

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

SEMINAR

Problem usmjeravanja vozila s preuzimanjem i dostavom

Luka Matijević

Voditelj: *doc. dr. sc. Marko Đurasević*

Zagreb, svibanj 2022.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Analiza problema	2
2.1. Opis problema	2
2.2. Složenost	3
2.3. Izvedivost	3
2.4. Zadovoljavanje više kriterija	4
3. Pristupi rješavanju problema	6
3.1. MILP	6
3.2. Evolucijski pristup	8
4. Zaključak	10
5. Literatura	11
6. Sažetak	13

1. Uvod

Broj komercijalnih vozila u svijetu čiji primarni cilj je prijevoz robe konstantno raste što znači da je pitanje optimizacije prijevoza vrlo popularno. Sama priroda ovog zadatka postavlja neke izazove. Kako što efikasnije obaviti navedeni posao? To jest, kako potrošiti najmanje vremena i novaca uz korektno obavljen posao? Vrsta robe koja se prevozi također je bitan faktor. Ako se radi o hrani, brzina prijevoza postaje prioritetni faktor, dok s druge strane prijevoz knjiga i sličnih nekvarljivih stvari zahtijeva najjeftiniju vrstu prijevoza. Ovaj problem formalno se naziva problem usmjeravanja vozila (*engl.* Vehicle Routing Problem - VRP). Ovo je dobro istraženo područje budući da je od velikog interesa za sve industrije čiji poslovi ulaze u tu domenu jer dobar sustav usmjeravanja vozila može uštedjeti značajan postotak troškova tvrtke koja mora distribuirati robu.

Postoje mnoge varijante VRP-a stvorene kao produkt različitih kriterija koje postavljaju različite industrije. Jedna varijanta ovog problema je ona koju zahtijevaju distributivni centri kada njihova vozila premještaju robu unutar svoje mreže. Kao i kod uobičajene inačice VRP-a, vozila kreću iz centra i moraju distribuirati robu. Nakon završetka, vozila se vraćaju u distributivni centar. Razlika je u tome što se roba ne prevozi uvijek od centra do prodavaonice jer u nekim slučajevima određene prodavaonice zahtijevaju robu koja više ne postoji u centralnom skladištu. U tom slučaju roba se prevozi iz drugih prodavaonica koje imaju višak zalihe kako bi se riješio problem nestanka zalihe robe (*engl.* Out Of Stock - OOS). Ova varijanta VRP-a naziva se problem usmjeravanja vozila s preuzimanjem i dostavom (*engl.* VRP with Pickup and Delivery - VRPPD). Navedeni problem veliki je izazov za distributivne centre budući da OOS predstavlja veliki gubitak prihoda, ali i smanjuje povjerenje kupaca. Kada kupac ne može pronaći robu koja mu je potrebna, može se dogoditi da ta osoba promijeni izbor omiljenog lanca za kupovinu namirnica. Dakle, OOS ima novčane i reputacijske posljedice. S time na umu, primarni cilj dućana jest osigurati zadovoljstvo kupaca održavajući popunjene police što se u ovom kontekstu rješava pronalaskom optimalnog skupa putanja koji zadovoljava zahtjeve dostave i preuzimanja.

2. Analiza problema

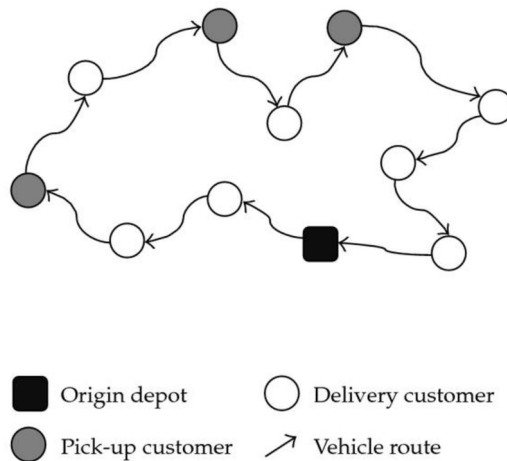
2.1. Opis problema

Problem usmjeravanja vozila s preuzimanjem i dostavom optimizacijski je problem koji razmatra na koji način unaprijed definirani skup vozila rukuje robom unutar mreže prodavaonica. Središnje skladište mora usmjeriti svojih n vozila tako da zadovolji određena ograničenja, a da u isto vrijeme sva roba bude dostavljena i preuzeta sa svih lokacija. Vozila kreću iz centralnog skladišta gdje i završavaju svoj put.

Iako je glavna motivacija za rješavanje problema minimizirati broj situacija u kojima nedostaje roba, potrebno je uzeti u obzir i logističku isplativost prijevoza robe. Ako trošak prijevoza robe premašuje troškove uzrokovane OOS-om možda nije isplativo premještati robu. Zaključno, cilj je minimizirati flotu vozila i sumu ukupnog prijeđenog puta uz maksimalno udovoljavanje zahtjeva prodavaonica i poštovanje ostalih ograničenja koja ovise o konkretnom problemu.

Problem se lako može prikazati grafički ako čvorovi grafa predstavljaju lokacije na kojima se preuzima ili dostavlja roba, a lukovi između grafa su putovi/ceste koji povezuju lokacije. Svaki luk ima adekvatnu težinu koja predstavlja trošak putovanja između dva čvora. Slika 2.1 prikazuje putanju jednog vozila koje kreće iz središnjeg skladišta, posjećuje deset čvorova u mreži i završava put u središnjem skladištu.

Rješenje problema jest izvedivi skup putanja koji maksimalno zadovoljava zadane kriterije, a da je pritom svaki čvor posjećen točno jednom. Konkretno, ako su kriteriji minimizacija putanje i dolazak do čvora u zadanom periodu, rješenje će biti skup putanja koji maksimalno moguće (u usporedbi sa svim drugim izvedivim rješenjima) optimizira ta dva kriterija.



Slika 2.1: Prikaz jednostavne putanje jednog distributivnog vozila unutar mreže (izvor)

2.2. Složenost

Distributivni centri šalju svoju robu prema prodavaonicama i do tri puta tjedno. Zbog toga algoritam mora biti dovoljno brz jer se mora izvoditi na dnevnoj bazi kako bi se svaki dan ažurirale nove putanje za vozila. Osim toga, moguća nadogradnja je i sustav koji dinamički mijenja rute ovisno o novopristiglim zahtjevima prodavaonica. Stoga je važno biti svjestan njegove složenosti s ciljem pravovremenog ažuriranja ruta vozila. Klasičan VRP je NP-težak problem, a budući da opisana varijanta uvodi dodatna ograničenja, problem postaje još složeniji. Nadalje, ta složenost direktno ovisi o broju i kapacitetu vozila. Kada je broj vozila jednak jedan i kada kapacitet vozila teži prema beskonačnosti, problem postaje TSP (*engl.* Traveling Salesman Problem) [1].

Složenost problema dovoljna je naznaka da problem nije moguće riješiti klasičnim pristupom tražeći egzaktno rješenje. Potrebno je koristiti heuristike koje će voditi algoritam prema optimalnom rješenju.

2.3. Izvedivost

Za ovaj problem u realnim situacijama često nije moguće pronaći idealno rješenje koje zadovoljava sve zahtjeve. Prepreku predstavljaju konačan broj vozila i njihovi kapaciteti. Osim optimalnosti, na umu treba imati i izvedivost rješenja i uzeti u obzir samo ona koja su izvediva (*engl.* feasible). Rješenje je izvedivo ako za svaku putanju vrijedi da ukupna količina robe koju je potrebno dostaviti ne premašuje kapacitet vozila koje je zaduženo za tu rutu, kao i da vozilo ima dovoljno kapaciteta za skladištiti robu od

prodavaonica koje vraćaju višak. Tako možemo definirati dvije vrste izvedivosti; izvedivost po dostavi i po preuzimanju robe [2].

Izvedivost po dostavi iskazuje ograničenje da ukupna količina robe koju vozilo treba dostaviti na jednoj ruti ne premašuje kapacitet vozila. Analogno, izvedivost po preuzimanju robe opisuje ograničenje da ukupna roba koja se mora pokupiti na određenoj ruti ne premašuje isti taj kapacitet. Ukratko, ograničenja zahtijevaju da količina robe unutar vozila u niti jednom trenutku ne premašuje kapacitet vozila. Očito je stoga da redosljed posjećivanja čvorova predstavlja dodatan izazov u VRPPD-u budući da se na nekim čvorovima roba dostavlja, a na nekima se preuzima čime se smanjuje količina slobodnog mjesta u vozilu.

2.4. Zadovoljavanje više kriterija

Uobičajeni kriterij koji se pokušava minimizirati u kontekstu ovog problema je trošak putanje. Ideja je intuitivna, što vozila pređu manje kilometara to će tvrtka imati manje troškova. Iako se na prvu ovo čini dovoljno, to ne može biti jedini kriterij u realnim situacijama. Budući da kriterija ima mnogo, prikladno je podijeliti ih u skupine.

Jednu skupinu čine kriteriji vezani uz putanju gdje i pripada gore opisani pristup. Osim tog, uobičajenog pristupa, moguće je minimizirati duljinu najdužeg puta. Tako se postiže da niti jedna prodavaonica ne čeka previše dostavu/preuzimanje robe. Nadalje, moguće je balansiranje svih duljina ruta. Ovaj pristup osigurava određenu pravednost među vozačima budući da će svi imati podjednako dugo radno vrijeme (što je također jedan od važnih kriterija).

Važni su i kriteriji vezani uz resurse, konkretno, broj vozila/vozača, vrijeme (potrebno za prijevoz) i potrebno gorivo. Ideja je smanjiti količinu iskorištenih resursa kako bi se smanjio ukupan trošak. Navedeno se u određenim slučajevima može postići usmjerenjem vozila na brže ceste (za razliku od onih u centru grada) na kojima vozila mogu brže voziti i postići manju potrošnju. Osim toga, ključno je da vozila prevoze robu kada su ceste manje prometne. Zbog toga se često prakticiraju noćne vožnje, ali to za posljedicu ima veće izdatke za plaće (budući da su satnice veće za noćne smjene).

Nadalje, važno je i zadovoljstvo prodavaonica (radnika unutar prodavaonica). Ako dućan dobije robu u periodu kada ima najviše mušterija, menadžer ne može poslati dovoljno radnika da smjeste robu iz vozila u skladište (ako se radi o primitku). To znači da količina rada unutar prodavaonice nije balansirana tijekom dana što je poželjno izbjegavati. Osim nebalansiranog rada, prodavaonice mogu biti i nezadovoljne ako same

dostave nisu podjednako raspodijeljene. Na primjer, ako prodavaonica prima narudžbe ponedjeljkom i utorkom, skladište će biti pretrpano i teško prohodno početkom tjedna što smanjuje efikasnost radnika. Osim toga, ako su proizvodi kratkog vijeka trajanja, može se dogoditi da ih prodavaonica ne uspije prodati prije nego što istekne njihov rok. Zbog navedenih razloga, period dostave robe iznimno je važan za konačni algoritam usmjeravanja vozila. Prodavaonice će također biti zadovoljnije što je njihov zahtjev prije udovoljen. Ako postoje čvorovi na kojima se mora pokupiti roba, idealno bi bilo da se ti čvorovi posjete prije posjećivanja lokacija na koje se ta ista roba mora dostaviti. Tako se smanjuje period OOS-a zahtijevane robe. Na primjer, ako prodavaonica *P1* šalje robu u prodavaonicu *P2*, idealno bi bilo kada bi vozilo posjetilo prodavaonicu *P1* prije prodavaonice *P2*. Tako se dotična roba može isti dan premjestiti na drugu lokaciju. Međutim, može se dogoditi da taj redoslijed posjećivanja čvorova nije ostvaren. U tom slučaju preuzeta roba se vraća u distributivni centar i dostavlja se prodavaonici *P2* u sljedećoj regularnoj dostavi.

Očito je da nikada neće biti dovoljno zadovoljiti samo jedan od opisanih kriterija, već je potrebno imati na umu nekoliko njih, ovisno o konkretnom problemu. To dovodi do zaključka da je u praksi VRPPD problem višekriterijske optimizacije čiji cilj je pronalazak optimalnog skupa putanja.

Usporedba rješenja dodatan je izazov pri optimizaciji višekriterijskog problema jer postoji više kriterija usporedbe. Ako postoje dva rješenja i dvije ciljne funkcije optimizacije, moguće je da je jedno rješenje bolje po prvom, a drugo rješenje po drugom kriteriju. Posljedično, nije trivijalno zaključiti koje rješenje je bolje. Za navedeni fenomen bitan pojam je Pareto optimalnost i Pareto fronta koja se nastoji pronaći. Pareto fronta je skup Pareto optimalnih rješenja koja nisu dominirana od bilo kojeg drugog rješenja. Ukratko, to znači da je rješenje unutar tog skupa bolje ili jednako od svakog drugog rješenja po svakom kriteriju. Osim toga, mora vrijediti da je to rješenje strogo bolje od nekog drugog rješenja po nekom kriteriju. Očito je da Pareto frontu čini skup rješenja (a ne jedno rješenje) što znači da se konačna odluka o odabiru najčešće radi ručno. Tu je bitan ekspert domene čije iskustvo doprinosi konačnom odabiru.

3. Pristupi rješavanju problema

Kao što je već spomenuto, ovaj problem se za veći broj čvorova ne može riješiti egzaktnim putem. Stoga se razmatraju alternativni pristupi rješavanju problema, konkretno, heuristike. To su algoritmi koji ne garantiraju optimalno rješenje, već daju "dovoljno dobro" rješenje. Kvaliteta tog rješenja ovisi o nekoliko faktora; konkretnom algoritmu koji se koristi, postavkama tog algoritma i složenosti problema koji se rješava.

Ipak, postoje slučajevi kada je klasičan pristup "na ruke" najbolji. Osim za prijevoz unutar mreže, VRP često je prisutan problem i u samom skladištu unutar distributivnog centra. Naime, veliki je izazov premještati robu unutar uskog skladišta čiji svaki kvadrat je iskorišten za skladištenje robe. Kada osoba koja operira viljuškarom mora premjestiti robu, ponekad mora prvo napraviti mjesto za tu robu, odnosno, mora dobro isplanirati premještanje robe. U tim situacijama, često se koristi manualni pristup rješavanju ovog problema. Tu je bitan faktor iskustvo skladištara (što je svojevrsna heuristika) budući da su kompleksnije metode izračuna zahtjevne.

Iako manualne metode postoje, one se koriste u manjini slučajeva, najčešće kada se radi o manjim problemima. Stoga su automatske metode optimizacije puno zanimljivije i važnije za redukciju troškova u industrijskom okruženju. Mješovito cjelobrojno linearno programiranje (*engl.* Mixed-Integer Linear Programming - MILP) i evolucijsko računanje te njihovo simultano korištenje pokazali su se kao najefikasnija rješenja u tom kontekstu.

3.1. MILP

Cjelobrojno linearno programiranje (*engl.* Integer Linear Programming - ILP) tehnika je matematičke optimizacije koja se često koristi u poslovnim problemima koji zahtijevaju pronalazak optimalnog rješenja uz određena ograničenja. MILP je specifična varijanta ILP-a u kojoj varijable ne moraju biti cjelobrojne. ILP se definira na sljedeći način [3]:

$$\min \mathbf{c}^T \mathbf{x}$$

uz ograničenja:

$$\mathbf{Ax} \leq \mathbf{b},$$

$$\mathbf{x} \geq 0,$$

$$\mathbf{x} \in \mathbb{Z}^n$$

Navedena forma naziva se kanonska forma i ona se razlikuje od standardne forme koja je definirana na sljedeći način:

$$\min \mathbf{c}^T \mathbf{x}$$

uz ograničenja:

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b},$$

$$\mathbf{x} \geq 0,$$

$$\mathbf{x} \in \mathbb{Z}^n$$

Za obje forme vrijedi sljedeće:

$$\mathbf{c} \in \mathbb{R}^n,$$

$$\mathbf{b} \in \mathbb{R}^m,$$

$$\mathbf{b} \geq 0,$$

$$\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{m \times n},$$

$$\text{rang}(\mathbf{A}) = m, m < n,$$

gdje je m broj ograničenja jednakosti, a n broj ograničenja nejednakosti.

Kanonska forma idealna je za geometrijsku perspektivu, dok standardna forma linearnog programa više odgovara algebarskoj perspektivi tako da svaka ima svoju idealnu primjenu. Sve ostale forme mogu se pretvoriti u ove dvije s adekvatnim transformacijama.

MILP model korišten je u literaturi za rješavanje varijanti VRP-a u [4] i [5]. Budući da se ovaj pristup često koristi (općenito za analizu i optimizaciju), postoje mnogi komercijalni i besplatni alati koji apstrahiraju korištenje ovog moćnog modela. Korištenje takvih alata nudi brz razvoj rješenja za probleme vezane uz optimizaciju podataka.

Iako ovaj pristup garantira pronalazak optimalnog rješenja, on općenito ima značajne nedostatke. Prvo, potrebno je ekspertno znanje vezano uz domenu za modeliranje svih ograničenja (za razliku od nekih pristupa strojnog učenja). Također, model pokazuje

loše performanse za jako kompleksne probleme. Što je problem složeniji, to je potrebno više vremena za pronalazak rješenja. U situacijama kada je vrijeme izvođenja bitan faktor, nije prihvatljivo koristiti algoritme čije izvođenje traje predugo. U tim, složenijim, slučajevima prikladnije je koristiti neki od evolucijskih pristupa.

3.2. Evolucijski pristup

Evolucijsko računanje također je popularan pristup budući da nudi razne algoritme koje je lako prilagoditi konkretnom problemu. Sve te algoritme krase ista karakteristika. Oni su inspirirani biološkom evolucijom koja kroz vrijeme daje sve bolje jedinke koje su na neki način naprednije od svojih potomaka. Na isti način evolucijski algoritmi konstantno poboljšavaju jedinke unutar svoje populacije. Jedinka je "bolja" ako bolje zadovoljava određeni kriterij (ili više njih). Najpopularnije varijante evolucijskih algoritama u kontekstu VRPPD-a su genetski algoritam, algoritam simuliranog kaljenja, tabu pretraga i mravlji algoritmi.

Razni oblici evolucijskog računanja korišteni su u literaturi za rješavanje VRP-a s više kriterija. Na primjer, u [6] korišten je hibridni genetski algoritam baziran na interakciji računala i čovjeka. Ideja hibridnog pristupa jest upotrijebiti prednosti stroja i čovjeka, točnije, brzinu računala te ekspertno znanje i odlučivanje stručnjaka kako bi se optimizirala dva kriterija; trošak transporta i zadovoljstvo mušterija. Rezultati su pokazali da algoritam daje izvediva rješenja i da se vrlo dobro nosi sa stvarnim problemima što jasno govori o međusobnom dopunjavanju glavnih snaga čovjeka i računala; brzini i iskustvenom znanju. U [7] autori nastoje riješiti VRPPD s dodatnim ograničenjima vremena dolaska i prometnih gužvi. U tu svrhu implementirana je specifična varijanta memetičkog algoritma koja dinamički mijenja sadržaj memorije s ciljem efikasnijeg pretraživanja prostora izvedivih rješenja. Rezultati su pokazali da dinamička memorija uvelike doprinosi disperziji između populacija što pomaže spriječiti preuranjenu konvergenciju. Algoritam se uspješno nosi sa stvarnim podacima velikih razmjera s navedenim ograničenjima. Još jedan primjer je [8] gdje su uspješno riješene manje instance VRP-a (unutar 1% od poznatog optimuma) koristeći razne varijante mravljih algoritama. Rezultati su pokazali da je "klasičan" mravlji algoritam imao poteškoća s većim instancama što ga čini relativno slabijim u usporedbi s drugim pristupima. Međutim, jedan od pristupa koristio je više kolonija mrava što je inspirirano stvarnom podjelom mrava unutar kolonije u skupine. Pokazalo se da korištenje više kolonija daje bolja rješenja za veće probleme koji imaju više vozila jer feromonski tragovi tada prikazuju najvjerojatnije rute za različita vozila te je stoga rad iznimno koristan za bu-

duća istraživanja.

Sve u svemu, algoritmi inspirirani evolucijom dobro su istraženo područje i daju dobre rezultate u ovom području istraživanja. Njihove dodatne preinake i kombinacije algoritama (hibridni pristup) daju dodatan razlog za optimizam jer nude jednostavno smanjenje složenosti problema. S time na umu, bitno je istaknuti da su svi spomenuti algoritmi za rješavanje VRPPD-a s više kriterija poboljšane verzije osnovnih evolucionijskih algoritama. Bazični algoritmi jednostavno nisu dovoljno efikasni za rješavanje tako kompleksnog problema. Zaključno, potrebno je temeljito poznavanje funkcionalnosti evolucionijskih algoritama kako bi se implementirao napredni algoritam koji bi mogao ponuditi prihvatljiva rješenja za opisani problem.

4. Zaključak

Prijevoz robe zahtjevan je i skup zadatak logističkog sektora velikog broja industrija i iznimno je važno minimizirati troškove prijevoza i rukovanja robom kako bi se povećao profit. Osim toga, optimizacija putanja neizbježna je budući da su radna snaga i broj vozila skupi resursi i cilj je da što manje njih odradi što efikasniji posao.

Konačan cilj rješavanja VRPPD-a u kontekstu mreže prodavaonica jest povisiti zadovoljstvo kupaca popunjavanjem polica, a istovremeno održati logistički trošak niskim. To se rješava pronalaskom optimalnog skupa putanja koje zadovoljavaju zahtjeve dostave i preuzimanja.

Složenost problema usmjeravanja vozila s preuzimanjem i dostavom predstavlja ogroman izazov, ali i priliku za smanjenje troškova unutar distributivnih centara koji manipuliraju robom u sklopu svojih mreža prodavaonica. To je NP-težak problem za koji su potrebne napredne heuristike kako bi se efikasno riješio. Mješovito cjelobrojno linearno programiranje i evolucijski algoritmi najčešći su odabir u literaturi za rješavanje opisanog problema. Pokazalo se da ovi pristupi dobro usmjeravaju algoritam prema boljim rješenjima što je ključno za ovako složen problem. Oni nude prilagodljivost konkretnom problemu i dobro su istraženi. Osim toga, pokazali su dobre rezultate prilikom rješavanja VRPPD-a.

VRPPD je zanimljiva akademska tema koja ima važnu realnu primjenu u industriji. To je relativno novo područje, većina tekstova koji se bave tom temom izašli su nakon 2000. godine što znači da ima puno prostora za istraživanje i nadogradnje za postojeća rješenja i pristupe.

5. Literatura

- [1] G. Martinovic, I. Aleksi, A. Baumgartner, Single-Commodity Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery Service, *Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2008.*
- [2] "Networking and Emerging Optimization", (travanj 2022.), izvor
- [3] FER, Napredni algoritmi i strukture podataka, Linearno programiranje (2021.), slajd 11-13
- [4] G. A. Bula, F. A. Gonzalez, C. Prodhon, H. M. Afsar, N. M. Velasco, Mixed Integer Linear Programming Model for Vehicle Routing Problem for Hazardous Materials Transportation, *System and Industrial Engineering Department, Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia, 2016.*
- [5] S. P. Anbuudayasankar, K. Ganesh, K. Mohandas, Mixed-Integer Linear Programming for Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up with Maximum Route-Length, *Amrita University, Coimbatore, India*
- [6] Y. Jia, Z. Ren, Hybrid Genetic Algorithm for Multi-objective Vehicle Routing Problem Based on Human-Computer Interaction, *Donghua University, Shanghai, China*
- [7] H. Zhang, Z. Wang, M. Tang, X. Lv, H. Luo, Y. Liu, Dynamic Memory Memetic Algorithm for VRPPD With Multiple Arrival Time and Traffic Congestion Constraints, *Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing, China*
- [8] J. E. Bell, P. R. McMullen, Ant colony optimization techniques for the vehicle routing problem, *Air Force Institute of Technology, OH, USA & Wake Forest University, NC, USA, 2004.*
- [9] O. Bräysy, M. Gendreau, W. Dullaert, Evolutionary Algorithms for the Vehicle Routing Problem with Time Windows, *Article in Journal of Heuristics,*

December 2004

- [10] R. Lewis, K. Smith-Miles, K. Phillips, The School Bus Routing Problem: An Analysis and Algorithm, *School of Mathematics, Cardi University, Wales &, School of Mathematical Sciences, Monash University, Australia & Visible Services and Transport, Vale of Glamorgan Council, Wales*
- [11] R. W. Eglese, A. Mercer and B. Sohrabi, The Grocery Superstore Vehicle Scheduling Problem, *The Journal of the Operational Research Society* , Aug., 2005.
- [12] V. Sivaram Kumara, M.R. Thansekharb, R. Saravananc, S. Miruna Joe Amalid, Solving Multi-objective Vehicle Routing Problem with Time Windows by FAGA, *K.L.N College of Engineering & Sri Krishna College of Technology, India, 2014.*
- [13] P. Sombunthama, V. Kachitvichyanukul, Multi-depot Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery Requests, *Asian Institute of Technology, Thailand, 2010.*

6. Sažetak

Ovaj rad bavi se proučavanjem problema usmjeravanja vozila s preuzimanjem i dostavom (VRPPD). Rad je koncentriran na kontekst distributivnih centara kojima je VRPPD veliki izazov i prilika za smanjenje troškova. Analiziran je problem iz perspektiva izvedivosti i složenosti. Prikazani su do sad korišteni pristupi rješavanju problema iz literature. Opisano je mješovito cjelobrojno linearno programiranje i evolucijski algoritmi kao najčešće korišteni pristupi za rješavanje VRPPD-a. Opisane su određene karakteristike navedenih pristupa.