

**ДГКМ**  
ДРУШТВО НА  
ГРАДЕЖНИТЕ  
КОНСТРУКТОРИ НА  
МАКЕДОНИЈА

Партизански одреди 24,  
П.Фах 560, 1001 Скопје  
Северна Македонија

**MASE**  
MACEDONIAN  
ASSOCIATION OF  
STRUCTURAL  
ENGINEERS

Partizanski odredi 24,  
P. Box 560, 1001 Skopje  
North Macedonia

ST - 9



mase@gf.ukim.edu.mk  
http://mase.gf.ukim.edu.mk

## ФАЗИ МРЕЖНО ПЛАНИРАЊЕ

Маријана ЛАЗАРЕВСКА<sup>1</sup>, Васко ГАЦЕВСКИ<sup>2</sup>

### АПСТРАКТ

Во современото градежништво не може да се замисли реализацијата на ниту еден посериозен проект без примената на методи за ефикасно и квалитетно планирање и контрола, кое подразбира користење на квалитетни методи на планирање и управување меѓу кои значајно место завземаат мрежните модели.

Процесот на планирање претставува квалитетната проценка на времето на траење на проектот. Основна цел на планирањето е обезбедување на заштеда, а за постигнување на истата неопходно е да се определи времетраењето на проектот кое зависи од времетраењата на сите активности кои се составен дел на проектот. Развиени се различни методи за управување со проекти, односно мрежни модели, од кои најмногу се применуваат: методата на критичен пат (*Critical Path Method – CPM*) и PERT метода (*Project Evaluation and Review Technique*).

Меѓутоа, во зависност од специфичноста на условите во кои се извршуваат определени градежни активности, понекогаш не може прецизно да се определи нивното времетраење. Од тука и произлегува потребата за примена на нови методи на планирање кои овозможуваат моделирање во услови на ризик и неизвесност.

Појавата на неизвесност и непрецизност кај времетраењата на градежните активности повлекува непрецизно определување на вкупното времетраење на реализација на проектот.

Примената на фази логиката во процесот на планирање и управување со градежните проекти овозможува анализа на времетраењата на градежните активности во услови на неизвесност и ризик. Основната претпоставка на оваа метода е дека времетраењето на активностите е изразено преку фази броеви.

Во овој труд се дадени основните поставки за фази мрежното планирање. Прикажан е и практичен пример за определување на критичен пат во фази мрежен план со помош на дефазификација на вклучените временски резерви.

*Клучни зборови: Фази логика; Мрежно планирање; Временски резерви; Дефазификација; Критичен пат.*

<sup>1</sup> Вон. проф. д-р, Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Република Северна Македонија, [marijana@gf.ukim.edu.mk](mailto:marijana@gf.ukim.edu.mk)

<sup>2</sup> Асистент м-р, Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Република Северна Македонија, [gacevski@gf.ukim.edu.mk](mailto:gacevski@gf.ukim.edu.mk)

## 1. ФАЗИ МРЕЖНО ПЛАНИРАЊЕ

Ефикасното и квалитетно управување и планирање на проекти, во современи услови, подразбира користење на квалитетни методи на планирање и управување меѓу кои значајно место завземаат мрежните модели.

Почетоците на развој на мрежните модели датираат уште од 19<sup>от</sup> век кога е забележана нивната примена за потребите на планирање и контрола на долгорочни и сложени проекти, пред сè воени проекти. На почетокот мрежните модели се користеле за планирање и контрола на времето кај проектите, а нешто подоцна почнале да се применуваат и за планирање и контрола на трошоци и ресурси. Во современото градежништво не може да се замисли реализацијата на ниту еден посериозен проект без примената на методи за ефикасно и квалитетно планирање и контрола.

Основна цел на планирањето е обезбедување на заштеда, а за постигнување на истата неопходно е да се определи времетраењето на проектот кое зависи од времетраењата на сите активности кои се составен дел на проектот. Од тука произлегува заклучокот дека целта на процесот на планирање е квалитетната проценка на времето на траење на проектот [5], [11]. Развиени се различни методи за управување со проекти, односно мрежни модели, од кои најмногу се применуваат: методата на критичен пат (Critical Path Method – CPM) и PERT метода (Project Evaluation and Review Technique). Двете методи се карактеризираат со графичко претставување на проектот преку соодветно ориентирана мрежа составена од основни елементи како што се: активности, настани, времетраења, трошоци, ресурси итн. CPM и PERT методата се применуваат за анализа на времето на реализација на проектот, но успешно може да се користат и за анализа на трошоци и ресурси со соодветни концептуални прилагодувања и измени.

CPM методата се употребува во оние случаи кога е познато времетраењето на проектните активности, или пак кога истото може прецизно да се определи. После определувањето на времето на одделните проектни активности, на лесен и едноставен начин може да се пресмета вкупното време потребно за реализација на проектот. Класичната CPM метода датира од 1957 година и за прв пат била применета за потребите на хемиската индустрија [5], [10].

Во оние случаи кога времетраењето на активностите не е познато, или истото не може еднозначно да биде определено, се употребува PERT методата. PERT методата се применува за планирање на истражувачки проекти, односно проекти кои се составени од активности чие времетраење има случаен карактер (стохастички карактер). Основната карактеристика на оваа метода е проценката на три вредности за времетраење на проектните активности: оптимистичко, нормално и песимистичко времетраење, што претставува основа за пресметка на вкупното време потребно за реализација на проектот. Проценката на трите вредности на времетраењето на активностите ја вршат стручни лица базирајќи се на сопственото знаење, искуство и достапност на расположиви информации [10], [11].

Развојот на нови мрежни модели произлегол од неопходноста за решавање на проблеми кои не можеле да се решат преку претходно наведените техники на мрежно планирање. Карактеристична е појавата на две нови методи: GERT (Graphical Evaluation and Review Technique) и VERT (Venture Evaluation and Review Technique) кои се значајни бидејќи овозможуваат замена на детерминистичката структура на мрежата со стохастичка структура. Стохастичката мрежа ја сочинуваат активности и настани чие времетраење, трошоци и ресурси има стохастички карактер. Со GERT методата се анализира времето и трошоците во услови на неизвесниот, додека пак VERT методата ја вклучува и анализата на нивното извршување [11], [11]. Предноста на овие методи се согледува во можноста за симулација на идните настани врз база на моменталните основи со што се добива увид во веројатноста на случување на определен настан, што е особено значајно во процесот на планирање на проектите.

Класичната метода на критичен пат (CPM) се карактеризира со детерминистичко изразување на времетраењето на активностите во мрежниот план. Кога станува збор за планирање на проекти од областа на градежништвото особено е тешко, а во некои случаи дури и невозможно, точно да се предвидат или определат времетраењата на одредени проектни активности [10], [11].

Иако PERT методата се базира на теоријата на веројатност со што се очекувало да се надминат недостатоците на CPM методата, сепак и таа не многу применлива во градежништвото. Основна причина за тоа е фактот што во градежништвото не постојат официјални нормативи кои се добиени преку статистичка обработка на податоци и преку кои би се определувало времетраењето на сите градежни активности, ниту пак може точно и прецизно да се дефинира нивното оптимистичко, нормално и песимистичко времетраење [12], [14].

Појавата на неизвесност и непрецизност кај времетраењата на градежните активности повлекува непрецизно определување на вкупното времетраење на реализација на проектот. Познато е дека времетраењето на градежните активности најчесто, во праксата, се определува врз основа на официјалните градежни норми на време. По дефиниција, градежна норма на време за некоја активност е всушност времето кое е потребно за квалификуван работник од соодветна струка, по точно определена постапка и редослед на работните операции, со соодветен тип на материјал, алат и машини, во нормални услови на опкружување, при нормална работа и замор, да изврши точно определена работа. Токму од тука произлегува заклучокот дека: доколку се измени било кој од наведените параметри ќе дојде до промена на нормираното време за извршување на соодветната градежна активност. Бидејќи сеуште не постојат официјални градежни норми со осреднети вредности на времетраењата на градежните позиции, кои би одговарале на соодветна вредност на доверливост, фази логиката може да биде вистинско решение за проблемите поврзани со неизвесност и непрецизност во градежништвото [14].

Примената на фази логиката во процесот на планирање и управување со градежните проекти овозможува анализа на времетраењата на градежните активности во услови на неизвесност и ризик. Основната претпоставка на оваа метода е дека времетраењето на активностите е изразено преку фази броеви. На пример, ако е познато дека времето потребно за бетонирање на темели на некој објект изнесува околу 4 дена, истото може да се претстави како триаголен фази број (2,4,6) или како трапезен фази број (2,4,8,9). Таа проценка зависи од искуството, знаењето и стручноста на планерот, и секако од расположивите историски податоци за изведба на слични градежни работи како и од конкретните услови на терен [14].

Сите активности во фази мрежните планови се меѓусебно поврзани така да секоја активност има една или повеќе претходни и наредни активности (освен почетната активност која нема претходна и крајната активност која нема наредна активност). Бидејќи постојат активности кои се изведуваат истовремено, односно паралелно, во мрежниот план може да се појават повеќе паралелни патишта. Патот кој ги поврзува првата и последната активност, а е најдолгиот пат во мрежниот план што го дава минималното време на завршување на проектот, се нарекува фази критичен пат. Фази критичниот пат е составен од критични активности, а тоа се всушност активности кои се сместени помеѓу два критични настани. Критичните настани се карактеризираат со еднакви вредности на најраните и најкасните фази временски термини (фази почетоци или фази завршетоци). Активностите што се наоѓаат помеѓу два настани кои имаат различни вредности на фази најраните и најкасните временски термини се нарекуваат некритични активности и се карактеризираат со постоење на временска резерва [24].

Проблемите за определување на можните вредности на најраните и најкасните временски термини и временски резерви во мрежните планови каде што времетраењето на активностите е изразено преку фази броеви, го привлечно вниманието на многу истражувачи ширум светот.

Низ литературата се среќаваат многу обиди за употреба на фази логика и фази броеви во мрежното планирање, што датираат уште од 1970 година [24]. Преку користењето на фази теоријата наместо теоријата на веројатност се развива една нова, модифицирана метода на критичен пат, наречена Фази метода на критичен пат (FCPM – Fuzzy Critical Path Method).

Во последните неколку децении развиени се методи за планирање кои се базираат на концептите на фази теоријата [17], [19], [20]. Првата метода била наречена FPERT (Fuzzy PERT) и била предложена од страна на Chanas и Kamburowski (1981), а се карактеризирала со тоа што времетраењето на проектот било задавно како фази множество во соодветен временски простор. Понатаму била развиена метода за фази мрежно планирање (FNET) од страна на Gazdik (1983) која ги користела основните фази алгебарски операции за пресметка на времетраењето на

проектните активности и за определување на вкупното време за реализација на проектот и неговиот критичен пат. Nasution и Loterapong (1994) и Moselhi (1996) предложиле дополнување на FNET. Надоврзувајќи се на сето ова McCahon (1993), Chang (1995) и Lin и Yao (2003) предложиле три методологии за пресметка на фази времето на реализација на проектите. Низ литературата се среќаваат и други автори кои ја истражувале оваа проблематика и предлагале различни методи за пресметка на вредностите на најраните фази временски термини (пресметка нанапред) кои се базираат на основните правила од класичната CPM [17], [19], [20]. Разлики се појавуваат во начинот на пресметување на најкаските временски фази термини (пресметка наназад) затоа што оваа пресметка два пати ја зема предвид непрецизноста на времетраењето на активностите. Во продолжение е даден краток преглед на некои од авторите кои ја истражувале оваа проблематика: Kaufmann и Gupta, предложиле пресметка наназад која се базира на оптимистичко фази одземање; Dubois, го проширил методот на фази аритметички операции за да може да се пресметаат фази најкаските почетоци на активностите во мрежниот план [17], [19], [20]; Nasution, се повикува на симболични пресметки за варијабилни времетраења; McCahon и Lee, Mon, Yao и Lin предложиле метод за пресметка согласно правилата на класичната CPM но со дефазификација на фази времетраењата [17], [19], [20]; McCahon, предложил пресметка на приближна вредност на фази временските резерви на активностите преку нивните фази најрани временски термини [20]; Shankar, Rao и Sireesha, предложиле едноставен табеларен метод како алтернатива на FCPM за определување на критичен пат, критични активности и временски резерви [20]; Rao и Shankar, предложиле метода на лексикографско средување за рангирање на фази броеви [17]; Shankar, Sireesha, Rao и Vani, вовеле метричко рангирање на фази броеви за ефикасно определување на критичноста на активностите и критичен пат [17]; Shankar, Rao и Sireesha, предложиле аналитичка метода за определување на критичен пат со модифицирана формула за дефазификација на трапезоидни фази броеви [18]; Shankar и Saradhi, вовеле нов пристап за определување на најкаските фази временски термини преку исфрлање на негативните времиња кои се добиваат со другите методи [19]; Zielenski и Chanas (2001), презентирале природна генерализација на критичноста за фази времетраењето на активностите и ја користеле претпоставката дека времетраењето на секоја активност може да се претстави со дискретна вредност, со интервал на вредности или со фази броеви [24]; Dubois (2003), предложил хеуристичка метода за пресметка на можни вредности на најкаски термини и временски резерви и доделувал различно ниво на значење за секоја активност од критичниот пат за случајно избрана група на активности; Zielenski (2005), користел полиномни алгоритми за определување на интервал на најкаски почетоци; Feng и Jing (2003), предложиле фази метода на критичен пат со користење на  $\alpha$ -пресек [20]; Soltani Haji (2007), вовеле нов пристап за определување на најрани и најкаски фази временски термини и фази временски резерви, односно модифицирана пресметка наназад базирана на линеарно програмирање [27]; Chen и Hsush (2008), дефинирале најкритичен пат и релативен степен на критичност; Chen, предложил метод за управување со времето на извршување на проектите преку дефинирање на степени на критичност за сите активности во мрежниот план [23]; Shahsavari, Modarres и Aryanejad (2010), предложиле метода за пресметка на фази времетраења и определување на фази критичен пат преку решавање нмодел на фази линеарно програмирање, со користење на посебен фази алгоритам (FCPMA – Fuzzy Critical Path Method Algorithm) [23]; Sireesha и Shankar (2010), предложиле метода за определување на вкупни временски резерви за активности и фази критичен пат без пресметка на најрани и најкаски временски термини со користење на WCR методата [23]; и други.

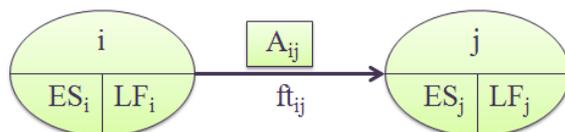
Бидејќи рангирањето, односно споредбата на фази броевите има значително важна улога во процесот на планирање и контрола на проектите, низ литературата се среќаваат различни методи кои се предложени од авторите кои ја истражувале оваа проблематика. Рангирањето на фази броеви воопшто не е лесна задача бидејќи фази броевите се претставени преку можни функции на распределба и можат меѓусебно да се преклопуваат. Само во изминативе десетина години се развиени голем број на методи за рангирање на различни типови на фази броеви бидејќи уште од самиот почеток на развој и примена на фази теоријата, почнала и анализата и проучувањето на проблемот поврзан со споредба на фази броеви. Станува збор за доста важен и сложен проблем кој бил истражуван од голем број автори, меѓу кои се истакнуваат: Chen и Lu (2001), Shen и Sheng (2004), Chu и Tsao (2002), Lee (2004), Modarres и Soheil (2001), Tang (2003), Tran и Duckstein

(2002), Wang и Kerre (2001), Detyniecki и Yager (2001), Soltani и Haji (2007), Chen и Hsush (2008), Shankar (2010), Rao и Shankar (2012) и други. Споредбата на фази броеви се користи во процесот на планирање, односно за пресметка на најраните и најкаските временски термини (почетоци и завршетоци) на проектните активности.

## 2. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА КРИТИЧЕН ПАТ ВО ФАЗИ МРЕЖЕН ПЛАН СО ПОМОШ НА ДЕФАЗИФИКАЦИЈА НА ВКУПНИТЕ ВРЕМЕНСКИ РЕЗЕРВИ

Сите активности во фази мрежните планови се меѓусебно поврзани така што секоја активност има една или повеќе претходни и наредни активности (освен почетната активност која нема претходна и крајната активност која нема наредна активност). Патот кој ги поврзува првата и последната активност, а е најдолгиот пат во мрежниот план што го дава минималното време на завршување на проектот, се нарекува критичен пат. Доколку времетраењата на активностите се зададени преку фази броеви, тогаш станува збор за фази критичен пат.

Фази критичниот пат е составен од критични активности, а тоа се всушност активности кои се сместени помеѓу два критични настан. Постапката за определување на критичните активности и критичниот пат ќе биде објаснета преку конкретен пример на мрежен план. Ќе се користи стрелковиден приказ на мрежен план во кој активностите се претставени преку стрелки и истите се дефинирани преку почетен и завршен настан (Сл. 1).



Сл. 1. Графички приказ на активност во стрелковиден мрежен план

Ознаките употребени на сл. 1 го имаат следното значење:

$ft_{ij}$  – времетраење на активност  $A_{ij}$

$i$  - почетен настан на активност  $A_{ij}$

$j$  - завршен настан на активност  $A_{ij}$

$ES_i$  – најрано фази време на извршување на настанот “ $i$ ”

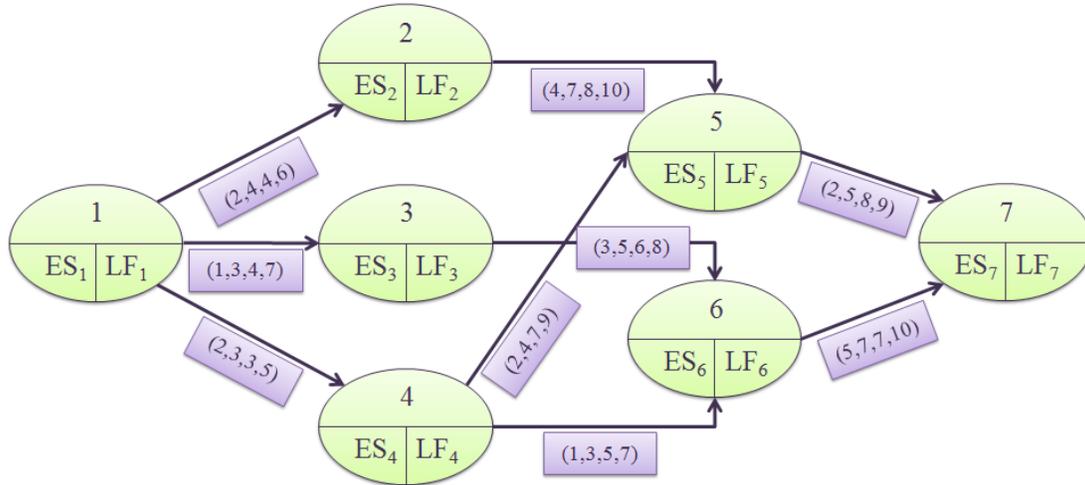
$LF_i$  - најкасно фази време на извршување на настанот “ $i$ ”

$ES_j$  - најрано фази време на извршување на настанот “ $j$ ”

$LF_j$  - најкасно фази време на извршување на настанот “ $j$ ”

Интервалот помеѓу најраното фази време на извршување на почетниот настан и најкаското фази време на извршување на крајниот настан е времето за кое активност треба да биде извршена. Доколку тоа време има поголема вредност од времетраењето на активност, тогаш таа активност има временска резерва, т.е. може да се поместува во рамките на интервалот. Доколку тоа време е исто со времетраењето на активност, тогаш за таа активност велиме дека е критична активност, односно нејзината временска резерва е нула.

Определувањето на критични активности и дефинирањето на критичниот план ќе бидат објаснети преку следниот нумерички пример на мрежен план (сл. 2) кој е составен од активности чие времетраење е зададено со фази броеви.



Сл. 2. Графички приказ на мрежен план во кој времетраењето на активностите е изразено со трапезоидни фази броеви

### 2.1. Пресметка на најрани фази временски термини

За анализа на фази времетраењето на активностите во мрежниот план, односно за пресметка на најраните и најкаските фази временски термини на настаните, потребно е да се познаваат основните алгебарски операции со фази броеви [21], [30]. Ако со  $FN_1$  и  $FN_2$  се означени два фази трапезоидни броја, тогаш нивниот збир и разлика би се пресметале на следниот начин:

$$FN_1 + FN_2 = (a_1, b_1, c_1, d_1) + (a_2, b_2, c_2, d_2) = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2)$$

$$FN_1 - FN_2 = (a_1, b_1, c_1, d_1) - (a_2, b_2, c_2, d_2) = (a_1 - a_2, b_1 - b_2, c_1 - c_2, d_1 - d_2)$$

Настанот број 1 е почетен настан во мрежниот план, па неговиот најрано фази време на извршување изнесува:

$$ES_1 = (0, 0, 0, 0)$$

Најраното фази време за било кој настан “j” во мрежниот план (освен почетниот) се пресметува по следната формула:

$$ES_j = \max(ES_i + ft_{ij})$$

Во настаните 2, 3 и 4 влегува само по една активност, активностите A, B и C соодветно, од настанот број 1. Нивните најрани фази времиња на извршување се пресметуваат по претходнонаведената формула.

$$ES_2 = ES_1 + ft_{12} = (2, 4, 4, 6)$$

$$ES_3 = ES_1 + ft_{13} = (1, 3, 4, 7)$$

$$ES_4 = ES_1 + ft_{14} = (2, 3, 3, 5)$$

Но, на настаните број 5, 6 и 7 им претходат по две активности. Имајќи ги предвид критериумите за решавање на мрежен план, познато е дека за определување на најраното време на извршување на некој настан кој има две или повеќе претходни активности, потребно е да се избере максималната вредност од најраните времиња на претходните настани. Кога станува збор за мрежен план во кој времетраењата се изразени со реални броеви, споредбата на најраните времиња на претходните настани може многу лесно да се направи, односно точно е определено кој број е поголем, еднаков или помал. Меѓутоа, овој тип на споредба не може да се примени кај фази броевите кои се претставени со соодветна распределба на можност и кои може и делумно

да се преклопуваат. Кај фази броевите многу е тешко да се определат дали некој фази број е поголем или помал од некој друг фази број.

Кај настаните во кои влегуваат или од кои излегуваат две или повеќе активности, за да се пресметаат најраните фази временски термини мора да се изврши рангирање, односно споредба, на повеќе фази броеви. За споредба, односно рангирање, на два или повеќе фази броеви може да се искористат различни правила и методи кои се среќаваат во стручната литература. Една од тие методи е методата на дефазификација [21]. Со помош на правилата дефинирани кај оваа метода фази броевите се претвораат во реални броеви со што се овозможува нивна лесна споредба.

За дефазификација на фази броеви може да се примени формулата која е развиена од страна на V. Sireesha и N. Ravi Shankar [17]:

$$D(FN) = \frac{(c^2 + d^2 + cd) - (a^2 + b^2 + ab)}{3[(c + d) - (b + a)]}$$

Преку дефазификацијата на фази броевите и споредбата на резултатите добиени се следните најрани времиња на извршување на настаните 5, 6 и 7:

$$ES_5 = FN_{2,5} = (6, 11, 12, 16)$$

$$ES_6 = FN_{3,6} = (4, 8, 10, 15)$$

$$ES_7 = FN_{5,7} = (8, 16, 20, 25)$$

## 2.2. Пресметка на најкасни фази временски термини

Настанот број 7 е последниот настан во мрежниот план, па неговото најкасно фази време на извршување е еднакво на неговото најрано фази време:

$$LF_7 = ES_7 = (8, 16, 20, 25)$$

За било кој друг настан “j” од мрежниот план, најкаското фази време на извршување се пресметува по следниот израз:

$$LF_j = \min(LF_k - ft_{jk})$$

За настаните кои имаат само по една следна активност, најкаските фази времиња на извршување се пресметуваат преку претходната формула:

$$LF_6 = LF_7 - ft_{6,7} = (2, 9, 13, 20)$$

$$LF_5 = LF_7 - ft_{5,7} = (-1, 8, 15, 23)$$

$$LF_3 = LF_6 - ft_{3,6} = (-10, 3, 8, 17)$$

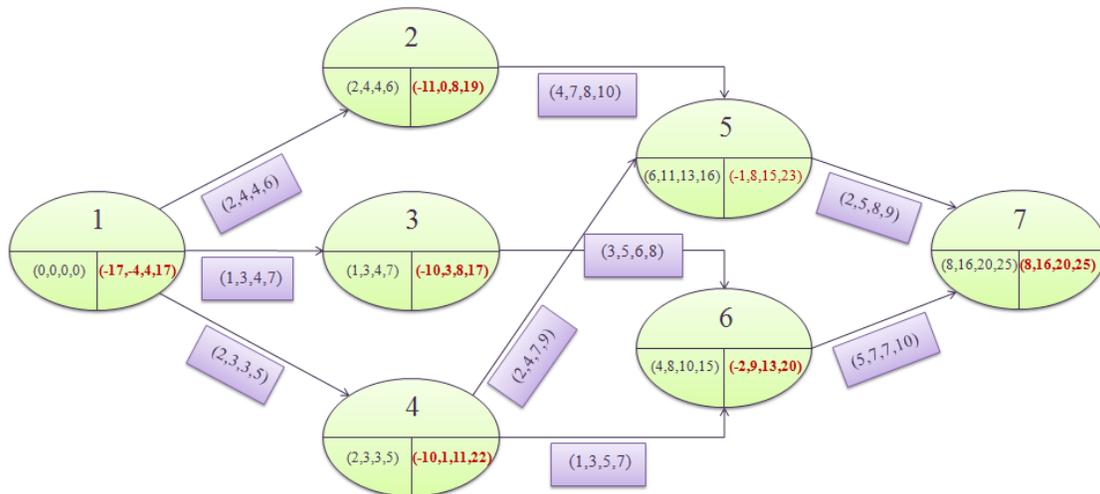
$$LF_2 = LF_5 - ft_{2,5} = (-11, 0, 8, 19)$$

Но, за настаните кои имаат по две или повеќе следни активности потребно е да се определат најмалиот фази број, што подразбира примена на метод на дефазификација за да се овозможи споредба, односно рангирање на фази броевите. На тој начин се добиваат следните најкасни фази времиња на останатите настани од мрежниот план:

$$LF_4 = FN_{5,4} = (-10, 1, 11, 21)$$

$$LF_1 = FN_{2,1} = (-17, -4, 4, 17)$$

Пресметаните најрани и најкасни фази времиња на сите настани се прикажани на сл. 3.



Сл. 3. Фази мрежен план со пресметани најрани и најкасни фази времиња на настаните

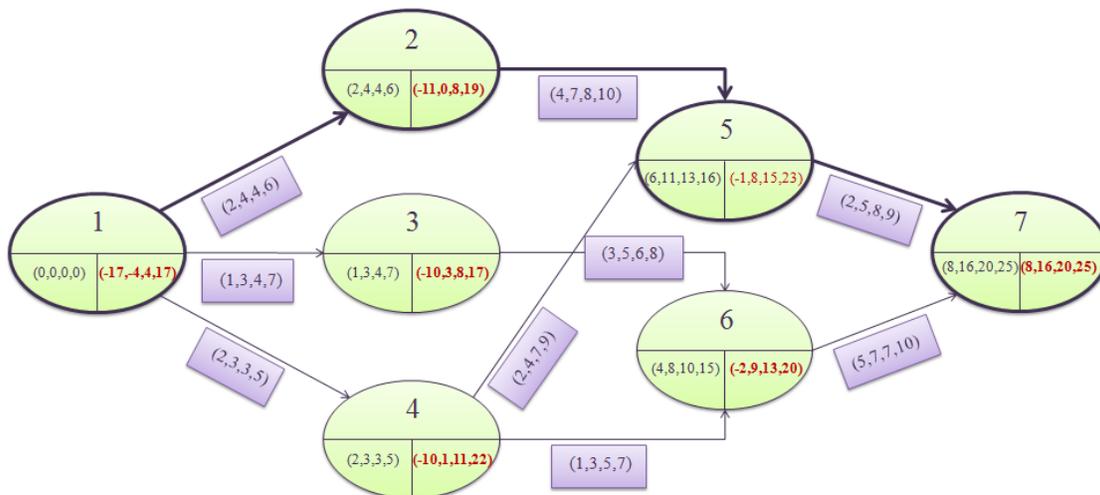
### 2.3. Определување на фази временски резерви

Вкупната фази временска резерва за активност  $A_{ij}$  од мрежниот план се пресметува според следната формула:

$$VR_{i,j} = LF_j - (ES_i + t_{i,j})$$

Пресметаните вкупните фази временски резерви на сите активности треба да се дефазифицираат за да може да се определат критичните активности и критичниот пат.

$$D(VR_{1,2}) = \frac{(4^2 + 17^2 + 4 \cdot 17) - (17^2 + 4^2 + 17 \cdot 4)}{3[(4 + 17) - (-4 - 17)]} = 0$$



Сл. 4. Графички приказ на критични активности и критичен пат во фази мрежен план

Со пресметка на вкупните временски резерви, и дефазификација на добиените вредности, се добива дека  $VR_{1,2} = VR_{2,5} = VR_{5,7} \Rightarrow D(VR_{1,2}) = D(VR_{2,5}) = D(VR_{5,7}) = 0$ , од каде што произлегува дека активностите 1-2, 2-5 и 5-7 (A, D и H) се критични активности. Согласно на тоа, се заклучува дека патот што ги поврзува тие активности, патот **P (1-2-5-7)**, е фази критичен пат во прикажаниот фази мрежен план (Сл. 4).

### 3. ЗАКЛУЧОК

Често пати, во праксата, се јавува потреба за моделирање на ризик и неизвеснот. Оваа потреба произлегува од фактот што понекогаш, во зависност од специфичноста на условите во кои се извршуваат определени градежни активности, истите не можат да се дефинираат со точно определено времетраење. Времето на извршување на активностите најчесто е условено од неизвесноста на факторите кои имаат влијание врз активноста. Токму поради ова се јавува и потребата од примена на фази броевите во процесот на планирање и управување со проекти.

Планирањето во случаи кога времетраењата на активностите или пак трошоците на проектот се зададени како фази броеви, е особено погодно во услови на неизвесност и ризик поради големата субјективност која се јавува во тек на нивната проценка. Со фази мрежното планирање се овозможува постигнување на пореални резултати и добивање на подоверливи планско-временски и трошковни проектни показатели. Сепак, мора да се нагласи потребата од долгорочно собирање на податоци и соодветен избор на стручно лице (планер) кој ќе може да обезбеди квалитетна проценка на влезните параметри во процесот на планирање.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bencina J.: "The use of fuzzy logic in coordinating investment projects in public sector", Proceedings of Faculty of economics, Rij., Vol. 25, pp. 113-140, 2007
- [2] Berthold M.: "Tutorial: Fuzzy logic", Advanced course of knowledge discovery, Konstanz University, Ljubljana, 2005
- [3] Chang Jing-Rong, Cheng Ching-Hsue and Kuo Chen-Yi: "Conceptual procedure for ranking fuzzy numbers based on adaptive two-dimensions dominance", Soft Comput (2006) 10: 94-103, DOI 10.1007/s00500-004-0429-9, 2005
- [4] Detyniecki M. and Yager R.: "Ranking fuzzy numbers using alpha-weighted valuations", international journal of Uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems, Vol. 8(5), pp. 573-592, 2001
- [5] Freeman-Bell G. and Balkwill J.: Management in engineering – Principles and Practice, Great Britain, ISBN 0-13-233933-1
- [6] Hellman M.: "Fuzzy logic introduction", University of Rennes, France
- [7] Han Tzeu-Chen, Chung Cheng-Chi and Liang Gin-Shuh: "Application of fuzzy critical path method to airport's cargo ground operation systems", Journal of Marine science and technology, Vol. 14, No. 3, pp. 139-146, 2006
- [8] Knežević M.: "Risk management of civil engineering projects", doctoral dissertation, Civil Engineering Faculty of University in Belgrade, Serbia, 2005
- [9] Konjovic Z. and Obradovic Gj.: "Fuzzy logika-radni materijal", Fakultet tehnickih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2004
- [10] Kumar A. and Kaur P.: "A new method for fuzzy critical path analysis in project networks with a new representation of triangular fuzzy numbers", International journal of Applications and applied mathematics, Vol.05, pp. 1442-1466, ISSN: 1932-9466, 2010
- [11] Kurij K.: "Izrada planova u graditeljstvo", Gradjevinska knjiga, Beograd, 2011
- [12] Madhuri K. Usha, Siresha S. and Shankar N. Ravi: "A new approach for solving fuzzy critical path problem using L-L numbers", International journal of Applied mathematical sciences, Vol. 6, pp. 1303-1324, 2012
- [13] Radivojevic G.: "Fuzzy system for vehicle design route", International journal of Transport and logistics, UDC: 65.015.13:65.012.34
- [14] Rao P. Phani Bushan and Shankar N. Ravi: "Fuzzy critical path method based on lexicographic ordering of fuzzy numbers", Pk.j.stat.oper.res., Vol. 8, no. 1, pp. 139-159, 2012

- [15] Rao P. Phani Bushan and Shankar N. Ravi: "Ranking fuzzy numbers with a distance method using circumcenter of centroids and an index of modality", International journal of Advances in fuzzy systems, Vol. 2011, Article ID 178308, 2011
- [16] Shankar N. Ravi, Sireesha V., Srinivasa K. and Vani N.: "Fuzzy critical path method based on matrix distance ranking of fuzzy numbers", International journal of Mathematical analyses, Vol. 4, no. 20, 995-1006, 2012
- [17] Shankar N. Ravi, Srinivasa K. and Sireesha S.: "A new approach to evaluate characteristics involved in a fuzzy critical path method", International journal of Advances in fuzzy mathematics", Vol. 6, no. 2, pp. 217-226, ISSN: 973-533X, 2011
- [18] Shankar N. Ravi, Sireesha V. and Rao P. Phani Bushan: "An analytical method for finding critical path in a fuzzy project network", International journal of Contemp. Math. Sciences, Vol. 5, no. 20, pp. 953-962, 2010
- [19] Shankar N. Ravi, Saradhi B. Pardha: "Fuzzy critical path method in interval-valued activity networks", International journal of Pure and applied sciences and technology, Vol. 3(2), pp. 72-79, ISSN: 229-6107, 2011
- [20] Sharafi M., Jolai F., Iranmanesh H. and Hatefi M.: "A model for project scheduling with fuzzy precedence links", Australian Journal of Basic and applied sciences, 2(4), pp. 1356-1361, ISSN: 1991-8178, 2008
- [21] Shahsavari N., Modarres M., Aryanejad Mir. B. and Moghadam R. Tavakoli: "Calculating the project network critical path in uncertainty conditions", international journal of Engineering and technology, Vol. 2 (2), pp. 136-140, ISSN: 0975-4024, 2010
- [22] Shahsavari Pour N., Kheranmand M, Fallah M. and Zeynali S.: "A new method for critical path method with fuzzy processing time", management science letters, pp. 347-354, 2011
- [23] Sireesha V. and Shankar N. Ravi: "A new approach to find total float time and critical path in a fuzzy project network", International journal of Engineering science and technology, Vol. 2(4), pp.600-609, ISSN: 0975-5462, 2010
- [24] Soltani A. and Haji R.: "A project scheduling method based on fuzzy theory", Journal of Industrial and Systems engineering, Vol. , no. 1, pp. 70-80, 2007
- [25] Stachowicz Marian S. and Beall L.: "Fuzzy logic, the most flexible environment for exploring fuzzy systems", Mathematica, Wolfram research, United States of America, www.wolfram.com
- [26] Prascevic Z.: "Primena teorije mogucnosti u planiranju realizacije projekata", Casopis izgradnja, Br. 1/89, str. 9-13, Beograd, 1989
- [27] Prascevic Z., Petrovic-Lazarevic S.: "Determination of optimal building profit rate by fuzzy set theory", Intenational journal of Cybernetics and Systems, Vol. 28, pp. 337-343, 1997
- [28] Yakhchali S.H.: "On computing the minimal latest starting times of activities in interval-valued networks with generalized precedence relations", Proceedings of the World congress on engineering, Vol. 1, ISSN: 2078-0958, London, U.K., WCE 2011
- [29] Zadeh L., King-Su F., Tanaka K. and Shimura M.: "Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes", Academic Press, Inc., United States of America, ISBN: 0-12-775260-9