

Proiektuen Kudeaketa (PK)

Denboraren Kudeaketa: Gantt, PERT, CPM, ROY, Aurrekotasunak

Mikel Egaña Aranguren (mikel.egana@ehu.eus)



Denboraren Kudeaketa

DOI [10.5281/zenodo.4557053](https://doi.org/10.5281/zenodo.4557053)

<https://github.com/mikel-egana-aranguren/EHU-GP-31>



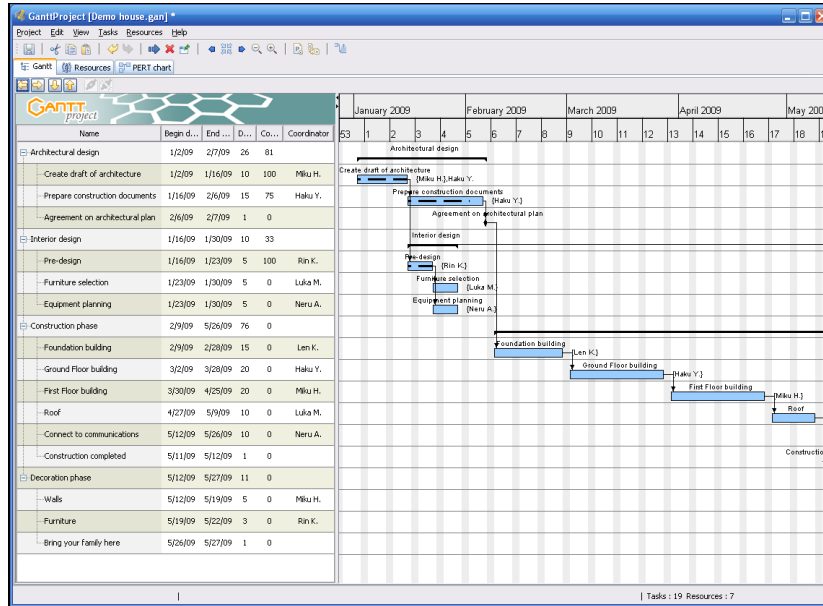
Denboraren Kudeaketa

Dagoeneko badakigu:

- Zein jarduera egin behar diren
- Zenbat denbora behar dugun jarduera bakoitzeko
- Nor arduratuko den jarduera bakoitzaz

Nola banatuko ditugu denboran zehar?

Gantt Diagrama



Gantt Diagrama

- Bi dimentsiotako koadroa:
 - Ardatz horizontalean: denbora
 - Ardatz bertikalean: jarduerak
 - Jarduera bakoitza bloke laukizuzena (Luzera = iraupena)
 - Blokearen tokia: hasiera eta bukaera

Gantt Diagrama

- Egilearen aukeraketa adierazten du soilik
- Ez du adierazten eta ezin dugu jakin:
 - Jardueren orden optimoa
 - Proiektua garatzeko denbora minimoa
 - Atzerapenen ondorioak
- Horretarako planifikazio teknikak erabiltzen dira, hala nola PERT, CPM, ROY, Aurrekotasunak, ...

Planifikazio teknikak: Helburuak

- Zein jarduera diren beharrezko eta noizko zehaztu
- Proiektua garatzeko denbora minimoa aurkitu
- Jardueren arteko denbora-murriztapenak zehaztu
- Jarduera kritikoak identifikatu (Atzeratzen badira proiektu osoan dute eragina)
- Bide kritikoa identifikatu (Jarduera kritikoz osatua dagoena)
- Jardueren lasaierak identifikatu (Proiektu osoan eraginik gabe atzeratu daitezkeen jarduerak)

PERT (Program Evaluation and Review Techniques)

- Jarduerak ordenatu behar dira:
 - Zer egin daiteke orain?
 - Zer egon behar da dagoeneko eginda?
 - Batera egin al daitezke?
 - Zer izango da hurrengoa?

PERT (Program Evaluation and Review Techniques)

1. Jarduerak eta aurrekariak
2. Grafoa
3. Iraupenak
4. EET eta LET
5. Lasaiera libre eta totala
6. Bide kritikoa

PERT (Program Evaluation and Review Techniques)

- Emaizta grafo bat da, non:
 - Adabegiek mugarriak adierazten dituzte ("Gertaerak")
 - Arkuek jarduerak adierazten dituzte (Jarduera bakoitza behin soilik agertzen da grafoan)
 - Gertaera batetik beste gertaera batera arku bat soilik egongo da gehienez

PERT: Aurrekotasun motak

PERT: Aurrekotasunak jaso

Kate-matrizea: lerroaren jarduera hasteko zutabearen jarduera bukatuta egon behar du

PERT: Aurrekotasunak jaso

Aurrekari-koadroa

Jarduera	Aurrekaria
A	
B	
C	A,B
D	A
E	A
F	D

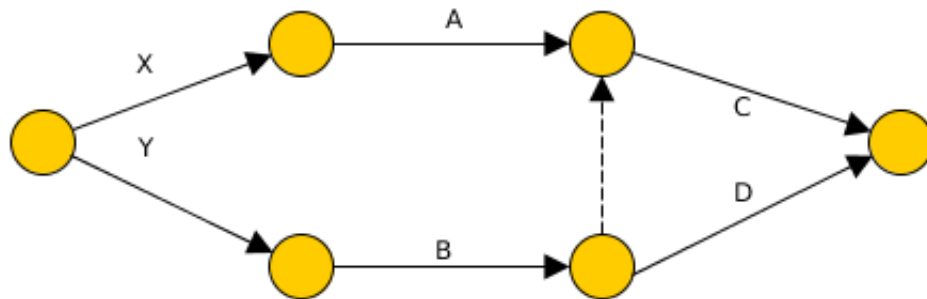
Jarduera fiktizioak

Denbora eta baliabiderik erabiltzen ez duten jarduerak, jardueren arteko erlazioak errepresentatzen dituztenak

Bi jarduerak edo gehiagok aurrekari amankomunak dituzte, baina ez guztiak:
X A-ren aurrekaria da, Y B-ren aurrekaria da, A eta B C-ren aurrekariak dira; B D-ren aurrekaria da

Aldi berean erlazio lineal ($B \rightarrow D$) eta konbergenteak ($A, B \rightarrow C$) edo dibergenteak ditugu

Jarduera fiktizioak

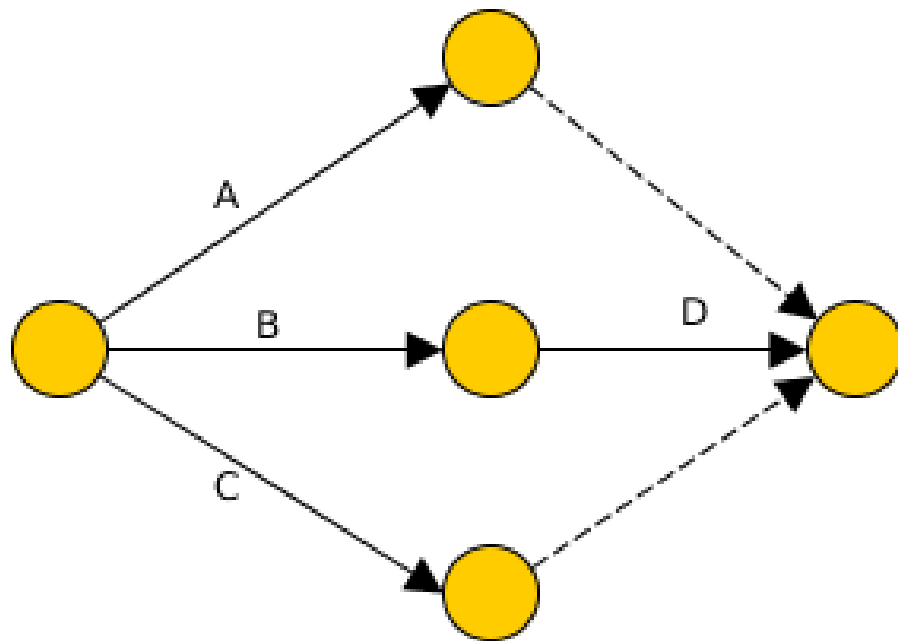


Jarduera fiktizioak

Bi gertaeren artean hainbat jarduera daudenean

Adibidez A, B, eta C D-ren aurrekariak dira (Bi gertaeren artean jarduera paraleloak ditugu)

Jarduera fiktizioak



Planifikazioa (PERT)

Lasaiera totala kalkulatu

Lasaiera librea kalkulatu

Bide kritikoa aurkitu

Planifikazioa (PERT)

Demagun proiektua honako aurrekariekin:

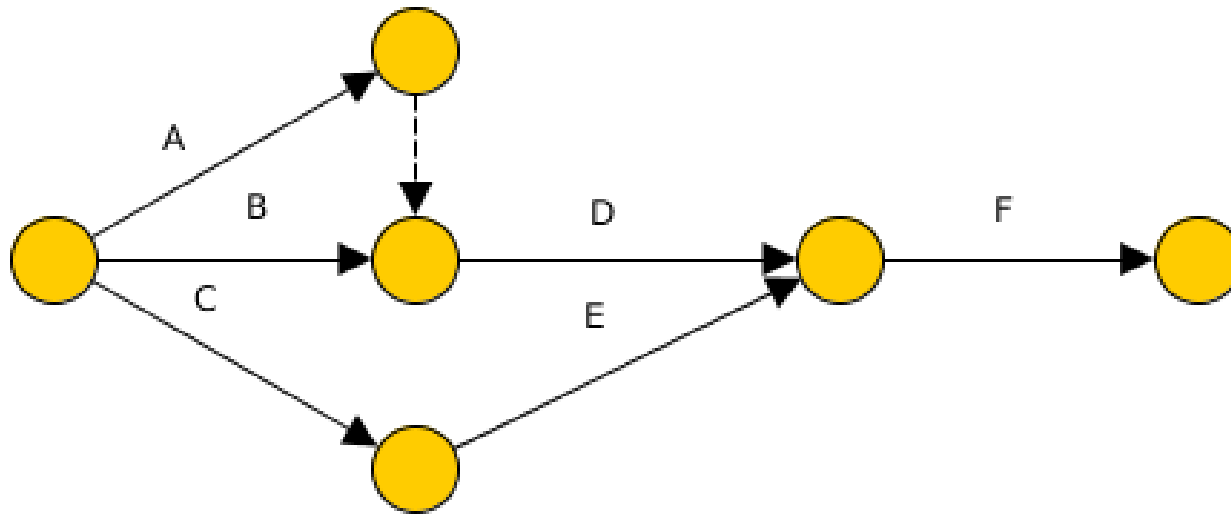
Jarduera	Aurrekariak
A	--
B	--
C	--
D	A,B
E	C
F	D,E

Planifikazioa (PERT)

[**Zuek egiteko**] dependentzien grafoa eraiki

Planifikazioa (PERT)

Dependentzien grafoa



Planifikazioa (PERT)

Adabegiak (gertaerak) zenbatuko ditugu (ezkerretik eskuinera eta goitik behera)

Planifikazioa (PERT)

Jarduera bakoitzaren iraupena kalkulatu

- E_B = Estimazio Baikorra
- E_M = Estimazio Ziurrena
- E_P = Estimazio Ezkorra

Planifikazioa (PERT)

Jarduera bakoitzaren iraupena adierazi:

Jarduera	EB	EZ	EE	Iraupena
A	1	2	3	2
B	3	5	7	5
C

Planifikazioa (PERT)

Gertaera bakoitzeko, kalkulatu:

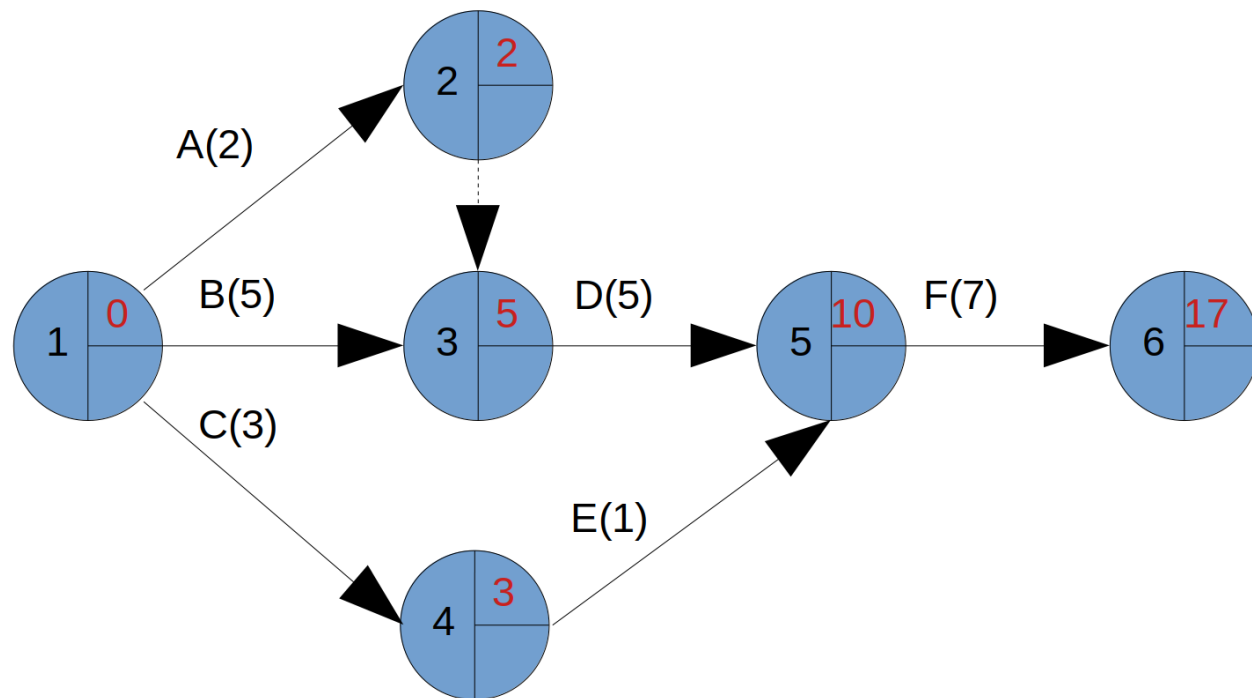
- Earliest Event Time (EET): hasieratik hurbilen dagoen unea jarduera hasteko
- Latest Event Time (LET): amaieratik hurbilen dagoen unea jarduera hasteko
proiektua atzeratu barik

Planifikazioa (PERT): EET

Gertaera bakoitzeko, kalkulatu:

- Hasierako gertaeraren EET-a 0 da
- Gainontzeko gertaerentzako:
 - Gertaerara iristen den jarduera bakoitzeko, batu jardueraren iraupena eta jarduera irten den gertaeraren EET-a
 - Batzuk egotekotan, aukeratu lortutako EET-rik handiena

Planifikazioa (PERT): EET

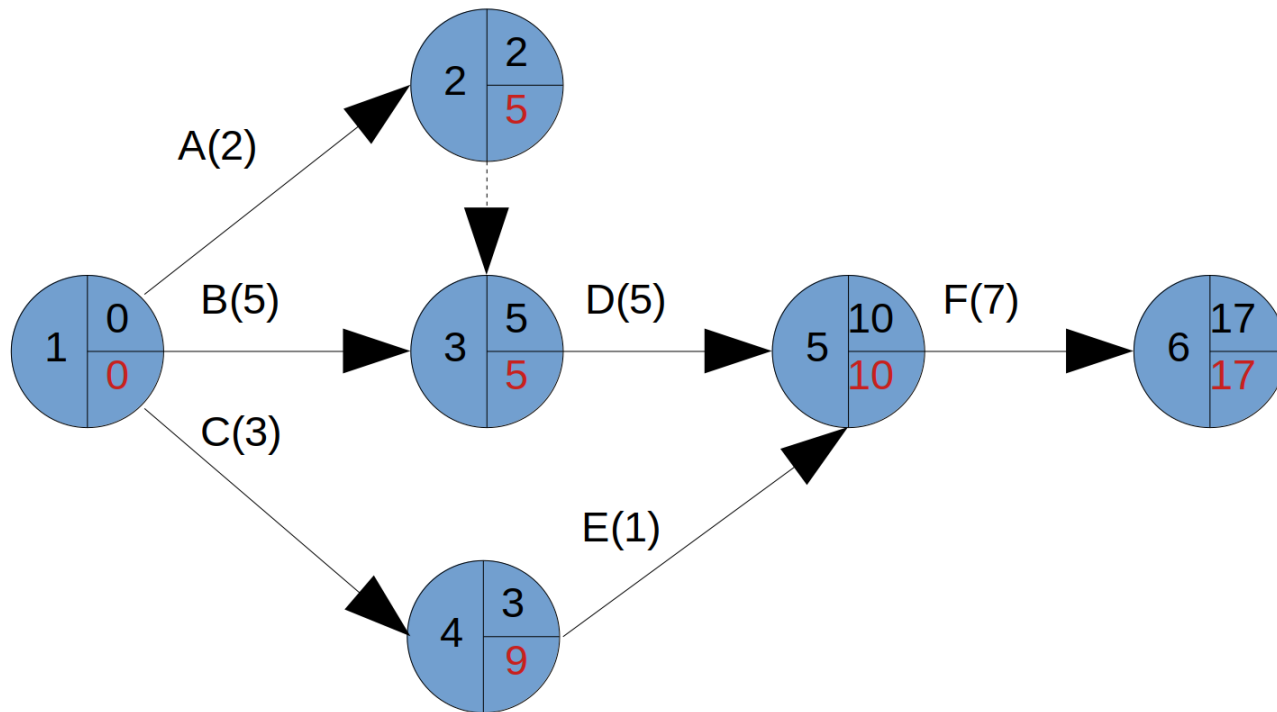


Planifikazioa (PERT): LET

Gertaera bakoitzeko, kalkulatu:

- Amaierako gertaeraren LET-a bere EET-a da
- Gainontzeko gertaerentzako:
 - Gertaeratik irtetzen den jarduera bakoitzaren LET-a iristen den gertaerari kendu
 - Batzuk egotekotan, aukeratu lortutako LET-ik txikiena

Planifikazioa (PERT): LET



Planifikazioa (PERT): Lasaiera Librea

Jarduera baten Lasaiera Librea: helburuko gertaeraren EET-ari jatorrizko gertaeraren EET-a gehi jardueraren iraupena kendu:

Lasaiera libreak adierazten du zenbat denbora unitate atzeratu daitekeen jarduera hori proiektuaren bukaera datan eta beste jardueren hasiera datan eraginik izan gabe

Planifikazioa (PERT): Lasaiera Totala

Helburuko gertaeraren LET-ari jatorrizko jardueraren EET-a gehi jardueraren iraupena kendu:

Lasaiera totalak adierazten du zenbat denbora unitate atzeratu daitekeen jarduera hori proiektuaren iraupenean eraginik izan gabe

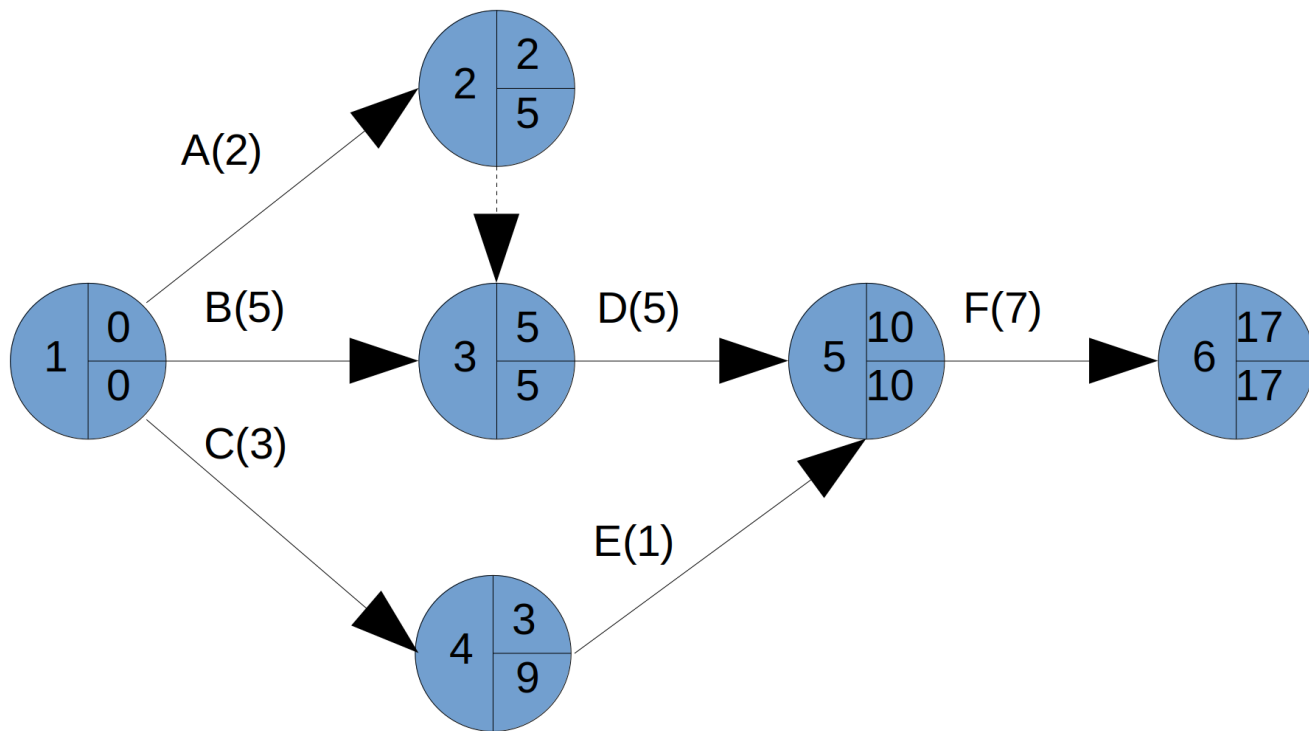
Planifikazioa (PERT): Lasaieren Kalkulua

Lasaierak kalkulatzeko, gertaera N batetik ateratzen diren jarduerak guztiak fikziozkoak badira, gertaera hori ez dugu kontuan edukiko

Bere ordezkari jarduerak fiktizioa heltzen den gertaeraren denborak erabiliko dira. Bat baino gehiago badaude, N gertaerako LET-a jartzeko erabili dena aukeratuko da

Beharrezkoak ez diren jarduerak fiktizioak erabiltzea ez da akatsa, baina kalkulak zailtzen ditu eta ekiditen saiatu beharko gara

Planifikazioa (PERT): Bide Kritikoa



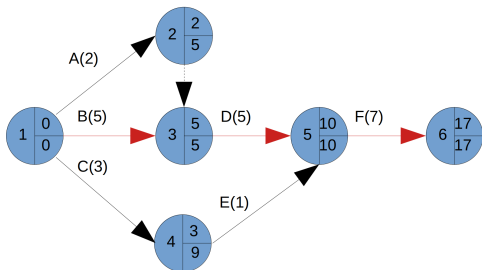
Planifikazioa (PERT): Bide Kritikoa

Lasaiera total zero duten jarduerak jarduera kritikoak dira

Sortzen duten bidea bide kritikoa da

Planifikazioa (PERT): Bide Kritikoa

Jarduera	Lasaiera librea	Lasaiera totala
A	3	3
B	0	0
C	0	6
D	0	0
E	6	6
F	0	0



Planifikazio teknikak. CPM

Oinarriak PERT-en berberak

CPM-en denbora bakarra erabiltzen da jardueren iraupena estimatzeko

CPM determinista da eta PERT probabilistikoa

Planifikazio teknikak: ROY

Grafo bat sortzen da ere, baina:

- Nodoak jarduerak dira
- Arkuek aurrekotasuna adierazten dute

Planifikazio teknikak (ROY): Aurrekotasun motak

Planifikazio teknikak (ROY): Aurrekotasun motak

Grafoa eraikitzeko bi jarduera osagarri gehitu behar dira:

- Hasierako jarduera
- Bukaerako jarduera

Gure benetako jardueren artean lehenengoa izan daitekeen jarduera bakarra badago ez dugu hasierako jarduerarik sortuko. Era berean, azkena izan daitekeen jarduera bakarra badago ez dugu bukaerako jarduera sortuko

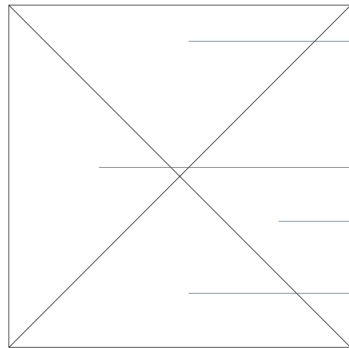
Planifikazio teknikak (ROY)

ROY-k ere aurrekotasun taula edo kate-matrizea erabiltzen du

	A	B	C	D	E	F
A						
B						
C						
D		X				
E	X		X	X		

Planifikazio teknikak (ROY)

Nodo bakoitza lauki batekin errepresentatzen da:



Jardueraren kodea

Jarduera hasteko denbora minimoa (t)

Jarduera hasteko denbora maximoa (T)

Jardueraren iraupena

Planifikazio teknikak (ROY)

Arkuen gainean, arkua ateratzen den jardueraren iraupena (atzerapena barnean eduki dezake)

Jardueraren hasteko denbora minimoa kalkulatzeko:

- Jarduerara iristen den arku bakoitzeko, arku hori ateratzen den jardueraren hasteko denbora minimoa eta arkuaren balioa batu
- Batuketa guztien maximoa aukeratu

Planifikazio teknikak (ROY)

Jardueraren hasteko denbora maximoa:

- Nodotik ateratzen den arku bakoitzaren balioa kendu behar zaio arku hori iristen den jardueraren hasteko denbora maximoari
- Kenketa horien minimoa hartu

Planifikazio teknikak (ROY)

K jardueraren lasaiera totala bere hasteko denbora maximo eta minimoaren arteko diferentzia da:

Planifikazio teknikak (ROY)

K jardueraren lasaiera librea:

Non P K-ren ondoren dauden jarduerak diren eta I_{kp} K eta P jarduerak lotzen dituen arkuaren balioa

Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Jardueren grafoaren egitura ROY-ren berdina da:

- Nodoak jarduerak dira
- Arkuek jardueren aurrekotasuna adierazten dute

Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Lau aurrekotasun mota onartzen ditu:

- Amaiera - Hasiera (AH)
- Hasiera - Hasiera (HH)
- Amaiera - Amaiera (AA)
- Hasiera - Amaiera (HA)

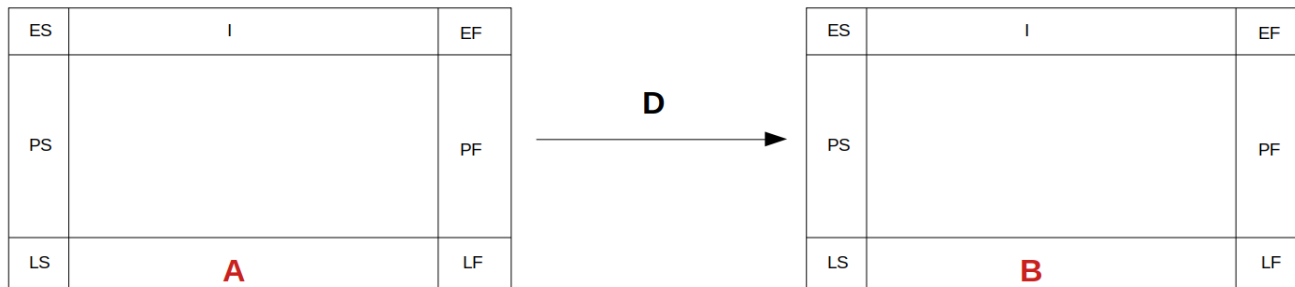
Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak



Aurrekotasunak

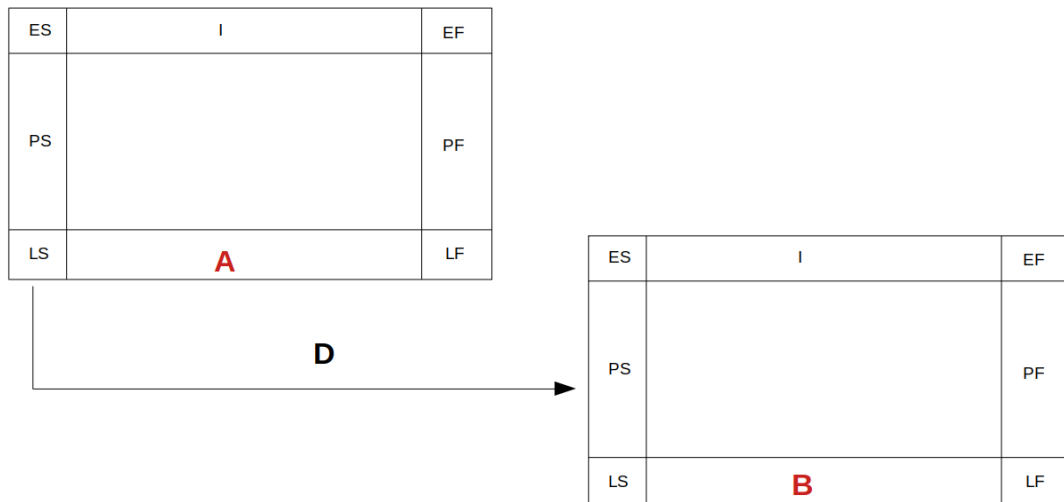
Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Amaiera - Hasiera (Aukera: D atzerapenarekin): B bakarrik has daiteke A bukatu eta D denbora-unitate pasa ondoren



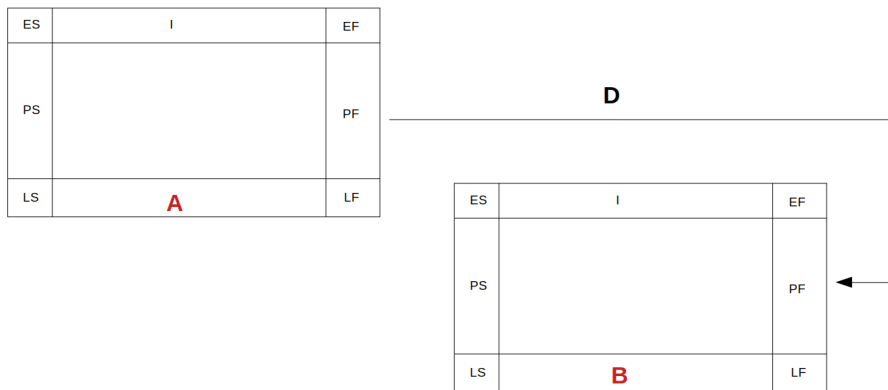
Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Hasiera - Hasiera (Aukera: D atzerapenarekin): B bakarrik has daiteke A hasi eta D denbora-unitate pasa ondoren



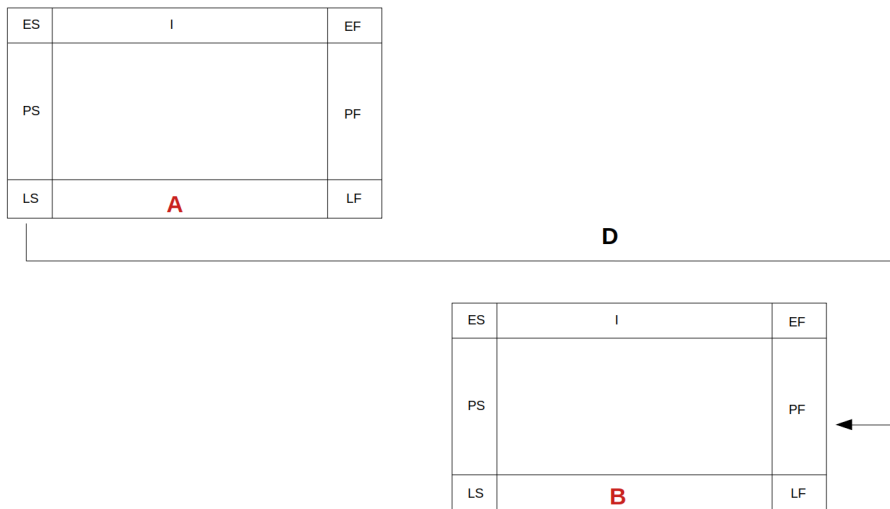
Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Amaiera - Amaiera (Aukera: D atzerapenarekin): B bakarrik bukatu daiteke A bukatu eta D denbora-unitate pasa ondoren



Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Hasiera - Amaiera (Aukera: D atzerapenarekin): B bakarrik bukatu daiteke A
hasi eta D denbora-unitate pasa ondoren



Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Grafoa eraikitzeko:

- Hasierako jarduerak identifikatu
- Grafoaren egitura sortu jardueren exekuzio-sekuentzia kontuan hartuz
- Denbora inposatuak existitzen badira, adierazi
- Atzerapenak adierazi

Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Lehenengo ES eta EF kalkulatu ditugu:

- Hasierako jarduerentzat: $ES=0$, EF =bere iraupena
- Besteentzat (adibidea: X jarduerarentzat): X-ren aurrekariak eta data inposatuak begiratu. Bakoitzaren eraginez ES eta EF bat kalkulatu (ikus ondorengo gardenkia)
- (ES, EF) bikoterik handiena izango dira X jardueraren ES eta EF

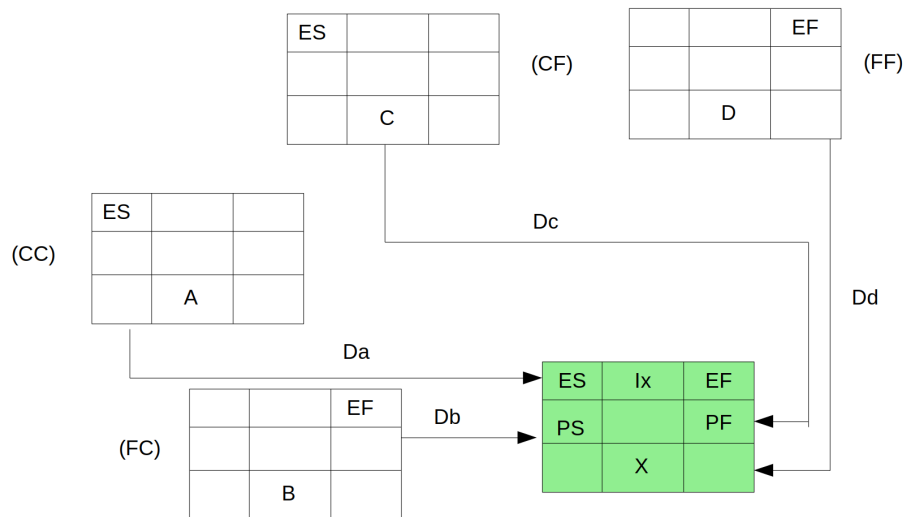
Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

ES eta EF-ren kalkulua aurrekotasun/daten eraginez:

- HH aurrekotasunentzat (A jard): $ES(X)_a = ES(A) + Da$; $EF(X)_a = ES(X)_a + lx$
- AH aurrekotasunentzat (B jard): $ES(X)_b = EF(B) + Db$; $EF(X)_b = ES(X)_b + lx$
- HA aurrekotasunentzat (C jard): $EF(X)_c = ES(C) + Dc$; $ES(X)_c = EF(X)_c - lx$
- AA aurrekotasunentzat (D jard): $EF(X)_d = ES(D) + Dd$; $ES(X)_d = EF(X)_d - lx$
- PS: $ES(X)_{ps} = PS$; $EF(X)_{ps} = ES(X)_{ps} + lx$
- PF: $EF(X)_{pf} = PF$; $ES(X)_{pf} = EF(X)_{pf} - lx$

Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

ES eta EF-ren kalkulua aurrekotasun/daten eraginez:



Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Gero LS eta LF kalkulatu ditugu:

- Bukaerako jarduerentzat:
 - $LF = \text{diagramako EF handiena}$
 - $LS = LF - \text{jardueraren iraupena}$
- Besteentzat (adibidea: X jarduerarentzat): X-ren ondorengoak eta data inposatuak begiratu. Bakoitzaren eraginez LS eta LF bat kalkulatu (ikus ondorengo gardenkia)

Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Gero LS eta LF kalkulatuko ditugu (jarraipena):

- (LS,LF) bikoterik txikiena izango dira X jardueraren LS eta LF (Salbuespen bat dago: Beti bete behar da $ES \leq LS$ eta $EF \leq LF$, baina data inposatuen ondorioz batzutan ez da beteko eta zuzendu beharko da 1. ariketa)

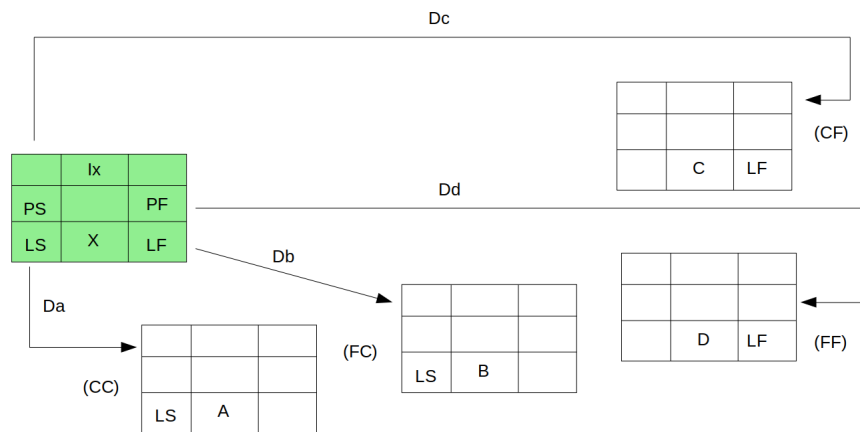
Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

LS eta LF-ren kalkulua:

- HH aurrekotasunentzat (A jard): $LS(X)_a = LS(A) - D_a$; $LF(X)_a = LS(X)_a + l_x$
- AH aurrekotasunentzat (B jard): $LF(X)_b = LS(B) - D_b$; $LS(X)_b = LF(X)_b - l_x$
- HA aurrekotasunentzat (C jard): $LS(X)_c = LF(C) - D_c$; $LF(X)_c = LS(X)_c + l_x$
- AA aurrekotasunentzat (D jard): $LF(X)_d = LF(D) - D_d$; $LS(X)_d = LF(X)_d - l_x$
- PS: $LS(X)_{ps} = PS$; $LF(X)_{ps} = LS(X)_{ps} + l_x$
- PF: $LF(X)_{pf} = PF$; $LS(X)_{pf} = EF(X)_{pf} - l_x$

Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

LS eta LF-ren kalkulua:



Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Jardueren lasaiera:

- K jardueraren lasaiera totala:

Planifikazio teknikak: Aurrekotasunak

Jardueren lasaiera:

- Lasaiera librea: ondorengoen artean txikiena:
 - ES (hurrengoa) - $(EF + D)$, erlazioa AH bada
 - ES (hurrengoa) - $(ES + D)$, erlazioa HH bada
 - EF (hurrengoa) - $(EF + D)$, erlazioa AA bada
 - EF (hurrengoa) - $(ES + D)$, erlazioa HA bada