مدیریت عملیات

جلسه دوازدهم
طراحی ظرفیت و تسهیلات

استاد

دکتر سید امیر رضا ابطحی

عضو هیأت علمی دانشکده مدیریت

دانشگاه خوارزمی

اهداف آموزشی

- برنامه ریزی ظرفیت
- چیدمان های اصلی
- طراحی چیدمان های فرایند
- طراحی چیدمان های خدمات
- طراحی چیدمان های کالا
- چیدمان های ترکیبی

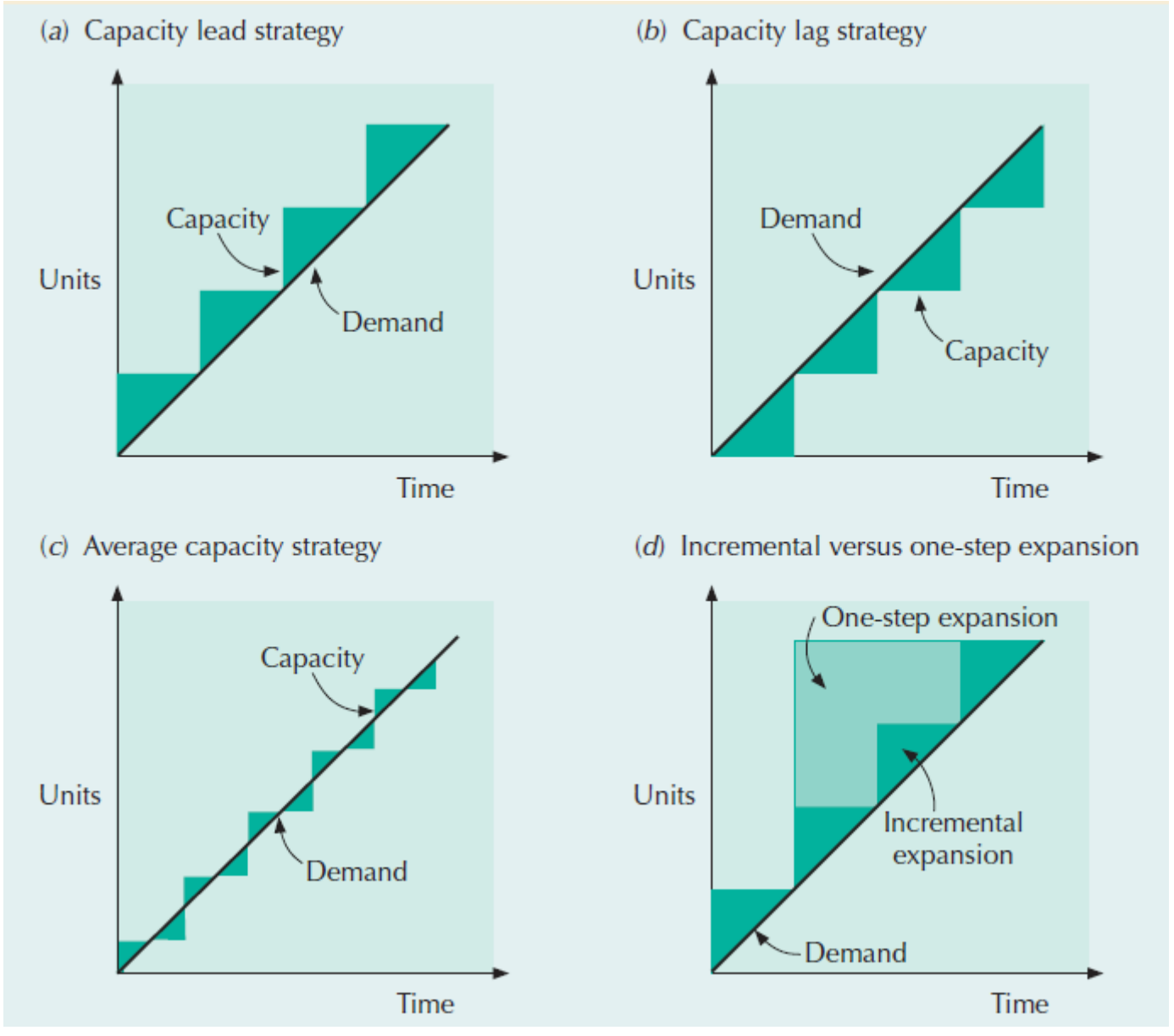
ظرفیت

- بالاترین قابلیت برای تولید
- برنامه ریزی ظرفیت
  - یک تصمیم استراتژیک بلندمدت است که سطوح کلی منابع شرکت را تعیین می کند.
  - زمان انجام کار، پاسخگویی به مشتری، هزینه های عملیاتی و توانایی شرکت برای رقابت را تحت تأثیر قرار می دهد.
  - ظرفیت ناکافی و ظرفیت بیش از اندازه هر دو مضر هستند.

استراتژی های گسترش ظرفیت

- استراتژی رهبری ظرفیت
  - ظرفیت با توجه به پیش بینی رشد تقاضا افزایش می یابد.
- استراتژی تأخیر ظرفیت
  - ظرفیت پس از رشد قطعی تقاضا افزایش می یابد.
- استراتژی متوسط ظرفیت
  - ظرفیت برای تطبیق با متوسط تقاضای مورد انتظار گسترش می یابد.

استراتژی های گسترش ظرفیت



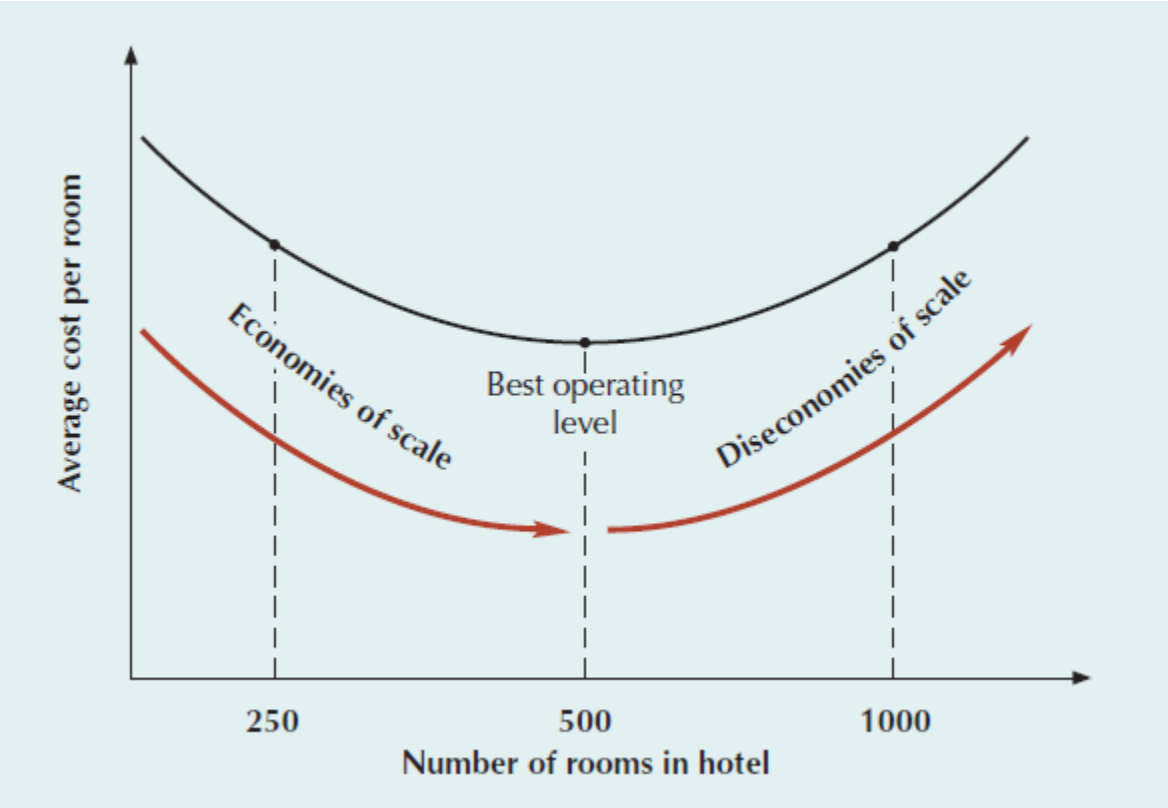
افزایش ظرفیت

- میزان افزایش ظرفیت به این عوامل بستگی دارد:
  - حجم و قطعیت تقاضای پیش بینی شده
  - اهداف استراتژیک
  - هزینه های توسعه و عملیات
- بهترین سطح عملیات
  - درصدی از استفاده از ظرفیت است که هزینه های هر واحد را به حداقل می رساند.
- ظرفیت احتیاطی
  - درصدی از ظرفیت است که برای رویدادهای پیش بینی نشده رزرو می شود.

صرفه به مقیاس

- صرفه به مقیاس
  - زمانی رخ می دهد که تولید یا عملیات در سطح بالا، باعث کاهش هزینه های هر واحد گردد.
    - هزینه های ثابت به تعداد بیشتری از محصولات سرشکن شود
    - هزینه های تولید یا عملیاتی با افزایش سطح تولید به طور خطی افزایش نیابد
    - امکان استفاده از تخفیف مقداری برای خرید مواد خام وجود داشته باشد
    - کارایی عملیات با کسب تحربه کارمندان و کارگران بیشتر شود
- عدم صرفه به مقیاس
  - بالاتر از سطح معینی از تولید عدم صرفه به مقیاس اتفاق می افتد.
    - ماشین ها و تجهیزات با مشکل روبرو می شوند
    - زمان خدمت رسانی کند می شود
    - کیفیت پایین منجر به دوباره کاری می شود
    - هماهنگی و مدیریت فعالیت ها دشوار می شود

بهترین سطح عملیات– مثال



تسهیلات

- تصمیم های ظرفیت چارچوبی برای تصمیم های تسهیلات از قبیل مکان تأسیس تسهیلات جدید و چگونگی مدیریت جریان کار در تسهیلات ارائه می کند.
- تسهیلات اکثراً در ادبیات مدیریت عملیات به جایی گفته می شود که کار در آنجا انجام می شود.
- جایی که در آن کار انجام می شود، تأثیر گذار بر کیفیت و بهره وری دارد.
- تسهیلات باید برنامه ریزی، مکان یابی و چیدمان شوند.
- در ادامه به چیدمان تسهیلات خواهیم پرداخت.

چیدمان تسهیلات

- چیدمان تسهیلات به آرایش و ترتیب استقرار ماشین ها، بخش ایستگاه های کاری، فضای ذخیره سازی راهروها و فضای مشترک در داخل تسهیلات موجود یا پیشنهادی اشاره دارد.
- هدف اصلی تصمیم های چیدمان، تضمین یک جریان هموار کار، مواد، افراد و اطلاعات در داخل سیستم است.

اهداف چیدمان اثربخش

- هزینه های جابجایی و حمل مواد را به حداقل می رساند
- از فضا به صورت کارا استفاده می کند.
- نیروی انسانی را به صورت کارا استفاده می کند
- گلوگاه ها را حذف می کند
- تعامل میان کارگران، کارگران و سرپرستان و یا میان کارگران و مشتریان را تسهیل می کند
- زمان چرخه ساخت و زمان خدمت به مشتری را کاهش می دهد
- جابجایی های اضافی و زائد را حذف می کند
- ورود و خروج و استقرار مواد، محصولات و افراد را آسان می کند
- معیار های ایمنی و اطمنیان را مورد توجه قرار می دهد.
- فعالیت های نگهداری و تعمیرات را تقویت می کند
- ظرفیت را افزایش می دهد

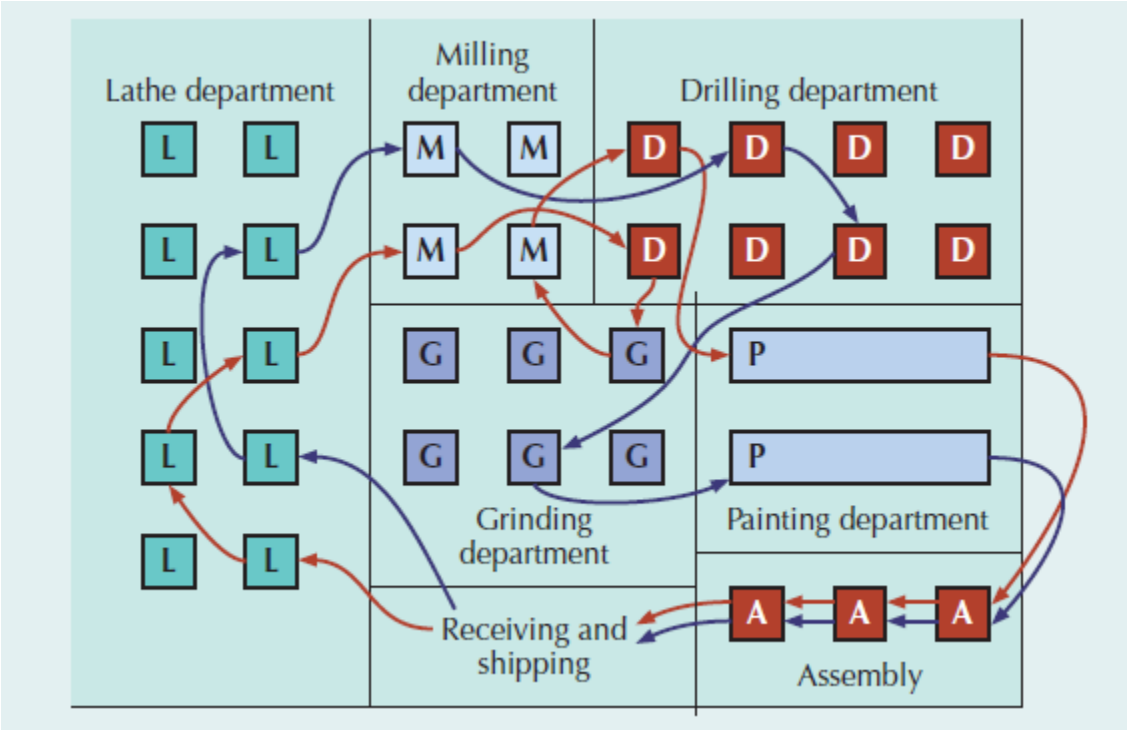
چیدمان های اصلی

- چیدمان های فرایندی (چیدمان های کارکردی)
  - فعالیت های مشابه را بر اساس کار یا فرایندی که انجام میدهند، در بخش یا مراکز کاری گروه بندی می کنند
- چیدمان های محصولی (خطوط مونتاژ)
  - فعالیت ها را در طول یک خط بر اساس ترتیب عملیاتی که برای مونتاژ یک محصول خاص مورد نیاز است، قرار می دهد.
- چیدمان های وضعیت ثابت
  - مناسب پروژه هایی است که محصول آن ظریف، حجیم یا سنگین است. (کشتی، خانه و هواپیما)

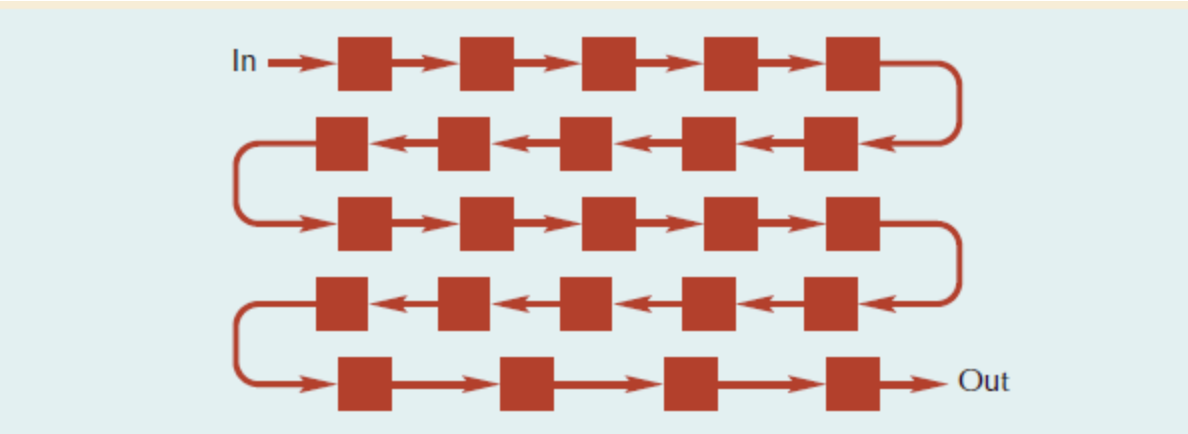
چیدمان فرایندی در خدمات

Women's lingerie	Shoes	Housewares
Women's dresses	Cosmetics and jewelry	Children's department
Women's sportswear	Entry and display area	Men's department

چیدمان فرایندی در ساخت



چیدمان محصولی



مقایسه چیدمان محصولی و چیدمان فرایندی

	Product Layout	Process Layout
1. Description	Sequential arrangement of activities	Functional grouping of activities
2. Type of process	Continuous, mass production, mainly assembly	Intermittent, job shop, batch production, mainly fabrication
3. Product	Standardized, made to stock	Varied, made to order
4. Demand	Stable	Fluctuating
5. Volume	High	Low
6. Equipment	Special purpose	General purpose
7. Workers	Limited skills	Varied skills
8. Inventory	Low in-process, high finished goods	High in-process, low finished goods
9. Storage space	Small	Large
10. Material handling	Fixed path (conveyor)	Variable path (forklift)
11. Aisles	Narrow	Wide
12. Scheduling	Part of balancing	Dynamic
13. Layout decision	Line balancing	Machine location
14. Goal	Equalize work at each station	Minimize material handling cost
15. Advantage	Efficiency	Flexibility

چیدمان وضعیت ثابت

Aircraft production generally takes place in a fixed position layout due to the size and complexity of assembly. Shown here is a Boeing 787 Dreamliner being outfitted.



Bloomberg/Getty Images, Inc.

طراحی چیدمان های فرایندی

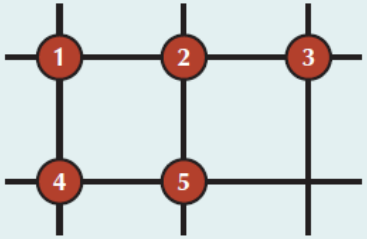
- در طراحی چیدمان فرایندی به دنبال حداقل ساختن جابجایی ها و یا هزینه جابجایی مواد هستیم که تابعی از حاصل ضرب تعداد حرکت مواد و فاصله جابجایی آن می باشد.
- بنابراین بخش هایی که بیشترین حرکات میان بخشی را دارند باید در نزدیک ترین مکان به یکدیگر قرار گیرند و آنهایی که تعاملی با یکدیگر ندارند باید در دورترین نقطه از هم باشند.
- دو تکنیک در طراحی چیدمان فرایندی
  - رسم نمودار بلوکی
    - کمینه سازی جابجایی میان بخش های غیر مجاور
    - زمانیکه داده های کمی در دسترس باشند مورد استفاده قرار می گیرند
  - رسم نمودار رابطه ای
    - بر مبنای ترجیحات مکانی میان مناطق صورت می پذیرد
    - زمانیکه داده های کمی وجود نداشته باشند

رسم نمودار بلوکی (Block Digramming)

- کار با داده های تاریخی و پیش بینی شده مربوط به جابجایی مواد میان بخش ها در تسهیلات موجود شروع می شود
  - این اطلاعات در نمودار خلاصه بار (Load Summary Chart) ارائه می شود که به شکل یک نمودار از/به می باشد
  - نمودار خلاصه بار تعداد متوسط واحد بارهای (Unit Loads) جابجا شده میان بخش ها را در طول یک دوره از زمان نشان می دهد.
- گام بعدی، محاسبه میزان جابجایی ترکیبی میان بخش ها و رتبه بندی آنها از بیشترین جابجایی به کمترین جابجایی است.
- گام آخر، چیدمان های آزمایشی در یک ماتریس قرار می گیرند که فاصله نسبی میان بخش ها را در قالب بلوک های یک شکل نشان می دهد.
  - هدف این است که هر بخش به یک بلوک به گونه ای اختصاص داده شود که جابجایی بین بخش های غیرمجاور (Nonadjacent Loads)حداقل شود.

رسم نمودار بلوکی– مثال

Barko, Inc. makes *bark scalpers*, processing equipment that strips the bark off trees and turns it into nuggets or mulch for gardens. The facility that makes bark scalpers is a small-job shop that employs 50 workers and is arranged into five departments: (1) bar stock cutting, (2) sheet metal, (3) machining, (4) painting, and (5) assembly. The average number of loads transported between the five departments per month is given in the accompanying load summary chart. The current layout of the facility is shown schematically on the 2 × 3 grid. Notice that there is quite a bit of flexibility in the facility, as indicated by the six possible locations (i.e., intersections) available for five departments. In addition, the forklift used in the facility is very flexible, allowing horizontal, vertical, and diagonal movement of material.



Load Summary Chart

from/to Department	Department 1	2	3	4	5
1	—	100	50		
2		—	200	50	
3	60		—	40	50
4		100		—	60
5		50			—

Barko management anticipates that a new bark scalper plant will soon be necessary and would like to know if a similar layout should be used or if a better layout can be designed. You are asked to evaluate the current layout in terms of nonadjacent loads, and if needed, propose a new layout on a 2 × 3 grid that will minimize the number of nonadjacent loads.

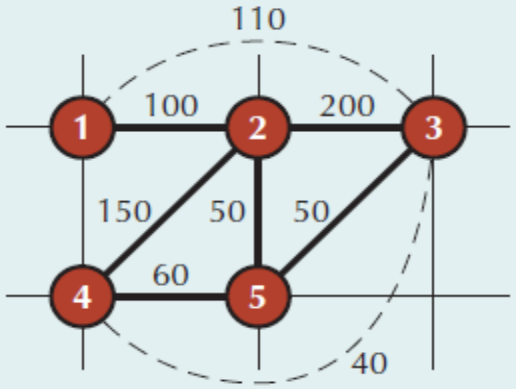
رسم نمودار بلوک دیاگرامی– مثال

Solution

In order to evaluate the current layout, we need to calculate the composite, or back-and-forth, movements between departments. For example, the composite movement between department 1 and department 3 is the sum of 50 loads moved from 1 to 3, plus 60 loads moved from 3 to 1, or 110 loads of material. If we continue to calculate composite movements and rank them from highest to lowest, the following list results:

Composite	*Movements*	*Composite*	*Movements*
$2 \leftrightarrow 3$	200 loads	$3 \leftrightarrow 5$	50 loads
$2 \leftrightarrow 4$	150 loads	$2 \leftrightarrow 5$	50 loads
$1 \leftrightarrow 3$	110 loads	$3 \leftrightarrow 4$	40 loads
$1 \leftrightarrow 2$	100 loads	$1 \leftrightarrow 4$	0 loads
$4 \leftrightarrow 5$	60 loads	$1 \leftrightarrow 5$	0 loads

Next, we evaluate the "goodness" of the layout by scoring it in terms of nonadjacent loads. The results are shown visually in Grid 1.



Grid 1

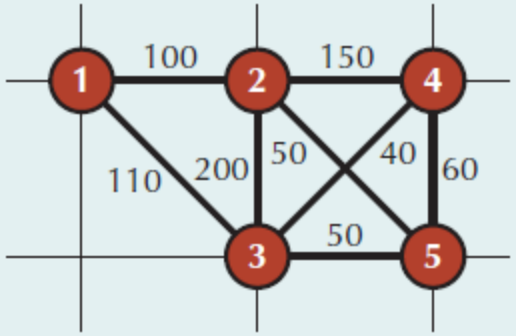
Nonadjacent Loads

$1 \leftrightarrow 3$	110
$3 \leftrightarrow 4$	40
	150

رسم نمودار بلوک دیاگرامی– مثال

The adjacent moves are marked with a solid line and the nonadjacent moves are shown with a curved dashed line to highlight the fact that material is moved farther than we would like, that is, across more than one square. Following our composite movement list, $2 \leftrightarrow 3$ and $2 \leftrightarrow 4$ are adjacent moves, but $1 \leftrightarrow 3$ is not. Our nonadjacent score starts with 110 loads of material from $1 \leftrightarrow 3$. Continuing down our list, all moves are adjacent and are marked with solid lines until $3 \leftrightarrow 4$. Movement $3 \leftrightarrow 4$ is nonadjacent, so we designate it as such and add 40 loads to our nonadjacent score. The remaining movements have zero loads. Thus, our score for this layout is $110 + 40 = 150$ nonadjacent loads.

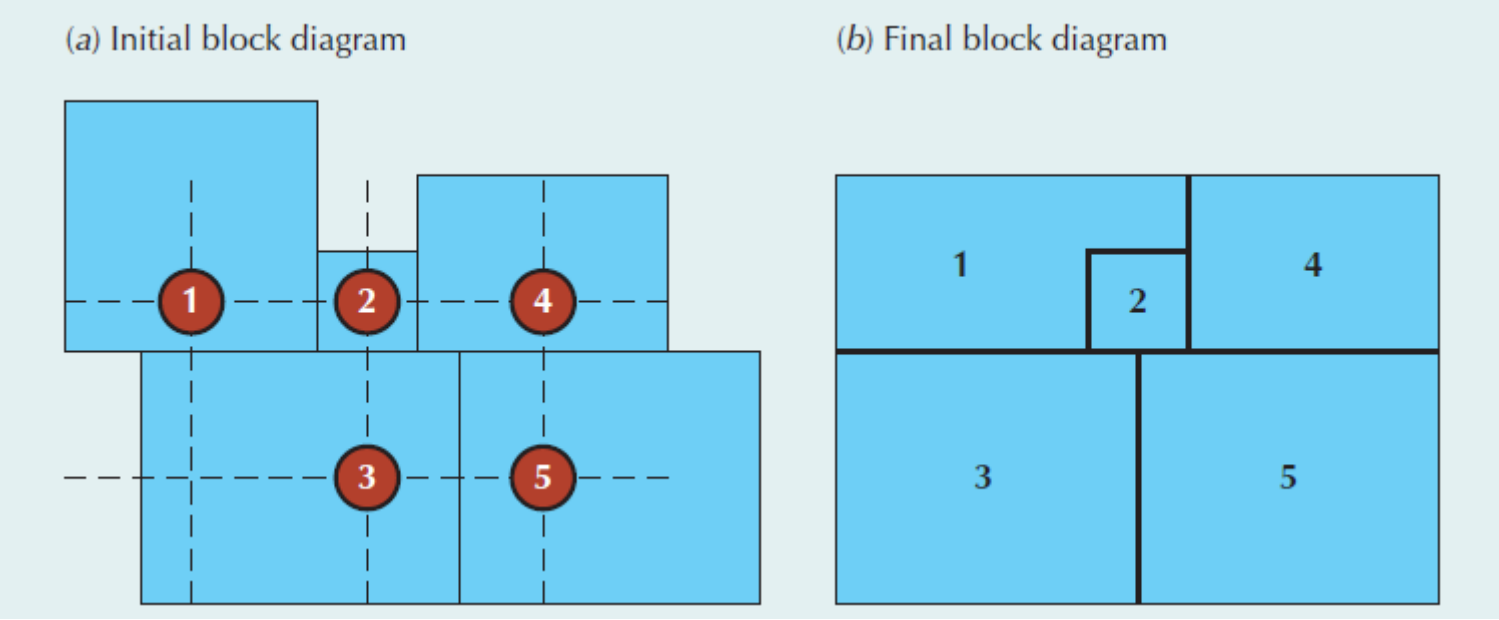
To improve the layout, we note that departments 3 and 4 should be located adjacent to department 2, and that departments 4 and 5 may be located away from department 1 without adding to the score of nonadjacent loads. Let's put departments 4 and 5 on one end of the grid and department 1 on the other and then fill in departments 2 and 3 in the middle. The revised solution is shown in Grid 2. The only nonadjacent moves are between departments 1 and 4, and 1 and 5. Since no loads of material are moved along those paths, the score for this layout is zero.



Grid 2

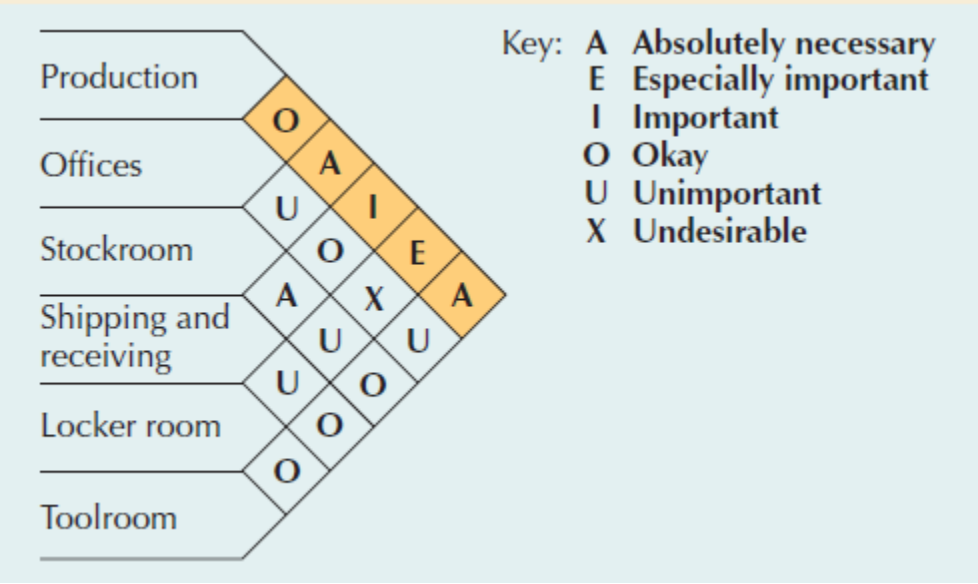
Zero Nonadjacent Loads

رسم نمودار بلوک دیاگرامی– مثال

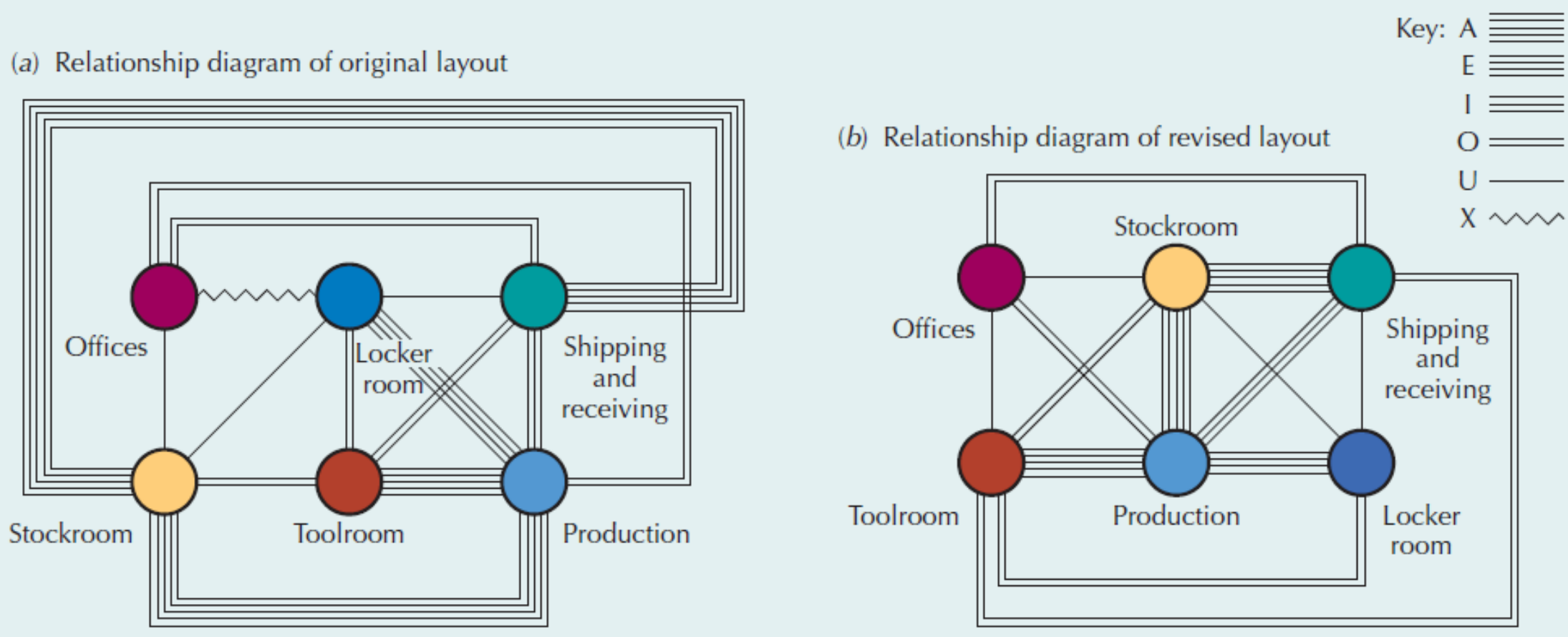


رسم نمودار رابطه ای (Relationship Diagramming)

- در موقعیت هایی که جمع آوری داده های کمی مشکل است و یا داده های کمی به مسئله مورد نظر مربوط نیست، به جای استفاده از نمودار خلاصه جابجایی ها از ورودی های ذهنی تحلیل گران و یا مدیران استفاده می شود.
- ریچارد موتر قالبی را برای لحاظ کردن اولویت های مدیریت درباره مکان بخش ها توسعه داده است که شبکه موتر نامیده می شود.



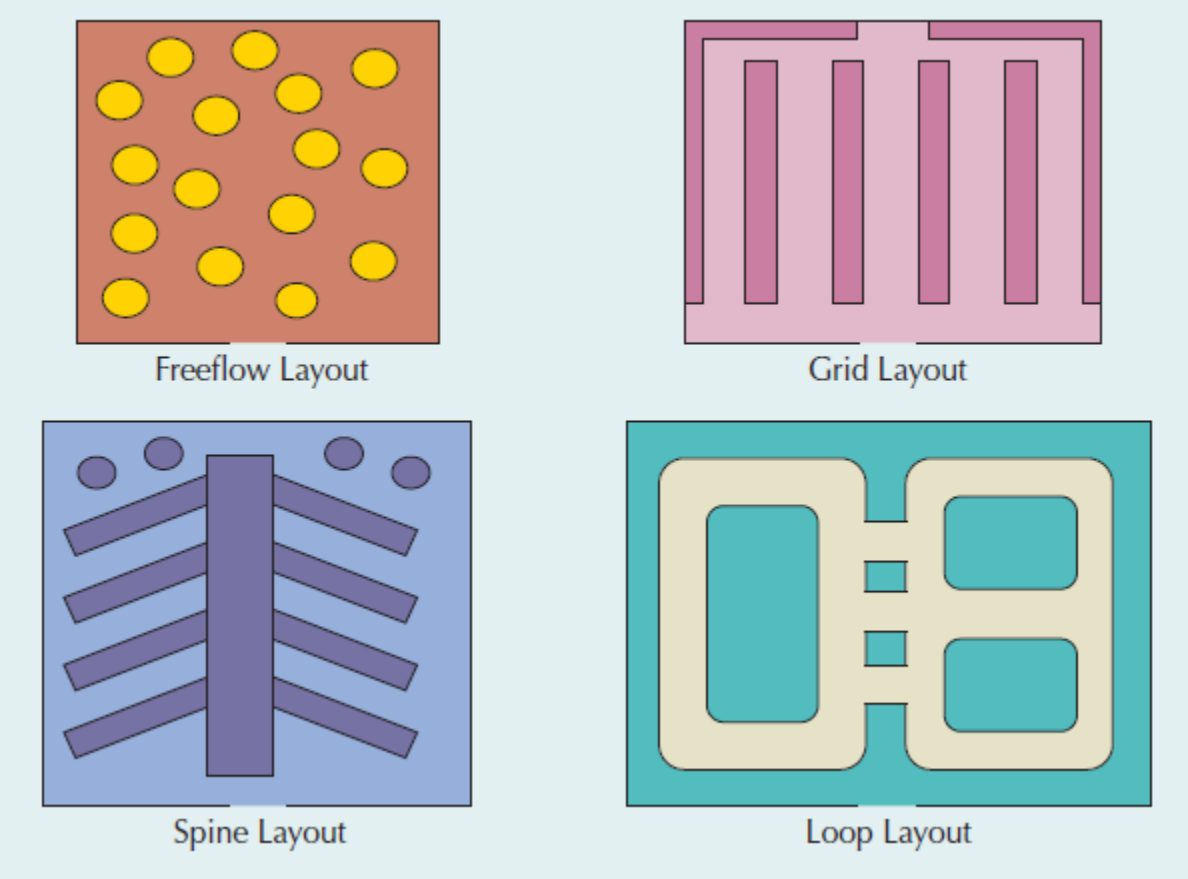
رسم نمودار رابطه ای (Relationship Diagramming)



طراحی چیدمان های خدماتی

- اغلب سازمان های خدماتی از چیدمان های فرایندی استفاده می کنند و احتمالاً دلیل این امر تنوع درخواست های مشتریان است.
- طراحی چیدمان های خدماتی به شدت مانند طراحی جیدمان های فرایندی شرکت های تولیدی است اما اهداف آن ها متفاوت است.
  - مثلاً به جای حداقل ساختن جریان مواد در طول سیستم خدمات به دنبال کم کردن جریان مشتریان یا کاغذ بازی است

انواع چیدمان های مغازه



طراحی چیدمان های محصولی

- یک چیدمان محصولی، ماشین ها یا کارگران را در یک خط و بر اساس ترتیب عملیات مورد نیاز برای مونتاژ یک محصول خاص قرار می دهد.
- هدف چیدمان محصولی
  - متعادل کردن خط مونتاژ
- متعادل کردن خط مونتاژ (Line Balancing)
  - مساوی کردن مقدار کار در هر ایستگاه کاری
- نیازمندی های پیش نیازی (Precedence Requirements)
  - محدودیت های فیزیکی ترتیب عملیاتی است که در خط مونتاژ انجام می شود. مثلاً قبل از مونتاژ تمام محصولات نباید آن محصول بسته بندی شود.
- زمان چرخه (Cycle Time)
  - حداکثر زمانی است که یک محصول می تواند در یک ایستگاه کاری بماند.

زمان چرخه (سیکل) مطلوب

$$C_d = \frac{\text{production time available}}{\text{desired units of output}}$$

$$C_d = \frac{(8 \text{ hours} \times 60 \text{ minutes/hour})}{(120 \text{ units})}$$

$$= \frac{480}{120} = 4 \text{ minutes}$$

زمان سیکل و زمان جریان

- زمان سیکل به عنوان زمان بین اقلام تکمیل شده که از خط مونتاژ خارج می شوند، در نظر گرفته می شود.
- مثال



4 minutes 4 minutes 4 minutes

Flow time = 4 + 4 + 4 = 12 minutes

Cycle time = max {4, 4, 4} = 4 minutes

- زمان سیکل واقعی: حداکثر زمان ایستگاه کاری موجود بر روی خط مونتاژ است. این زمان هنگامی با زمان سیکل مطلوب متفاوت است که میزان تولید با حداکثر واحدهای قابل تولید برابر نباشد.

محاسبه کارایی خط و حداقل تعداد تئوریک ایستگاه کاری

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{nC_a}; \qquad N = \frac{\sum_{i=1}^{j} t_i}{C_d}$$

where

t_i = completion time for element i
j = number of work elements
n = actual number of workstations
C_a = actual cycle time
C_d = desired cycle time

- زمان کل بیکاری خط، تأخیر در تعادل نامیده می شود و به این صورت محاسبه می شود

$$1 - \text{efficiency}$$

فرایند متعادل سازی خط

۱. نمودار پیش نیازی را رسم کرده و نام گذاری کنید
۲. زمان سیکل مطلوب مورد نیاز خط را محاسبه کنید.
۳. حداقل تعداد ایستگاه ها را از نظر تئوری محاسبه کنید.
۴. عناصر را با توجه به محدودیت های پیش نیازی و زمان سیکل در ایستگاه ها گروه بندی کنید.
۵. کارایی خط را محاسبه کنید.
۶. تعیین کنید که آیا به حداقل تعداد تئوریک ایستگاه های کاری یا سطحی از کارایی مورد قبول دست یافته اید یا خیر؟ اگر خیر به گام ۴ بروید.

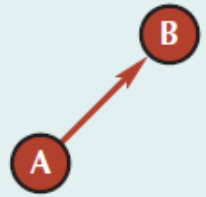
متعادل سازی– مثال

Real Fruit Snack Strips are made from a mixture of dried fruit, food coloring, preservatives, and glucose. The mixture is pressed out into a thin sheet, imprinted with various shapes, rolled, and packaged. The precedence and time requirements for each step in the assembly process are given below. To meet demand, Real Fruit needs to produce 6000 fruit strips every 40-hour week. Design an assembly line with the fewest number of workstations that will achieve the production quota without violating precedence constraints.

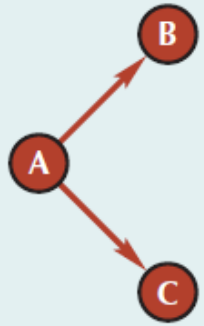
	Work Element	Precedence	Time (min)
A	Press out sheet of fruit	—	0.1
B	Cut into strips	A	0.2
C	Outline fun shapes	A	0.4
D	Roll up and package	B, C	0.3

Solution

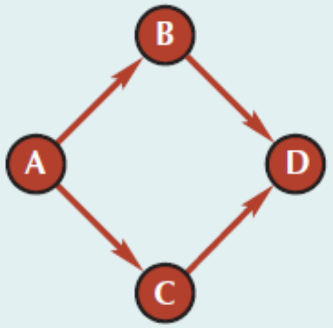
First, we draw the precedence diagram as follows.



A precedes B.



A precedes C.

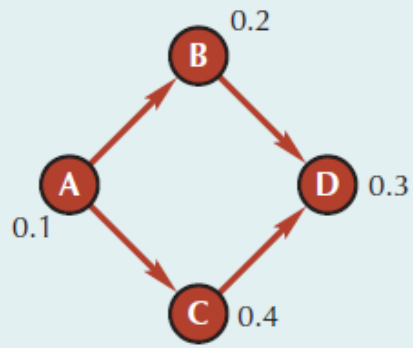


B and C precede D.

The precedence diagram is completed by adding the time requirements beside each node. Next, we calculate the desired cycle time and the theoretical minimum number of workstations:

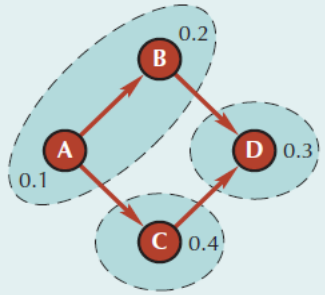
$$C_d = \frac{40 \text{ hours} \times 60 \text{ minutes/hour}}{6000 \text{ units}} = \frac{2400}{6000} = 0.4 \text{ minutes}$$

$$N = \frac{0.1 + 0.2 + 0.3 + 0.4}{0.4} = \frac{1.0}{0.4} = 2.5 \approx 3 \text{ workstations (round up)}$$

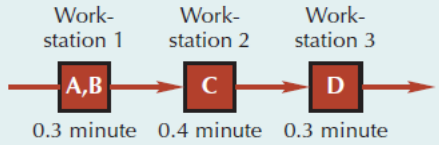


To balance the line, we must group elements into workstations so that the sum of the element times at each workstation is less than or equal to the desired cycle time of 0.4 minute. Examining the precedence diagram, we begin with A since it is the only element that does not have a precedence. We assign A to workstation 1. B and C are now available for assignment. Cycle time is exceeded with A and C in the same workstation, so we assign B to workstation 1 and place C in a second workstation. No other element can be added to workstation 2, due to cycle time constraints. That leaves D for assignment to a third workstation. Elements grouped into workstations are circled on the precedence diagram and placed into workstations shown on the assembly line diagram.

Workstation	Element	Remaining Time	Remaining Elements
1	A	0.3	B, C
	B	0.1	C, D
2	C	0.0	D
3	D	0.1	none



Assembly-line diagram:



Since the theoretical minimum number of workstations was three, we know we have balanced the line as efficiently as possible. The assembly line has an efficiency of

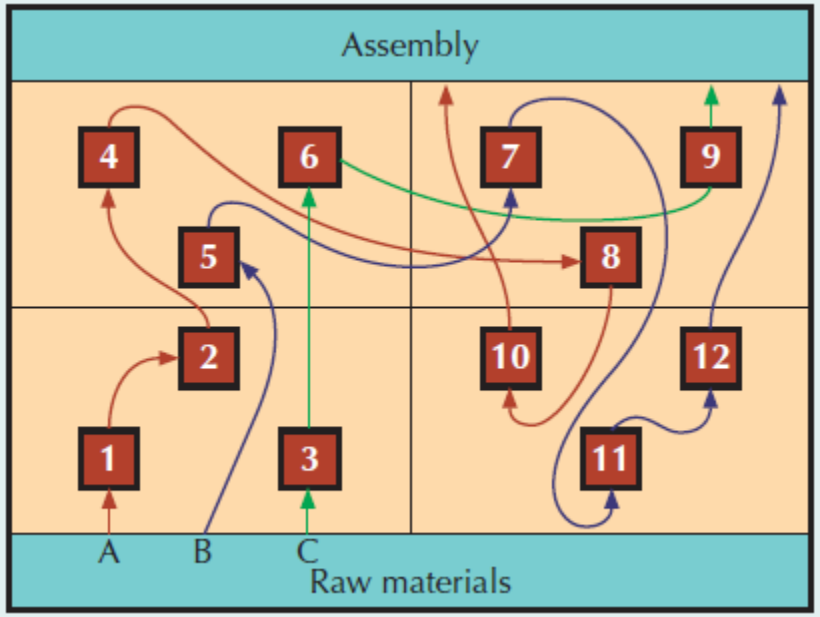
$$E = \frac{0.1 + 0.2 + 0.3 + 0.4}{3(0.4)} = \frac{1.0}{1.2} = 0.833 = 83.3\%$$

چیدمان سلولی

- به دنبال ترکیب انعطاف پذیری جیدمان فرایندی و کارایی چیدمان محصولی است.
- فرایند چیدمان سلولی:
  ۱. شناسایی خانواد قطعات با مسیرهای جریان مشابه
  ۲. گروه بندی ماشین ها در سلول ها بر مبنای خانواده قطعات
  ۳. مرتب کردن سلول ها به شکلی که جابجایی مواد به حداقل کاهش یابد
  ۴. قرار دادن ماشین های مشترک بزرگ که نمی توانند در سلول ها قرار بگیرند در نزدیکی سلول هایی که از آنها استفاده می کنند. (نقطه استفاده)

مثال

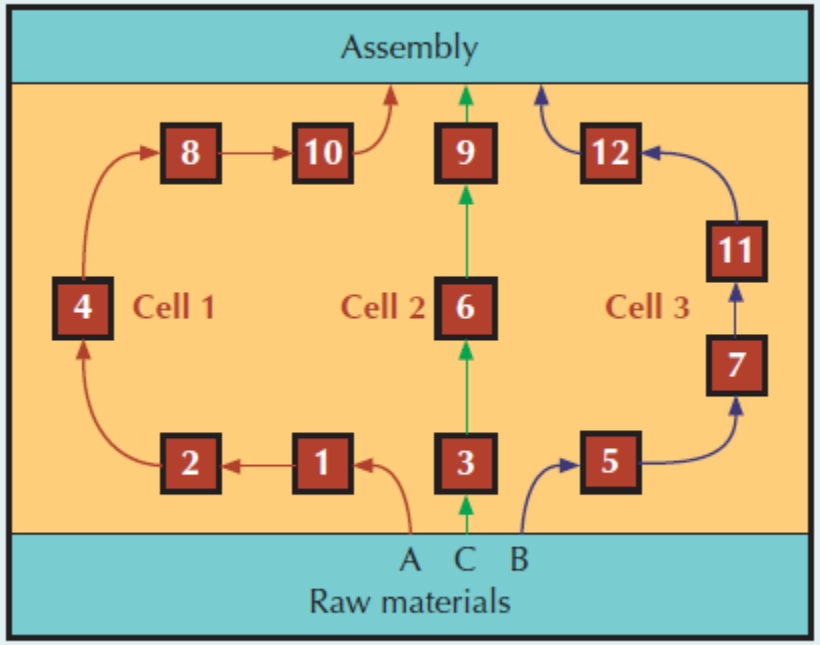
- چیدمان فرایندی



Parts	Machines											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	×	×		×				×		×		
B					×		×				×	×
C			×			×			×			
D	×	×		×				×		×		
E					×	×						×
F	×			×				×				
G			×			×			×			×
H							×				×	×

مثال

- چیدمان سلولی اصلاح شده



Parts	Machines											
	1	2	4	8	10	3	6	9	5	7	11	12
A	×	×	×	×	×							
D	×	×	×	×	×							
F	×		×	×								
C						×	×	×				
G						×	×	×				×
B									×	×	×	×
H										×	×	×
E							×		×			×

Cell 1: Parts A, D, F
Machines 1, 2, 4, 8, 10

Cell 2: Parts C, G
Machines 3, 6, 9

Cell 3: Parts B, H, E
Machines 5, 7, 11, 12

مزایا و معایب چیدمان سلولی

- مزایا:
  - کاهش زمان جابجایی مواد و جابجایی مواد مستقیم تر است.
  - کاهش زمان راه اندازی و تنظیم
  - کاهش موجودی کالای در حال ساخت
  - استفاده بهتر از منابع انسانی
  - آسان تر بودن کنترل آن
  - خودکارسازی آسان تر
- معایب
  - دسته ها و خانواده قطعه ناکافی
  - سلول های ضعیف متعادل شده
  - آموزش و زمان بندی گسترده کارگران
  - افزایش سرمایه گذاری بلندمدت

خلاصه مطالب

- برنامه ریزی ظرفیت فرایند تعیین سطح کلی منابع بهره ور در یک شرکت است که شامل اقدامات استراتژیک بلندمدت مانند ایجاد تسهیلات، تکنولوژی ها . کسب و کارهای جدید می شود.
- گسترش ظرفیت می تواند به شکل رهبریظرفیت، تأخیر ظرفیت و متوسط ظرفیت صورت پذیرد.
- صرفه به مقیاس و عدم صرفه به مقیاس در گسترش ظرفیت تأثیرگذار است.
- تصمیمات ظرفیت یک بخش مهم از استراتژی عملیات هستند.
- چیدمان فرایندی، چیدمان محصولی و چیدمان وضعیت ثابت از جمله چیدمان های موجود در تسهیلات هستند.
- چیدمان سلولی به عنوان یک چیدمان ترکیبی مطرح است.

مراجع و منابع استفاده شده در این جلسه و برای مطالعه بیشتر

- Russell, R.S., Taylor B.W., **Operations Management : Creating Value Along the Supply Chain (7th edition)**, 2010, Wiley
- Slack, N., Chambers, S., Johnston, R., **Operations Manegement (6th edition)**, 2010, Prentice Hall
- راسل، روبرتا اس.، تیلور، برنارد دبلیو.، **مدیریت عملیات**، ترجمه جواد فیض آبادی، محمدرضا اخوان و شیرانا محلوجی، انتشارات مهربان نشر، ۱۳۸۷