# Problem minimalnog kašnjenja

Problem minimalnog kašnjenja[[1]](#footnote-1) (MLP) predstavlja varijaciju problema trgovačkog putnika, sa ciljem pronalaska Hamiltonovog ciklusa na datom grafu tako da se minimizuje suma vremena čekanja svakog čvora polazeći od jednog istaknutog čvora (obično čvor , skladište). Vreme čekanja -tog čvora je u stvari vreme potrebno da se stigne od čvora do čvora a naziva se i kašnjenje u oznaci . Čvor predstavlja skladište sa kojeg obilazak počinje dok drugi čvorovi predstavljaju lokacije koje treba uslužiti. Cilj problema minimalnog kašnjenja je pronaći Hamiltonov ciklus koji minimizuje sumu . MLP je u literaturi poznat i po drugim imenima, problem kurira[[2]](#footnote-2) [2], problem putujućeg majstora[[3]](#footnote-3) [1], kumulativni problem trgovačkog putnika[[4]](#footnote-4) [3], problem vozača školskog autobusa[[5]](#footnote-5) [4]. MLP ima primenu u distribuciji dobara i planiranju poslova. Kod problema putujućeg majstora, poznate su lokacije klijenata i majstora, kao i vremena puta između klijenata i potrebna vremena za servisiranje svakog klijenta. Potrebno je pronaći put kojim majstor obilazi klijente tako da je njihovo ukupno vreme čekanja minimalno. Sličan je problem kurira, gde kurir treba da pronađe put koji minimizuje ukupno vreme čekanja na dostavu pošiljke. Ovi problemi su klijentski orjentisani problemi rutiranja jer funkcija cilja daje prednost minimizaciji vremena čekanja klijenata u odnosu na dužinu puta vozila. Kod planiranja poslova mašine[[6]](#footnote-6) javlja se ovaj problem u sledećem obliku. Postoji skup poslova koje mašina treba da obavi kao i vreme koje je potrebno da se mašina ponovo podesi da radi posao nakon završenog posla . Ovo vreme predstavlja vreme puta od čvora do čvora . Treba pronaći permutaciju zadatih poslova tako da se minimizuje potrebno vreme za završetak svih poslova. [5]

MLP pripada klasi NP-teških problema [6], pa je praktično rešavanje egzaktnim metodam moguće samo za instance manjih dimenzija. U ovom radu biće izložene heurističke metode za rešavanje problema minimalnog kašnjenja, bazirane na metodi promenljivih okolina (VNS) hibrididizovanoj sa metodom simultanog kaljenja.

Metode promenljivih okolina su metaheuristike koje se koriste u rešavanju mnogih kombinatorno optimizacionih problema. Ove metode primenjuju sistematsko menjanje okolina kako bi se u fazi lokalne pretrage efikasno došlo do lokalnog optimuma a zatim istim promenama okolina sprečila konvergencija metoda trenutnom lokalnom optimumu.

Neka su unapred određene okoline koje se dizajniraju tako da lokalni optimum jedne okoline ne mora da bude lokalni optimum druge a globalni optimum predstavlja lokalni optimum svih okolina. predstavlja skup rešenja koja pripadaju -toj odabranoj okolini rešenja . Osnovni VNS algoritam prema [7] dat je sledećim pseudokodom:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | |
|  |  | |
|  |  | |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  | |
|  | | |

gde vraća slučajno rešenje iz -te okoline, nalazi lokalni optimum u polazeći od rešenja . Ako je rešenje bolje od rešenja , menja trenutno rešenje u a u , a u suprotnom, samo se povećava za . Kriterijum zaustavljanja može biti maksimalni broj iteracija, maksimalno vreme računanja itd.

Metoda simultanog kaljenja je metaheuristika bazirana na lokalnoj pretrazi koja ima primenu u rešavanju problema diskretne i kontinualne optimizacije. Ova metoda izbegava ostanak na nekom lokalnom minimumu tako što dozvoljava povremeno pogoršanje rešenja. Hibridizacija sa metodom promenljivih okoline je postignuta tako što je lokalna pretraga iz algoritma VNS zamenjena metodom simultanog kaljenja.

Metode koje će biti predstavljene u ovom radu, prilagođene su problemu minimalnog kašnjenja i testirane na javno dostupnim instancama. Prikazani su uporedni rezultati osnovnog VNS algoritma i hibridnog algoritma VNS i metode simultanog kaljenja. Rezultati koji se dobijaju su blizu optimalnih uz kratko vreme izvršavanja pa se ove metode mogu koristiti za približno rešavanje izloženih problema kao i drugih slične formulacije.

# Literatura

1. **Fischetti M., Laporte G., Martello S.** The delivery man problem and cumulative matroids. *Operations Research.* 41, 1993, T. 6, 1055-1064.

2. **Tsitsiklis, J. N.** Special cases of traveling salesman and reparman problems with time windows. *Networks.* 22, 1992, T. 3, 263-282, str. 263-282.

3. **Bianco L.-P., Mingozzi A., Ricciardelli S.** The traveling salesman problem with cumulative costs. *Networks.* 23, 1993, T. 2, 81-91.

4. **Chaudhuri K., Godfrez B., Rao S.,Talwar K.** Paths, trees, and minimum latency tours. *Proceedings of the 44th Annual IEEE Symposium of Foundations of Computer Science, FOCS 2003.* 2003, 36-45.

5. **Francisco Angel-Bello Acosta, Ada Alvarez Socarras, Irma Garcia.** *Formulation for the minimum latency problem: an experimental evaluation.* 2011.

6. **Sahni S., Gonzalez T.** P-complete approximation problems. *Journal of the ACM.* 1976, T. 23, 3, str. 555-565.

7. **Michel Gendreau, Jean-Yves Potvin.** *Handbook of Metaheuristcs.* Montreal : Springer, New York, 2010.

1. *en. Minimum Latency Problem* [↑](#footnote-ref-1)
2. *en. Delivery Man Problem* [↑](#footnote-ref-2)
3. *en. Traveling Repairman Problem* [↑](#footnote-ref-3)
4. *en. Cumulative Traveling Salesman Problem* [↑](#footnote-ref-4)
5. *en. School Bus Driver Problem* [↑](#footnote-ref-5)
6. *en. Machine scheduling context* [↑](#footnote-ref-6)