



ПОДХОДИ ПРИ ИЗБОР МЕСТОПОЛОЖЕНИЕТО НА ЛОГИСТИЧНИТЕ ОБЕКТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ВЕРИГА НА ДОСТАВКИТЕ

Станислав Кътев, Кирил Карагъзов
stasi79@abv.bg; kkaragyzov@yahoo.com

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
ул. „Гео Милев” №158, София 1574,
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** оптимални брой и локация на логистичните обекти, минимизиране на общите транспортни разходи, разходи за установяване на логистичните обекти*

***Резюме:** В доклада е направен анализ на съществуващи модели за избор на местоположението на логистичните обекти (ЛО), използвани при проектирането на веригата на доставките. Логистичните обекти могат да бъдат: производствени предприятия (доставчици) произвеждащи детайли и компоненти, производствени звена за асемблиране на различни компоненти, складове или дистрибуционни центрове. Като критерий за избор на местоположението на ЛО може да се използва минимизация на общите разходи с елементи: транспортни разходи, разходите за установяване на съоръженията, разходи за управление на запасите. Разгледани са модели за избор на местоположението на ЛО при постоянни разходи за установяването им без и с ограничение на капацитета, както и проблемите възникващи при интегриране и на моделите за маршрутизиране на превозните средства. В този случай се комбинират три компонента на проектирането на веригата на доставките: местоположение на съоръженията, разпределение на клиентите към ЛО и маршрутизация на превозните средства за обслужване на крайните потребители. В доклада е разгледан и подхода за добавяне като елементи разходите за гаранционни запаси в ЛО на веригата на доставки. Изборът на брой и локация на ЛО е стратегическо решение при проектирането структурата на веригата на доставките. Решенията на тези проблеми са от ключово значение за ефективно управление на веригата на доставките.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Решенията за мрежово проектиране на веригата на доставките включват оценка на ролята на логистичните обекти (ЛО), местоположение на производствените предприятия (П), складове (С), дистрибуционни центрове (ДЦ) и разпределение на капацитета и пазарите към всеки логистичен обект. Тези решения за мрежово проектиране оказват значително въздействие върху ефективността, защото те определят конфигурацията на веригата на доставките [1].

Ефикасното и ефективно придвижване на материалните потоци от суровини, материали, незавършено производство и готови продукти, през различните логистични обекти на логистичната верига: производствени предприятия (доставчици) произвеждащи детайли и компоненти, производствени звена за асемблиране на различни компоненти, складове или дистрибуционни центрове, търговци на дребно и клиентите е от изключително важно значение в днешната конкурентна среда. При управлението на една логистична верига се засягат не само решенията относно придвижването на стоките, но също и решенията относно:

- ◆ къде да се произведе, какво да се произведе и колко да се произведе на всяко място;
- ◆ какво количество от стоки да се поддържа в запас на всеки етап от процеса;
- ◆ как да се споделя информацията между различните страни (етапи) в процеса;
- ◆ къде да се разположат складовете, производствените предприятия и дистрибуционните центрове;

Решенията за избор на местоположението на логистичните обекти са от изключителна важност за реализиране на ефективно управление на веригата на доставките и са от стратегическо значение при проектиране на веригата на доставки, защото с техния избор се предопределя за много години напред структурата на логистичната система [2], [3]. Независимо, че техния избор е в зависимост от решенията свързани с транспорта и управлението на запасите в (ЛО), то при фиксирана структура на логистичната система, проблемите за оптимизация на разходите свързани с транспорта, управлението на запасите, маршрутизацията на превозните средства са от тактическо значение и могат оперативно да се изменят в зависимост от промяната на структурата на търсенето.

В научната литература е обективизиран извода, че при поотделно разглеждане на проблемите свързани с избор на местоположение на ЛО, маршрутите на превозните средства и ниво на запасите в ДЦ и ПП, резултатите са доста различни в сравнение с тези които са получени при интегрално отчитане на трите проблема, чрез своите разходи в обща целевата функция.

В доклада са представени някои традиционни модели за избор на местоположението на логистичните обекти. Първоначално е представен класическия модел за избор на местоположението на логистичните обекти при фиксирани (постоянни) разходи. Разширяването на този модел с включването на допълнителни параметри на логистичната верига позволява за по-точно представяне на процеса на доставка и решенията за управление на запасите.

2. ИЗБОР НА МЕСТОПОЛОЖЕНИЕТО НА ЛОГИСТИЧНИТЕ ОБЕКТИ ПРИ ПОСТОЯННИ РАЗХОДИ ЗА ТЯХНОТО УСТАНОВЯВАНЕ [2]

Моделът за избор на местоположението на логистичните обекти (ЛО) при постоянни разходи за тяхното установяване е основа на много от моделите за избор на местоположението на ЛО, които се използват за определяне на структурата на логистичната верига. Неговата постановка е следната:

Зададена е мрежа от клиенти с известно местоположение и търсене, потенциалните местоположения за установяване на ЛО със съответните постоянни разходи при включване в логистичната система и транспортните разходи за единица продукт между ЛО и клиентите. Решението на проблема се свежда до намиране на местоположенията на ЛО и транспортната схема между ЛО, и клиентите, такива че да се минимизират общите разходи за установяването на ЛО и транспортирането, при пълно обслужване търсенето на всички клиенти.

Входните данни са следните:

I – множество на местоположения на клиентите, с индекс i ;

J – множество на потенциалните местоположения на ЛО (центрове за обслужване), с индекс j ;

h_i - търсене на клиент $i \in I$;

f_j - постоянни разходи за установяване на ЛО (обслужващи центрове) в потенциално местоположение $j \in J$;

c_{ij} - транспортните разходи за превоз на единица продукт между потенциалното местоположение на ЛО $j \in J$ и клиент $i \in I$;

Управляващи променливи:

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{- ако е установено потенциално местоположение на ЛО (обслужващ център)} \\ & j \in J; \\ 0 & \text{- ако не е установено;} \end{cases}$$

Y_{ij} - относителен дял на търсенето на клиент $i \in I$, обслужен от ЛО $j \in J$;

При така приетите означения моделът за избор на местоположение на ЛО при постоянни разходи за установяването им може да бъде формулиран по следния начин Balinski [4],[2],[3]:

$$(1) \quad \text{Minimize} \quad \sum_{j \in J} f_j X_j + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} h_i c_{ij} Y_{ij}$$

При ограничение:

$$(2) \quad \sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (3) \quad Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J$$

$$(4) \quad X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5) \quad Y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J$$

С функцията (1) се минимизира сумата на общите разходи, които включват постоянни разходи за установяване на ЛО и транспортните разходи. С ограничение (2) се изпълнява условието, че всяко търсене на клиент $i \in I$ обслужен от ЛО $j \in J$ е напълно задоволено. С ограничение (3) се изразява невъзможността търсенето от клиент $i \in I$ да бъде обслужен от ЛО $j \in J$ докато този ЛО не бъде отворен (установен). Ограничение (4) е за цяла стойност на променливите X_j , а ограничение (5) осигурява положителни стойности на променливата Y_{ij} .

Тази формулировка предполага, че ЛО (логистичните обекти – обслужващи центрове) нямат ограничение в капацитета, но оптималното решение, назначава цялото търсене от всеки клиент да се обслужва от един ДЦ, т.е. променливата Y_{ij} приема цели стойности. Предлагат се различни подходи за решаване на проблема с избор на местоположение на ЛО (Логистичните обекти-обслужващи центрове) при постоянни разходи без ограничение на капацитета. Използват се евристични алгоритми, като например се започва с установяване на едно възможно местоположение на ЛО и допълване или изключване на ЛО (в случая обслужващи центрове), докато не се намери подобрене в минимизиращата функция на общите разходи. Такъв е подхода на Erlenkotter [5], които предлага DUALOC процедура за намиране на оптимални решения на проблема, а Daskin [6] използва подход на Лагранжова релаксация на целочислените променливи за решаване на проблема за избор на местоположение на ЛО (обслужващите центрове) при фиксирани (постоянни) разходи за установяване без ограничение на капацитета.

Естественото развитие на алгоритмите за решаване на проблема е когато в ограниченията на целевата функция се добавят ограничения за капацитета на ДЦ. В

този случай, евристичните алгоритми не могат да гарантират назначаването на търсенето на даден клиент на един единствен дистрибуционен център [2],[3].

При избрана локация и брой на ДЦ и ЛО в логистичната система, решението се свежда до решаване на класическа транспортна задача.

Основните изводи свързани с анализа на многобройните публикации разгледани в [2], [3] излагат подходите за решаване на така дефинирания проблем за избор на местоположение на ЛО са:

- при малка размерност на потенциалните местоположения за избор, е възможно точно решение на модел дефиниран като оптимизационна задача на смесено целочислено линейно програмиране;
- при по-голяма размерност, акцентът е върху достатъчно добри евристични модели за избор на подходящите брой и локация на ЛО, като прикрепването на потребителите към ЛО е стандартна задача на назначенията.

При наличието на подходящи евристични методи за решаване на гореизложения проблем при голяма размерност, логично е да се разшири логистичната система, като в нея се включат и производствените предприятия. Сложността на решавания проблем е пак в подходът за избор на потенциалния брой и местоположение на ЛО (ДЦ и ПП), докато транспортните количества между логистичните обекти, при известна тяхна структура, се получават като решение на класическата еднопродуктова или многопродуктова транспортна задача. Geoffrion и Graves [7] формулират разширен смесен целочислено линейен мултипродуктов модел за избор на местоположение на ЛО при постоянни разходи за установяване на логистичен обект и ограничения на капацитета на ЛО. Очевидно реализацията на точно решение на така формулираната задача на смесено целочислено линейно програмиране зависи от размерността на проблема. Такова решение е възможно, когато потенциалните кандидати за избор на местоположение са ограничен брой, което предполага предходен модел за предварителен подбор.

Едно от възможните направления за усъвършенстване на този клас модели е свързан с включване на нелинейни разходи за установяване. Основанието за това е, че когато даден ЛО има голям „гравитационен” потенциал, т.е. съкращава значително транспортната работа в логистичната система, но има ограничение в капацитета, е логично да се предвиди възможност за разширяването му. Такъв подход води до формулиране на проблема, като задача на целочисленото нелинейно програмиране.

3. ИНТЕГРАЦИЯ НА МОДЕЛИТЕ ЗА ИЗБОР НА МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ НА ЛОГИСТИЧНИТЕ ОБЕКТИ И МАРШРУТИЗАЦИЯ [2]

Интегрираните проблеми свързани с определяне на местоположението на логистичните обекти и маршрутизацията на превозните средства комбинират три компонента на проектирането на логистичната верига: местоположение на обслужващия център, назначение на клиентите към центровете и маршрутизация на превозните средства. В литературата има редица модели описващи проблемите свързани с интегрирането на моделите за установяване на местоположението и маршрутизацията [8], [9]. В [10] Daskin и Perl разширяват модела на Geoffrion и Graves [7], като в целевата функция се включват целочислени променливи определящи маршрута (включването или невключването) на даден участък от транспортната мрежа към маршрута. Дефинирани са ограничения на капацитета на превозните средства и ограничения за дължината на всеки маршрут и осигуряващи използването на маршрута. Отново задачата макар и значително усложнена е в класа на задачи на смесено целочислено линейно програмиране. Всички изводи и констатации от предходния раздел са валидни в много по голяма степен и за тази формулировка на проблема.

Проблема се задълбочава значително, когато клиентите и потенциалните ЛО (ПП и ДЦ) са много на брой, а транспортната мрежа позволява използването на множество алтернативни маршрути. Решението, ако е възможно, води до усложнена схема на маршрутизация на превозните средства.

При известна потенциална структура логистичната система интегрираното разглеждане на назначението на клиентите на ЛО и избора на транспортните маршрути може да се формулира като задача на намиране на максимален поток с минимална стойност в дадена транспортна мрежа свързваща логистичните обекти. Този подход на дефиниране на логистичната система, като реална транспортна мрежа, свързваща ЛО, с циркулация на потока в нея, с ограничения на генерирания от доставчиците, обслужвания в ЛО, получавания от клиентите поток, както и на използвания капацитет на ЛО е разгледан в [11] и решен с използване на „алгоритъм на дефекта”.

Основният проблем отново остава в дилемата или да се използват смесени целочислени линейни модели, но с подходяща размерност или разработката на евристичен модел за предварителен подбор на ограничен потенциален брой и местоположение на ЛО. При наличието на адекватен такъв модел и като втора последваща след него стъпка е сравнително лесно решима задачата за определяне на структурата и маршрутите на материалния поток в логистичната система.

4. ИНТЕГРАЦИЯ НА МОДЕЛИТЕ ЗА ИЗБОР НА МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ НА ЛОГИСТИЧНИТЕ ОБЕКТИ И УПРАВЛЕНИЕ НА ЗАПАСИТЕ [2]

Проблемът за избор на местоположение на ЛО при фиксирани (постоянни) разходи за установяването им игнорира въздействието на запасите върху решението за избор на местоположението на ЛО. В този случай при класическия модел за избор на местоположение на ЛО при постоянни разходи се отчитат разходите за установяване на центрoвете, които нарастват пропорционално на нарастването на броя на обслужващите центрове и средните разходи за транспорт, които намаляват приблизително с корен квадратен от броя на откритите обслужващи центрове. Разходите за запаси се увеличават приблизително с корен квадратен от броя на откритите дистрибуционни центрове или от N . При въвеждане на друга променлива в минимизиращата разходите функция, отчитаща разходите за запаси това ще доведе до намаляване на броя на откритите обслужващи центрове. Такъв модел е разработен и представен от Shen [12], Shen, Coullard и Daskin [13], който минимизира сумата от разходите за установяване на обслужващ център, транспортните разходи до потребителите (приема се те да бъдат линейни на превозеното количество) и разходите за работния и гаранционния запас в дистрибуционните центрове и разходите за превоз от предприятието до дистрибуционния център (които може да включват постоянните разходи за поръчка) [2],[3].

Характерната особеност на модела е включването на нелинейна компонента в целевата функция отразяваща разходите свързани с нивото на запасите в логистичната система. Този модел разглежда, макар и агрегирано, комплексно взаимодействието на основните фактори в логистичната система, поради което накратко се представя в доклада.

Входни данни:

μ_i, σ_i^2 - средна стойност и дисперсия на търсенето за единица време от клиент $i \in I$;

c_{ij} - годишни разходи за доставка на единица продукт от обслужващ център $j \in J$ до потребител $i \in I$;

ρ_j - постоянни разходи за поръчка на обслужващ център $j \in J$, както и фиксирани транспортни разходи за единица превозена от доставчика (предприятието) до центъра $j \in J$, а също и разходи за съхранение на работния запас в центъра $j \in J$;

ω_j - изразява времето за поръчка от доставчика (предприятието) до обслужващия център $j \in J$, както и разходите за съхранение на гаранционните запаси;

На базата на тези означения е формулиран LMRP модела от Shen [2],[3]:

$$(6) \quad \text{Minimize} \quad \sum_{j \in J} f_j X_j + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} c_{ij} \mu_i Y_{ij} + \sum_{j \in J} \rho_j \sqrt{\sum_{i \in I} \mu_i Y_{ij}} + \sum_{j \in J} \omega_j \sqrt{\sum_{i \in I} \sigma_i^2 Y_{ij}}$$

При ограничения:

$$(7) \quad \sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I; \quad (8) \quad Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J;$$

$$(9) \quad X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J; \quad (10) \quad Y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I; \forall j \in J;$$

Във функция (6) първото събираемо представлява постоянните разходи за установяване на обслужващ център, второто събираемо представлява разходите за превоз от дистрибуционния център до клиентите, третото събираемо представлява разходите за съхранение на запасите, като включва и постоянните за поръчка разходи за превоз от доставчика (предприятието) до дистрибуционния център, последното събираемо представлява разходите за гаранционни запаси в дистрибуционните центрове.

Един важен качествен извод от модела на Shen, е че с увеличаване на разходите за съхранение на запасите като процент от общата стойност на продукта, оптималния брой на ЛО е много по-малък, от броя който се получава при модела за избор на местоположение при постоянни разходи без отчитане на капацитета, който игнорира въздействието от управлението нивото на запасите.

Анализът на използваните подходи за решаване на проблема в научната литература позволява да се направят следните изводи, свързани с направленията за бъдещо развитие на моделите :

- 1) необходимост от разработване или използване модел за предварителен подбор на потенциалните ЛО, базирани на подходи за оценка на „гравитационния потенциал“;
- 2) включване на нелинейни разходи за установяване при необходимост от увеличаване на капацитета на ЛО, когато това е свързано с допълнителна концентрация (намаляване на нивото на запасите) и транспортните разходи („гравитационен ефект“);
- 3) използване на подходите формулирани в [13] и [11], с включване в модела на реалната транспортна мрежа.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Chopra, S., Meindl, P., “Supply chain management – Strategy, Planning, and Operation”- 3rd ed., Printer: Hamilton Printing Company Inc., (2007)

[2] Daskin, M.S., Snyder L.V., Berger R.T., “Facility Location in Supply Chain Design”- Working paper, Northwestern University, Evanston, Illinois 60208-3119, U.S.A., December 2003 - <http://www.lehigh.edu/~lvs2/Papers/facil-loc-sc.pdf>

[3] Daskin, M.S., Snyder L.V., Berger R.T., Langevin A., Riopel D., “Logistics Systems Design and Optimization”- Facility Location in Supply Chain Design, Springer, 2005 edition (March 25, 2005)

[4] Balinski, M. L., .Integer Programming: Methods, Uses, Computation., *Management Science*, **12**, 253-313., 1965

- [5] Erlenkotter, D., .A Dual-Based Procedure for Uncapacitated Facility Location., *Operations Research*, **26**, pp. 992-1009., 1978
- [6] Daskin, M. S., Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications, John Wiley and Sons, Inc., New York. , 1995
- [7] Geoffrion, A. M. and G. W. Graves, .Multicommodity Distribution System Design by Benders Decomposition., *Management Science*, **20**:5, pp. 822-844., 1974
- [8] Min, H., V. Jayaraman and R. Srivastava, , .Combined Location-Routing Problems: A Synthesis and Future Research Directions., *European Journal of Operational Research*, 108, pp. 1-15. , 1998
- [9] Perl, J., .A Unified Warehouse Location-Routing Analysis., Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Northwestern University, Evanston, IL, 1983
- [10] Perl, J. and M. S. Daskin.,A Warehouse Location-Routing Problem., *Transportation Research*, **19B**:5, pp. 381-396., 1985
- [11] Карагъозов К., Размов Т., Варадинова Ю, Тодорова М., Чонкова А., „Impact of Natural Disasters on Transport Systems”- Студия, ВТУ ”Тодор Каблешков”, 03.2012
- [12] Shen, Z. J., .Efficient Algorithms for Various Supply Chain Problems., Ph.D. Dissertation, Department of Industrial Engineering and Management Sciences, Northwestern University, Evanston, IL 60208. ,2000
- [13] Shen, Z.-J. M., C. Coullard, and M. S. Daskin, .A joint location-inventory model., *Transportation Science*, **37**(1), pp. 40-55. , 2003
- [14] Карагъозов К., лекционен курс по „Основи на Логистиката” (

APPROACHES TO CHOOSE THE LOCATION OF LOGISTICS OBJECTS WHEN DESIGNING A SUPPLY CHAIN

Stanislav D. Katev, Kiril S. Karagyozov
stasi79@abv.bg, kkaragyozov@yahoo.com

*Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia,
BULGARIA*

Key words: *optimal number and location of logistics facilities minimize overall transportation costs, installation costs of logistics facilities.*

Abstract: *The report provides an analysis of existing models to choose the location of logistics objects (LO) used in the design of the supply chain. Logistics objects can be: production companies (suppliers) producing parts and components manufacturing units for the assembly of different components, warehouses or distribution centers. As a criterion for selecting the location of the LO can be used to minimize the total cost of items: transportation costs, costs for establishment facilities, management costs of inventories. Models are considered to select the location of LO in fixed costs for setting them without and with limited capacity and the problems arising from the integration of models and routing of vehicles. In this case, combining three components to the design of the supply chain: location of equipment, allocation of customers to LO and routing of vehicles for servicing end users. The report is discussed and approaches for adding such items cost guarantee stocks in LO in the supply chain. The choice of the number and location of the logistics objects is strategic decision in designing the structure of the supply chain. Solutions to these problems are the key to effective management of the supply chain.*