

## *Gyártórendszerek dinamikája*

# ***Gyártásütemezés: az ütemezések analízise Gantt-chart módszerrel, az optimalizálási feladat kitűzése és változatai, megoldás a kritikus út módszerrel***

Werner Ágnes

*Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék*

e-mail: [wenera@almos.uni-pannon.hu](mailto:wenera@almos.uni-pannon.hu)

# *A gyártásütemezés feladatai*

# Gyártási folyamat

---

## keretében megvalósuló tevékenységek:

- beszerzés
- raktározás
- anyagmozgatás
- technológiai tervezés
- termelő berendezések előkészítése
- munkahelyek megszervezése
- alkatrészek elkészítésének minden fázisa
- szerelés
- minőségbiztosítás stb.

# A gyártásütemezés elvi problémakitűzése

---

## **Adott:**

- a gyártóberendezések halmaza (erőforrások, korlátosak): típus, gyártókapacitás
- a lehetséges *műveletek* halmaza
- *műveletekre vonatkozó korlátozások*: sorrendi, milyen típusú berendezésen hajtható végre
- a végtermék(ek): rendelésállománnyal, ami dinamikusan is változhat
- (a lehetséges kiindulási anyagok): rendelkezésre állással, ami dinamikusan is változhat

**Kiszámítandó:** egy *ütemezés*, ami előírja, hogy

- ***milyen műveletet melyik berendezésen mikor***

hajtsunk végre idő vagy költség optimalisan

# Speciális gyártásütemezési feladatok 1.

---

## ***Változó erőforrás-korlátozású dinamikus feladat***

### **Jellemzői:**

- a rendelésállomány és a nyersanyagok rendelkezésre állása időben változó
- időben változó berendezés kapacitás és rendelkezésre állás
- minden időlépésben lokálisan megvalósítható megoldást keresünk

### ***Megoldható cselekvés tervezéssel***

## Speciális gyártásütemezési feladatok 2.

---

### ***Erőforrás-korlátozás nélküli statikus feladat***

#### **Jellemzői:**

- a rendelésállomány és a nyersanyagok rendelkezésre állása statikus (időben állandó)
- korlátlan berendezés kapacitás és rendelkezésre állás
- legkisebb végrehajtási idejű megoldást keresünk

***Van egyszerű, polinomiális időben kiszámítható megoldás***

***Egyszerű grafikus módszer a megjelenítésre és analízisre***  
***(Gantt chart)***

# Gantt táblázat - Gantt chart

---

## A leírás elemei:

- *Feladatok*: (kezdet, vége), előző feladat, erőforrás
- *Erőforrások (személyek)*: feladathoz rendelhető, lehet karbantartási (szabadság) idejük

## Nézetek: a leírás elemeiből

- Gantt táblázat
- PERT gráf
- Erőforrás-foglaltság táblázat



## Gantt táblázat összeállításának menete

---

- az adott témának megfelelően meghatározzuk a tevékenységeket,
- meghatározzuk a folyamat teljes átfutási idejét (határidejét),
- meghatározzuk az egyes munkalépések időszükségletét,
- feltárjuk az egyes munkalépések logikai összefüggéseit (mely lépések végezhetők párhuzamosan, egymást megelőzve, követve)
- fentiek figyelembe vétele mellett a tevékenységek időszükségletét vonallal jelöljük

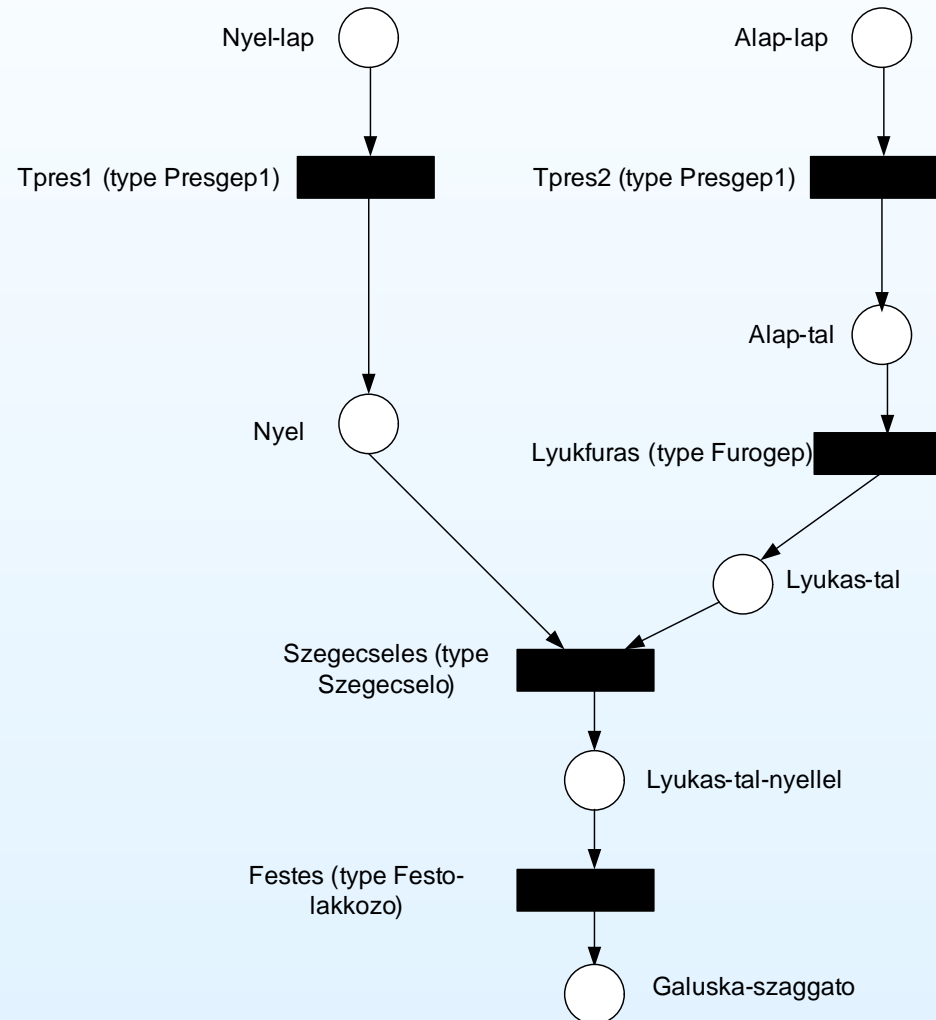
## Gantt táblázat felhasználási lehetőségei

---

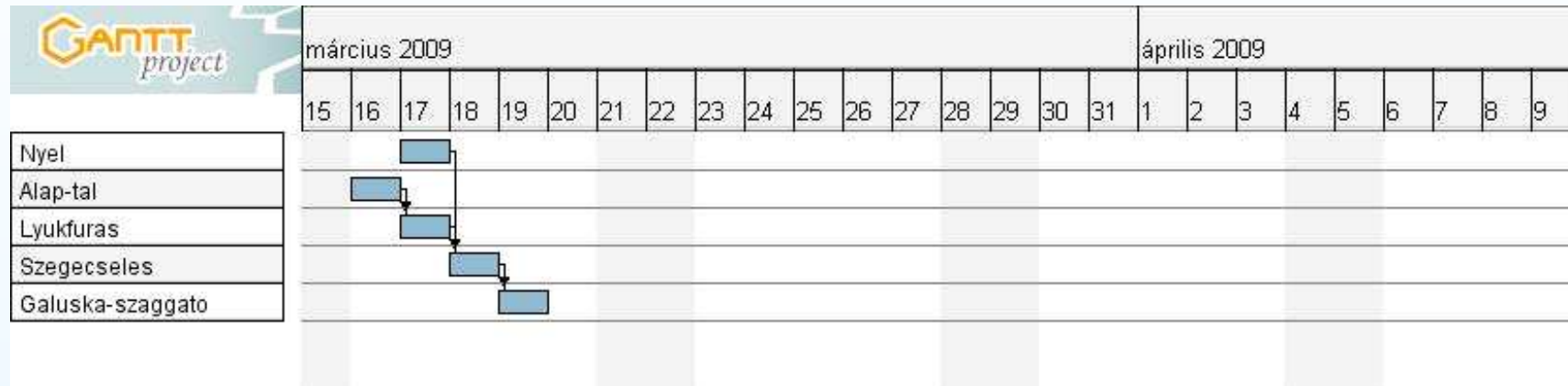
- értékelemzési munkaterv,
- munkafeladat (művelet) hozzárendelése "x" géphez,
- munkások optimális hozzárendelése a munkafeladatokhoz,
- rendelés hozzárendelése "y" géphez,
- programozás időkorlátokkal,
- termelésirányítási feladatok megoldása,
- kutatási, fejlesztési feladatok rendszerben történő kezelése adott gazdálkodó egységnél,
- vállalkozói pénzügyi gazdálkodás, tervezés (pl. hitelkihelyezés ütemezése)
- stb.

# Egy egyszerű példa

## Galuska-szaggató gyártás műveletei (Petri háló formájában)



# Gantt táblázat - példa



## Feladatok elhelyezése az időtengelyen

- minden feladat külön sorban
- időtengely vízszintes
- sorrendiség nyilakkal (automatikus időeltolás)

# Mik a módszer erősségei és gyengeségei?

---

## **Erősségek:**

- szemléletes, könnyen áttekinthető formában ábrázolja az ütemtervet
- figyelembe vehető az összes tevékenység
- meghatározhatók a prioritások, függőségek, párhuzamosságok

## **Gyengeségek:**

- túl sok tevékenység vagy túl hosszú időtáv esetén bonyolulttá válhat az ábrázolás
- nem mindig képes ábrázolni a megfelelő összefüggéseket

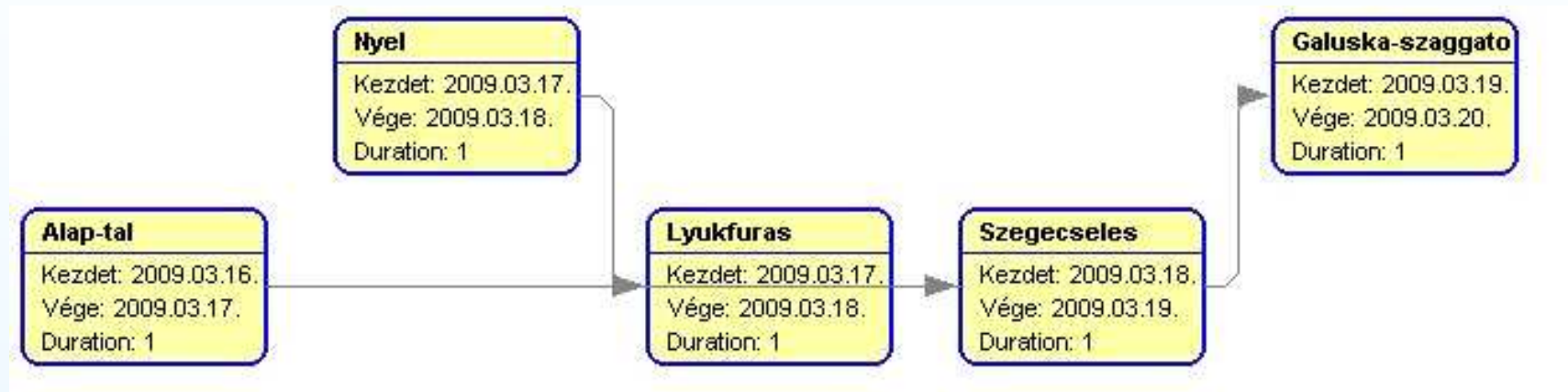
# A program értékelő és átekintő módszer - PERT gráf

---

## A felírás lépései:

- a gyártásban szereplő összes tevékenység (feladat) meghatározása
- a tevékenységek sorrendjének meghatározása a függőségi kapcsolatok figyelembevételével
- a tevékenységek időtartamának becslése (optimista, legvalószínűbb, pesszimista becslés)
- az egyes tevékenységek várható idejének a kiszámítása
- a tevékenységi idők szórásnégyzetének a kiszámítása

## PERT gráf - példa



Feladatok egymásutániági függéseinek leírása **ok-okozati gráf** formájában

- a feladatok a gráf csúcspontjai
- irányított él: előző feladatból az aktuális feladatba
- időbeliség: feliratokkal

## Erőforrás foglaltsági táblázat - példa

	március 2009																április 2009										
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Presgep1		■	■																								
Presgep2																											
Szegecselo				■	■																						
Furogep			■	■																							
Festo-lakkozo					■	■																					

### Erőforrás foglaltságok elhelyezése az időtengelyen

- minden erőforrás külön sorban
- időtengely vízszintes
- **konfliktus (több feladat igényelné ugyanazt az erőforrást) jelzése piros színnel**



*Erőforrás-korlátozás nélküli statikus ütemezés*

*Kritikus út módszer*

# Kritikus út módszer - CPM

---

CPM: Critical Path Method

## **Adott**

- az ütemezendő elemi műveletek halmaza (activity)
- minden elemi művelet előfeltételei (szintén elemi műveletek)  
*parciális rendezés (egymásutániség)*
- minden elemi művelet *végrehajtási ideje*

Táblázatba rendezhető

## **Grafikus leírás: CPM gráf**

- *élei megfelelnek az elemi műveleteknek (egy-egy értelmű megfeleltetés)*
- csúcsok megfelelnek eseményeknek (rendszer-állapotok bekövetkezésének)

## Kritikus út módszer

---

### A felírás lépései:

- meghatározzuk a projekt tevékenységeit
- a tevékenységeket hálóban szemléltetjük
- meghatározzuk a hálóba felvett egyes tevékenységek elvégzésének időszükségletét
- meghatározzuk a teljes feladat halmaz végrehajtásának időtartamát
- a tevékenységsorok hálódigrammbeli láncolatának időszükségleteit elemezve meghatározzuk a kritikus utat
- meghatározzuk a nemkritikus úton fekvő tevékenységek időtartalmait

**Kritikus út:** a hálóterv legkisebb tartalékidővel rendelkező útvonala vagy tevékenységglánca. Mindig megkülönböztetett jelöléssel emeljük ki a terv többi - nem kritikus, ún. laza - útvonalai közül.

# Mik a módszer erősségei és gyengeségei?

---

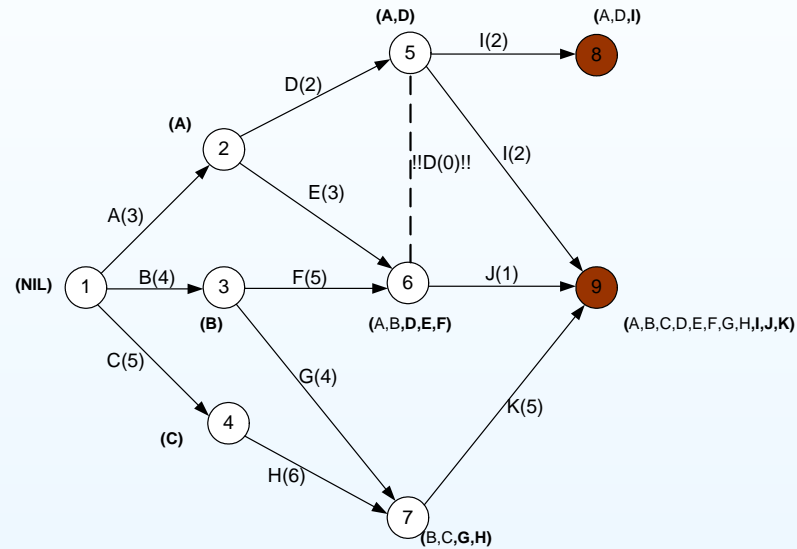
## **Erősségek:**

- a projektet alkotó tevékenységekre összpontosít
- azonosítja a szükséges kapcsolatokat a tevékenységek között
- minden egyes tevékenység becsült időtartamát ábrázolja
- kiszámolja a leggazdaságosabb megvalósítási módot

## **Gyengeségek:**

- sok tevékenység esetén bonyolult az alkalmazása

# Egy egyszerű példa



Művelet	Előfeltételek	Idő (min)	Művelet	Előfeltételek	Idő (min)
A	-	3	G	B	4
B	-	4	H	C	6
C	-	5	I	D	2
D	A	2	J	D, E, F	1
E	A	3	K	G, H	5
F	B	5	GOAL	*	

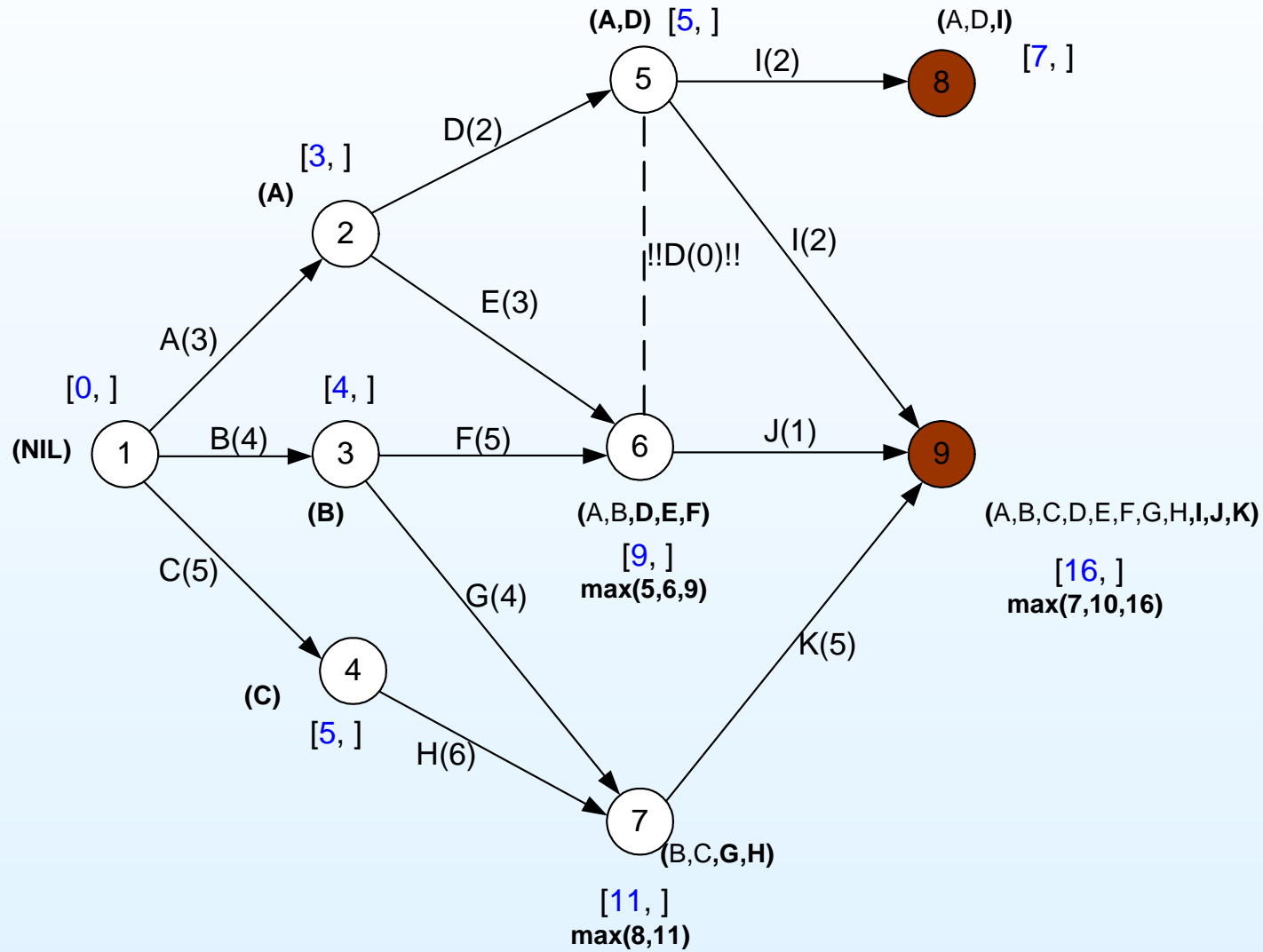
# A kritikus út kiszámítása – 1

---

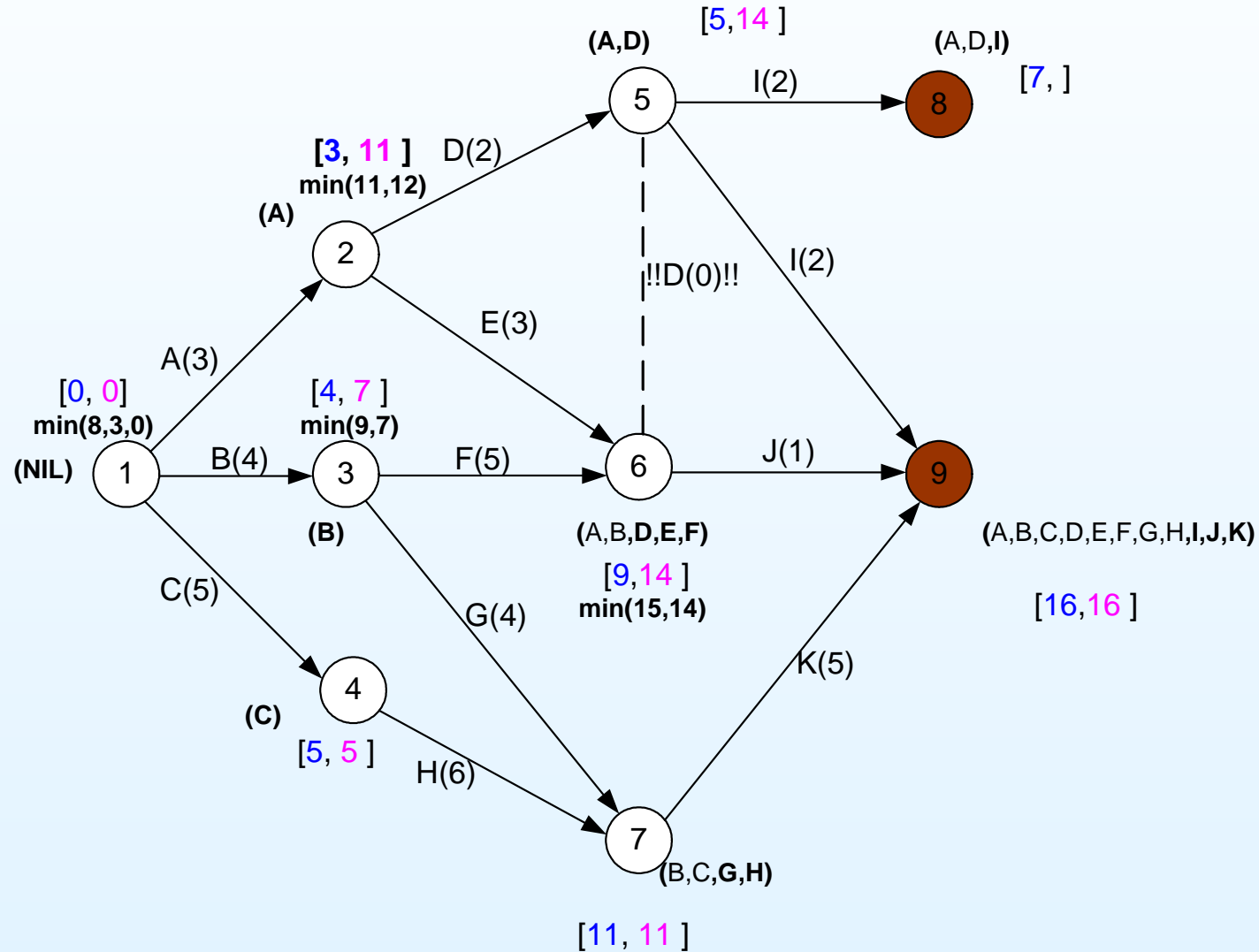
Algoritmikusan, két menetben

- I. Előrefelé haladó számítás: legkorábbi bekövetkezési idők
  1. A kezdő esemény kezdeti idejét nullára állítjuk
  2. Minden műveletet akkor kezdünk, ha az előfeltételek teljesültek
  3. Minden esemény legkorábbi bekövetkezési ideje ( $E_i$ ) a beléje vezető műveletek befejeződési idejeinek **maximuma**
  
- II. Visszafelé haladó számítás: legkésőbbi bekövetkezési idők
  1. A befejező esemény legkésőbbi bekövetkezési idejét a legkorábbira állítjuk
  2. Minden művelet legkésőbbi bekövetkezési idejét a vég-esemény legkésőbbi bekövetkezési idejéből számítjuk, levonva belőle a művelet végrehajtási idejét
  3. Minden esemény legkésőbbi bekövetkezési ideje ( $L_i$ ) a belőle induló műveletek kezdő idejeinek **minimuma**

# Az egyszerű példa - előre felé



# Az egyszerű példa - visszafelé





## A kritikus út kiszámítása – 2

---

### Csúszási idők

1. Eseményekre: a legkésőbbi és a legkorábbi bekövetkezési idő különbsége,  $S_i = L_i - E_i$
2. Az  $i$ -edik eseményből a  $j$ -edikbe vezető műveletre:

$$S_{ij} = L_j - E_i - t_{ij}$$

ahol  $t_{ij}$  a művelet végrehajtási ideje

**Kritikus út: azon műveletekből (élekből) áll, amelyek csúszási ideje nulla**

# Az egyszerű példa - kritikus út

