



2η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ακ. έτος 2019-2020, 8ο Εξάμηνο, Σχολή ΗΜ&ΜΥ

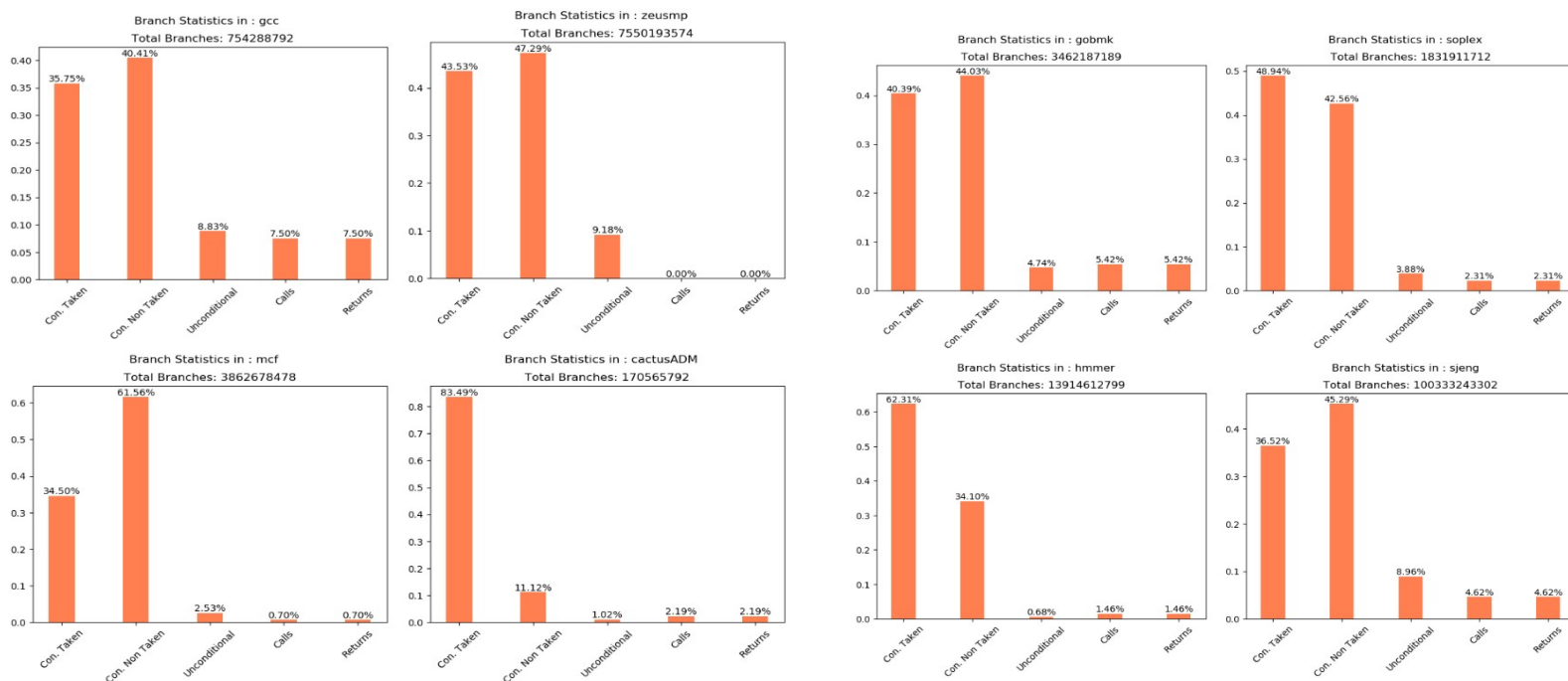
Τσαμπάζη Μαρία  
Α.Μ.: 031 15716

Στην άσκηση αυτή, μελετάμε την απόδοση διαφορετικών συστημάτων πρόβλεψης εντολών άλματος με χρήση προσομοιώσεων στα παρακάτω SPEC 2006CPU benchmarks:

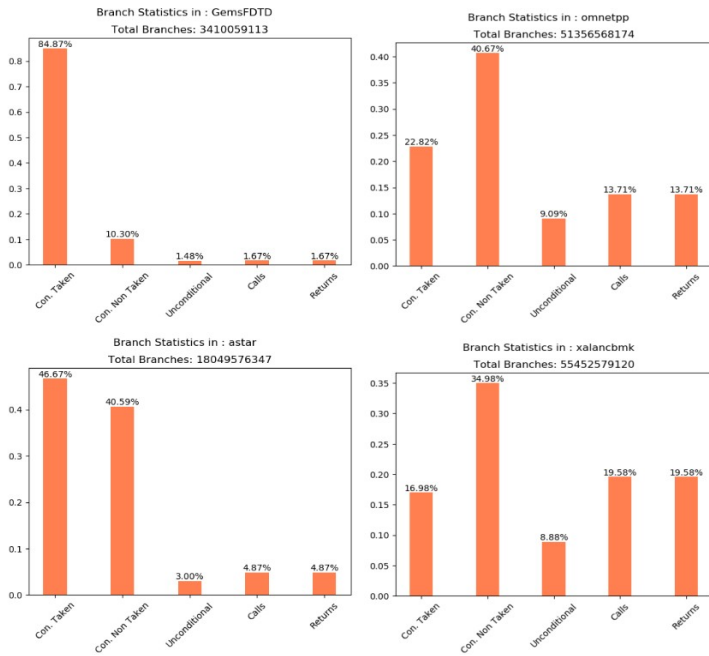
1. 403.gcc
2. 429.mcf
3. 434.zeusmp
4. 436.cactusADM
5. 445.gobmk
6. 450.soplex
7. 456.hmmr
8. 458.sjeng
9. 459.GemsFDTD
10. 471.omnetpp
11. 473.astar
12. 483.xalancbmk

Έγινε στατιστική μελέτη του είδους των εντολών διακλάδωσης των παραπάνω benchmarks, και μελετήθηκε η απόδοση διαφόρων συστημάτων πρόβλεψης εντολών άλματος με χρήση της μετρικής Mispredictions per Kilo Instructions (MPKI). Μελετήθηκαν Nbit predictors καθώς μεταβαλλόταν το πλήθος των entries, το μέγεθος του hardware, μελετήθηκε η χρήση BTB και RAS για διάφορες παραμετροποιήσεις αυτών, και τέλος η απόδοση μεταξύ των predictors που αναφέρονται στην εκφώνηση.

1) Μελέτη εντολών άλματος



Παρατηρούμε ότι τα Unconditional, Calls και Returns κινούνται για κάθε benchmark σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα συγκριτικά με τα Conditional Taken και Conditional Non Taken. Επίσης παρατηρούμε ότι τα Conditional branches αποτελούν σε κάθε περίπτωση ένα σημαντικό μερίδιο των συνολικών branches, γεγονός που φανερώνει την ανάγκη για υλοποίηση κάποιου μηχανισμού πρόβλεψης των διακλαδώσεων με σκοπό την μείωση των control stalls που θα είχαμε σε ένα απλό 5-stage mips pipeline.



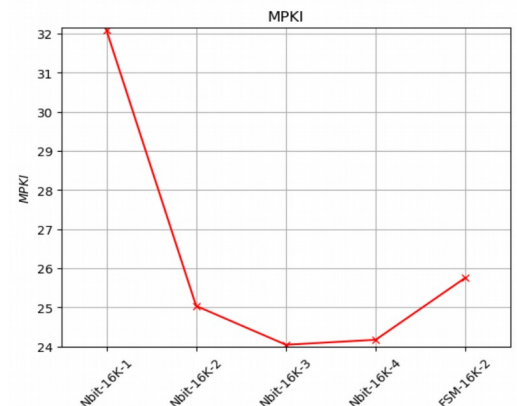
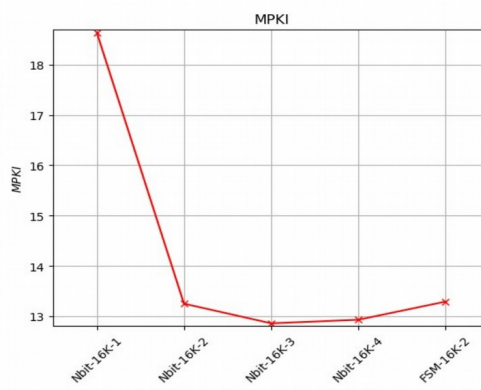
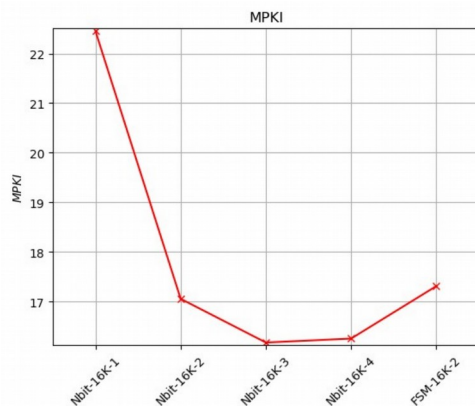
## 2) Μελέτη των N-bit predictors

### 2.i) Σταθερό Πλήθος BHT Entries

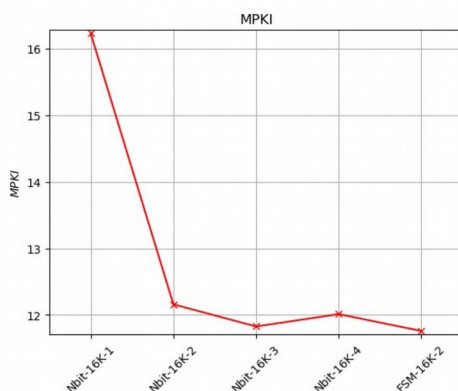
- 403.gcc

- 429.mcf

- 445.gobmk

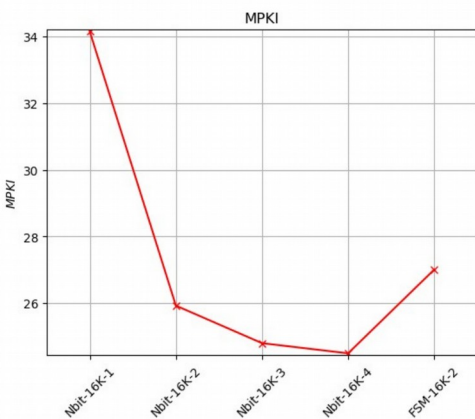


- 450.soplex

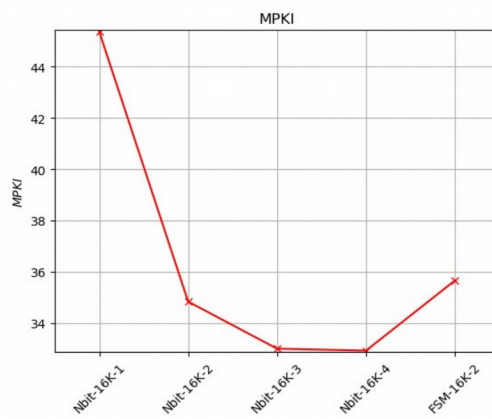


Παρατηρούμε ότι μικρότερο αριθμό misses επιτυγχάνουμε για 3-bit predictor ενώ επιπλέον αύξηση οδηγεί σε μικρή αύξηση των λανθασμένων προβλέψεων. Αξίζει να σημειωθεί η κατακόρυφη μείωση των mispredictionis για την αύξηση των bits από 1 σε 2, που αναδεικνύει τη χρησιμότητα της ύπαρξης περισσότερων καταστάσεων αναπαράστασης του ιστορικού των προβλέψεων. Ωστόσο, η μη επιπλέον μείωση κάνει φανερό ότι αυτές οι καταστάσεις “μνήμης” δεν χρειάζεται να είναι πολλές και κατ’ επέκταση να μην αντιπροσωπεύουν μεγάλα μοτίβα.

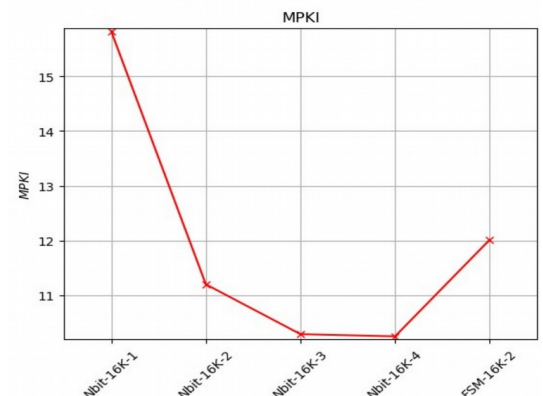
- 458.sjeng



- 473.astar

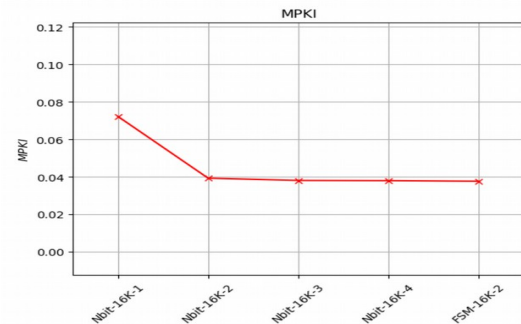


-483.xalancbmk

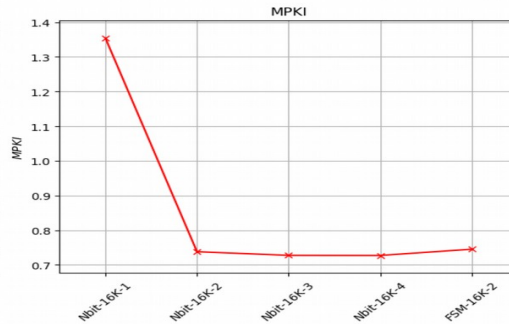


Παρατηρούμε τα ίδια με τα παραπάνω με μόνη διαφορά ότι το μικρότερο ποσοστό λαθών παρατηρείται για N=4.

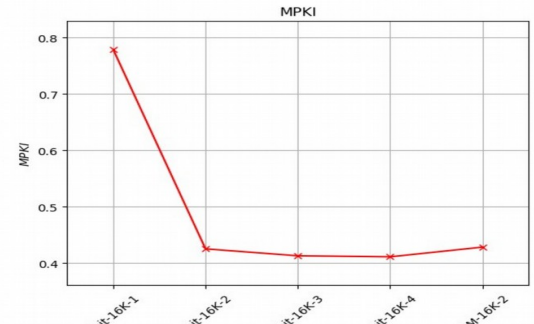
- 436.cactusADM



- 456.hmmerr

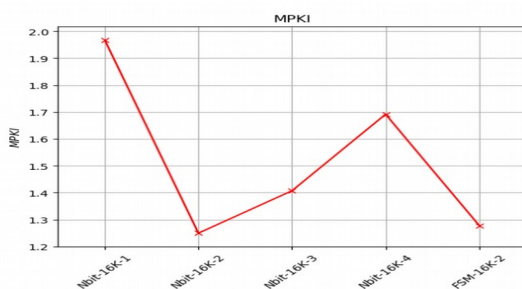


-459.GemsFDTD

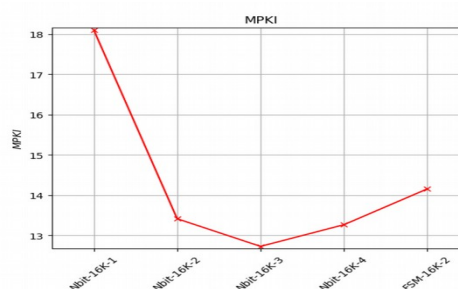


Υπάρχει αισθητή μείωση από την αύξηση των bits από 1 σε 2 με επιπλέον αύξηση να μην επηρεάζει πρακτικά τα mispredictions. Ακόμη, σε αυτές τις περιπτώσεις παρατηρούμε ότι ακόμα και για τον 1-Bit predictor το mpki είναι εξαιρετικά χαμηλό (αλλά αρκετά υψηλό σε σχέση με τους άλλους predictors). Για τις παραπάνω εφαρμογές σύμφωνα με τη στατιστική μελέτη των εντολών διακλάδωσης, η πλειοψηφία τους είναι Conditional Taken, άρα είναι αναμενόμενο και ο 1-bit predictor να έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα καθώς αναμένεται να υπάρχει μικρό πλήθος εναλλαγών από Taken σε Non Taken.

- 434.zeusmp



- 471.omnetpp



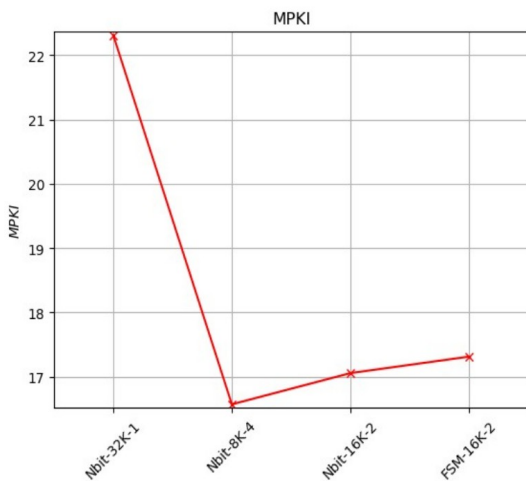
Κοινό χαρακτηριστικό των δύο παραπάνω περιπτώσεων αποτελεί το γεγονός ότι για αύξηση των bits του predictor πάνω από το κατώφλι ελαχίστου (2 και 3 αντίστοιχα) όχι μόνο δε παρατηρούμε βελτίωση αλλά αισθητή αύξηση των λάθος προβλέψεων.

## Γενικά Συμπεράσματα

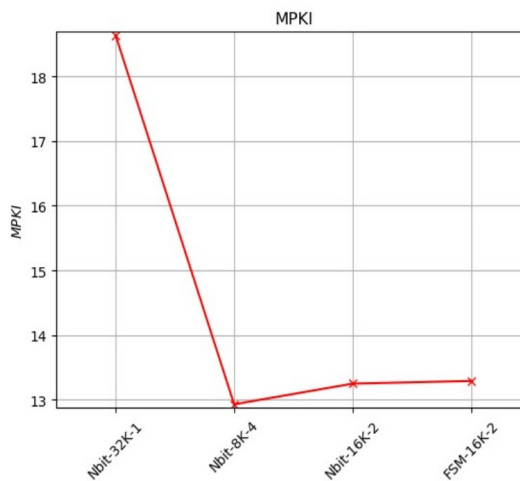
Γενικώς διαπιστώνουμε πως αύξηση των bits μέχρι ενός σημείου επιφέρει σημαντική μείωση των λάθος προβλέψεων για όλα τα benchmarks. Αύξηση όμως πάνω από ένα όριο είτε πρακτικά δεν επηρεάζει, είτε σε κάποιες περιπτώσεις αυξάνει τις λάθος προβλέψεις. Η πιο συμφέρουσα επιλογή αν θα θέλαμε να έχουμε την καλύτερη επίδοση με όσο το δυνατόν απλούστερη σχεδίαση και υλοποίηση είναι ο 3-bit predictor. Ο 1-bit predictor δεν είναι η καλύτερη επιλογή (μεγάλα MPKI σε σχέση με τους άλλους predictors). Η ύπαρξη του εναλλακτικού FSM δε μεταβάλλει σημαντικά τα αποτελέσματα σε σχέση με τους υπόλοιπους predictors και κυρίως σε σύγκριση με τον κλασικό 2-bit.

### 2.ii)

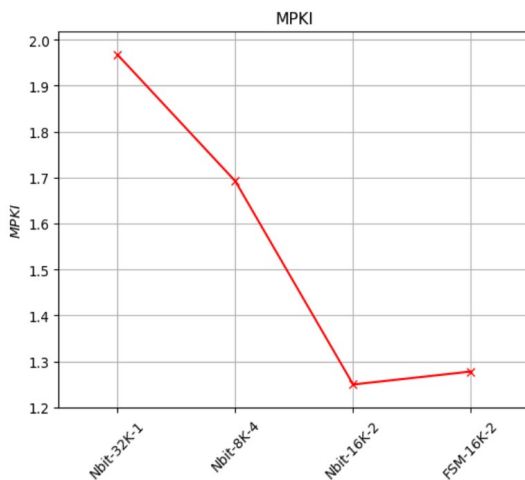
#### -403.gcc



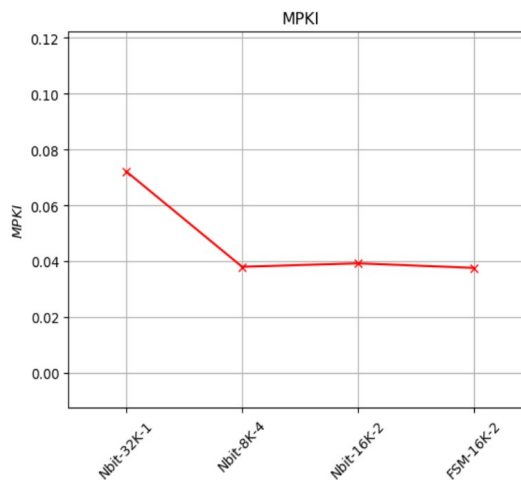
#### -429.mcf



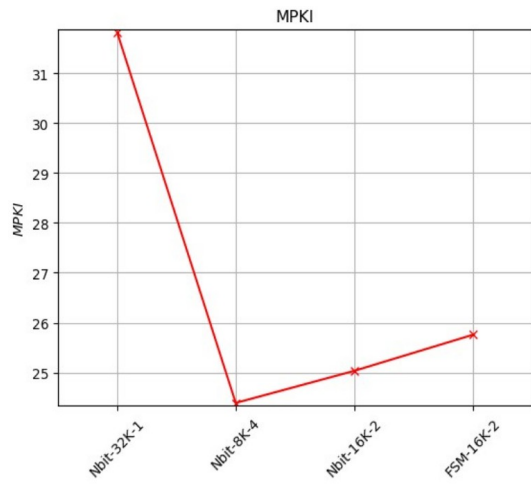
#### -434.zeusmp



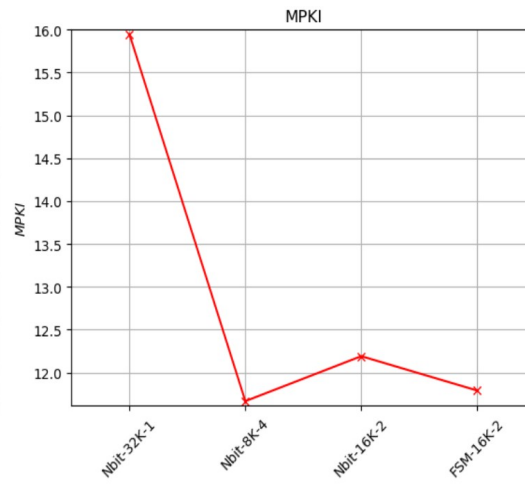
#### -436.cactusADM



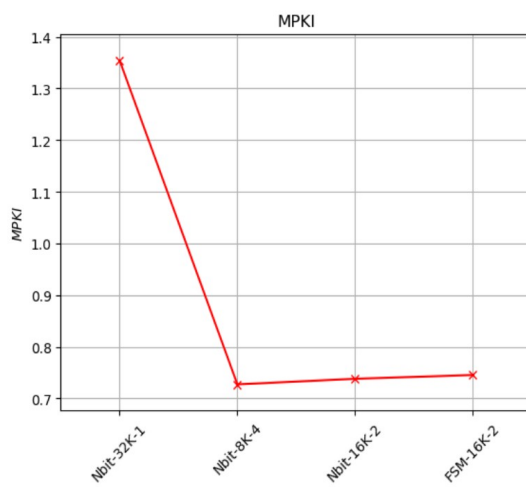
**-445.gobmk**



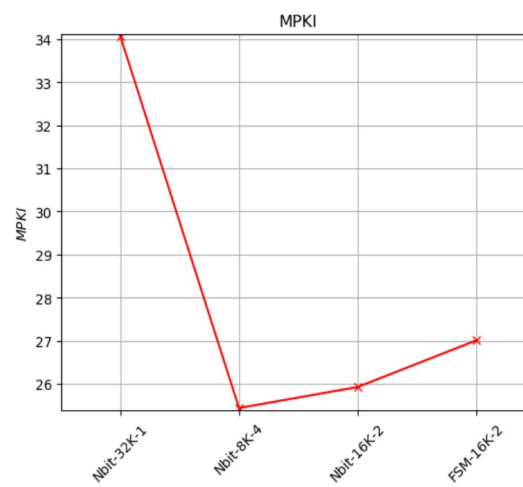
**-450.soplex**



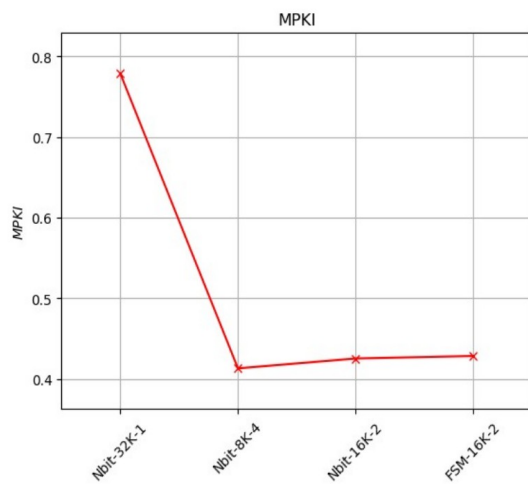
**- 456.hmmerr**



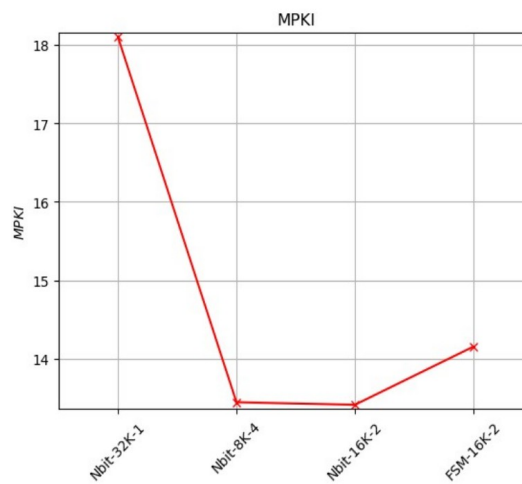
**-458.sjeng**



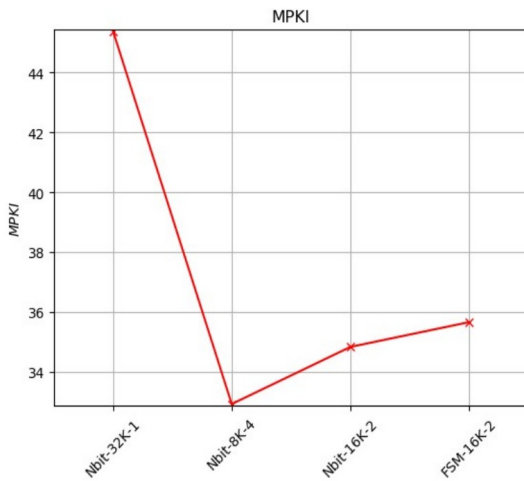
**-459.GemsFDTD**



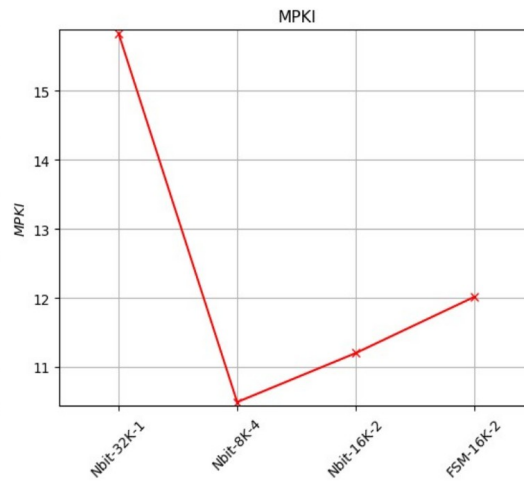
**-471.omnetpp**



### -473.astar



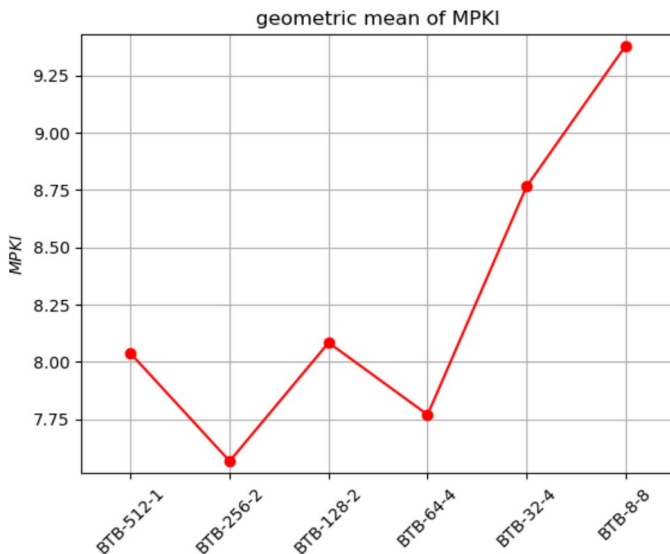
### -483.xalancbmk



### Γενικά Συμπεράσματα

Παρατηρούμε για όλα τα benchmarks παρόμοια συμπεριφορά, με το cactus να είναι το μόνο που πρακτικά αποκλίνει κάπως. Ειδικότερα κοινό χαρακτηριστικό σε κάθε περίπτωση αποτελεί η κατακόρυφη πτώση από την πρώτη στη δεύτερη παραμετροποίηση (όχι τόσο έντονη για το cactus). Για περαιτέρω αύξηση των bits (άρα και μείωση των entries) διαπιστώνουμε (πλην του cactus) ότι πρακτικά δεν έχουμε μεταβολή του mpki. Για την περίπτωση αυτή στο cactus οι λάθος προβλέψεις αυξάνονται. Από τις παραπάνω παρατηρήσεις εύκολα καταλήγουμε ότι για το συγκεκριμένο σενάριο δηλαδή για συγκεκριμένο hardware η πλέον συμφέρουσα επιλογή που επιτυγχάνει βέλτιστη επίδοση για όλα τα benchmarks και είναι και πιο απλή στην υλοποίηση είναι ο 2-bit predictor (ή και ο 4-bit). Αύξηση του hardware δεν επηρεάζει σημαντικά την επίδραση των predictors.

### 3) Μελέτη του BTB

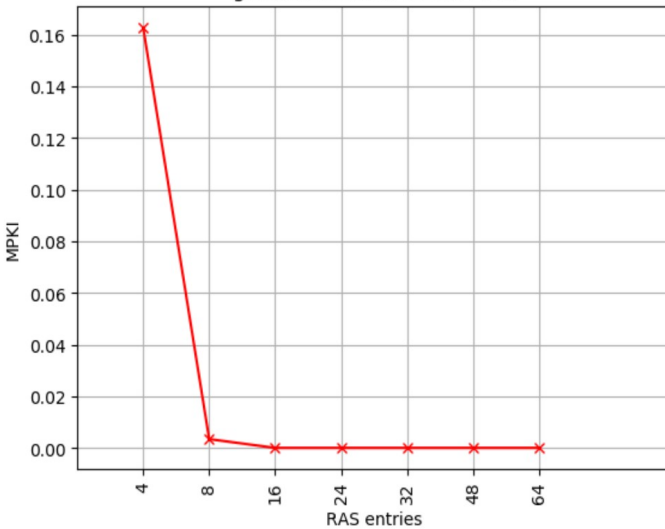


Παρατηρούμε αύξηση του MPKI, καθώς μειώνεται ο συνολικός αριθμός των entries. Για ίδιο αριθμό entries, η αύξηση του associativity προκαλεί αύξηση του MPKI, καθώς τα δεδομένα ανανεώνονται ανομοιόμορφα σε κάθε set. Η μείωση των συνολικών entries προκαλεί αύξηση των misses (μείωση χώρου που αντιστοιχεί αναλογικά). Τα target misses είναι συνεχώς κοντά στο 0. Καταλληλότερη επιλογή BTB φαίνεται να είναι εκείνη του 256-2 (512entries, 2-way associativity).



#### 4) Μελέτη του RAS

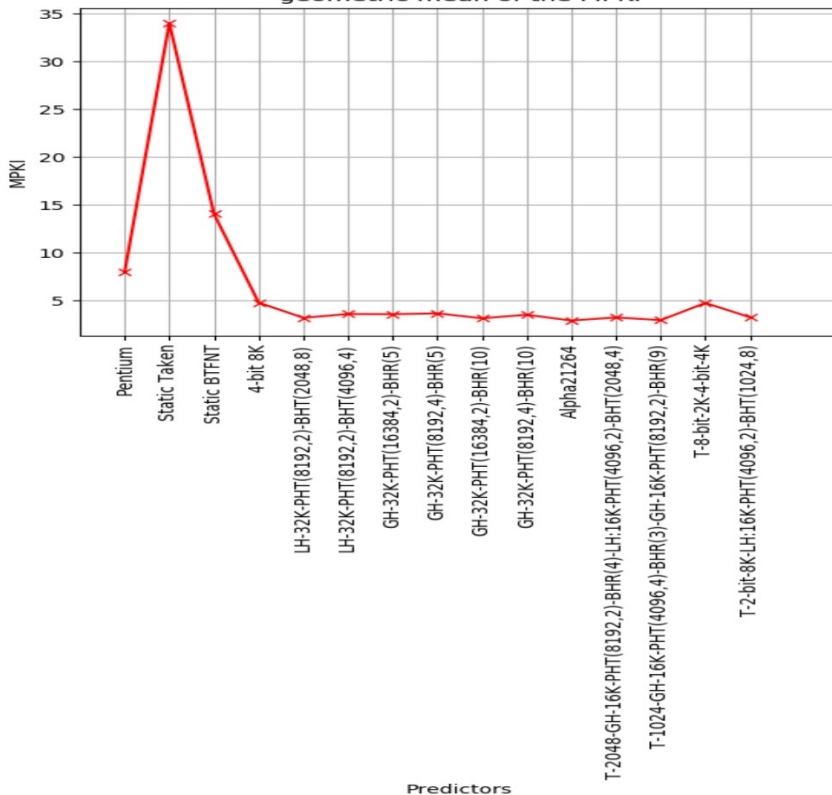
geometric mean of the MPKI



Παρατηρούμε εκθετική μείωση του MPKI, καθώς αυξάνουμε το μέγεθος των RAS entries έως ότου να μηδενιστεί. Το MPKI είναι χαμηλό, καθώς έχουμε μικρό ποσοστό calls και returns. Ιδανικό μέγεθος για μια RAS μπορεί να θεωρηθούν τα 16 (ή ακόμα και 8 entries, αφού δεν έχουμε μεγάλη αστοχία), καθώς αποτελεί την μικρότερη τιμή για την οποία μηδενίζονται τα misses.

#### 5) Σύγκριση διαφορετικών predictors

geometric mean of the MPKI



Ο static taken είναι ένας predictor που πρέπει να αποφευχθεί. Για τους tournament δεν πρέπει να επιλεγεί αυτός που συνδυάζει 2 n-bit predictors, αλλά αυτός που συνδυάζει 2 global. Καλή επίδοση έχουμε με τον 2ο tournament που συνδυάζει 2 global και alpha. Οι correlating και οι tournaments predictors πλεονεκτούν σημαντικά σε σχέση με τους υπόλοιπους. Ενώ ο 4-bit predictor, φαινόταν η καλύτερη λύση αρχικά στα αποτελέσματά μας (2ii ερώτημα), κάτι τέτοιο δε φαίνεται πλέον να ισχύει. Από τους local predictors καλύτερη επίδοση φαίνεται να έχει εκείνος με BHT(4096,4) και από τους global history predictors, καλύτερη επίδοση πετυχαίνουμε με τον 3ο. Αν κριτήριο είναι η απλότητα κι όχι η επίδοση, επιλέγουμε τον πρώτο (1ο) local history ή τον 3ο global.