

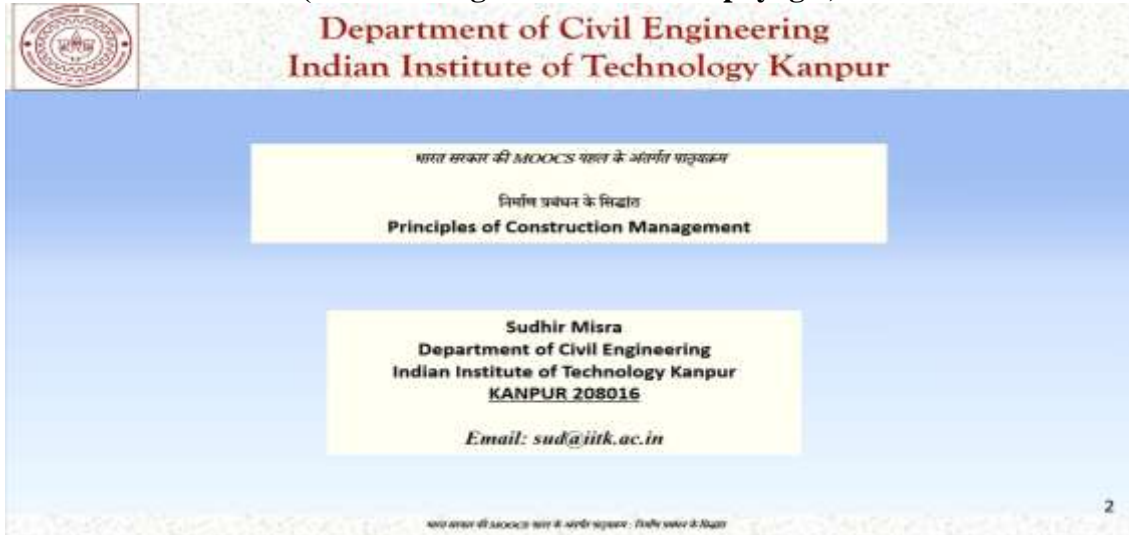
निर्माण प्रबंधन (Construction Management) के सिद्धांत
[Nirman prabandhan (Construction Management) ke Siddhant]

Prof. Sudhir Misra

Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology – Kanpur

Lecture – 19

Gatividhiyon ke avadhi mein anishchitata
(– Scheduling mein PERT ka upayog –)



Namaskaar aur aapaka स्वागत है भारत सरकार के MOOCS पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत.

(Reference Time 00:21)



Aaj ham log hain lecture 19 par aur aaj ka vishay hoga gatividhiyon ke avadhi mein anishchitata aur kis prakaar scheduling mein ham is anishchitata ko dhyaan mein rakhate hue PERT ka upayog karate hain.

(Reference Time 00:38)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

पाठ्यक्रम के मॉड्यूल

- परिचय एवं विहंगम छवि/दृश्य
- परियोजना की लागत का अनुमान
- निर्माण अर्थशास्त्र
- प्लानिंग एवं शेड्यूलिंग
- गुणवत्ता प्रबंधन
- सुरक्षा प्रबंधन
- अनुबंध प्रबंधन

Is paathyakram ke module yahaan diye hue hain.

(Reference Time 00:42)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

पाठ्यक्रम के मॉड्यूल

- परिचय एवं विहंगम छवि/दृश्य
- परियोजना की लागत का अनुमान
- निर्माण अर्थशास्त्र
- प्लानिंग एवं शेड्यूलिंग
- गुणवत्ता प्रबंधन
- सुरक्षा प्रबंधन
- अनुबंध प्रबंधन

Aur ham log planning evan scheduling par hain.

(Reference Time 00:44)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

इस मॉड्यूल की विषय-सूची

प्लानिंग एवं शेड्यूलिंग का परिचय
 प्रोजेक्ट शेड्यूलिंग में 'नेटवर्क' का उपयोग
 क्रिटिकल पाथ और गतिविधियों की अवधि में अनिश्चितता (PERT)
 बार चार्ट का उपयोग
 नेटवर्क की तैरिशग

कृषक का पुनर्भूगतान
 निर्माण परियोजनाओं में संसाधन प्रबंधन
 संसाधनों का स्तरीकरण और आवंटन
 प्रोजेक्ट की निगरानी एवं निबंधन प्रणाली

Aur usake antargat in vishayon par hamen charcha karanee hai.

(Reference Time 00:49)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

इस मॉड्यूल की विषय-सूची

प्लानिंग एवं शेड्यूलिंग का परिचय
 प्रोजेक्ट शेड्यूलिंग में 'नेटवर्क' का उपयोग
 'नेटवर्क' का प्रयोग एवं क्रिटिकल पाथ - I
 गतिविधियों की अवधि में अनिश्चितता
 (- शेड्यूलिंग में PERT का उपयोग -)
 बार चार्ट का उपयोग
 नेटवर्क की तैरिशग

कृषक का पुनर्भूगतान
 निर्माण परियोजनाओं में संसाधन प्रबंधन
 संसाधनों का स्तरीकरण और आवंटन
 प्रोजेक्ट की निगरानी एवं निबंधन प्रणाली

Aaj kee charcha kendrit hai gatividhiyon kee avadhi mein anishchitata aur scheduling mein PERT ka upayog.

(Reference Time 00:57)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

परिचय

अब तक की हमारी चर्चा में, हमने गतिविधियों को पूरा करने के लिए एक निश्चित समय (अवधि) लिया है, और फिर परस्पर निर्भरता के आधार पर परियोजना के पूरा होने के समय को निर्धारित करने के लिए नेटवर्क का विश्लेषण किया है।

आज हम इस अवधि से जुड़ी अनिश्चितताओं पर चर्चा करें, यह समझने का प्रयास करेंगे कि इस बात को नेटवर्क के विश्लेषण में किस प्रकार शामिल किया जाता है।



Ab tak hamaaree charcha is baat par aadhaarit rahee hai ki kisee bhee gatividhi ko poora karane ke lie ek nishchit samay ya avadhi lagegee. Pichhalee baar hamane dekha ki gatividhi i, j thee jisake lie ki hamane maana ki ek nishchit avadhi D i, j chaahe vo 5 din thee, 5 saptaah thee, 7 din thee, 9 saptaah thee jo bhee thee. Vo nishchit avadhi lee gae thee aur usake aadhaar par pariyojana ko poora karane ke lie jo samay lagega usaka vishleshan kiya gaya tha. Kintu aaj ham charcha karenge is avadhi se judee anishchittaon ko aur ye anishchittataen kahaan se aatee hain? Ye hamaara pahala part hoga aur doosara part hoga ki in anishchittaon ko ham network ke vishleshan mein kis prakaar shaamil karate hain. To aaie ham charcha shuroo karate hain.

(Reference Time 01:53)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

शेड्यूलिंग

जब हम शेड्यूलिंग की बात करते हैं तो समय का आशय अवश्य होता है।

किसी प्रोजेक्ट की अवधि का अनुमान या आकलन के लिए गतिविधियों का ज्ञान आवश्यक है।

किसी गतिविधि की अवधि का अनुमान या आकलन के लिए निम्न बातों का ध्यान रखना चाहिए:


- मात्रा या परिमाण
- आवृत्ति संसाधन
- परस्पर निर्भरता
- संसाधनों की उपलब्धता
- अनिश्चितता
-



Ye slide ham pahale dekh chuke hain aur hamane charcha kee thee ki scheduling kee jab ham baat karate hain to samay ka aashay avashy hota hai. Ek prakaar se ham charcha karana

chaahate hain ki is gatividhi mein kitana samay lagega, kab yah gatividhi hogee ityaadi. Aur kisee bhee project kee avadhi ka anumaan lagaane ke lie ya usaka aakalan karane ke lie, gatividhiyon ka gyaan aavashyak hai. Pahale to hamen yah pata hona chaahie ki us project mein kya gatividhiyaan hongee, unakee paraspar nirbharata kya hai, kaun see gatividhi, kis gatividhi par nirbhar hai aur phir us gatividhi mein kitana samay lagata hai. Aur gatividhi mein lagane vaale samay ya avadhi ka anumaan ya aakalan tamaam baaton par nirbhar karata hai jinamen se kuchh yahaan par dee gae hai. Maatra ya parimaan, agar hamen earthwork karana hai to 10 cubic meter earthwork karana hai ya 50 cubic meter karana hai, 1000 cubic meter karana hai. Aavantit sansaadhan, us gatividhi ko poora karane ke lie ham kitane sansaadhan aavantit karate hain, usako allocate karate hain kitane sansaadhan ham usamen allocate kar sakate hain chaah vo manpower ho, chaah vo machine ho, chaah vo dhan ho. Gatividhiyon kee paraspar nirbharata kya hai? Sansaadhanon kee utpaadakata arthaat maan leejie ki ham ek bulldozer ya earthmover isase ham 1000 cubic meter earthwork karana chaahate hain, to hamen yah pata hona chaahie ki is machine se ham ek ghante mein ya ek din mein kitana earthwork kar sakate hain. Kya yah rate bulldozer chalaane vaale ke expertise par aadhaarit hai ya nahin?? Ho sakata hai ek expert driver ho, ek expert operator ho, jo ki us machine se adhik utpaadakata extract kar sakata hai. Sambhav hai ki dheere-dheere us driver kee ya us operator kee skill badhe, jaise-jaise usako anubhav praapt ho aur vah usee machine se adhik utpaadakata extract kar sake. To in sabhee baaton ko hamen dhyaan mein rakhana hoga. Jab ham baat karate hain utpaadakata kee. Phir baat aatee hai anishchitta kee. Anishchitta aaj kee charcha ka kendr hai aur is par ham aage bhee charcha karate hain.

(Reference Time 04:28)



Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur


S. No.	Particulars of work	Quantity	Unit	Rate (INR)	Per	Amount (INR)
1	Earthwork in excavation	87.83	m ³	100		
2	First class brickwork in 1:3 mortar	41.59	m ³	500		
3	RCC work of M25 grade in columns and footing excluding steel, centering and shuttering	7.93	m ³			
4	Plain cement concrete (1:4:8)	3.78	m ³			
5	15 mm thick plastering with 1:6 mortar	210.84	m ²			
6	Centering and shuttering (formwork)	83.61	M ²			
7	Steel work in RCC including bending and binding in position	1072.5	kg			
8	Barbed wire	220	m			
9	ISA 100 x 100 x 8	187.7	kg			

भारत सरकार की MOOCs पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम - निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत

Aur ye table aapako dhyaan hoga jab ham boundary wall ka udaaharan kar rahe the tab hamane banaee thee. Is table mein kya diya hua hai? Ki is prakaar se 9 ya 10 item hain. Inakee quantities hamane nikaalee thee kyonki hamaare paas ek detail drawing upalabdh thee jisase ki ham ye quantity ya parimaan nikaal sake. Earthwork ke lie hamane nikaala cubic meter mein 87.83, plastering ke lie hamane nikaala square meter mein 210.84 square meter, reinforcement ke lie hamane nikaala 1072.5 kilogram ityaadi. To ab us samay charcha is baat par thee ki in items ka rate kya hai? Earthwork in excavation 100 rupe hai, first class brick work in 1 in 3 mortar usaka 500 rupe hai, to isake aadhaar par har item ka ek amount nikaala

gaya aur us amount ke aadhaar par pariyojana kee cost ka aakalan kiya gaya. Aaj hamaaree charcha inhee quantities par hai kintu kendr rate nahin hai balki hamaara kendr hai samay.

(Reference Time 05:50)

 Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur						
S. No.	Particulars of work	Quantity	Unit	Rate (unit/time)	Time (day)	Remark
1	Earthwork in excavation	87.83	m ³			
2	First class brickwork in 1:3 mortar	41.59	m ³			
3	RCC work of M25 grade in columns and footing excluding steel, centering and shuttering	7.93	m ³			→ Dependance
4	Plain cement concrete (1:4:8)	3.78	m ³			
5	15 mm thick plastering with 1:6 mortar	210.84	m ²			
6	Centering and shuttering (formwork)	83.61	M ²			
7	Steel work in RCC including bending and binding in position	1072.5	kg			
8	Barbed wire	220	m			
9	ISA 100 x 100 x 8	187.7	kg			

भारत सरकार की MOOCs पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम - निर्माण प्रबंधन के विद्यांत

11

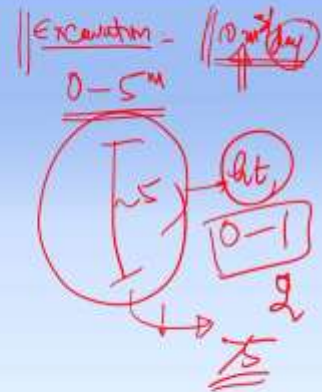
Is gativadhi ko poora karane ke lie hamen kitana samay lagega, usake lie hamen aavashyak hai ki ye pata chale ki ham earthwork kis dar par kar paenge, kitane cubic meter per de ya per hour jo bhee hai vo kya hoga? Yahaan per square meter hai to ham kya jo plastering hai vo ham 100 square meter per hour karenge ya 50 square meter per hour karenge to usake aadhaar par ham tay karenge ki is gatividhi ko poora karane ke lie kitana samay lagega. To ab is samay ke aakalan ke baad ham dekhenge ki inakee dependency kya hai, inakee aapas mein nirbharata kya hai aur usake aadhaar par ham pichhalee baar kee tareeke se ek network bana karake ye tay kar sakate hain ki hamako boundary wall banaane mein kitana samay lagega. Ab baat aatee hai ki in avadhiyon mein, is samay mein jo hamane liya hai ek gatividhi poora karane ke lie anishchitata kahaan se aatee hai?

(Reference Time 07:03)



गतिविधियों की अवधि का अनुमान

- पहले की गयी समान गतिविधियों में लगे समय का रिकॉर्ड एक मानक बनाने का सरल तरीका हो सकता है, बिना एक 'औसत अवधि' मिल सकती है।
- क्योंकि प्रत्येक निर्माण परियोजना का अपना अस्तित्व होता है, इसलिए पिछले डेटा का उपयोग करके गतिविधि की अवधि का अनुमान लगाने की अपनी सीमाएँ होती हैं।



To gatividhiyon kee avadhi ka jab ham anumaan lagaate hain to usamen kis baat ke aadhaar par ham rate nikaal sakate hain. Pahale kee gae samaan gatividhiyon mein lage samay ka record ek maanak banaane ka saral tareeka ho sakata hai jiske ki aadhaar par ham ek ausat avadhi nikaal sakate hain. To agar hamaare paas record hai ki ham earth work in excavation jo sansaadhan hamaare paas hain jis tareeke se ham unako use karenge usamen hamen pata hai ki 10 cubic meter per day hamaaree productivity hai hamaaree utpaadakata hai to agar hamen total quantity pata hai, to ham usase samay nikaal sakate hain lekin agar hamaare paas ye ek maanak nahin hai tab avadhi ko nikaalana mushkil hota hai to is prakaar ke maanak agar nahin bhee hain to kuchh published document hote hain jinake ki aadhaar par ham ye kar sakate hain aur hamaaree sahaayata hotee hai. Ye dhyaan mein rakhana chaahie ki pratyek nirmaan par yojana ka astitv apana ek alag hota hai aur isalie pichhale deta ka upayog karake gatavidhi kee avadhi agar ham nikaalate hain to usamen apanee hee seemaen hotee hai. Agar hamaare paas earthwork ka hee example len, excavation ka example len to vo earthwork maan lijie kiya gaya 5 meter kee depth par ya 0 se lekar 5 meter kee depth par hamaare paas jo pichhale excavation kiye gae usamen gaharaee 0 se 5 meter tak thee. Lekin agar vartamaan pariyojana mein jisamen ki ham usaka aakalan karana chaahate hain gatividhi ka, usamen yadi ye height ya ye depth maatr 0 se 1 meter hai ya 2 meter hai ya 5 se adhik hai to yahaan par kiye gae earthwork dvaara established maanak yahaan par kitane sahaayak siddh hongee yah engineer ko dhyaan me rakhana chaahie. Ki kya ye maanak conservative hai ya conservative nahin hai. To ye to huee record kee baat.

(Reference Time 09:13)



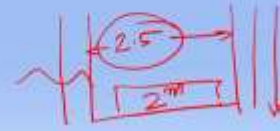
सिद्धांत रूप से, गतिविधि (i,j) की अवधि (D_{ij}), उसके परिमाण, संसाधन और उनकी उत्पादकता के आधार पर निर्धारित की जाती है:

$$D_{ij} = \frac{A_{ij}}{P_{ij} N_{ij}}$$

जहाँ A_{ij} आवश्यक मात्रा
 P_{ij} औसत उत्पादकता
 N_{ij} संसाधन (संख्या)

इन तीनों में अलग-अलग स्तर की अनिश्चितता होती है।

Drawing



Lekin siddhaant roop mein gatividhi i, j kee avadhi D_{ij} usake parimaan, sansaadhan aur unakee utpaadakata par nirbhar hotee hai aur ham usako is prakaar se represent kar sakte hain ki agar ye hai hamaaree total aavashyak maatra ya parimaan, ausat utpaadakata aur sansaadhan jo ki kisee sankhya ho sakatee hai hum 4 log kee jagah 6 log laga sakate hain, 4 log kee jagah 2 log laga sakate hain aur is prakaar se unakee utpaadakta ko dekhate hue ham avadhi ka aakalan kar sakte hain lekin in teenon quantities mein A, P aur N. A arthaat maatra, utpaadakta aur sankhya in teenon mein apane-apanee anishchitata hotee hain. In teenon mein anishchitata kis baat kee hain? Pahalee baat hai maatra, yadyapi agar hamaare paas Good for Construction, Final Drawings kisee bhee pariyojana kee upalabdh hain, to quantities ka estimation kaaphee had tak sateek hota hai. Lekin aakhirakaar vo drawing hai aur jab ham site par jaate hain to jo conditions us drawing mein lee gae hain ho sakata hai unase bhinn ho, jaise ki excavation mein hee agar ye kaha gaya hai ya ye maana gaya hai ki hamaare paas ye footing banaane ke lie jisaka kee 2 meter x 2 meter size hoga hamane le liya ki ye 2.5 meter excavation karane se kaam chal jaega. Ho sakata hai vahaan par 2.5 meter se kaam na chale adhik excavation karana pad jae ho sakata hai. Ho sakata hai jis depth tak jaana ho us tak ham pahunch hee na pae kuchh yahaan par rocky formations aa jae ityaadi. To is prakaar se total quantity ke estimation mein bhee ek anishchitata hotee hai agar good for construction drawings upalabdh hai, final drawings upalabdh hai, to usamen anishchitata kam hotee hai yah baat tay hai. Lekin kabhee-kabhee aisa hota hai ki yah avadhi calculate karate vakt hamaare paas vo good for construction drawings nahin hotee hai, tab un quantities mein nishchit roop se hee anishchitata aa jaatee hai. Utpaadakata ke baare mein hamane pahale hee charcha kee ki utpaadakata badal sakatee hai har project mein, machine ke oopar naee machine, puraane machine, bahut puraane machine, nae operator, experienced operator in sab se utpaadakata badalatee hai aur jahaan tak sankhya ka savaal hai usamen bhee badalaav ho sakata hai. Hamane socha tha ham teen machine laga kar yah kaam kareenge, ek machine kharaab ho gae to hamaare paas maatr do machine bachee ya hamane socha tha 10 log vahaan par kaam kareenge 2 log nahin aa pae, hamen 8 logon se kaam karana pada, 2 logon ko kaheen aur bhejana pada ityaadi. To in sab baaton mein ham samajh sakte hain ki ye parameters agar fixed nahin hai, to d_{ij} jo hamaaree avadhi hai usamen bhee anishchitata aa jaege aur ye alag-alag star kee ho sakatee hai. To is star kee baat bhee ham log aaj lecture mein karenge

(Reference Time 12:40)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

$$D_{ij} = \frac{A_{ij}}{P_{ij}N_{ij}}$$

उपरोक्त समीकरण मानता है कि किसी गतिविधि की अवधि संसाधनों को बढ़ाने से कम हो जाएगी।

नया वह धारणा सदैव सत्य है?

उत्तर है, नहीं। उपरोक्त धारणा तभी मान्य है जब

- श्रमिक स्वतंत्र रूप से काम कर सकते हों, और
- व्यक्तिगत कार्यों के बीच समन्वय की आवश्यकता न हो

यह धारणा किस प्रकार की परिस्थितियों में विफल होगी?

HSD 28

- डिजाइन कार्यों को अक्सर आर्किटेक्ट और इंजीनियरों के बीच विभाजित किया जाता है, जिससे उनके बीच अधिक समन्वय हो सके।
- ऐसी स्थिति में, अधिक लोगों का जुड़ाव स्पष्ट रूप से समन्वय को प्रभावित करेगा, और अवधि भी प्रभावित होगी।
- यदि श्रमिक दल में अधिक लोग हों तो सामग्री या सूचना का सुचारु रूप से प्रवाह सुनिश्चित करना कठिन हो सकता है।
- किसी भी उपलब्ध स्थान में एक सीमा तक ही लोग (या मशीनें) काम कर सकती हैं।

To jahaan tak is equation ka savaal hai, isamen ye maana gaya hai ki gatividhi kee avadhi sansaadhanon ko badhaane se kam ho jaeege. Haan, siddhaant roop mein ye baat theek hai, lekin kya ye sadaiv saty hai? Aisa bhee nahin hai, kyonki ye dhaarana tabhee sahee hai, jab ye maana jaaye ki shramik svatantr roop se kaam kar sakate hain. Shramik ek example liya gaya hai jabaki ham maan rahe hain ki labour is involved usamen labour ka labour is involvement hai. To tamaam jo log hain us gatividhi mein vah independently kaam kar sakate hain agar vo independently kaam nahee kar sakate to ye equation valid nahee hogee. Vyaktigat kaaryon ke beech mein samanvay kee aavashyakata na ho, is par abhee ham aur charcha karate hain. Ki design kaaryon mein aksar architects aur engineers, inake beech mein vibhaajit kiya jaata hai aur isake liye inamen aur adhik samanvay hone kee aavashyakata hotee hai. To is samanvay ke hone se ya samanvay kee need hone se maatr N ko badha dena ki hamane 4 engineers laga diye aur 4 architects laga diye usase kaam nahee chalega. Aisee sthiti mein adhik logon ka judaav spasht roop se samanvay ko prabhaavit karata hai aur avadhi bhee prabhaavit hotee hai. Agar hamane engineers kee sankhya badha dee to unamen coordination hona chaahiye, unamen taalamel hona chaahiye. To us taalamel ko rakhane ke liye jo effort lagega, jo koshishen lagengee usakee vajah se yah equation directly valid nahee rahege. Yadi shramik dal mein adhik log hongee to saamagree ya soochana ka suchaaru roop se pravaah sunishchit karana bhee kathin ho jaata hai. Kisee bhee upalabdh sthaan mein, ek seema tak hee log ya masheenen kaam kar sakate hain. Agar hamaare paas 100 square meter painting karanee hai to kya vahaan par ham 100 logon ko laga sakate hain? Vo nahee laga sakate hain to kisee bhee nishchit sthaan mein kisee bhee gatividhi ko poora karane ke liye ek seema tak hee ham sansaadhan badha sakate hain chaahe vo vyakit ho, chaahe vo masheenen ho. To isaliye is equation ko use karate vakt dhyaan rakhana chaahiye ki ye ek normal range mein kaam karatee hai.

(Reference Time 15:11)



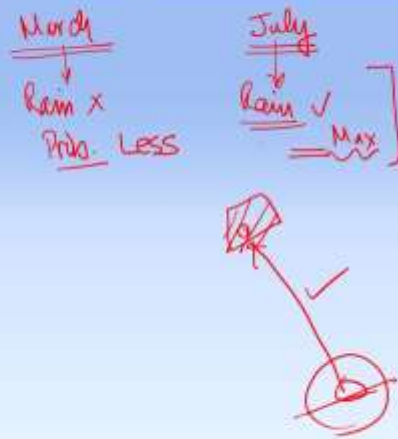
Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

अनिश्चितता के कुछ और कारण

- हर परियोजना का अपना अस्तित्व होना
- मौसम ✓
- आवश्यक सामग्री न जुटा पाना
- मशीनों का खराब होना
- प्राकृतिक आपदा
-

निर्माण कार्य में अधिकांश गतिविधियाँ वो कि हमारे नियंत्रण से बाहर हैं, निश्चित रूप से अनिश्चित हैं !

तमाम अनिश्चितताओं को देखते हुए, गतिविधि की अवधि के साथ प्रोबेबिलिटी जुड़ जाती है। इसको अपेक्षित समय, औसत और मानक विचलन (standard deviation) से चर्चाया जाता है।



Aaiye anishchitata ke kuchh aur kaaronon par bhee charcha karen. Har pariyojana ka apana astitv hona, ek unique characteristic hona. Ye dhyaan mein rakhana chaahiye ki nirmaan kaary jyaadaatar open atmosphere mein kiye jaate hain arthaat ye factory ka controlled atmosphere nahee hota hai. Isaka matalab ye hua ki jo nirmaan kaary UP mein ho raha hai jahaan par ki aapane apne temperature, apanee rain characteristics hain, vo nirmaan kaary agar ek coastal area mein hoga jahaan par ki temperature alag hoga, baarish kee situation alag hogee, vahaan par vo avadhi jo hamane UP pe calculate kee hain, directly applicable nahin hogee. Mausam mein anishchitata ek hee jahag par ek sa mausam bhaarat mein nahin rahata hai. Agar ham ek aisee jagah par baat karate hain jahaan par ki March maheene mein baarish jayaadaatar nahin hotee hai aur July mein adhikaansh dinon mein baarish hotee hai. Vahaan par ek gatavidhi ko poora karane ke lie agar hamen avadhi nikaalane hai to ham yah kah sakate hain ki theek hai March me ye ham maan ke chal sakate hain ki baarish nahee hogee. July mein is baat maanana ya ye assumption lena ki baarish kee nahee hogee yah khataranaak hai isalie ham kahenge ki baarish to hogee lekin kya roj baarish hogee? Yah ho sakata hai ki jis din ham activity karen us din baarish na ho to baarish kee probability, vo yahaan par bahut kam hai aur yahaan par baarish na hone kee probability kam hai arthaat baarish hone kee probability haee hai ya maximum hai. To yahaan par hamako mausam mein hone vaalee anishchitata ko bhee dhyaan mein rakhana hoga. Aavashyak saamagree na juta paana, kisee bhee gatavidhi ke lie ro material site par upalabdh karaana ek aavashyak kaary hai. Tamaam kaaran hain jisakee ki vajah se ham ek site par yahaan se material jo hamen samay par pahunchaana chaahie vo nahin pahuncha paen. Yahaan par jahaan utpaadan ho raha hai is sansaadhan ka ya is material ka, yahaan par kuchh dikkat ho sakatee hai ya transportation me dikkat ho sakatee hai, usakee vajah se, yahaan par hone vaalee gatavidhi par pratikool prabhaav par sakata hai, to aavashyak saamragee na juta paana bhee, anishchitata ka ek bahut bada kaaran hota hai. Masheenon ka kharaab ho jaana ham koshish karate hain ki kharaab na ho rakharakhaav maintenance kiya jae lekin phir bhee masheenon kharaab ho sakatee hai. Kharaab hone par hamaare paas agar standby hai bhee, to bhee usako le kar aana aur usako use karane mein samay lagata hai aur hamaaree gatavidhi delay hotee hai. Praakratik aapada se to bahut saaree cheejen affect hotee hain aur anishchitata ka ek bahut bada kaaran ban sakatee hai praakrtik aapada. To nirmaan kaary mein adhikaansh gatavidhiyaan jo hamaare direct niyantran se baahar hain ye kaha ja sakata hai ki nishchit roop se anishchit hain. Tamaam anishchitataon ko dekhate hue gatavidhi kee avadhi ke saath ek probability jud jaatee hai. Ham ye nahin kah sakate hain ki ye gatavidhi 5 din mein ya 6 din mein avashy

pooree ho jaegee. Ham sirph ye kah sakate hain ki kya 5 din mein isako poora karane kee probability 50 percent hai ya 10 percent hai 90 percent hai ya 99 percent hai and so on aur jab probability jud jaatee hai to baat aatee hai ki ham baat kar sakate hain maatr ki ek apekshit samay hoga jisaka ausat ye hoga aur usaka standard deviation ye hoga. Is baat ko ham statistics mein kis prakaar se darshaate hain?

(Reference Time 19:36)

Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur

- गतिविधियों की अवधि से संबंधित विभिन्न पहलुओं को देखने के बाद, आइए देखें कि इस अनिश्चितता को शेड्यूलिंग प्रक्रिया में कैसे शामिल किया जाता है।
- PERT (PERT) [Project Evaluation and Review Technique]

16

भारत सरकार की MOOCS पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम : निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत

Gatividhiyon kee avadhi se sambandhit vibhinn pahaluon ko dekhane ke baad aaiye dekhne ki is anishchitata ko scheduling prakriya mein kaise shaamil kiya jaata hai aur kis prakaar ham Project Evaluation and Review Technique arthaat PERT ka upayog karake ham network ka vishleshan karate hai?

(Reference Time 19:58)

Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur

अनिश्चितता और प्रोबेबिलिटी

normal distribution

नॉर्मल डिस्ट्रीब्यूशन (Normal distribution): इसको दो पैरामीटर से परिभाषित किया जाता है, औसत (average) एवं मानक विचलन (standard deviation) से।

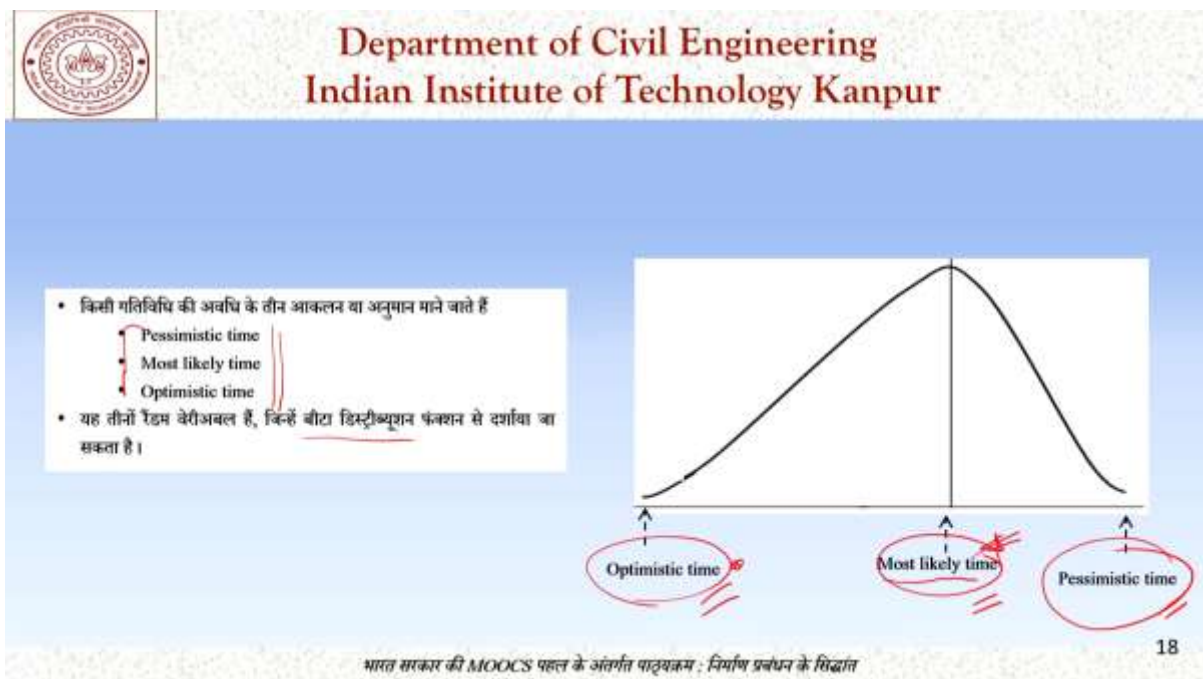
तमाम अनिश्चितताओं को देखते हुए, गतिविधि की अवधि के साथ प्रोबेबिलिटी जुड़ जाती है। इसको अपेक्षित समय, औसत और मानक विचलन (standard deviation) से दर्शाया जाता है।

17

भारत सरकार की MOOCS पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम : निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत

Anishchitata aur probability, yahaan par diya gaya hai normal distribution aur normal distribution kya darshaata hai, aur usako kaise characterized kiya jaata hai? Isako do parameters mein paribhaashit karate hai; ek hota hai average aur ek hota hai standard deviation. To aap A aur B agar ye do distributions hain aur ye kaha jaaye ki isaka average jo ki amooman ham mu ke roop mein dikhaate hain isako kahate hain mu A maan le aur isako ham mu B maanen. Agar ham ye maan len ki mu A aur mu B baraabar hain, to is A aur B distributions mein phark kya hai? Isamen phark hai ye flat hai aur ye peaked hai, arthaat isaka standard deviation jisako ki ham aksar sigma se dikhaate hain. Sigma A aur isaka standard deviation hai sigma B, to sigma A jo hai sigma B se adhik hai. Agar sigma A se sigma B kam hai ya sigma B se sigma A adhik hai, to ye distributions aaega aur ye distributions aaega ek hee meen ke lie. Isako ham aise bhee dikha sakate hain ki ek distribution aise hoga aur ek distribution aise hoga, isaka meen ya ausat ek hee hai lekin isaka standard deviation aur isaka standard deviation alag-alag hain. Ham ye bhee dekh sakate hain ki ek hee standard deviation se ek normal distribution ye hai aur ek normal distribution ye hai. In donon ka sigma ek hee hai, σ_1 is equal to σ_2 , lekin μ_1 is less than μ_2 . To ye mu is mu se kam hai, lekin isaka standard deviation ek hee hai. Yahaan dikhaaya gaya hai ki mu 1 hai, lekin standard deviations 1 aur 2 ke alag hai. To tamaam anishchitataon ko dekhate hue, gatavidhi kee avadhi ke saath probability jud jaatee hai aur usako ek apekshit samay, ausat aur standard deviation se darshaaya jaata hai.

(Reference Time 22:25)

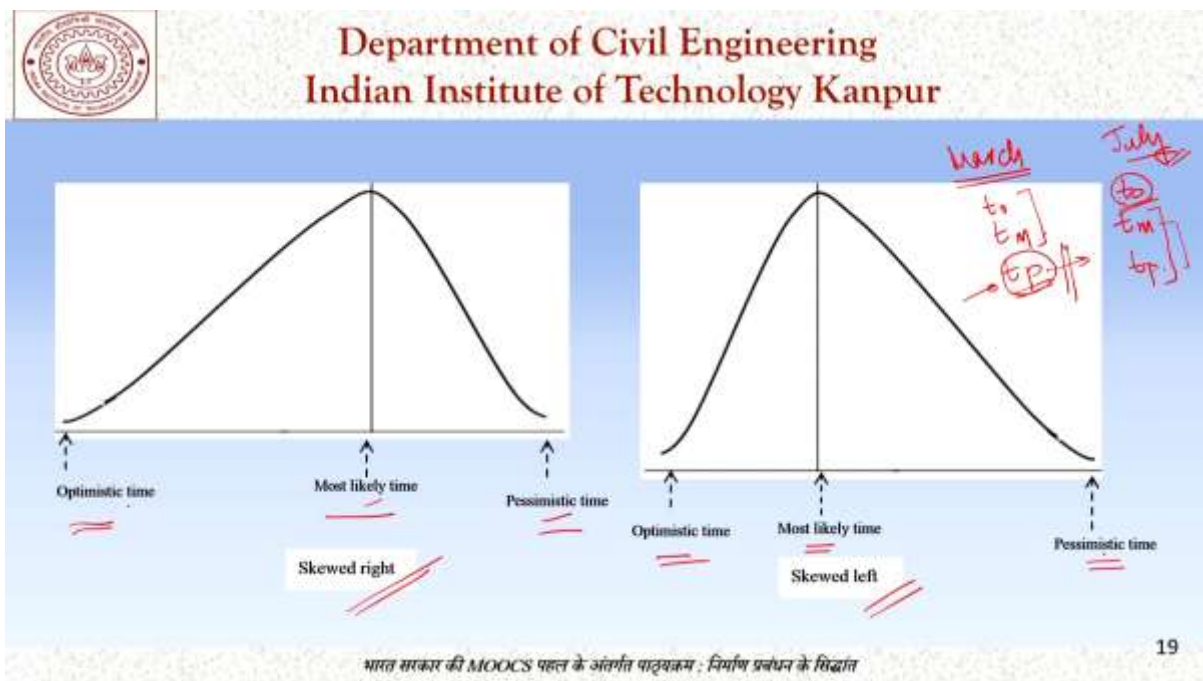


To ham aage badhate hain aur dekhate hain ki construction work mein ham is concept ko kis prakaar use karate hain. Kisee gatavidhi kee avadhi ke teen aakalan ya anumaan maane jaate hain; ek hai pessimistic time, most likely time aur optimistic time. In teenon ko ham is prakaar dekh sakate hain, ki ek samay hai jisako ki ham kahate hain pessimistic time. Ek samay yah hai jisako ki ham maanate hain most likely time aur ek optimistic time. Inakee jo formal paribhaasha hai us par abhee ham jaenge lekin usase pahale yah vo teen avadhiyaan hain jo dikhaate hain ki tamaam paristhitiyon ke poornat: anukool hone par jo samay us gatavidhi ko poora karane mein lagega, vo hoga optimistic time. Agar tamaam paristhitiyaan pratikool hain to ek tareeke se to ham kah sakate hain ki kabhee yah gatavidhi pooree hee nahin hogee, lekin engineering sense mein jitana samay lagega, usako ham kahate hain pessimistic time, aur ek engineering judgment ko use karake ham maanate hain yah gatavidhi

is avadhi mein pooree ho jaegee, kuchh paristhitiyaan anukool hongee, kuchh pratikool hongee, unako ek judgment karake, un par ek vichaar karake ham jo avadhi nikaalate hain, usako kahate hain most likely time. To in teen avadhiyon ke aadhaar par ham aage badhate hain, aur koshish karate hain ki ham ek apekshit avadhi nikaalen.

Yah jaanana aavashyak hai ki ye teenon random variables maane jaate hain, jinhe ki beta distribution function se darshaaya jaata hai. Ye optimistic time, pessimistic time aur most likely time, inako normally distributed nahee maana jaata hai. Mai aapake saath ye baat saajha karana chaahata hoon ki is lecture ke is part mein ham statistics ke kuchh siddhaanton kee baat karenge, un siddhaanton kee bahut adhik vishleshan aur mathematical background par nahin jaege, ham sirph ye dekhenge ki un statistical concepts ko scheduling mein ham kaise use karate hai. Aap logon mein se kuchh ho sakata hai statistics ke un siddhaanton ko jaanate hon, to aap samajh sakate hain ki ham un siddhaanton ko kis prakaar se, kis assumptions ke saath use kar rahe hain. Aur vaheen par baat aatee hai ki ye teenon ek random variables hain aur beta distribution folloe karate hain, ye hamaara assumptions hai.


(Reference Time 25:19)



To ye baat pessimistic time, most likely time, optimistic time kyonki normally distributed nahin hai, to ye skewed right bhee ho sakata hai aur skewed left bhee ho sakata hai. Jaisa ki hamane charcha kee thee ki agar March mein kuchh activity karane hai jahaan par ki paanee barasane kee sambhaavana kam hai, to ham kah sakate hain ki theek hai optimistic time hamaara hoga, most likely time hoga aur pessimistic time hoga, to ye donon to aas-paas hoge lekin pessimistic time usase alag chala jaega kyonki paanee barasane kee aashanka kam hai. Lekin agar julae mein ham usee gatavidhi kee baat karate hain, to ham dekhenge ki optimistic time, most likely time aur pessimistic time mein ye donon samay ya avadhi lagabhag ek see hongee kyonki isamen hamen paanee barasane kee sambhaavana maan ke ham lenge, isake baraabar hongee ye nahin kaha ja raha hai, isase alag to hongee, lekin ho sakata hai aas paas ho lekin optimistic time alag ho sakata hai kyonki ham ye maanenge ki July mein varsha na hone kee probability kam hai, to hamaare lie ek saubhaagy kee baat hogee ki paanee nahin barasega to vo optimistic time maana jaega. March mein paanee ka barasana hamaare lie ek aisee ghatana hai, jisake ke lie ham taiyaar to hain, lekin ham maanate hain ki shaayad ye ghatana nahin hogee, to isalie pessimistic time aa jaega, arthaat

un cases mein yahaan par most likely time aur pessimistic time paas mein hain lekin optimistic time door hai. Yahaan par optimistic time aur most likely time paas mein hai lekin pessimistic time door hai. Ye baat to is prakaar ke cases se spasht saamane aatee hai.


(Reference Time 27:19)




Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

PERT में उपयोग किए जाने वाली तीन अनुमानित अवधि :

- a) Optimistic time (t_o): आदर्श परिस्थिति (आइडियल कंडीशन) में गतिविधि को पूरा करने की न्यूनतम संभावित अवधि
- b) Most likely time (t_m): गतिविधि को पूरा करने के लिए समय की सबसे संभावित अवधि
- c) Pessimistic time (t_p): गतिविधि को पूरा करने के लिए अधिकतम संभावित अवधि





20

भारत सरकार की MOOCs पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम : निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत

To isakee aupachaarik paribhaasha optimistic t_o aadarsh paristhithiyon mein, ideal conditions mein gatividhi ko poora karane kee nyoonatam sambhaavit avadhi. Most likely time t_m gatividhi ko poora karane ke lie samay kee sabase sambhaavit avadhi, aur pessimistic time gatividhi ko poora karane ke lie adhikataam sambhaavit avadhi. Isako ham yahaan par dikha chuke hain aur yahaan par ham dikhaate hain ki yah gatividhi jo i, j hai usamen ek optimistic time hai, most likely time hai aur pessimistic time hai. To yah teenon samay hamako gyaat hone chaahie. Yaad dila den ki jab ham nishchit samay, arthaat, deterministic time kee baat kar rahe the, to hamane yahaan par har gatividhi ke saath maatr ek D_i, j parameter liya tha. Is D_i, j kee jagah ham ab teen avadhiyon kee baat kar rahe hain.

(Reference Time 28:23)



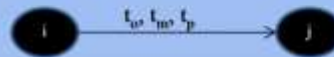
Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

गतिविधि को पूरा करने का औसत या अपेक्षित समय (t_e), निम्न प्रकार से ज्ञात किया जाता है

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$$

इसी प्रकार, गतिविधि के अपेक्षित समय से जुड़े variance, (विचरण, S_t^2) का आकलन इस प्रकार किया जाता है।

$$S_t^2 = \left(\frac{t_p - t_o}{6} \right)^2$$



t_e को भी रैटम वेरीअबल के रूप में माना जाता है।

Handwritten note: t_o, t_m, t_p
Expected

Ab t optimistic, t most likely aur t pessimistic ke aadhaar par gatividhi ko poora karane ka ausat ya apekshit samay t_e arthaat t_e gyaat kiya jaata hai, yah calculate kiya jaata hai aur vo equation yah hai, ki t_e is equal to t_o plus 4 t_m plus t_p divided by 6, jisamen ki t most likely ko adhik weightage dee ja rahee hai, aur t pessimistic aur t -optimistic ko kam weightage dee ja rahee hai, aur usaka weighted meen, t_e ke roop mein liya ja raha hai. T_e bhee ek random variable ke roop mein maana jaega. Isee prakaar gatividhi ke apekshit samay se jude variance ya vicharan, jisako ki S_t square, jabaki S_t ek standard deviation hai ka aakalan kiya jaata hai. Is equation se ki S_t square is equal to t_p minus t_o divide by 6 squared. To isake aadhaar par ham calculate karate hain, us gatividhi se judee variance, jo ki ek maayane se usakee variability ko darshaatee hai. Agar variance adhik hai to anishchitata adhik hai, variance kam hai to anishchitata kam hai. Ab ham dekhate hain ki is formulation ko ham kaise implement karate hain.

(Reference Time 29:26)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur


उदाहरण

नीचे दी गई तालिका में दिखाई गई चार गतिविधियों A, B, C और D की अवधि पर ध्यान दें।

गतिविधि	निश्चित अवधि	अवधि में अनिश्चितता		
	t (दिन)	t_o (दिन)	t_m (दिन)	t_p (दिन)
A	10	4	11	12
B	8	6	7	14
C	15	13	14	21
D	12	6	13	14

Ek udaaharan lete hain - neeche dee gae taalika me dikhaee chaar gatavidhiyaan A, B, C aur D kee avadhi par dhyaan den. To A, B, C aur D agar ham nishchit avadhi maanate hai agar ham maanate hai nishchit avadhi to ye kaha jaata hai jo ki hamane pichhalee baar kiya tha ki A, B, C aur D me 10, 8, 15 aur 12 din ka samay lagega. Ye hamane maana tha jabaki hamane yah formulation liya tha ki avadhi fixed hai lekin ab avadhi me agar anishchitata ham lete hai to har gatavidhi ke saath hamako t-optimistic, most likely aur t-pessimistic, teen avadhiyaan denee hogee. To A ke lie 4,11 aur 12, yahaan aap dekhenge ke 4 alag hai aur 11 aur 12 lagabhag ek hai. Gatavidhi B ke lie, optimistic time aur most likely time lagabhag ek se hai lekin pessimistic time alag hai. Isee prakaar A, B, C aur D ke lie ye teeno samay hamaare paas die hue hai.

(Reference Time 31:03)



गतिविधि	निश्चित अवधि	अवधि में अनिश्चितता			PERT अवधि	
	t (दिन)	t _o (दिन)	t _m (दिन)	t _p (दिन)	t _e (दिन)	S _t (दिन)
A	10	4	11	12	10	1.33
B	8	6	7	14	8	1.33
C	15	13	14	21	15	1.33
D	12	6	13	14	12	1.33

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$$

$$S_t = \frac{t_p - t_o}{6}$$

भारत सरकार की MOOCs पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम : निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत

24

In teen avadhiyon ke aadhaar par har gatavidhi se juden expected duration aur isake saath-saath standard deviation isako ham calculate karate hai, is equation aur is equation se. To is equation ke aadhaar par ham expected time aur usaka standard deviation calculate karate hai. To yahaan par simplification ke taur par, yahaan par dee huee avadhi aur yahaan par dee huee avadhi ek hee aa rahee hai kyonki uddeshy ye tha ki is avadhi me hee variation dikhaaya jae aur aapako ye dikhaaya jae ki is avadhi me agar variation hota hai aur t_o, t_m aur t_p alag-alag die jaate hai t_o kis prakaar se t_e calculate hoga aur juda hua S_t calculate kiya jaega.

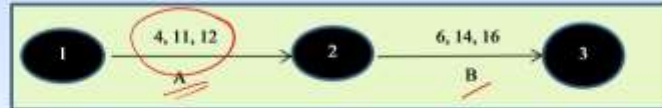
(Reference Time 32:04)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

उदाहरण-2

- एक प्रोजेक्ट में दो गतिविधियाँ A और B हैं, जिनकी अनुमानित अवधियाँ (दिनों में) भी दी हुई हैं।
- गतिविधियों के अपेक्षित समय को ज्ञात करें तथा परियोजना की कुल अवधि का आकलन करें।
 - निम्नलिखित स्थितियों में परियोजना अवधि की गणना करें
 - यदि गतिविधियाँ अपनी संबंधित ऑप्टिमिस्टिक तिथियों पर शुरू हुई हों
 - यदि गतिविधियाँ अपनी संबंधित पेसिमिस्टिक तिथियों पर शुरू हुई हों
 - यदि गतिविधियाँ उनकी संबंधित सबसे संभावित तिथियों पर शुरू कि जानी हों
 - प्राप्त परिणामों पर टिप्पणी करें



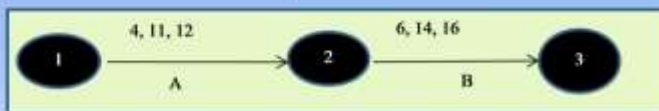
To aaiye, ek aur udaaharan dekhate hai. Jisamen ki ek project kee do gatividhiyaan hain A aur B jinakee ki anumaanit avadhiaayan dinon mein dee huee hai. To gatividhi A hai jisamen ki ham t-optimistic, most likely aur pessimistic 4, 11, 12 le rahe hai. B hai jisamen ki ham ye teeno avadhiaayan 6, 14 aur 16 din le rahe hain. To in paristhitiyon mein, gatividhiyon ke apekshit samay ko gyaat karen aur pariyojana kee kul avadhi ka aakalan karen. Saath hee saath ye dekhen ki gatividhiyaan agar apane optimistic time par shuru hotee hai ya pessimistic time par shuru hotee hain ya sabase sambhaavit time par shuroo hotee hai tab unaka vivaran kya hoga aur praapt parinaamon par tippanee karen.

(Reference Time 32:56)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

अपेक्षित अवधि और विचरण की गणना



$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$$


गतिविधि	t_o (दिन)	t_m (दिन)	t_p (दिन)	t_e (दिन)	S_t^2 (दिन)
A	4	11	12	10	1.78
B	6	14	16	13	2.77

$$S_t^2 = \left(\frac{t_p - t_o}{6} \right)^2$$

To aaiye, aage badhate hai aur sabase pahale calculate karate hai expected times arthaat apekshit avadhi aur vicharan arthaat standard deviation. To is equation ka prayog karake ham gatividhi A aur B ke lie tai nikaalate hain jo ki aata hai 10 din aur 13 din. Isee prakaar, S_t

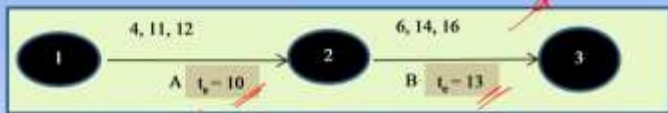
square se ham S_t nikaalane kee koshish karenge, S_t square yahaan par nikaala hua hai 1.78 aur 2.77.

(Reference Time 33:19)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

अपेक्षित अवधि और विचरण की गणना



$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$$

गतिविधि	t_o (दिन)	t_m (दिन)	t_p (दिन)	t_e (दिन)	S_t^2 (दिन)
A	4	11	12	10	1.78
B	6	14	16	13	2.77

$$S_t^2 = \left(\frac{t_p - t_o}{6}\right)^2$$

a) गतिविधियों के अपेक्षित समय को ध्यान में रखते हुए परियोजना की कुल अवधि 23 दिन (10 + 13) है

भारत सरकार की MOOCs पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम : निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत 27

To agar ham yahaan par expected time 10 hai aur expected time yahaan par hai 13, to gatividhiyon ke apekshati samay ko dhyaan me rakhate hue pariyojana kee kul avadhi hogee 23 din, arthaat 10 aur 13 ko jod diya gaya hai. Jahaan tak network ka savaal hai, yah bahut hee straight forward network hai ki gatividhi B tabhee shuroo ho sakatee hai jab gatividhi A samaapt ho jae. To gatividhi A ko samaapt karane ke lie expected duration 10 din hai aur 10 din ke baad gatividhi B shuroo hogee jisakee ki expected duration 13 din hai. Gatividhi A aur gatividhi B dono ko samaapt karane ke lie arthaat pariyojana ko poora karane ke lie jo anumaanit avadhi hogee, vah isaka yog hogee arthaat 23 din.

(Reference Time 34:09)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

गतिविधि	t_o (दिन)	t_m (दिन)	t_p (दिन)	t_s (दिन)	S_t^2 (दिन)
A	4	11	12	10	1.78
B	6	14	16	13	2.77

- i) यदि गतिविधियां अपनी आप्टिमिस्टिक तिथियों पर शुरू होती हैं, परियोजना की कुल अवधि 10 दिन होगी ($= 4 + 6$)
- ii) यदि गतिविधियां अपनी पेसिमिस्टिक तिथियों पर शुरू होती हैं, परियोजना की कुल अवधि 28 दिन होगी ($= 12 + 16$)
- iii) यदि गतिविधियां अपनी संभावित तिथियों पर शुरू होती हैं, परियोजना की कुल अवधि 25 दिन होगी ($= 11 + 14$)

Ab yadi yah gatividhiyaan apane optimal time se chalatee hai to pariyojana kee kul avadhi hogee maatr 10 din kyonki 4 din mein ye khatm ho jaayegee aur 4 din ke baad 6 din mein yah gatividhi bhee khatm ho jaayegee. To hamaaree pariyojana kee avadhi maatr 10 din hogee. Agar ye pessimistic tithiyon par shuroo hotee hai to avadhi hogee 12 aur 16 ka yog arthaat 28 din. Agar most likely time par shuroo hotee hai to yog hoga 25 arthaat 11 plus 14. Ab hamane calculate kiya hai hamane apekshit samay ke aadhaar par pariyojana ko samaapt karane kee jo avadhi hai usako maana hai ya calculate kiya hai 23 din ke roop mein arthaat 10 plus 13.

(Reference Time 34:45)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

गतिविधि	t_o (दिन)	t_m (दिन)	t_p (दिन)	t_s (दिन)	S_t^2 (दिन)
A	4	11	12	10	1.78
B	6	14	16	13	2.77

$t_o \rightarrow 23$
 $= 10 + 13$

- गतिविधियों के सबसे संभावित समय ($= 25$ दिन) पर विचार करके प्राप्त परियोजना अवधि गतिविधियों के अपेक्षित समय ($= 23$ दिन) पर विचार करने पर प्राप्त परिणाम के बहुत करीब है।
- परियोजना को पूरा करने का समय, यदि गतिविधियां देर ($= 28$ दिन) से शुरू होती हैं, तो अपेक्षित समय ($= 23$ दिन) पर विचार करने पर प्राप्त परिणाम के भी बहुत करीब है।
- इसलिए, यह कहा जा सकता है कि - परियोजना के बहुत जल्दी यानी गतिविधियों के संभावित समय के भीतर पूरा होने की संभावना बहुत कम है। इसका कारण इस तथ्य में निहित है कि गतिविधि का समय काफी हद तक right-skewed रहा।

Ab gatividhiyon ka sabase sambhaavit samay hai arthaat 25 din jo ki yahaan se liya hai vah is 23 din ke bahut kareeb hai. Pariyojana ko poora karane ka samay yadi gatividhiyaan der se arthaat apane pessimistic time par bhee shuroo hotee hain to 28 din aata hai aur ye bhee 23 se koee bahut adhik nahee hai kintu yah jo samay hai optimistic time, ye usase bahut alag hai.

Isase kya nishkarsh nikaala ja sakata hai? Yah kaha ja sakata hai ki pariyojana ke bahut jaldee yaani gatividhiyon ke sambhaavit samay ke bheetar poora hone kee sambhaavana bahut kam hai. Ye dono pass mein hai isake aur ye bilkul alag hai. Isaka kaaran ye hai ki gatividhiyaan kaaphee had tak right skewed hain.

(Reference Time 35:48)

Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur

PERT में क्रिटिकल पाथ का निर्धारण कैसे करें ?

क्रिटिकल पाथ का निर्धारण गतिविधियों के फोरवर्ड और बैकवर्ड पास को पूरा करने किया जाता है, और गतिविधियों के पूरा होने की अवधि अपेक्षित समय के रूप में होती है।

प्रोजेक्ट की अपेक्षित अवधि (T_e) का आकलन, क्रिटिकल पाथ पर गतिविधियों की संभावित अवधि t_e को जोड़कर किया जाता है।

$$T_e = \sum t_e \quad i, \text{ for activities on critical path}$$

भारत सरकार की MOOCs पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम : निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत

30

To ham log aage badhate hain aur ye dekhate hain ki PERT mein critical path ka nirdhaaran kaise kiya jaata hai. To critical path ka nirdhaaran gatividhiyon ke forward and backward pass jaisa ki hamane ki pahale kiya tha vahee prakriya follow hogee aur gatividhiyon ko poora karane ke liye unakee apekshit avadhi lee jaayegee. Project ko poora karane kee apekshit avadhi jo capital T_e hai usaka aakalan critical path par aane vaale gatividhiyon kee sambhaavit avadhi, small t_e ko jodakar kiya jaata hai. Jisako ki mathematically yahaan par dikhaaya gaya hai yah sum of t_e for all i , i for activities on critical path inaka yog hamako dega. Project ko poora karane kee anumaanit ya apekshit avadhi.

(Reference Time 36:40)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

- एक प्रकार से उस अवधि से जुड़ी प्रोबेबिलिटी विचरण (variance) [standard deviation] से संबंधित होती है।
- प्रोजेक्ट की कुल अवधि से जुड़ा विचरण (variance) क्रिटिकल पाथ पर गतिविधियों के विचरण (variance) का योग माना जाता है।

$$V_T = \sum V_i \quad \checkmark \quad \text{I, for activities on critical path}$$

$$S_T = \sqrt{V_T}$$

Ab apekshit avadhi to mil gayee. Apekshit avadhi ke saath jo variation hai, various standard deviations hain vo kaise milega? Usake liye project kee kul avadhi se juda vicharan ya variance critical path par aane vaalee gatavidhiyon ke variance ka yog ye maana jaayega arthaat V_T jo ki variance hai poore project ka, vo sum hoga un tamaam variances ka jo ki un gatavidhiyon se jude hain jo ki critical path par aate hain aur standard deviations ham isaka square root nikaal kar le sakate hain.

(Reference Time 37:22)



Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur

क्योंकि T_e, t_e 's का योग है, यह वास्तव में एक रैडम वेरीअब है, और गणित के सिद्धांतों के अनुसार नॉर्मल डिस्ट्रीब्यूशन का अनुसरण करता है।

अतः एक परियोजना को किसी अवधि से कम में पूरा करने की प्रोबेबिलिटी standard normal deviate (Z) और उपलब्ध तालिकाओं की सहायता से जानी जा सकती है।

Standard normal deviate (Z) का मूल्यांकन इस प्रकार किया जाता है

$$Z = \frac{T_D - T_e}{S_T}$$

Kyonki T_e jo capital T_e hai vo small t arthaat chhote t 's ka yog hai yah bhee vaastav mein ek random variable hua aur ganit ke siddhaanton ke anusaar normal distribution ka anusaran karega, that is capital T_e will follow a normal distribution. Ek pariyojana ko kisee bhee avadhi se kam mein poora karane kee probability normal deviation Z aur upalabdh taalikaon

ke aadhaar par jaanee ja sakatee hai. Isako ham ek udaaharan ke roop mein bhee dekhenge aur jahaan tak Z ke moolyaankan ka prashn hai vo is equation se kiya jaata hai.

(Reference Time 38:01)

**Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur**

उदाहरण : Program Evaluation and Review Technique (PERT)

एक प्रोजेक्ट में तीन गतिविधियाँ A, B और C हैं, जिनकी अनुमानित अवधियाँ (सप्ताहों में) दी हुई हैं।

a) परियोजना की कुल अवधि क्या मानी जा सकती है?

b) 17 सप्ताह से कम समय में परियोजना को पूरा करने की संभावना (प्रोबेबिलिटी) क्या है ?

33

भारत सरकार की MOOCS पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम : निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत

To aaiye ham ek udaaharan dekhate hain jisamen ki teen gatavidhiyaan mein ek project mein A, B aur C aur t_o aur t_m aur t_p aur t_e ye teeno gatavidhiyon ke liye yahaan par diye hue hain aur poochha ye ja raha hai ki pariyojana kee kul avadhi kya maanee ja sakatee hai aur 17 saptaah se kam samay mein pariyojana ko poora karane kee sambhaavana ya probability kya hai?

(Reference Time 38:31)

**Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur**

स्टेप 1 : अपेक्षित समय और भिन्नताओं की गणना

गतिविधि	t_o	t_m	t_p	t_e	S_t^2
A	3	4	5	4	4/36
B	4	4.5	8	5	16/36
C	4	6	8	6	16/36

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$$

$$S_t^2 = \left(\frac{t_p - t_o}{6}\right)^2$$

$T_e = 4 + 5 + 6 = 15$ सप्ताह (परियोजना को पूरा करने की अपेक्षित अवधि)

$V_T = (4/36) + (16/36) + (16/36) = 1$

$S_T = \sqrt{1} = 1$

34

भारत सरकार की MOOCS पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम : निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत

To hamaara pahala step hoga apekshit samay aur bhinnataon kee ganana. To apekshit samay ham pahale bhee calculate kar chuke hain ki A, B aur C hamaaree teen gatavidhiyaan hai jinake ki t_o aur t_m aur t_p aur t_e hamen gyaat hai jinake ki aadhaar par ham har gatavidhi ka ek

expected time calculate kar sakte hain aur saath hee saath ham S_t square us gatividhi se juda hua standard deviations aur variance calculate karate hain. Is taalika ke aadhaar par ham capital T arthaat pariyojana ko poora karane ka samay nikaalate hain in teen avadhiyon ko jodakar arthaat 4, 5, aur 6 jisaka ki yog aaya 15 saptaah. To pariyojana ko poora karane kee apekshit avadhi vah 15 saptaah maanee ja sakatee hai. Ab pariyojana ko poora karane ke liye jo tee hai usamen variability kitanee hai usamen variation kitana hai? Vah V_T dvaara pata chalega aur V_T hamaara aa raha hai 4 divided by 36 plus 16 divided by 36 aur 16 divided by 36 jo ki yahaan diya hua hai. To isako hamane joda to hamaara V_T aata hai aur standard deviations bhee usaka square root hua to ye bhee 1 hai. To 1 to ho gaya hamara standard deviation.

(Reference Time 39:54)

Ab ham standard normal deviation arthaat Z which is 17 minus 15 divided by 1. 17 hai pariyojana ko, 17 saptaah se kam mein poora karane kee baat aur 15 hai hamaara expected time to isake aadhaar par Z ham calculate karenge 17 minus 15 divided by 1 arthaat 2 aur ab is 2 ka jo Z hai usake aadhaar par hamen probability nikaalane hai aur 17 saptaah se kam mein project ko poora karane kee probability kya hai? Vo hai .5 arthaat yahaan par aur usake baad jo 2 hai vo hai yahaan, is Z ko ham lete hain. To ye 2 is area ko calculate karane mein hamaaree sahaayata karata hai aur agar ham tebals dekhenge, 2 ke Z par probability aatee hai 0.4772 arthaat total probability 17 saptaah mein ye project poora karane kee banatee hai 97.7%. Ye to aap samajh hee gaye honge ki agar ham T_e calculate karate hain to maatr T_e par project karane kee probability kya hai? Vo probability hai 50%, kyonki ye T_e corresponds karata hai isake ausat par, is normal distribution ke ausat par. Is T_e ka normal distribution yahaan dikhaaya gaya hai jisaka ki ausat hai arthaat us avadhi mein project ko poora karane kee probability 50% hai kyonki yahaan par ham baat kar rahe hain 17 saptaah kee jo ki 15 se adhik hai, to spasht hai ki jo probability hai vo 50 se adhik hee hogee. Haan ye baat bhee kar sakte hain ki theek hai expected time to 15 saptaah hai, to ye prashn avashy poochha ja sakata hai kya ye project 13 saptaah mein ya 12 saptaah mein poora kiya ja sakata hai? Usake liye hamen dekhana hoga har gatividhi ka t-optimistic, t-most Likely aur t-pessimistic. Isake aadhaar par ham ek judgment kar sakte hain aur z ke aadhaar par calculate kar sakte hain ki kya probability hogee is project ko samay se pahale poora karane kee. To ye ek homework ke roop mein aap kar sakte hain.

(Reference Time 42:38)



Department of Civil Engineering
Indian Institute of Technology Kanpur

उपयोगी प्रकाशित पुस्तके

- Jha K.N., *Construction Project Management- Theory and practice*, 2nd Edition, Pearson India Education Services Pvt. Ltd., UP, India 2015
- Kerzner H., *Project Management- A systems approach to planning, scheduling and controlling*, 10th edition, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA, 2009
- Crundwell F.K., *Finance for Engineers-Evaluation and Funding of Capital Projects*, Springer, London, UK, 2008. (ISBN 978-1-84800-032-2)
- Srinath L.S., *PERT and CPM – Principles and Applications*, 3rd Edition, East West publishers, New Delhi, India, 1989.

.....

भारत सरकार की MOOCs पहल के अंतर्गत पाठ्यक्रम : निर्माण प्रबंधन के सिद्धांत

36

Isake saath hee hamaaree aaj kee charcha yahaan par samaapt hotee hai aur hamesha kee tarah ham aapako kuchh upayogee pustakon kee ek list de rahe hain jo ki aapako is paathyakram ko samajhane mein sahaayak hogee. Dhanyavaad!