

Υπολογιστική Σύγκριση Ανάμεσα σε Custom Branch and Bound και Gurobi για Προβλήματα Αλυσίδας Εφοδιασμού

ΜΗΝΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΖΑΣ

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Κοζανή, Ελλάδα
ece01775@uowm.gr

Abstract—Στην εργασία αυτή πραγματοποιείται μια υπολογιστική σύγκριση ανάμεσα σε έναν προσαρμοσμένο αλγόριθμο Branch and Bound (B&B) και το εμπορικό λογισμικό Gurobi για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης αλυσίδας εφοδιασμού. Ο προσαρμοσμένος αλγόριθμος B&B υλοποιήθηκε σε Python, ενώ το Gurobi χρησιμοποιήθηκε ως benchmark για την αξιολόγηση της απόδοσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο προσαρμοσμένος αλγόριθμος B&B παρουσιάζει ανταγωνιστικές επιδόσεις σε μικρά και μεσαίου μεγέθους προβλήματα, ενώ το Gurobi διατηρεί το πλεονέκτημά του σε μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα προβλήματα. Η εργασία αυτή παρέχει μια συγκριτική ανάλυση των δύο μεθόδων, αναδεικνύοντας τις δυνατότητες και τους περιορισμούς του κάθε αλγόριθμου.

Index Terms—Branch and Bound, Gurobi, Αλυσίδα Εφοδιασμού, Βελτιστοποίηση, Υπολογιστική Σύγκριση

I. Εισαγωγή

Η βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού αποτελεί ένα κρίσιμο πρόβλημα στη διαχείριση εφοδίων και στην επιχειρησιακή έρευνα. Η επίλυση τέτοιων προβλημάτων απαιτεί την εφαρμογή αποδοτικών αλγορίθμων, ιδίως όταν τα προβλήματα είναι μεγάλου μεγέθους και περιλαμβάνουν πολλούς περιορισμούς. Στην εργασία αυτή, συγκρίνουμε δύο διαφορετικές προσεγγίσεις: έναν προσαρμοσμένο αλγόριθμο Branch and Bound (B&B) και το εμπορικό λογισμικό Gurobi.

Ο αλγόριθμος Branch and Bound είναι μια κλασική μέθοδος για την επίλυση

προβλημάτων ακέραιου προγραμματισμού. Η προσαρμοσμένη υλοποίησή μας βασίζεται σε μια αναδρομική διαδικασία που χρησιμοποιεί όρια για την αποκοπή υποπροβλημάτων που δεν μπορούν να βελτιώσουν την τρέχουσα λύση. Από την άλλη πλευρά, το Gurobi είναι ένα ισχυρό εργαλείο βελτιστοποίησης που χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνικές, όπως γραμμικός προγραμματισμός, ακέραιος προγραμματισμός και τεχνικές κοπής, για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων.

II. Μεθοδολογία

A. Προσαρμοσμένος Αλγόριθμος Branch and Bound

Ο προσαρμοσμένος αλγόριθμος Branch and Bound υλοποιήθηκε σε Python και βασίζεται σε μια αναδρομική διαδικασία που χρησιμοποιεί όρια για την αποκοπή υποπροβλημάτων. Ο αλγόριθμος ξεκινά με την επίλυση του χαλαρωμένου προβλήματος (relaxed problem) και στη συνέχεια διακλαδίζεται σε υποπροβλήματα, εφαρμόζοντας περιορισμούς στις μεταβλητές. Τα όρια χρησιμοποιούνται για την αποκοπή υποπροβλημάτων που δεν μπορούν να βελτιώσουν την τρέχουσα λύση.

B. Gurobi

Το Gurobi είναι ένα εμπορικό λογισμικό βελτιστοποίησης που χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνικές για την επίλυση προβλημάτων γραμμικού και ακέραιου προγραμματισμού. Στην εργασία αυτή,

χρησιμοποιήσαμε το Gurobi ως benchmark για την αξιολόγηση της απόδοσης του προσαρμοσμένου αλγορίθμου B&B. Το Gurobi επιλύει τα προβλήματα χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως ο γραμμικός προγραμματισμός, ο ακέραιος προγραμματισμός και τεχνικές κοπής.

C. Δεδομένα και Πειράματα

Για την υπολογιστική σύγκριση, δημιουργήσαμε μια σειρά από προβλήματα αλυσίδας εφοδιασμού με διαφορετικά μεγέθη και πολυπλοκότητα. Τα προβλήματα περιλαμβάνουν τη βελτιστοποίηση του κόστους ανοίγματος αποθηκών και της μεταφοράς προϊόντων σε πελάτες. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε έναν υπολογιστή με επεξεργαστή Intel Core i7 και 16 GB RAM.

III. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της υπολογιστικής σύγκρισης παρουσιάζονται στον Πίνακα I. Παρατηρούμε ότι ο προσαρμοσμένος αλγόριθμος B&B παρουσιάζει ανταγωνιστικές επιδόσεις σε μικρά και μεσαίου μεγέθους προβλήματα, ενώ το Gurobi διατηρεί το πλεονέκτημά του σε μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα προβλήματα. Ειδικότερα, για προβλήματα με έως και 20 μεταβλητές, ο προσαρμοσμένος αλγόριθμος B&B επιλύει τα προβλήματα σε χρόνο παρόμοιο με αυτόν του Gurobi. Ωστόσο, για προβλήματα με περισσότερες από 50 μεταβλητές, το Gurobi είναι σημαντικά πιο αποδοτικό.

ο προσαρμοσμένος αλγόριθμος B&B είναι ανταγωνιστικός σε μικρά και μεσαίου μεγέθους προβλήματα, ενώ το Gurobi διατηρεί το πλεονέκτημά του σε μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα προβλήματα. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του προβλήματος, καθώς και από τους διαθέσιμους υπολογιστικούς πόρους.

Αναφορές

- [1] Gurobi Optimization, LLC. "Gurobi Optimizer Reference Manual." 2023.
- Nemhauser, G. L., and Wolsey, L. A. "Integer and Combinatorial Optimization." Wiley, 1988.
- Papadimitriou, C. H., and Steiglitz, K. "Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity." Dover Publications, 1998.

TABLE I

Σύγκριση χρόνου επίλυσης (σε δευτερόλεπτα) ανάμεσα σε προσαρμοσμένο B&B και Gurobi

Μέγεθος Προβλήματος	Custom B&B	Gurobi
10 μεταβλητές	0.5	0.3
20 μεταβλητές	1.2	0.8
50 μεταβλητές	15.4	2.1
100 μεταβλητές	120.3	5.7

IV. Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή, πραγματοποιήθηκε μια υπολογιστική σύγκριση ανάμεσα σε έναν προσαρμοσμένο αλγόριθμο Branch and Bound και το εμπορικό λογισμικό Gurobi. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι