

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 - 8



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

ФАЗИ ИНЖЕНЕРСТВО

Маријана ЛАЗАРЕВСКА¹, Васко ГАЦЕВСКИ²

АПСТРАКТ

Фази системите претставуваат нова теорија со која на математички формализиран начин се претставуваат и моделираат: непрецизност, неодреденост, неизвесност, расплнетост, субјективноста итн. Нивната примена е од исклучително значење при управување со сложени системи, посебно затоа што е добро познато дека доколку сложеноста на системите преминува извесна граница, тогаш нивното однесување е невозможно да се опише преку јасни и точни изрази. Со сложените инженерски проблеми може да се управува само ако се дозволи непрецизност во описот и размислувањето.

Основна цел на фази логиката е да се доближи до човековиот ум и до начинот на човековото размислување и донесување на заклучоци, во услови на неизвесност и приближни информации. Теоријата на фази системите помага во премостување на различностите помеѓу правилата на класичната теорија на системи и начинот на размислување на човечкиот ум. Таа овозможува моделирање на проблеми и појави во кои преовладува неизвесност, неодреденост, субјективност и повеќезначајност. Фази логиката ја наоѓа својата примена во теоријата на управување, квантитативната анализа, планирањето, информационите и експертски системи итн., односно во сите оние случаи кога нема можност за изработка на јасни математички модели или истите се премногу сложени и комплицирани.

Фази инженерството претставува комбинација на фази логиката, како алатка, и инженерството, како методологија, и се покажало дека оваа комбинација е корисна за решавање на лошо структурираните проблеми.

Во овој труд се дадени основните теоретски концепти на фази броевите и фази логиката како и осврт на можностите за нивна примена во градежништвото, посебно во областа на планирање и управување со проекти.

Клучни зборови: Фази логика; Фази броеви, Фази инженерство, Планирање, Управување.

¹ Вон. проф. д-р, Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Република Северна Македонија, marijana@gf.ukim.edu.mk

² Асистент м-р, Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Република Северна Македонија, gacevski@gf.ukim.edu.mk

1. ВОВЕД

Сè поголемиот обем на работи во современото градежништво, големиот број на градежни организациони единици кои учествуваат во реализацијата на проектите, сè построгите услови и критериуми кои треба да бидат исполнети, како и контролата на трошоци и ресурси, претставуваат база на континуирано усовршување на системите за управување со проекти. Управувањето со градежни проекти претставува збир на методи, алатки и техники за планирање, организација, контрола и координација на проектот, со цел успешно постигнување на планираните целите. Реализацијата на современите градежни проекти, а особено на комплексните и долгогодишните проекти, се одвива во услови на континуирани промени кои настануваат поради многубројноста, сложеноста и променливоста на факторите кои влијаат врз изградбата на објектите. Од тука произлегува и фактот дека управувањето со градежни проекти претставува многу сложен и комплексен процес, посебно кога се има пред вид големиот број на учесници кои се вклучени во реализацијата на проектот и големиот број на проектни активности.

Еден од најефективните начини за осовременување и усовршување на процесот на управување со градежни проекти е преку воведување на компјутерски техники и средства за електронска обработка на голем број податоци. Сепак кога се анализира градежништвото како инженерска дисциплина се доаѓа до заклучокот дека оваа област бележи благ застој во доменот на примена на компјутерската техника, споредено со останатите области од стопанството, посебно во однос на индустријата. Очигледно е дека овој застој се темели, пред сè, на специфичноста на градежното производство кое произлегува од: користењето на голем број различни типови на градежни материјали, конструктивни системи, градежни машини, единственоста и неповторливоста на градежните објекти, влијанието на надворешните фактори врз изградбата на објектите, дисконтинуираниот карактер на градежните процеси итн. Сето ова само ја дополнува технолошката посебност и единственост на градежното производство и во голема мера го усложнува процесот на управување со проекти и се оневозможува создавањето на единствени правила за управување со сите типови на градежни проекти.

Главен акцент во основната теорија на управување со проекти се дава на дефинирањето и примената на елементи кои овозможуваат успешна реализација на проектите. Во таа насока се развиени многубројни пристапи, разработени се различни варијанти на организирање и управување со проекти, како и голем број на методи и техники за управување со реализацијата на проекти. Концептот за управување со проекти, кој започнал со развој на првобитните методи за мрежно планирање, еволуирал во современи методи и техники за управување. Широката примена на компјутерите придонела за развој на сосема поинаков пристап на севкупниот концепт, така да современото управување, во денешно време, не може ни да се замисли без сеопфатна примена на компјутери и специјализирани софтвери.

Во современото инженерство се бележи трендот за воведување на нови техники, базирани на принципите на вештачката интелигенција како применета наука, како и на фази логиката, за создавање на услови за носење на поквалитетни одлуки во процесот на управување со проекти и решавање на сложени проблеми кои сè почесто се среќаваат во денешно време во различни области од инженерството.

2. ФАЗИ ЛОГИКА

Поимот фази (*fuzzy*) означува нешто нејасно, непрецизно, замаглено, неопределено, недефинирано. Фази логиката и фази системите, како потполно нови поими, се дефинирани во 1965 година од страна на професорот Лофти Задех. Основните концепти на фази логиката Задех ги објавил во неговиот труд насловен како “Fuzzy sets” кој всушност претставува огромен скок во теоријата на системите [29]. Задех ги поставува основите за развој на една нова математичка теорија на фази системи со која на математички формализиран начин се претставуваат и моделираат: непрецизноста, неодреденоста, неизвесноста, расплнетоста, субјективноста итн. Анализирајќи ги сложените системи Задех дошол до заклучок дека доколку сложеноста на системите преминува извесна граница, тогаш нивното однесување е невозможно да се опише преку јасни и точни изрази [2], [29]. Со сложените проблеми може да се управува само ако се дозволи непрецизност во описот и размислувањето [2], [29].

Фази системите претставуваат генерализација на класичните системи. Класичните (јасни, “crisp”) системи се одликуваат со една единствена функција на припаѓање, односно некој елемент или припаѓа или не припаѓа на определно множество. За разлика од нив, фази системите се карактеризираат со можност за дефинирање на степен на припаѓање за секој елемент, односно нивна специфика е постоењето на бескрајно многу различни функции на припадност [29].

Основна цел на фази логиката е да се доближи до човековиот ум и до начинот на човековото размислување и донесување на заклучоци, во услови на неизвесност и приближни информации. Теоријата на фази системите помага во премостување на различностите помеѓу правилата на класичната теорија на системи и начинот на размислување на човечкиот ум. Таа овозможува моделирање на проблеми и појави во кои преовладува неизвесност, неодреденост, субјективност и повеќезначајност [29].

2.1. Фази правила

Процесот на користење на фази множествата ги опфаќа следните чекори [6], [12], [14], [25], [29]:

- Фазификација – ги модифицира влезните сигнали за да можат добро и правилно да се протолкуваат и за да се споредат согласно правилата од базата на правила: Crisp сигналот се претвора во соодветен fuzzy облик.
- Донесување на заклучоци – фаза што е базирана на правила, односно ова е механизам за проценка на контролните правила кои се релевантни за моменталната состојба на системот и за одлучување каков ќе биде управувачкиот систем, т.е. влезот во процесот.
- Дефазификација – трансформација на обликот на сигналот, од fuzzy во crisp.

Фазификацијата се дефинира како процес на пресликување на дискретни вредности од разгледуван влезен простор во соодветни лингвистички променливи од фази простор. Фази заклучувањето може да се употреби по оваа трансформација.

Една од карактеристиките на фази логиката е нејзиното базирање на природниот јазик и на основите на човечкото разбирање и комуникација. Обичниот (природен) јазик со кој луѓето секојдневно комуницираат претставува триумф на комуникациската разбирливост и ефикасност. Едноставноста и применливоста на фази логиката произлегува токму од нејзината структура и од употребата на квалитативни описни термини со кои се служиме во секојдневието. Во фази логиката значењето на секоја величина се претставува со лингвистички променливи кои имаат соодветно физичко значење. Влезовите и излезите можат да имаат различни лингвистички називи, односно променливите во фази системите се опишуваат со описни називи (термини): високо ниво на вода, голема заработувачка, мало растојание, добар учинок итн. Трансформацијата на ваквите изрази во математички облик е овозможена со помош на теоријата на фази системите. Лингвистичките променливи мора да имаат соодветни лингвистички вредности, од типот на: добро, лошо, многу, малку, многу малку итн. На овие вредности се доделува нумеричка вредност за полесно и пократко означување и обележување.

Лингвистичките променливи се претставуваат со определен број на термини со кои се дефинира дискретизацијата на просторот во кој истите се дефинирани. Бројот на термините може субјективно да се избере, иако досегашните истражувања препорачуваат дека е сосема прифатливо да се остане во границите од 3 до 7, за најголем број на проблеми. Минималниот број на термини, 3, е избран бидејќи ги содржи двете екстремни значења (min и max) и средното значење. Максималниот број на термини зависи од степенот на точност со кој треба да се опише определен систем. Овој број е добиен со помош на психолошки истражувања со кои е добиено дека човекот краткотрајно може да запамети до 7 единици на информации [11].

Алгоритмот на фазификација може да се претстави преку следните 4 чекори [29]:

- Дефинирање на лингвистички променливи и термини
- Определување на нумеричко значење, за секој термин на лингвистичките променливи, со кое најдобро се опишува терминот. На значењето се придружува функција на припаѓање.
- Определување на степен на припаѓање (0 и 1) за секој термин.
- Избирање на функција на припаѓање.

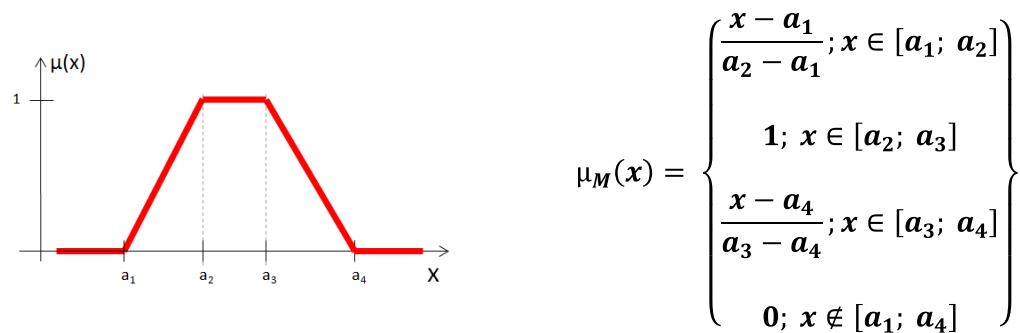
Фази заклучувањето е процес на формирање на врска помеѓу влезните и излезните фази сигнали (големини) преку користење на фази логиката [2], [6]. Системот на фази заклучување се среќава под различни називи: фази експертен систем, фази моделирање, систем базиран на фази правила, фази систем итн. Во фази логиката се користи правилото АКО-ТОГАШ (if A then B) со кое се врши пресликување на фази влезните променливи во фази излезни променливи. Користејќи ја расположивата база на знаења во процесот на фази заклучување се генерираат соодветни заклучоци, односно решение на поставениот проблем [2], [6].

Дефазификацијата е процес на добивање на точен резултат од фази системот. Влезна големина на овој процес е фази системот, а излезна големина е точната вредност од фази системот. Развиени се неколку методи за дефазификација [2], [6]: метода на тежиште (COG - Centre of gravity), метода на средна вредност на максимум (MOM – Mean of maxima), метода на максимум – лева висина (LMAX – Leftmost maximum), метода на максимум – десна висина (RMAX – Rightmost maximum), метода на развоен простор (BOA – Bisector of area).

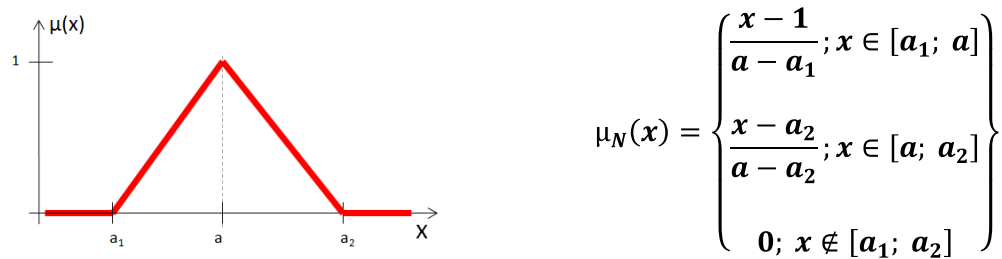
2.2. Фази броеви

Фази броевите на едноставен начин се дефинираат како броеви со несигурна вредност, за разлика од “обичните” броеви кои имаат прецизна и точно определен единечна вредност. Концептот на примена на фази броеви го зема пред вид фактот дека сите физички феномени се карактеризираат со определен степен на несигурност.

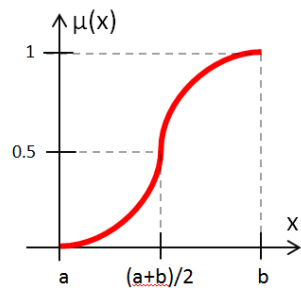
Фази број претставува нормализирано конвексно фази множество кое има барем еден елемент чиј степен на припаѓање изнесува 1. Трапезоидниот (сл. 1) и триаголниот (сл. 2) фази број се најчесто користените фази броеви во праксата, иако се користат и S (сл. 3) и π (сл. 4) функциите.



Сл. 1 Приказ на функција на припаѓање на трапезоиден фази број $M(a_1, a_2, a_3, a_4)$

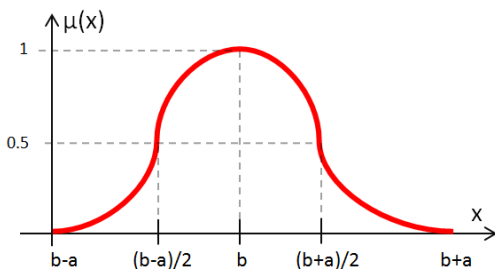


Сл. 2 Приказ на функција на припаѓање на триаголен фази број $N(a_1, a, a_2)$



$$\mu_S(x) = \begin{cases} 0; & x < a \\ 2 \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2; & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{x-b}{b-a} \right)^2; & \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Сл. 3 Приказ на функција на припаѓање на S фази број $S(x, a, b)$



$$\mu_\pi(x) = \begin{cases} s(x; b-a; b); & x \leq b \\ 1 - s(x; b; b+a); & x > b \end{cases}$$

Сл. 4 Приказ на функција на припаѓање на π фази број $\pi(x, a, b)$

3. ФАЗИ ИНЖЕНЕРСТВО

Управувањето со градежни проекти претставува комплексен и сложен процес проследен со ризик, неизвесност и непрецизност што се должи на променливата природа на градежништвото. Поради тоа, развојот на детерминистички математички модели за решавање на различни типови на проблеми од оваа област е тешка и доста скапа задача. Токму затоа и се дошло до идеја за примена на иновативни методи и техники со кои на поедноставен начин, но сепак успешно, би се решавале проблеми при управувањето со градежни проекти, меѓу кои се издвојува примената на вештачките невронски мрежи, фази логиката и фази-невронските мрежи.

Фази логиката ја наоѓа својата примена во теоријата на управување, квантитативната анализа, планирањето, информационите и експертски системи итн., односно во сите оние случаи кога нема можност за изработка на јасни математички модели или истите се премногу сложени и комплицирани [6], [29].

Иницијативата за користење на фази логиката како инженерска алатка потекнува од Јапонија. Во изминатите децении голем број на јапонски компании ја користеле фази логиката за моделирање и управување со различни реални системи. Едно од недостатоците на фази теоријата е самиот збор “fuzzy”, бидејќи означува нешто нејасно, магловито, непрецизно, па претставува проблем за луѓето кои не успеале да ја сфатат суштината. Од тука произлегува и често поставуваното прашање: “Како можам да управувам со некој процес со користење на метод кој не е јасен?”. Токму ваквиот начин на размислување придонел до малата популарност и применливост на фази логиката во голем број на развиени земји од Европа и Америка, за разлика од Јапонија каде што луѓето воопшто не размислуваат за значењето на тој збор, туку едноставно ја применуваат фази логиката. Токму таму се издвојуваат огромни финансиски средства за истражувања поврзани со примената на фази логиката. А Европа и Америка вложуваат огромен напор за да се доближат до брзината на технолошкиот развој на Јапонија [29].

Единственоста на фази логиката е во тоа што таа претставува нова парадигма во инженерството.

Инженерите се соочуваат со два типа на проблеми: добро структурирани и лошо структурирани проблеми. За првиот тип на проблеми е едноставно да се направи математички модел и истиот може лесно да се користи. Спротивно на нив, во вториот случај, проблемот е доста сложен и станува многу тешко, неефикасно или пак невозможно да се направи математички модел. Кај ваквиот тип на проблеми неопходно е да постои компјутерска подршка, но постојат многу малку компјутерски алатки кои можат да помогнат во решавањето на реалните инженерски проблеми [29].

Со користење на фази логиката може да се претстави непрецизното значење на зборовите што придонесува кон изградба на квалитативни модели кои се поблиски до начинот на човечкото размислување. Поради тоа фази логиката е една од најмоќните алатки за решавање на лошо структурирани проблеми.

Фази инженерството претставува комбинација на фази логиката, како алатка, и инженерството, како методологија, и се покажало дека оваа комбинација е корисна за решавање на лошо структурираните проблеми [29]. Основната специфичност на фази инженерството се состои во неговата специфична филозофија која се однесува на тоа дека главните аспекти на проблемите може да се претстават квалитативно а нивното решавање е можно со примената на фази логиката. Овој процес е мошне сличен на човековото размислување кога се соочуваме со тешки проблеми. Најголемото достигнување на фази инженерството лежи во фактот што непрецизност и нејасноста е разбрана и активно користена како парадигма и алатка за решавање на проблемите. Тоа овозможува комбинација на макро-анализата и микро-анализата, користење на природниот јазик, примена на пристапот за ориентирање кон целта, интеграција на човековото искуство и субјективност, и ја зголемува човековата способност за решавање на сложени и комплицирани проблеми. Една од целите на фази инженерството е двосмерната комуникација меѓу човекот и компјутерите со користење на природниот јазик, што претставува база за развој на интелегентни системи во иднината [29].

Воведувањето на фази теоријата од страна на Задек (1965) отворило нови хоризонти кај различни научни области, меѓу кои е и планирањето на проекти. Со помош на концептите на фази теоријата, и преку претпоставка на непрецизност и неизвесност на податоците, се развива еден нов пристап на планирање со кој се овозможува прилагодување на моделите со реалноста.

Сепак, треба да се нагласи дека фази логиката, во денешно време, не се користи како самостојна алатка за решавање на проблеми, туку во комбинација со останати методологии, како што се: генетските алгоритми и невронските мрежи и како проширување на можностите на експертните системи.

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