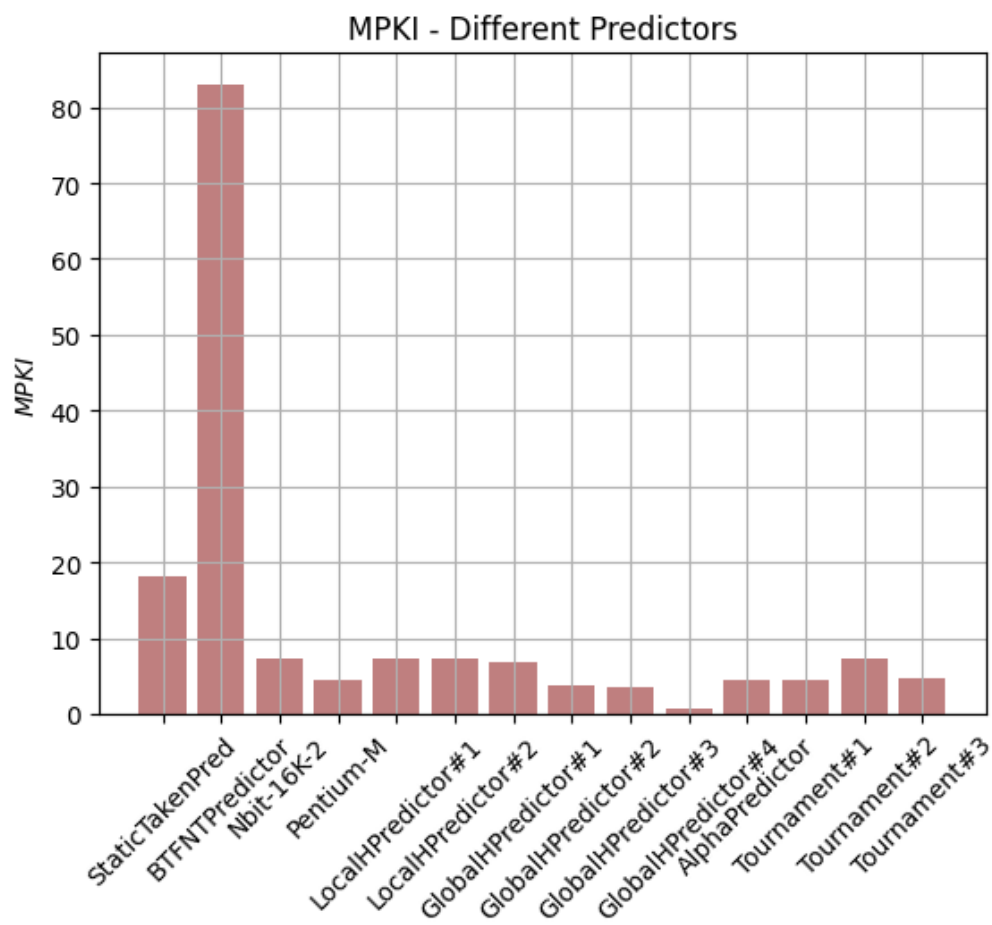
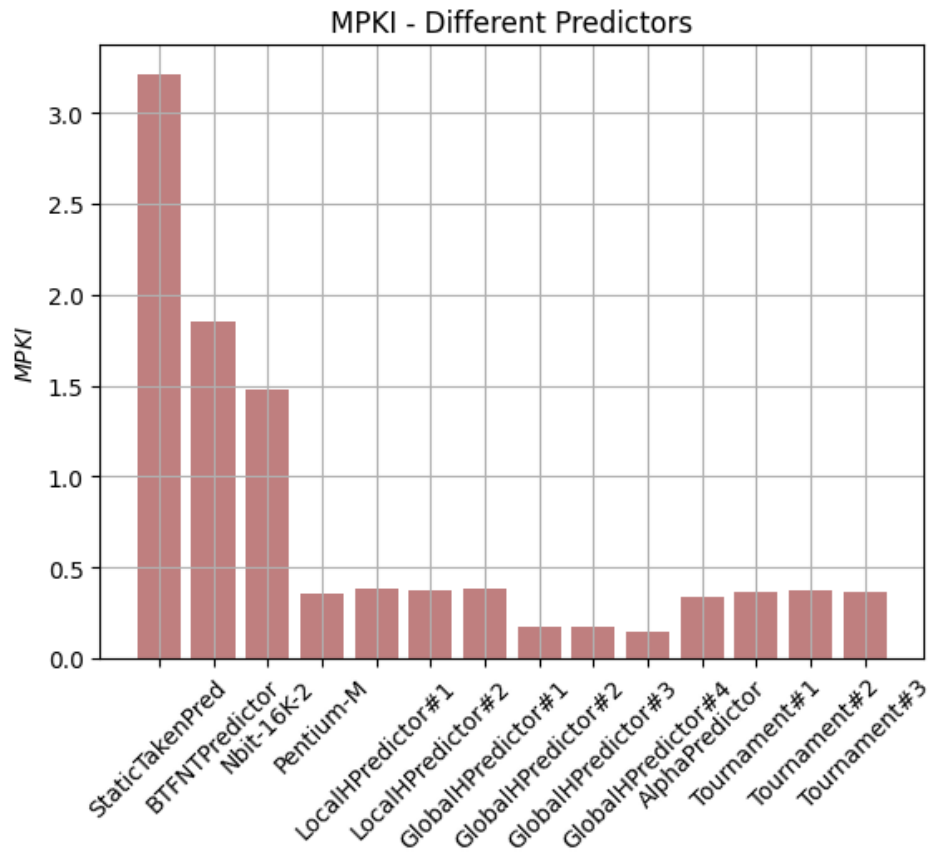
Ακολουθούν τα διαγράμματα κι ο σχολιασμός τους:

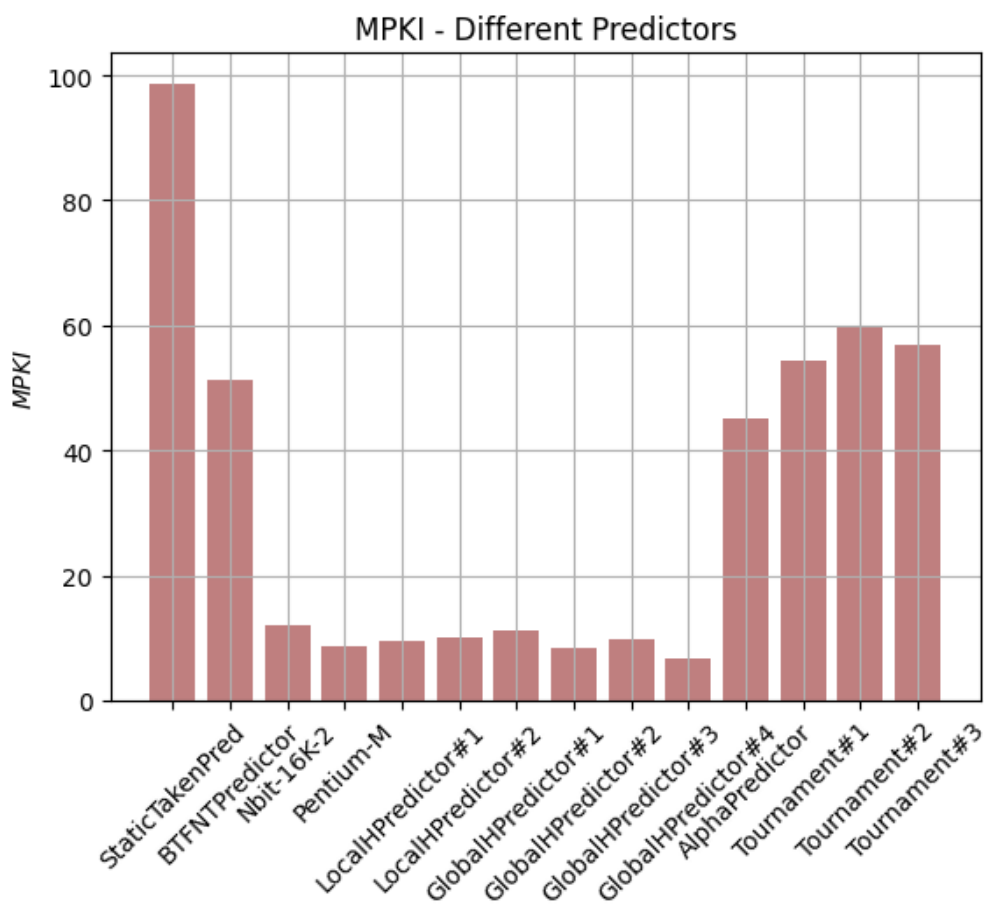
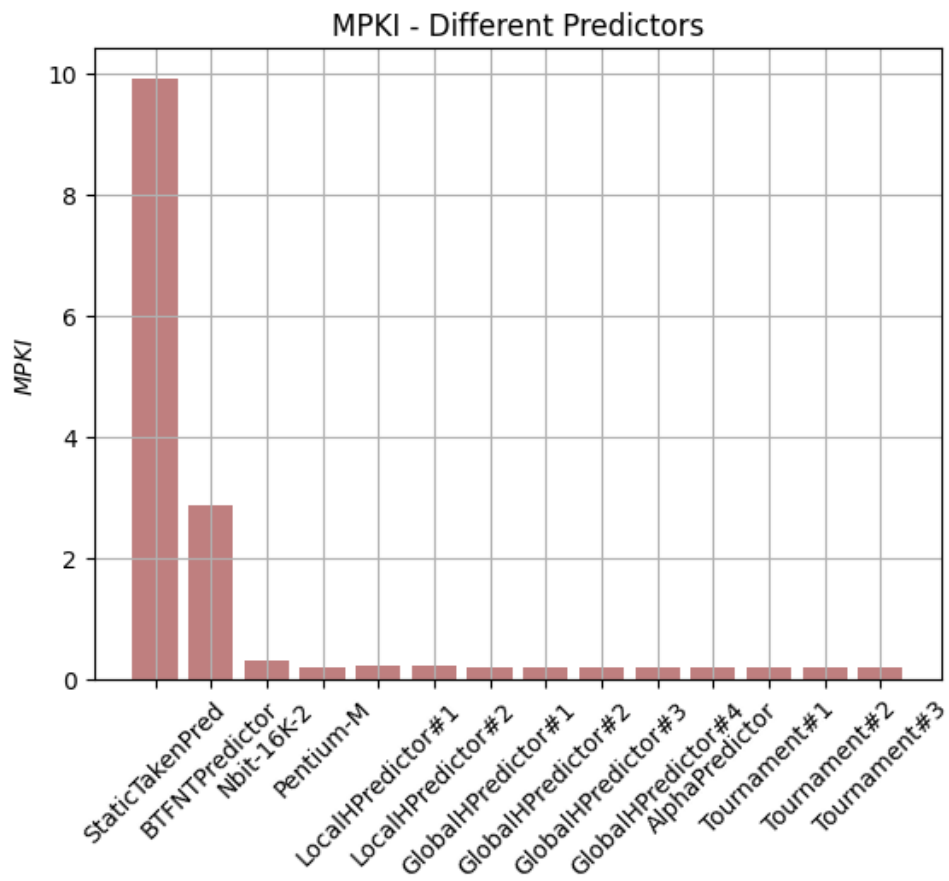


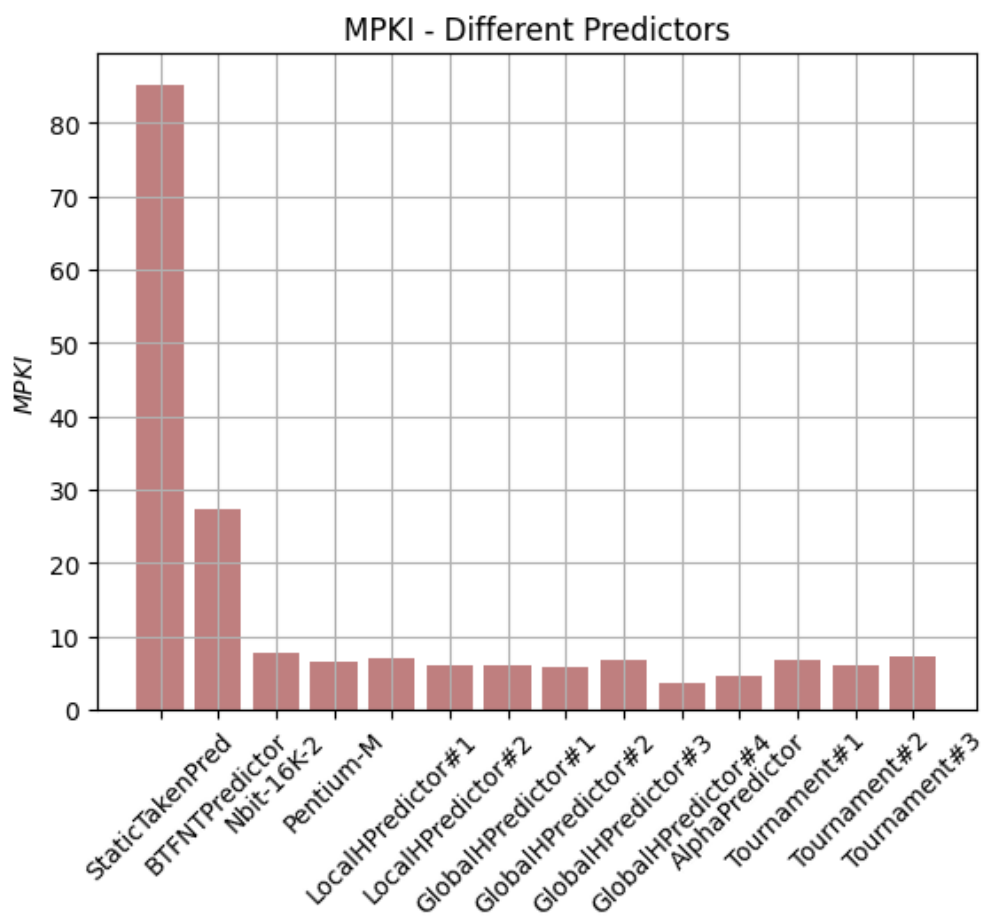
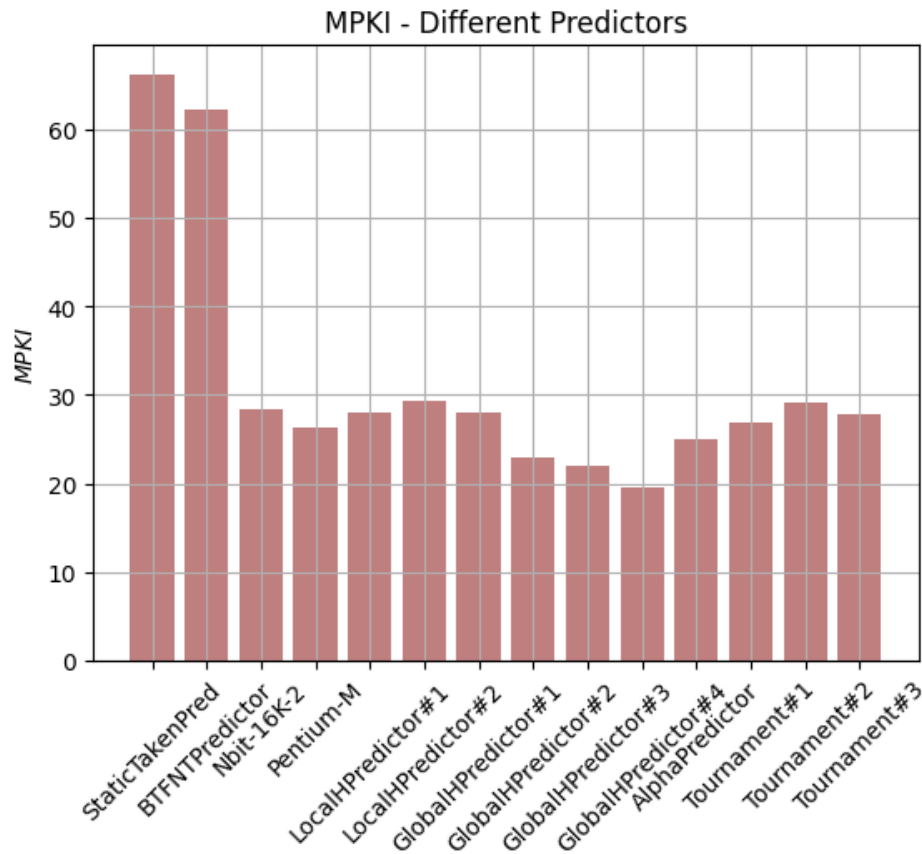


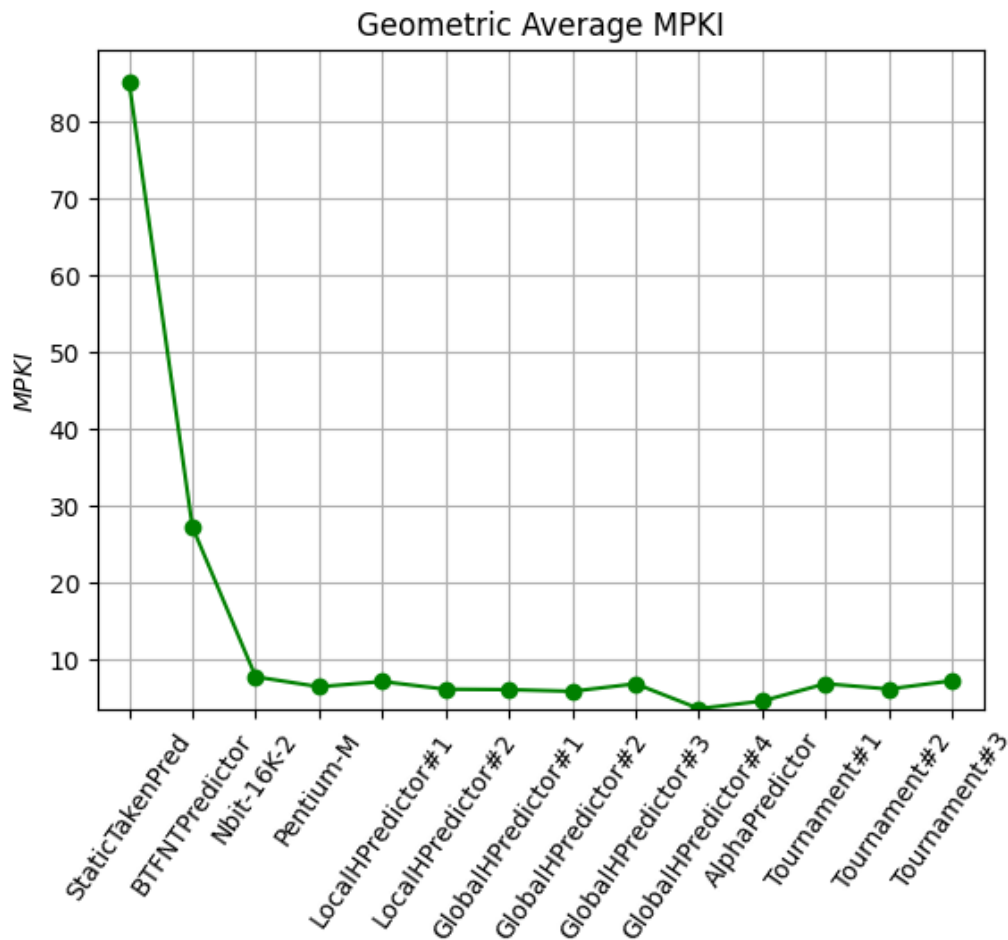












Συμπεράσματα: Ο Static Always Taken Predictor έχει τη χειρότερη επίδοση σε όλα τα μετροπρογράμματα. Επόμενος χειρότερος predictor είναι ο BTFNT, αναμενόμενο αφού πρόκειται για static predictor. Ακολουθεί ο Pentium Predictor. Για την επιλογή ενός συγκεκριμένου predictor, θα πρέπει να συνυπολογίσουμε τη χρήση που θα κάνει το σύστημα. Αν το προφίλ της χρήσης ευθυγραμμίζεται με ένα ή περισσότερα benchmarks τότε θα διαλέξουμε τον predictor που πηγαίνει καλύτερα στην συγκεκριμένη χρήση. Επειδή στη μελέτη αυτή όμως δε δίνεται έμφαση σε ένα συγκεκριμένο benchmark, θα κρίνουμε με βάση τη συνολική επίδοση των προηγούμενων benchmarks κατά μέσο όρο. Για τη συνολική αυτή εποπτεία, παραθέτουμε το τελευταίο διάγραμμα, των γεωμετρικών μέσων όρων. Συμπεραίνουμε πως ο Alpha Predictor έχει κατά μέσο όρο την καλύτερη επίδοση (χαμηλό MPKI) συνολικά, αλλά και την καλύτερη επίδοση σε κάθε ένα από τα benchmarks. Εξίσου καλά ωστόσο αποδίδει κι ο GlobalHistory-PHT(8K,4)-BHR(8). Ο Alpha Predictor έχει συνολικά την καλύτερη επίδοση.

