

VLADISLAV R. TOMAŠEVIĆ

saradnik Instituta za sisteme planiranja i upravljanja

**PROCES IZRADE PLANA
RADA PRIMENOM TEHNIKE
MREŽNOG PLANIRANJA**

PREDGOVOR

Masovno korišćenje raznovrsne tehnike, mnogobrojne aktivnosti koje treba regulisati u odnosima ljudi i proces donošenja odluka postali su veoma složeni. Stoga je primena MODERNIH TEHNIKA I METODA upravljanja postala imperativ našeg vremena.

U ovom materijalu učinjen je pokušaj da se primenom tehnike mrežnog planiranja prikaže proces izrade plana rada jedne komande. Iako je navedeni primer isključivo namenjen u edukativne svrhe, njegova vrednost je baš u tome što je uzet iz oblasti planiranja u komandama. U stvari, da bi se tehnika mrežnog planiranja i upravljanja mogla masovno primenjivati u vojnim delatnostima treba u komandama (upravama) imati takav sistem rada koji će to omogućiti.

Dosadašnja iskustva u koordinaciji raznih delatnosti pokazala su prednosti linijskih dijagrama kao tehnike planiranja i upravljanja. Oni omogućavaju da dođe do izražaja kreativna sposobnost pojedinaca i kolektiva. Dopunjavanjem linijskih dijagrama i tehnike mrežnog planiranja postoje izvanredne mogućnosti sinhronizacije raznih aktivnosti po vremenu, prostoru, resursima i sl. Zato se sa pravom može očekivati da će primena tehnike mrežnog planiranja biti dalji važan korak u modernizaciji komandovanja i upravljanja u našim oružanim snagama. Ovaj materijal može veoma korisno poslužiti našim starešinama pri realizaciji tehnike mrežnog planiranja.

General-potpukovnik
MIRKO VRANIC

LITERATURA

1. Robert W. Miler: Schedule Cost, and profit Costrol with PERT — McGraw Hill Book Company, inc New Jork Toronto London.
2. A. Batersbi — Studies is management NETWORK ANALYSIS for Planning and Scheduling. Makmilan London, Melburne. Toronto St. Martins Press New Jork.
3. Tehnika mrežnog planiranja — Martinović — Stefanović, izdanje Organomatika 1969. godine.
4. Osnovi teorije grafova — primena u praksi — Radovan Todić, izdanje Instituta za sisteme planiranja i upravljanja Beograd.
5. Tehnika mrežnog planiranja i upravljanja u vojnim delatnostima — Skačko — prevod sa ruskog — izdanje Instituta za naučnotehničku dokumentaciju i informacije — 1969. god.
6. Dr Petrić, »Matematičke metode planiranja i upravljanja«, »Informator«, Zagreb, 1970. g.
7. Uvod u PERT, Beograd, Računski centar, 1965.
8. Miloš Sindić, Radovi objavljeni u časopisima »Industrijska istraživanja«, »Produktivnost«, »Direktor« i dr.

1.0. TEHNIKA MREŽNOG PLANIRANJA KAO REZULTAT RAZVOJA NAUČNO-TEHNOLOŠKOG PROGRESA

Za otkriće značaja informacije kao trećeg oblika stanja i kretanja materije — pored mase i energije — vezani su skoro svi pronalasci za poslednje tri decenije. Taj vanredno brzi razvitak nauke u svim oblastima naziva se naučno-tehnološka revolucija, kao novi pokret ili nova naučna formacija proizvodnih snaga.

Danas se smatra da je najrasprostranjeniji fenomen u društvu informacija, kao sredstvo pomoću koga se organizovano regulišu ne samo pitanja iz oblasti materijalne proizvodnje već u društvu uopšte. Uporedo se razvila tehnologija obrade informacija koja nosi naziv nova tehnologija upravljanja.

Sa pojavom računskih mašina, brzina matematičkih operacija povećana je za 10^{15} . To je omogućilo da se u poslednjih nekoliko decenija pojavi oko 200 tehnika i metoda u oblasti upravljanja. Među njima istaknuto mesto zauzimaju: operaciona istraživanja, mrežno planiranje, linearno i nelinearno programiranje, dinamičko programiranje, metoda upravljanja konfliktnim situacijama, heurističko programiranje i dr. Sve te tehnike su deo primenjene matematike i kao takve su kako konceptualno tako i računski veoma složene. Među svim tim tehnikama i metodama sa stanovišta primene najjednostavnija je tehnika mrežnog planiranja (TMP) zato se ona vrlo brzo razvila. To je evidentno po broju varijanti tehnike mrežnog planiranja (smatra se da ih dosada ima oko 300), i u pogledu brzine širenja u sve zemlje sveta. U stvari, radi se o raznovrsnim mogućnostima primene u svim delatnostima ljudi, gde se oni pojavljuju kao regulatori — upravljači. Otuda i stoji opravdana primedba da TMP nije tehnika planiranja, već upravljanja. Ona je, dakle jedna metoda koja nam služi da upravljamo procesima u toku realizacije planskih zadataka.

Naučne osnove na kojima je zasnovana TMP su teorija grafova i matematička statistika.

Sa definisanjem u teoriji grafova što je tačka, luk (strelica), skup lukova (strelica), spoljašnji i unutrašnji lukovi (strelice) put, kružni put,

petlja, zastoj, lanac, itd.¹ omogućeno je programiranje pomoću grafa, tj. stvoreni su uslovi da nestane jedan specifični grafični model. Zbog svog izgleda — nazvan mrežni model.

Razvojem primenjene matematike omogućeno je pomoću matematičke aparature otkrivanje zakonitosti između aleatornih (verovatnih) promenljivih. Tako su nastali uslovi da se u analizi masovnih pojava, gde se zakonitost samo intuitivno mogla naslućivati, ne samo otkrije zakonitost, već i procenat sigurnosti, odnosno rizika.

Takođe su sa svoje strane krupan doprinos nastanku tehnike mrežnog planiranja dali raniji grafički oblici prikazivanja planova i praćenje procesa, među kojima istaknuto mesto zauzimaju Gantovi dijagrami.

Sa pojavom kibernetike kao nauke, nauka ili nauke o upravljanju, kao i mnogih teorija koje su na njoj zasnovane, među kojima dominantno mesto ima teorija sistema, nastala je potreba za novim načinom mišljenja, tzv. sistemološki način mišljenja. To znači, posmatranje svih pojava u procesu veza i odnosa kao sistemološka šema.

Tehnika mrežnog planiranja kao tehnika za upravljanje izričito zahteva sistemološki pristup u projektovanju svih aktivnosti u okviru određenog projekta. Korišćenjem mrežnog planiranja postiže se visok stepen racionalnosti u pogledu ekonomskih efekata i zbog jednostavnosti obuke kadrova da se sa ovom tehnikom služe. Prednost TMP je u ilustrativnosti. Čitav rad na bilo kojem poslu — projekta, zadatku jasno se na mreži vidi. Tako se uočava koji posao prethodi nekom zadatku, odnosno koji sledi tako od početka do kraja projekta.

Kada se imaju u vidu druge karakteristike TMP kao što su: topologičnost, logičnost, adaptivnost, fleksibilnost, operativnost i druge prednosti koje mreža omogućava korisnicima, može se s pravom tvrditi da je izvanredno izvršena sinhronizacija između timskog rada (u procesu projektovanja) i razgraničavanja odgovornosti (u toku realizacije projekta). To je sa stanovišta afirmacije ličnosti i kolektiva osobito značajno.

1. 1. NEKA ISKUSTVA IZ DOSADAŠNJE PRAKSE UVOĐENJA TEHNIKE MREŽNOG PLANIRANJA

1. U prilogu su dati pojmovi (za analizu strukture i analizu vremena) koji se sreću u tehnici mrežnog planiranja. Njih je potrebno naučiti da bi se ova tehnika mogla koristiti. Oni su u stvari azbuka TMP. Pojmovi su jasno definisani i oni imaju uglavnom to značenje samo u okviru mrežne tehnike. Tako je precizirano šta je projekat, aktivnost, događaj, itd. Treba shvatiti da se pojedini pojmovi sreću i u drugim disciplinama aplicirane matematike, ali imaju drugo značenje. Tako, na primer, pojam aktivnosti u linearnom programiranju označava: načine obavljanja nekog posla, metode korišćenja limitiranih resusa — odnosno načine kako se ti resusi konvertiraju (pretvaraju) u određeni proizvod.

¹ R. Todić: Osnovi teorije grafova — primena u praksi — izdanje Instituta za sisteme planiranja i upravljanja — Beograd 3—32.

U tehnici mrežnog planiranja pojam aktivnosti znači: tačno određenu radnju koja zahteva za svoje izvršenje određeni utrošak sredstava i vremena ili, ako se radi o čekanju (u radnom procesu) samo utrošak vremena. Kao što se vidi to su dva potpuno različita značenja.

2. Primena TMP pretpostavlja da korisnici raspolažu prethodnim znanjima, tj. da su stručnjaci — poznavaoци određenih aktivnosti. To praktično znači da tehnika mrežnog planiranja ne može naučiti nekoga da bude dobar poznavalac vojne nauke, ekonomista, inženjer ili stručnjak bilo koje druge struke, već ona pomaže da se svakom poduhvatu priđe sa izgrađenim sistemom rada. U tome je njena glavna prednost.

3. Postavlja se pitanje koliki broj ljudi u okviru neke komande (ustanove) treba obučiti iz oblasti TMP. Praksa upućuje da sa principima korišćenja ove tehnike treba upoznati sve starešine kako bi je mogli koristiti u okviru svojih funkcionalnih dužnosti. Jedan deo starešina koji neposredno u komandama — ustanovama (u planskim odeljenjima) radi na planiranju mora da bude upoznat do detalja u korišćenju TMP. Praksa ukazuje da posebnu pažnju treba obratiti kadrovima koji će raditi na tehnici mrežnog planiranja, i to sistemologu, tehnologu, i tehničkom osoblju. Sistemolog mora da poznaje koncepciju funkcionisanja određene komandne ustanove kao sistema. Ako se radi o planiranju komandi, ulogu sistemologa treba da imaju one starešine koje su po iskustvu i obrazovanju u mogućnosti da prate veliki broj komponenata koje ispoljavaju svoj uticaj na funkcionisanje komande (ustanove). Tehnolog treba da poznaje tehnologiju rada u okviru komande (ustanove) i sl. Potrebno je da bude u neposrednoj vezi sa stručnjacima raznih profila tako da može uspešno sagledati međuzavisnosti pojedinih delatnosti i celishodno ih komponovati u pojedinim etapama rada. Tehničko osoblje radi na crtanju mreže, umnožavanju izvoda i sl.

4. Polazeći od toga da je TMP upravljačka tehnika, organizaciono mora biti postavljena kao šema upravljanja u sistemu. Pošto je u vojnim sistemima naglašena hijerarhija upravljanja, to je potrebno da i TMP bude prilagođena nivoima upravljanja tako da za stepen upravljanja komandanta (NŠ) mreža bude komponovana drukčije nego za načelnika nekog odeljenja, službe i sl. Različiti nivoi upravljanja zahtevaju i različiti stepen detaljnosti mreže.² Na primer, za nivo komandanta jedinice može se pojaviti samo kao jedna aktivnost — materijalno obezbeđenje operacije i drugih zadataka. Međutim, za nivo PKPo ta aktivnost biće detaljisana na desetine aktivnosti (tehničke, intendantske, sanitetske i druge službe). Prema tome ovde važi pravilo integracije i diferencijacije mreže na onoliko nivoa koliko ima nivoa upravljanja.

5. Kao i za svaki novi posao, za svaku primenu inovacija znanja, postavlja se pitanje gde početi. Iskustvo pokazuje da je za mesto početka najbolje odabrati ono gde ima najviše problema. Bolje je da se počne sa tehnikom mrežnog planiranja na ključnim poslovima, pa ukoliko se

² To je u stvari, pitanje tačke gledišta. Ako se atom posmatra sa tačke gledišta molekularne strukture on je veoma jednostavan a sa stanovišta nuklearne strukture veoma složen.

položi ispit tamo gde je najteže onda se može širiti u svim delatnostima. U ovom radu kao ključni problem izabran je proces izrade plana komande (ustanove), kako bi se preko njega obezbedili uslovi da se na svim sektorima rada priđe sistematskom izvršavanju zadataka.

6. Osobiti značaj ima TMP što omogućava svestraniju korespondenciju između korisnika informacija i što se putem njenih metoda broj realizujućih informacija uvećava³. Kroz ovaj rad u procesu izrade plana rada komande korišćenjem tehnike mrežnog planiranja i gantograma vidi se koliko je uvećan broj informacija koje se daju svim korisnicima. Primena TMP pretpostavlja određene standarde, propise, uputstva i pravilnike prema kojima se radi. Pomoću tih sredstava obezbeđuje se kretanje informacija u informativnom ciklusu, tako da se tačno zna trajektorija (putanja) kretanja svake informacije. Otuda potreba za paketiranjem i satelitizacijom informacija. To zahteva i organe koji će se time baviti. Sve to mora da obezbedi međusobno sporazumevanje, da se zna ko gde i sa kime saobraća. Treba računati da se organizaciona struktura mora prilagoditi kako bi se obezbedilo što bolje funkcionisanje informacionog sistema. Sve to sa stanovišta ekonomičnosti u odnosu na rezultate koji se postižu i do 40% uštede, vrlo malo košta.

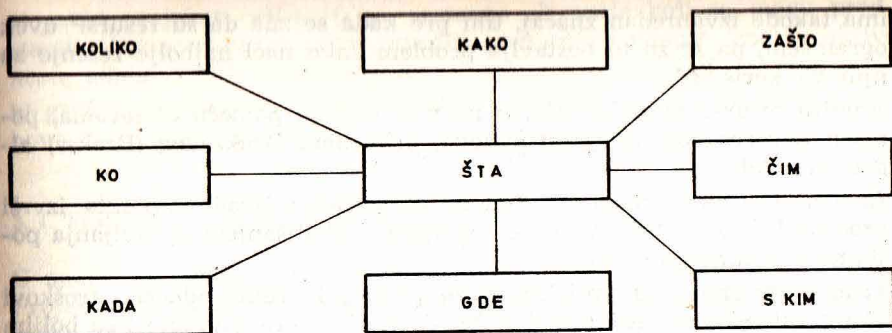
Posebno je važno uočiti da se putem ovih informacija precizno razgraničavaju poslovi po prostoru i vremenu kao i po resursima, a zatim se obezbeđuju uslovi da svaki pojedinac pokaže svoje kvalitete. Veoma brzo se uočava zastoj u poslu i takve informacije zahtevaju od upravljačkih organa da brzo reaguju kako bi se obezbedilo funkcionisanje sistema. Time se obezbeđuje stalna cirkulacija informacija kako između subjekta tako i između subjekta i objekta upravljanja.

7. U procesu predviđanja međusobnih zavisnosti pojedinih aktivnosti u tehnici mrežnog planiranja, principi takozvane formalno logične analize dobijaju punu primenu. U stvari, postavljaju se u određene odnose: subjekat — objekat — sredstva — metode i prostor.

Na ideogramu to se opisuje pitanjima: ko (subjekat) šta (objekat) čime (sredstvo upravljanja).

Pitanjima ko, šta, čime, dobija se odnos subjekta, objekta i sadejstvujućih sredstava i to predstavlja strategijsku liniju.

³ Taj problem kako zasititi asocijativno polje informacijom ima posebnu vrednost. Poznato je da u procesu spoznaje, odnosno kontemplacije i percepcije predstava i mišljenja postoje neki bitni paradoksi. Jedan od njih je taj da ljudska psiha ne trpi prazno, tj. ako čovek ne primi pravu informaciju o nekom pitanju, stvari i slično, onda on stvara odgovarajuću predstavu. U suštini to znači tamo gde ne deluje prava informacija deluje dezinformacija. Još kada se zna da dezinformacija u procesu spoznaje deluje kao multiplikator i tako ona ima više uspeha nego prava informacija, onda je osobito važno da se polje upravljanja zasiti pravom informacijom, odnosno suzi prostor za infiltraciju dezinformacije. Koliko je to za vojsku u toku ratnih dejstava važno govore brojni primeri iz istorije ratova, gde su razne dezinformacije unosile paniku i zato mnoge bitke izgubljene.



Kada se govori o metodu (kako) i mestu (gde) dobija se taktička linija. Komponujući bilo koja pitanja iz trougla na ideogramu dobija se karakterističan odgovor. Svi jezici izgrađeni su na tih osam veza, koji omogućavaju da se može izvršiti analiza strukture u tehnici mrežnog planiranja.

8. Nešto o tehničkim problemima za primenu TMP

Iskustvom se došlo do saznanja da se ručno može raditi na projektima koji imaju do 200 aktivnosti. To znači da je čovek u stanju da do te granice prati memorijom trajanja aktivnosti sa malim izgledima na greške. Do takvih zaključaka došlo se na taj način što se pošlo od pretpostavke da za svaku aktivnost ima od 5 do 10 operacija, što ukupno iznosi do 2000 operacija, a tolika je granica čovečije moći. Preko toga neminovna je mašinska obrada. Računske mašine su prema generacijama osposobljene naročito za metode PERT tako da je obezbeđena brzina i tačnost, što je najvažnije — ukoliko dođe do greške u postavljanju programa (u konstrukciji mreže) mašina odmah upozorava da je došlo do greške i time je stepen sigurnosti osetno povećan.

9. Iz literature se može zapaziti da tehnika mrežnog planiranja daje veće efekte kada se primenjuje u kombinaciji sa drugim metodama. Tako je kombinacija gantograma i mrežnog dijagrama posebno naglašena u knjizi Roberta W. Milera (treće poglavlje).⁴ Jedan modifikovani oblik gantograma pokazao se u praksi kao pogodan za korišćenje naročito u procesu izrade planova rada u trupnim komandama, a po svojoj univerzalnosti moguće ga je primeniti i u svim delatnostima gde je potrebno sinhronizovati rad više organa, ustanova i sl.

1. 2. DIMENZIJE TMP

Tehnika mrežnog planiranja ima četiri dimenzije i to: analiza strukture, analiza vremena, analiza resursa i analiza troškova. U poslednje vreme pojavila se kao posebna dimenzija tzv. vrednosna analiza.

U ovom materijalu su razrađene dve prve analize: strukture i vremena. Analiza resursa kao posebna dimenzija u tehnici mrežnog planiranja

⁴ Robert W. Miller: *Schedule Cost, and Profit Control with PERT* — Mogradl — Hill Book Company, inc New York Toronto London, str. 78.

ima takođe izvanredan značaj, tim pre kada se zna da su resursi⁵ uvek ograničeni, pa se za to postavlja problem kako naći najbolje rešenje za njihovo korišćenje.

Analiza resursa može se obaviti na više načina: pomoću dijagrama, pomoću Berdžesovog (Burgess) metoda, primenom Bruksovog (Brokss) algoritma, itd.

Analiza troškova omogućava da se na početku izrade projekta izvrši procena i da se u toku njegove realizacije poboljšanjem upravljanja postigne optimizacija troškova.

Tako se prema cilju projekta može pomerati vreme odnosno troškovi ili resursi. Ako se neki projekat želi izvršiti za kraće vreme i sa boljim kvalitetom moraju se povećati resursi-troškovi ili obratno optimalno korišćenje resursa produžava vreme trajanja rada na nekom objektu do određene granice.

Vrednosna analiza dobija svoju primenu jer se u procesu projektovanja za izradu nekog predmeta vrši konsultacija sa proizvođačima radi poboljšanja kvaliteta, a naročito smanjenja troškova, čime se postižu velike uštede.

2.0. SPECIFIČNOSTI TMP

Smatra se da je najveće otkriće dato ovom tehnikom, to što je odvojena analiza strukture od analize vremena. Ranije metodologije pokazale su se ograničene u širini primene, baš zbog toga što su strogo vezale analizu strukture za analizu vremena. Najbolji primer za to je Gantov dijagram, gde su poslovi prikazani u određenoj vremenskoj razmeri. TMP potpuno otkriva međusobnu tehnološku povezanost, time je obezbeđeno predstavljanje grafičkim putem složene dinamičke procese, koji se pojavljuju u toku realizacije određenog projekta.

U stvari, razdvajanjem analize strukture od analize vremena izvršeno je odvajanje intuitivnog ljudskog rada od rutinskog. Poznato je da ljudsku umešnost u analizi strukture ne može nikakva mašina da zameni, međutim, rutinski radovi koji se izvode u analizi vremena mogu se mehanizovati, a to je veoma značajno kada se radi o složenim projektima, gde je potrebno izvršiti mnogo proračuna, pa je potencijalna opasnost grešaka koje čovek čini povećana. Nasuprot tome, greške kod mašinske obrade skoro su isključene. To je učinilo da je povećana sigurnost i izvesnost da će se određene aktivnosti, a time i projekat, u celini u određeno vreme izvršiti.

3.0. ANALIZA STRUKTURE

Pojam analize strukture podrazumeva ispitivanje redosleda i uzajamnih odnosa svih aktivnosti. Da bi se to moglo izvršiti potrebno je:

⁵ Pod pojmom resursa se podrazumevaju radna snaga, mašine, alati, materijal, radni prostor i dr.

- a) svaki projekat raščlaniti na sastavne elemente koji se mogu predstaviti aktivnostima, a zatim utvrditi međusobne odnose između aktivnosti, odnosno njihove zavisnosti;
- b) grafički predstaviti putem određenih pravila sve te aktivnosti i njihove međusobne zavisnosti.

3. 1. TERMINOLOGIJA ZA ANALIZU STRUKTURE

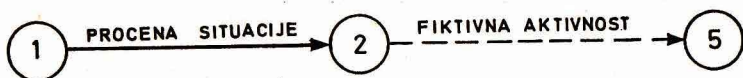
U analizi strukture sreću se tri termina: projekat, aktivnost i događaj. *Projekat*: svaki poduhvat koji ima određeni cilj, a za čiju je realizaciju potrebno izvršiti određene radnje, utrošiti vreme i sredstva, naziva se projekat. To je, u stvari, program koji podrazumeva skup organizacionih, tehničkih, finansijskih i drugih mera usmerenih da se postigne određeni cilj. Zavisno od obima projekti mogu biti mali i veliki.

Primeri šta se može tretirati kao projekat: plan rada komande, taktički zadatak, plan izvođenja vežbe, plan reorganizacije, predislokacije jedinica, ocenjivanje kadrova, itd.

Aktivnost: razlaganje projekta na sastavne elemente — poslove za čije izvršenje je potrebno i vremena i sredstava — naziva se aktivnost. To je, u stvari, tačno definisan element radnog procesa u okviru projekta. Kada je u tehnološkom nizu potrebno čekanje, tada ta aktivnost ne troši sredstva, već samo vreme. Kada je potrebno prikazati samo tehnološku zavisnost između dve aktivnosti, a ta aktivnost ne troši ni vreme ni resurs, ona se naziva prividna ili fiktivna aktivnost.

Primeri šta se može tretirati kao aktivnost: izrada predloga za plan rada, sastavljanje izveštaja, izdavanje zapovesti, tehnički pregled, smotra jedinice.

Aktivnost mora biti ograničena sa dva događaja i grafički se predstavlja strelicom.



Događaj: to je vremenski trenutak kojim se oglašava početak ili završetak neke aktivnosti, odnosno projekta. Pošto događaj nije proces nego stanje, on ne zahteva ni rad, ni radnu snagu, niti vreme.

Zavisno od toga koji trenutak u odnosu na projekat ili aktivnost održava, događaj može biti:

- početni događaj aktivnosti — trenutak u kome počinje data aktivnost;
- završni događaj aktivnosti — trenutak u kome se završava data aktivnost;
- početni događaj projekta — trenutak kada počinje dati projekat i njemu ne prethodi nijedna aktivnost;

— završni događaj projekta — trenutak u kome se postiže konačan cilj projekta. Posle ovog događaja ne sledi nijedna aktivnost.

Kada je događaj određen vremenskim terminom, onda se taj događaj naziva rokom.

Primeri šta se može tretirati kao događaj: početak izrade predloga za plan rada, završeno sastavljanje izveštaja, početo izdavanje zapovesti, itd.

Događaj i aktivnost moraju biti jednoznačno obeleženi. Kada se događaj obeležava apstraktno onda se obeležava sa »i« ili »j«. Početni događaj projekta označava se sa »O« ili sa »l«, a završni sa »n«.

Grafički se događaj predstavlja krugom, pravougaonikom, kvadratom i sl. Uobičajeno je da se predstavlja krugom i to kada događaj služi za isključivo definisanje elemenata analize strukture. Međutim, kada treba da posluži pored definisanja elemenata analize strukture i za analizu vremena, onda se krug deli na tri odnosno na četiri dela i to:

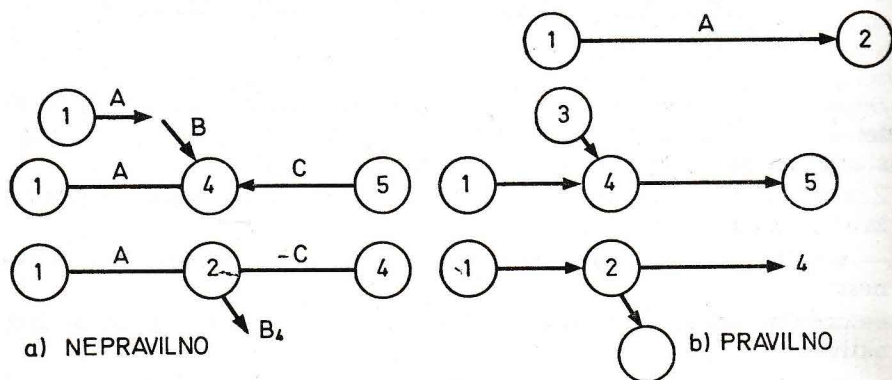


Sl. 1. Grafički prikaz događaja

3. 2. OBLICI GRAFIČKOG PREDSTAVLJANJA — PRAVILA KONSTRUKCIJE MREŽNOG DIJAGRAMA

Da bi se korektno mogao konstruisati mrežni dijagram postoji devet pravila koja se zajednički nazivaju pravila za konstrukciju mrežnog dijagrama.

1. Pravilo. Svaka aktivnost mora otpočeti i završiti se događajem.



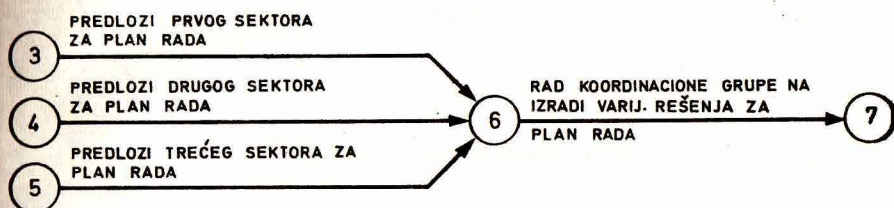
Sl. 2. Primeri grafičkog prikaza pravila 1.

2. Pravilo. Ako neka od aktivnosti mora biti završena pre nego što može započeti sledeća, onda se te dve aktivnosti moraju prikazati kao redosledni niz aktivnosti. Završni događaj prve aktivnosti je identičan sa početnim događajem druge aktivnosti.



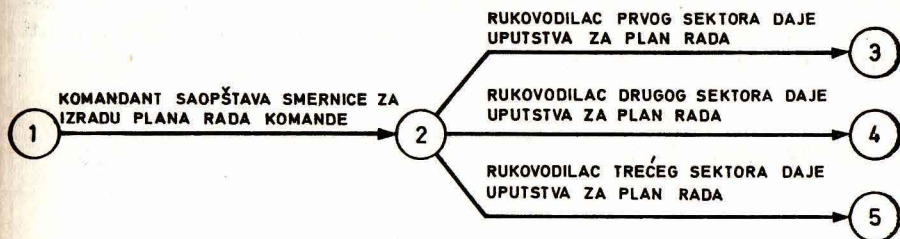
Sl. 3. Primeri grafičkog prikaza pravila 2.

3. Pravilo. Ako više aktivnosti mora biti završeno da bi sledeća aktivnost mogla otpočeti, onda se sve aktivnosti moraju završiti u početnom događaju sledeće aktivnosti.



Sl. 4. Grafički prikaz pravila 3.

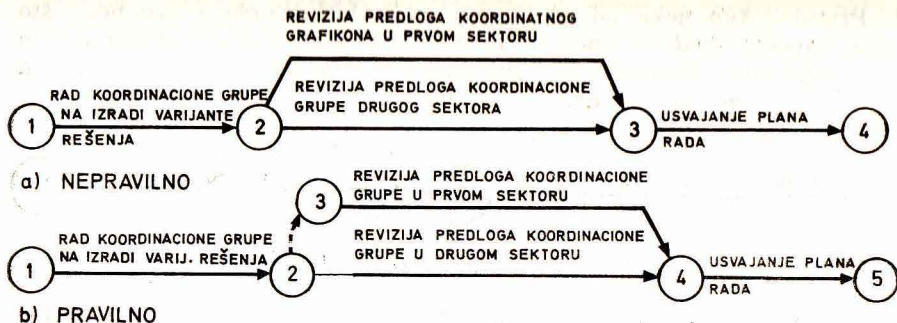
4. Pravilo. Ako više aktivnosti može započeti nakon što je prethodna aktivnost završena, sve te aktivnosti započinju u završnom događaju prethodne aktivnosti.



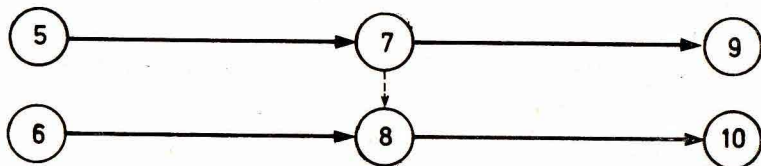
Sl. 5. Grafički prikaz pravila 4.

5. Pravilo. Ako dve ili više aktivnosti imaju zajednički početni i završni događaj, mora se osigurati jednoznačno označavanje uvođenja tzv. prividnih aktivnosti.

6. Pravilo. Ukoliko se jednim događajem završava i počinje više aktivnosti koje nisu međusobno zavisne, onda se prave zavisnosti moraju prikazati pomoću prividnih aktivnosti.



Sl. 6. Grafički prikaz pravila 5.



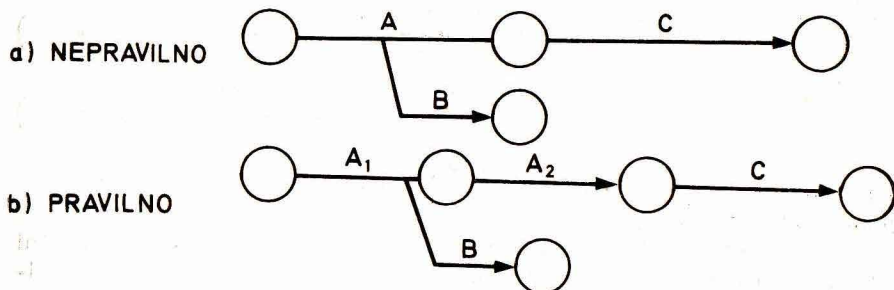
Sl. 7. Grafički prikaz pravila 6.

7. Pravilo. U niz aktivnosti može se uključiti proizvoljan broj prividnih aktivnosti.



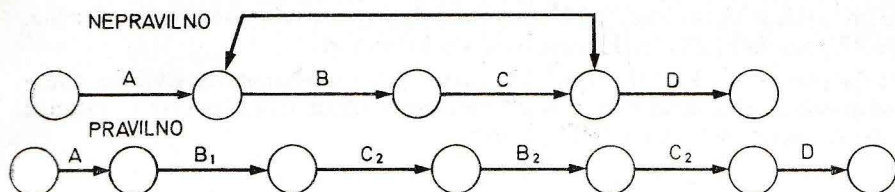
Sl. 8. Grafički prikaz pravila 7.

8. Pravilo. Ukoliko neka aktivnost može otpočeti posle delimičnog završetka prethodne aktivnosti, ova se prethodna aktivnost mora podeliti na dve delimične aktivnosti.



Sl. 9. Grafički prikaz pravila 8.

9. Pravilo. Jedna aktivnost se može samo jednom odigrati, što znači da se u mrežnom dijagramu ne smeju pojaviti petlje.



Sl. 10. Grafički prikaz pravila 9.

Pošto mrežni dijagram može biti orijentisan aktivnostima, kao što je to učinjeno u primeni iznetih pravila, tako isto može biti mrežni dijagram konstruisan događajima i u tom slučaju važe slična pravila.

3. 3. PLAN RADA KOMANDE KAO PROJEKAT

Ako posmatramo bilo koju vojnu komandu — ustanovu kao sistem, a ona to jeste, ona ima svoj cilj i kao svaki plodotvoran sistem teži ostvarenju određenih efekata. To predviđanje efekata jeste planiranje koje je u stvari predvođenje sistema iz jedne tačke vremena (kao baze planiranja) u drugu (mesec, godina i sl.). Jedan od osnovnih dokumenata koji se radi u komandi sa ciljem da bi što bolje funkcionisali njeni elementi jeste plan rada. On ima svoj početni događaj, kada počinje rad na izradi plana rada, i završni događaj kada je taj plan završen. Pošto se preko tog dokumenta, kao paketa informacija, uspostavljaju sve veze i odnosi u komandi kao sistemu, to je plan rada u stvari integrirajuća tačka koja povezuje kompletnu neuronsku mrežu komande.

Tako posmatran plan rada komande može se terminološki tumačiti kao projekat u smislu kako se naziva u tehnici mrežnog planiranja.

Otuda potreba da se izradi takvog dokumenta priđe studiozno. Realnim planiranjem može se postići da svaki elemenat komande što bolje funkcioniše, da starešine ispolje svoju kreativnu sposobnost, da sposobniji daju ton života i rada u komandi.

Za takav prilaz planiranju potrebno je organizacijsku šemu postaviti tako da dođe do izražaja kako timski rad, tako i sposobnost pojedinaca. To se može ostvariti — uz neophodan uslov motivisanosti za rad — stvaralačkom primenom analize strukture i analize vremena, kako se to tretira u TMP.

S obzirom na to da je komanda stohastički (vjerovatni) sistem, i da on mora da ima zone tolerancije, tj. da se ne može smatrati da taj sistem može da funkcioniše kao četvorotaktni motor, ovo treba imati u vidu kada se razmatra upravljanje tim sistemom. Zato pojam odstupanja (devijacija) treba smatrati kao prirodnu stvar, a u stvari donošenje odluka i nije ništa drugo do usmeravanje sistema određenim — planiranim pravcem. Šta se može i dokle se moglo tolerisati odstupanje, i kako taj sistem rada komande postaviti da bude fleksibilan, rešava se kriterijumom. Pod kriterijumom se podrazumeva izbor najboljeg načina u skupu svih mo-

gućih načina upravljanja. Kriterijum je uvek aktivirajući oblik sistema, jer on ima neki cilj, neki predmet i neki metod.

Da bi plan rada kao projekat bio sastavljen od elemenata koji će obezbediti sadržajnu stranu projekta, posebnu pažnju treba posvetiti pitanju koje će aktivnost! ući u njegov sastav.

3. 4. LISTA AKTIVNOSTI

Da bi se sagledali elementi projekta, tj. njegovi sastavni delovi, potrebno je sačiniti spisak aktivnosti.

U našem slučaju spisak aktivnosti sastoji se iz dva dela. U prvom delu nalaze se aktivnosti na osnovu kojih će se oblikovati mrežni dijagram kao projekat — plan rada. U drugom delu nalaze se aktivnosti koje ulaze kao konkretni predlozi šta treba da uđe u plan rada komande i oni će se razmatrati kroz gantogram.

Razmatrajući kako treba da teče proces donošenja plana rada komande uočavaju se sledeće aktivnosti:

| Naziv ustanove | | Projekat: izrada plana rada komande | Naziv: lista aktivnosti |
|----------------|------|---|-------------------------|
| Red. br. | i—j | Naziv aktivnosti | Trajanje aktivnosti |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 0—1 | Proučavanje zadataka pretpostavljene komande i stanja svojih jedinica | 4 |
| 2 | 1—2 | Kandidat jed. daje smernice za PR komande | 2 |
| 3 | 2—3 | Razrada zadataka za I sektor | 3 |
| 4 | 2—4 | „ „ za II sektor | 2 |
| 5 | 2—5 | „ „ za III sektor | 2 |
| 6 | 3—6 | Izrada predloga za PR referenta 1A | 1 |
| 7 | 3—9 | „ „ „ 2A | 3 |
| 8 | 3—12 | Izrada predloga za plan rada 3A | 4 |

| 1 | 2 | 3 | | | 4 | |
|----|-------|--|---|---|----|----|
| 9 | 3-15 | „ | „ | „ | 4A | 2 |
| 10 | 3-18 | „ | „ | „ | 5A | 11 |
| 11 | 4-7 | „ | „ | „ | 1B | 2 |
| 12 | 4-10 | „ | „ | „ | 2B | 3 |
| 13 | 4-16 | „ | „ | „ | 3B | 4 |
| 14 | 4-16 | „ | „ | „ | 4B | 2 |
| 15 | 5-8 | „ | „ | „ | 1C | 1 |
| 16 | 5-11 | „ | „ | „ | 2C | 2 |
| 17 | 5-14 | „ | „ | „ | 3C | 2 |
| 18 | 6-9 | Referisanje predloga za plan rada referenta 1A | | | | 1 |
| 19 | 9-12 | „ | „ | „ | 2A | 2 |
| 20 | 12-15 | „ | „ | „ | 3A | 2 |
| 21 | 15-18 | „ | „ | „ | 4A | 2 |
| 22 | 18-20 | „ | „ | „ | 5A | 3 |
| 23 | 7-10 | „ | „ | „ | 1B | 1 |
| 24 | 10-13 | „ | „ | „ | 2B | 2 |
| 25 | 13-16 | „ | „ | „ | 3B | 2 |
| 26 | 16-19 | „ | „ | „ | 4B | 2 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-------|--|----|
| 27 | 8-11 | „ „ „ 1C | 1 |
| 28 | 11-14 | „ „ „ 2C | 2 |
| 29 | 14-17 | „ „ „ 3C | 2 |
| 30 | 20-21 | Sređivanje predloga za plan rada org. I sektora i predaja koordinacionoj grupi | 4 |
| 31 | 19-21 | „ „ „ II sektora | 3 |
| 32 | 17-21 | „ „ „ III sektora | 2 |
| 33 | 21-22 | Rad koord. grupe na varij. predloga rešenja za plan rada komande | 18 |
| 34 | 23-25 | Reviz. predloga koord. grupe u I sektoru | 3 |
| 35 | 22-25 | Reviz. predloga koord. grupe u II sektoru | 2 |
| 36 | 24-25 | „ „ „ III sektoru | 2 |
| 37 | 25-26 | Usvajanje predloga koordinacione grupe | 2 |
| 38 | 26-27 | Izrada izvoda iz plana rada | 6 |
| 39 | 28-29 | Uračunavanje izvoda iz plana rada korisnicima | 3 |

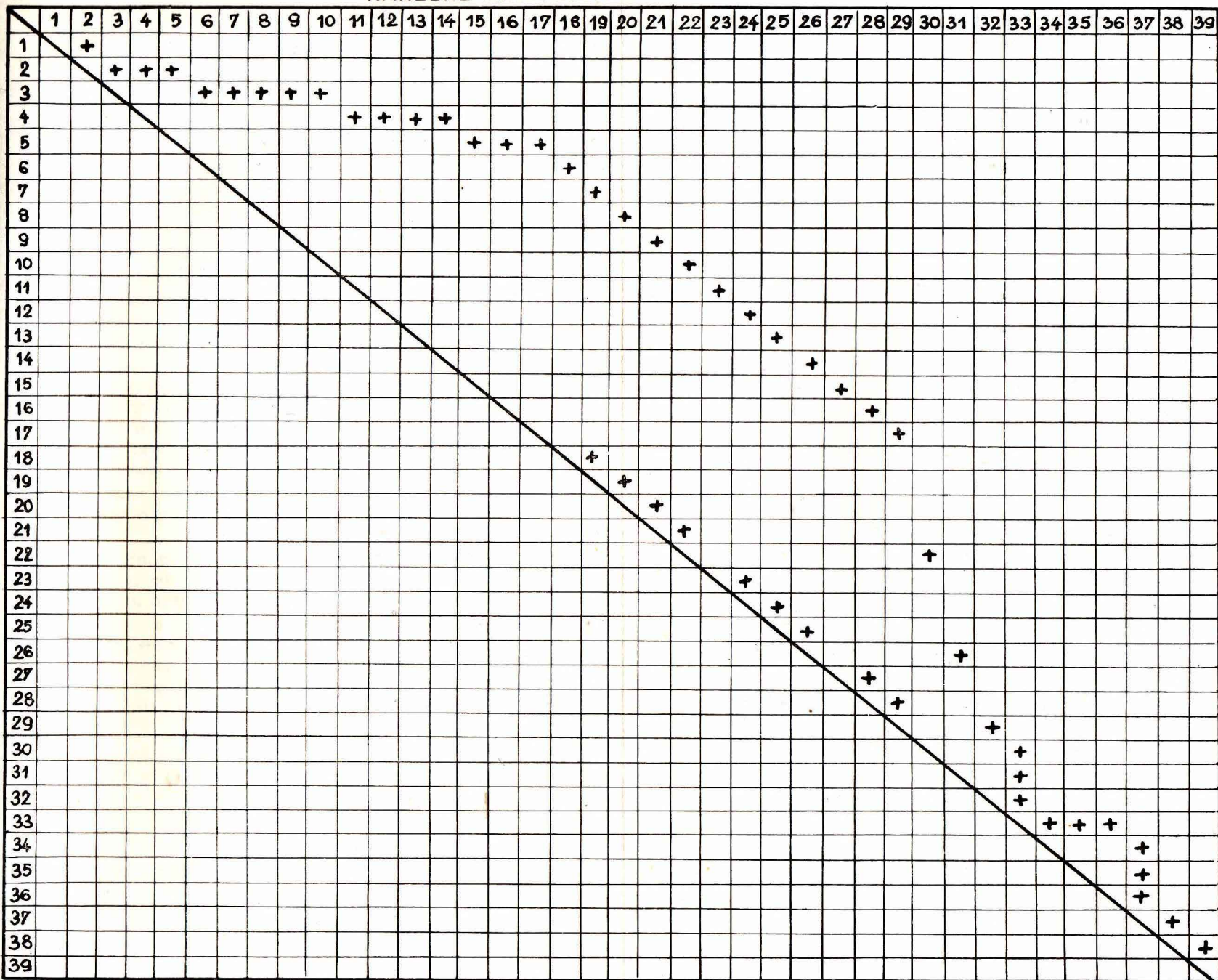
Ovaj dokument — spisak aktivnosti — sastavljaju stručnjaci koji moraju da priznaju tehnologiju kojoj projekat pripada.

3. 5. UTVRĐIVANJE MEĐUZAVISNOSTI IZMEĐU POJEDINIH AKTIVNOSTI ŠEMA ODNOSA

Svaka aktivnost kada se posmatra u spisku aktivnosti mora zauzimati neki položaj u odnosu na druge. Zato je potrebno definisati šta su prethodne, a šta su naredne aktivnosti. Pod prethodnom aktivnošću se podrazumeva ona aktivnost od čijeg neposrednog izvršenja zavisi nastajanje početnog događaja posmatrane aktivnosti. Naredna aktivnost to je ona aktivnost čije izvršenje potpuno ili delimično zavisi od izvršenja posmatrane aktivnosti.

NAREDNE AKTIVNOSTI

PRETHODNE AKTIVNOSTI



Taj misaoni rad oko ustanovljavanja koje su aktivnosti prethodne a koje naredne olakšan je što se kroz postavljena pitanja dobija odgovor za posmatranu aktivnost.

Pitanja su sledeća:

1. Koje aktivnosti neposredno prethode posmatranoj aktivnosti?
2. Koje su sve neposredne naredne aktivnosti u odnosu na posmatranu aktivnost?
3. Koje se sve aktivnosti nezavisno-paralelno mogu da odvijaju sa posmatranom aktivnošću jednovremeno?
4. Može li se posmatrana aktivnost podeliti na dve ili više aktivnosti?

Kroz odgovore na postavljena pitanja dobijaju se odnosi između posmatranih — narednih i posmatranih prethodnih — aktivnosti.

Utvrđena je forma gde se jasno uočava koja je aktivnost prethodna a koja naredna — tzv. šema odnosa.

Dijagonala u šemi odnosa onemogućava da se jedna ista aktivnost stavi jednovremeno u odnos posmatrana — naredna ili posmatrana — prethodna aktivnost.

Uobičajeno je obeležavanje međudnosa u šemi odnosa krstićem. Krstić pregledno pokazuje da li je korektno postavljena jedna aktivnost prema drugoj. Ako u šemi odnosa ostane neka kolona ili neki red bez krstića, treba shvatiti da je tehnologija prekinuta. Ili, ako krstić kao znak za obeležavanje međudnosa dođe u položaj ispod dijagonale, to znači da je posmatrana odnosno prethodna aktivnost kasno ušla u razmatranje. Zato vremenski tu aktivnost treba ranije razmatrati i samim tim šemu odnosa ispraviti.

Konstruisana šema odnosa u našem projektu — planu rada komande je sledeća:

Tako se iz šeme odnosa vidi da aktivnosti koje se nalaze na rednom broju 3, 4 i 5 zavise od aktivnosti na rednom broju 2 ili aktivnosti koja se nalazi na rednom broju 33 zavisi od aktivnosti 30, 31 i 32.

One aktivnosti koje su definisane kao prethodne ukazuju koliko različitih ogranaka u mrežnom dijagramu uslovljava nastajanje posmatrane aktivnosti. Takav slučaj imamo u našem projektu da aktivnosti koje se nalaze na rednom broju 30, 31 i 32, uslovljavaju aktivnost na rednom broju 33 ili aktivnosti na rednom broju 34, 35, 36, uslovljavaju aktivnost na rednom broju 37.

Da bi nam šema odnosa poslužila za oblikovanje mrežnog dijagrama važno je uočiti da broj aktivnosti definisanih kao »naredne« u odnosu na »posmatranu« pokazuje na koliko se puteva — pravaca po svom završetku račva deo mrežnog dijagrama.

3. 6. OBLIKOVANJE I NUMERISANJE MREŽNOG DIJAGRAMA

U procesu oblikovanja mrežnog dijagrama — koji sledi posle ustanovljavanja šema odnosa, odnosno međuzavisnosti između aktivnosti — postoje tri prilaza oblikovanja. Jedan je od početne aktivnosti pa do kraja

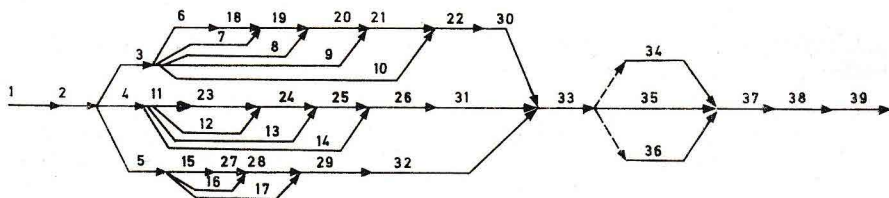
projekta, drugi je obratno, a treći je određivanje neke aktivnosti u sredini projekta pa ići od nje ka početnoj i ka krajnjoj aktivnosti.

Najčešće se koristi oblikovanje mrežnog dijagrama od početne aktivnosti. To oblikovanje mrežnog dijagrama obično se izvodi u dve faze i to: u prvoj fazi se samo strelicama (bez događaja) projektuje mrežni dijagram;

u drugoj se korektno prema pravilima konstruiše mrežni dijagram.

Projektujući mrežni dijagram iz šeme odnosa u našem primeru izvršen je na sledeći način iz aktivnosti na rednom broju 1, naredna aktivnost je na rednom broju 2, a zatim od aktivnosti na rednom broju 2 naredne su aktivnosti na rednom broju 3, 4 i 5, itd.

Tako projektovani (radni) mrežni dijagram prakazan je na slici 11.



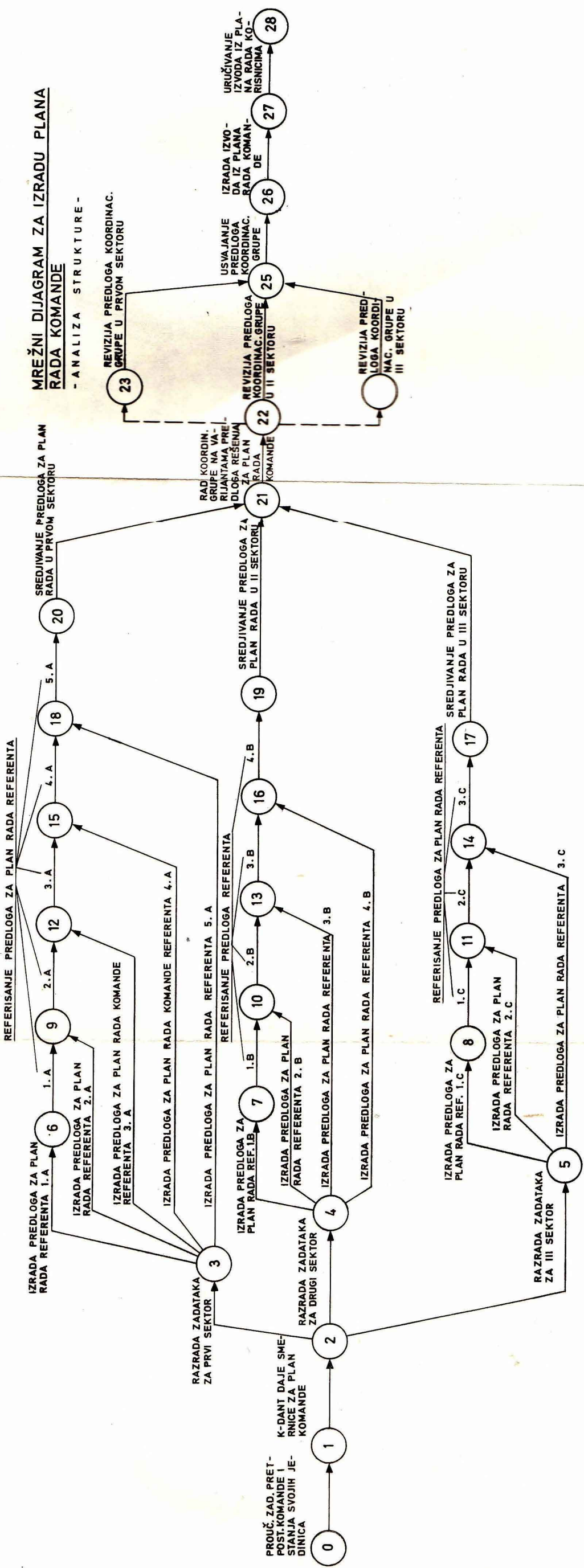
Sl. 11. Radni mrežni dijagram

Nakon oblikovanja, koje je prikazano na sl. 11, formira se mrežni dijagram sa unošenjem početnih i završnih događaja za svaku aktivnost, a zatim se može prići numerisanju. Postoje dva načina numerisanja mrežnog dijagrama: proizvoljno i rastuće numerisanje. Prvi je nepraktičan zbog otežane preglednosti u traženju aktivnosti i nepodesan je za ručni proračun podataka. Kod rastućeg načina numerisanja događaja može biti neprekidno i prekidno. Neprekidno (1, 2, 3...) onemogućava naknadno uvođenje novih aktivnosti. Kod prekidnog obeležavanja događaja mogu se — zbog obeležavanja parnim ili neparnim brojevima — naknadno unositi aktivnosti u mrežni dijagram. Pravilno numerisanje događaja u mrežnom dijagramu postiže se tzv. Fulkesonovim pravilom. Početni događaj projekata se obeležava primenjenim brojem 0 ili 1, a u mrežnom dijagramu se precrtavaju sve aktivnosti koje počinju sa tim događajem. Sledećim većim brojem numerise se samo onaj događaj u kome se završava precrtana aktivnost.

U praksi je usvojeno pravilo da se numerisanje vrši sa leve strane prema desnoj i odozgo nadole uz uslov da sve izlazeće i ulazeće aktivnosti iz jednog događaja i u jedan događaj budu tako oblikovane da zauzimaju u odnosu na horizontalu oštar ili pravi ugao.

U našem primeru na radnom mrežnom dijagramu sl. 12, pored obeležavanja opisana je svaka aktivnost, numerisani su i svi događaji.

MREŽNI DIJAGRAM ZA IZRADU PLANA RADA KOMANDE
- ANALIZA STRUKTURE -



4.0. METODE TMP U ANALIZI VREMENA (CPM PERT)

Kao što je rečeno u uvodnom izlaganju TMP ima veliki broj varijanti. Među njima poseban značaj imaju dve osnovne metode — CPM i PERT. Analiza strukture je zajednička za obe metode. Međutim, u analizi vremena postoji bitna razlika.

Analiza vremena po metodu kritičnog puta (CPM) pretpostavlja da je za svaku aktivnost u projektu tačno utvrđeno vreme trajanja aktivnosti.

Nasuprot tome, analiza vremena po metodu PERT polazi od pretpostavke da vreme trajanja pojedinih aktivnosti nije poznato već ga treba putem procene odrediti.

5.0. ANALIZA VREMENA PO METODI KRITIČNOG PUTA

5.1. Terminologija za analizu vremena

Da bi se mogla razumeti analiza vremena potrebno je odrediti značenje simbola i pojmova. Utvrđena je konvencija da se svi simboli vezani za aktivnost obeležavaju malim slovima, a svi simboli vezani za događaj obeležavaju velikim.

Simboli vezani za trajanje aktivnosti su sledeći:

- t_{i-j} = trajanje aktivnosti je vreme koje je određeno na osnovu nekih standarda, normativa, iskustava i sl.
- „i” = početni događaj aktivnosti;
- „j” = završni događaj aktivnosti;
- t_i = vreme početka aktivnosti;
- t_j = vreme završetka aktivnosti;
- $t_i^{(0)}$ = najraniji početak aktivnosti;
- $t_j^{(1)}$ = najkasniji završetak aktivnosti;
- $t_i^{(1)}$ = najkasniji početak aktivnosti;
- $t_j^{(0)}$ = najraniji završetak aktivnosti.

Radi lakšeg razumevanja potrebno je uočiti da simbol samo sa jednom oznakom »i« ili »j« predstavlja vremenske tačke, dok oznake sa obadva simbola »i-j« predstavljaju vremenski periode protoka vremena.

Simboli vezani za događaj su sledeći:

- T_p = ukupno vreme trajanja projekta je ono vreme koje je potrebno da se određeni projekat završi. To vreme proizilazi iz zbira pojedinačnih trajanja *određenih kritičnih* aktivnosti, koje se nadovezuju po utvrđenom tehnološki uslovljenom redosledu,
- $T_i^{(0)}$ = najranije vreme odigravanja događaja,

- $T_i^{(1)}$ = najkasnije vreme odigravanja događaja,
- $T_{i=n}^{(0)}$ = najranije vreme odigravanja završnog događaja projekta,
- $T_{j=n}^{(1)}$ = najkasnije vreme odigravanja završnog događaja projekta.

Kao što je rečeno u analizi strukture grafički se događaj prikazuje obično kružicom. Da bi se moglo izvršiti obeležavanje, i numerisanje događaja i trajanja aktivnosti, odnosno vreme zbivanja nekog događaja, to se kružić deli na tri odnosno četiri dela, kako je to prikazano na sl. 13.



Sl. 13. Obeležavanje događaja u mrežnom dijagramu

Suština analize vremena je u tome da se iz tehnološki uslovljenog niza aktivnosti pronađe vreme koje zahteva najduže trajanje da bi se projekat kompletno mogao završiti. To vreme mora biti na jednom od puteva (nizova aktivnosti) kroz projekat i taj put naziva se kritičan put, a aktivnosti na tom putu nazivaju se kritične aktivnosti.

5. 2. GANTOGRAM KAO METOD ZA ANALIZU VREMENA

Jedna od bitnih karakteristika vojnih komandi je u tome što jednu aktivnost izvršava jedno lice na više mesta, i za to vreme mora biti angažovan određeni broj organa ili je više korisnika upućeno na uslugu koju daje jedan organ. U takvim uslovima postavlja se pitanje kako optimalno koristiti vreme. Jedna varijanta gantograma u praksi je dala zapažene rezultate. Korišćenje ovog metoda u procesu izrade plana rada u komandi dobija primenu kao tehnika u radu koordinacione grupe kao tima koji predlaže varijante rešenja.

Kroz predloge koje daju organi komande šta treba da uđe u plan rada za određeni period postavljaju se tri zahteva i to: određena aktivnost — posao koji treba izvršiti, koliko je vremena potrebno za izvršenje toga posla i koji će resursi u to vreme biti angažovani. Posle usaglašavanja, kroz referisanje svih spornih pitanja, predlozi dolaze iz svih sektora i predaju se koordinacionoj grupi na obradu. Jedna od tehnologija za rad koordinacione grupe razrađena je na grafikonu sl. 14.

U horizontalnom nizu dato je vreme po datumima i časovima za period koji se planira (u konkretnom slučaju za jedan mesec), ili ako to predstavimo na koordinacionom sistemu, onda se vreme obeležava na apscisi.

U vertikalnoj koloni ispisane su šifre aktivnosti, tj. predlozi koji su ušli u plan rada komande i oni su obeleženi na ordinati.

Koordinaciona grupa ima složen zadatak, da idući redom od jedne do druge aktivnosti, predloži vreme u kome će biti izvršavani predviđeni poslovi. S obzirom na to što aktivnosti izvode u određenim jedinicama, organima i sl., to je potrebno sve učesnike na tom konkretnom poslu, radi lakše tehnike planiranja, kodirati. Sve aktivnosti prema mestu gde se izvode i prema resursima koji se angažuju možemo podeliti u dve grupe: kao korisnike određenih usluga, odnosno kao izvršioce tih usluga. Suština je u tome da se njihove aktivnosti po vremenu i prostoru koordiniraju.

Kao što se iz grafikona vidi obeležavanje se vrši otvorenim strelicama na taj način što se početak aktivnosti označi strelicom suprotnog smera »←« i vrh strelice predstavlja vremensku koordinatu početka te aktivnosti. Završetak aktivnosti se obeležava strelicom u smeru kazaljke na satu »→«. I ovde vrh strelice predstavlja vremensku koordinatu i to završetka aktivnosti. Između tih strelica upisuje se broj, to je u stvari kodirani naziv jedinice — organa. Pošto su te vremenske koordinate na grafikonu date kao dani, odnosno časovi, to se dobija tačno vreme (dan i čas) kada se određena aktivnost izvršava.

Rešavajući tako za svaku aktivnost potrebno vreme, naročito se mora voditi računa da ne dođe do poklapanja, tj. da se dve aktivnosti u isto vreme izvode u istoj jedinici — organu. S obzirom na preglednost grafikona, moguće je u vertikalnim kolonama vizuelno uočiti da li je određeni broj već upotrebljen.

Kao konačan rezultat takvog rada koordinacione grupe su rešenja koja daju visok stepen verovatnosti da se planirani zadaci mogu izvršiti. Na osnovu toga se radi izvod iz plana rada za korisnike. Izvodi iz plana rada komande služe kao reperi da orijentišu organe — jedinice prema aktivnostima i sigurna su osnova za dalji sistematski rad u okviru funkcionalnih dužnosti svakog organa komande, odnosno svake jedinice.

Ovo je jedan od pokušaja kombinacije mreže sa gantogramom. Odvojeno i gantogram i TMP dali su određene rezultate, a njihovim spajanjem realno je očekivati da oni budu još veći.

Kada je reč o primeni TMP u jedinicama JNA, potrebno je u eksperimentalnoj fazi — pored obrazovanja kadrova kako se koristi TMP — koristeći gantograme doći do sigurnih podataka da se za manje projekte koristi TMP, ali na širokom planu. Prednosti koje daju TMP uslov je da ona bude svestrano prihvaćena.

5. 3. PRORAČUN TRAJANJA AKTIVNOSTI

Kao što je već rečeno metoda CPM je deterministička metoda, a to znači da je svaka aktivnost — koja sačinjava projekat — pojedinačno fiksno određena.

Da bismo mogli metodom CPM obraditi analizu vremena, potrebno je odrediti za svaku aktivnost vreme trajanja. Dosadašnja primena ove me-

tode — a metoda CPM se u našoj zemlji daleko više primenjuje nego PERT — ukazala je na potrebu da se postojeće ili iskustvene norme u pojedinim preduzećima koriste za određivanje vremena trajanja.

Polazim od pretpostavke da takve iskustvene norme postoje i za aktivnosti koje ulaze u proces izrade plana rada, a njihovo vreme trajanja prikazano je u spisku aktivnosti (str. 14, 15 i 16).

Posle analize strukture dobili smo oblikovan mrežni dijagram i na njemu se direktno izvodi proračun koliko je potrebno vremena da se izradi plan rada komande. Za svaku aktivnost mora se odrediti najranije i najkasnije vreme njenog izvršenja. Proračun za najranije vreme početka aktivnosti dobija se tzv. proračunom »napred«, a najkasnije vreme završetka aktivnosti proračunom »nazad«. U našem slučaju mi smo uzeli vremensku jedinicu čas.

Kako to praktično izgleda pogledajmo na nekoliko primera iz mrežnog dijagrama sl. 15. Kada posmatramo deo puta kroz naš projekat — izrada plana rada komande i to od događaja 0 do 18 zapazićemo da imamo pet puteva:

1. Put: 0-1-2-3-6-9-12-15-18;
2. Put: 0-1-2-3-12-15-18;
3. Put: 0-1-2-3-9-12-15-18.
4. Put: 0-1-2-3-15-18.
5. Put: 0-1-2-3-18

Da bi smo proračunali kada najranije može početi aktivnost na primer, »Referisanje predloga za plan rada komande — referenta 5 A«, koje se nalazi između događaja 18 i 20, mi analiziramo dva puta i to: put 1: 0-1-2-3-6-9-12-15-18, čije je vreme trajanja aktivnosti iznosi 4-2-3-1-1-2-2-2 = 17 časova; put 2: 0-1-2-3-18-, čije vreme trajanja aktivnosti iznosi: 4-2-3-11 = 20 časova.

Mi moramo od ova dva vremena da izaberemo jedno koje će nam pokazati kada najranije može početi aktivnost 18, 20.

Postoji pravilo da se kod najranijeg početka uvek usvaja maksimalna vrednost zbira trajanja prethodnih aktivnosti. Matematički izraz za najraniji početak aktivnosti obeležava se:

$$t_i^{(0)} = \max(\Sigma t_{i-j}) \text{ na putevima od 0 do i.}$$

Koristeći izneto pravilo mi dolazimo do saznanja do aktivnost 18, 20 može najranije početi u 20. vremenskoj jedinici, tj. u 20. času.

Da bismo saznali kada ta aktivnost može najkasnije da počne, mi moramo doći do saznanja kada će naš projekat — plan rada komande u celini biti završen. Nastavljamo na istom principu — kako smo došli do podataka koji smo uneli u događaj 18. Tako dolazimo do saznanja da će se plan rada komande završiti za 59 časova rada. Ako to vreme usvojimo kao rok do kada treba da bude završena izrada plana, onda je 59. vremenska jedinica i najkasnije vreme do kada naš projekat mora biti završen.

Postupak za izračunavanje najkasnijeg završetka aktivnosti određen je pravilom da se u proračunu polazi od završnog roka projekta tzv. proračunom »nazad« i da se usvaja minimalna vrednost razlike između završnog roka projekta i zbira trajanja aktivnosti.

U našem primeru najkasnije može početi na primer aktivnost 18, 20 proračunom »nazad« od događaja 28 do događaja 18. Kada posmatramo puteve koji spajaju ova dva događaja, vidimo da postoje tri puta i to:

put 1: 28-27-26-25-23-22-21-20-18;

put 2: 28-27-26-25-24-22-21-20-18;

put 3: 28-27-26-25-22-21-20-18.

Zbir trajanja aktivnosti na putu jedan je: $3+6+2+3+18+4+3 = 39$ č.

„ „ „ „ „ dva i tri je: $3+6+2+2+18+4+3 = 38$ č.

Kao što je rečeno postoji pravilo kod najkasnijeg završetka aktivnosti da se usvaja minimalna vrednost razlike između završenog roka projekta i zbira trajanja aktivnosti. Matematički izraz za najkasniji završetak aktivnosti izgleda ovako:

$$t_j^{(1)} = t_{j-n}^{(1)} - \max \sum t_{i-j} \quad \text{ili}$$

$$t_j^{(1)} = t_{j-n}^{(1)} - \sum t_{i-j} (\text{min.}) \quad (\text{na putevima od »n« do »j«.})$$

Pošto je rok u našem primeru 59. vremenska jedinica, a razlika od 59 i 39, odnosno 38 iznosi 20 odnosno 21, mi moramo usvojiti manju vrednost i tako dolazimo do podatka da aktivnost 18, 20 najkasnije može da počne u 20. vremenskoj jedinici. Dobijeni podaci nam služe i kao proračun najranijeg $T_1^{(0)}$ najkasnijeg vremena odigravanja događaja $T_1^{(1)}$.

U našem primeru najranije vreme odigravanja događaja 18 predstavlja vremensku koordinatu koja je uslovljena izvršenjem prethodnih aktivnosti. Pošto događaju 18 prethodi više aktivnosti, to je najranije vreme odigravanja događaja jednako najranijem završetku one prethodne aktivnosti koja ima najveću vremensku koordinatu, a to je u našem slučaju aktivnost 3, 18, čija je vremenska koordinata 20 časova.

Takođe u ovom primeru najkasnije vreme odigravanja događaja — koje predstavlja vremensku koordinatu do koje se najkasnije mora odigrati jedan događaj pri čemu završni rok projekta ostaje nepromenjen — jeste vremenska jedinica 20 časova, jer je to vreme najkasnijeg početka naredne aktivnosti 18, 20. Kada bi iz događaja 18 počinjalo više narednih aktivnosti, onda bi najkasnije vreme odigravanja događaja bilo jednako najkasnijem početku naredne aktivnosti sa najmanjom vremenskom koordinatom. Za takav primer možemo uzeti u našem projektu događaj 3, iz koga počinju pet aktivnosti. Najmanju vremensku koordinatu ima aktivnost 3, 18, jer ona mora početi u 9. vremenskoj jedinici da bi završni projekat ostao nepromenjen. Druge aktivnosti mogu početi kasnije. Tako aktivnost 3-6 za tri časa, aktivnosti 3-9, 3-12 i 3-15 za dva časa. Na toj relaciji najkasnijeg i najranijeg odigravanja događaja mogu da postoje samo dva slučaja i to:

— da su oba vremena jednaka, i

— da je najranije vreme odigravanja događaja manje od najkasnijeg vremena odigravanja događaja.

Matematički te relacije možemo izraziti:

$$T_1^{(0)} = T_1^{(1)} \quad \text{i} \quad T_1^{(0)} < T_1^{(1)}.$$

Kada je na mrežnom dijagramu završen proračun »napred-nazad« do-
bijeni su svi vremenski podaci, za svaku aktivnost i za svaki događaj po-
naosob kao i za projekat u celini.

Sledeći veoma značajan podatak — radi koga se u suštini i radi analiza
vremena — jeste određivanje koji su događaji, odnosno koje su aktiv-
nosti kritične, da bi se na temelju toga odredio kritičan put kroz projekat.
Pod kritičnim događajem podrazumeva se onaj događaj u mrežnom di-
jagramu čija su najranija i najkasnija vremena odigravanja jednaka
 $T_i^{(0)} = T_j^{(1)}$. Svi drugi događaji u mrežnom dijagramu koji imaju naj-
ranije vreme odigravanja događaja manje od njihovog najkasnijeg vre-
mena odigravanja događaja, nazivaju se nekritični događaji.

Pod kritičnim aktivnostima podrazumevaju se one aktivnosti u mrež-
nom dijagramu koji spajaju dva kritična događaja uz uslov da je trajanje
tih aktivnosti jednako razlici između završnog i početnog događaja.

Pojam puta u TMP znači skup aktivnosti u mreži kod koji se završni
događaj svake aktivnosti poklapa sa početnim događajem njene naredne
aktivnosti. U slučaju kada put ide od početnog do završnog događaja
mrežnog dijagrama, on se naziva kompletan put. U jednom mrežnom di-
jagramu ima više kompletnih puteva. Među tim putevima ima bar je-
dan koji je najduži po vremenu trajanja aktivnosti koje ga sačinjavaju
i, kao što smo rekli, taj put se naziva kritičan put. Putevi koji su po
svom vremenu trajanja neznatno kraći od kritičnog, nazivaju se subkri-
tičnim. Aktivnosti koje ulaze u kritičan put nazivaju se kritične aktiv-
nosti, a sve ostale su nekritične.

U našem projektu kompletni putevi⁶ sa vremenom trajanja su:

| | | | | | |
|----------|---|--|---|----|---------|
| L_1 | = | 0-1-2-3-6-9-12-15-18-20-21-22-23-25-26-27-28 | = | 56 | časova. |
| L_2 | = | „ 24-25-26-27-28 | = | 55 | „ |
| L_3 | = | „ -25-26-27-28- | = | 55 | „ |
| L_4 | = | 0-1-2-3-9-12-15-18-20-21-22-23-25-26-27-28 | = | 55 | „ |
| L_5 | = | „ 24-25-26-27-28 | = | 54 | „ |
| L_6 | = | „ 25-26-27-28 | = | 54 | „ |
| L_7 | = | 0-1-2-3-12-15-18-20-21-22-23-25-26-27-28 | = | 56 | „ |
| L_8 | = | „ 24-25-26-27-28 | = | 55 | „ |
| L_9 | = | „ 25-26-27-28 | = | 55 | „ |
| L_{10} | = | 0-1-2-3-15-18-20-21-22-23-25-26-27-28 | = | 52 | „ |
| L_{11} | = | „ 24-25-26-27-28 | = | 51 | „ |
| L_{12} | = | „ 25-26-27-28 | = | 51 | „ |
| L_{13} | = | 0-1-2-3-18-20-21-22-23-25-26-27-28 | = | 59 | „ |
| L_{14} | = | „ 24-25-26-27-28 | = | 58 | „ |
| L_{15} | = | „ 25-26-27-28 | = | 58 | „ |
| L_{16} | = | 0-1-2-4-7-10-13-16-19-21-22-23-25-26-27-28 | = | 52 | „ |
| L_{17} | = | „ 24-25-26-27-28 | = | 51 | „ |
| L_{18} | = | „ 25-26-27-28 | = | 51 | „ |
| L_{19} | = | 0-1-2-4-10-13-16-19-21-22-23-25-26-27-28 | = | 52 | „ |
| L_{20} | = | „ 24-25-26-27-28 | = | 51 | „ |
| L_{21} | = | „ 25-26-27-28 | = | 51 | „ |

⁶ Put se u teoriji i grafova označava sa L.

| | | $t_1^{(0)}$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | | | |
|--------|-------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|
| | | 0 | 0 | -4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 + 4 | | 4 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 + 2 | | 6 | 2 | 3 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 + 3 | | 9 | 3 | | | | | 1 | | | 3 | | | 4 | | | 2 | | | 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 + 2 | | 8 | 4 | | | | | | 2 | | | 3 | | 4 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 + 2 | | 8 | 5 | | | | | | | 1 | | | 2 | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 + 1 | | 10 | 6 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 + 2 | | 10 | 7 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 + 1 | | 9 | 8 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 + 1 | 9 + 3 | 12 | 9 | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 + 1 | 8 + 3 | 11 | 10 | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 + 2 | 9 + 1 | 10 | 11 | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 + 2 | 9 + 4 | 14 | 12 | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 + 2 | 8 + 4 | 13 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 + 2 | 8 + 2 | 12 | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 + 2 | 14 + 2 | 16 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 + 2 | 8 + 2 | 15 | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 12 + 2 | 14 | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 16 + 2 | 9 + 11 | 20 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | |
| | 15 + 2 | 17 | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | |
| | 20 + 3 | 23 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | |
| 14 + 2 | 17 + 3 | 23 + 4 | 27 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | | | | | | | | | | |
| | 27 + 18 | 45 | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 2 | | | | | | | |
| | 45 + 0 | 45 | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | |
| | 45 + 0 | 45 | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | |
| 45 + 3 | 45 + 2 | 48 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | |
| | 48 + 2 | 50 | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | | | | |
| | 49 + 6 | 56 | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 56 + 3 | 59 | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $t_2^{(0)}$ | | 0 | 4 | 6 | 9 | 15 | 19 | 13 | 17 | 20 | 14 | 18 | 21 | 16 | 20 | 23 | 18 | 22 | 25 | 20 | 24 | 23 | 27 | 45 | 45 | 46 | 48 | 50 | 56 | 59 | | | |
| | $t_2^{(0)}$ | | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 11 | 3 | 7 | 11 | 2 | 7 | 11 | 2 | 7 | 11 | 2 | 7 | 11 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | | | 4 | 6 | 19 | 20 | 22 | 23 | 14 | 18 | 21 | 16 | 20 | 23 | 18 | 22 | 25 | 20 | 24 | 27 | 23 | 27 | 27 | 45 | 48 | 48 | 48 | 50 | 56 | 59 | | | | |
| | | | 4 | | 2 | 11 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 18 | 2 | 3 | 2 | 2 | 6 | 3 | | | | |
| | | | | | 15 | 18 | 20 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | 46 | 43 | | | | | | | | | |
| | | | | | 2 | 2 | 4 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| | | | | | 9 | 18 | 18 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | 45 | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3 | 4 | 3 | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 4 | 3 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | |
|------------|---------------------------------------|-----|----|---|
| $L_{22} =$ | 0-1-2-4-13-16-19-21-22-23-25-26-27-28 | $=$ | 51 | „ |
| $L_{23} =$ | „ 24-25-26-27-28 | $=$ | 50 | „ |
| $L_{24} =$ | „ 25-26-27-28 | $=$ | 50 | „ |
| $L_{25} =$ | 0-1-2-4-16-19-21-22-23-25-26-27-28 | $=$ | 47 | „ |
| $L_{26} =$ | „ 24-25-26-27-28 | $=$ | 46 | „ |
| $L_{27} =$ | „ 25-26-27-28 | $=$ | 46 | „ |
| $L_{28} =$ | 0-1-2-5-8-11-14-17-21-22-23-25-26-28 | $=$ | 48 | „ |
| $L_{29} =$ | „ 24-25-26-27-28 | $=$ | 47 | „ |
| $L_{30} =$ | „ 25-26-27-28 | $=$ | 47 | „ |
| $L_{31} =$ | 0-1-2-5-11-14-17-21-22-23-25-26-27-28 | $=$ | 48 | „ |
| $L_{32} =$ | „ 24-25-26-27-28 | $=$ | 47 | „ |
| $L_{33} =$ | „ 25-26-27-28 | $=$ | 47 | „ |
| $L_{34} =$ | 0-1-2-5-14-17-21-22-23-25-26-27-28 | $=$ | 48 | „ |
| $L_{35} =$ | „ 24-25-26-27-28 | $=$ | 45 | „ |
| $L_{36} =$ | „ 25-26-27-28 | $=$ | 45 | „ |

Na osnovu pregleda svih puteva i njihovog vremena trajanja može se zapaziti da je kritičan put L_{13} . To je put koji ide preko sledećih događaja: 0-1-2-3-18-20-21-22-23-25-26-27-28 i trajanje iznosi 59 časova. Ako usvojimo kao kriterijum da su blizu kritičnom putu svi putevi čije vreme trajanja iznosi preko 55 časova, onda su takvi sledeći putevi: L_{14} i L_{15} po 58 časova i $L_1 = 56$ časova.

5. 4. PRORAČUN VREMENSKIH PODATAKA POMOĆU MATRICE

Jedan od postupaka za proračun osnovnih vremenskih podataka potrebnih za analizu vremena jeste tzv. matrički postupak.

Da bi se mogla izvršiti analiza vremena pomoću matrice potrebno je:

— numerisati početni i završni događaj svake aktivnosti, uključujući i prividne aktivnosti,

— sastaviti listu aktivnosti sa trajanjima svake pojedine aktivnosti.

Za numerisanje početnih i završnih događaja aktivnosti, korišćićemo listu aktivnosti na strani 14, 15 i 16.

Proračun se počinje od početnog događaja projekta i ide redom do završnog događaja.

U prvoj koloni matrice upisuju se proračunate vrednosti najranijih početaka aktivnosti ($t_i^{(0)}$), odnosno najranijih vremena odigravanja njihovih početnih događaja $T_i^{(0)}$.

U našem tehnološkom modelu — plan rada komande, prva aktivnost 0.1 počinje u nultoj vremenskoj jedinici, a pošto traje 4 vremenske jedinice, to će najranije vreme odigravanja događaja 1 biti $0 + 4 = 4$ časa. I tako redom do kraja projekta. Proračun je izvršen prema slici 16.

Kada imamo za neki događaj dva alternativna rešenja, kao na primer događaj 12 i to:

$$a) \quad t_{1-12}^{(0)} = t_{1-9}^{(0)} + t_{9,12} = 12 + 2 = 14^\circ \quad \text{vremenska jedinica}$$

$$b) \quad t_{1-12}^{(0)} = t_{1-3}^{(0)} + t_{3,12} = 9 + 4 = 13^\circ \quad \text{vremenska jedinica}$$

U takvim slučajevima kada je završni događaj zajednički za više aktivnosti usvaja se maksimalna vrednost zbira. U našem slučaju to je 14 časova.

Da bi se posebno obeležili takvi slučajevi, praktikuje se zaokruživanje vremena trajanja.

Tako se prvo izračunavaju najraniji počeci aktivnosti $t_i^{(0)}$, odnosno najranija vremena odigravanja početnog događaja za svaku aktivnost. Posle toga izračunava se najkasniji završetak aktivnosti u svakom događaju ($t_i^{(1)}$), odnosno najkasnija vremena odigravanja završnih događaja svake aktivnosti ($T_i^{(1)}$).

Da bi se moglo otpočeti sa proračunom ($t_j^{(1)}$) i ($T_i^{(1)}$) potrebno je izjednačiti najkasniji završetak aktivnosti u završnom događaju projekta sa najranijim vremenom odigravanja završnog događaja. U našem slučaju to je 59 časova.

Počne se od završnog 28. događaja koji ima kako smo rekli najkasniji završetak u 59. vremenskoj jedinici. Od broja 59 oduzima se broj 3 (vreme trajanja poslednje aktivnosti) i dobija se podatak 56 koji se upisuje na kraju kolone događaja 27, kako je to strelicom pokazano na matrici sl. 16.

Kada imamo takav slučaj da dve ili više aktivnosti počinju iz jednog događaja, kao što je u našem primeru da iz događaja dva počinju tri aktivnosti: $t_{2,3}$; $t_{2,4}$; i $t_{2,5}$; onda se pri proračunu najkasnijeg završetka u događaju dva dobiju tri vrednosti razlike od kojih treba usvojiti minimalnu vrednost.

- a) $t_{j=2}^{(1)} = t_{j=3}^{(1)} - t_{2,3} = 9 - 3 = 6$ časova.
- b) $t_{j=2}^{(1)} = t_{j=4}^{(1)} - t_{2,4} = 15 - 2 = 13$ časova.
- c) $t_{j=2}^{(1)} = t_{j=5}^{(1)} - t_{2,5} = 19 - 2 = 17$ časova.

U ovom slučaju minimalna vrednost je 6 časova. Prema tome, najkasniji završetak aktivnosti 1,2 mora biti 6 časova posle početka izrade plana rada komande.

Kada je završeno proračunavanje najkasnijeg završetka u početnom događaju projekta $t_{j=0}^{(1)}$ može se prići određivanju kritičnih događaja. Kriterijum za definisanje kritičnih aktivnosti određen je uslovom da je: $t_i^{(1)} - t_i^{(0)} = 0$ za $i = j$.

Kao što se iz poslednjeg reda matrice vidi, to su isti podaci za događaje i aktivnosti koje smo dobili proračunima »napred-nazad« na mrežnom dijagramu metodom CPM.

Potrebno je uočiti da se svaki događaj, odnosno svaka aktivnost na kritičnom putu, može smatrati kao međurok, jer od njihovog izvršenja zavisi izvršenje celokupnog projekta.

Na temelju podataka o vremenu trajanja projekata koji su dobijeni metodom CPM, ili ukoliko rok ne odgovara, na primer, komandant se ne slaže se takvim predlogom, već traži da se vreme skрати, u tom slučaju moraju se resursi povećati, kako bi se projekat ponovo doveo u normalne uslove.

5. 5. VREMENSKI ZAZORI (REZERVE)

Kroz dosadašnju analizu vremena saznali smo koje su aktivnosti kritične a koje nisu. Takvi podaci koje smo dobili proračunima omogućava-

vaju nam da možemo saznati koliko se neka aktivnost, i to samo nekritična, može produžiti bez posledica za izvršenje daljeg toka projekta. Da bi se podaci sredili radi dalje obrade, potrebno je ispuniti formular u koji možemo uneti podatke iz mrežnog dijagrama — sl. 15 i obraditi ih. Formular je sledeći:

Tablica 1

| Oznaka | | Najraniji početak t_i (0) | Najkasniji završetak t_j (1) | Za isto „i“ max. iz kolone 9 | Za isto „i“ min. iz kolone 8 | Trajanje aktivnosti $t_{i,j}$ | Najkasniji početak t_i (2-7) | Najraniji završetak t_j (3+7) | Ukupni vremenski zazor U_s (4-3-7) | Slobodni vremenski zazor S_s (5-3-7) | Nezavisni vrem. zazor S_n (5-6-7) |
|--------|----|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------------|
| i | j | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 0 | 1 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 4 | 6 | 6 | 4 | 2 | 4 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 3 | 6 | 9 | 9 | 6 | 3 | 6 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 4 | 6 | 15 | 8 | 6 | 2 | 13 | 8 | 7 | 0 | 0 |
| 2 | 5 | 6 | 19 | 8 | 6 | 2 | 17 | 8 | 11 | 0 | 0 |
| 3 | 6 | 9 | 13 | 10 | 9 | 1 | 12 | 10 | 3 | 0 | 0 |
| 3 | 9 | 9 | 14 | 12 | 9 | 3 | 11 | 12 | 2 | 0 | 0 |
| 3 | 12 | 9 | 16 | 14 | 9 | 4 | 12 | 13 | 3 | 1 | 1 |
| 3 | 15 | 9 | 18 | 16 | 9 | 2 | 16 | 11 | 7 | 5 | 5 |
| 3 | 18 | 9 | 20 | 20 | 9 | 11 | 9 | 20 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 7 | 8 | 17 | 10 | 15 | 2 | 15 | 10 | 7 | 0 | 0 |
| 4 | 10 | 8 | 18 | 11 | 15 | 3 | 15 | 11 | 7 | 0 | 0 |
| 4 | 13 | 8 | 20 | 13 | 15 | 4 | 16 | 12 | 8 | 1 | 0 |
| 4 | 16 | 8 | 22 | 15 | 15 | 2 | 20 | 10 | 12 | 5 | 0 |
| 5 | 8 | 8 | 20 | 9 | 19 | 1 | 19 | 9 | 11 | 0 | 0 |
| 5 | 11 | 8 | 21 | 10 | 19 | 2 | 19 | 10 | 11 | 0 | 0 |
| 5 | 14 | 8 | 23 | 10 | 21 | 2 | 21 | 10 | 11 | 0 | 0 |
| 6 | 9 | 10 | 14 | 12 | 13 | 1 | 13 | 11 | 3 | 1 | 0 |
| 7 | 10 | 10 | 18 | 11 | 17 | 1 | 17 | 11 | 7 | 0 | 0 |
| 8 | 11 | 9 | 21 | 10 | 20 | 1 | 20 | 10 | 11 | 0 | 0 |
| 9 | 12 | 12 | 16 | 14 | 14 | 2 | 14 | 14 | 2 | 0 | 0 |
| 10 | 13 | 11 | 20 | 13 | 18 | 2 | 18 | 13 | 7 | 0 | 0 |
| 11 | 14 | 10 | 23 | 12 | 21 | 2 | 21 | 12 | 11 | 0 | 0 |
| 12 | 15 | 14 | 18 | 16 | 16 | 2 | 16 | 16 | 2 | 0 | 0 |
| 13 | 16 | 13 | 22 | 15 | 20 | 2 | 20 | 15 | 7 | 0 | 0 |
| 14 | 17 | 12 | 25 | 14 | 23 | 2 | 23 | 14 | 11 | 0 | 0 |
| 15 | 18 | 16 | 20 | 20 | 18 | 2 | 18 | 18 | 2 | 2 | 0 |
| 16 | 19 | 15 | 24 | 17 | 22 | 2 | 22 | 17 | 7 | 0 | 0 |
| 17 | 21 | 14 | 27 | 27 | 25 | 2 | 25 | 16 | 11 | 11 | 0 |
| 18 | 20 | 20 | 23 | 23 | 20 | 3 | 20 | 23 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 21 | 17 | 27 | 27 | 24 | 3 | 24 | 20 | 7 | 7 | 0 |
| 20 | 21 | 23 | 27 | 27 | 23 | 4 | 23 | 27 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 22 | 27 | 45 | 45 | 27 | 18 | 27 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 23 | 45 | 45 | 45 | 45 | 0 | 45 | 45 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 24 | 45 | 46 | 45 | 45 | 0 | 46 | 45 | 1 | 0 | 0 |
| 22 | 25 | 45 | 48 | 47 | 45 | 2 | 46 | 47 | 1 | 0 | 0 |
| 23 | 25 | 45 | 48 | 48 | 48 | 3 | 45 | 48 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 25 | 45 | 48 | 48 | 46 | 2 | 46 | 47 | 1 | 1 | 0 |
| 25 | 26 | 48 | 50 | 50 | 48 | 2 | 48 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 27 | 50 | 56 | 56 | 50 | 6 | 50 | 56 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 28 | 56 | 59 | 59 | 56 | 3 | 56 | 59 | 0 | 0 | 0 |

Kao što se vidi iz popunjenog formulara redosled proračuna aktivnosti ide po principu rastućih brojeva početnih događaja aktivnosti.

U našem slučaju to je od događaja 0 do 27.

Unošenje podataka vrši se u dva dela. Prvo se popunjavaju direktno iz dijagrama ili matrice kolone broj 1, 2 i 7, a zatim kolone 3 i 4. Kada su popunjene kolone 1, 2, 3, 4 i 7, potrebno je kolonu 8 i 9 popuniti posle sledećih postupaka:

$$t_j^{(1)} = t_j^{(1)} - t_{i-j} \text{ odnosno kolona 8} = \text{kolona 4} - \text{kolona 7.}$$

$$t_j^{(0)} = t_j^{(0)} + t_{i-j} \text{ odnosno kolona 9} = \text{kolona 3} + \text{kolona 7.}$$

Kolona 5 i 6 popunjava se posle proračuna podataka za kolonu 8 i 9. Ukoliko se radi o slučaju da je završni događaj samo za jednu aktivnost, onda se u kolonu 5 prepisuje podatak iz kolone 9, a u koloni 6 iz kolone 8. Ako se proračunava aktivnost čiji je početni ili završni događaj zajednički za više aktivnosti, u tom slučaju se ne unose podaci u kolonu 5 i 6 sve dok se ne proračunaju sve aktivnosti koje imaju zajednički početni i završni događaj. Tek nakon toga upoređuju se vrednosti brojeva u kolonama 8 i 9, a zatim se u kolonu 5 unosi najveća dobijena vrednost iz kolone 9, a u kolonu 6 najmanja vrednost iz kolone 8 za sve aktivnosti koje imaju zajednički završni odnosno početni događaj aktivnosti.

Na kraju se popunjavaju kolone 10, 11 i 12 posle proračuna koji se sastoji iz sledećih postupaka:

$$\text{— kolona 10} = \text{kolona 4} - \text{kolona 3} - \text{kolona 7.}$$

$$\text{— kolona 11} = \text{kolona 5} - \text{kolona 3} - \text{kolona 7.}$$

$$\text{— kolona 12} = \text{kolona 5} - \text{kolona 6} - \text{kolona 7.}$$

Kao što pokazuje mrežni dijagram plana rada komande, veliki broj aktivnosti se odvija paralelno, dok je veoma mali broj onih čije je raspoloživo vreme jednako vremenu trajanja te aktivnosti. Kao primer možemo uzeti aktivnosti koje imaju zajednički početni događaj 3. Od njih 5 samo kod jedne raspoloživo vreme jednako je trajanju te aktivnosti. To je aktivnost 3, 18. Dok druge 4 aktivnosti imaju raspoloživo vreme veće od njihovog trajanja. To znači da imaju vremenske zapore (rezerve). U stvari samo nekritične aktivnosti imaju zapore.

U terminologiji koja je data na početku analize vremena, pominju se 4 vremenske koordinate vezane za trajanje aktivnosti i to: najraniji početak $t_i^{(0)}$, najkasniji završetak $t_j^{(1)}$, najkasniji početak $t_i^{(1)}$, i najraniji završetak $t_j^{(0)}$. Te četiri vremenske koordinate određuju vremenske zapore. Ako jedna aktivnost počinje u najranijem početku, u tom slučaju se njoj prethodna aktivnost mora završiti u najranijem završetku, ili ako je jedna aktivnost završena u najkasnijem završetku, onda naredna aktivnost mora početi u najkasnijem početku.

Vrste zazora

Ukupan vremenski zazor — Us je ono vreme za koje se može produžiti ili odložiti izvršenje jedne nekritične aktivnosti, a da to ne utiče na dalji tok izvršenja projekta.

Ako posmatramo aktivnost na ogranku mreže trećeg sektora u našem mrežnom dijagramu, zapazićemo da su sve aktivnosti nekritične. Njihov ukupan vremenski zazor — za ceo ogranak mreže — jednak je pojedinačnim ukupnim vremenskim zazorima, u stvari, on je jednak kod svih aktivnosti. Tako vidimo iz podataka, unetih u dogadžaj 8, da je najranije vreme početka trajanja aktivnosti 5,8 = 9 časova, a najkasnije 20 časova, ili u dogadžaju 11 najranije vreme početka trajanja aktivnosti 10 časova, a najkasnije 21 i u dogadžaju 14 najranije vreme početka trajanja aktivnosti je 12 časova, a najkasnije je 23 časa. To nam pokazuje da je kod svih ukupan vremenski zazor po 11 časova.

Sređujući vremenske podatke i unoseći ih u formular na strani 27 (tablica 1), zapažamo da ukoliko je ukupni vremenski zazor = 0, u tom slučaju i svi drugi zazor = 0.

Ukupan vremenski zazor $U_s = t_j^{(2)} - t_1^{(0)} - t_{i,j}$, a to je izraženo u formularu na sledeći način:

kolona 10 = kolona 4 — kolona 3 — kolona 7.

Ukupan vremenski zazor je u stvari i prvi pokazatelj da postoji vremenska rezerva, a dalje mogućnosti korišćenja obrađuju se kroz naredne vrste zazora.

Slobodni vremenski zazor — S_s proširuje definiciju ukupnog zazora i postavlja uslov da naredna aktivnost mora da počne u najranijem početku ($t_1^{(0)}$), što podrazumeva najraniji završetak aktivnosti ($t_j^{(0)}$).

Slobodni vremenski zazor se nalazi kod poslednje aktivnosti u ogranku mreže nekritičnih aktivnosti. Na mrežnom dijagramu sl. 15, može se zapaziti da dva ogranka mreže sa nekritičnim aktivnostima (II i III sektor) imaju na krajevima ogranka, tj. kod aktivnosti 19,21 $S_s = 7$ časova, a kod aktivnosti 17,21 $S_s = 11$ časova. Iako je to vreme vezano za jednu aktivnost, ono se može koristiti za sve aktivnosti u ogranku mreže. Potreba za ekonomičnim korišćenjem toga vremena, ne samo za jednu aktivnost, već ravnomerno u ogranku mreže, izražena je saznanjem da ukoliko se utroši na jednoj aktivnosti, ostale aktivnosti postaju kritične. Slobodan vremenski zazor $S_s = \max t_j^{(0)} - t_1^{(0)} - t_{i,j}$ a to je u formularu izraženo:

kolona 11 = kolona 5 — kolona 3 — kolona 7.

Nezavisni vremenski zazor — S_n predstavlja vreme za koje se može produžiti ili odložiti izvršenje jedne nekritične aktivnosti, a da to ne utiče na izvršenje celokupnog projekta, pod uslovom da susedne aktivnosti zauzimaju najpovoljnije vremenske položaje.

To znači da se prethodna aktivnost završi u najkasnijem završetku, a naredna u najranijem početku. Nezavisni zazor može postojati samo pod uslovom ako postoji slobodan vremenski zazor.

Veličina ovog zazora uslovljena je: da može najviše biti jednak slobodnom vremenskom zazoru, a najmanje jednak 0. Ukoliko se računski dobije da je vrednost negativna, onda se računa kao 0.

Sređujući vremenske podatke na našem mrežnom dijagramu zapažamo da nezavisni vremenski zazor prati slobodni vremenski zazor, tako je

on kod aktivnosti 3 — 12 = 1 čas, i kod aktivnosti 3 — 15 = 5 časova. Nezavisni vremenski zazor $S_n = \max t_j^{(0)} - \min t_l^{(1)} - t_{i,j}$. U formularu to je izraženo:

kolona 12 = kolona 5 — kolona 6 — kolona 7.

Analiza vremena po metodi CPM pokazala nam je da u našem projektu kritičan put prolazi kroz ogranak mreže I sektora, zato se mora sa izuzetnom pažnjom pratiti proces na pripremi predloga za plan rada komande u ovom sektoru.

Takođe analiza vremena pokazuje da je slobodni vremenski zazor osetno veći u ogranku mreže III sektora od ogranka mreže II sektora, pa je ekonomisanje sa vremenom potrebno i kod II sektora.

U celini analiza pokazuje da je izrada plana rada komande, kako grafički — preko tehnološkog modela mrežnog dijagrama — tako i matematički korektno postavljena i da obezbeđuje studiozan rad svakog organa ponaosob i komande u celini.

6.0. ANALIZA VREMENA PO METODI PERT

6.1. OSNOVNI POJMOVI

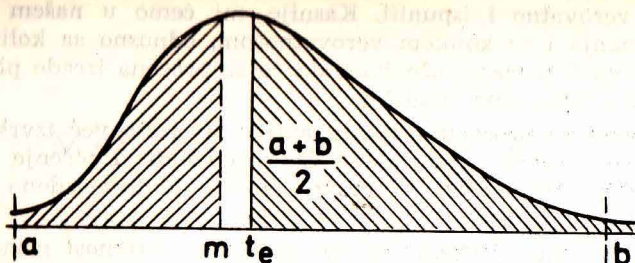
Kao što je već rečeno karakteristika analize vremena po metodi PERT je u tome što vreme trajanja svake aktivnosti treba pomoću matematičke aparature proceniti. Polazi se od pretpostavke da se učestalost trajanja svake aktivnosti ponaša po zakonu (beta raspodele). To je u stvari takva raspodela koja ima karakterističan asimetričan tip, gde se maksimum krive raspodele nalazi levo od medijane. Tri tačke na liniji (beta) raspodele obeleženi su sa:

— »a« — ova tačka raspona krive koja je definisana kao optimističko vreme trajanja, u stvari je najkraće vreme za izvršenje određene aktivnosti. To znači da je to idealizirano vreme po kome bi ta aktivnost tekla bez ikakvih prepreka. Verovatnoća da će se takvo vreme ostvariti je mala;

— »m« — to je najverovatnije vreme izvršavanja aktivnosti. U stvari kada bi se određena aktivnost višekratno ponavljala pod istim uslovima dobili bismo jedno vreme koje se najčešće ponavlja. To je procena vremena koja odgovara normalnim uslovima;

— »b« — to je desna tačka raspona krive, koja je definisana kao pesimističko vreme trajanja. Ono je u stvari najduže vreme potrebno za izvršenje određene aktivnosti. Verovatnoća da će se takvo vreme ostvariti je malo.

Površina pod krivom beta raspodele prikazano je na sl. 17.



Sl. 17

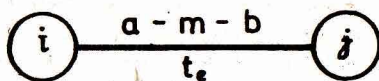
Odnos između ove tri procene vremena jeste sledeći:

$$a \leq m \leq b.$$

Kada su poznate vrednosti a , m , b za svaku aktivnost, dobija se tzv. matematičko očekivano vreme t_e koje se izračunava po obrascu:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}.$$

Upisivanje procene vremena trajanja na mrežnom dijagramu po metodi PERT vrši se na sledeći način:



Sl. 18.

Poznato je da se mora dati ocena reprezentativnosti podataka koje daju mere centralne tendencije — a među kojima su, pored medijane, poznate: aritmetička, geometrijska, harmonijska, srednja vrednost, modus i dr. i tek kada se izračuna varijansa σ^2 , odnosno utvrdi koliko je odstupanje od podataka koji se uzimaju kao reprezentativni, onda se takvim podatkom možemo služiti. U ovom slučaju to je varijansa očekivanog vremena trajanja $\sigma^2_{t_e}$.

Varijansa se izračunava po obrascu:

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2$$

6: 2. PROCENA TRAJANJA AKTIVNOSTI

Primena procene trajanja aktivnosti po metodu PERT u procesu izrade plana rada komande ima veći značaj nego metod CPM. S obzirom da komanda predstavlja jedan stohastički sistem, to planiranje treba da polazi od pretpostavke da će se ono što se postavlja kao cilj planom

rada samo verovatno i ispuniti. Kasnije, mi ćemo u našem projektu doći do saznanja i sa kolikom verovatnoćom, odnosno sa kolikim procentom sigurnosti možemo očekivati da će se procena izrade plana rada odvijati onako kako smo zamislili.

Polazna osnova za procenu trajanja aktivnosti jeste već izvršena analiza strukture procesa izrade plana rada komande. Unošenje podataka vrši se direktno na mrežni dijagram, kao što je to urađeno u našem slučaju sl. 19.

Kao što se vidi na dijagramu sl. 19, za svaku aktivnost iznad strelice uneta su tri vremena trajanja: optimističko — najverovatnije — pesimističko. Takođe je ispod strelice posle proračuna uneto i očekivano t_e vreme za svaku aktivnost.

Posle izračunavanja očekivanog vremena izračunata je varijansa takođe za svaku aktivnost i obeležena ispod završnog događaja aktivnosti. Celokupan proračun t_e i varijanse prikazan je na sledećoj tabeli (str. 33).

6.3. PRORAČUN VREMENA TRAJANJA IZRADE PLANA RADA KOMANDE

Pošto je izračunato vreme trajanja svake aktivnosti, može se prići izračunavanju najranijeg i najkasnijeg vremena svakog događaja u mrežnom dijagramu. Postupak je istovetan kao i kod metode kritičnog puta. Radi jednostavnijeg obračunavanja trajanje aktivnosti (t_e) u našem primeru poklapa se sa vremenom trajanja metodom CPM. Otuda i rezultat najranijeg i najkasnijeg zbijanja događaja, a samim tim i kritičan put je istovetan. To znači da vreme završetka izrade plana rada treba očekivati da bude u 59. vremenskoj jedinici (času).

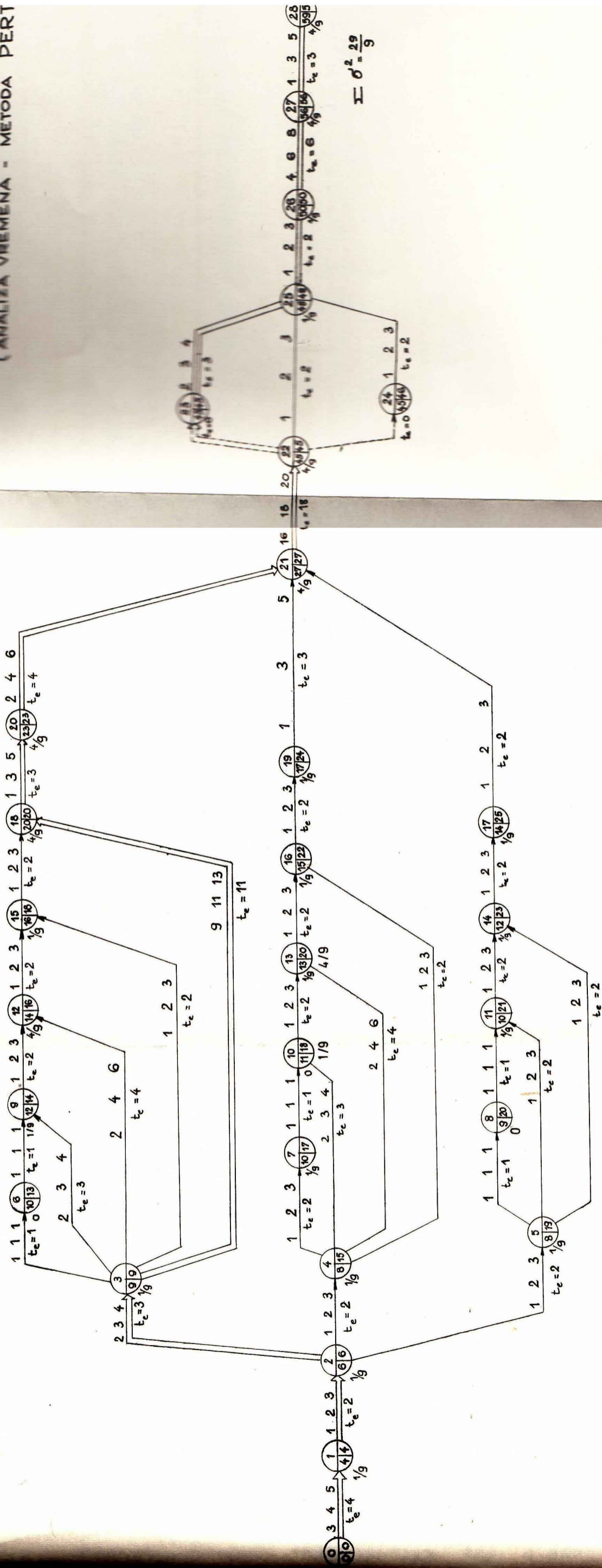
6. 4. PRORAČUN VEROVATNOĆE IZVRŠENJA POJEDINIH DOGAĐAJA

Metod PERT omogućava da se izvrši proračun verovatnoće kada će se koji događaj izvršiti.

Postupak izračunavanja verovatnoće uslovljen je pored ostalog, vrednostima varijansi. Zato se prvenstveno mora izračunati kumulirana vrednost varijansi za svaki događaj — po istom principu — kako bi se dobilo najranije vreme zbijanja događaja. Tako, na primer, ako želimo da saznamo kolika je kumulirana varijansa (σ^2) za događaj 18, moramo ići istim putem kojim smo dobili najranije vreme zbijanja događaja 18. Varijanse događaja na tom putu su sledeće: $1/9 (0,1) + 1/9 (0,1) + 1/9 (0,1) + 4/9 (0,44) = 7/9 (0,77)$. Ili suma varijansi za ceo projekat plana rada komande iznosi (po kritičnom putu) $29/9 (3,22)$. Kada se došlo do podataka koliki je zbir varijansi za pojedini događaj, treba prići izračunavanju faktora verovatnoće Z — pomoću formule

$$Z = \frac{T_p - T_1^{(0)}}{\sqrt{\sum \sigma^2}}$$

MREŽNI DIJAGRAM ZA IZRAD
 PLANA RADA KOMANDE
 (ANALIZA VREMENA - METODA PERT)



$\Sigma \sigma^2 = \frac{29}{9}$

Preko faktora verovatnoće dobijamo podatak koji kroz dalju obradu možemo koristiti radi izračunavanja sa kolikim procentom sigurnosti očekujemo da će se odigrati određeni događaj. Gustina verovatnoće se dobija preko zakona normalne razdeobe prikazane na sl. 20.

AKTIVNOST **VREME TRAJANJA AKTIVNOSTI**

| Kod | Opis aktivnosti | a | m | b | t _e | Varijan. aktivn. |
|-------|---|----|----|----|----------------|------------------|
| 0—1 | Proučavanje zadataka pretpostav, komande i stanja svojih jed. | 3 | 4 | 5 | 4 | 1/9 |
| 1—2 | Komandant daje smernice za plan rada, komande | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 2—3 | Razrada zadataka za I sektor | 2 | 3 | 4 | 3 | 1/9 |
| 2—4 | Razrada zadataka za II sektor | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 2—5 | Razrada zadataka za III sektor | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 3—6 | Izrada predloga za plan rada referenta | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 3—9 | " " 2 A | 2 | 3 | 4 | 3 | 1/9 |
| 3—12 | " " 3 A | 2 | 4 | 6 | 4 | 4/9 |
| 3—15 | " " 4 A | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 3—18 | " " 5 A | 9 | 11 | 13 | 11 | 4/9 |
| 4—7 | " " 1 B | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 4—10 | " " 2 B | 2 | 3 | 4 | 3 | 1/9 |
| 4—13 | " " 3 B | 2 | 4 | 6 | 4 | 4/9 |
| 4—16 | " " 4 B | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 5—8 | " " 1 C | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 5—11 | " " 2 C | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 5—14 | " " 3 C | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 6—9 | Referis. predloga za plan rada komande referenata | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 9—12 | " " 1 A | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 12—15 | " " 2 A | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 15—18 | " " 3 A | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 18—20 | " " 4 A | 1 | 3 | 5 | 3 | 4/9 |
| 7—10 | " " 1 B | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 10—13 | " " 2 B | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 13—16 | " " 3 B | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 16—19 | " " 4 B | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 8—11 | " " 1 C | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 11—14 | " " 2 C | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 14—17 | " " 3 C | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 20—21 | Sređivanje predloga za plan rada komande org. I sekt. i predaja kord. grupi | 2 | 4 | 6 | 4 | 4/9 |
| 19—21 | " II sekt. " " | 1 | 3 | 5 | 3 | 4/9 |
| 17—21 | " III sekt. " " | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 21—22 | Rad kord. grupe na varijansama predloga rešenja za plan rada komande | 16 | 18 | 20 | 18 | 4/9 |
| 23—25 | Revizija predloga kord. grupe U I sektoru | 2 | 3 | 4 | 3 | 1/9 |
| 22—25 | " II sek. " " | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 24—25 | " III sek. " " | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 25—26 | Usvajanje predloga kord. grupe | 1 | 2 | 3 | 2 | 1/9 |
| 26—27 | Izrada izvoda iz plana rada komande | 4 | 6 | 8 | 6 | 4/9 |
| 27—28 | Umnožavanje izvoda iz plana rada i uručivanje | 1 | 3 | 5 | 3 | 4/9 |

Koristeći formulu za faktor verovatnoće, kao i zakon normalne razdeobe, mi možemo, na primer, da izračunamo sa kolikim procentom sigurnosti očekujemo da će se zbiti događaj 18 u 20. vremenskoj jedinici. Zamenimo simbole iz formule sa realnim brojevima i dobijamo:

$$Z = \frac{20 - 20}{\sqrt{\frac{7}{9}}} = \frac{0}{\sqrt{\frac{7}{9}}} = 0$$

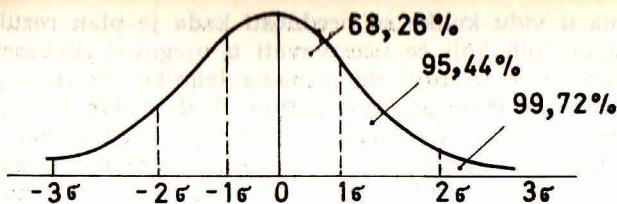
Kada smo dobili faktor verovatnoće — u ovom slučaju 0, onda pročitamo iz tablice vrednosti standardne normalne funkcije razdeobe koja glasi:

TABLICA VREDNOSTI STANDARDNE
NORMALNE FUNKCIJE RASPODELE

| Z | O | Z | O |
|-----|--------|------|--------|
| 0.0 | 0.5000 | —3. | 0.0013 |
| 0.1 | 0.5398 | —2.9 | 0.0019 |
| 0.2 | 0.5793 | —2.8 | 0.0026 |
| 0.3 | 0.6179 | —2.7 | 0.0035 |
| 0.4 | 0.6554 | —2.6 | 0.0047 |
| 0.5 | 0.6915 | —2.5 | 0.0062 |
| 0.6 | 0.7257 | —2.4 | 0.0082 |
| 0.7 | 0.7580 | —2.3 | 0.0107 |
| 0.8 | 0.7881 | —2.2 | 0.0139 |
| 0.9 | 0.8159 | —2.1 | 0.0179 |
| 1.0 | 0.8413 | —2.0 | 0.0228 |
| 1.1 | 0.8643 | —1.9 | 0.0287 |
| 1.2 | 0.8849 | —1.8 | 0.0359 |
| 1.3 | 0.9032 | —1.7 | 0.0446 |
| 1.4 | 0.9192 | —1.6 | 0.0548 |
| 1.5 | 0.9332 | —1.5 | 0.0668 |
| 1.6 | 0.9452 | —1.4 | 0.0808 |
| 1.7 | 0.9554 | —1.3 | 0.0968 |
| 1.8 | 0.9641 | —1.2 | 0.1151 |
| 1.9 | 0.9713 | —1.1 | 0.1357 |
| 2.0 | 0.9772 | —1.0 | 0.1587 |
| 2.1 | 0.9821 | —0.9 | 0.1841 |
| 2.2 | 0.9861 | —0.8 | 0.2119 |
| 2.3 | 0.9893 | —0.7 | 0.2420 |
| 2.4 | 0.9918 | —0.6 | 0.2743 |
| 2.5 | 0.9938 | —0.5 | 0.3085 |
| 2.6 | 0.9953 | —0.4 | 0.3446 |
| 2.7 | 0.9965 | —0.3 | 0.3821 |
| 2.8 | 0.9974 | —0.2 | 0.4277 |
| 2.9 | 0.9981 | —0.1 | 0.4602 |
| 3. | 0.9987 | —0.0 | 0.5000 |

Da $Z = 0$ odgovara vrednosti 0,5000, što znači da je verovatnoća zbijanja događaja 18 50%.

Ili ako uzmemo, na primer, događaj 15, gde je vreme zbijanja najranijeg događaja 16 časova, a najkasnije 18 časova i zamenimo simbole za izračunavanje faktora verovatnoće sa realnim brojevima, dobijamo da je



Sl. 20

$$Z = \frac{18 - 16}{\sqrt{\frac{9}{9}}} = 2$$

Zatim pročitamo vrednost iz tablice vrednosti standardne normalne funkcije raspodele (str. 34) i vidimo $Z = 2 = 97,72\%$ sigurnosti.

6. 5. PRORAČUN VEROVATNOĆE IZRADE PLANA RADA KOMANDE

Na istom principu kako je već objašnjen način izračunavanja faktora verovatnoće za događaj 15 i 18, izračunavamo i faktor verovatnoće za događaj 28, koji je završni događaj našeg projekta.

Kada zamenimo simbole sa realnim brojevima, dobijamo da je

$$Z = \frac{59 - 59}{\sqrt{\frac{29}{9}}} = 0$$

I kao što je već objašnjeno, kada je $Z = 0$, smatra se da se za taj događaj može računati da će se izvršiti sa 50% sigurnosti. U stvari svi događaji koji se nalaze na kritičnom putu imaju vrednost sigurnosti 50% . Usvojeno je gledanje da je verovatnoća do 25% veliki rizik. Između 25% i 60% verovatnoće u našem projektu to je normalan rizik sa kojim se može računati izvršenje planiranog procesa izrade plana rada komande.

Interesantno je uočiti kako se taj procenat verovatnoće (sigurnosti — rizika) povećava, odnosno smanjuje ukoliko rok izrade projekta bude, na primer, umesto 59 časova 64, verovatnoća se povećava na $96,33\%$ ili ako se rok smanji na 55 časova, verovatnoća je da će se plan izvršiti svega $0,13\%$.

6. 6. ZAKLJUČAK:

Može se steći utisak da je proces na izradi plana rada komande uz korišćenje gantograma i mrežne tehnike suviše uslovljen. Treba imati u vidu da je veličina prostora u ovom radu određena metodološkim prilazom, tj. izvršen je pokušaj da se prikaže redosled rada u analizi strukture i analizi vremena (CPM — PERT) na konkretnom projektu — izrada plana rada komande.

Kada se ima u vidu kolike su prednosti kada je plan rezultat studioznog rada svih onih koji će učestvovati u njegovoj realizaciji, onda se sa sigurnošću može utvrditi da primena tehnike mrežnog planiranja i drugih metoda zaslužuje posebnu pažnju. Realan plan rada povećava sigurnost svakog člana kolektiva u izvršenje predviđenog, a to opet povećava kreativne sposobnosti za još veća stvaranja u narednom periodu. U vreme kada se ulažu posebni naponi da se vrednuje rad ljudi egzaktnim merilima da bi nagrađivanje prema radu dobilo svoju suštinsku primenu, tehnika mrežnog planiranja sigurno je jedna od važnih karika na tom putu.

POJMOVNIK

TERMINA KOJI SE UPOTREBLJAVAJU U TEHNICI MREŽNOG PLANIRANJA

S obzirom na to što je veoma dug spisak literature koja tretira tehniku mrežnog planiranja na svetskim jezicima jedna grupa stručnjaka u našoj zemlji¹ prevela je i prilagodila termine duhu našeg jezika. Da bi se lakše mogla koristiti strana literatura dati su nazivi termina na ruskom, engleskom i nemačkom jeziku.

TEHNIKA MREŽNOG PLANIRANJA (TMP)

Usvojen je termin planiranja, mada je to u suštini metoda upravljanja procesima koji se izvršavaju u toku realizacije nekog projekta, zadatka, zamisli i sl. Za realizaciju svakog zadatka mora da postoji jasna koncepcija, da bi se ona mogla sprovesti, menjati, korigovati i sl., da postoji funkcija koja vodi računa o koncepciji i ona se naziva upravljanje. Jedna od metoda upravljanja, u i inače bogatom asortimanu metoda i tehnika koje nose zajednički naziv nova tehnologija upravljanja, nalazi se tehnika mrežnog planiranja.

Teorijske osnove na kojima počiva TMP su: moderna algebra, teorija grafova, teorija verovatnoće i matematička statistika.

R. СИСТЕМЫ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

E. NETWORK TECHNIQUE (PERT, CPM)

N. NETZIPLANTECHNIK.

ПРОЕКТ (P)

Projekt je pojam za skup organizacionih, tehničkih, ekonomskih, vojnih, naučnih i drugih mera usmerenih za postizanje određenog cilja.

R. КОМПЛЕКС ОПЕРАЦИЙ

E. PROJECT

N. PROJEKT.

¹ Među stručnjacima koji su radili na prevodu terminologije ističu se: H. Jaeger, J. Petrić, B. Marković, M. Sindić, Z. Saletić, A. Đerki, D. Bošković, A. Pavičević, M. Stanojević, R. Tucaković, S. Stamatović, P. Bojević, M. Sekulić, D. Stefanović, M. Martinović i dr.

MREŽNI DIJAGRAM (MD)

Mrežni dijagram je specijalni oblik grafičkog prikazivanja tehnološke strukture u obliku mreže sastavljen iz krugova i povezanih strelicama. Konstrukcija mrežnog dijagrama vrši se po utvrđenim pravilima.

R. СЕТОВОИ ГРАФИК (СЕТОФОЯ МОДЕЛЬ)
E. NETWORK (ARROW DIAGRAMS)
N. NETZPLAN (NETZWERK)

AKTIVNOST (i-j)

Aktivnost predstavlja deo projekta kojim je tačno određen elemenat radnog procesa u okviru projekta, koji zahteva utrošak vremena radne snage i resursa, ili samo utrošak vremena ako je u pitanju čekanje.

R. РАБОТА
E. ACTIVITY (JOB)
N. TÄTIGKEIT (AKTIVITÄT)

PRIVIDNA AKTIVNOST (FIKTIVNA AKTIVNOST)

Veza između dva događaja koja održava tehnološku zavisnost početka i završetka jedne ili više aktivnosti ne troši vreme i naziva se prividna aktivnost.

R. ЗАВИСИМОСТЬ, ФИКТИВНАЯ РАБОТА
E. DUMMY ACTIVITY, FICTION ACTIVITY
N. SCHEINTÄTIGKEIT

TRAJANJE AKTIVNOSTI (ti—j)

Vreme koje je potrebno za izvršavanje određene aktivnosti naziva se trajanje aktivnosti. Ako se radi o determinističkim metodama, kao što je CPM, vreme je utvrđeno raznim standardima i sl., dok se kod stohastičkih metoda dobija očekivano vreme (matematičko očekivanje) na osnovu procene.

R. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ
E. ACTIVITY DURATION, ACTIVITY TIME
N. TÄTIGKEITSDAUER.

DOGAĐAJ (i, j)

Događaj predstavlja trenutno stanje do koga se dolazi izvršavanjem jedne ili više prethodnih aktivnosti. On je, u stvari, vremenski trenutak početka ili završetka jedne ili više aktivnosti. Događaj predstavlja stanje i ne zahteva utrošak ni vremena ni resursa. U slučaju kada je određen vremenski termin kao koordinate vremena tada događaj predstavlja rok.

U odnosu na aktivnosti događaj može biti:

1. početni događaj aktivnosti, to je u stvari trenutak u kome počinje data aktivnost;
2. završni događaj aktivnosti je trenutak u kome se završava data aktivnost.

R. СОБЫТИЕ
E. EVENT
N. EREIGNIS.

ПОЧЕТНИ DOGAĐAJ PROJEKTA (0 ili 1)

Događaj koji predstavlja početno stanje izvršenja prve (prvih aktivnosti) u projektu naziva se početni događaj projekta.

R. ИСХОДНОЕ СОБЫТИЕ, НАЧАЛЬНОЕ СОБЫТИЕ
E. ORIGIN, BEGINNING EVENT, INITIAL, EVENT
N. STARTEREIGNIS DES NETZPLAN.

ZAVRŠNI DOGAĐAJ PROJEKTA (n)

Događaj koji predstavlja završno stanje projekta odnosno završetak posljednje ili posljednjih aktivnosti u projektu naziva se završni događaj projekta.

R. ЗАВЕРШАЮЩЕЕ СОБЫТИЕ, КОНЕЧНОЕ СОБЫТИЕ
E. OBJECTIVE EVENT
N. SCHLUSSEREIGNIS DES NETZPLAN.

ПОЧЕТНИ DOGAĐAJ АКТИВНОСТИ (i)

Početni događaj aktivnosti to je vremenska tačka u projektu kada može da počne naredna aktivnost.

R. НАЧАЛЬНОЕ СОБЫТИЕ РАБОТЫ
E. BEGINNING NODE (POINT)
N. ANFANGSEREIGNIS DER TATIGKEIT.

ZAVRŠNI DOGAĐAJ АКТИВНОСТИ (j)

Završni događaj aktivnosti predstavlja vremensku tačku koja je uslovljena završetkom prethodne aktivnosti.

R. КОНЕЧНОЕ СОБЫТИЕ РАБОТЫ
E. ENDNODE (ENDPOINT)
N. ENDEREIGNIS DER TATIGKEIT.

NAJRANJI POČETAK АКТИВНОСТИ ($t_i^{(0)}$)

Najraniji početak aktivnosti predstavlja vremensku tačku kada jedna aktivnost može najranije početi.

R. РАННИЙ СРОК НАЧАЛА РАБОТЫ
E. EARLIEST ACTIVITY START TIME
N. FRUNESTER ANFANGSZEITPUNKT (BEGINN) DER TATIGKEIT (AKTIVITAT).

NAJRANJI ZAVRŠETAK АКТИВНОСТИ ($t_j^{(0)}$)

Najraniji završetak aktivnosti predstavlja vremensku tačku kada se jedna aktivnost može najranije završiti. Ona, u stvari, predstavlja zbir vremena najranijeg početka i trajanja određene aktivnosti.

R. РАННИЙ СРОК ОКОНЧАНИЯ РАБОТЫ

E. EARLIEST ACTIVITY FINISH TIME

N. FRUHESTER ENDZEITPUNKT (ENDE) DER TATIGKEIT (AKTIVITAT).

NAJKASNIJI POČETAK AKTIVNOSTI ($t_i^{(1)}$)

Najkasniji početak aktivnosti predstavlja vremensku tačku u kojoj najkasnije mora početi određena aktivnost. U slučaju da aktivnost počne kasnije dolazi do zakašnjenja izvršenja sledećih aktivnosti. Ona predstavlja razliku između najkasnijeg završetka i vremena trajanja određene aktivnosti.

R. ПОЗДНИЙ СРОК НАЧАЛА РАБОТЫ

E. LATEST ACTIVITY START TIME

N. SPÄTESTER ANFANGSZEITPUNKT (BEGINN) DER TÄTIGKEIT (AKTIVITÄT).

NAJKASNIJI ZAVRŠETAK AKTIVNOSTI ($t_i^{(1)}$)

Najkasniji završetak aktivnosti predstavlja vremensku tačku u kojoj se najkasnije mora završiti jedna aktivnost. U slučaju prekoračenja ove tačke dolazi do zakašnjenja roka projekta. Ono predstavlja razliku između završetka roka projekta i zbira trajanja narednih aktivnosti u odnosu na posmatranu aktivnost.

R. ПОЗДНИЙ СРОК ОКОНЧАНИЯ РАБОТЫ

E. LATEST ACTIVITY FINISH TIME

N. SPÄTESTER ENDZEITPUNKT (ENDE) DER TÄTIGKEIT (AKTIVITÄT).

NAJRANIJE VREME ODIGRAVANJA DOGAĐAJA ($T_i^{(0)}$)

Najranije vreme odigravanja događaja je vremenska tačka koja je uslovljena izvršenjem prethodne (prethodnih aktivnosti). Jednako je najranijem završetku prethodne aktivnosti odnosno u slučaju da postoje dve ili više prethodnih aktivnosti ukoliko se završavaju u istom događaju, onda je jednaka najranijem završetku one prethodne aktivnosti koja ima najveću vremensku koordinatu.

R. РАННИЙ СРОК СВЕРШЕНИЯ СОБЫТИЯ

E. EARLIEST EVENT OCCURENCE TIME

N. FRUNESTER ANFANGSZEITRUNKT.

NAJKASNIJE VREME ODIGRAVANJA DOGAĐAJA ($T_i^{(1)}$)

Najkasnije vreme odigravanja događaja predstavlja vremensku tačku do koje se najkasnije mora odigrati jedan događaj, pri čemu završni rok projekta ostaje

nepromenjen. To vreme je jednako najkasnijem početku naredne aktivnosti, odnosno ako postoje dve ili više narednih aktivnosti koje počinju tim događajem, onda je jednaka najkasnijem početku naredne aktivnosti sa najmanjom vremenskom koordinatom.

R. ПОЗДНЫЙ СРОК СВЕРШЕНИЯ СОБЫТИЯ

E. LATEST ALLOWABLE EVENT OCCURENCE TIME. LATEST EVENT COMPLETION TIME

N. SPATESTER ENDZEITPUNKT.

ОСЕКIVANO VREME (t_e)

Očekivano vreme po metodi PERT je vremenska procena koja se dobija na osnovu formule $\left(t_e = \frac{a + 4m + b}{6} \right)$ i kao takvo služi za proračun aktivnosti u mrežnom dijagramu.

R. ОЖИДАНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОЖИДАНИЕ ВРЕМЕНИ ВИПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

E. EXPRECTED TIME, ACTIVITY DURATION

N. MITTLERE ERWARTETE ZEIT.

KRITIČNA AKTIVNOST

Kritična aktivnost je ona aktivnost čije je trajanje jednako raspoloživim vremenom, tj. vremenu na osnovu koga se određuje najkraće vreme izvršenja projekta.

R. КРИТИЧЕСКАЯ РАБОТА

E. CRITICAL ACTIVITY (JOB)

N. KRITISCHE TATIGKEIT.

НЕКРИТИČНА АКТИВНОСТ

Nekritična aktivnost je ona aktivnost čije je trajanje kraće od raspoloživog vremena.

R. НЕКРИТИЧЕСКАЯ РАБОТА

E. NON-CRITICAL ACTIVITY

N. UNKRITISCHE TATIGKEIT.

KRITIČAN PUT

Kritičan put to je onaj niz tehnoloških uslovljenih aktivnosti kroz mrežni dijagram čiji zbir trajanja predstavlja najduže potrebno vreme za istraživanje projekta. Takvih puteva u mrežnom dijagramu može biti jedan ili više.

R. КРИТИЧЕСКИЙ ПУТЬ

E. CRITICAL PATH

N. KRITISCHE WEG.

ODREĐENI MEĐUROK

Određeni međurok to je jedan od događaja — vremenski tačno definisan datum i čas — u mrežnom dijagramu koji predstavlja kraj jednog dela projekta ili početak naredne etape u projektu.

R. ГРАНИЧНОЕ СОБЫТИЕ

E. MILESTONE

N. MEILENSTEIN.

UKUPNA VREMENSKA REZERVA (U)

Ukupna vremenska rezerva predstavlja vreme za koje se može produžiti — odgoditi izvršenje jedne nekritične aktivnosti bez posledica na izvršenje projekta. Ta ukupna vremenska rezerva jednaka je razlici između najkasnijeg završetka aktivnosti i najranijeg početka njenog trajanja. Ova rezerva je samo kod nekritičnih aktivnosti.

R. ПОЛНЫЙ РЕЗЕРВ ВРЕМЕНИ

E. TOTAL SLACK, TOTAL FLOAT

N. GESAMT SCHLUPF (PUFFERZEIT, ZWISCHEZEIT).

SLOBODNA VREMENSKA REZERVA (S_i)

Slobodna vremenska rezerva to je ono vreme za koje se može produžiti izvršenje nekih nekritičnih aktivnosti bez posledica na dalji tok projekta, pod uslovom da naredna aktivnost (aktivnosti) počne u svom najranijem početku. U stvari, S_i jednaka je razlici između najranijeg vremena odigravanja završnog događaja i najranijeg početka aktivnosti. S_i može biti jednaka ukupnoj vremenskoj rezervi. Ona se može koristiti na bilo kojoj nekritičnoj aktivnosti u okviru jednog nekritičnog ogranka u mreži.

R. СВОБОДНЫЙ РЕЗЕРВ ВРЕМЕНИ

E. FREE SLACK, FREE FLOAT

N. FREIE SCHLUPF (PUFFERZEIT, ZWISCHENZEIT).

NEZAVISNA VREMENSKA REZERVA (S_n)

Nezavisna vremenska rezerva predstavlja vreme za koje se može produžiti ili odložiti izvršenje neke nekritične aktivnosti pod uslovom da sve susedne aktivnosti zauzimaju najpovoljnije vremenske položaje, tj. prethodne da se izvršavaju u najkasnijem završetku, a naredne da počinju u najranijem početku. I ova vremenska rezerva vezana je za nekritične aktivnosti u stvari prethodno mora da postoji kao slobodna vremenska rezerva.

R. НЕЗАВИСИМЫЙ РЕЗЕРВ ВРЕМЕНИ

E. INDEPENDENT SLACK (FLOAT)

N. UNABHÄNGIG SCHLUPF (PUFFERZEIT, ZWISCHENZEIT).

UKUPNO TRAJANJE PROJEKTA

Ukupno vreme koje je potrebno za realizaciju projekta, mereno po vremenu trajanja kritičnih aktivnosti kroz mrežni dijagram, naziva se ukupno trajanje projekta.

R. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКСА ОПЕРАЦИИ
E. TOTAL PROJECT TIME
N. PROJEKTDAUER.

NAJVEROVATNIJE VREME (m)

Najverovatnije vreme predstavlja procenjeno trajanje aktivnosti po metodi PERT kada bi postojali normalni uslovi njenog izvršenja.

R. НАИВОЛЕЕ ВЕРОЯТНАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ
E. MOST LIKELY TIME
N. WAHROSCHIENLICHSTE ZEIT.

OPTIMISTIČKO VREME (a)

Optimističko vreme predstavlja najkraće procenjeno vreme trajanja jedne aktivnosti, što podrazumeva da su najpovoljnije okolnosti u toku njenog izvršenja.

R. МИНИМАЛЬНАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ
E. OPTIMISTIC TIME
N. OPTIMISTISCHE ZEIT.

PESIMISTIČKO VREME (b)

Pesimističko vreme predstavlja najduže procenjeno vreme za koje se može izvršiti jedna aktivnost pod najtežim uslovima (isključujući višu silu).

R. МАКСИМАЛЬНАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ
E. PESSIMISTIC TIME
N. PESSIMISTISCHE ZEIT.

VARIJANSA (σ^2) (okvadraceno grčko slovo sigma)

Varijansa je mera varijacija (odstupanje — devijacije) u statističkoj seriji koja se dobija na sledeći način:

- pronade se sredina (prosek) serije;
- izmeri se odstupanjem (d) svake veličine u seriji ponaosob od sredine proseka;
- izmereno odstupanje podiže se na kvadrat (d^2) i na kraju od sume tih okvadracених iznosa pronade se prosek tih odstupanja (podelom sa brojem tih odstupanja — m)

$$\sigma^2 = \frac{\sum d^2}{m}$$

R. ДИСПЕРСИЯ
E. VARIANCE
N. VARIANZ (STREUERUNG).

STANDARDNA DEVIJACIJA (σ) (neokvadraceno grčko slovo sigma).

Standardna devijacija je prava mera odstupanja (disperzije) u statičkoj seriji a koja se dobija posle izračunate varijanse na taj način što se iz vrednosti varijanse izvuče kvadratni koren

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{m}}$$

R. ПАССЕЙВАНИЕ

E. STANDARD DEVIATION

N. STANDARDABWEICHUNG.

VEROVATNOĆA

Pod pojmom verovatnoća podrazumeva se označavanje onih događaja koji nisu potpuno sigurni da će se dogoditi ili se neće dogoditi. Neki se od tih događaja mogu izraziti u brojevima, dok se neki ne mogu dati u numeričkom obliku. Verovatnoćama koje se mogu izraziti u broju bavi se grana matematike — teorija verovatnoće. Po toj teoriji pojam verovatnoće se predstavlja kao mera slučaja koja se određuje odnosom između broja povoljnih i ukupnog broja svih podjednako mogućih slučajeva. Otuda i definicija verovatnoće glasi: ako se jedan događaj može desiti na X međusobno različitih načina i ako postoji Y načina da se neće dogoditi verovatnoća nastupanja događaja je

$$p = \frac{X}{X+Y} = \frac{X}{N}$$

uz pretpostavku da je svaki od načina podjednako mogućan i da se oni međusobno isključuju.

R. ВЕРОЯТНОСТЬ

E. PROBABILITY

N. WAHRSCHNEILICHKEIT