

## KARAKTERISTIKE I TIPOVI PROBLEMA RASPOREĐIVANJA RESURSA U USLUŽNOJ DELATNOSTI

*Michael L. Pinedo, "Planning and Scheduling in Manufacturing and Services", Springer Science+Business Media, Inc.(2005)*

- Uslužne delatnosti se u mnogo aspekata razlikuju od proizvodnih. Veliki broj ovih razlika utiče na planiranje i raspoređivanje aktivnosti sa tim u vezi. Jedna važna razlika može se pripisati činjenici da je u proizvodnji obično moguće inventarisati robu (npr. sirovine, proces proizvodnje, i gotovi proizvodi) dok kod usluga obično nema robe koju možemo inventarisati.
- Činjenica da u proizvodnji zadatak može čekati ili biti završen ranije u velikoj meri utiče na strukturu modela. Kod uslužnih delatnosti zadatak teži da bude aktivnost koja uključuje korisnika koji ne želi da čeka. Stoga se planiranje i raspoređivanje aktivnosti u uslužnim delatnostima više bavi upravljanjem kapacitetima i dobiti.
- **Druga razlika** zasniva se na činjenici da je u proizvodnji broj resursa (što su najčešće mašine) obično fiksna (barem na kraći rok), pošto u uslužnim delatnostima broj resursa (npr. ljudi, prostorija, kamiona) može varirati tokom vremena. Ova promenljiva može biti i deo funkcije cilja.
- **Treća razlika** tiče se činjenice da je odbijanje pružanja usluge korisniku češća praksa nego korisniku ne isporučiti robu sa aspekta proizvodnih delatnosti. Ovo je jedan od razloga zbog koga upravljanje dobiti igra tako važnu ulogu kod uslužnih delatnosti.

- Ove razlike između proizvodnih i uslužnih delatnosti utiču na ograničenja kao i ciljeve procesa. Modeli uslužnih delatnosti se stoga značajno razlikuju od modela proizvodnih delatnosti.
- Nekoliko klasa modela planiranja i raspoređivanja aktivnosti igraju značajnu ulogu u uslužnim delatnostima.
  - **Jedna klasa** modela koja je važna i u proizvodnim i uslužnim delatnostima jesu **modeli planiranja i raspoređivanja aktivnosti projektovanja**. Planiranje i raspoređivanje aktivnosti projektovanja ne samo da je korisno u izgradnji nosača aviona već i kod upravljanja konsalting projektima.
  - **Druga klasa** sastoji se od modela za **rezervacione sisteme i redove vožnje**. Ove dve podklase su matematički usko povezane međutim imaju kako sličnosti tako i razlike. Kod modela rezervacionih sistema zadatak 'j' traje 'p<sub>j</sub>' i njegovo početno vreme i vreme završetka su obično poznati unapred.
  - **Treća klasa modela** uslužnih delatnosti sastoji se od **modela raspoređivanja takmičenja i raspoređivanja televizijskog programa**. Model raspoređivanja takmičenja obuhvata ligu sa skupom timova i poznatim brojem utakmica koje treba dodeliti svakom timu. Problem raspoređivanja takmičenja *može se uporediti sa problemom raspoređivanja paralelnih mašina kod koga svi zadaci imaju isto vreme obrade*. Štaviše postoje ograničenja koja su nešto sličnija ograničenjima radne snage kod raspoređivanja aktivnosti projektovanja obzirom da tim može odigrati najviše jednu utakmicu u bilo kom zadatom terminu.

- **Četvrta klasa** modela uslužnih delatnosti jesu **modeli raspoređivanja transportnih aktivnosti**. Planiranje i raspoređivanje aktivnosti veoma je važno za avio letove, železničke i pomorske linije. Aktivnost može biti put ili let koji treba da realizuje brod, avion ili vozilo. Brod, avion ili vozilo igra ulogu sličnu mašini. Deo puta ili leta 'j' mora da se realizuje tokom zadatog vremenskog okvira i predmet je zadatih ograničenja procesa. **Ograničenja procesa pokazuju kako određeni deo puta ili leta može biti kombinovan sa drugim delovima puta ili leta u mogućem obrtu 'k'** koji može biti dodeljen određenom vozilu i posadi. Obrt 'k' stvara troškove 'c<sub>k</sub>' i generiše profit 'π<sub>k</sub>'. Cilj je ili minimizirati ukupne troškove ili maksimizirati ukupan profit.
- **Peta klasa** modela uslužnih delatnosti tiče se **raspoređivanja radne snage**, što je veoma važan aspekt planiranja i raspoređivanja u uslužnim delatnostima. **Modeli raspoređivanja radne snage ukazuju na značajne razlike u odnosu na modele raspoređivanja mašina**. Raspoređivanje radne snage može se primeniti ili na raspoređivanje smena u objektima uslužne delatnosti (npr. Call centar) ili raspoređivanje posada u transportnom okruženju. **Moglo bi se raspravljati da je raspoređivanje smena na neki način slično raspoređivanju mašina**. Tokom vremenskog intervala i (koji može imati jediničnu dužinu) više zadataka treba da bude obavljeno, svaki trajanja jedinične dužine. **Radna snaga je u nekom smislu ekvivalentna paralelnim mašinama koje treba da procesuiraju jedinične zadatke**. Postoje ograničenja i troškovi, povezani sa dostupnošću ovih resursa i cilj je minimizirati ukupne troškove. Usled posebne strukture smena ispostavlja se da je formulacija ovakvog problema različita od formulacije tipičnog problema raspoređivanja mašina. Formulacije modela raspoređivanja posade takođe su različite od formulacije modela raspoređivanja smena. **Raspoređivanje posada u velikoj meri zavisi od specifičnih zadataka koji moraju da budu obavljeni. Raspoređivanje posada je stoga često isprepletano drugim procedurama raspoređivanja u organizaciji** (npr rutiranje ili raspoređivanje aviona ili kamiona).

- Na kraju kao **šestu klasu** možemo razmotriti **probleme raspoređivanja sredstava za rukovanje materijalima**. Ovi problemi u literaturi najčešće se odnose na AGVS, i raspoređivanje kranova iako se mogu primeniti i na drugu opremu. U praksi, ovde se raspoređivanje radne snage često može isprepletati sa drugim funkcijama. Na primer, raspoređivanje aktivnosti voznog parka može zavisiti od rasporeda posada.
- Generalno govoreći transportni modeli, poput modela rukovanja materijalima često su slični modelima raspoređivanja paralelnih mašina, avion se može poistovetiti sa mašinom, dok je deo puta ili leta sličan zadatku koji ima vreme obrade, vreme početka i rok završetka, vreme obrta aviona slično je vremenu podešavanja zavisnih sekvenci.

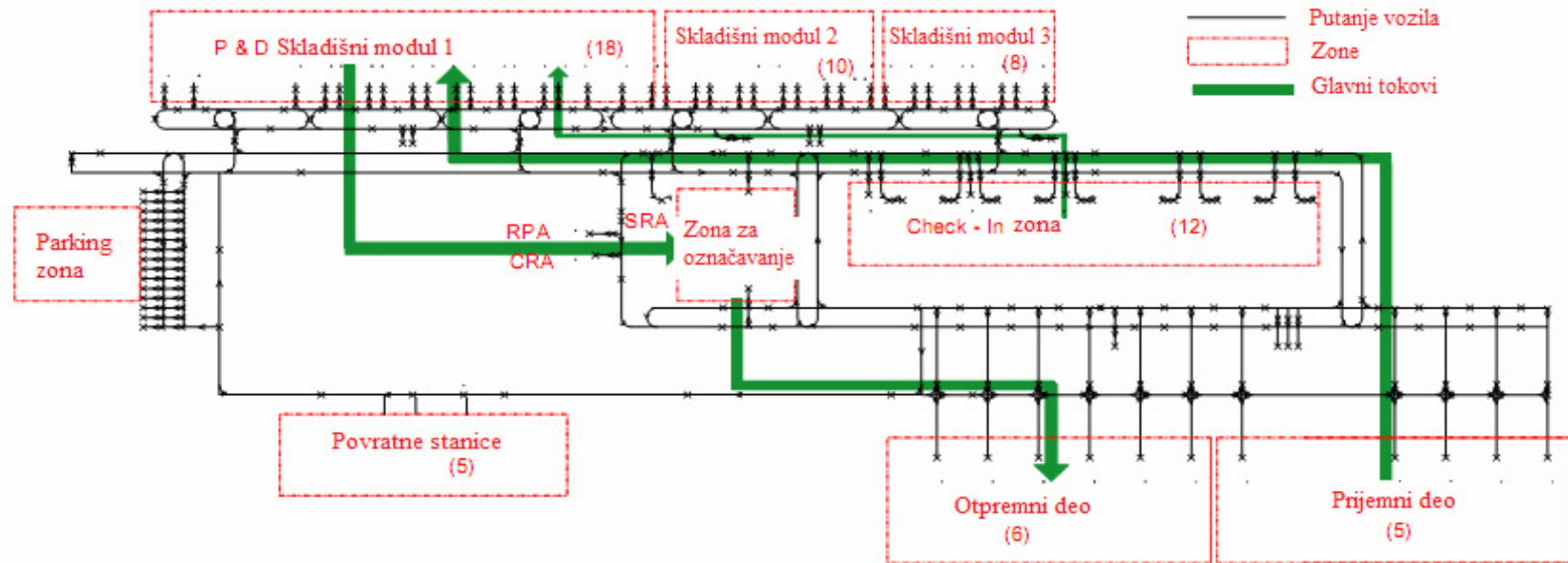
## RASPOREĐIVANJE OPREME ZA RUKOVANJE MATERIJALIMA

### Raspoređivanje aktivnosti AGVS-a

*T. Le-Anh, M.B.M. De Koster "A review of design and control of automated guided vehicle systems", European Journal of Operational Research 171 (2006) 1–23*

- Sistemi unutrašnjeg transporta zasnovani na vozilima, koji koriste automatski vođena vozila obično se koriste u postrojenjima kakve su proizvodne fabrike, skladišta, distributivni centri, i tranšipment terminali.
- Ovakvi sistemi označavaju se kao sistemi automatski vođenih vozila (AGVS). Slika 1. daje primer jednog takvog AGVS-a u distributivnom centru kompjuterskog hardvera i softvera (De Koster i autori, 2004) u kome vođena vozila transportuju robu (palete)

između lokacija, npr. od prijemne zone do skladišne zone, i od skladišne zone do otpremne zone.



- Dizajn i kontrola procesa jednog AGVS-a obuhvata mnogo pitanja. Ona glavna koja pripadaju različitim nivoima procesa donošenja odluka su:
  - dizajn vođene staze
  - procena potrebnog broja vozila (ili utvrđivanje zahteva za vozilima)
  - raspoređivanje vozila

- pozicioniranje praznih vozila
  - upravljanje baterijama
  - rutiranje vozila i rešavanje zastoja
- Sistem raspoređivanja vozila odlučuje kada, gde i kako vozilo treba da se ponaša da bi izvršilo zadatak uključujući i rute koje treba da koristi. **Ukoliko su svi zadaci poznati pre perioda planiranja, problem raspoređivanja može biti rešen offline.**
- Međutim u praksi egzaktne *informacije o zadacima (procesima) obično su poznate znatno kasnije*. Ovaj faktor *čini offline raspoređivanje gotovo nemogućim*.
- Stoga su **radi kontrole vozila potrebni sistemi online raspoređivanja ili dispečiranja**. Ulazni podaci kod problema raspoređivanja obuhvataju:
- matricu rastojanja svih lokacija
  - podaci o nailascima tereta (lokacije koje otpuštaju i na koje se isporučuje, vremenski okviri)
  - podaci o vozilima (tip, kapacitet, brzina, itd.) i
  - neki opcioni podaci (npr. politika parkiranja)

## OFFLINE RASPOREĐIVANJE

- Kod offline raspoređivanja, svi transportni zahtevi poznati su unapred. Kompletne rute vozila mogu biti optimizirane i isprojektovane pre nego što vozila krenu u realizaciju.

- Međutim mala promena u vremenu nailaska zadatka, promena u vremenu vožnje (zagušenje), ili otkaz na vozilu, može uticati ili čak uništiti čitav raspored.
- Problem raspoređivanja kod AGVS-a sličan je problemu sakupljanja i isporuke sa vremenskim okvirom (PDPTW), koji često za ciljeve ima minimiziranje vremena putovanja ili minimiziranje broja vozila.
- Kod većine sistema vođenih vozila, koristi se paletna roba (pojedinačni tovari), tako da vozilo može nositi samo jedan tovar (paletu) istovremeno. Ovo čini da problem raspoređivanja vozila, kod većine sistema vođenih vozila, liči na problem više trgovačkih putnika sa vremenskim okvirima (m-TSPTW).
- Međutim problem raspoređivanja vozila kod AGVS-a, poseduje neke karakteristike koje ga čine različitim od PDPTW (i m-TSPTW). Ove karakteristike su viši intenzitet saobraćaja, kraća rastojanja putovanja, kraći interval planiranja usled stohastičkih nailazaka tereta, smetnje na vozilima i problemi punjenja baterija.

## ONLINE RASPOREĐIVANJE

- U praksi, uslovi su obično stohastični (nailazak zadataka, vreme putovanja, fluktuirajuća vremena utovara i istovara, vozila mogu otkazati), tako da se raspored mora usvojiti dinamički tokom vremena. Savelsbergh i Sol (1995) razmatraju nekoliko pristupa rešavanja dinamičkog PDPTW.
- Raspored vozila treba da bude ažuriran čim se javi informacija o novom transportnom zahtevu.

- Jedan pristup zasnovan je na raspoređivanju vozila korišćenjem rotirajućeg intervala, kod koga se rute vozila ažuriraju nakon unapred određenog vremenskog intervala (vremenskog horizonta). Savelsbergh i Sol (1998) razvili su set-partitioning model za realan PDPTW Holandskog nosača pošiljki. Oni su razvili grana-i-cena algoritam kako bi dinamički rešili problem. Njihov model (problem sakupljanja i isporuke sa vremenskim okvirom utovarenog kamiona) opisan je kasnije.

## Dispečiranje vozila

- Sistem dispečiranja možemo shvatiti kao sistem raspoređivanja sa nultim intervalom planiranja a dispečerska odluka donosi se kada
  - vozilo istovari teret
  - vozilo se nalazi na parkingu
  - stigao je novi teret
- Sistem dispečiranja koristi pravila dispečiranja kako bi kontrolisao vozila. On-line pravila dispečiranja su jednostavna i lako se mogu usvojiti kod sistema upravljanja AGV-om. Uobičajeni ciljevi su
  - minimiziranje vremena čekanja na utovar
  - maksimiziranje protoka kroz sistem
  - minimiziranje dužine reda ili
  - garancija određenog nivoa usluge u stanicama



- Postoje dva glavna tipa online sistema dispečiranja: decentralizovani i centralizovani sistemi.

### ***Decentralizovana kontrola***

- Sistemi decentralizovane kontrole dispečiraju vozila samo na bazi lokalnih informacija. Glavna prednost sistema decentralizovane kontrole jeste njena jednostavnost, međutim njena efikasnost je mala.
- Tradicionalno sistemi vozila implementirani su i analizirani uz pretpostavku da je svakom vozilu dozvoljeno da posećuje bilo koju od P/D lokacija u sistemu. Jedna od najjednostavnijih implementacija jeste ona u kojoj vozila cirkulišu u kružnoj petlji.

### ***Centralizovana kontrola***

- Kod sistema centralizovane kontrole, centralni kontrolor vodi računa o svim kretanjima koja se tiču unutrašnjeg transporta. Sve informacije koje se tiču vozila kakve su otpremne i prijemne lokacije, vremena utovara, pozicije i status vozila, čuvaju se u bazi podataka kontrolora. Kontrolor dodeljuje terete vozilima (ili suprotno) u skladu sa određenim pravilima.
- Centralizovani kontrolor neprestano komunicira sa vozilima kako bi upravljao njima. U zavisnosti od načina na koji se dodeljuju transportni zahtevi, pravila dispečiranja mogu se podeliti u dve kategorije (Egbelu i Tanchoco, 1984):

- inicirana sa radne stanice (zadaci u radnoj stanici imaju prioritet nad zahtevima vozila)
  - dispečerska pravila inicirana sa vozila (vozila imaju prioritet u zahtevu)
- U pomenutom radu pravila dispečiranja vozila klasifikovana su kao:
- bazirana na jednom atributu
  - bazirana na više atributa
  - hijerarhijska
  - prioritetsna i unapred poznata pravila dispečiranja

## RASPOREĐIVANJE OPREME ZA RUKOVANJE MATERIJALIMA

### PROBLEM RUTIRANJA VOZILA SA SAKUPLJANJEM I ISPORUKOM

*C. Barnhart and G. Laporte (Eds.), Handbook in OR & MS, Vol. 14, Copyright © 2007 Elsevier B.V.*

*DOI: 10.1016/S0927-0507(06)14007-4*

- Problem rutiranja vozila sa sakupljanjem i isporukom jeste generalizacija klasičnog problema rutiranja vozila koji takođe pripada većoj porodici problema sakupljanja i isporuke (PDP). Može se praviti razlika između tri dobro poznata tipa problema preuzimanja koji su proučavani u literaturi.
- Jedan je problem sakupljanja i isporuke jednog tipa robe kod koga se jedan tip robe ili sakuplja ili isporučuje u svakom čvoru (pogledati, npr. Hernández-Pérez i Salazar-González, 2004). Ovo je, na primer, slučaj kada naoružano vozilo transportuje novac između dve filijale banke.

- Druga varijanta je problem sakupljanja i isporuke dva tipa robe kod koga se razmatraju dva tipa robe i svaki čvor može se ponašati i kao čvor sakupljanja i kao čvor isporuke (videti, npr., Gendreau i autori, 1999; Baldacci i autori, 2003). Ovaj problem još je veći kod npr. isporuke piva ili bezalkoholnih pića gde vozila isporučuju pune boce i sakupljaju prazne. Varijanta ovog problema je backhousls problem rutiranja vozila kod koga se sve isporuke moraju završiti pre sakupljanja.
  - Na kraju problem n-roba kod koga je svaka roba povezana sa jednim čvorom sakupljanja i jednim čvorom isporuke. Ovo je slučaj kada putnike ili robu treba transportovati od izvora do destinacije. Ovaj problem obično se označava kao VRPPD.
- Zato što većina praktičnih primena VRPPD-a uključuje ograničenje vremena u okviru koga vozilo mora posetiti svaku lokaciju pogodno je prezentovati malo opštiju varijantu problema, koja se naziva VRPPD sa vremenskim okvirom (VRPPDTW).

### **VRPPD SA VREMENSKIM OKVIROM (VRPPDTW) FORMULACIJA PROBLEMA**

- Neka  $n$  predstavlja broj zahteva koje treba realizovati. Ako pretpostavimo da su sva vozila pozicionirana u jednom depou VRPPDTW može biti definisan na direktnom grafu

$G=(N,A)$  gde su  $N = P \cup D \cup \{0, 2n + 1\}$ ,  $P =\{1,\dots,n\}$  i  $D =\{n + 1,\dots,2n\}$  skupovi čvorova,

a  $A =\{(i, j): i, j \in N\}$  skup grana.

- Podskupovi  $P$  i  $D$  sadrže čvorove sakupljanja i isporuke, respektivno, dok čvorovi  $0$  i  $2n+1$  predstavljaju početni i odredišni depo. Sa svakim zahtevom  $i$  prema tome povezuju se polazni čvor  $i$  i odredišni čvor  $n+i$ .
- Neka  $K$  predstavlja skup vozila i neka je  $m=|K|$ . Svako vozilo  $k \in K$  ima kapacitet  $Q_k$  i

njegovo ukupno trajanje rute ne može premašiti  $T_k$ . Svakom čvoru  $i \in N$  dodelimo teret  $q_i$

i nenegativnu dužinu usluge  $d_i$  takvu da je  $q_0 = q_{2n+1} = 0$ ,  $q_i = -q_{n+i}$  ( $i = 1, \dots, n$ ), i  $d_0 = d_{2n+1}$

= 0. Vremenski okvir  $[e_i, l_i]$  takođe je povezan sa svakim čvorom  $i \in N$ , gde  $e_i$  i  $l_i$  predstavljaju najranije i najkasnije vreme, respektivno, u kome usluga može početi u čvoru  $i$ . Svakoj grani  $(i, j) \in A$  dodeljuju se troškovi rute  $c_{ij}$  i vreme putovanja  $t_{ij}$ .

➤ Za svaku granu  $(i, j) \in A$  i svako vozilo  $k \in K$ , neka je  $x_{ij}^k = 1$  ako i samo ako vozilo  $k$

putuje iz čvora  $i$  u čvor  $j$ . Za svaki čvor  $i \in N$  i svako vozilo  $k \in K$ , neka  $B_i^k$  bude vreme u

koje vozilo  $k$  počinje uslugu u čvoru  $i$ , i  $Q_{ki}$  bude tovar vozila  $k$  nakon napuštanja čvora  $i$ .

➤ VRPPDTW se može formulisati kao sledeći zadatak celobrojnog programiranja:

$$\text{minimize } \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij}^k x_{ij}^k \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N} x_{ij}^k = 1, \quad i \in P, \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ij}^k - \sum_{j \in N} x_{n+i,j}^k = 0, \quad i \in P, k \in K, \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0j}^k = 1, \quad k \in K, \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ji}^k - \sum_{j \in N} x_{ij}^k = 0, \quad i \in P \cup D, k \in K, \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N} x_{i,2n+1}^k = 1, \quad k \in K, \quad (6)$$

$$B_j^k \geq (B_i^k + d_i + t_{ij}) x_{ij}^k, \quad i \in N, j \in N, k \in K, \quad (7)$$

$$Q_j^k \geq (Q_i^k + q_j) x_{ij}^k, \quad i \in N, j \in N, k \in K, \quad (8)$$

$$B_i^k + d_i + t_{i,n+i} \leq B_{n+i}^k, \quad i \in P, k \in K, \quad (9)$$

$$B_{2n+1}^k - B_0^k \leq T_k, \quad k \in K, \quad (10)$$

$$e_i \leq B_i^k \leq l_i, \quad i \in N, k \in K, \quad (11)$$

$$\max\{0, q_i\} \leq Q_i^k \leq \min\{Q_k, Q_k + q_i\}, \quad i \in N, k \in K, \quad (12)$$

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\}, \quad i \in N, j \in N, k \in K. \quad (13)$$

➤ Ograničenja (4)-(6) garantuju da će ruta svakog vozila k početi u polaznom depou a završiti se u odredišnom depou. Konzistentnost promenljivih vremena i tovara obezbeđena je ograničenjima (7) i (8). Ograničenje (9) primorava vozila da posećuju zahtevani čvor sakupljanja pre njegovog čvora isporuke. Na kraju nejednakost (10) ograničava trajanje svake rute dok (11) i (12) nameću vremenske okvire i ograničenja kapaciteta respektivno.

## VRPPD JEDNOG VOZILA

- VRPPD jednog vozila dobija se kada je  $k=1$  u formulaciji ograničenja (1)-(13). Iako realno postoji nekoliko primena ovog problema, on se može javiti i kao sub-problem u algoritmima u slučaju više vozila.
- Vredno pomena je da za razliku od VRP-a jednog vozila, koji se obavezno svodi na (nekapacitativan) TSP, VRPPD jednog vozila može uključiti ograničenja kapaciteta.
- Zaista, zato što se razmatraju čvorovi sakupljanja i isporuke, bilo koji broj zahteva može biti opslužen jednim vozilom koje omogućava da je  $q_i \leq Q$  za svaki zahtev.

## Egzaktni algoritmi

- Kalantari i dr. (1985) predstavili su algoritme grana-i-skokova za slučaj pojedinačnog vozila sa konačnim i beskonačnim kapacitetom vozila. Ovi algoritmi koji su modifikacije algoritma Little-a i autora (1963) za TSP, funkcionišu eliminisanjem svih krakova koji dovode do narušavanja ograničenja u svakoj grani.

## Heuristike

- Analizu verovatnoće jednostavne heuristike za problem bez kapacitativnih i vremenskih okvira sproveo je Stein (1978). Ova heuristika konstruiše rešenje povezivanjem dve optimalne rute trgovačkog putnika:
  - jedne kroz  $n$  izvora

- i jedne kroz n destinacija
- Psaraftis (1983) je predstavio analizu najgoreg slučaja heuristike koja se sastoji iz dva koraka. U prvom koraku konstruiše se optimalna TSP ruta za  $2n$  tačaka. U drugom koraku rešenje problema sakupljanja i isporuke postiže se prelaženjem TSP rute u smeru kretanja kazaljke na časovniku sve dok se ne posete sve tačke. U toku ove aktivnosti, tačke koje su bile posećene ili one koje odgovaraju destinaciji čiji izvor nije bio posećen treba preskočiti. Psaraftis je pokazao da ukoliko se koristi minimalni raspon heuristike Christofides-a (1976) za konstruisanje TSP rute, heuristika ima u najgorem slučaju indeks uspešnosti 3.0.

## VRPPD VIŠE VOZILA

## EGZAKTNI ALGORITMI

- Dumas i autori (1991) predložili su set-partitioning formulaciju problema i jedan algoritam generisanja egzaktnih kolona. Za vozilo  $k \in K$ , neka  $\Omega^k$  predstavlja skup mogućih ruta i neka  $c_r^k$  predstavlja troškove rute  $r$ . U skladu sa tradicionalnim ograničenjima održanja toka, svaka ruta  $r \in \Omega^k$  zadovoljava vremenske okvire, ograničenja kapaciteta, ograničenja parova (npr., čvor  $i \in P$  posećuje se ako je čvor  $n+i \in D$  takođe posećen na ruti), i ograničenja prvenstva. Za sve  $i \in P$  i  $r \in \Omega^k$ , neka  $a_{ir}^k$  bude binarna konstanta jednaka 1 ako se zahtev  $i$  realizuje rutom  $r$  vozilom  $k$ , i 0 u suprotnom. Na kraju



definisanjem binarne promenljive  $y_r^k$  koja uzima vrednost 1 ukoliko se ruta  $r$  koristi za vozilo  $k$ , i 0 u suprotnom.

$$\text{minimize } \sum_{k \in K} \sum_{r \in \Omega^k} c_r^k y_r^k \quad (23)$$

subject to

$$\sum_{k \in K} \sum_{r \in \Omega^k} a_{ir}^k y_r^k = 1, \quad \forall i \in P, \quad (24)$$

$$\sum_{r \in \Omega^k} y_r^k = 1, \quad \forall k \in K, \quad (25)$$

$$y_r^k \in \{0, 1\}, \quad \forall k \in K, r \in \Omega^k. \quad (26)$$

- *Problemi raspoređivanja aktivnosti AGVS-a imaju mnogo sličnosti sa problemima raspoređivanja aktivnosti spoljnog transporta. Međutim, zbog veće stohastike u okruženju unutrašnjeg transporta, kraći interval planiranja (i viša frekvencija planiranja), očekivan je kod ovog tipa problema raspoređivanja u poređenju sa onim kod spoljnog transporta. Ne može se naći mnogo studija koje su primenile pristup dinamičkog raspoređivanja aktivnosti na AGVS, uprkos njihovoj dokazanoj efikasnosti na spoljni transport. Stoga ovo je oblast koju treba istraživati dalje.*

## DISPEČIRANJE VOZILA

## PRAVILA DISPEČIRANJA BAZIRANA NA JEDNOM ATRIBUTU

- Dispečiranje vozila bazirano na samo jednom kriterijumu/parametru. Parametri mogu biti
  - rastojanje (bazirano na rastojanju)
  - dužina reda (bazirano na radnoj normi)
  - vreme čekanja na utovar (bazirano na vremenu) ili drugi kriterijumi kakvo je pravilo bazirano na dostupnosti vozila.
- **Pravila dispečiranja bazirana na rastojanju** dispečiraju vozila na osnovu rastojanja ili vremena putovanja. Ova kategorija obuhvata pravila poput
  - najkraće vreme putovanja (rastojanje)-prva(STT(D)F) ili najbliža radna stanica-prva(NWF) i
  - najbliže vozilo prvo (NVF).
- Prema pravilu najkraće vreme putovanja prvo (STTF) vozilo se šalje najbližem tovaru koji treba da se transportuje. Blizina tovara može biti definisana u skladu sa vremenom putovanja ili rastojanjem. Ovo pravilo dovodi do malo praznog vremena putovanja vozila ali je osetljivo na prostorni raspored pretovarnih lokacija u objektu.
- **Pravila dispečiranja bazirana na radnoj normi** razmatraju veličinu reda (radnih normi ili radnih stanica). Mogu se uvesti nekoliko pravila veličine reda kakva su
  - pravilo maksimalne veličine izlaznog reda (MOQS) i
  - pravilo minimalnog preostalog prostora u izlaznom redu (MROQS)

- Pravilo MOQS dispečira vozilo radnoj stanici sa najvećim brojem tovara koji čekaju da budu sakupljeni u izlaznom redu. MROQS dispečira vozila radnoj stanici sa minimalnim preostalim prostorom u izlaznom redu. Cilj ovog pravila jeste da smanji mogućnost prenatrpanosti reda ili blokiranja radne stanice.
- **Pravila dispečiranja bazirana na vremenu** dispečiraju vozila na bazi vremena čekanja na zadatak. Ova pravila obuhvataju
  - pravilo prvi došao-prvi opslužen (FCFS) i
  - dva modifikovana prvi došao-prvi opslužen pravila (MFCFS, MODFCFS)
- Kod pravila MFCFS, stanica dobija samo jedan zahtev za kretanjem istovremeno, tako da može imati najviše jedan aktivan zahtev za kretanjem. Pravilo MODFCFS razlikuje se od MFCFS pravila pošto pokušava da smanji nepotrebno prazno vreme putovanja, dozvoljavajući vozilu da prevaziđe FCFS pravilo uvek kada pronađe nedodeljen zahtev za kretanjem u tački destinaciji.

#### **MULTI-ATRIBUTIVNA PRAVILA DISPEČIRANJA**

- Dispečiranje vozila korišćenjem više od jednog parametra. U osnovi ona prevazilaze pravila dispečiranja sa jednim atributom. Na primer Jeong i Randhawa (2001) predlažu multi-atributivna pravila dispečiranja koja koriste tri parametara:
  - prazno pređeno rastojanje vozila
  - preostali prostor u ulaznom puferu i
  - preostali prostor u izlaznom puferu radi odluke koji teret treba transportovati vozilom

- Oni koriste i jedan dodatni model čekanja kako bi izračunali težine za parametre članova.

### HIJERARHIJSKA PRAVILA DISPEČIRANJA

- Ovaj tip pravila dispečiranja tipičan je za proizvodne sisteme gde se dodata vrednost tokom procesa proizvodnje uzima u obzir kada se donosi dispečing odluka.
- Kim i autori (1999) uvode pravilo hijerarhije bazirano na balansiranju radnih normi. Na prvom nivou određuje se prioritet zadatka, a na drugom nivou vozilo se dodeljuje zadatku sa najvišim prioritetom. Definisani su kompleksni indeksi prioriteta zasnovani na balansiranju radnih normi između mašina (dominantni faktor) i hitnosti zadatka.

### PRAVILA DISPEČIRANJA NA BAZI UNAPRED POZNATOG PERIODA ILI PRERASPODELA ZADATAKA VOZILA (PREČE PRAVO)

- Bozer i Yen (1996) uvode dva pravila dispečiranja koja uzimaju u obzir preraspodelu zadatka vozila koja se kreću. To su
  - modifikovani najkraće vreme putovanja-prvo (MOD STTF) i
  - dispečiranje uređaja bazirano na naredbama ( $B^2-D^2$ )

- Pravilo MOD STTF slično je STTF pravilu u smislu da dodeljuje prazna vozila zahtevima za kretanjem zasnovanim na blizini vozila i utovarne lokacije i svako vozilo ima samo jedan zahtev istovremeno.
- Razlika je ta što prazno vozilo može biti preraspoređeno na drugi zahtev za kretanjem ili jedno prazno vozilo može "osloboditi" drugo prazno vozilo. Ukoliko vozilo putuje "neangažovano" na dodeljenu destinaciju može biti preraspoređeno na nov zahtev u skladu sa nekim specifičnim uslovima.
- Pravila dispečiranja na bazi unapred poznatog perioda koriste neke napredne informacije o teretima kako bi bila u mogućnosti da u kratkom roku dispečiraju vozila.