پنجمین کنفرانس سیستمهای فازی ایران
هفدهم الی نوزدهم شهریورماه ۱۳۸۳

پیش بینی نرخ تورم با استفاده از سری زمانی فازی و روش باکس جنکینز

وحید شقاقی شهری[۱]، محمد ترکمندی[۲]، وحید جوهری مجد[۳]
Shagagi_v@yahoo.com

چکیده

امروزه پیش بینی متغیرهای کلان اقتصادی از اهمیت ویژه ای برای سیاستگذاران و سایر واحدهای اقتصادی برخوردار است. لذا پیش بینی کوتاه مدت و بلندمدت نرخ تورم به عنوان یک متغیر کلیدی همواره مدنظر اکثر دولتها و بانکهای مرکزی بوده است.

خوشبختانه مطالعات متعددی در زمینه پیش بینی نرخ تورم انجام گرفته است که می توان به پیش بینی نرخ تورم بر اساس مدل های سری زمانی (*ARIMA*[4])، مدل های ساختاری (*Structure Model*)، مدل شبکه عصبی (*Neural Network*) و سری زمانی فازی (*Fuzzy Time Series*) اشاره کرد. در این مقاله علاوه بر معرفی سریهای زمانی و سری زمانی فازی، ترکیب مدل سری زمانی فازی با روش باکس- جنکینز برای پیش بینی تورم در ایران با استفاده از اطلاعات سال های ۱۳۸۰- ۱۳۷۰ طراحی و اجرا شد ه است. این روش علاوه بر تکمیل مدل سری زمانی و روش سری زمانی فازی، تخمین فاصله ای دقیق تری را ارائه می دهد. نتایج به دست آمده دال بر این است که مدل پیشنهادی پیش بینی دقیق تری از تورم سالهای آتی ایران نسبت به روش های قبلی (سری زمانی و فازی) دارد.

کلید واژگان: پیش بینی ، سری زمانی فازی، باکس ـ جنکینز، نرخ تورم ، الگوریتم فازی

مقدمه

در اقتصاد کلان بررسی چند متغیر اهمیت اساسی دارد. یکی از این متغیرها تورم می باشد. میزان این متغیر بیانگر عملکرد اقتصاد کلان است. تورم از جمله پدیده های اقتصادی است که به سبب تاثیر فراوان بر زندگی و فعالیتهای مردم و نیز به دلیل ملموس و قابل درک بودن آن همواره مورد توجه قرار گرفته است.

این اهمیت به محافل علمی و دانشگاهی نیز کشیده شده است. بطوریکه بخش مهمی از تئوری ها و تحقیقات اقتصادی به تبیین عوامل تعیین کننده، علل نوسان، پیش بینی روندهای آتی و سیاستهای کنترل این متغیر اختصاص یافته است. اگر راهی وجود داشت که می شد این متغیر را همواره در حد کمال نگه داشت، بسیار خوب بود. اما چنین نیست و اگر دولتها قصد بهبود بخشیدن آن را داشته باشند باید حاضر به تحمل هزینه هایی هم باشند. نوع، اندازه و نحوه اجرای سیاستهای مربوط به

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد برق کنترل، M_Torkemandi@yahoo.com
۳- استادیار گروه برق کنترل

4- Auto-regressive Integrated Moving Average

دستیابی به حد مطلوب این متغیر بسته به شرایط هر کشور دارد و هر دوره از جامعه ای به جامعه دیگر و از زمانی به زمان دیگر متفاوت است. همین امر باعث اهمیت روزافزون تحقیقات اقتصادی در این زمینه شده است.

طبق آمار و ارقام منتشره، تورم در دو دهه اخیر در سطح نسبتاً بالایی بوده و توجه مردم و مسئولین اقتصادی را به خود جلب نموده است. اگر بتوان روشی اتخاذ کرد که قادر باشد پیش بینی دقیقی از تورم در سالهای آتی داشته باشد، یقیناً گام موثری در حل معضلات فعلی و اتخاذ سیاستهای مناسب در آینده برای مواجهه با آن برداشته خواهد شد. این مقاله هم در راستای ارائه روشی برای حل این مشکل می باشد. لذا در این تحقیق یکی از تکنیکهای اخیر منطق فازی با عنوان سری زمانی فازی و ترکیب این روش با روش باکس جنکینز بکار گرفته شده و توانایی این مدل در پیش بینی نرخ تورم در مقایسه با مدل های خطی ARIMA مورد سنجش قرار می گیرد.

مدل‌های خطی ARIMA

مدلهای اتورگرسیو- میانگین متحرک ادغام شده[۱]، ARIMA، بطور وسیعی بوسیله باکس و جنکینز در سال ۱۹۷۶ مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. این فرایندها معمولاً برای تجزیه و تحلیل سریهای زمانی، پیش بینی و کنترل مورد استفاده قرار می گیرد. فرض اساسی روشهای پیش بینی مثل رگرسیون خطی ساده و چندگانه، میانگین متحرک و هموارسازی نمایی، مستقل بودن خطاهای تصادفی و در نتیجه مستقل بودن متغیرهاست. به عبارت دیگر، فرضیه ای که پشتوانه مفهومی تئوریک چنین روشهایی است، عبارت است از" مستقل بودن مشاهدات از همدیگر یا عدم وابستگی مشاهدات نسبت به همدیگر" . در بسیاری از سریهای زمانی مثل قیمت سهام، تورم و ... مستقل شمردن مشاهدات غیرمعقول و غیرحقیقی است، چراکه تحقق یک مشاهده یا متغیر در یک زمان وابسته به مشاهدات یا متغیرها را مدنظر قرار داده و با این فرض که متغیرهای یک سری زمانی وابسته به همدیگر هستند روش شناسی تحقیق خود را توسعه می دهد. به عبارت دیگر، وقتی فرض استقلال بین مشاهدات و متغیرهای متوالی رد شود ناچار با سریهای روبرو می شویم که دارای ارتباط بین مشاهدات جمع آوری شده در دوره زمانی t هستند. معادلات حاصل برای پیش بینی باید این فرض مهم را در نظر بگیرند. باکس – جنکینز، دارای متدولوژی خاصی است که به بررسی این نوع سریها می پردازد. در متدولوژی $B\text{-}G$ ابتدا به تعیین مدل و مجموعه ای از فرایندهای ARIMA پرداخته می شود و سپس با استفاده از توابع خودهمبستگی مانده ها و آزمون برازش کای- دو به بررسی هر یک از فرایندها پرداخته می شود. تعیین مدل با استفاده از روشهای جستجوی تکراری و توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی انجام می گیرد. فرآیند بدست آمده، ممکن است از نوع AR (P)، ARMA(p ,q)، و یا ARIMA(p, d, q) باشد. این مدل ها در حالت کلی بصورت زیر تعریف می شوند:

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \alpha_1 \varepsilon_{t-1} + \alpha_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}$$
$$\Rightarrow \beta(L) Y_t = \alpha(L) \varepsilon_t$$

نکته مهم در تعیین فرآیند و تخمین مدل، ایستا بودن سری زمانی مورد تحلیل است. بنابراین اگر یک سری زمانی از حالت ایستا حول میانگین خود برخوردار نباشد، با استفاده از دیفرانسیل گیری مرتبه d به یک سری ایستا تبدیل شده و سپس پارامترها و مدل تعیین می گردد و پیش بینی به کمک مدل برازش شده صورت می گیرد.

متدلوژی پیش بینی

برای پیش بینی سری های زمانی با استفاده از روش سری زمانی فازی مطابق کارهای انجام شده (مامدوف[۲]، ۲۰۰۲-

1- Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)
2- Mamedova . M.H. 2002

سونگ[1]، ۱۹۹۳ و۱۹۹۴- چان[2]، ۱۹۹۶) باید ابتدا یک مجموعه ای از فرضیات بصورت زیر تعریف شوند:

۱- تعاریف و فرضیات

۱. y_t۱ یک سری زمانی است ($t = 0,1,2,....,n$).

۲. u بازه ای است که همه مقادیر سری زمانی y را شامل می شود.

۳. u_i طول اختلاف در بازه u می باشد به گونه ای که $u = \{u_1, u_2, ..., u_n\}$ و $u_i(t)$ می تواند به صورت یک مجموعه فازی از $y(t)$ تعریف می شود.

۴. $F(t)$ یک سری زمانی فازی بر روی **y(t)** است و بصورت $F(t) = \{u_1(t), u_2(t), ..., u_n(t)\}$ تعریف می شود.

۵. **A** تابع عضویت مجموعه است به طوریکه $\mu_A : u \to [0,1]$.

۶. **A** یک مجموعه فازی از **u** است و به صورت زیر تعریف می شود:

$A = \mu_A(u_1)/u_1 + \mu_A(u_2)/u_2 + ... + \mu_A(u_n)/u_n$ که $\mu_A(u_i)$ درجه عضویت u_i در مجموعه فازی **A** است و $\mu_A(u_i) \in [0,1]$.

۷. $C^w(t)$ ماتریس معیار است و به صورت زیر تعریف می شود :

$$C^w(t) = F(t-1)$$

۸. $O^w(t)$ ماتریس عملیاتی است و بصورت زیر تعریف می شود :

$$O^w(t) = \begin{bmatrix} F(t-2) \\ F(t-3) \\ .... \\ F(t-w-1) \end{bmatrix}$$

۹. $R^w(t)$ ماتریس رابطه است و رابطه فازی را بین مجموعه فازی در دو دوره t,t-1 نشان می دهد. این ماتریس از تعریف زیر بدست می آید: $R(t) = O(t) \otimes C(t)$.

مراحل پیش بینی نرخ تورم با استفاده از روش فازی

بعد از تعریف فروض و علایم بکار رفته برای پیش بینی سری های زمانی با استفاده از الگوریتم سری زمانی فازی، نوبت به معرفی مراحل انجام کار می رسد. برای این کار از مطالعه لی و همکارانش (۱۹۹۷)[3] که به بررسی پیش بینی سریهای زمانی با استفاده از روش فازی پرداخته بودند استفاده شده است. این مراحل بصورت زیر می باشند:

مرحله اول : اختلاف نرخ تورم سالانه بین هر دو سال متوالی محاسبه می شود.

مرحله دوم : بعد از اینکه اختلافات محاسبه شد، مقادیر ماکزیمم و مینیمم سریهای اختلاف را بدست آورده و بازه u را بصورت $u=[v_{min}-d_1, v_{max}+d_2]$ تعریف می نماییم. d_1, d_2 پارامترهای دلخواهی هستند که غالباً برای رند کردن مقادیر ماکزیمم و مینیمم بکار می روند.

1 - Song.Q. 1993-94
2- Chen. S.M.1996
3- Lee. Chia-Hoang and et. al. 1997

مرحله سوم: بازه u را در قالب چندین فاصله مساوی $u_n,\ldots,u_2,u_1$ افراز کرده و مقادیر زبان شناختی را تعیین می کنیم. مثلاً ۶ مقدار زبان شناختی (کاهش شدید،کاهش،ثابت، افزایش افزایش شدید و افزایش خیلی شدید) را در نظر گرفته و به تعداد متغیرهای زبان شناختی مجموعه فازی A تعریف می کنیم :

کاهش شدید : $A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \ldots + \frac{0}{u_6}$

کاهش : $A_2 = \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \ldots\ldots + \frac{0}{u_6}$

ثابت : $A_3 = \frac{0}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0.5}{u_4} + \ldots + \frac{0}{u_6}$

افزایش ملایم : $A_4 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0.5}{u_5} + \frac{0}{u_6}$

افزایش : $A_5 = \frac{0}{u_1} + \ldots + \frac{0.5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0.5}{u_6}$

افزایش شدید : $A_6 = \frac{0}{u_1} + \ldots\ldots + \frac{0}{u_4} + \frac{0.5}{u_5} + \frac{1}{u_6}$

مرحله چهارم : اختلاف بین هردو نرخ تورم سالانه متوالی بوسیله قانون زیرفازی سازی می شود: اگر مقدار اختلاف نرخ تورم سال i ام p باشدو مقدار p در بازه u_j مشخص شود ، آنگاه p به A_j منتقل می شود.

مرحله پنجم : در این مرحله باید یک مبنای مناسب (w) برای مدل انتخاب کرد و با استفاده از عملیات فازی، ماتریسهای معیار، عملیاتی و ماتریس رابطه را بدست آورد.

ماتریس معیار:

$$C(t) = F(t-1) = [\mathit{fuzzy}\ \mathrm{var}\mathit{iation\ of}\ \mathrm{inf}\mathit{lation\ rate\ of}\ (t-1)\mathit{year}]$$

ماتریس عملیاتی:

$$O(t) = \begin{bmatrix} F(t-2) \\ F(t-3) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ F(t-w) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_i \\ \ldots\ldots \\ \ldots\ldots \\ A_j \end{bmatrix}$$

ماتریس رابطه:

$$R(t) = O(t) \times C(t) = \begin{bmatrix} O_{11} \times C_{1},\ldots\ldots, O_{1m} \times C_m \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ O_{W1} \times C_{1},\ldots\ldots, O_{wm} \times C_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11},\ldots\ldots, R_{1m} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ R_{W1},\ldots\ldots, R_{Wm} \end{bmatrix}$$

لازم به ذکر است که برای محاسبه سری زمانی فازی ($F(t - i)$) از رابطه زیر استفاده می شود:

$$F(t-i) = [\mathit{fuzzy}\ \mathrm{var}\mathit{iation\ of}\ \mathrm{inf}\mathit{lation\ rate\ of}\ (t-i)\mathit{year}] = [A_j]$$

$1 \langle i \le w$

$1 \le j \le 6$

بعد از محاسبه ماتریس رابطه، اختلاف پیش بینی فازی سازی شده تورم را در سال t از رابطه زیر می توان بدست آورد :

$$F(t) = [\max(R_{11,\ldots\ldots,} R_{W1}),\ldots\ldots, \max(R_{1m},\ldots\ldots, R_{Wm})]$$

توجه:

۱) به روش آزمون – خطا آن w ای انتخاب می شود که پایین ترین متوسط خطای پیش بینی را داشته باشد. در این مقاله، متوسط خطای پیش بینی شده از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(actual\ rate - prediction\ rate)}{n}$$

۲) برای محاسبه ناگزیریم یک سال را به عنوان مبنا در نظر بگیریم و W را براساس آن محاسبه کنیم یعنی $۱ < w < L$ (L : تعداد سالهای قبل از سال مورد نظر).

مرحله ششم : در این مرحله، اختلاف پیش بینی فازی سازی شده در مرحله پنجم را با استفاده از ۳ اصل زیر فازی زدایی می کنیم :

اصل اول : اختلاف پیش بینی شده نقطه میان‌ی u_i است ، اگر درجات عضویت بر حسب اختلاف پیش بینی شده تنها یک ماکزیمم u_i را داشته باشد .

اصل دوم : اختلاف پیش بینی شده متوسط نقطه میانی u_1, u_2,.....,u_n است ، اگر درجات عضویت بر حسب اختلاف پیش بینی شده ، چند ماکزیمم u_1,u_2,.....,u_n داشته باشد .

اصل سوم : اختلاف پیش بینی شده صفر است ، اگر درجات عضویت برحسب اختلاف پیش بینی شده همگی صفر باشد

نتایج محاسبات

جدول شماره ۱، نتایج پیش بینی نرخ تورم را برای دوره زمانی ۱۹۹۸-۱۹۸۹ و با استفاده از روش سری زمانی فازی نشان می دهد. بطوریکه مشاهده می شود متوسط خطای پیش بینی با انتخاب $W = 3$ تقریباً ۱۳/۵ درصد (کمترین خطا) بدست آمده است. برای فازی سازی از ۶ منطق زبان شناختی (کاهش شدید، کاهش، ثابت، افزایش ملایم، افزایش، افزایش شدید) استفاده شده است (نمودار۱). در نمودار شماره ۲ نیز، روند اختلاف واقعی و پیش بینی شده به روش فازی نشان داده شده است. طبق نمودار به غیر از سالهای ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ ، تقریباً روند یکسانی بین اختلاف واقعی از اختلاف پیش بینی مشاهده می شود.

همچنین برای بررسی دقت پیش بینی تکنیک سری زمانی فازی، این روش با روشهای باکس – جنکینز و ترکیب باکس-جنکیز و سری زمانی فازی مقایسه شده است.

نتایج جدول شماره ۲ ، پیش بینی نرخ تورم را برای دوره زمانی ۱۹۹۸-۱۹۸۹ و با استفاده از روش باکس- جنکینز ($ARMA(1,1)$) نشان می دهد. همانطوریکه نتایج نشان می دهند متوسط خطای پیش بینی در این روش تقریباً ۲۰/۱۱ درصد می باشد.

براساس نتایج جدول شماره ۳ نیز که روش ترکیبی سری زمانی فازی و باکس –جنکینز ($AR(1)$) می باشد، مشاهده می شود که متوسط خطای گزارش شده نسبت به دو روش قبلی کمتر شده است(۱۲/۶ درصد).

نتیجه گیری

متدلوژی پیشنهادی در این مقاله، با انتخاب دوره زمانی کوتاهی از نرخهای تورم سالهای گذشته امکان پیش بینی روندهای آتی نرخ تورم را با حداقل خطا در مقایسه با دو روش دیگر (سری زمانی فازی و باکس جنکینز) امکان پذیر می سازد. در واقع رویکرد مذکور، با استفاده از اطلاعات و آمارهای ۱۰ سال گذشته نرخ تورم، برآوردهای دقیق تری از نرخ تورم (در مقایسه با دو روش مذکور) بعمل می آورد. بررسی نتایج جداول ۱ تا نیز۳، دال بر دقت زیاد روش ترکیبی باکس- جنکیز و سری زمانی فازی در پیش بینی نرخ تورم نسبت به دو روش مذکور می باشد. همچنین پیشرفت منابع نرم افزاری و توسعه الگوریتم روش پیشنهادی در آینده امکان انجام چنین محاسباتی را راحت تر خواهد کرد.

جدول ۱ـ پیش بینی نرخ تورم با استفاده از روش سری زمانی فازی

ردیف	سال	نرخ تورم سالانه (ستون۱)	اختلاف واقعی بین نرخهای تورم سالانه (ستون ۲)	پیش بینی اختلاف نرخهای تورم سالانه (ستون ۳)	پیش بینی نرخ تورم (ستون ۴)	اختلاف بین نرخ تورم واقعی و پیش بینی شده (ستون ۵)
1	1989	22/35	-14/73	-10/07	-	-
2	1990	7/62	9/51	8/33	12/28	-4/66
3	1991	17/13	8/68	7/60	15/95	1/18
4	1992	25/81	-4/61	-4/78	24/73	1/08
5	1993	21/2	10/25	8/84	21/03	0/17
6	1994	31/45	18/21	13/21	30/04	1/41
7	1995	49/66	-20/72	-11/94	44/66	5
8	1996	28/94	-11/59	-9/77	37/72	-8/78
9	1997	17/35	0/52	1/10	19/17	-1/82
10	1998	17/87	2/2	1/41	18/45	-0/58
متوسط خطای پیش بینی: ۱۳/۵ درصد						

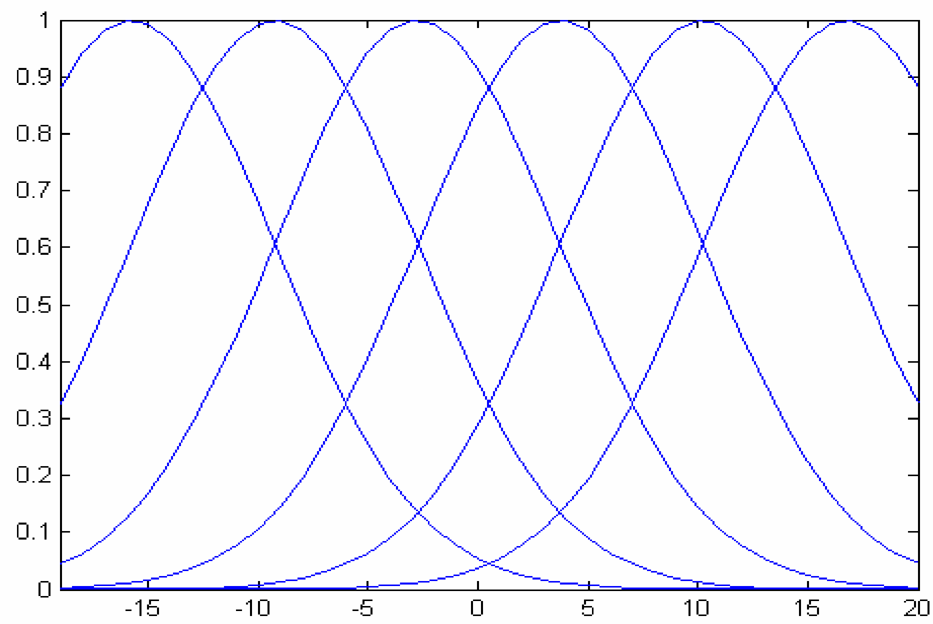
جدول ۲ـ پیش بینی نرخ تورم با استفاده از روش $ARMA(1,1)$

ردیف	سال	نرخ تورم سالانه (ستون۱)	پیش بینی نرخ تورم (ستون۲)	پسماندها
1	1989	22/35	-	-
2	1990	7/62	1/16	6/46
3	1991	17/13	11/58	5/55
4	1992	25/81	17/47	8/34
5	1993	21/2	26/3	-5/10
6	1994	31/45	10/22	21/23
7	1995	49/66	42/6	7/06

8	1996	28/94	42/04	-13/1
9	1997	17/35	8/09	9/26
10	1998	17/87	21/16	-3/38
متوسط خطای پیش بینی: ۲۰/۱۱ درصد				

جدول ۳ـ پیش بینی نرخ تورم با استفاده از روش سری زمانی فازی و باکس جنکینز ($AR(1)$)

ردیف	سال	نرخ تورم سالانه (ستون۱)	پیش بینی نرخ تورم (ستون۲)	پسماندها
1	1989	-	-	-
2	1990	12/28	-	-
3	1991	15/95	11/68	4/27
4	1992	24/73	5/17۲	9/56
5	1993	21/03	23/52	-2/49
6	1994	30/04	29/00	10/04
7	1995	44/66	8/57۳	16/09
8	1996	37/72	42/47	-4/75
9	1997	19/17	25/56	-6/39
10	1998	18/45	18/23	0/22
متوسط خطای پیش بینی: ۱۲/۶ درصد				



نمودار ۱ــ توابع عضویت

نمودار ۲ــ روند واقعی و پیش بینی شده اختلاف بین نرخهای تورم (روش سری زمانی فازی)

مراجع

[1] Chang. Ping-Teng. , 1996. Fuzzy seasonality forecasting. Fuzzy Sets and Systems 90 (1997).pp1-10.

[2] Mamedove M.H. and et.al. 2002. Fuzzy Relational Model for Knowledge Processing and Decision Making-Advances in Mathematic, New York, Vol1, pp.191-223
[3] Q.Song, B.S.Chissom,1994. Forecasting enrollments with fuzzy time series – Part2, Fuzzy Sets and Systems 62 .
[4] S.M.Chen,1996., Forecasting enrollments based on fuzzy time series. Fuzzy sets and Systems 81 .
[5] Lee. Chia-Hoang and et.al. 1997. Handling forecasting problems using fuzzy time series. Fuzzy Sets and Systems 100 (1998).pp 217-228
[6] Berlin.Wu. 1999. Application of Fuzzy Time Series Analysis to Change Periods Detection. International Fuzzy Systems Conference Proceedings.pp 667-702
[7] Zadeh. L.A.1975. The Concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning, part 1-3, Inform.Sci.8.pp 199-249