

Računanje trajanja projekta CPM i PERT metodama

Vukoša, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:642810>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-22**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekonomiju
Preddiplomski sveučilišni studij menadžmenta



Luka Vukoša

**Računanje trajanja projekta CPM i PERT
metodama**

Završni rad

Zadar, 2016.

Sveučilište u Zadru
Odjel za ekonomiju
Preddiplomski sveučilišni studij menadžmenta

Računanje trajanja projekta CPM i PERT metodama

Završni rad

Student/ica:
Luka Vukoša

Mentor/ica:
Mag.math. Josipa Perkov

Zadar, 2016.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Luka Vukoša**, ovime izjavljujem da je moj **završni** rad pod naslovom **Računanje trajanja projekta CPM i PERT metoda** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 1. srpanj 2016.

SADRŽAJ

Uvod	1
1. Projekti i projektno planiranje	3
1.1. Definicija projekta	4
1.2. Projektno planiranje	4
1.3. Mrežno planiranje	6
1.3.1. Analiza strukture mrežnog plana.....	7
1.3.2. Analiza vremena mrežnog plana	8
1.3.3. Analiza raspoređivanja resursa	9
1.3.4. Analiza troškova	9
1.3.5. Tehnike mrežnog planiranja.....	10
1.3.6. Povijesni razvoj tehnika mrežnog planiranja.....	11
1.3.7. Izvedene verzije tehnika mrežnog planiranja.....	12
1.4. Gantogram.....	13
2. CPM metoda	15
2.1. Osnovni pojmovi i značenje.....	16
2.2. Izračun aktivnosti po vremenskim parametrima	17
2.3. Vremenske rezerve.....	18
2.4. Kritični put	20
2.5. Uporaba mrežnog dijagrama	21
3. PERT metoda	23
3.1. Analiza mreže po PERT metodi.....	23
3.2. Analiza vremena po tehnici PERT	24
3.3. Očekivanja vremenske rezerve i vjerojatnost nastupa događaja.....	27
3.4. Analiza troškova	29
4. Analiza projekta CPM i PERT metodama na primjeru projekta Foster Children Rights	34
4.1. Općenito o projektu	34
4.2. Analiza projektnih aktivnosti	34
4.3. Mrežni dijagram projekta	36
4.4. Određivanje trajanja projekta CPM metodom.....	37
4.5. Određivanje trajanja projekta tehnikom PERT.....	40
5. Rasprava	45

6. Zaključak.....	46
7. Literatura.....	48
8. Calculating the project duration using the CPM and PERT methods	52
9. Prilozi	53

Sažetak:

Radi potrebe kontroliranja i nadgledanja velikih projekata s ogromnim brojem aktivnosti, došlo je do potrebe za osmišljavanjem sustava pomoću kojih će se izvoditi takvi projekti. S obzirom na navedenu problematiku, prepoznata je važnost korištenja ovakvih sustava, te su od osnovne metode kritičnog puta i tehnike za procjenu i reviziju programa, nastale brojne izvedene verzije, ovisno o specifikacijama područja u kojem se primjenjuju. Danas se tehnika mrežnog planiranja uspješno se rabi u mnogim područjima poslovanja poduzeća: razvoju, istraživanju, proizvodnji, programiranju, analizi, organizaciji, savjetovanju itd. Svi bitniji projekti planirani su uz pomoć dvije najzastupljenije metode, odnosno CPM i PERT. Osim navedenih, jako zastupljena tehnika je Gantogram, koja služi za jednostavnije projekte. CPM i PERT metode prikazane su u ovom radu, na projektu Foster Children Rights koji se provodi na području Zadarske županije. Glavna bit CPM metode se sastoji u identificiranju kritičnog puta, iz razloga što taj put sadrži informacije o tome koliko je vremena potrebno da se završi projekt. PERT metoda se koristi u slučajevima kada ne možemo sa sigurnošću reći koliko će biti trajanje, odnosno troškovi pojedinih aktivnosti u projektu. Najznačajnija razlika u analizi između metode CPM i PERT je što PERT uzima u obzir nesigurnost u procjeni vremena.

Ključne riječi: projekt, projektno planiranje, mrežno planiranje, gantogram, metoda kritičnog puta, tehnika procjene i revizije programa

Uvod

Projekti postoje otkad je čovječanstva. U tim davnim vremenima vjerojatno se nisu nazivali projektima, ali oni su oduvijek bili vremenski ograničeni procesi uz pomoć kojih se stvaralo nešto novo. U povijesti, najveća postignuća ostvarila su se projektima, odnosno obavljani su zadatci u navedenom vremenskom razdoblju što je rezultiralo zacrtanim ciljem. Da bi ti zadatci bili vremenski ispunjeni potrebno je izračunati vremenski period trajanja projekta. Najučestalije i najpoznatije tehnike odnosno metode za to su CPM i PERT metode.

Svrha istraživanja je budućim korisnicima pojasniti pojam projekta, projektnog planiranja te metoda koje obuhvaćaju navedeno planiranje. Cilj istraživanja je dati iscrpan pregled literature koja obrađuje problematiku planiranja projekta i procjenjivanje trajanja projekta s posebnim osvrtom na CPM metodu i PERT metodu kao dvije najzastupljenije tehnike u planiranju.

Istraživačka pitanja koja će obuhvatiti ovaj rad su ispitivanje učestalosti uporabe projektnog planiranja, važnost mrežnog planiranja, prednosti i nedostaci metode kritičnog puta te prednosti i nedostaci tehnike procjene i revizije projekta. Rezultat koji se očekuje od ovog rada jest detaljan opis obje metode kao i detaljan opis problematike planiranja. U ovom radu će nakon detaljne analize i sinteze biti jasno navedene sve prednosti i nedostaci svake od metoda. Isto tako na konkretnom primjeru primijenjene su navedene metode, preciznije na projektu FOSTER CHILDREN RIGHTS – Promicanja prava male djece, projekt je Europske unije iz programa IPA 2012, koji provode Udruga Društvo „Naša djeca“ Zadar, Grad Zadar, Zadarska županija, Agencija za razvoj Zadarske županije, Caritas Zadarske nadbiskupije, Volonterski centar i Udruga Maraške. Projekt je započeo u studenom 2015, s planiranim trajanjem od 18 mjeseci. Glavni cilj projekta je osigurati učinkovitu provedbu standarda EU u provedbi prava male djece s teškoćama u razvoju i njihovih obitelji u Zadarskoj županiji.

Rad je podijeljen na uvod te ostala četiri poglavlja. Nakon uvoda, prvo poglavlje pod nazivom Projekti i projektno planiranje, daje sustavan pregled teorijskog znanstvenog okvira za projektno i mrežno planiranje. Drugo poglavlje naziva se CPM metoda. Poglavlje će dati teorijski okvir metode, prikazati i objasniti analizu puta, te objasniti upotrebu mrežnog dijagrama, te će dati uvid u prednosti i nedostatke metode. Treće poglavlje pod nazivom PERT metoda, teorijski definira samu metodu, te daje uvid u njenu analizu. Također će se

odrediti i prednosti i nedostaci metode. Četvrto poglavlje pod nazivom Analiza projekta CPM i PERT metodom na primjeru projekta FOSTER CHILDREN RIGHTS, koristi primjer iz prakse za analizu CPM i PERT metode. Zadnji dio rada je Zaključak, koji će dati odgovore na postavljena pitanja, s jasno definiranim prednostima i nedostacima svake od metoda.

Metode istraživanja koje će se koristiti u radu su metoda kompilacije, CPM i PERT metoda, te metoda sinteze.

1. Projekti i projektno planiranje

Projekt i projektno planiranje u praksi imaju različita značenja što proizlazi iz njihove upotrebe u različitim područjima. Projekti odnosno njihovo planiranje javlja se u ekonomskim, arhitektonskim, građevinskim te strojarskim strukama, te će stoga ovaj rad obraditi problematiku samo iz ekonomskog aspekta.

Definicije projekta možemo podijeliti na one koje projekt određuju kao vremenski i ciljno usmjereni proces i one koje naglašavaju ulogu odnosno namjenu projekta. Ovaj rad temeljit će se na sljedećoj definiciji: *Projekt je privremeni pothvat kojim se stvara jedinstveni proizvod, usluga ili rezultat. Privremena priroda projekta ukazuje na točno određeni početak i kraj. Kraj se dostiže kad su postignuti projektni ciljevi ili kada se projekt prekida zato što se njegovi ciljevi neće ili ne mogu ostvariti ili kad više ne postoji potreba za projektom. Privremeno ne mora nužno značiti i kratkotrajno. Projekti također mogu imati socijalne, ekonomske i ekološke učinke koji mogu značajno nadživjeti same projekte.*¹ Projekt započinje planiranjem svih potrebnih resursa, popisom aktivnosti te procjenom troškova samog projekta. Svaku od tih stavki, a i mnogo stavki nakon početne faze planiranja treba detaljizirati, kako bi se osigurao neometan razvoj i napredak projekta. Uspješan projekt je onaj koji završi u planiranom vremenskom roku, unutar procijenjenih troškova i s izvršenim svim planiranim aktivnostima.

*Svako planiranje znači određivanje ciljeva koje je potrebno ostvariti u određenom vremenskom roku. U određivanju poslovnih i projektnih ciljeva u poduzećima mogu se koristiti metode predviđanja i prognoziranja.*² U najkraćim crtama, mrežno planiranje je skup grafičko-analitičkih metoda za planiranje i praćenje tijekom organizacijski složenih istraživačkih, razvojnih, proizvodnih ili drugih projekata, te za optimiziranje korištenja raspoloživih resursa, npr. radne snage, novca i vremena.

¹Project Management Institute (2008), *Vodič kroz znanje o upravljanju projektima*, Mate, Zagreb, str. 5

²Tadin, H. (2007), *Projektne menadžment Vrednovanje rada i nagrađivanje učinka*, HIT A, Zagreb, str 21

1.1. Definicija projekta

Postoji mnogo definicija projekta. Svjetska organizacija Project Management Institute (PMI) u svom vodiču, Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide, 2000) navodi da je projekt privremeni napor da se stvori jedinstven proizvod, usluga ili rezultat. Privremeni znači da svaki projekt ima svoj dobro definiran kraj, dok jedinstven znači da se proizvod, usluge ili rezultati bitno razlikuju od drugih proizvoda ili usluge.

Gido i Clemens (2003) u knjizi *Successful Project Management*, identificiraju projekt *kao pokušaj postizanja specifičnih ciljeva s jednim setom povezanih zadataka i učinkovitim korištenjem resursa*.³ Burke (2004) opisuje projekt *kao skup promjena koje koristeći specijalne tehnologije projektnog planiranja i prakse mogu kontrolirati svoje operacije u svrhu dobivanja proizvoda koji će ispuniti zahtjeve korisnika*.⁴

Unatoč različitosti u definicijama sve se one mogu svesti na zajedničke točke. Iz svega navedenog, odnosno tih zajedničkih točaka, možemo zaključiti kako projekt započinje planiranjem svih potrebnih resursa, popisom aktivnosti te procjenom troškova svake od aktivnosti. Svaku od tih stavki, a i mnogo stavki nakon početne faze planiranja treba detaljizirati, kako bi se osigurao neometan razvoj i napredak projekta prema ostvarenju projektnih ciljeva.

U najkraćim crtama, projekt je vremenski određena aktivnost s ciljem da se proizvede jedinstven proizvod, usluga ili rezultat.

1.2. Projektno planiranje

Projektno planiranje je odgovoran i iscrpan posao. Dobro isplaniranim projektom uvijek dolazimo do željenog cilja, dok loše isplaniranim projektom uvijek imamo problem. Da bi izbjegli loše planiran projekt, potrebno je znanje i iskustvo. Planiranje projekta se bazira na

³Gido, J., Clements J. (2003), *Successful Project Management*, 2. izdanje. Mason (Ohio): 459 str.

⁴Burke, R. (2004), *Project management: planning and control techniques*. 4. izdanje. Chichester, Wiley: 373 str.

ostvarenju određenih ciljeva u zadanom vremenskom roku, a da bi se ostvario zadani cilj potrebno je kvalitetno obaviti za to predviđene zadatke.

Mnogi autori navode gore navedene tvrdnje. Premda neki smatraju da predetaljno planiranje može zapravo smanjiti kreativnost projektnog tima, minimalna razina planiranja je neophodna. *Planiranje ne može jamčiti uspjeh, ali izostanak planiranja sigurno vodi neuspjehu.*⁵ *Općenito se loše planiranje projekta smatra značajnim uzorkom neuspjeha projekta iako je područje projektnog planiranja često istraživano, velik je broj projekata koji ne ispune postavljene ciljeve, premaše budžet ili kasne.*⁶

Project Management Institut navodi kako je *projektno planiranje kao primjenu znanja, vještina, alata i tehnika u provedbi projektnih aktivnosti pri čemu je cilj zadovoljavanja i premašivanja očekivanja dionika u realizaciji projekta. Za to je potrebna ravnoteža sljedećih parametara:*

- *količina, vrijeme, cijena, kvaliteta;*
- *različiti zahtjevi i očekivanja te njihova identifikacija.*⁷

Autori Dvir, D. i Lechler, T. navode kako je *Projektno planiranje formalni proces definiranja ciljeva i svrhe projekta te utvrđivanje svih komponenti potrebnih da se izradi određeni projekt. To je racionalan način determiniranja početka, provedbe i završetka projekta kojim se određuju smjernice budućeg kretanja projekta kroz sve faze njegovog životnog ciklusa kako bi se uspješno realizirao postavljeni cilj. Planiranje u odnosu na ostale faze životnog ciklusa projekta ima najveći utjecaj na projekt jer se tada donose najvažnije odluke vezane uz ciljeve projekta, opći pristup projektu, potrebne resurse, vremenski plan i metode evaluacije (Dvir, Lechler, 2004; Hans et al., 2007).*⁸

Procesi planiranja projekta prikazani na slici 1, kako ih navodi većina autora su :

- planiranje projekta (planiranje tehnike, određivanje ciljeva planiranja, troškove projekta, analizu rizika ...)

⁵Dvir, D., Lechler, T. (2004) „Plans are nothing, changing plans is everything: the impact of changes on project success“, ResearchPolicy, 33(1), str. 3

⁶Stilin A., Vičić Katalinić I.: *Struktura planiranja informatičkog projekta KIBIS*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 1 (2013), str 113-131.

⁷Project Management Institute (2008), *Vodič kroz znanje o upravljanju projektima*, Mate, Zagreb, str. 38.

⁸Dvir, D., Lechler, T. (2004) „Plans are nothing, changing plans is everything: the impact of changes on project success“, ResearchPolicy, 33(1), str. 5

- organizacija projekta (osnivanje projektnog tima i ostalih sudionika u projektu, utvrđivanje organizacijske strukture i integraciju projekta ...)
- provedba projekta (upravljanje, komunikacija, motivacija, osiguranje kvalitete ...)
- kontrolu i nadzor projekta (troškovi kontrole, rokovi, kvaliteta, odgovor na rizik, ...).



Slika 1:Proces planiranja

Izvor: Izrada autora

1.3. Mrežno planiranje

Metode mrežnog planiranja počele su se razvijati pedesetih godina prošlog stoljeća u svrhu lakšeg i pouzdanijeg praćenja odvijanja projekta, predviđanja projekta, predviđanja mogućih izvora problema i koordiniranja aktivnosti u projektu kako bi se izbjeglo kašnjenje.

Za mrežno planiranje se može reći da je dio vremenskog planiranja, s obzirom da je i sam dijagram mrežnog planiranja prikaz vremenske linije, u koju se unose podaci o događajima i aktivnostima projekta. Takav prikaz vremenske linije razvio se prvo u linijsko planiranje, a zatim su se javili složeniji projekti, čiji obujam više nije pristajao takvom jednostavnom

načinu prikazivanja. Iz takve potrebe su se razvili mrežni prikazi, s isprepletenim aktivnostima i događajima, prikazom njihovih trajanja te međusobnih ovisnosti.

Teorijski okvir modela linijskog planiranja je opisan s pretpostavkama da se *krug aktivnosti pojavljuje u postojanom redu operacija, ukupan broj perioda postojanih operacija je fiksna te nadolazeći set ima svoje održive aktivnosti koje započinju samo kad su resursi dostupni.*⁹

Istražujući mrežno planiranje na primjeru maloprodajnih lanaca, zaključuje se kako *odluke mrežnog planiranja mogu biti poboljšane kroz jednostavno razumijevanje osnovnih elemenata analize kupaca i lociranja, koristeći principe kupčevog opredjeljenja te prosuđivanja lociranja znanja o kojima ovisi uspjeh (ili neuspjeh) različitih oblika maloprodajnih lanaca*¹⁰.

U primjeni tehnika mrežnog planiranja mogu se razlikovati četiri faze, a to su:

1. Analiza strukture mrežnog plana,
2. Analiza vremena,
3. Analiza raspoređivanja resursa i
4. Analiza troškova.

1.3.1. Analiza strukture mrežnog plana

Analiza strukture pri planiranju projekta obuhvaća ispitivanje i uspostavljanje logičkoga redoslijeda i međusobnih zavisnosti pojedinih aktivnosti, koje treba izvršiti tijekom trajanja projekta. *Polazeći od tehnoloških i organizacijskih uvjeta, sve aktivnosti se povezuju u jedan grafički model – mrežni dijagram. Mrežni dijagram je rezultat analize strukture. Međutim, prije nego što se pristupi sastavljanju i crtanju mrežnog dijagrama, potrebno je*¹¹:

- *Sačiniti listu svih aktivnosti danog projekta i odrediti njihovu međusobnu uvjetovanost i vremensku zavisnost;*
- *Poznavati pravila za konstruiranje mrežnog dijagrama.*

⁹Oke, S.A., Charles-Owaba, O.E., *A sensitivity analysis of an optimal Gantt charting maintenance scheduling model*, International Journal of Quality & Reliability Management, 2006., str. 199.

¹⁰Davies, M., Clarke, I., *A framework for network planning*, International Journal of Retail & Distribution Management, 1994., str. 10.

¹¹Jovanović, I. (n. d.), *Operaciona istraživanja – Dopuna 2: Mrežno planiranje*, str. 9.

Analiza strukture zapravo predstavlja istraživanje redoslijeda i međusobnih odnosa svih aktivnosti. *Ona se sastoji od tri stupnja*¹²:

- *ispostavljanje spiska aktivnosti,*
- *konstrukcija mrežnog dijagrama (odnosno djelomičnih mrežnih dijagrama),*
- *kontrola u odnosu na osnovna pravila.*

1.3.2. Analiza vremena mrežnog plana

Nakon analize strukture mrežnog plana, slijedi korak koji se mora napraviti prije nego se krene u konkretnu izradu mrežnog plana. Taj korak se naziva analiza vremenske komponente projekta, odnosno njegovih aktivnosti. *Upravljanje vremenom odražava razinu upravljanja kvalitetom, troškovima, inovacijama i proizvodnošću. Smanjenje izgubljenog vremena automatski poboljšava i druge mjere poslovanja. Ograničenja povezana s vremenom, kao što su izvršno vrijeme i krajnji rokovi, često su povezani s aktivnostima unutar procesa i potprocesa. Međutim, proizvoljna vremenska ograničenja mogu dovesti do znatnih odstupanja od planiranih vremena. Neplanski gubici vremena najčešće nastaju zbog serijalizacije nezavisnih djelatnosti, loše sinkronizacije ovisnih djelatnosti (slabo predviđanje), proizvodnje dijelova koji se ne mogu koristiti (neprihvatljiva kvaliteta) ili zbog neučinkovitog tijeka rada (loš raspored).*¹³

Analiza vremenske komponente projekta je izuzetno važna za svaki projekt, a osnovni preduvjet za to je analiza strukture mrežnog plana. Analiza vremenske komponente odvija se na način da se aktivnosti i događaji unose u tabele, odnosno u mrežni plan te se nakon toga određuje vrijeme trajanja pojedinih aktivnosti. Ova analiza je jako kompleksna te zahtjeva iskustvo jer projekti koji su se nekad izvodili mogu se ponavljati.

¹²Brandenberger, J., Konrad, R. (1970.), *Tehnika mrežnog planiranja*, Tehnička knjiga, Zagreb, str. 33.

¹³Guner, M., Yucel, O. (2007.), *Određivanje odnosa vremena ciklusa i izvršnog vremena u linijama za proizvodnju odjeće*, Tekstil., str. 318.

1.3.3. Analiza raspoređivanja resursa

Nakon prve i druge faze, odnosno faze analize strukture te analize vremena, kreće se u raspoređivanje resursa. Najprije se kreće s optimizacijom ljudskih resursa, pa nakon toga kreće optimizacija korištenja strojeva, alata, nabava materijala i radnog prostora. Veliki broj autora tvrdi da je ova vrsta analize najvažnija u fazama analize.

Isto tako rijetka je situacija pri planiranju resursa kad ne postoje određena ograničenja uvjetovana nečim izvan plana, zbog toga što su resursi vrlo podložni tim utjecajima. Stoga, *planiranje resursa može biti*¹⁴:

1. *bez ograničenja – Kako struktura i broj resursa nisu ograničeni, a vrijeme izvršenja projekata nije zadano. To je idealan slučaj koji se u praksi gotovo nikad ne pojavljuje.*
2. *ograničeni broj resursa – Projekt mora biti završen što prije, ali bez prekoračenja ograničene, maksimalne količine nekih određenih resursa na razini plana.*
3. *ograničeno vrijeme projekta – Projekt mora bit završen unutar određenog vremena uz uporabu što manjeg broja resursa, čija raspoloživost nije ograničena.*
4. *ograničen broj resursa i ograničeno vrijeme projekta – Čest i vrlo složen problem u planiranju.*

1.3.4. Analiza troškova

Posljednja faza mrežnog planiranja je analiza troškova, odnosno postizanje najpovoljnijeg statusa troškova. Ranije je bila riječ o tome kako se svaki projekt sastoji od više različitih aktivnosti, a sada se tim aktivnostima pridodaje troškovna komponenta. Sumirajući troškove za svaku pojedinu aktivnost, dobiva se ukupni trošak projekta, što je važna informacija, kako izvođačima projekta, tako i naručiteljima. *Određivanje troškova može se vršiti na dva načina: odozdo prema gore (procijenjeni troškovi svake razine u strukturalnoj raščlambi poslova se zbrajaju) i odozgo prema dolje (projektu je dodijeljena određena suma financijskih sredstava). Prednost prvog pristupa proizlazi iz procjene koju vrše osobe koje će i izvršavati te aktivnosti. Korist drugog pristupa jest u tome što se osobe odgovorne za aktivnosti natječu za dodijeljena sredstva, pa su učinkovitiji u njihovom trošenju. Ključne elemente troškova*

¹⁴Radujković, M. (2012.), *Planiranje i kontrola projekata*, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, str. 106.

sačinjavaju: vrijeme, odnosno sati rada, materijal, oprema, neizravni troškovi (npr. troškovi prijevoza, obrazovanja), fiksni troškovi (npr. najam, pravna podrška) te nepredviđeni troškovi (najčešće u iznosu od 10 %).¹⁵

Analiza troškova se sastoji od slijedećih koraka¹⁶:

- *određivanje troškova za svaku aktivnost,*
- *proračun troškova projekta,*
- *određivanje zavisnosti troškova - vrijeme za svaku aktivnost,*
- *proračun ukupnih troškova projekta i njihova optimizacija.*

1.3.5. Tehnike mrežnog planiranja

Nastavno na faze mrežnog planiranja, slijedi opis tehnika mrežnog planiranja. Prvotno se iznosi njihova podloga, potreba za razvijanjem, zatim povijesni razvoj i izvedene verzije osnovnih tehnika, sa svrhom boljeg razumijevanja općenitog pojma, kako bi se dalje moglo ući u konkretniju analizu najčešće korištenih tehnika.

Tehnika mrežnog planiranja se sastoji od ovih podloga¹⁷:

- a) *čiste aktivnosti, u kojoj su navedeni svi poslovi i postupci koje treba obaviti u tijeku realizacije projekta (zadatka);*
- b) *mrežnih matrica kojima se izračunavaju najpovoljnije vremenske vrijednosti pojedinih aktivnosti da bi se postigli optimalni rezultati;*
- c) *mrežnog dijagrama u kojem se grafički prikazuje međusobna povezanost svih aktivnosti i događaja u realizaciji nekog projekta.*

Upravljanje bilo kojim projektom uključuje planiranje, koordinaciju i kontrolu broja povezanih aktivnosti s ograničenim brojem resursa; ljudi, novca i vremena. *Nadalje, postaje neophodno reagirati na bilo kakvu promjenu plana, odnosno prepoznati utjecaj takve*

¹⁵Stilin, A., Vičić Katalinić, I. (2013.), *Struktura planiranja informatičkog projekta KIBIS*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, str. 127.

¹⁶Brandenberger, J., Konrad, R. (1970.), *Tehnika mrežnog planiranja*, Tehnička knjiga, Zagreb, str. 85.

¹⁷Sikavica, P., Novak, M. (1999.), *Poslovna organizacija*, Informator, Zagreb, str. 851.

*promjene. Zato su menadžeri primorani izraditi sistem planiranja i raspoređivanja, koji ne da će samo proizvesti najbolji mogući plan i raspored, već će i omogućiti efektivno reagiranje na eventualne promjene u originalnom planu i rasporedu. Potreba za takvim sistemom/tehnikom dovela je do razvoja tehnika mrežnog planiranja.*¹⁸

1.3.6. Povijesni razvoj tehnika mrežnog planiranja

Potreba za kontroliranjem i nadgledanjem sve složenijih projekata dovela je do nadogradnje osnovnog tipa linijskog planiranja (gantograma), tj. razvijanja metoda mrežnog planiranja, koje se mogu primijeniti u različitim organizacijskim funkcijama. *Tehnika mrežnog planiranja je nova metoda upravljanja proizvodnjom ili nekom drugom aktivnošću. Prvi put je primijenjena u SAD-u 1957./58. godine prigodom planiranja velikih projekata za kemijsku industriju Du Pont de Nemours i izrade podmornice tipa Polaris za potrebe američke ratne mornarice, kada se moralo koordinirati nekoliko desetaka tisuća aktivnosti u desecima poduzeća. Danas je u uporabi velik broj različitih varijanti tehnike mrežnog planiranja, ali su sve manje-više izvedene od dvije osnovne metode: metode kritičnog puta (CPM) i metode procjene i revizije projekata (PERT).*¹⁹

Početak povijesti mrežnog planiranja vidi se s razvojem PERT tehnike, odnosno njenom primjenom 1957. godine te razvojem metode kritičnog puta (CPM) također 1957. godine. Više o ovom će biti prikazano u poglavljima o gore spomenutim metodama.

Projekti s velikim brojem aktivnosti i događaja zahtijevaju uvođenje reda i preglednost, sve od početnih stavki do završetka projekta. U protivnom dolazi do pauziranja projektne izvedbe, kako bi se razriješile nastale komplikacije, što uzrokuje probijanje planiranih vremenskih rokova, a samim time i optimalnog troškovnog statusa. Uz to, *tehnika mrežnog planiranja je uvedena zbog potrebe da se uspostavi i održi najpovoljniji redosljed izvršenja projekta, od prvih pristupa poslu preko nužnih adaptacija do njegove potpune realizacije. Uporaba tehnike mrežnog planiranja bila je omogućena pojavom elektroničkih računala, kojima su se jedino mogli brzo i točno obaviti potrebni proračuni i izabrati najpovoljnije varijante. Danas*

¹⁸Srivastava, U. K., Shenoy, G. V., Sharma, S. C. (2005.), *Quantitative Techniques for Managerial Decisions*, New Age international publishers, str. 587.

¹⁹Sikavica, P., Novak, M. (1999.), *Poslovna organizacija*, Informator, Zagreb, str. 851.

se tehnika mrežnog planiranja uspješno rabi u mnogim područjima poslovanja poduzeća: u razvoju, istraživanju, proizvodnji, programiranju reklame, analizi informacijskih tijekova, organizaciji, savjetovanju itd.²⁰

1.3.7. Izvedene verzije tehnika mrežnog planiranja

Tehnika mrežnog planiranja ima cijeli niz, ali se sve manje ili više temelje na metodama CPM ("Critical Path Method") i PERT ("Project Evaluation and Review Technique"). Ova je metoda kasnije usavršavana pa su nastale njene novije i usavršenije verzije, na primjer TANES (Task network Scheduling) kao shema za analizu mrežnih planova. Nadalje, svemirski program "APOLLO" terminiran je tzv. GERT metodom ("Graphical Evaluation and Review Technique") koja je u SAD-u razrađena na temelju metode PERT.²¹

Osim gore navedenog citata iz časopisa o informacijskim i organizacijskim znanostima, mnogi drugi autori tumače kako se uz tehnike PERT i CPM spominje i veći broj varijanti tih tehnika, među kojima se ističu slijedeće²²: GERT (Graphical Evaluation and Review Technique), tj. tehnika grafičke ocjene i revizije programa; CPS (Critical Path Scheduling), tj. sinkronizacije pomoću kritičnog puta; RAMPS (Resource Allocation and Multi-Project Scheduling), tj. alokacija resursa i sinkronizacija više projekata; GAN (Generalisation Activity Networks), tj. mreža za generalizaciju aktivnosti i sl.

Od manje poznatih odnosno zastupljenijih mrežnih tehnika, izdvajaju se i Petri mreže. Njihova osnovna namjena je modeliranje dinamičkih sistema i proučavanje ponašanja sistema. Gotovo svaki se sistem može modelirati pomoću Petri mreže. Međutim, one se najčešće koriste za modeliranje informacijskih, upravljačkih i automatskih sistema. Premda je ta mrežna tehnika izumljena pred skoro trideset godina, ona je tek u posljednje vrijeme, tj.

²⁰Sikavica, P., Novak, M. (1999.), *Poslovna organizacija*, Informator, Zagreb, str. 851.

²¹Žugaj, M., Varga, M. (1987.), *O terminiranju proizvodnje pomoću elektroničkog računala*, Journal of Information and Organizational Sciences, str. 210.-211.

²²Mihailović, B., Cvijanović, D., Hamović, V. (2011.), *Menadžment koncepti i tehnike kao podrška poslovnom odlučivanju preduzeća*, Škola biznisa, Broj 1., str. 83.

*unazad pet do šest godina naišla na veće zanimanje i primjenu, najčešće kod informatičara, matematičara, elektrotehničara i kibernetičara.*²³

1.4. Gantogram

Gantogram je najpoznatija tehnika planiranja, uz to i najjednostavnija. Gantogram se definira kao grafički prikaz odvijanja nekog posla. Za razliku od CPM i PERT metode, koji su mrežni planovi, Gantogram je linijski.

Frederick Taylor je početno razvijao metode proučavanjem zadataka i pronalaženjem najučinkovitijih, manje uzaludnih metoda koristeći „dobre“ podatke. Njegove ideje je produbio Henry L. Gantt razvivši koncept grafičkog prikaza.

*Vremenski plan aktivnosti uobičajeno se prikazuje gantogramom. Popis aktivnosti u gantogramu omogućuje lakše upravljanje istima, jer sam prikaz strukturalne raščlambe poslova daje jasan raspored poslova po logičnom slijedu, ali ne prikazuje vrijeme odvijanja aktivnosti.*²⁴

Kao što je gore već navedeno, Gantogramom se prikazuje vremenski plan aktivnosti. U jednom stupcu može stajati popis aktivnosti, dok u drugim stupcima vrijeme potrebno za obavljanje istih. Gantogram je program pristupačan svima koji poznaju osnove korištenja računala, te prilikom izrade i rada u Gantogramu samo nas vlastita mašta može ograničiti u njegovoj izvedbi. Naime, u samom Word-u ili Excel-u korisnik može kreirati vlastiti Gantogram te ga oblikovati po vlastitim potrebama kao što je prikazano na slici 2. Logičnost, jednostavnost u korištenju i planiranju daje Gantogramu velike prednosti u odnosu na druge tehnike.

Njegova primarna zadaća tijekom cijelog vremena korištenja je da onome tko ga čita, prikaže jasan raspored poslova po logičnom slijedu, kako ne bi došlo do zastoja i time prouzročenih

²³Radošević, D. (1991.), *Petri mreže i njihov odnos prema drugim poznatim mrežnim tehnikama*, Journal of Information and Organizational Sciences, str. 173.

²⁴Stilin, A., Vičić Katalinić, I. (2013.), *Struktura planiranja informatičkog projekta*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, str. 124.

*gubitaka. Prednosti gantograma su još i to što je dobar za projekte koji se odvijaju u statičnoj okolini te je koristan za cjelokupni pregled projektnih aktivnosti.*²⁵

Vežano uz nedostatke najčešće se javlja ograničenost sadržaja, odnosno nepreglednost kod puno aktivnosti. Osim prethodno navedenog, nedostatak Gantograma leži i u činjenici da nije pogodan za poslove kod kojih dolazi do cikličnog ponavljanja istih vrsta poslova te u primjeni kod složenijih objekata ako su procesi brojni i komplicirano međusobno povezani.

Vremenski tijek izrade Završnog rada						
R.br.	Aktivnost	Mjesec				
		1	2	3	4	5
1	Prijava završnog rada					
2	Odobrenje završnog rada					
3	Pisanje završnog rada					
4	Ispravke završnog rada					
5	Obrana završnog rada					

Slika 2: Primjer Gantograma

Izvor: Izrada autora

S ovim navedenim nedostacima, Gantogram je i dalje jako raširen alat za vremensko planiranje, a činjenica koja to potvrđuje je i njegova starost od skoro 100 godina.

²⁵Omazić, M. A., Baljkas, S. (2005.), *Projektni menadžment*, Sinergija nakladništvo d.o.o., Zagreb, str. 208.-209.

2. CPM metoda

Krajem 1956. godine firma du Pont de Nemours and Co. započela je s razvojem adekvatnog sistema planiranja za generalni remont i održavanje u kemijskoj industriji u suradnji s Sperry Rand Corporation. Početkom 1957. predložen je sistem mrežnog planiranja, karakteriziran strogom podjelom na analizu strukture i analizu vremena. Postupak je u prvi mah nazvan Production Planning and Scheduling System, a kasnije Chritical Path Method – CPM. Metoda je s uspjehom primijenjena pri izgradnji jedne nove tvornice te kod planiranja generalnih popravaka.

Glavna bit CPM metode se sastoji u identificiranju kritičnog puta, najdužeg puta u mrežnom dijagramu projekta, iz razloga što taj put sadrži informacije o tome koliko je vremena potrebno da se završi projekt.²⁶

Metoda kritičnog puta se primjenjuje onda kada je vrijeme trajanja pojedinih aktivnosti u projektu poznato i može se jednoznačno odrediti. Metoda kritičnog puta se oslanja na deterministički pristup i na relativno čvrste procjene vremena trajanja aktivnosti.

Analiza kritičnog puta daje sljedeće informacije²⁷:

- *pokazuje veze između aktivnosti (zadataka),*
- *predviđa očekivano vrijeme trajanja svake pojedine aktivnosti u projektu,*
- *izračunava vjerojatnost završetka u roku,*
- *određuje optimalno vrijeme trajanja projekta, te količinu troškova,*
- *ukazuje na opravdanost provedbe projekta,*
- *procjenjuje alternativne strategije i pristupe,*
- *provjerava napredak aktivnosti, kako bi uočila odstupanja od originalnih planova i ciljeva,*
- *prognozira uska grla,*
- *izvodi simulaciju testnog rada sistema,*
- *preoblikuje i redizajnira projekt s revidiranim podacima.*

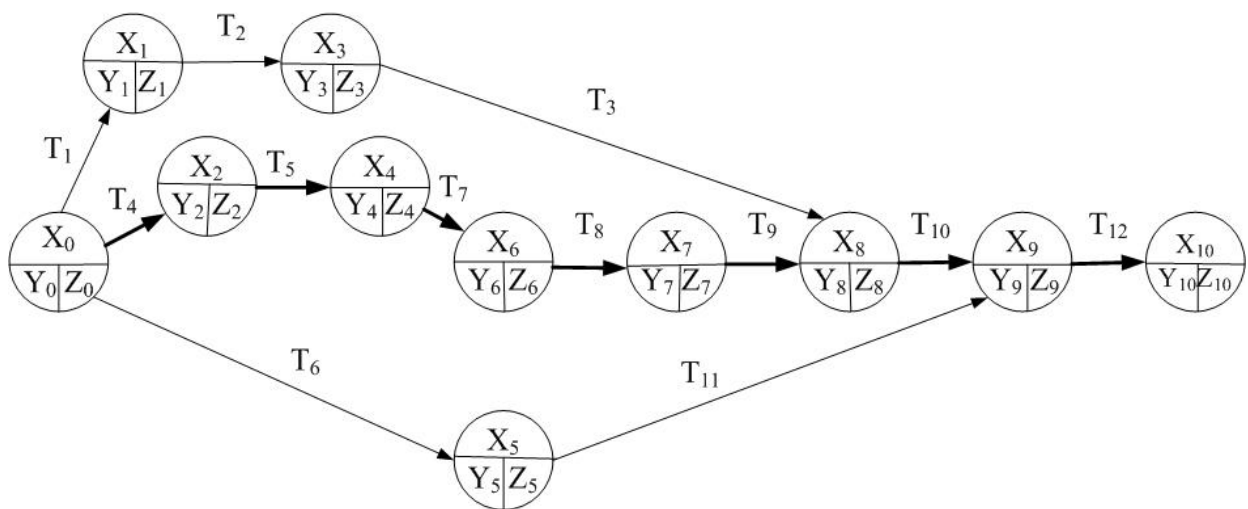
²⁶Monhor, D. (2011.), *A new probabilistic approach to the path criticality in stochastic PERT*, Central European Journal of Operations Research, Vol. 19, No. 4, str. 615.

²⁷Wong, Y. (1964.), *Critical Path Analysis for New Product Planning*, Journal of Marketing, Vol. 28, No. 4., str. 54.

2.1. Osnovni pojmovi i značenje

Pri proračunu trajanja projekta mogu se uočiti raznovrsni vremenski pojmovi koji vrijede i za ručnu i strojnu obradu. Simboli za označavanje vremena odnosno za određene vremenske pojmove su T za pojmove koji se odnose na događaj, a t ako se odnose na aktivnost, kako bi se brzo i lako mogli raspoznati.

CPM proces planiranja sastoji se od sljedećih koraka: uspostavljanja izvornih odnosa među aktivnostima, konstruiranja mreže, vrednovanja vremena pojedinih aktivnosti i utvrđivanja kritičnog puta. CPM metoda izračunava početna i završna vremena svake operacije, te određuje koje su aktivnosti kritične za proizvod koji treba izraditi. Korištenjem CPM metode može se odrediti sveukupno izvršno vrijeme svih procesa i to tako da se utvrdi najdulji put kroz specifikacije tijeka rada. Taj se izvršni put naziva i kritičnim putem jer se njime određuje količina vremena koje je potrebno potrošiti za provođenje čitavog procesa. Svako zaostajanje operacije na kritičnom putu dovodi i do zaostajanja ukupnog tijeka rada. Jednostavni tijek rada jednog od ispitivanih proizvoda, u skladu s CPM metodom je prikazan na Slici 3.²⁸



Slika 3. Jednostavni tijek izrade majice kratkih rukava prema metodi CPM

Izvor: Guner, M., Yucel, O., (2007.), *Određivanje odnosa vremena ciklusa i izvršnog vremena u linijama za proizvodnju odjeće*, Tekstil str. 319.

²⁸Guner, M., Yucel, O. (2007.), *Određivanje odnosa vremena ciklusa i izvršnog vremena u linijama za proizvodnju odjeće*, Tekstil, str. 319.

Operacije su označene kružićima, a svaki kružić predstavlja samo jednu operaciju. Točka X_0 označava početnu točku tijeka rada. Brojke na strelicama su jedinična vremena operacija.

Ostali pojmovi i značenja su sljedeći:

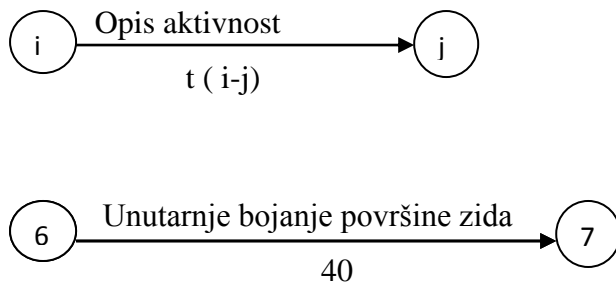
- **Broj operacije:** OPN ;
- **Najranije vrijeme početka operacije za vrijeme tijeka rada:** ECT ;
- **Najkasnije vrijeme završetka operacije za vrijeme tijeka rada:** LCT ;
- **Jedinično vrijeme:** (UT) ;
- **Vrijeme ciklusa:** (CT) ;
- **Izvršno vrijeme:** (ET) ;
- **Najraniji početak aktivnosti $(i-j)$:** $t_j^{(0)}(i-j)$;
- **Najranije vrijeme događaja:** $T_E(j)$ odnosno $T_E(i)$;
- **Najkasnije vrijeme završetka aktivnosti (i,j) :** $t_j^{(1)}(i-j)$;
- **Najkasnije vrijeme događaja:** $T_L(i)$ odnosno $T_L(j)$;
- **Najraniji završetak aktivnosti $(i-j)$:** $t_j^{(0)}(i-j)$;
- **Najkasniji početak aktivnosti $(i-j)$:** $t_i^{(1)}(i-j)$.

2.2. Izračun aktivnosti po vremenskim parametrima

Da bi se odredilo vrijeme trajanja aktivnosti prije nego je potrebno točno opisati predviđeni postupak neophodan za izvođenje nekog posla. Pri tome treba uzeti u obzir vrstu i broj npr. radnika, strojeva, pomoćnih sredstava itd., te ograničenja u pogledu dozvoljenog radnog vremena (prekovremeni rad, broj smjena i slično).

Na primjer, ako se aktivnost sastoji u tome da se oboji 2000 m^2 površine zida jedne tvornice, a za taj se posao može zaposliti pet osoba pri čemu prosječan učinak iznosi 10 m^2 po osobi na sat tada je ukupno potrebno vrijeme za tu aktivnost 40 sati.

Vremena izvršenja pojedinih aktivnosti su, u stvari, stohastične varijable²⁹ čija se rasipanja mogu odrediti iz približno poznate razdiobe. Ukoliko je rasipanje ove razdiobe relativno maleno, vrijeme izvršenja aktivnosti možemo smatrati određenim, dok je u protivnom ono neodređeno. Podaci o vremenu izvršenja aktivnosti veoma su važni jer od njih umnogome zavisi sposobnost iskazivanja tehnike mrežnog planiranja.³⁰



Slika 4: Primjer aktivnosti

Izvor: Izrada autora

Kako je u prethodnom primjeru jedan događaj, te unutar tog događaja jedna aktivnost, tako je i prikazana samo jedna strelica koja vodi do najveće sume (slika 4). Kad bi npr. ovaj događaj imao više aktivnosti, bilo bi više strelica povezanih jedna s drugom, koje bi na kraju proračuna dale najveću sumu neke jedinice. Važno je naglasiti da jedinica može biti sat, dan, tjedan, mjesec. Treba napomenuti kako se pri korištenju odabrane vremenske jedinice moraju obavezno razdvojiti kalendarski od radnih dana.

2.3. Vremenske rezerve

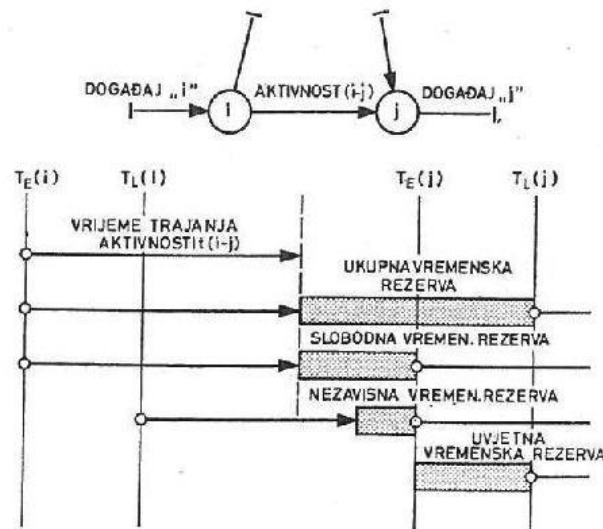
Vremenska rezerva je vremenski interval između najranijeg početka (kraja) i najkasnijeg početka (kraja) neke aktivnosti. Prikazuje koliko se može izgubiti na sadašnjoj aktivnosti, a da to ne utječe na konačan datum projekta.

Postoje četiri vrste vremenskih rezervi prikazane na slici 5:

²⁹Stohastična varijabla ili nasumična varijabla je ona varijabla čija je vrijednost podložna promjenama uslijed različitih slučajeva

³⁰ Brandenberger J., Konrad R. (1970.) *Tehnike mrežnog planiranja*, str.42.

- Ukupna vremenska rezerva: $U_s = T_L(j) - T_E(i) - t(i-j)$;
- Slobodna vremenska rezerva: $S_s = T_E(j) - T_E(i) - t(i-j)$;
- Nezavisna vremenska rezerva: $S_n = T_E(j) - T_L(i) - t(i-j)$;
- Uvjetna vremenska rezerva: $S_L = T_L(j) - T_E(j)$.



Slika 5: Vremenske rezerve

Izvor: Brandenberger J., Konrad R. (1970.) Tehnike mrežnog planiranja, str.61.

Ukupna vremenska rezerva pokazuje koliko se može pomaknuti vrijeme trajanja aktivnosti (i – j) od njenog najranijeg početka, a da pri tome krajnji termin cijelog projekta ne bude ugrožen. Da bi se dobile vremenske rezerve, u pravilu treba početi u najranijem vremenu početka. Izuzetak čine veliki investicijski pothvati, isporuke materijala, angažiranje novog osoblja itd. Ukoliko se potpuno optereti raspoloživa vremenska rezerva, kod takve aktivnosti se poklopi najraniji i najkasniji završetak, te od tog mjesta nastaje novi kritični put jer su vremenske rezerve sljedećih aktivnosti također iscrpljene.

Slobodna vremenska rezerva pokazuje koliko se može produžiti ili pomaknuti trajanje aktivnosti (i – j) ako se želi zadržati za sve naredne aktivnosti najranije vrijeme početka. Slobodna vremenska rezerva može nastati samo u slučaju da događaj j zavisi od završetka većeg broja aktivnosti. Aktivnost koja se nalazi na najdužoj dolazećoj grani nema slobodne vremenske rezerve. Kod ostalih dolazećih grana dodjeljuje se slobodna vremenska rezerva

posljednjoj aktivnosti. Ova veličina se može podijeliti po određenim kriterijima na slijed aktivnosti u toj grani.

Nezavisna vremenska rezerva pokazuje koliko se može produžiti ili pomaknuti izvršenje aktivnosti ($i - j$) ako je događaj i , uslijed zadržavanja neke od prethodnih aktivnosti, dostignut u najkasnijem dozvoljenom vremenu, a za događaj j , želi održati najraniji početak za izlazeće aktivnosti. Pomicanje ili produženje aktivnosti ($i - j$) u ovom području nema nikakvog utjecaja na daljnje odvijanje projekta. Po definiciji nezavisna vremenska rezerva može poprimiti negativnu vrijednost.³¹

Najmanje zastupljena vremenska rezerva od gore navedenih je uvjetna vremenska rezerva. U osnovi ona predstavlja vremensku rezervu koja se odnosi na događaj.

2.4. Kritični put

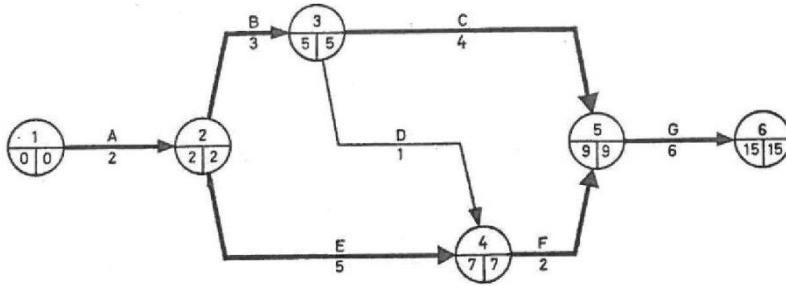
Kritični put je put koji u projektu traje najdulje, odnosno zbroj trajanja aktivnosti u njima je najveći. On je sastavljen od kritičnih događaja. Kritični događaji su oni događaji čije su vremenske rezerve jednake nuli.

Svaki mrežni dijagram kod kojega je najranije vrijeme završnog događaja projekta jednako najkasnijem vremenu, tj. $T_E(n) = T_L(n)$, sadrži jedan ili više neprekidnih nizova kritičnih aktivnosti koji idu od početka do završnog događaja. Ovakvi nizovi nazivaju se kritičnim putovima. Svi događaji koji leže na kritičnom putu imaju jednako vrijeme početka i završetka (kritični događaji). Određivanje kritičnog puta u mrežnom dijagramu proizlazi iz progresivnog odnosno retrogradnog proračuna.

Postoji mogućnost da se u proračunskom formularu označe aktivnosti koje imaju iste najranije i najkasnije početke odnosno završetke ili kod kojih je ukupna vremenska rezerva jednaka nuli. Na taj način kritične aktivnosti i kritični put postaju poznati i mogu se unijeti u mrežni dijagram. Drugu mogućnost za pronalaženje kritičnog puta pruža mrežni dijagram.

³¹Brandenberger J., Konrad R. (1970.) *Tehnike mrežnog planiranja*, str.44.

Polazeći od završnog događaja spajamo događaje s istim najranijim i najkasnijim vremenom, pri čemu kod više uzlaznih aktivnosti slijedimo onu koja ima obilježenu strelicu.³²



Slika 6: Primjer vremenskih točaka na navedenom događaju koji leži na kritičnom putu

Izvor: Brandenberger J., Konrad R. (1970.) Tehnike mrežnog planiranja, str.53

Najvažnija osobina kritičnih aktivnosti sastoji se u tome da svako prekoračenje njihovog trajanja dovodi do prekoračenja krajnjeg termina ukupnog projekta.

2.5. Uporaba mrežnog dijagrama

Važnost mrežnog dijagrama u tome je što isti omogućava efikasnije komuniciranje između planera, organa upravljanja, organizatora izvođenja i neposrednih izvršioca.³³

Detaljniji opis mrežnog dijagrama dan je u nastavku. U mrežnom se dijagramu aktivnosti grafički prikazuju s pomoću strelica koje teku u pravcu vremenskog odvijanja posla. Pritom dužina strelica nije bitna za vremensko trajanje aktivnosti. Isto tako nije važno ni njezin oblik. Ona može biti ravna, izlomljena, pod ostrim kutom i sl. Događaji su trenutačna zbivanja s kojima počinje ili završava projekt, počinju ili završavaju aktivnosti, odnosno s kojima završava jedna i počinju druge aktivnosti, npr. početak proizvodnje, početak proizvodnje nekog dijela, završetak pregovora o prodaji proizvoda itd. Događaj se kao početak i završetak neke aktivnosti grafički prikazuje s pomoću krugova. Oni se obično obilježavaju brojevima radi lakšeg identificiranja, jer u mrežnom dijagramu mogu biti prikazane stotine aktivnosti,

³²Brandenberger J., Konrad R. (1970.) Tehnike mrežnog planiranja, str.52.

³³Mihailović, B., Cvijanović, D., Hamović, V. (2011.), Menadžment koncepti i tehnike kao podrška poslovnom odlučivanju preduzeća, Škola biznisa, Broj 1., str. 83.

pa prema tome, sadrži mnoge događaje, u pravilu uvijek manje njih nego što ima aktivnosti, jer dvije ili više aktivnosti mogu početi ili završiti u jednom istom događaju.³⁴

Kao što je gore već navedeno, događaji se u mrežnom dijagramu mogu prikazivati s pomoću krugova ali isto tako mnogi autori navode riječ čvor umjesto krug.



Slika 7:Primjer elementa konstrukcije mrežnog dijagrama

Izvor: Brandenberger J., Konrad R. (1970.) Tehnike mrežnog planiranja, str.18

Svaki mrežni dijagram ima početni i završni krug, odnosno početni i završni događaj (slika 7). Početni krug je prvi krug u mrežnom dijagramu i njemu ne prethode nijedan drugi krug niti strijela, odnosno veza. Završni krug je posljednji krug u mrežnom dijagramu i iza njega ne slijedi niti jedan drugi krug niti strijela, odnosno veza. Svaka aktivnost počinje u jednom, a završava u drugom krugu, neovisno o tome da li su krugovi jedan do drugoga, tj. jedna aktivnost može početi u početnom krugu, a završavati u, primjerice, trećem ili četvrtom.

CPM metoda se primjenjuje kad se zna vrijeme trajanja aktivnosti u projektu, ali bitne odrednice u njenom izračunu su vremenska rezerva, koja prikazuje interval između najranijeg i najkasnijeg početka i kraja trajanja neke aktivnosti te kritični put koji je sastavljen od kritičnih događaja. Za efikasnu organizaciju aktivnosti unutar projekta te njihovih odrednica koristi se mrežni dijagram.

³⁴Sikavica, P., Novak, M. (1999.), *Poslovna organizacija*, Informator, Zagreb, str. 852.

3. PERT metoda

PERT metoda je metoda mrežnog planiranja kojom se utvrđuju trajanje (i troškovi) projekta. Karakter PERT tehnike je probabilistički, pa ju se koristi u slučajevima kada ne možemo sa sigurnošću reći koliko će biti trajanje, odnosno troškovi pojedinih aktivnosti u projektu. PERT metoda se razvila 1958. godine na zahtjev ratne mornarice SAD-a . Njihovo istraživanje se odnosilo na suradnju velikog broja vojnih i civilnih ustanova na planiranju razvojnog programa za svemirski program tj. raketu „Polaris“. Metoda se u početku zvala Program Evaluation Research Task, te je kasnije promijenila ime u Program Evaluation and Review Technique. *Skraćenica PERT dolazi od naziva "Program Evaluation and Review Technique" što bi u slobodnom prijevodu s engleskog jezika glasilo tehnika procjene i revizije programa.*³⁵

3.1. Analiza mreže po PERT metodi

PERT tehnika omogućuje menadžerima projekata³⁶:

1. *razviti realističnije procjene troškova,*
2. *odrediti ukupno vrijeme potrebno za završiti projekt s većom točnošću, nego ranije metode,*
3. *identificirate one aktivnosti o kojima ovisi procijenjeno vrijeme i/ili troškovi,*
4. *procijeniti koliko će biti trošak pojedine aktivnosti te njihovo vrijeme trajanja,*
5. *odrediti najučinkovitiju metodu ubrzanja programa u raznim fazama razvoja,*
6. *brzo uočiti probleme (odgode ili prekomjerne troškove),*
7. *napraviti novi raspored aktivnosti i alokacije resursa, ako je potrebno, kako bi se vratili na početno vrijeme i/ili planirani trošak.*

Najznačajnija razlika u analizi između metode CPM i PERT je u tome što PERT uzima u obzir nesigurnost u procjeni vremena. Ovo može biti od velikog značaja npr. pri istraživačkim i razvojnim projektima, za koje je PERT prvobitno i razvijen.

³⁵Varga, M. (1986.), *Proračun vremena mrežnog plana pomoću računala*, Journal of Information and Organizational Sciences, str. 159.

³⁶Burgber, P. H. (1964.), *PERT and the auditor*, Accounting Review, Vol. 39, No. 1, str. 104.

Bitno je napomenuti kako literatura navodi i kritike PERT metode, te da postoji pet prepoznatih problema s istom.

Prvo, projektnim planerima i inženjerima je teško točno procijeniti optimistično, najvjerojatnije i pesimistično vrijeme trajanja aktivnosti. Subjektivne procjene a, m i b su temeljene na osobnoj procjeni te da ne moraju biti usko povezane sa statističkim metodama stvarnih trajanja. Drugo, dužina i varijanca trajanja aktivnosti izračunate pomoću jednadžbi su procjene stvarne dužine i varijance beta distribucije, koje ne moraju uvijek biti točne. Treće, beta distribucija se primjenjuje na sve projektne aktivnosti. Ovaj aspekt PERT tehnike kritiziraju mnogi tumačeći kako u vrijeme razvijanja PERT tehnike ne postoje znanstvene studije koje to potvrđuju. Četvrto, PERT tehnika uzima u obzir samo kritični put kao vjerojatno vrijeme završetka. I, peto, autori kritiziraju kako se PERT tehnika ne koristi u projektnom menadžmentu jer top menadžeri ne razumiju osnovne principe vjerojatnosti i statistike, ili nikad nisu naučili koristiti PERT tehniku.³⁷

3.2. Analiza vremena po tehnici PERT

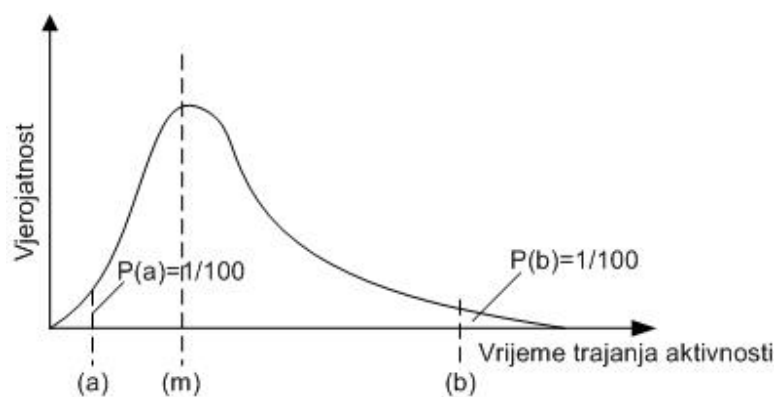
Kada su aktivnosti i događaji uneseni u tabelu međuzavisnosti aktivnosti, odnosno u mrežni plan, potrebno je odrediti vremena trajanja pojedinih aktivnosti. Ponekad je vrlo teško odrediti točno vrijeme trajanja pojedinih aktivnosti, posebno kod projekata koji se još uopće nisu izvodili ili su se izvodili pod uvjetima koji bitno odstupaju od sadašnjih. Stoga se za određivanje vremenskog trajanja aktivnosti pojedinih projekata služimo procjenama.³⁸

PERT analize se zasnivaju na tri različite procjene vremena trajanja svake od projektnih aktivnosti: optimistično vrijeme trajanja aktivnosti (a), pesimistično vrijeme trajanja aktivnosti (b) i najpoželjnije vrijeme trajanja (m). Svako od tih vremena ima svoje karakteristike: a) *optimistično vrijeme trajanja aktivnosti (sve ide po planu, vjerojatnost da će aktivnost biti realizirana u granicama optimističnog vremena ili vremena manjeg od optimističnog je jako mala, npr. 0,01), b) pesimistično vrijeme trajanja aktivnosti (u*

³⁷ Grubbs, 1962. i Modr i sur., 1983., kako je navedeno u radu: Wayne, D., Cottrell, P. E. (1999.), *Simplified program evaluation and review technique (PERT)*, Journal of Construction Engineering & Management, Vol. 125, No. 1, str. 17.-18.

³⁸ Varga, M. (1986.), *Proračun vremena mrežnog plana pomoću računala*, Journal of Information and Organizational Sciences, str. 160

prisutnosti nepoželjnih okolnosti, ništa ne ide po planu, vjerojatnost da će vrijeme trajanja aktivnosti biti pesimistično je također vrlo mala, npr. 0,01) i c) najpoželjnije vrijeme trajanja (najrealnije vrijeme potrebno za realizaciju određene aktivnosti). Postavlja se logično pitanje: kako izračunati ove tri različite vremenske procjene? Pokazalo se da je beta raspodjela (Slika 8.) odgovarajuća metoda za određivanje distribucije vremena trajanja građevinskih aktivnosti, okarakterizirane s tri nezavisna parametra (a , b i m).³⁹ Glavna karakteristika ove razdiobe sastoji se u tome da se sve vrijednosti nalaze između graničnih vrijednosti a i b .



Slika 8. Beta raspodjela s tri vremenske procjene trajanja aktivnosti

Izvor: Vuletić, G. (2010.), *Specifičnosti upravljanja projektima u građevinarstvu*, Montenegrin Journal of Economics, Vol. 6, No. 12, Podgorica, str. 169.

Za određivanje vremenskog trajanja aktivnosti pojedinih projekata služe procjene. *PERT metoda vodi računa o tome i za svaku aktivnost zahtijeva određivanje triju vremena*⁴⁰:

- a) optimistično vrijeme (t_o)
- b) najvjerojatnije vrijeme (m)
- c) pesimistično vrijeme (t_p).

Naznačena vremena ispunjavaju slijedeći uvjet:

$$t_o(i, j) < m(i, j) < t_p(i, j)$$

³⁹Vuletić, G. (2010.), *Specifičnosti upravljanja projektima u građevinarstvu*, Montenegrin Journal of Economics, Vol. 6, No. 12, Podgorica, str. 169.

⁴⁰Varga, M. (1986.), *Proračun vremena mrežnog plana pomoću računala*, Journal of Information and Organizational Sciences, str. 160.

Očekivano vrijeme trajanja aktivnosti izračunava se po relaciji:

$$t_e = (t_o + 4m + t_p) / 6,$$

a standardna devijacija:

$$\sigma = (t_p - t_o) / 6.$$

S očekivanim vremenom pojedinih aktivnosti nacrtava se mrežni dijagram kao i kod CPM metode i odredi kritični put.

Metoda PERT uzima u obzir nesigurnost pri određivanju pojedinih aktivnosti. Za svaku se aktivnost zato zadaju tri vremena: optimistično trajanje a_{ij} , normalno trajanje m_{ij} i pesimistično trajanje b_{ij} . Treba istaknuti da je kod sva tri vremena riječ o procjenama, te da, teoretski, vrijeme trajanja neke aktivnosti može biti izvan intervala (a, b) , naročito u slučaju katastrofe ili djelovanjem nekih nepredvidivih nepovoljnih čimbenika, ali da je statistički gledano ta vjerojatnost zanemarivomala. Metoda PERT pretpostavlja da se stvarno trajanje aktivnosti ponaša prema beta-razdiobi.

Očekivano vrijeme trajanja aktivnosti kod beta-razdiobe iznosi:

$$t_{e(ij)} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6}$$

kod većine unimodalnih distribucija (s jednim ekstremom) početna i krajnja vrijednost leže unutar triju standardnih devijacija, od očekivane vrijednosti, tj.

$$b_{ij} - a_{ij} = 6\sigma$$

pa standardna devijacija iznosi:

$$\sigma = \frac{b_{ij} - a_{ij}}{6}$$

Varijanca distribucije jest kvadrat standardne devijacije, dakle⁴¹:

$$\sigma^2 = \frac{(b_{ij} - a_{ij})^2}{36}$$

3.3. Očekivanja vremenske rezerve i vjerojatnost nastupa događaja

Vremenska rezerva određenog događaja predstavlja vremensku razliku između najkasnijeg završetka svih aktivnosti koje mu neposredno prethode i najranijeg početka narednih aktivnosti koje neposredno slijede, tj.:

$$S_i = (T_L)_i - (T_E)_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Ako s $(T_S)_i$ i $(T_E)_i$ označimo planirano i očekivano vrijeme ostvarenja i -tog događaja, onda se odgovarajući faktor vjerojatnosti Z_i računa preko testa razlike:

$$Z_i = \frac{(T_S)_i - (T_E)_i}{\sqrt{\sum \sigma^2}}$$

gdje je $\sum \sigma^2$ zbroj varijanci svih aktivnosti koje prethode događaju i , a leže na putu s najduljim trajanjem.

Računanju vremenskih rezervi pristupa se kako bi se otkrili supkritični putovi, koji imaju vrlo malu vremensku rezervu i mogu lako postati kritični. *One vremenske rezerve koje imaju negativan vremenski predznak, odnose se isključivo na nezavisnu vremensku rezervu i imaju vrijednost 0 jer vrijedi*⁴²:

$$s_{ij}^n = \max \{0, t_j^0 - t_i^0 - t_{ij}\}$$

⁴¹Bastijanić, M., Mataija, M., Rakamarić Šegić, M. (2013.), *Matematičke metode u funkciji analize i ocjene poslovanja poduzeća Kava Santos d.o.o.*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, str. 218.

⁴² Bastijanić, M., Mataija, M., Rakamarić Šegić, M. (2013.), *Matematičke metode u funkciji analize i ocjene poslovanja poduzeća Kava Santos d.o.o.*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, str. 217.

Ukupna vremenska rezerva dobije se po formuli:

$$s_{ij}^t = t_j^1 - t_i^0 - t_{ij}$$

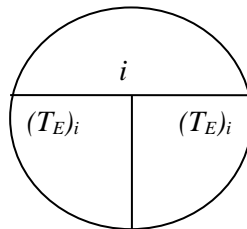
Slobodna vremenska rezerva dobije se po formuli:

$$s_{ij}^s = t_j^0 - t_i^0 - t_{ij}$$

Nezavisna vremenska rezerva dobije se po formuli:

$$s_{ij}^n = t_j^0 - t_i^0 - t_{ij}$$

Ukoliko su odstupanja manja, utoliko je vrijeme trajanja aktivnosti pouzdanije. Za svaki događaj u projektu izračuna se najranije i najkasnije vrijeme nastupa i ubilježi u krug koji označuje čvor.



$(T_E)_i$ - najranije vrijeme nastupa događaja. Računa se po formuli:

$$(T_E)_j = \max_i ((T_E)_i + (t_e)_{ij}), \quad j = 2, 3, \dots, n$$

$(T_L)_i$ - najkasnije vrijeme nastupa događaja. Računa se po formuli:

$$(T_L)_i = \min_j ((T_L)_j - (t_e)_{ij}), \quad i = n-1, n-2, \dots, 2, 1$$

$$(T_L)_n = (T_E)_n$$

3.4. Analiza troškova

Pri široj primjeni tehnike mrežnog planiranja, nakon obje prve faze u kojima se istražuju odnosi strukture i vremena, izvodi se analiza troškova. Analiza troškova se sastoji od sljedećih koraka⁴³:

- određivanje troškova za svaku aktivnosti,
- proračun troškova projekta,
- određivanje zavisnosti troškova – vrijeme za svaku aktivnost,
- proračun ukupnih troškova projekta i njihova optimizacija.

Prvi korak u izradi PERT/COST tehnike je izrada mreže onih aktivnosti koje dolaze u obzir za troškovnu analizu. Drugi korak je alternativna procjena odnosa vremena i troškova za svaku pojedinu aktivnost, dok se u trećem koraku odabiru alternative s najmanjim troškovima za svaku pojedinu aktivnost. Četvrti korak predstavlja računanje kritičnog puta, koristeći vremenske vrijednosti povezane s troškovima odabranima u trećem koraku, te usporedba sa zadanim datumom. Ako je kritični put predug, u petom koraku se smanjuje skraćivanjem vremena trajanja nekih ili svih aktivnosti, a zadnji, šesti korak, predstavlja ponavljanje petog, sve dok se dužina kritičnog puta ne poklopi sa zadanim datumom.⁴⁴

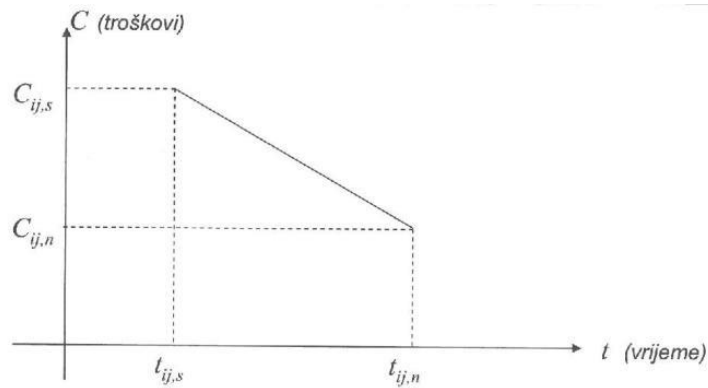
Da bi se mogla izvršiti analiza troškova potrebno je prikupiti informacije o mogućnostima skraćivanja vremena trajanja pojedinih aktivnosti i o odgovarajućim dodatnim troškovima.

Za svaku se aktivnost može odrediti njezino normalno i skraćeno vrijeme trajanja: $t_{ij,n}$ i $t_{ij,s}$, te odgovarajući troškovi: $C_{ij,n}$ i $C_{ij,s}$.

Osnovu za optimalno projektiranje vremena s obzirom na troškove čini pretpostavka da je povećanje troškova aktivnosti proporcionalno s skraćivanjem vremena trajanja aktivnosti.

⁴³ Brandenberger J., Konrad R. (1970.) *Tehnike mrežnog planiranja*, str.85.

⁴⁴ Ross, W. R. (1966.), *Pert/Cost Resource Allocation Procedure*, *Accounting Review*, Vol. 41, No. 3, str. 465.



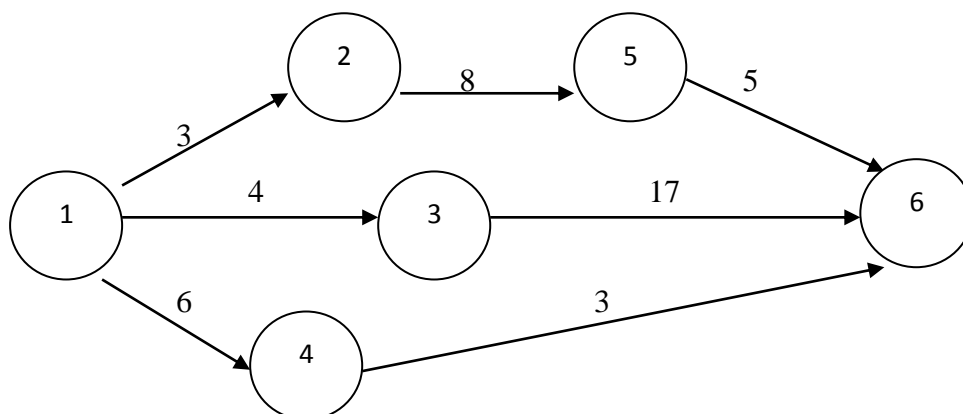
Slika 9. Graf analize troškova

Izvor: Štambuk, Lj. (2005.) *Matematika sa statistikom*, Veleučilište u Rijeci, str.32

Osnovni principi metode PERT/Cost:

- skratiti aktivnosti koje leže na kritičnom putu, sve dok se ne dođe do prenošenja kritičnosti, tj. dok se ne pojavi još neki kritični put;
- ako je moguće skratiti vrijeme trajanja nekoliko aktivnosti, onda u prvome redu treba skratiti vrijeme onih aktivnosti čiji su troškovi skraćivanja najmanji;
- kod mrežnih dijagrama koji imaju više kritičnih putova vrši se skraćivanje svakoga kritičnog puta za isti broj vremenskih jedinica, pri čemu se kod skraćivanja najprije skraćuju aktivnosti kod kojih je to skraćivanje najefikasnije;
- postupak se nastavlja sve dok se ne postigne željeni rok završetka procesa ili se bar na jednom kritičnom putu iskoriste sva moguća skraćivanja vremena trajanja aktivnosti.

Uzima se primjer⁴⁵ mrežnog dijagrama dolje.



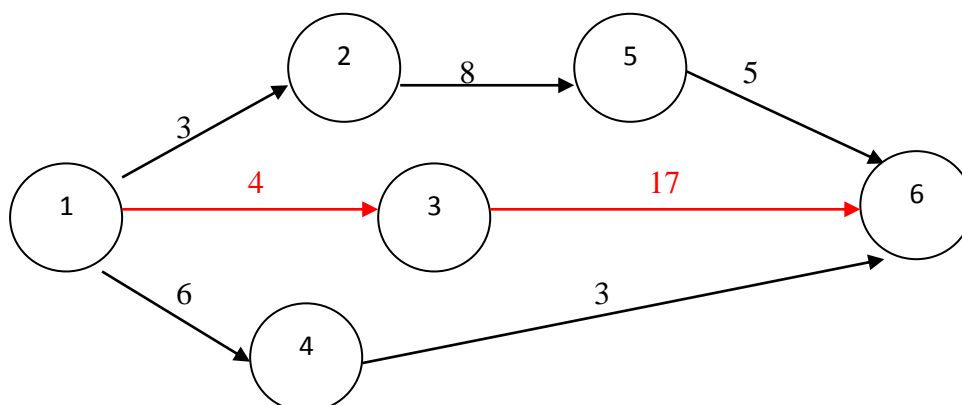
⁴⁵Štambuk, Lj. (2005.) *Matematika sa statistikom*, Veleučilište u Rijeci, str.35

Potrebni podaci vezani za normalno i skraćeno vrijeme trajanja aktivnosti, kao i odgovarajući troškovi dani su u sljedećoj tablici.

Tablica 1. Podaci za izračun metode PERT/COST

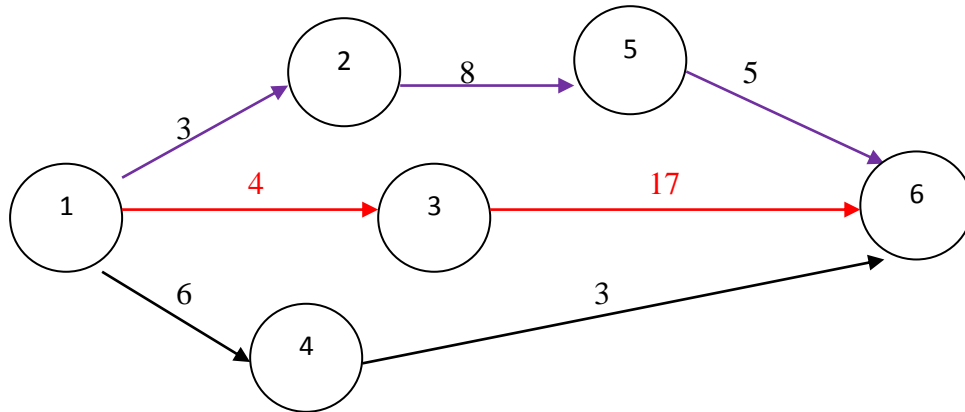
Aktivnost	Vrijeme (u danima)		Razlika vremena	Troškovi (u tisućama)		Razlika troškova (u tisućama)	Prosječni troškovi (u tisućama) a_{ij}
	$t_{ij,n}$	$t_{ij,s}$		$C_{ij,n}$	$C_{ij,s}$		
A (1-2)	3	2	1	500	550	50	50
B (1-3)	4	1	3	600	900	300	100
C (1-4)	6	2	4	900	1500	600	150
D (2-5)	8	6	2	300	440	140	70
E (3-6)	17	12	5	800	1000	200	40
F (4-6)	3	2	1	600	800	200	200
G (5-6)	5	5	0	400	400	0	-
Ukupno				4100	5590		

Kritični put označen je na mrežnom dijagramu:



Najmanje prosječne troškove priraštaja ima aktivnost (3, 6) na kritičnom putu. Ta će se aktivnost skratiti sa 17 na 12 dana s prosječnim priraštajem troškova od 40 000 n.j. Trajanje

projekta skraćeno je za 5 dana i sada iznosi $21-5 = 16$ dana. Zbog skraćivanja aktivnosti (3, 6) troškovi se povećavaju za $5*40000 = 200\ 000$ n.j. Ukupni troškovi sada iznose $4\ 100\ 000 + 200\ 000 = 4\ 300\ 000$ n.j. Nakon ovoga skraćivanja pojavljuje se mrežni dijagram s dva kritična puta: (1, 3), (3, 6) i (1, 2), (2, 5), (5, 6) s istim vremenom trajanja od 16 dana.



Prema ranije navedenoj preporuci, skraćivanje se mora izvršiti na oba kritična puta za isti broj dana.

Iz tablice i mrežnog dijagrama vidimo da se aktivnost (1, 3) može skratiti za 3 dana na kritičnom putu (1, 3), (3, 6). Jednako se skraćivanje može dobiti na kritičnom putu (1, 2), (2, 5), (5, 6) i to za 1 dan aktivnost (1, 2) i 2 dana za aktivnost (2, 5). Aktivnost (5, 6) ne može se skratiti.

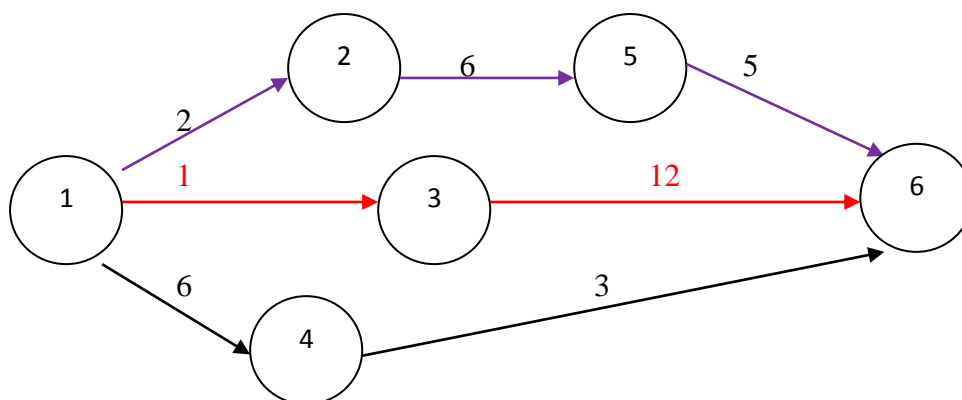
Dakle, projekt će poslije ovog drugog skraćivanja trajati 13 dana.

Izračunajmo troškove:

- aktivnost (1, 3) skraćuje se za 3 dana, pa će dodatni trošak biti $3*100\ 000 = 300\ 000$ n.j.
- aktivnost (1, 2) skraćuje se za 1 dan pa izaziva dodatne troškove od $1*50\ 000 = 50\ 000$ n.j.
- aktivnost (2, 5) skraćuje se za 2 dana pa su dodatni troškovi $2*70\ 000 = 140\ 000$ n.j.

Ukupni troškovi su: $4\ 300\ 000 + 300\ 000 + 50\ 000 + 140\ 000 = 4\ 790\ 000$ n.j.

Ujedno je završeno skraćivanje vremena trajanja čitavog projekta, jer na kritičnom putu nema više niti jedne aktivnosti koja bi se mogla skratiti. Odgovarajući mrežni dijagram je:



Dakle, uz dodatne troškove od 690 000 n.j. postiže se skraćivanje projekta s 21 na 13 dana.

PERT metoda služi za određivanje trajanja projekta kad ne znamo koliko će aktivnosti unutar projekta trajati. Složenija je metoda od CPM metode, a analize ove metode se zasnivaju na procjeni vremena trajanja aktivnosti. Bitna analiza je i analiza troška koja se koristi za određivanje troškova svake aktivnosti kao i cjelokupnog projekta. Pomoću ove analize se optimiziraju troškovi unutar projekta.

4. Analiza projekta CPM i PERT metodama na primjeru projekta Foster Children Rights

4.1. Općenito o projektu

Projekt Foster Children Rights – Promicanje prava male djece s teškoćama u razvoju i njihovih obitelji započeo je s provedbom 1. studenog 2015. godine. Trajanje projekta je 18 mjeseci, odnosno do 30. travnja 2017. godine. Nositelj navedenog projekta je udruga Društvo „Naša djeca“ Zadar, a partneri na projektu su Grad Zadar, Agencija za razvoj Zadarske županije ZADRA NOVA, Zadarska županija, Caritas Zadarske nadbiskupije, Udruga Maraške te Volonterski centar. Projekt se sufinancira od strane programa IPA 2012 i njegova ukupna vrijednost projekta je 130.186,90 EUR-a, od čega 123.409,90 EUR-a je od strane navedenog programa, a ostatak od 6.777 EUR-a dijele Grad Zadar i Zadarska županija.

Glavni cilj projekta je osigurati učinkovitu provedbu standarda EU u provedbi prava male djece s teškoćama u razvoju i njihovih obitelji u Zadarskoj županiji. Specifični ciljevi nastoje osigurati da organizacije civilnog društva i jedinice lokalne i regionalne samouprave budu ravnopravni partneri u osiguravanju dosljedne provedbe prava male djece s teškoćama u razvoju i njihovih obitelji u Zadarskoj županiji kroz obrazovanje i institucionalnu koordinaciju svih relevantnih dionika. Također, u specifični cilj projekta spada i jačanje suradnje između organizacija civilnog društva, stručnjaka koji rade s malom djecom s teškoćama u razvoju i lokalne i regionalne samouprave kako bi se naglasila potreba za pravilnim tretmanom male djece s teškoćama u razvoju i članova njihovih obitelji te za podizanje svijesti o ovoj temi na regionalnom nivou.

4.2. Analiza projektnih aktivnosti

Kao što je gore već navedeno, projekt će trajati 18 mjeseci. Kroz navedenih 18 mjeseci predviđena su četiri radna paketa unutar čijih će se aktivnosti pokušati ostvariti gore napisani specifični i glavni cilj. Svaki od paketa unutar svojih aktivnosti ima i podaktivnosti. U nastavku će se obrazložiti svaki radni paket i njihove aktivnosti. Radni paket se stručno piše

WP što znači work package. U navedenom projektu postoje 4 radna paketa. WP 1 se zove partnerstvo i projektno vođenje.

WP 1 se dijeli na WP 1.1.1 čije su aktivnosti česti sastanci projektnog tima, zatim 1.1.2 održavanje početne ili Kick – off konferencije te 1.1.3 koju čini održavanje finalne konferencije. WP 1 se proteže kroz cijelo trajanje projekta, odnosno svih 18 mjeseci, jer se projektni tim mora nalaziti minimalno jednom mjesečno.

WP 2 je malo kompleksniji radni paket u odnosu na prvi, te se naziva uspostava Koordinacijskog tijela Zadarske županije za promociju prava male djece s teškoćama u razvoju i njihovih obitelji. Ovaj radni paket se dijeli na više aktivnosti. Tako u WP 2.1 imamo osnivanje navedenog tijela, dok u WP 2.2 nakon što je osnovano Koordinacijsko tijelo imamo kreiranje smjernica za provedbu prava male djece s poteškoćama na lokalnom nivou unutar navedenog tijela. WP 2.3 također se bavi smjericama za informiranje obitelji djece s poteškoćama u razvoju koje opet mora donijeti Koordinacijsko tijelo. WP 2.4 nema veze s Koordinacijskim tijelom, taj radni paket služi za ugovaranje vanjskog stručnjaka koji će kreirati bazu djece s poteškoćama u razvoju za potreba kabineta Rane intervencije. Zadnja aktivnost u ovom paketu naziva se WP 2.5 Uspostava udruge Rana intervencija Zadarske županije. Ovdje će se uspostaviti navedena udruga koja će služiti za potrebe rane intervencije. Radni paket 2 počinje u 2. mjesecu provedbe projekta i traje do 6. mjeseca provedbe projekta.

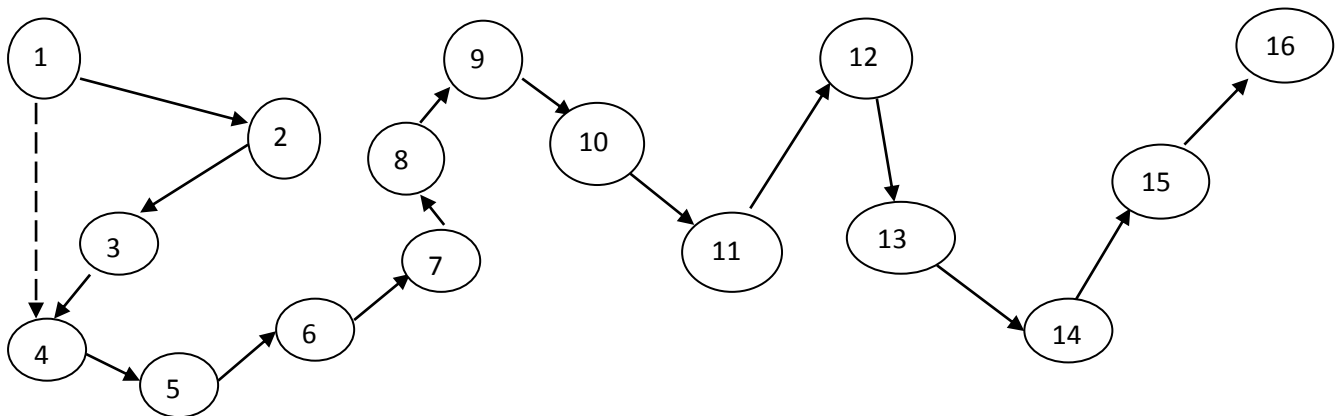
Radni paket 3 odnosno WP 3 se bavi održavanjem radionica preko kojih se pokušava podići svijest građana i obitelji djece s poteškoćama u razvoju. Službeni naziv radnog paketa je Jačanje kapaciteta članova organizacija civilnog društva obitelji djece s teškoćama u razvoju i stručnjaka koji rade s djecom s teškoćama u razvoju i njihovih obitelji. U radnom paketu 3.1 organizirati će se radionice za pedijatre, tu su predviđene dvije radionice. U radnom paketu 3.2 organizirati će se radionice za stručnjake koji rade s djecom s poteškoćama, a predviđene su tri radionice. Zadnji paket aktivnosti u radnom paketu 3, naziva 3.3 se bavi radionicama za obitelji djece s poteškoćama. Ovdje je predviđeno šest radionica. Radni paket 3 počinje u 6. mjesecu provedbe projekta, a završava u 10. mjesecu provedbe projekta.

Zadnji radni paket projekta, naziva WP 4 Podizanje svijesti o pravima i potrebama djece s poteškoćama u razvoju i njihovih obitelji, bavi se kao što ime u nazivu kazuje, podizanjem svijesti javnosti. To će se ostvariti kroz sljedeće aktivnost. WP 4.1 Okrugli stol o pravima

djece s teškoćama u razvoju, WP 4.2 Proslava internacionalnog dana djedova i baka te WP 4.3 Dan igre, su vrlo slični, te imaju za cilj okupiti što veći broj ljudi kako bi im se ukazalo na potrebe i prava male djece s teškoćama u razvoju. U radnom paketu 4.4 će se proizvesti DVD-i te će biti distribuirani u razne vrtiće, bolnice i slične ustanove. Za ispunjavanje radnog paketa 4.5 kreirat će se Facebook stranica projekta, dok će se kroz radni paket 4.6 kreirati logo projekta, razni promo-materijali i slično, koji će služiti promociji projekta. Radni paket 4 počinje u 2. mjesecu provedbe projekta i traje do kraja projekta.

4.3. Mrežni dijagram projekta

U nastavku ovog poglavlja, prikazuje se mrežni dijagram projekta Foster Children Rights, slijedom prethodno navedenih aktivnosti u poglavlju 4.2.



Aktivnost iz radnog paketa 1 i pod rednim brojem 1 je osnivanje projektnog tima i organizacija Početne konferencije koja ukazuje na početak provedbe projekta. Nakon uspostave projektnog tima kreće se prema ostalim radnim paketima 2, 3 i 4. Prema tijeku aktivnosti nakon osnivanja projektnog tima odmah se kreće u medijsku kampanju (2) i kreiranje Facebook stranice za potrebe projekta (3). Odmah na početku osniva se i Koordinacijsko tijelo Zadarske županije, aktivnost broj 4, koji je zadužen za izradu dvije vrste smjernica koje su pod aktivnostima broj 5 i 6 u mrežnom dijagramu gore. Kad se obave smjernice, izrađuje se baza podataka (aktivnost 7) te se osniva udruga (aktivnost 8). Nakon

aktivnosti iz radnog paketa 2, ispunjavaju se aktivnosti iz radnog paketa 3 odnosno aktivnosti pod rednim brojem 9, 10 i 11. Nastavno na radionice odrađuju se aktivnosti iz radnog paketa 4, odnosno okrugli stol (aktivnost broj 12), proslava dana djedova i baka (aktivnost broj 13), dan igre (aktivnost broj 14), te produkcija DVD-ova (aktivnost broj 15), Nakon završetka izrade DVD-ova, organizira se Završna konferencija projekta koja ukazuje na kraj projekta.

4.4. Određivanje trajanja projekta CPM metodom

S obzirom na gore navedene aktivnosti te ostale ulazne podatke, kreće se u izradu procjene minimalnog i maksimalnog trajanja pojedine aktivnosti unutar projekta. U tablici u nastavku, prikazuje se aktivnost, opis aktivnosti, procijenjeno vrijeme trajanja aktivnosti (u tjednima), te aktivnost koja prethodi promatranj aktivnosti.

Tablica 2: Opis i procijenjeno vrijeme trajanja aktivnosti

Aktivnost	Opis aktivnosti	Procijenjeno vrijeme trajanja aktivnosti (u tjednima)	Aktivnost koja prethodi promatranj aktivnosti
1	<i>Uspostava projektnog tima i početna konferencija</i>	4	-
2	<i>Kreiranje i upravljanje društvenim medijima za projektnu promociju</i>	4	A
3	<i>Medijska kampanja o jačanju prava male djece s teškoćama u razvoju</i>	8	B
4	<i>Uspostava Koordinacijskog tijela Zadarske županije</i>	8	A,C
5	<i>Izrada smjernica za provedbu prava male djece s poteškoćama u razvoju</i>	8	D
6	<i>Izrada smjernica za informiranje obitelji s djecom s poteškoćama u razvoju</i>	8	E
7	<i>Izrada baze podataka za djecu s poteškoćama u razvoju</i>	4	F

8	<i>Uspostava Udruge za ranu intervenciju</i>	8	G
9	<i>Radionice za pedijatre</i>	2	H
10	<i>Radionice za stručnjake koji rade s djecom s poteškoćama</i>	2	I
11	<i>Radionice za obitelji djece s poteškoćama</i>	2	J
12	<i>Okrugli stol o pravima djece s poteškoćama</i>	2	K
13	<i>Proslava dana djedova i baka</i>	2	L
14	<i>Dan igre</i>	2	M
15	<i>Izrada DVD-a za podizanje svijesti o potrebama djece s teškoćama u razvoju</i>	8	N
16	<i>Završna konferencija(kraj projekta)</i>	0	O

Nadalje, radi se tablica s izračunanim vremenima: najraniji početak aktivnosti $t_i^{(0)}$, najraniji završetak aktivnosti $t_j^{(0)}$, najkasniji početak aktivnosti $t_i^{(1)}$ te najkasniji završetak aktivnosti $t_j^{(1)}$ za svaku pojedinu aktivnost (Tablica 3.).

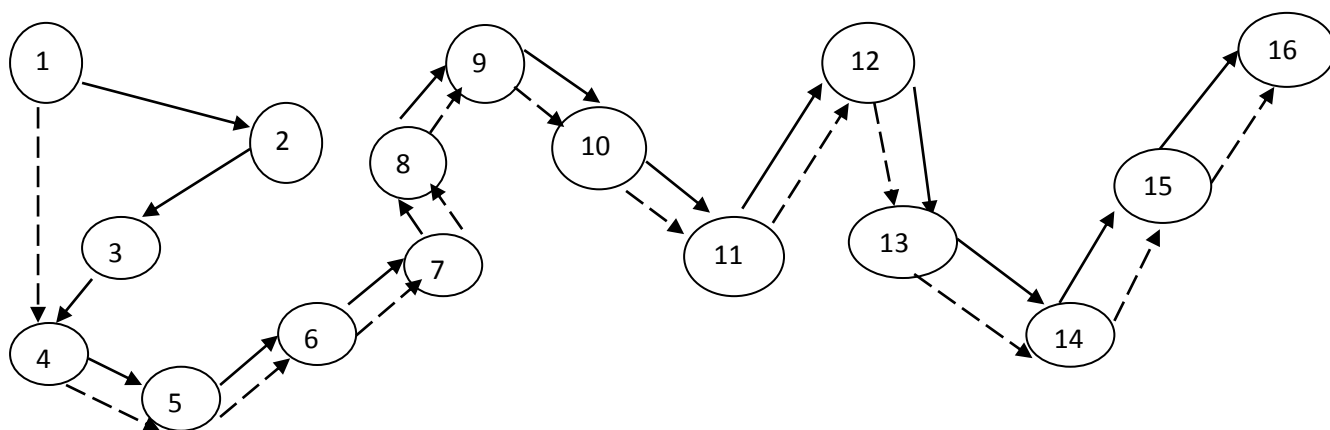
Tablica 3. Popis najranijeg i najkasnijeg početka te najranijeg i najkasnijeg završetka aktivnosti

i-j	t_{ij}	$t_i^{(0)}$	$t_j^{(0)}$	$t_i^{(1)}$	$t_j^{(1)}$
1-2	4	0	4	0	4
2-3	4	4	8	4	8
1-4	0	0	8	0	8
3-4	8	8	16	8	16
4-5	8	16	24	16	24
5-6	8	24	32	24	32
6-7	8	32	40	32	40
7-8	4	40	44	40	44

8-9	8	44	52	44	52
9-10	2	52	54	52	54
10-11	2	54	56	54	56
11-12	2	56	58	56	58
12-13	2	58	60	58	60
13-14	2	60	62	60	62
14-15	2	62	64	62	64
15-16	8	64	72	64	72

Iz tablice se izrađuje mrežni dijagram po ranije opisanim pravilima unošenja pojedinih vremenskih vrijednosti, te se uočava i ističe kritični put projekta. Na mrežnom dijagramu uočavamo kako postoje dva kritična puta, kritični put 1 je prikazan sa \longrightarrow dok je kritični put 2 prikazan sa \dashrightarrow , odnosno kritični put 1 predstavlja relaciju 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16, dok kritični put 2 predstavlja relaciju 1-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16.

Dva kritična puta postoje iz razloga što su sve aktivnosti kritične aktivnosti, odnosno za svaku aktivnost vrijedi: $t_{ij} = t_j^{(1)} - t_i^{(0)}$.



Rješenje ovog primjera je da su potrebna 72 tjedna, odnosno 18 mjeseci kako bi se završio projekt sa izvedenim svim aktivnostima, jer su sve aktivnosti ujedno i kritične te se nalaze na kritičnom putu.

4.5. Određivanje trajanja projekta tehnikom PERT

Nakon određivanja trajanja projekta CPM metodom na red dolazi određivanje trajanja projekta tehnikom PERT. Kao što je već prikazano za CPM metodu, a radi lakšeg razumijevanja, u nastavku se također prikazuje opis i procijenjeno trajanje aktivnosti.

Tablica 4: Opis i procijenjeno vrijeme trajanja aktivnosti

Aktivnost	Opis aktivnosti	Procijenjeno vrijeme trajanja aktivnosti (u tjednima)	Aktivnost koja prethodi promatranoj aktivnosti
1	<i>Uspostava projektnog tima i početna konferencija</i>	4	-
2	<i>Kreiranje i upravljanje društvenim medijima za projektnu promociju</i>	4	A
3	<i>Medijska kampanja o jačanju prava male djece s teškoćama u razvoju</i>	8	B
4	<i>Uspostava Koordinacijskog tijela Zadarske županije</i>	8	A,C
5	<i>Izrada smjernica za provedbu prava male djece s poteškoćama u razvoju</i>	8	D
6	<i>Izrada smjernica za informiranje obitelji s djecom s poteškoćama u razvoju</i>	8	E
7	<i>Izrada baze podataka za djecu s poteškoćama u razvoju</i>	4	F
8	<i>Uspostava Udruge za ranu intervenciju</i>	8	G
9	<i>Radionice za pedijatre</i>	2	H
10	<i>Radionice za stručnjake koji rade s djecom s poteškoćama</i>	2	I
11	<i>Radionice za obitelji djece s poteškoćama</i>	2	J
12	<i>Okrugli stol o pravima djece s</i>	2	K

	<i>poteškoćama</i>		
13	<i>Proslava dana djedova i baka</i>	2	L
14	<i>Dan igre</i>	2	M
15	<i>Izrada DVD-a za podizanje svijesti o potrebama djece s teškoćama u razvoju</i>	8	N
16	<i>Završna konferencija(kraj projekta)</i>	0	O

Nakon opisa i procijenjenog vremena trajanja aktivnosti u nastavku se kreira nova tablica vremenskih rezervi.

Tablica 5: Ukupne, slobodne i nezavisne vremenske vrijednosti

i-j	t_{ij}	$t_i^{(0)}$	$t_j^{(0)}$	$t_i^{(1)}$	$t_j^{(1)}$	S_{ij}^t	S_{ij}^s	S_{ij}^n
1-2	4	0	4	0	4	0	0	0
2-3	4	4	8	4	8	0	0	0
1-4	0	0	8	0	8	8	8	8
3-4	8	8	16	8	16	0	0	0
4-5	8	16	24	16	24	0	0	0
5-6	8	24	32	24	32	0	0	0
6-7	8	32	40	32	40	0	0	0
7-8	4	40	44	40	44	0	0	0
8-9	8	44	52	44	52	0	0	0
9-10	2	52	54	52	54	0	0	0
10-11	2	54	56	54	56	0	0	0
11-12	2	56	58	56	58	0	0	0
12-13	2	58	60	58	60	0	0	0
13-14	2	60	62	60	62	0	0	0

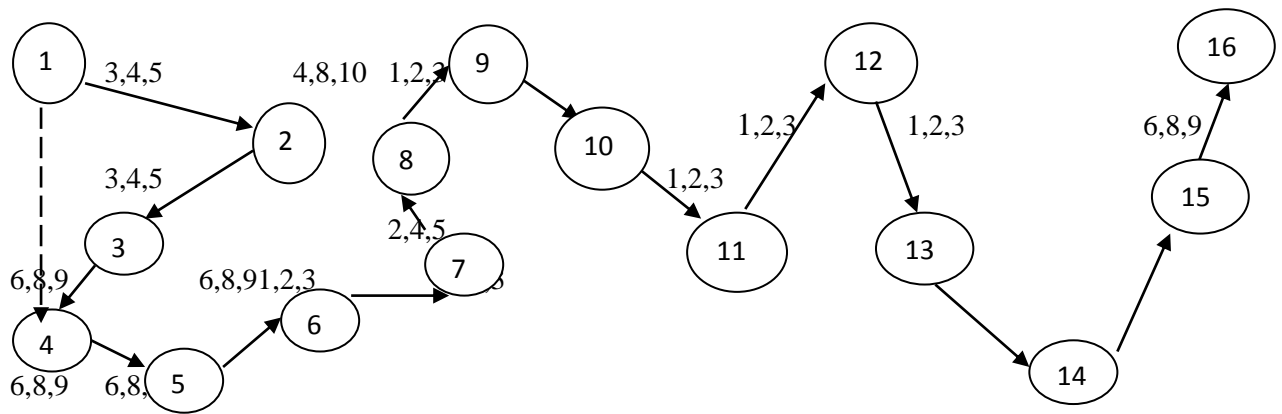
14-15	2	62	64	62	64	0	0	0
15-16	8	64	72	64	72	0	0	0

Sljedeći korak predstavlja analizu vremena, za koju treba izraditi tablicu s vrijednostima normalnog, pesimističnog i optimističnog trajanja aktivnosti, koje su temeljene na procjenama, te očekivanog vremena. Uz to će se i prikazati kolika je vjerojatnost da projekt bude izvršen u planiranom roku.

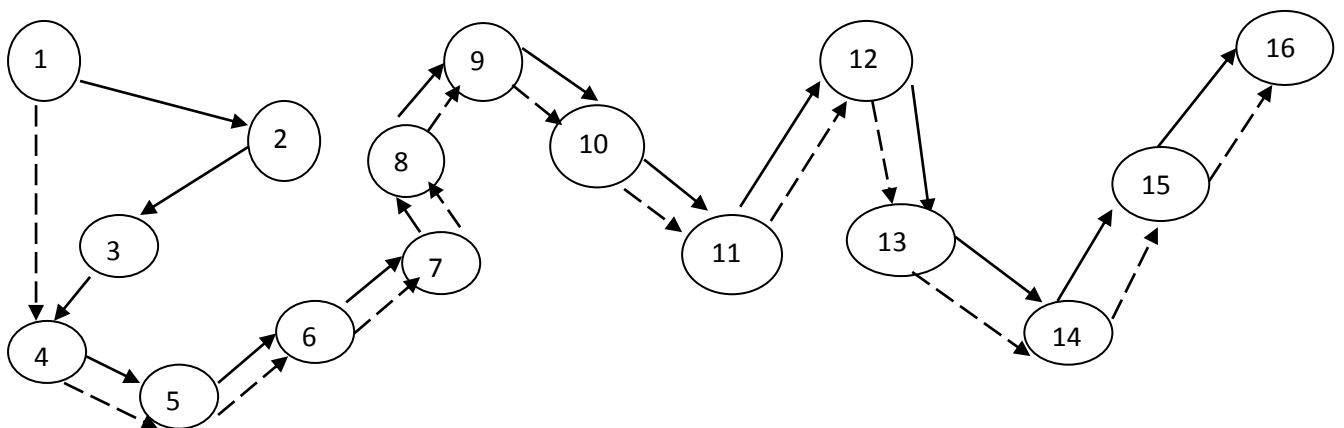
Tablica 6: Prikaz očekivanog vremena i varijacije

Aktivnost	a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}	$t_{e(ij)}$	σ_{ij}^2
1-2	3	4	5	4	0,11
2-3	3	4	5	4	0,11
1-4	0	0	0	0	0
3-4	6	8	9	7,83	0,25
4-5	6	8	9	7,83	0,25
5-6	6	8	9	7,83	0,25
6-7	6	8	9	7,83	0,25
7-8	2	4	5	3,83	0,25
8-9	4	8	10	7,67	1
9-10	1	2	3	2	0,11
10-11	1	2	3	2	0,11
11-12	1	2	3	2	0,11
12-13	1	2	3	2	0,11
13-14	1	2	3	2	0,11
14-15	1	2	3	2	0,11
15-16	6	8	9	7,83	0,25

Iz podataka u tablici izrađuje se Dijagram s prikazom optimističnog, najpoželjnijeg i pesimističnog trajanja aktivnosti pomoću kojeg se radi analiza vremena.



Sljedeći korak je određivanje kritičnog puta, koji se prikazuje na dijagramu dolje.



Kao i kod rješavanja CPM metodom, na dijagramu gore uočavamo kako postoje dva kritična puta. Kritični put 1 je prikazan sa \longrightarrow , dok je kritični put prikazan s \dashrightarrow , odnosno kritični put 1 predstavlja relaciju 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16, dok kritični put 2 predstavlja relaciju 1-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16.

Varijanca projekta računa se kao zbroj varijanci na kritičnom putu, odnosno varijanca trajanja projekta jednaka je zbroju varijance po kritičnom putu. Kako postoje dva kritična puta, dobit će se dvije varijance:

$$\sigma^2 = 0,11 + 0,11 + 0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,25 + 1 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,25 = 3,38$$

$$\sigma^2 = 0 + 0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,25 + 1 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,11 + 0,25 = 3,16$$

Za varijancu projekta se uzima veća varijanca, koja u ovom slučaju iznosi 3,38.

Nadalje, računa se vjerojatnost da projekt bude izvršen u predviđenom roku.

$$z = (72 - 70,65) / 1,84 = 0,7337$$

Prema ovom izračunu vjerojatnost završetka projekta u predviđenom vremenu iznosi 73,37 %.

Svaka od metoda koja se koristila pri računanju trajanja navedenog projekta ima svojih prednosti i nedostataka. U slučaju CPM metode prednost je svakako određivanje kritičnog puta te određivanje najranijeg i najkasnijeg početka te najranijeg i najkasnijeg završetka aktivnosti. Nedostatak je u ovom slučaju nemogućnost točnog procjenjivanja trajanja aktivnosti. PERT metoda se preporuča za ovaj projekt iz razloga što daje analizu vremena, prikazuje očekivano vrijeme te određuje varijacije odnosno vjerojatnost završetka projekta. Iako je za navedeni projekt bolja odnosno preporučena metoda, PERT metoda također ima nedostatke, koji su u ovom slučaju bili subjektivne procjene optimističnog, pesimističnog i najvjerojatnijeg vremena trajanja aktivnosti.

5. Rasprava

Predmet ovog istraživanja je računanje trajanja projekta, odnosno pojam projekta te metode koje se koriste za izračun vremena trajanja. U današnje vrijeme potrebno je biti što točniji i precizniji u svim poslovnim segmentima, kako bi se opstalo na konkurentnom tržištu. Stoga je jako važno određivanje trajanja projekata, odnosno njihovo planiranje. Iz tog razloga proučavanje značenje projekta, te metoda za izračun istih postalo je zanimljiv predmet istraživanja u ovom radu.

U prvom poglavlju koji dolazi nakon uvoda, govori se općenito o projektima, ukazuje se na značaj u njihovom planiranju te se prikazuje povijest i metode koje mogu doprinjeti navedenom planiranju. Isto tako za projekte koje nisu zahtjevni, kao preporuka se spominje Gantogram, koji je unatoč prikazanim nedostacima i dalje jako zastupljen.

Drugo poglavlje bavi se CPM metodom, odnosno metodom kritičnog puta. Kao što i samo ime govori, glavna bit ove metode je identificirati kritični put u projektu i na taj način saznati koliko projekt može trajati. Osim već navedenog kritičnog puta i njegovog određivanja u poglavlju se mogu vidjeti osnovni pojmovi, izračun aktivnosti po vremenskom parametru, zatim se govori o vremenskim rezervama koje su jako bitne u određivanju trajanja aktivnosti te o upotrebi mrežnog dijagrama.

Nakon CPM metode, dolazi PERT metoda, odnosno tehnika procjene i revizije programa. Cijelo poglavlje se bavi navedenom metodom u što ulazi analiza same metode, analiza vremena, očekivanja vremenske rezerve i vjerojatnost nastanka događaja. Za kraj poglavlja spominje se analiza troška, odnosno PERT COST. Naime, izračun troškova nezaobilazan je element prilikom planiranja projekta i temeljem njega izvođač odlučuje hoće li pokrenuti projektnu izvedbu. Određivanje projektnih troškova podrazumijeva troškovnu analizu za svaku aktivnost, određivanje zavisnosti troškova i vremena za svaku aktivnost, te proračun ukupnih troškova projekta i njihovu optimizaciju. Kao što i sam naziv kaže, PERT/COST tehnika procjeni i reviziji projekta dodaje i troškovnu analizu.

Zadnje poglavlje je ostalo za analizu projekta CPM i PERT metodom. Na primjeru projekta su prikazane obje metode, njihov izračun, upotreba mrežnog dijagrama i sve što se u prethodnim poglavljima prikazalo.

Na kraju rasprave, može se zaključiti kako je cilj istraživanja ispunjen, odnosno da je rad na temelju unaprijed određenih istraživačkih pitanja dao odgovor.

6. Zaključak

Planiranje projekata ima značajnu ulogu u poslovanju svake projektno orijentirane organizacije. Važno je odrediti trajanje svake pojedine aktivnosti unutar projekta kako bi se kvalitetno rasporedili financijski i ljudski resursi. Loše planiranje i organizacija može dovesti do velikih poteškoća pri provedbi projekata. Kako bi se navedeni problemi zaobišli, vrhunski menadžeri se u sve većem broju služe tehnikama mrežnog planiranja kao glavnog alata koji se koristi u svrhu planiranja projekta.

Najznačajnije i najpoznatije metode mrežnog planiranja su: metoda kritičnog puta (CPM) i tehnike za procjenu i reviziju programa (PERT). Osim navedenih, jako zastupljena tehnika planiranja je gantogram. Gantogram je tablično-grafički prikaz aktivnosti projekta. Za razliku od CPM i PERT metode, koji su mrežni planovi, Gantogram je linijski. Glavne prednosti ove tehnike su logičnost, jednostavnost u korištenju i planiranju. Uz mnoge prednosti, gantogram ima i nedostatke kao što su teško prikazivanje međuovisnosti dviju aktivnosti, pri konstrukciji velikih projekata potreban je velik broj ponavljanja crteža i praćenje stalnih promjena.

Glavna bit Metode kritičnog puta (CPM) je identificiranje kritičnog puta, iz čega se dobije točna informacija o tome koliko je vremena potrebno da se završi projekt. Odnosno, pokazuje veze između aktivnosti (zadataka), predviđa očekivano vrijeme trajanja svake pojedine aktivnosti u projektu, izračunava vjerojatnost završetka u roku, određuje optimalno vrijeme trajanja projekta i količinu troškova. Uz velike prednosti korištenja metode, javljaju se određene poteškoće. Primjerice CPM daje prikaz potrebnih (a ne dostupnih) resursa za izvršenje svake aktivnosti, nepouzdana je na praktičnoj razini raspoređivanja u ponavljajućim projektima, a često se događa i slučaj prenatrpanosti informacija.

Tehnika za procjenu i reviziju programa (PERT) također određuje ukupno vrijeme potrebno za završiti projekt s velikom točnošću, a uz to identificira one aktivnosti o kojima ovisi procijenjeno vrijeme te njihovo vrijeme trajanja. U ranim fazama određuje najučinkovitiju metodu ubrzanja programa i daje mogućnosti brzog uočavanja i reagiranja na probleme. Nedostaci PERT metode su: nesigurnosti procjene optimističnog, najvjerojatnijeg i pesimističnog vremena trajanja aktivnosti, dužina i varijanca trajanja aktivnosti izračunane

pomoću jednadžbi su procjene stvarne dužine i varijance beta distribucije, koje ne moraju uvijek biti točne, te PERT uzima u obzir samo kritični put kao vjerojatno vrijeme završetka.

U primjeru projekta koji se nalazi u 4. poglavlju ovog rada korištene su gore navedene metode. U ovom slučaju prednost se daje PERT metodi iz razloga što daje analizu vremena, prikazuje očekivano vrijeme te određuje varijacije, odnosno vjerojatnost završetka projekta. Iako je za navedeni projekt preporučena metoda, PERT također ima nedostatke, koji su u ovom slučaju bili subjektivne procjene optimističnog, pesimističnog i najvjerojatnijeg vremena trajanja aktivnosti.

Tehnika mrežnog planiranja ima pregršt, ali se sve uglavnom temelje na metodama CPM i PERT. Metoda PERT se dosta usavršava te su njene novije verzije TANES (Task network Scheduling) kao shema za analizu mrežnih planova, GERT ("Graphical Evaluation and Review Technique") koja omogućuje probabilistički tretman i mrežnoj logici i procjeni trajanja aktivnosti. Tu su još i CPS (Critical Path Scheduling), tj. sinkronizacija pomoću kritičnog puta; RAMPS (Resource Allocation and Multi-Project Scheduling), tj. alokacija resursa i sinkronizacija više projekata; GAN (Generalisation Activity Networks), tj. mreža za generalizaciju aktivnosti i sl.

7. Literatura

- [1] Bastijanić, M., Mataija, M., Rakamarić Šegić, M., (2013.), *Matematičke metode u funkciji analize i ocjene poslovanja poduzeća Kava Santos d.o.o.*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, str. 217, 218, <raspoloživo na: http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=151918>, [pristupljeno 07. ožujka, 2016.] {str. 27}
- [2] Brandenberger, J., Konrad, R., (1970), *Tehnika mrežnog planiranja*, Zagreb: Tehnička knjiga. {str. 8, 10, 18, 20, 21, 29}
- [3] Burgber, P. H., (1964.), *PERT and the auditor*, *Accounting Review*, Vol. 39, No. 1, str. 104, <raspoloživo na: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/7106861/pert-auditor>>, [pristupljeno 20. veljače, 2016.] {str. 23}
- [4] Burke, R., (2004), *Project management: planning and control techniques. 4. Izdanje*, US: Chichester, Wiley. {str. 4}
- [5] Davies, M., Clarke, I., *A framework for network planning*, *International Journal of Retail & Distribution Management*, 1994., str. 10, <raspoloživo na: <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/09590559410070259>>, [pristupljeno 20. rujna, 2015.] {str. 7}
- [6] Dvir, D., Lechler, T., (2004) „*Plans are nothing, changing plans is everything: the impact of changes on project success*“, *ResearchPolicy*, 33(1), str. 3, <raspoloživo na: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.203.4169&rep=rep1&type=pdf>>, [pristupljeno 1. listopada, 2015.] {str. 5}
- [7] Gido, J., Clements J., (2003), *Successful Project Management, 2. Izdanje*, US: Mason (Ohio). {str. 4}
- [8] Grubbs, 1962. i Modr i sur., 1983., kako je navedeno u radu: Wayne, D., Cottrell, P. E., (1999.), *Simplified program evaluation and review technique (PERT)*, *Journal of*

- Construction Engineering & Management, Vol. 125, No. 1, str. 17.-18, <raspoloživo na:
https://www.researchgate.net/publication/245283320_Simplified_Program_Evaluation_and_Review_Technique PERT>, [pristupljeno 8. veljače, 2016.] {str. 24}
- [9] Guner, M., Yucel, O., (2007.) *Određivanje odnosa vremena ciklusa i izvršnog vremena u linijama za proizvodnju odjeće*, Tekstil., str. 318, 319, <raspoloživo na:
<http://hrcak.srce.hr/22888>>, [pristupljeno 10. listopada, 2015.] {str. 8, 16}
- [10] Jovanović, I., (n. d.), *Operaciona istraživanja – Dopuna 2: Mrežno planiranje* {str. 7}
- [11] Mihailović, B., Cvijanović, D., Hamović, V., (2011.), *Menadžment koncepti i tehnike kao podrška poslovnom odlučivanju preduzeća*, Škola biznisa, Broj 1., str. 83, <raspoloživo na:
<http://www.vps.ns.ac.rs/SB/2011/5.7.pdf>>, [pristupljeno 18. prosinca, 2015.] {str. 12, 21}
- [12] Monhor, D. (2011.), *A new probabilistic approach to the path criticality in stochastic PERT*, Central European Journal of Operations Research, Vol. 19, No. 4, str. 615, <raspoloživo na:
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10100-010-0151-x#page-1>>, [pristupljeno 11. studenog, 2015.] {str. 15}
- [13] Oke, S.A., Charles-Owaba, O.E., *A sensitivity analysis of an optimal Gantt charting maintenance scheduling model*, International Journal of Quality & Reliability Management, 2006., str. 199, <raspoloživo na:
<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/02656710610640952>>, [pristupljeno 10. listopada, 2015.] {str. 7}
- [14] Omazić, M. A., Baljkas, S., (2005.), *Projektni menadžment*, Zagreb: Sinergija nakladništvo d.o.o. {str. 14}
- [15] Project Management Institute, (2008), *Vodič kroz znanje o upravljanju projektima*, Zagreb: Mate. {str. 3, 5}

- [16] Radošević, D., (1991.), *Petri mreže i njihov odnos prema drugim poznatim mrežnim tehnikama*, Journal of Information and Organizational Sciences, str. 173, <raspoloživo na: <http://hrcak.srce.hr/79915>>, [pristupljeno 1. studenog, 2015.] {str. 13}
- [17] Radujković, M., (2012.), *Planiranje i kontrola projekata*, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb. {str. 9}
- [18] Ross, W. R., (1966.), *Pert/Cost Resource Allocation Procedure*, Accounting Review, Vol. 41, No. 3, str. 465, <raspoloživo na: http://www.jstor.org/stable/pdf/244476.pdf?seq=1#page_scan_tab_contents>, [pristupljeno 10. ožujka, 2016.] {str. 29}
- [19] Sikavica, P., Novak, M., (1999.), *Poslovna organizacija*, Zagreb: Informator. {str. 10, 11, 12, 22}
- [20] Srivastava, U. K., Shenoy, G. V., Sharma, S. C., (2005.), *Quantitative Techniques for Managerial Decisions*, US: New Age international publishers. {str. 11}
- [21] Stilin A., Vičić Katalinić I.: *Struktura planiranja informatičkog projekta KIBIS*, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 1 (2013), str 113-131, <raspoloživo na: http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=152073>, [pristupljeno 1. listopada, 2015.] {str. 5, 10, 13}
- [22] Štambuk, Lj., (2005.) *Matematika sa statistikom*, Veleučilište u Rijeci {str. 30}
- [23] Tadin, H., (2007), *Projektni menadžement Vrednovanje rada i nagrađivanje učinka*, Zagreb: HIT A. {str. 3}
- [24] Varga, M., (1986.), *Proračun vremena mrežnog plana pomoću računala*, Journal of Information and Organizational Sciences, str. 159, 160, <raspoloživo na: <http://hrcak.srce.hr/80525>>, [pristupljeno 20. ožujka, 2016.] {str. 23, 24, 25}
- [25] Vuletić, G., (2010.), *Specifičnosti upravljanja projektima u građevinarstvu*, Montenegrin Journal of Economics, Vol. 6, No. 12, Podgorica, str. 169, <raspoloživo

- na: http://www.repec.mnje.com/mje/2010/v06-n12/mje_2010_v06-n12-a21.pdf},
[pristupljeno 30. ožujka, 2016.] {str. 25}
- [26] Wong, Y., (1964.), Critical Path Analysis for New Product Planning, Journal of Marketing, Vol. 28, No. 4., str. 54, <raspoloživo na: http://www.jstor.org/stable/1249571?seq=1#page_scan_tab_contents>, [pristupljeno 10. siječnja, 2016.] {str. 15}
- [27] Žugaj, M., Varga, M., (1987.), *O terminiranju proizvodnje pomoću elektroničkog računala*, Journal of Information and Organizational Sciences, str. 210-211, <raspoloživo na: <http://hrcak.srce.hr/80372>>, [pristupljeno 08. studenog, 2015.] {str. 12}

8. Calculating the project duration using the CPM and PERT methods

Abstract:

For the purpose of controlling and monitoring large projects, of a huge number of activities, there was a need for designing the systems that will help run this projects. Due to mentioned issues, it's recognized the importance of using such systems, therefor from the critical path method and project evaluation and review technique, are created many derived versions, depending on the specifications of the areas in which they are applied. Today, network planning techniques are successfully used in many areas of business: development, research, production, programming, analysis, organization, consulting. All relevant projects were planned with the help of two most represented methods, CPM and PERT. Besides mentioned, very represented method is Gantt chart, which is used for simpler projects. CPM and PERT techniques were also used on this study, on the project Foster Children Rights which is implementing in Zadar County. Gantt chart is also shown in the work. Main essence of the CPM method consists in identifying the critical path, because this path contains information on how long it takes to complete the project. PERT method is used in cases where we can not say with certainty how much will be the length and cost of certain activities in the project. The most significant difference between CPM and PERT methods is that PERT is taking into consideration the insecurity in the estimation of the time.

Key words: project, project planning, network planning, gantt chart, critical path method, program evaluation and review technique

9. Prilozi

Popis slika

Slika 1. Proces planiranja	str 6
Slika 2. Primjer Gantograma	str 14
Slika 3. Jednostavni tijek izrade majice kratkih rukava prema metodi CPM	str 16
Slika 4. Primjer aktivnosti	str 18
Slika 5. Vremenske rezerve.....	str 19
Slika 6. Primjer vremenskih točaka na navedenom događaju koji leži na kritičnom putu	str 21
Slika 7. Primjer elementa konstrukcije mrežnog dijagrama.....	str 22
Slika 8. Beta raspodjela s tri vremenske procjene trajanja aktivnosti	str 25
Slika 9. Graf analize troškova	str 30

Popis tablica

Tablica 1. Podaci za izračun metode PERT/COST	str 31
Tablica 2. Opis i procijenjeno vrijeme trajanja aktivnosti	str 37
Tablica 3. Popis najranijeg i najkasnijeg početka te najranijeg i najkasnijeg završetka aktivnosti	str 38
Tablica 4. Opis i procijenjeno vrijeme trajanja aktivnosti	str 40
Tablica 5. Ukupne, slobodne i nezavisne vremenske vrijednosti.....	str 41
Tablica 6. Prikaz očekivanog vremena i varijacije.....	str 42