

Network Design in Transportation Systems

طراحی شبکه در سیستم های حمل و نقل

دانشگاه کردستان، دکتر قادری

© 2007 Pearson Education 1-1

معرفی درس

- ◆ حمل و نقل نگهدارنده و تسهیل کننده فعالیت های اقتصادی و اجتماعی است. حمل و نقل بار، به عنوان بخش بسیار مهمی از اقتصاد، از انواع فعالیت ها با اطمینان از جابه جایی کارا و در دسترس بودن به موقع مواد اولیه و کالاهای تمام شده پشتیبانی می نماید.
- ◆ این درس به بررسی مسائل طراحی شبکه های حمل و نقل بار در سه سطح **استراتژیک، تاکتیکال** و **عملیاتی** می پردازد. بدین منظور، در سطح استراتژیک تمرکز بیشتر بر روی مدل های مکان یابی معطوف خواهد شد. در مباحث تاکتیکال و عملیاتی به شبکه های حمل و نقل بار توسط جاده، راه آهن، و چندوجهی (ترکیبی) بیشتر می پردازیم. نهایتاً، ملاحظات بیشتری جهت حمل و نقل مواد خطرناک نظیر نفت خام و سایر محصولات پتروشیمی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

اهداف درس

- ◆ فهم مسائل مدیریتی مختلف در ارتباط با طراحی شبکه‌های حمل و نقل بار
- ◆ مرور کلی بر روی مدل‌های کلاسیک مکان‌یابی شبکه گسسته نظیر مدل‌های پوششی، مرکز و میانه
- ◆ بررسی و مطالعه مباحث تاکتیکال و عملیاتی در حمل و نقل بار جاده ای و ریلی
- ◆ فهم نکات ظریف و دقیق حمل و نقل چندوجهی Intermodal با تمرکز بر روی ترکیب ریل - کامیون.
- ◆ مطالعه و بررسی ملاحظات بیشتر جهت مواجهه با حمل مواد خطرناک نظیر نفت خام و سایر محصولات پتروشیمی

نتایج خروجی

- در انتهای ترم، انتظار می‌رود دانشجویان قادر باشند موارد زیر را فرا گرفته باشند:
- درک مباحث کلیدی در طراحی شبکه‌های حمل و نقل بار
 - توسعه مدل‌های ریاضی برای مکان‌یابی تسهیلات، و مسیریابی بار با استفاده از یک یا چند مد حمل و نقل
 - آشنایی با عناصر کلیدی ریسک و تکنیک‌های جهت مدیریت ریسک بار خطرناک

منابع درس

مطالب این درس از منابع مختلفی متشکل از کتاب‌های اصلی و مقالات مجلات معتبر می‌باشد. منابع مربوط به هر بحث در اختیار دانشجویان قرار می‌گیرد. طرح درس به همراه مطالب مطرح شده در طول ترم در سایت درس قرار داده شده است:

<https://sites.google.com/site/uokghaderi/net-s17>

ارزیابی

◆ امتحان پایانی (۴۰٪)

◆ پروژه (گزارش تحقیقاتی) (۶۰٪):

- مدل سازی مباحث مرتبط با طراحی شبکه
- متشکل از ارائه مطالب در کلاس و گزارش پایانی
- هدف از انجام این پروژه، ترغیب دانشجویان به مطالعه و بررسی یکی از مباحث مطرح در حوزه‌ی طراحی شبکه حمل و نقل بار می‌باشد. فرمت و نحوه‌ی تهیه گزارش نیز در اختیار دانشجویان قرار خواهد گرفت.

Topics Covered

0. Introduction

1. Network Design and Transportation in Supply Chain Management

- **Network Design in the Supply Chain**
 - S. Chopra and P. Meindl, 2007, Supply chain management, Strategy, Planning, and Operation, 3rd Ed., Pearson, Ch.05
- **Transportation in a Supply Chain**
 - S. Chopra and P. Meindl, 2007, Supply chain management, Strategy, Planning, and Operation, 3rd Ed., Pearson, Ch.13
- **Transportation Concept and Terminology**

2. Facility Location Models

- **Review the classical models: Covering, Median, Center, and ...**
 - Daskin, M., 2008, What you should know about location modeling, Naval Research Logistics (NRL), - Wiley Online Library

3. Basic Network Models

- **Network flow problems: Transportation, Shortest path, maximum flow, min cost flow, ...**
- **Vehicle Routing Problem and its variants**

4. Railroad Transportation System

- **Yard operations:**
 - Petersen, E.R. (1977a) "Railyard Modeling. Part I. Prediction of Put-Through Time", Transportation Science, 11, 37-49
- **Railcar grouping (blocking):**
 - Newton, H.N., Barnhart, C. and Vance, P.M. (1998) "Constructing railroad blocking plans to minimize handling costs", Transportation Science, 32, 330-345.
 - Ahuja, R.K., Jha, K.C. and Liu, J. (2007) "Solving real-life railroad blocking problems", Interfaces, 37, 404-419.
- **Routing:**
 - Crainic, T.G., Ferland, J.-A., and Rousseau, J.-M. (1984) "A tactical planning model for rail freight transportation", Transportation Science, 18, 165-184.
 - Crainic, T.G., Florian, M., and Leal, J.-E. (1990) "A model for the strategic planning of national freight transportation by rail", Transportation Science, 24, 1-24.

5. Multi-modal Transportation System

- Crainic, T.G. and Kim, K.W. (2007) "Intermodal Transportation in Handbook in Operations Research & Management Science (eds) C. Barnhart and G. Laporte, pages 467-477.
- Macharis, C. and Bontekoning, Y.M. (2004) "Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review", European Journal of Operational Research, 153, 400-416.
- SteadieSeiff, M., Dellaert, N.P., Nuijten, W., Woensel, T. Van and Raoufi, R. (2014), "Multimodal freight transportation planning: A literature review", European Journal of Operational Research, 233, 1-15.

6. Hazardous Material Transportation

- Erkut, E. and Verter, V. (1998) "Modeling of transport risk for hazardous materials", Operations Research, 46(5), 625-642.

Supply Chain Management (3rd Edition)

Chapter 5 Network Design in the Supply Chain

Outline

- ◆ Network Design Decisions
- ◆ Factors Influencing Network Design Decisions
- ◆ Framework for Network Design Decisions

© 2007 Pearson Education

5-9

Network Design Decisions

- ◆ **Facility role:** What role should each facility play? What processes should be performed at each facility?
- ◆ **Facility location:** Where should facilities be located?
- ◆ **Capacity allocation:** How much capacity should be allocated to each facility?
- ◆ **Market and supply allocation:** What markets should each facility serve? Which supply sources should feed each facility?
- ◆ (How many plants, DC's, retail stores, etc. to build?)

© 2007 Pearson Education

5-10

Network Design Decisions

Facility role

- ❖ Decisions concerning the role of each facility are significant because they determine the amount of flexibility the supply chain has in changing the way it meets demand.
- ❖ **Toyota:**
 - ❖ Before 1997, each plant was capable of serving only its local market.
 - ❖ Asian economy went into a recession in the late 1990s
 - ❖ The local plants in Asia had idle capacity that could not be used to serve other markets that were experiencing excess demand.
- ❖ Toyota has added flexibility to each plant to be able to serve markets other than the local one.

© 2007 Pearson Education

5-11

Network Design Decisions

Facility location

- ❖ These decisions have a long-term impact on a supply chain's performance because it is very expensive to shut down a facility **or** move it to a different location.
- ❖ **Toyota:**
 - ❖ Built its first U.S. assembly plant in Lexington, Kentucky, in 1988.
 - ❖ This plant proved very profitable when the **yen** strengthened and cars produced in Japan were too expensive to be cost competitive with cars produced in the United States.
 - ❖ This plant allowed Toyota to be responsive to the U.S. market while keeping costs low.
- ❖ **Amazon.com:**
 - ❖ It very difficult to be cost effective in supplying books throughout the US when it had a single warehouse in Seattle.
 - ❖ Thus, the company has added warehouses in other parts of USA.

© 2007 Pearson Education

5-12

Network Design Decisions

Capacity allocation

- ❖ Capacity allocation can be **altered more easily than location**, capacity decisions do tend to stay in place for several years.
- ❖ Allocating **too much capacity** to a location results in poor utilization, and as a result, higher costs.
- ❖ Allocating **too little capacity** results in poor responsiveness **if** demand is not satisfied, or high cost **if** demand is filled from a distant facility.

© 2007 Pearson Education

5-13

Network Design Decisions

Allocation of supply sources and markets to facilities

- ❖ It affects total production, inventory, and transportation costs incurred by the supply chain to satisfy customer demand.
- ❖ This decision should be reconsidered when the market conditions or plant capacities change.
- ❖ It can be only happened, if the facilities are flexible enough to serve different markets and receive supply from different sources.
- ❖ **Amazon.com:**
- ❖ Built new warehouses and changed the markets supplied by each warehouse as its customer base has grown.
- ❖ **As a result, it has lowered costs and improved responsiveness.**



© 2007 Pearson Education

5-14

Factors Influencing Network Design Decisions

- ◆ Strategic
- ◆ Technological
- ◆ Macroeconomic
- ◆ Political
- ◆ Infrastructure
- ◆ Competitive
- ◆ Logistics and facility costs

© 2007 Pearson Education

5-15

Factors Influencing Network Design Decisions

Strategic

❖ Firms focus on:

- ❖ Cost : tend to find the lowest-cost location for their manufacturing facilities.
 - ❖ **Apparel producers**: in the early 1980s, many producers moved all their manufacturing out of the US to countries with lower labor costs, in hope of lowering costs.
- ❖ Responsiveness: tend to locate facilities closer to the market and may select a high-cost location if this choice allows the firm to react quickly to changing market needs.
 - ❖ **Zara**: has a large fraction of its production capacity in Portugal and Spain despite the higher cost there. The local capacity allows the company to respond quickly to changing fashion trends in Europe.
- ❖ **Convenience stores Vs. discount stores**
- ❖ **Nike**: satisfy a wide variety of demands in the most profitable manner.
 - ❖ In China and Indonesia focus on cost, In Korea and Taiwan focus on responsiveness and produce higher priced new designs.

© 2007 Pearson Education

5-16

Factors Influencing Network Design Decisions Technological

(1) خصوصیات تکنولوژی های تولید در دسترس

- ❖ نیازمند هزینه های ثابت زیاد سرمایه گذاری:
- ❖ **نظیر تولید تراشه های کامپیوتر**
- ❖ احداث تعداد محدودی از کارخانجات با ظرفیت بالای تولید
- ❖ نیازمند هزینه های ثابت پایین جهت سرمایه گذاری:
- ❖ **نظیر تولید بطری های نوشابه در شرکت کوکا کولا**
- ❖ ارجعیت به کارخانجات محلی جهت تولید آن به واسطه هزینه های پایین حمل و نقل

(2) انعطاف پذیری تکنولوژی های تولید

- ❖ اثرگذاری بر روی یکپارچه سازی و ترکیب شبکه
- ❖ انعطاف پذیری زیاد: تولید در تعداد محدودی از کارخانجات بزرگ
- ❖ انعطاف پذیری بسیار کم: در صورت متفاوت بودن محصول در کشورهای مختلف، تولید در کارخانجات محلی جهت جوابگویی به تقاضای محلی آن کشور

© 2007 Pearson Education

5-17

Factors Influencing Network Design Decisions Macroeconomic: Tariffs and Tax Incentives

شامل: تعرفه های گمرکی، مالیات، نرخ تبدیل ارز، و سایر فاکتورهای خارج از کنترل موسسه

- ❖ تعرفه های گمرکی:
- ❖ تعرفه های گمرکی بالا: عدم برآورده نمودن بازار محلی توسط شرکت ها یا احداث کارخانه جات تولیدی در داخل کشور

❖ سوال: اثرات تعرفه های بالا بر روی تعداد و ظرفیت تسهیلات تولیدی در موسسات بین المللی؟

- ❖ معافیت های مالیاتی (سایر معافیت ها و ارائه سوبسید جهت خدمت رسانی به نیروی کار):
- ❖ یکی از فاکتورهای کلیدی در تصمیم گیری نهایی برای انتخاب مکان تسهیلات
- ❖ **General Motors:** built its Saturn facility in Tennessee primarily because of the tax incentives offered by the state.
- ❖ **BMW :** built its U.S. factory in Spartanburg, South Carolina

❖ در کشورهای در حال توسعه ایجاد نواحی تجارت آزاد Free trade zones برای تولید

محصولات جهت (صادرات / واکس؟)

- ❖ چین: دادن امتیازت بیشتر به شرکت ها جهت آوردن high-tech products و آوردن بهترین تکنولوژی موجود. **مثال:** شرکت Motorola، احداث کارخانه بزرگ تولید تراشه ها در چین

© 2007 Pearson Education

5-18

Factors Influencing Network Design Decisions

Macroeconomic: Exchange Rate and Demand Risk

شامل: تعرفه های گمرکی، مالیات، نرخ تبدیل ارز، و سایر فاکتور های خارج از کنترل موسسه

❖ ریسک نرخ ارز و تقاضا

❖ نوسانات نرخ ارز

❖ **مثال:** نوسان ارزش دلار از ۱۰۲ تا ۱۳۲ ین در سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ در ژاپن

❖ شرکتی که محصولاتش را در ژاپن تولید (با هزینه تولید بر حسب ین) و در آمریکای
فروشد (درآمد بر حسب دلار) با ریسک افزایش ارزش ین مواجه است.

افزایش ارزش ین --> افزایش هزینه تمام شده کالا بر حسب دلار --> کاهش سود شرکت

❖ راهکار: احداث کارخانجات در سراسر جهان توسط شرکت های ژاپنی در دهه ی ۸۰ به

واسطه افزایش ارزش ین (تا قبل از آن بیشتر ظرفیت تولیدی کارخانجات داخل ژاپن بود)

❖ نوسانات نرخ تقاضا به واسطه تغییرات اقتصادی کشورهای مختلف

❖ **مثال:** رکود اقتصادی در آسیا در بازه ی زمانی ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸

❖ راهکار: استفاده از ظرفیت تولیدی کارخانجات یک کشور جهت برآورده نمودن تقاضای

مشتریان سایر کشورها

© 2007 Pearson Education

5-19

انعطاف پذیر بودن کارخانجات جهت مواجهه با این شرایط

Factors Influencing Network Design Decisions

Political and Infrastructure

❖ فاکتورهای سیاسی

❖ احداث کارخانجات در کشورهایی با وضعیت پایدار سیاسی و ساختار مشخص قوانین تجارت و

مالکیت

❖ فاکتورهای زیرساخت:

❖ دسترسی پذیری به مکان های اداری، نیروی کار و ...

❖ نزدیکی به پایانه های حمل و نقل

❖ دسترسی به آزادراه، خدمات ریلی

❖ نزدیکی به بنادر و فرودگاهها

❖ یوتیلیتی محلی (برق، آب، گاز طبیعی و ...)

❖ **مثال:** احداث کارخانجات شرکت های بین المللی در چین نزدیک شهرهای Shanghai,

Tianjin, GuangZhu به واسطه وجود زیرساخت خوب (علیرغم هزینه نسبتاً بالای نیروی

کار و زمین)

© 2007 Pearson Education

5-20

Factors Influencing Network Design Decisions

Competitive

❖ فاکتورهای رقابتی

❖ تصمیم گیری برای احداث کارخانجات تولیدی در نزدیکی/دور از رقبا

❖ اثرات خارجی مثبت بین موسسات (منجر به سودمند شدن کلیه آنها)

❖ وجود این اثرات مثبت منجر به مکان یابی رقبا نزدیک به هم خواهد شد.

❖ مثال: ایستگاههای گاز و مغازه های خرده فروشی (سوپر مارکت های بزرگ) در کنار هم منجر

به تجمع مشتریان و افزایش تقاضا خواهد شد. ---> بهره مند شدن کلیه رقبا

❖ توسعه زیرساخت های مناسب در یک ناحیه در حال توسعه

❖ مثال: ورود شرکت Suzuki به عنوان نخستین تولید کننده اتومبیل به هند و توسعه شبکه عرضه

محلی ---- ورود سایر رقبا به هند و تولید اتومبیل در آنجا به جای وارد نمودن آنها به کشور

(با توجه به شبکه موجود)

Factors Influencing Network Design Decisions

Logistic and Facility Costs

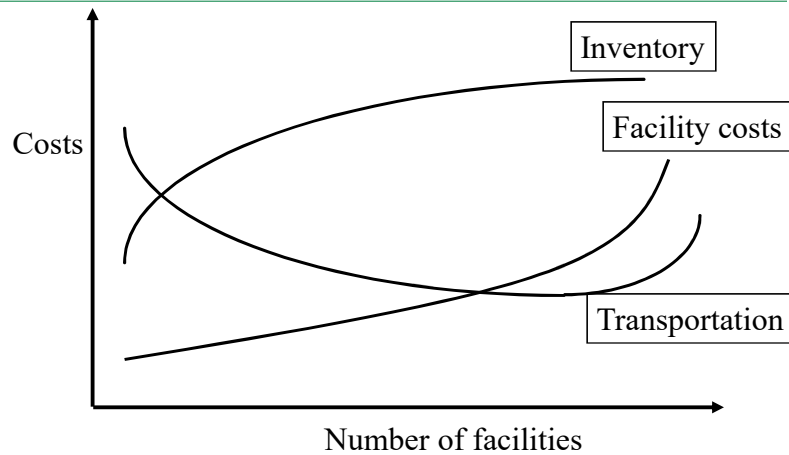
❖ متشکل از هزینه های:

❖ موجودی

❖ حمل و نقل

❖ تسهیلات

Costs and Number of Facilities

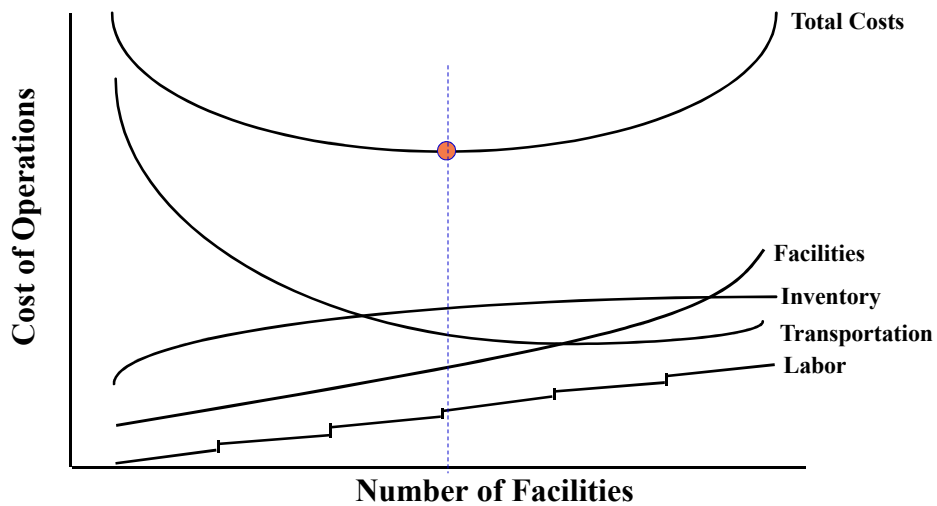


Where to locate? (Significant reduction in material weight or volume as a result of processing, Ex. **iron ore is processed to make steel**)

© 2007 Pearson Education

5-23

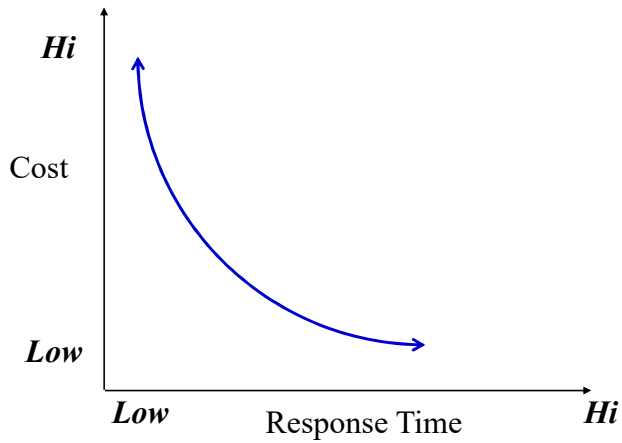
Cost Buildup as a Function of Facilities



© 2007 Pearson Education

5-24

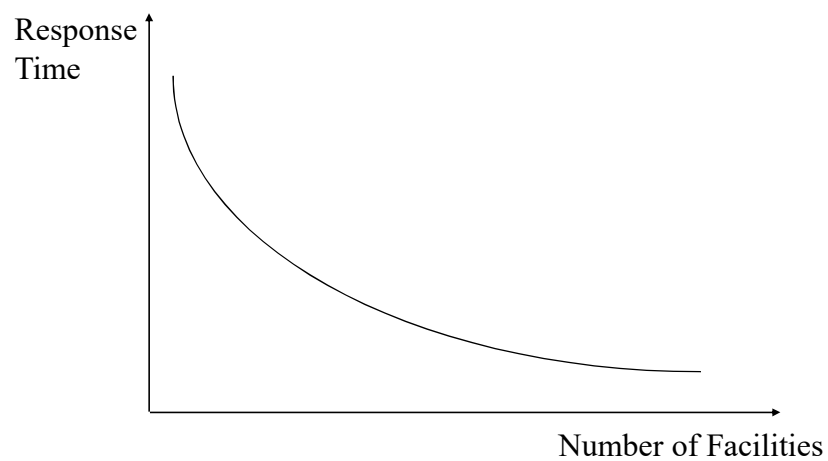
The Cost-Response Time Frontier



© 2007 Pearson Education

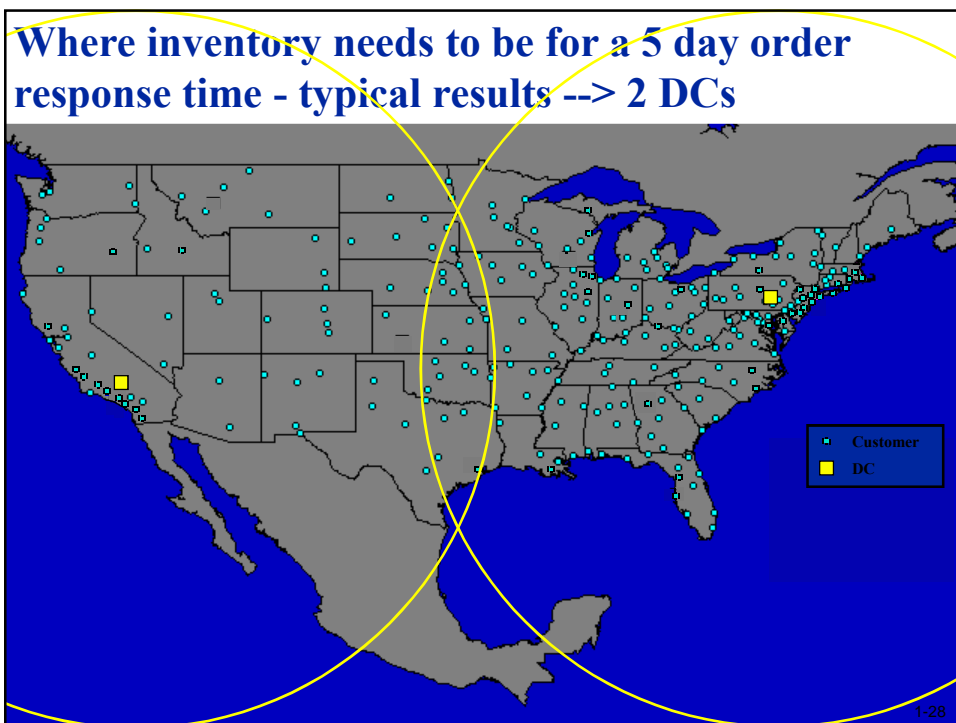
5-25

Service and Number of Facilities

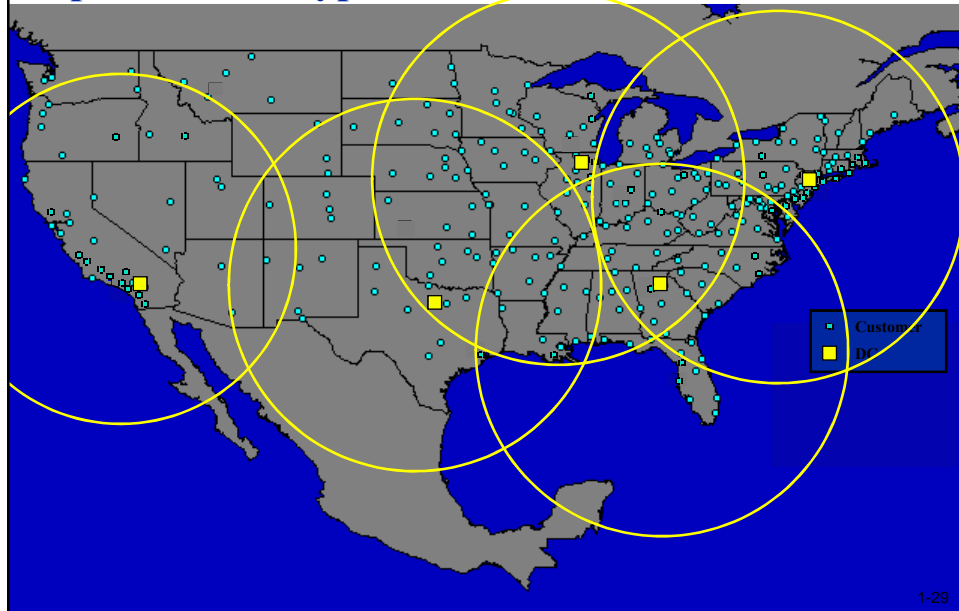


© 2007 Pearson Education

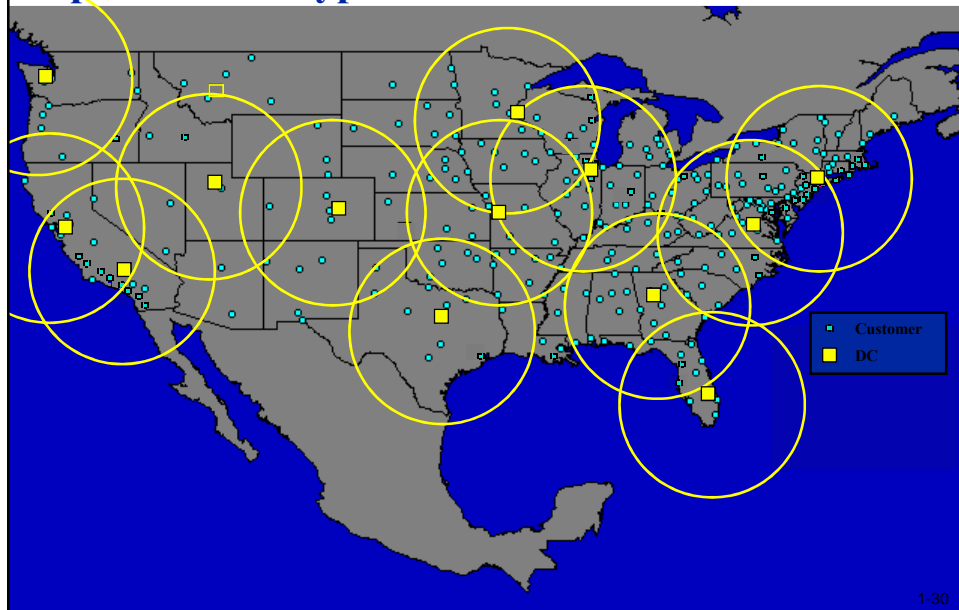
5-26



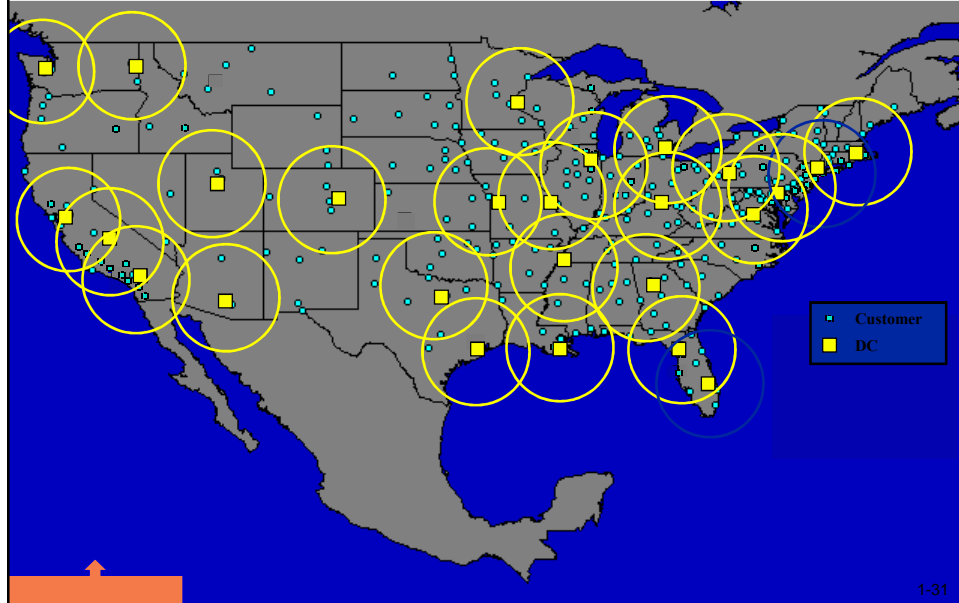
Where inventory needs to be for a 3 day order response time - typical results --> 5 DCs



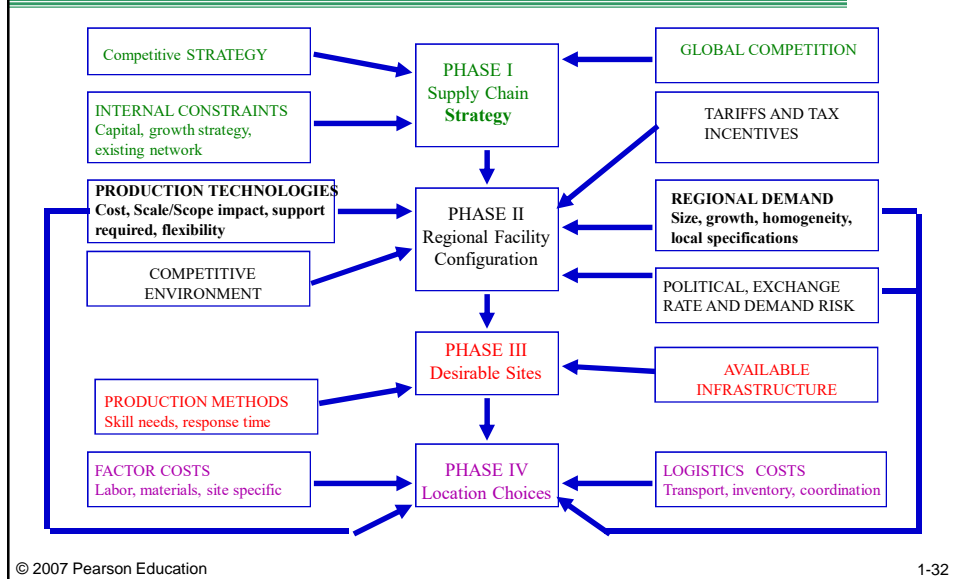
Where inventory needs to be for a next day order response time - typical results --> 13 DCs



Where inventory needs to be for a same day / next day order response time - typical results --> 26 DCs



A Framework for Network Design Decisions



© 2007 Pearson Education

1-32

Framework for Network Design Decisions

در طراحی شبکه زنجیره تأمین:

هدف: حداکثر نمودن منافع موسسه

با توجه به:

بر آورد نمودن نیازهای مشتری بر حسب تقاضا و زمان پاسخگویی

© 2007 Pearson Education

5-33

The Logistics Network

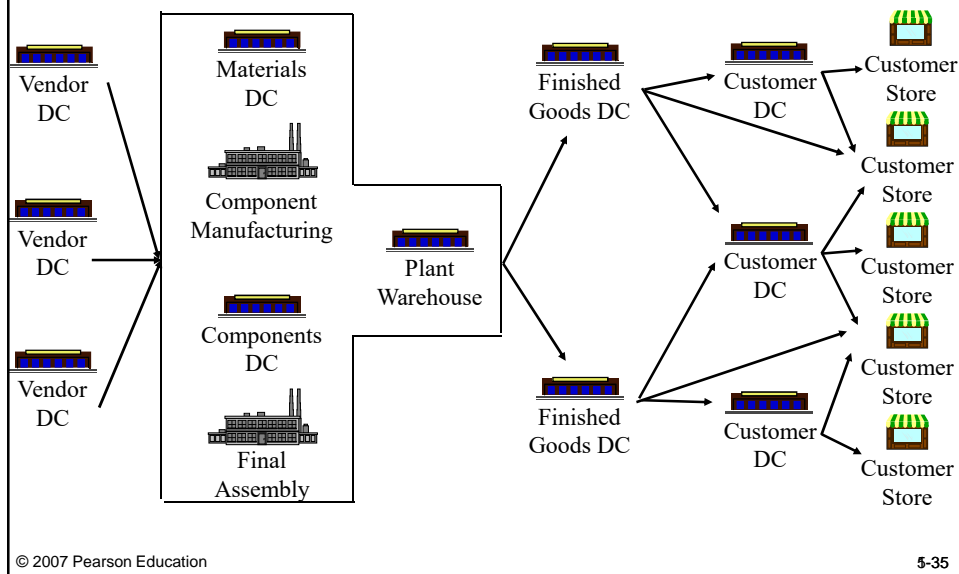
The Logistics Network consists of:

- ◆ Facilities:
Vendors, Manufacturing Centers, Warehouse/ Distribution Centers, and Customers
- ◆ Raw materials and finished products that flow between the facilities.

© 2007 Pearson Education

1-34

Conventional Network



Network Design

The Key Issues:

1. Number of warehouses
2. Location of each warehouse
3. Size of each warehouse
4. Allocation of products to the different warehouses
5. Allocation space for products in each warehouses
6. Allocation of customers to each warehouse

Network Optimization Models

- ◆ Allocating demand to production facilities
- ◆ Locating facilities
- ◆ Determining capacity

Key Costs:

- Fixed facility cost
- Transportation cost
- Production cost
- Inventory cost
- Coordination cost

Which plants to establish? How to configure the network?

© 2007 Pearson Education

1-37

Demand Allocation Model

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij}$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = D_j, j = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq K_i, i = 1, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0$$

◆ تقاضای هر کدام از بازارها توسط

کدامیک از کارخانجات تأمین گردد؟

◆ مواد اولیه کارخانجات از چه مراکز

عرضه ای تهیه گردد؟

x_{ij} = Quantity shipped from
plant site i to customer j

© 2007 Pearson Education

5-38

Plant Location with Multiple Sourcing

- ◆ $y_i = 1$ if plant is located at site i , 0 otherwise
- ◆ x_{ij} = Quantity shipped from plant site i to customer j

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n f_i y_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij}$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = D_j, j = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq K_i y_i, i = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n y_i \leq k; y_i \in \{0,1\}$$

© 2007 Pearson Education

5-39

Plant Location with Single Sourcing

- ◆ $y_i = 1$ if plant is located at site i , 0 otherwise
- ◆ $x_{ij} = 1$ if market j is supplied by factory i , 0 otherwise

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n f_i y_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m D_j c_{ij} x_{ij}$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^m D_j x_{ij} \leq K_i y_i, i = 1, \dots, n$$

$$x_{ij}, y_i \in \{0,1\}$$

© 2007 Pearson Education

5-40

Complexity of Network Design Problems

- ◆ Location problems are, in general, very difficult problems.
- ◆ The complexity increases with
 - the number of customers,
 - the number of products,
 - the number of warehouses located
 - the number of potential locations for warehouses,

© 2007 Pearson Education

1-41

Next Session

Supply Chain Management: Strategy, Planning,
and Operation -3/E: by S. Chopra and P.
Meindl

- ◆ Ch.13: Transportation in a Supply Chain

© 2007 Pearson Education

1-42