

۳-۳ مسیریابی موجودی با در نظر گرفتن کالای بازگشتی

با توجه به بررسی تحقیقات مطرح شده سال‌های اخیر در رابطه با مسائل مسیریابی موجودی و لجستیک معکوس و کمبودهای این دو حوزه با ادغام این دو مسئله در ذیل به طرح مسیریابی موجودی با در نظر گرفتن بازگشت کالا که سبب ایجاد این تحقیق است پرداخته شده است:

۳-۳-۱ فرضیات

۱. هر مسیر توسط یک وسیله حمل پیموده می‌شود.
۲. محصولات بازگشتی به همان انبار اولیه باز می‌گردند و درصدی از انبار جهت محصولات بازگشتی می‌باشد.
۳. مسیر مورد پیمایش هر وسیله از انبار شروع و به همان انبار ختم می‌شود.
۴. تقاضا قطعی است.
۵. میزان محصول بازگشتی درصدی از محصولات ارسالی می‌باشد.
۶. هزینه‌ها ثابت است.
۷. وسایل نقلیه مشابه و هم ظرفیت هستند.

به این مفرک، بر پایه آیین نامه ثبت و اشاعه پیشنهادها، پایان نامه‌ها و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و سایت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات فناوری به شماره ۱۹۵۹۲۹ و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۲) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدفهای علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۲۸) و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۳-۳-۲ مجموعه‌ها

- V : مجموعه تمام گره‌ها اعم از مشتریان و تامین‌کننده
- V' : مجموعه تمام گره‌های مشتریان
- T : مجموعه تمام دوره‌ها اجرای مدل
- P : مجموعه تمام محصولات جهت توزیع
- P_r : مجموعه تمام محصولات جهت بازگشت

۳-۳-۳ پارامترها

- Q : ظرفیت وسیله حمل و نقل
- α : نرخ کالای بازگشتی
- C_{ip} : ظرفیت نگهداری موجودی محصول p برای مشتری i ام
- x_{ip}^t : میزان کالای نوع p آماده توزیع در دوره t
- d_{ip}^t : میزان تقاضای مشتری i ام در دوره زمانی t برای محصول p
- h_{pr} : هزینه نگهداری محصول بازگشتی p_r
- h_{ip} : هزینه نگهداری موجودی برای گره i و محصول p
- C_{ij} : هزینه پیمایش مسیر بین دو گره i و j

۳-۳-۲ مجموعه‌ها

- V : مجموعه تمام گره‌ها اعم از مشتریان و تامین‌کننده
- V' : مجموعه تمام گره‌های مشتریان
- T : مجموعه تمام دوره‌ها اجرای مدل
- P : مجموعه تمام محصولات جهت توزیع
- P_r : مجموعه تمام محصولات جهت بازگشت

۳-۳-۳ پارامترها

- Q : ظرفیت وسیله حمل و نقل
- α : نرخ کالای بازگشتی
- C_{ip} : ظرفیت نگهداری موجودی محصول p برای مشتری i ام
- x_p^t : میزان کالای نوع p آماده توزیع در دوره t
- d_{ip}^t : میزان تقاضای مشتری i ام در دوره زمانی t برای محصول p
- h_{pr} : هزینه نگهداری محصول بازگشتی pr
- h_{ip} : هزینه نگهداری موجودی برای گره i و محصول p
- c_{ij} : هزینه پیمایش مسیربین دو گره i و j
- M : عددی بزرگ

۳-۳-۴ متغیرها

- I_{ip}^t : موجودی در هر زمانی t برای گره i و محصول p
- I_{ip}^t : موجودی تامین کننده در دوره زمانی t برای محصول p
- I_{pr}^t : موجودی محصول بازگشتی pr در دوره زمانی t
- q_{ip}^t : تعداد کالای نوع p فرستاده شده برای مشتری i ام در دوره p
- q_{pri}^t : تعداد کالا بازگشتی pr از مشتری i ام در دوره زمانی t
- z_i^t : حجم بار کامیون پس از خروج از گره i ام در دوره t ام

۳-۳-۵ متغیر باینری

- x_{ij}^t : اگر ضلع (i,j) در دوره t در مسیر وسایل حمل و نقل تامین کننده طی می‌شود مقدار یک می‌گیرد و در غیر اینصورت مقدار صفر.

- y_i^t : متغیر باینری، در صورتی که مشتری i ام در دوره t خدمت بگیرد برابر با یک می‌شود و در غیر اینصورت صفر.

۳-۳-۶ بیان مدل ریاضی

$$Minimize \sum_{t \in T} \sum_{i \in v} \sum_p I_{ip}^t h_{ip} + \sum_{t \in v} \sum_{j \in v, i < j} \sum_{t \in T} c_{ij} x_{ij}^t + \sum_t \sum_{pr} I_{pr}^t h_{pr}$$

- x_{ij}^t : اگر ضلع (i,j) در دوره t در مسیر وسایل حمل و نقل تامین کننده طی می‌شود مقدار یک می‌گیرد و در غیر اینصورت مقدار صفر.

- v_i^t : متغیر باینری، در صورتی که مشتری i ام در دوره t خدمت بگیرد برابر با یک می‌شود و در غیر اینصورت صفر.

• $\mathcal{V}_i^t$: متغیر باینری، در صورتی که مشتری t نام در دوره t خدمت بگیرد برابر با یک می‌شود و در غیر اینصورت صفر.

۳-۳-۶ بیان مدل ریاضی

$$\text{Minimize } \sum_{i \in v} \sum_{t \in \mathcal{T}} \sum_p I_{ip}^t h_{ip} + \sum_{i \in v} \sum_{j \in v, i < j} \sum_{t \in \mathcal{T}} c_{ij} x_{ij}^t + \sum_t \sum_{pr} I_{pr}^t h_{pr}$$

Subject to:

$$I_{ip}^t = I_{ip}^{t-1} + r_p^t - \sum_{i \in v'} q_{ip}^t \quad \text{for } t \in \mathcal{T}, \quad p \in P \quad .1$$

$$I_{ip}^t \geq 0 \quad \text{for } t \in \mathcal{T}, p \in P \quad .2$$

$$I_{ip}^t = I_{ip}^{t-1} + q_{ip}^t - d_{ip}^t \quad \text{for } i \in v', \quad t \in \mathcal{T}, p \in P \quad .3$$

$$I_{ip}^t \geq 0 \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p \in P \quad .4$$

$$I_{ip}^t \leq C_{ip} \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p \in P \quad .5$$

$$q_{ip}^t \geq C_{ip} y_i^t - I_{ip}^{t-1} \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p \in P \quad .6$$

$$q_{ip}^t \leq C_{ip} - I_{ip}^{t-1} \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, \quad p \in P \quad .7$$

$$q_{ip}^t \leq C_{ip} y_i^t \quad \text{for } i \in v', \quad t \in \mathcal{T}, p \in P \quad .8$$

$$z_i^t - q_{jp}^t + q_{jpr}^t \leq z_j^t + (1 - x_{ij}^t)M \quad \text{for } i, j \in v', \quad t \in \mathcal{T}, p \in P, \quad p_r \in P_r \quad .9$$

$$\sum_p \sum_{i \in v} q_{ip}^t \leq Q y_i^t \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p \in P \quad .10$$

$$\sum_{j \in v', i < j} x_{ij}^t + \sum_{j \in v', i > j} x_{ji}^t = r y_i^t \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T} \quad .11$$

$$\sum_{i \in \varphi} \sum_{j \in \varphi, i < j} x_{ij}^t \leq \sum_{i \in \varphi} y_i^t - y_m^t \quad \text{for } \varphi \subseteq v, t \in \mathcal{T}, m \in \varphi \quad .12$$

$$q_{pri}^t = \alpha q_{ip}^{t-1} \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p \in P, \quad p_r \in P_r \quad .13$$

$$I_{ipr}^t = I_{ipr}^{t-1} + q_{ipr}^t - \alpha \sum_{i \in v'} q_{ip}^t \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p \in P, p_r \in P_r \quad .14$$

$$I_{pr}^t = 0 \quad \text{for } t \in \mathcal{T}, p_r \in P_r \quad .15$$

به این ممرک بر پایه این‌ها است و اقتضا پیشنهاددهنده، پیمان‌نامه‌ها و رسانه‌های تصمیمات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در اینها (وزارت علوم، تحقیقات فناوری به شماره ۱۵۱۳۳۹/۵۵ تاریخ ۱۳۹۵/۵/۵) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (تج) در پژوهشگاه علوم و فنون (آرکایو) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کلیه حقوق پدیدآوران و تنها برای هدفهای علمی، آموزشی، پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۹۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

۴۰

$$z_i^t \leq Q \quad \text{for } i \in v, t \in \mathcal{T} \quad .16$$

$$I_{pr}^t \geq 0 \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p_r \in P_r \quad .17$$

$$q_{ip}^t \geq 0 \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p \in P \quad .18$$

$$q_{pri}^t \geq 0 \quad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p_r \in P_r \quad .19$$

$$x_{ij}^t \in \{0, 1\} \quad \text{for } i \in v, i \neq j, \quad t \in \mathcal{T} \quad .20$$

$$y_i^t \in \{0, 1\} \quad \text{for } i \in v, t \in \mathcal{T} \quad .21$$

$$z_i^t \geq 0 \quad \text{for } i \in v, t \in \mathcal{T} \quad .22$$

۴۰

$$z_i^t \leq Q \qquad \text{for } i \in v, t \in \mathcal{T} \tag{۱۶}$$

$$l_{pr}^t \geq \cdot \qquad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p_r \in P_r \tag{۱۷}$$

$$q_{ip}^t \geq \cdot \qquad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p \in P \tag{۱۸}$$

$$q_{pri}^t \geq \cdot \qquad \text{for } i \in v', t \in \mathcal{T}, p_r \in P_r \tag{۱۹}$$

$$x_{ij}^t \in \{ \cdot, ۱ \} \qquad \text{for } i \in v, i \neq j, \quad t \in \mathcal{T} \tag{۲۰}$$

$$y_i^t \in \{ \cdot, ۱ \} \qquad \text{for } i \in v, t \in \mathcal{T} \tag{۲۱}$$

$$z_i^t \geq \cdot \qquad \text{for } i \in v, t \in \mathcal{T} \tag{۲۲}$$

۷-۳-۳ تابع هدف

۷-۳-۳ تابع هدف

- هزینه نگهداری موجودی برای تمامی گره ها: $\sum_{i \in V} \sum_{t \in T} h_{pi} I_{ip}^t$
- هزینه جابجایی: $\sum_{i \in V} \sum_{j \in V, i < j} \sum_{t \in T} c_{ij} x_{ij}^t$
- هزینه نگهداری کالای بازگشتی: $\sum_t h_{pr} I_{pr}^t$

از بیان ریاضی فوق می‌توان اینگونه اهداف مدل را توصیف کرد:

- کاهش هزینه‌های موجودی
- کاهش هزینه‌های حمل و نقل و ارسال
- کاهش مسافت طی شده

۳-۳-۸ محدودیت‌ها

محدودیت (۱) و (۲) سطح موجودی تامین‌کننده را معین می‌کند. همچنین محدودیت (۳) و (۴) سطح موجودی مشتریان را تعیین می‌کند، محدودیت (۵) اعمال حداکثر میزان موجودی می‌باشد به نحوی که این میزان در طی دوره و انتهای هر دوره نباید از ظرفیت موجودی فراتر رود. محدودیت (۶)، (۷) و (۸) بر روی میزان کالای ارسالی محدودیت قرار می‌دهد و بیانگر این است که کالا ارسال می‌شود در صورتیکه وسیله نقلیه آن مشتری را ملاقات کند، بیانگر تصمیمات

به این مندرک بر پایه آیین نامه ثبت و اشاعه پیشنهادها، پایان نامه ها، و رساله های تحصیلات تکمیلی و عیات از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات فناوری به شماره ۱۹۵۹۲۹ و تاریخ ۱۳۵۹/۹) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) به پژوهشگاه علوم و فنون (دانشگاه) فراهم شده و استفاده از آن بر رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف های علمی آموزشی، پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۹۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوطه دشنی است.

موجودی از نوع سفارشات تا یک سطح معین^۱ و میزان کالای ارسالی نباید از ظرفیت در دسترس انبار فراتر رود. محدودیت (۹) بیانگر این است حجم کالای اشغال شده وسایل نقلیه زمان ملاقات یک مشتری نباید از زمان ملاقات با مشتری قبلی فراتر رود. محدودیت (۱۰) این اطمینان را می‌دهد که مجموع کالای ارسالی از ظرفیت وسایل نقلیه فراتر نرود. محدودیت (۱۱) و (۱۲) این اطمینان را می‌دهد که در مسیر سرویس‌دهی به مشتریان هیچ دوری ایجاد نشود مگر دوری شروع حرکت وسیله نقلیه از تامین کننده باشد و خاتمه مسیر نیز بازگشت به تامین کننده باشد. محدودیت (۱۳) بیانگر این است که کالای بازگشتی حداقل درصدی از کالای ارسالی دوره قبل است. محدودیت (۱۴) این اطمینان را می‌دهد که میزان موجودی کالای بازگشتی در هر دوره حداکثر برابر با کالای ارسالی دوره قبل است. محدودیت (۱۵) در شروع دوره‌های زمانی به علت آنکه ارسال در دوره قبل‌تر از آن وجود نداشته موجودی کالای بازگشتی صفر است. محدودیت (۱۶) این اطمینان را می‌دهد که حجم بار اشغال شده در وسیله نقلیه هنگام ملاقات هر مشتری حداکثر برابر ظرفیت تعیین شده برای وسایل نقلیه است. محدودیت‌های (۱۷) الی (۲۲) بر روی متغیرها اعمال محدودیت‌های عدد صحیح و باینری را ایجاد می‌کند.

۳-۴ خلاصه

در این فصل مدلی تک هدفه با هدف کاهش هزینه‌های سیستم شامل هزینه‌های نگهداری و پیمایش مسیر که چند محصولی، چند دوره‌ای و با در نظر گرفتن بازگشت کالاهایی که پس از بازگشت در دوره بعد مورد استفاده قرار می‌گیرند، مطرح گردید. از آنجایی که مدل مطرح شده یک مدل NP-Hard است باید به جستجوی راه حل‌های ابتکاری بود تا بتوان در ابعاد بزرگ نتیجه مطلوبی از آن گرفت لذا در فصل‌های پیش رو به حل مدل پرداخته می‌شود.

محدودیت (۱) و (۲) سطح موجودی تامین‌کننده را معین می‌کند. همچنین محدودیت (۳) و (۴) سطح موجودی مشتریان را تعیین می‌کند، محدودیت (۵) اعمال حداکثر میزان موجودی می‌باشد به نحوی که این میزان در طی دوره و انتهای هر دوره نباید از ظرفیت موجودی فراتر رود. محدودیت (۶)، (۷) و (۸) بر روی میزان کالای ارسالی محدودیت قرار می‌دهد و بیانگر این است که کالا ارسال می‌شود در صورتیکی وسیله نقلیه آن مشتری را ملاقات کند، بیانگر تصمیمات

به این ممرک بر پایه آیین نامه ثبت و اشاعه پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها، رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات فناوری به شماره ۱۶۵۹۲۹/۹۶ تا تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فناوری (ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

موجودی از نوع سفارش تا یک سطح معین^۱ و میزان کالای ارسالی نباید از ظرفیت در دسترس انبار فراتر رود. محدودیت (۹) بیانگر این است حجم کالای اشغال شده وسایل نقلیه زمان ملاقات یک مشتری نباید از زمان ملاقات با مشتری قبلی فراتر رود. محدودیت (۱۰) این اطمینان را می‌دهد که مجموع کالای ارسالی از ظرفیت وسایل نقلیه فراتر نرود. محدودیت (۱۱) و (۱۲) این اطمینان را می‌دهد که در مسیر سرویس‌دهی به مشتریان هیچ دوری ایجاد نشود مگر دوری شروع حرکت وسیله نقلیه از تامین‌کننده باشد و خاتمه مسیر نیز بازگشت به تامین‌کننده باشد. محدودیت (۱۳) بیانگر این است که کالای بازگشتی حداقل درصدی از کالای ارسالی دوره قبل است. محدودیت (۱۴) این اطمینان را می‌دهد که میزان موجودی کالای بازگشتی در هر دوره حداکثر برابر با کالای ارسالی دوره قبل است. محدودیت (۱۵) در شروع دوره‌های زمانی به علت آنکه ارسال در دوره قبل‌تر از آن وجود نداشته موجودی کالای بازگشتی صفر است. محدودیت (۱۶) این اطمینان را می‌دهد که حجم بار اشغال شده در وسیله نقلیه هنگام ملاقات هر مشتری حداکثر برابر ظرفیت تعیین شده برای وسایل نقلیه است. محدودیت‌های (۱۷) الی (۲۲) بر روی متغیرها اعمال محدودیت‌های عدد صحیحی و باینری را ایجاد می‌کند.

۳-۴ خلاصه

در این فصل مدلی تک هدفه با هدف کاهش هزینه‌های سیستم شامل هزینه‌های نگهداری و پیمایش مسیر که چند محصولی، چند دوره‌ای و با در نظر گرفتن بازگشت کالاهایی که پس از بازگشت در دوره بعد مورد استفاده قرار می‌گیرند، مطرح گردید. از آنجایی که مدل مطرح شده یک مدل NP-Hard است باید به جستجوی راه حل‌های ابتکاری بود تا بتوان در ابعاد بزرگ نتیجه مطلوبی از آن گرفت لذا در فصل‌های پیش رو به حل مدل پرداخته می‌شود.