УДК 681.3

Л.В. Морозова

Національна академія Національної гвардії України, Харків

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЛОГІСТИЧНИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ РОЗГАЛУЖЕНИХ СПОЖИВАЧІВ

Пропонується алгоритм рішення задачі з формування системи логістичних органів для обслуговування розгалужених споживачів. Рішення включає розбивку вихідної множини розгалужених споживачів на щільні підмножини і розміщення в цих підмножинах логістичних органів.

Ключові слова: *розгалужені споживачі, логістичний орган, система логістичних органів, щільні множини розгалужених споживачів, координатна площина.*

Вступ

Постановка проблеми. Для виконання завдань з обслуговування розгалужених споживачів (РС), наприклад, постачання матеріально-товарних засобів до мережі магазинів, сервісне обслуговування споживачів на певній території, складське обслуговування тощо необхідно створювати систему логістичних органів (ЛОр). Такими органами можуть бути склади мережі магазинів, майстерні з обслуговування техніки, склади вищого рівня і т.п. Під системою ЛОр будемо розуміти їх кількість, закріплення за ними РС та територіальне розміщення відносно цих споживачів.

Основними вимогами до таких систем є, по-перше, необхідність обслуговування територіально розгалужених споживачів, по-друге, своєчасне обслуговування РС у місцях їх розміщення і, по-третє, обслуговуванні об'єктів раціональним (наявним) складом ЛОр.

Розгалужені споживачі мають "прив'язку" до місцевості, тобто координати, розташовані на певній відстані один від одного, територія їх розміщення має транспортну інфраструктуру. Тому для виконання означених вимог потребує вирішення задач формування груп (підмножини) РС, виділення для їх обслуговування ЛОр та визначення (або призначення) місця розташування таких органів для кожної з підмножин логістичних органів. Або для відомого складу ЛОр визначити групи РС, що будуть за ними закріплені.

Для формування таких груп РС і визначення місць розміщення в цих групах логістичних органів необхідно визначати показник та критерій сформованості таких груп, мати алгоритми рішення таких задач.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз розв'язання сформульованої задачі в різних постановках показав, що більшість з їх належить до класу комбінаторних, а методи їх вирішення розділяються на точні (комбінаторні) та наближені (включаючи евристичні) [1-4].

Комбінаторні методи передбачають повний або напрямків перебір усіляких варіантів формування груп РС. Методи відсікання можуть бути використані тільки в тих випадках, коли цільова функція та функції обмежень лінійні. Тоді задача може розглядатися як окремий випадок задачі цілочисельного лінійного програмування, що істотно звужує область їх практичного застосування [2, 3].

Можливість застосування комбінаторних методів з'являється при використанні підходу, заснованого на виключенні ізоморфних варіантів [5].

Серед наближених методів, що знаходять широке застосування при вирішенні задач великої розмірності, виділяються методи, що використають випадковий пошук, методи, що використають випадковий пошук з локальною оптимізацією і методи, схеми яких враховують специфіку задач. До числа найбільш ефективних методів цієї групи можуть бути віднесені методи еволюційного синтезу, реалізовані за допомогою генетичних алгоритмів [7, 8] і методи, що використають схеми покоординатної оптимізації [1, 6]. При цьому методи еволюційного синтезу добрі пристосовані для вирішення багатокритеріальних задач, але поступаються методам на основі покоординатної оптимізації за комплексним показником "точність-складність" при вирішенні задач за показником витрат. Методи на основі покоординатної оптимізації мають відносно низьку часову складність, однак не гарантують одержання точних рішень.

При вирішенні задач оптимізації множин РС з регулярним розподілом ЛОр отримані оцінки оптимальної кількості елементів вищого рівня в них на основі аналітичної моделі Нокера і попередньої оцінки витрат для систем з радіально-вузловими структурами [9]. При цьому територіальне розміщення таких органів не визначається.

Метою статті є розроблення алгоритму розв'язання задачі формування системи логістичних органів, які забезпечать обслуговування розгалужених споживачів.

© Л.В. Морозова

Виклад основного матеріалу

Множину РС з урахуванням того, що відомо їх географічні координати, можна представити зваженим графом $G=(Q,R)$ із множиною вершин $Q=\{q_i\}$, $i=\overline{1,n}$, кожна з яких відповідає певному споживачу, і множиною ребер $R=\{r_{ij}\}$, $i,j=\overline{1,n}$, з вагами r_{ij}, що визначають відстані між вершинами q_i і q_j.

Даний граф відрізняється від звичайного зваженого графа [10] тим, що його вершини мають фіксовані, задані координатами місця розташування на координатній площині, а кожна пара вершин q_i і q_j зв'язана ребром з вагою r_{ij}, що дорівнює відстані між відповідними точками площини. На координатній площині граф G візуально представляється множиною вершин $q_i \in Q$ із завданням координат $(x_i,\ y_i)$. Граф G може бути представлений також матрицею відстаней $R=\left\|r_{ij}\right\|_{n\times m}$, яка виходить на основі візуального подання графа. Матриця R є симетричною, а діагональні елементи $r_{ij}=0$.

При формуванні системи ЛОр, як правило, виникає задача розбивки множини РС на задане число підмножин так, щоб сума відстаней між ними в підмножинах була мінімальною. Тобто, необхідно одержати щільні підмножини РС.

З урахуванням позначень, прийнятих при визначенні графа G, розглянуту задачу можна сформулювати в такий спосіб.

Множину Q необхідно розбити на сукупність підмножин $\{Q_k\}$, $k=\overline{1,m}$, таких, що:

$$\sum_k \sum_{q_i,q_j \in Q_k} r_{ij} \to \min, \qquad (1)$$

$$\bigcup_k Q_k = Q, \quad Q_k \cap Q_s = \varnothing, \quad k,\ s=\overline{1,m}, \qquad (2)$$

$$|Q_k| \cong [n/m], \quad \sum_k |Q_k| = n. \qquad (3)$$

Умова (3) означає, що потужність множини Q_k приймається рівній величині n/m, округленій в більшу або меншу сторону так, щоб сума $|Q_k|$ становила величину n. Величини $|Q_k|$ можуть призначатися при дотриманні другої частини умови (3).

Умови (2) і (3) задають на множині Q множину W припустимих варіантів розбивки $\{Q_k\}$. Сукупність множин $\{Q\}_w$, що задовольняють умовам (2) і (3), відповідає деякому варіанту розбивки $w \in W$.

Розбивку $\{Q_k^*\}_w$ назвемо щільною розбивкою (ЩР) множини вершин Q графа G, якщо дана розбивка задовольняє критерію (1). Суму відстаней r_{ij} між вершинами q_i і q_j у множині Q_k позначимо величиною L_k, тобто $L_k=\sum_{q_i,q_j\in Q_k} r_{ij}$, а сумарну оцінку щільності для розбивки $\{Q\}_w$ позначимо величиною $L_w^*=\sum_k L_k$. Тоді щільній розбивці $\{Q_k^*\}_w$ буде відповідати оцінка щільності $L_w^*=\min\limits_{w\in W} L_w$.

Варто мати на увазі, що оцінка щільності L_w відноситься до розбивки $\{Q_k\}_w$ в цілому, а не до її окремих множин Q_k. Інакше кажучи, не можна сказати, що множини Q_k^* з оцінками L_k^* в ЩР $\{Q_k^*\}_w$ є щільними, а множини Q_k з оцінками L_k в розбивці $\{Q_k\}_w$ ні. Множина Q_k має певну оцінку щільності L_k незалежно від того, входить Q_k у ЩР чи ні.

При формуванні системи ЛОр задачу (1)–(3) треба вирішувати не тільки з метою одержання ЩР, але і для розміщення на координатній площині розташування вершин множини Q_k деякого ЛОр, для взаємодії з вершинами $q_i \in Q_k$. У цьому випадку як оцінку щільності множини Q_k можна використовувати сумарну відстань від вершин множини до ЛОр.

У множині Q_k логістичний орган будемо розглядати як додаткову вершину q_k з координатами $(x_k,\ y_k)$. Тоді оцінка щільності R_k множини Q_k відносно ЛОр q_k визначається виразом $R_k=\sum\limits_{q_i\in Q_k} r_{ik}$, де r_{ik} – відстань від вершини q_i до ЛОр q_k. Аналогічно оцінкам L_w і L_w^* вводяться оцінки $R_w=\sum\limits_k R_k$ для розбивок $\{Q_k\}_w$ і оцінки $R_w^*=\min\limits_{w\in W} R_w$ для ЩР $\{Q_k^*\}_w$.

Приймемо, що координати $(x_k,\ y_k)$ ЛОр q_k для множини Q_k приблизно визначаються як центри мас, тобто

$$x_k = 1/\mu_k \sum_{q_i\in Q_k} x_i, \quad y_k = 1/\mu_k \sum_{q_i\in Q_k} y_i, \qquad (4)$$

де μ_k – число вершин у множині Q_k.

Якщо за умовами задачі ЛОр можуть або повинні бути розміщені тільки в одній з вершин відповідної множини Q_k, то при використанні оцінок R_w критерій вирішення задачі запишеться у вигляді:

$$\sum_k \sum_{q_i\in Q_k} r_{ik} \to \min. \qquad (5)$$

Щодо використання оцінок L і R варто відмітити, що вони не суперечать одна одній, тобто мінімізація оцінки L відповідає мінімізації оцінки R і навпаки. Надалі будемо розглядати задачу в постановці (5), (2), (3) з обчисленням координат ЛОр за виразом (4).

Розглянемо одну з можливих розбивок $\{Q_k\}_w$. У множинах Q_k згідно (4) визначені координати ЛОр q_k. Вирішимо задачу закріплення вершин множини Q за ЛОр так, щоб за кожним логістичним органом q_k було закріплено μ_k вершин, а сума відстаней, що зв'язують ЛОр із закріпленими на ними вершинами, була б мінімальною.

Введемо змінну x_{ik} = 1, якщо вершина q_i закріплена за ЛОр q_k, x_{ik} = 0, у противному випадку. Задачу закріплення вершин за ЛОр запишемо як задачу математичного програмування:

$$\min R = \sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{m} r_{ik} x_{ik}\ , \tag{6}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ik} = \mu_k\ , \quad k = \overline{1, m}\ , \tag{7}$$

$$\sum_{k=1}^{m} x_{ik} = 1\ , \quad i = \overline{1, n}\ . \tag{8}$$

Умова (7) забезпечує закріплення за кожним ЛОр q_k рівно μ_k вершин. За умовою (8) кожна вершина закріплюється за одним із обраних ЛОр. Критерій (6) відповідає мінімальній оцінці R_W деякої розбивки, отриманій в результаті вирішення задачі (6)-(8), виходячи із заданого варіанта розміщення ОПЕ. Задача (6)-(8) займає проміжне положення між задачею лінійного програмування транспортного типу і задачею про призначення [11].

Вирішення задачі (6)-(8) приводить до одного із двох результатів, що принципово відрізняються. В одному з них закріплення вершин за ЛОр повністю відповідає розбивці $\{Q_k\}_W$. У цьому випадку за кожним логістичним органом q_k закріпилися вершини множини Q_k. Дане рішення відповідає ситуації, коли в розбивці $\{Q_k\}_W$ вершини множини Q відносно ЛОр q_k, $k = \overline{1, m}$, закріпилися найкращим чином і при цьому розбивка $\{Q_k\}_W$ виявилася найкращою щодо прийнятого розташування ЛОр q_k на координатній площині. Таке розташування ЛОр варто вважати стійким. Слід відмітити, що стійке розташування сукупності ЛОр $\{q_k\}$ завжди зв'язується із сукупністю значень $\{\mu_k\}$. При цьому взаємно однозначна відповідність між $\{q_k\}$ і $\{\mu_k\}$ може встановлюватися довільно.

Інший результат вирішення задачі (6)-(8) відповідає ситуації, коли відбувається зміна деяких або всіх множин Q_k, тобто має місце перерозподіл вершин між даними множинами. Нові множини, позначимо їх Q'_k, очевидно утворять розбивку з більш високою оцінкою щільності, тобто $R'_{W'} \le R_W$. Дійсно, оцінка $R'_{W'}$, отримана в результаті вирішення задачі (6)-(8), не може бути більше оцінки R_W, тому що це означало б, що рішення задачі (6)-(8) не є оптимальним, тобто гірше вихідної розбивки $\{Q_k\}_W$. Отже, між оцінками щільності розбивок $\{Q'_k\}_{W'}$ і $\{Q_k\}_W$ повинне виконуватися одне зі співвідношень – $R'_{W'} < R_W$ або $R'_{W'} = R_W$. Співвідношення $R'_{W'} = R_W$ відповідає розглянутій вище ситуації, при якій перерозподіл вершин між множинами Q_k не відбувся, або має місце дві різних розбивки $\{Q'_k\}_{W'}$ і $\{Q_k\}_W$ з рівними оцінками щільності. Співвідношення $R'_{W'} < R_W$ однозначно вказує на те, що вершини між множинами Q_k перерозподілилися, і це привело до покращання оцінки щільності нової розбивки.

У множинах Q'_k нової розбивки залишилися ЛОр, встановлені для множин Q_k вихідної розбивки. Ці ЛОр не відповідають реальним виконавчим елементам множин Q'_k. Тому з'являється можливість обчислити нові місця розташування ЛОр і покращати оцінку щільності $R'_{W'}$. З огляду на перенос ЛОр на нові місця, розбивка $\{Q'_k\}_{W'}$ розглядається як вихідна, а задача (6)-(8) вирішується щодо нових логістичних органів в надії одержати розбивку $\{Q''_k\}_{W''}$ з оцінкою щільності $R''_{W''} < R'_{W'}$.

Перенос ЛОр і вирішення задачі (6)-(8) доцільно повторювати доти, поки знов отримана розбивка не збіжиться з попередньою, прийнятою в якості вихідної. Це буде означати, що отримане стійке розташування ЛОр, що відповідає стійкій розбивці, яку будемо називати локальною щільною розбивкою (ЛЩР). Знайдена стійка розбивка названа локальною, тому що немає підстав вважати, що серед множини розбивок W вона має найкращу оцінку щільності R^*_W, тобто є щільною розбивкою.

Алгоритм вирішення задачі (5), (2), (3) зводиться до одержання ЛЩР. Для цього використовується метод послідовного поліпшення розбивок. Для застосування методу необхідно сформувати вихідну розбивку та визначити ЛОр в її множинах.

В [12] запропоновано як вихідну сукупність ЛОр використовувати m вершин $q_i \in Q$. Такі вершини названі полюсами. В якості полюсів будемо приймати довільну сукупність із m вершин. Зокрема, це можуть бути вершини множини Q з першими m номерами.

Вихідна розбивка отримується шляхом вирішення задачі (6)-(8) відносно прийнятої сукупності полюсів. При цьому в умові (7) значення μ_k зменшується на 1, тому що полюси входять у відповідні множини Q_k. Алгоритм одержання ЛЩР буде включати наступні операції.

1. Задається координатна площина і на ній фіксується розташування вершин множини Q. Координати вершин формуються автоматично за місцем фіксації вершин. Нумерація вершин здійснюється відповідно до послідовності їх фіксації.

2. Обчислюються відстані r_{ij} між вершинами q_i і q_j, формується матриця відстаней R.

3. Задається значення m і відповідно до умови (3) обчислюються величини μ_k, $k = \overline{1, m}$. Величини

μ_k можуть призначатися з дотриманням співвідношення $\sum_k \mu_k = n$.

4. У множині Q виділяється сукупність полюсів, які приймаються в якості вихідних ЛОр і відносно них формується матриця відстаней для вирішення задачі (6)-(8). Для виділення полюсів використовується одне з простих формальних правил [12], або в множині Q вибирається m вершин довільним образом. При необхідності сукупність полюсів може призначатися користувачем.

5. Відносно полюсів вирішується задача (6)-(8) і визначаються множини Q_k вихідної розбивки.

6. Для кожної множини Q_k за виразом (4) визначаються координати ЛОр q_k і формується нова матриця відстаней для вирішення задачі (6)-(8).

7. Відносно ЛОр, отриманих у п.6, вирішується задача (6)-(8), формується нова розбивка.

8. Аналізується результат вирішення задачі (6)-(8). Якщо нова розбивка відрізняється від вихідної, то нова розбивка приймається в якості вихідної і виконуються п. 6 і 7. Якщо нова і вихідна розбивки збігаються, то це означає, що отримана локальна щільна розбивка.

Висновки

1. Розроблений алгоритм рішення шуканої задачі за умови визначеної кількості ЛОр дозволяє формувати таку ж кількість локальних щільних підмножин РС або на підставі визначеної кількості локальних щільних підмножин РС визначати кількість ЛОр.

2. Розроблено алгоритм одержання локальних компактних розбивок множини РС, в основу якого покладений метод послідовного поліпшення розбивок.

3. Алгоритм є ефективним інструментом для наближеного рішення задачі розбивки множини розгалужених споживачів на підмножини рівної потужності з мінімальною сумарною оцінкою щільності.

Список літератури

1. Петров, Э.Г. Территориально распределенные системы обслуживания / Э.Г. Петров, В.П. Писклакова, В.В. Бескоровайный. – К.: Техника, 1992. – 208 с.

2. Комяк, В.М. Алгоритм оптимізації розміщення пожежних депо при проектуванні нових районів міст (реконструкції існуючих) [Текст] / В.М. Комяк, А.Г. Косе, О.К. Пандорін, О.В. Панкратов // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К.: КНУБА, 2000. – Вип. 68. – С. 62-64.

3. Годлевский, М.Д. Принципы структурно-параметрического синтеза модели транспортно-складской системы транснациональной логистической компании [Текст] / В.В. Дыбская // Вестник НТУ "ХПИ".- 2009.- №10.- С. 23-30.

4. Годлевский, М.Д. Модель статической задачи структурного синтеза корпоративной информационно-вычислительной системы [Текст] / М.Д. Годлевский, В.Ю. Воловщиков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 2/2 (20). – С. 110-113.

5. Свирщева, Э.А. Структурный синтез неизоморфных систем с однородными компонентами / Э.А. Свирщева. – Х.: ХТУРЭ, 1998. – 256 с.

6. Бескоровайный, В.В. Модификация метода направленного перебора для синтеза топологии систем с радиально-узловыми структурами [Текст] / В.В. Бескоровайный // АСУ и приборы автоматики. – 2003. – Вып. 123. – С. 110-116.

7. Бескоровайный, В.В. Генетический алгоритм структурной оптимизации централизованных многоуровневых ИВС [Текст] / В.В. Бескоровайный, З.А. Имангулова // Вестник ХГПУ: Новые решения в современных технологиях. – 2000. – Вып. 83. – С. 4-7.

8. Годлевский, М.Д. СППР управления развитием корпоративной информационно-вычислительной системы при нечеткой исходной информации [Текст] / М.Д. Годлевский, В.Ю. Воловщиков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 2/2 (26). – С. 3-6.

9. Бескоровайный, В.В. Оценка оптимального количества подсистем при проектировании систем с регулярно распределенными элементами [Текст] / В.В. Бескоровайный // АСУ и приборы автоматики. – 2003. – Вып. 122. – С. 141-144.

10. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 432 с.

11. Дегтярев, Ю.И. Методы оптимизации. – М.: Советское радио, 1980. – 272 с.

12. Морозова, Л.В. Формування топології логістичної системи [Текст] / Л.В. Морозова // Системи управління, навігації та зв'язку. - 2016. - Вип. 1(37). – С. 32-37.

Надійшла до редколегії 1.02.2017

Рецензент: д-р екон. наук, доц. К.А. Фісун, Національна академія Національної гвардії України, Харків.

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ РАЗВЕТВЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Л.В. Морозова

Предлагается алгоритм решения задачи по формированию системы логистических органов для обслуживания разветвленных потребителей. Решение включает разбивку исходного множества разветвленных потребителей на плотные подмножества и размещение в этих подмножествах логистических органов.

***Ключевые слова**: разветвленные потребители, логистический орган, система логистических органов, плотные множества разветвленных потребителей, координатная плоскость.*

FORMATION OF SYSTEM OF LOGISTICAL SERVICE BODIES FOR EXTENSIVE CONSUMERS

L.V. Morozova

The algorithm of solution to the problem of formation of system of logistical agencies for the maintenance of extensive consumers. The solution includes a breakdown of the initial set of branched consumers on a dense subset and placement in these pameginam logistics bodies.

***Keywords:** branched-chain consumers, on logistics, system logistics bodies, dense many branched consumers coordinate plane.*