Scientific-technical journal

Volume 24 | Issue 3 Article 7

6-30-2020

ANALYSIS OF USING Z-UNCERTAINTY ASSESSMENT IN FUZZY OUTPUT SYSTEMS

D. T. Muxamedieva
Scientific-innovative center of information and communication technologies at the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmiy, author@ferpi.uz

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

УДК: 519.681.5

ANALYSIS OF USING Z-UNCERTAINTY ASSESSMENT IN FUZZY OUTPUT SYSTEMS

Muxamedieva D.T.

Scientific-innovative center of information and communication technologies at the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmiy

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ Z-ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В СИСТЕМАХ НЕЧЁТКОГО ВЫВОДА

Мухамедиева Д.Т.

Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных техногологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

НОРАВШАН ХУЛОСА ТИЗИМЛАРИДА НОАНИҚЛИКНИНГ Z-БАҲОЛАРИНИ ҚЎЛЛАШНИНГ ТАҲЛИЛИ

Мухамедиева Д.Т.

Мухаммада ал-Хоразмий номидаги Тошкент Ахборот технологиялари Университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази

Abstract. *This paper proposes an approach based on using transformed Z-numbers to ordinary fuzzy numbers. The prospects for their use in systems of fuzzy inference are considered, and the problems that arise here are formulated.*
Keywords: Theory of fuzzy sets, Z-numbers, probability, distribution, membership function.

Аннотация. *В данной работе предложен подход, основанный на использовании преобразованных Z-чисел к обычным нечетким числам. Рассмотрены перспективы их использования в системах нечеткого вывода, а также сформулированы проблемы, которые при этом возникают.*
Ключевые слова: Теория нечетких множеств, Z-числа, вероятность, распределение, функция принадлежности.

Аннотация. *Мақолада оддий норавшан сонларга ўзгартирилган Z-сонларни қўллашга асосланган ёндошув тақдим этилган. Уларни норавшан хулоса тизимларида қўллаш имкониятлари кўрилган, ҳамда бу ёндошувда юзага келиш мумкин бўлган муаммолар шакллантирилган.*
Таянч сўзлар: Норавшан тўпламлар назарияси, Z-сонлар, эҳтимоллик, тақсимот, тегишлилик функцияси.

1.Введение. Можно говорить, что теория Z-чисел еще недостаточно исследована (большинство известных публикаций относится к периоду 2012-2019 гг.), но учёные уже внесли свой вклад в развитие теории Z-чисел и предложили некоторые подходы к работе с ними, которые будут рассмотрены в данной работе. Тем не менее, использование Z-чисел в системах нечёткого вывода пока остаётся нерешенной задачей из-за используемых в их представлении составляющих разной природы.

Целью данной работы является исследование методики использования Z-чисел в системах нечеткого вывода и разработка программы на основе результатов этого исследования. Для достижения этой цели были определены следующие задачи:

1. Изучение существующих подходов к работе с Z-числами.

2. Разработка алгоритма использования преобразованных Z-чисел в системах нечёткого вывода.

3. Изучение возможностей использования Z-чисел в системе вывода без их предварительной модификации (преобразования).

4. Разработка программы, реализующей предложенные методики.

5. Проведение экспериментов и анализ получаемых результатов.

2. Основная часть. Z-оценкой называют упорядоченную тройку, которая трактуется как оператор (утверждение) *U* is (*A, B) (“ U есть (A,B)”).* Если A не состоит только из одной точки, то *U* является неопределенной переменной.

В действительности, Z-оценку можно рассматривать как ограничение на U , которое определяется – выражением:

$$Prob(U \text{ is } A) \text{ is } B.$$

Это означает, что мы не знаем истинную плотность вероятности по *U*, но есть ограничение в виде нечеткого подмножества *P* пространства **P** всех вероятностных плотностей по U. Это ограничение вызывает нечеткую вероятность *B*. Пусть *p* функция плотности по *U*. Вероятность $\text{Prob}_p(U \text{ is } A)$ (вероятность, что *U* есть *A*) определяется на основе определения вероятности нечеткого подмножества предложенной Заде [1,2], как

$$\text{Prob}_p(U \text{ is } A) = \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_A(u) p_u(u) du. \cdot$$

Тогда степень, в которой *p* удовлетворяет Z-оценку $\text{Prob}_p(U \text{ is } A)$ есть *B* это

$$\mu_p(p) = \mu_B(\text{Prob}_p(U \text{ is } A)) = \mu_B(\int_{-\infty}^{+\infty} \mu_A(u) p_U(u) du).$$

В виде *p* берется некоторое параметрическое распределение:

1. Нормальное распределение, Функцией плотности нормального распределения является

$$p_U(u) = normpdf(u, m, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(u-m)^2}{2\sigma^2}\right).$$

В этой ситуации, для любых m, σ мы имеем

$$\text{Prob}_{m,\sigma}(U \text{ is } A) = \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_A(u) p_{m,\sigma} du = \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_A(u) \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{(u-m)^2}{2\sigma^2}\right) du =$$
$$= quad(trapmf(u,[a_1, a_2, a_3, a_4]) * normpdf(u, m, \sigma), -\inf, +\inf$$

Тогда пространство **P** вероятностных распределений будет класс всех нормальных распределений каждый однозначно определяется своим параметром m, σ .

2. Равномерное распределение, Функцией плотности равномерного распределения является

$$p_U(u) = ravpdf(u, a, b) = \begin{cases} 0 & при \quad x \le a, \\ 1/(b-a) & \text{при } a < x \le b, \\ 0 & при \; x > b. \end{cases}$$

В этой ситуации, для любых m, σ мы имеем

$$\Pr ob_{a,b}(U \text{ is } A) = \int_a^b \mu_A(u) p_{a,b} du = \int_a^b \mu_A(u)(1/(b-a)) du =$$
$$= quad(trapmf(u,[a_1, a_2, a_3, a_4]) * ravpdf(u, a, b),$$
$$-\inf, +\inf)$$

Тогда пространство **P** вероятностных распределений будет класс всех равномерных распределений каждый однозначно определяется своим параметром *a и b*.

В следствии этого, операции над Z-числом, приведенных в [2] будут достаточно упрощенным.

Пусть X, Y случайные величины. Учитывая Z-оценки (X, A, B) и (Y, E, F) и операцию, задача состоит в том, чтобы определить Z-оценку Y. Процедура выглядит следующим образом:

Пусть p (x) и q (x) - основные функции плотности вероятности X и Y соответственно. Известная информация может быть обобщена как

$$\mu_B(\int A(x)p(x)dx = u) = B(u),$$

$$\mu_F(\int E(x)q(x)dx = u) = F(u),$$

где p, q не известны.

Обозначим Z-оценку через (W, G, H), а лежащую в основе функцию плотности вероятности через W. Функция принадлежности G определяется применением принципа расширения:

$$G(W) = Sup_{u,v}(A(u) \wedge E(v)),$$

где супремум захвачен всеми u, v такими, что $w = u * v$.

Следующим шагом является определение возможности распределения p_w. Отметим, что

$$p_v(t) = p_w(t) = \int_{t=u*v} p(u)q(v)du.$$

Обозначим вышеприведенное уравнение через $p_w = p * q$. Применяя принцип расширения, мы имеем

$$\mu_{p_{\partial w}}(p_w) = Sup_{\{p,q/p_{w=v*q}\}}(B(\int A(u)p(u)du) \wedge F(\int E(v)q(v)dv)).$$

H-функция принадлежности нечеткого множества H определяется как

$$H(t) = Sup_{p_{\partial w}}(\mu_{p_w}(p_w)).$$

где супремум взят над множеством $\{p_w \mid t = \int p_w(s)G(s)ds\}$.

Другими словами, мы решаем вариационную задачу здесь. Для каждого t мы должны найти функцию плотности вероятности p_w, которая оптимизирует значение H(t) в зависимости от условия $t = \int p_w(s)G(s)ds$. Если никакие другие условия не будут поставлены на p_w, то эту проблему будет практически невозможно решить. Поэтому, как правило, для решения проблемы должны быть сделаны предположения относительно природы p и q. В случае дискретных случайных величин в соответствующих местах интеграция заменяется суммированием.

Обозначим Z-суммирование W = X + Y через $Z(A_W, B_W)$. Наша цель - найти Z-оценку W = X + Y. То есть найти возможность распределения $A_W(w)$ и $B_W(r)$.

Шаг 1: Рассчитать $A_W(w)$:

$$A_W(w) = Sup_v(A_X(v) \wedge A_Y(w-v)).$$

Шаг 2: Расчет распределения вероятностей W:

Распределение вероятностей W определяется как $P_{rob}(w=k) = \sum_k p_a(u)p_b(k-u)$.

Шаг 3: Найти G_w:

Чтобы найти $B_w(r)$ сначала нам нужно найти $G_w(p_w)$ возможность распределения по p_w связанной со случайной величиной W. Используя принцип расширения, мы имеем

$$G_w(p_w) = \sup_{p_x, p_y}(B_X(S) \wedge B_Y(t)),$$

где

$$s = \sum_{x=0}^{z} A_X(x)p_x(x) \quad \text{и} \quad t = \sum_{y=0}^{z} A_Y(y)p_y(y),$$

при условии

$$p_w = \mathrm{p}_{p_x} {}^0 p_y.$$

Шаг 4: Нахождение B_W:

Далее для расчета функции принадлежности B_W используется формула

$$B_W(D) = \sup_{pw} G_w(p_w),$$

при условии $$D = \sum A_w(w)p_w(w).$$

Каждый из них порождает распределение возможностей G_i по пространству распределения вероятностей P как

$$G_1(p) = B_X(\int A_X(u)p_X(u)du)$$

и

$$G_2(p) = B_Y(\int A_Y(u)p_Y(u)du)$$

где p_X и p_y - вероятностные распределения X и Y согласно

Обозначим Z-умножение W = XY через $\mathrm{Z}(A_w, B_w)$. Наша цель - найти Z-оценку W = XY. То есть найти возможность распределения $A_w(w)$ и $B_w(r)$.

Шаг 1: Рассчитать $A_W(w)$:

$$A_w(w) = Sup_v(A_x(v) \wedge A_y(w/v)).$$

Шаг 2: Расчет распределения вероятностей W:

$$\Pr ob(w=k) = \sum_k p_a(u)p_b(k/u)$$

Шаг 3: Нахождение G_w:

Используя принцип расширения, мы имеем

$$G_w(p_w) = \sup_{p_x p_y}(B_X(s) \wedge B_y(t)), \qquad s = \sum_x A_X(x) p_X(x)$$

и

$$t = \sum_y A_Y(y) p_Y(y),$$

при условии

$$p_w = p_x {}^0 p_y .$$

Шаг 4: Нахождение B_W:

$$B_w(D) = \sup_{pw} G_w(p_w)$$

при условии

$$D = \sum A_w(w) p_w(w).$$

Здесь

$$D = \sum A_w(w) p_w(w) = \sup_{pw} G_w(p_w)$$

Однако следует отметить, что даже в самых простых случаях мы сталкиваемся со сложными проблемами оптимизации.

3. Реализация задач. Пусть задана выборка нечетких экспериментальных данных (X_r, y_r), $r = \overline{1, M}$; здесь $X_r = (x_{r1}, x_{r2}, ..., x_{rn})$ - входной n-мерный вектор и $y_r = (y_1, y_2, ..., y_M)$ - соответствующий ему выходной вектор.

В общем виде требуется построить модель, основанную на нечетких правилах вывода с использованием Z-оценивания неопределенности:

$$\bigcup_{p=1}^{k_k}\left(\bigcap_{i=1}^{n} x_i = (a_{i,jp}, b_{i,jp})\right) \to y_j = f(x_1, x_2, ..., x_n).$$

Благодаря такому подходу к использованию Z-чисел в системе нечёткого вывода появляется возможность более эффективно учитывать неопределенность при работе с приближенной, неточной информацией. С уверенностью можно сказать, что такой разработанный алгоритм может с большим успехом найти широкое применение в решениях как инженерных, так и экономических задач различного рода.

Проиллюстрируем работу системы вывода на примере.

Рассмотрим три типа нечёткой модели оценки состояния слабоформализуемого процесса, вывод которой представляется в виде линейной и нелинейной зависимости.

1. Нечёткая модель, выход которой представляется в виде линейной зависимости:

Если $(x_1^i = (a_{11}^i, b_{11}^i) \vee x_2^i = (a_{12}^i, b_{12}^i) \vee ... \vee x_n^i = (a_{1n}^i, b_{1n}^i)) \wedge$

. . . .

$\wedge (x_1^i = (a_{11}^{k_i}, b_{11}^{k_i}) \vee x_2^i = (a_{12}^{k_i}, b_{12}^{k_i}) \vee ... \vee x_n^i = (a_{1n}^{k_i}, b_{1n}^{k_i})),$

то

$$y_i = c_{i0} + c_{i1}\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_1^{ij})\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_1^{ij})a_1^{ij}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_1^{ij})}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_1^{ij})} + ...c_{in}\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_n^{ij})\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_n^{ij})a_n^{ij}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_n^{ij})}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_n^{ij})},$$

$i=\overline{1,m}.$

2. Нечёткая модель, выход которой представляется в виде нечетких термов:

Если x_1^1=*(Н,С)* и x_2^1=*(Н,С)* и x_3^1= *(Н,С))* и x_4^1=*(Н,С)* или x_1^1=*(С,Н)* и x_2^1=*(Н,С)* и x_3^1 =*(Н,С)* и x_4^1=*(Н,С)* То r_1=*(В,С).*

Если x_1^2=*(Н,С)* и x_2^2=*(Н,С)* и x_3^2=*(Н,С)* и x_4^2=*(С,С)* или x_1^2=*(Н,С)* и x_2^2=*(Н,С)* и x_3^2 =*(Н,С)* и x_4^2=*(В,С)* или x_1^2=*(Н,С)* и x_2^2=*(Н,С)* и x_3^2=*(С,С)* и x_4^2=*(Н,С)* То r_2=*(ВС,С).*

Если x_1^3=*(Н,С)* и x_2^3=*(Н,С)* и x_3^3=*(Н,С)* и x_4^3=*(ВС,С)* или x_1^3=*(Н,С)* и x_2^3=*(Н,С)* и x_3^3 =*(ВС,С)* и x_4^3=*(С,ВС)* или x_1^3=*(Н,С)* и x_2^3=*(Н,С)* и x_3^3=*(С,ВС)* и x_4^3=*(В,ВС)* То r_3=*(С,ВС).*

Если x_1^4=*(Н,ВС)* и x_2^4=*(В,ВС)* и x_3^4=*(С,ВС)* и x_4^4=*(С,ВС)* или x_1^4=*(Н,ВС)* и x_2^4=*(С,ВС)* и x_3^4=*(С,ВС)* и x_4^4=*(В,ВС)* То r_4=*(НС,С).*

Если x_1^5=*(С,ВС)* и x_2^5=*(В,ВС)* и x_3^5=*(С,ВС)* и x_4^5=*(В,ВС)* или x_1^5=*(В,ВС)* и x_2^5=*(В,ВС)* и x_3^5=*(С,ВС)* и x_4^5=*(В,ВС)* или x_1^5=*(В,ВС)* и x_2^5=*(В,ВС)* и x_3^5=*(В,ВС)* и x_4^5=*(В,ВС)* То r_5 =*(Н,С).*

3. Нечёткая модель, выход которой представляется в виде нелинейной зависимости:

Если $(x_1^i=(a_{11}^i,b_{11}^i)\vee x_2^i=(a_{12}^i,b_{12}^i)\vee\ldots\vee x_n^i=(a_{1n}^i,b_{1n}^i))\wedge$

. . . .

$\wedge(x_1^i=(a_{11}^{k_i},b_{11}^{k_i})\vee x_2^i=(a_{12}^{k_i},b_{12}^{k_i})\vee\ldots\vee x_n^i=(a_{1n}^{k_i},b_{1n}^{k_i})),$

$$y_i=c_{i0}+c_{i1}\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_1^{ij})\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_1^{ij})a_1^{ij}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_1^{ij})}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_1^{ij})}+c_{i2}\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_2^{ij})\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_2^{ij})a_2^{ij}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_2^{ij})}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_2^{ij})}+\ldots$$

$$+c_{in}\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_n^{ij})\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_n^{ij})a_n^{ij}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_n^{ij})}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_n^{ij})}+c_{in+1}\left[\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_1^{ij})\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_1^{ij})a_1^{ij}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_1^{ij})}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_1^{ij})}\right]^2+$$

то $$+c_{in+2}\left[\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_2^{ij})\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_2^{ij})a_2^{ij}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_2^{ij})}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_2^{ij})}\right]^2+\ldots+c_{i2n}\left[\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_n^{ij})\frac{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_n^{ij})a_n^{ij}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(a_n^{ij})}}{\sum_{j=1}^{q}\mu(b_n^{ij})}\right]^2,$$

$i=\overline{1,m}.$

4. Вычислительный эксперимент. Был разработан программный продукт. В данной реализации использован алгоритм нечёткого вывода, основанный на преобразовании Z-чисел в нечёткие числа.

По итогам проведенного исследования получен прогноз оценки рисков недополучения урожая, основанный на построении аппроксимирующих моделей с использованием обучающих и тестирующих данных о риске (рисунок 1). Графики этих зависимостей приведены на рисунке 2.

В предложенных моделях каждая входная переменная имеют свои собственные функции принадлежности нечетким термам (Н, НС, С, ВС, В), которые используются в уравнениях

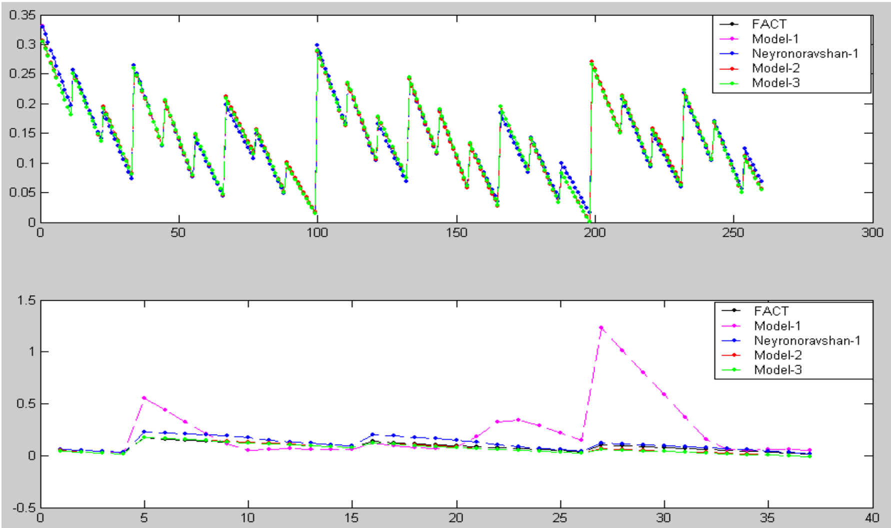

Рисунок 1 - График оценки риска для обучающих и тестирующих данных

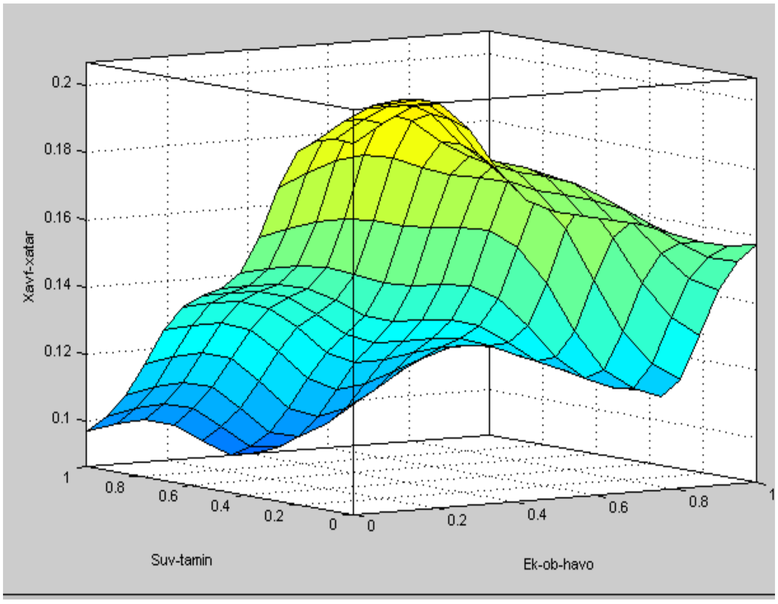

Рисунок 2 - Поверхность “вход - выход” для оценки риска

5. Заключение. В качестве направления для дальнейшей работы можно выделить разработку алгоритма использования арифметики дискретных Z-чисел в системах нечёткого вывода с целью полноценного внедрения Z-информации в механизмы вывода, что принесёт наименьшие потери информации, содержащейся в Z-числах.

Результатом данной работы является разработанный подход к использованию Z-чисел в системе нечёткого вывода путём преобразования Z-чисел в классические нечёткие числа и разработали подход к принятию решений, который обобщает существующую ожидаемую полезность подхода в случае Z-информации. Этот подход, в отличие от других работ по принятию решений в рамках Z-информации, основывается на прямом вычислении над Z числами без преобразования их в нечеткие числа.

References

[1]. Kang B., Wei D., Li Y., Deng Y. Decision Making Using Z-numbers under Uncertain Environment, Journal of Information & Computational Science 8(7) , USA, (2012), pp.2807-2814.

[2]. Yager R.R. On Z-valuations using Zadeh`s Z-numbers, International Journal of Intelligent Systems 27, (2012), pp.259-278.

[3]. Muxamedieva D.T. Sust shakllangan jarayonlarni noravshan modellarini qurishning nokorrekt masalalarini yechish usul va algoritmlari. ”Navruz” nashriyoti. Toshkent:, 2018 y. 216 bet.

[4]. Muxamediyeva D.T. Model of estimation of success of geological exploration perspective // International Journal of Mechanical and production engineering research and development (IJMPERD) ISSN(P): 2249-6890; ISSN(E): 2249-8001 Vol. 8, Issue 2, USA. 2018, 527-538 pp. Impact Factor (JCC): 6.8765.

[5]. Muxamediyeva D.T. Structure of fuzzy control module with neural network //International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN (P): 2249-6890; ISSN (E): 2249-8001 Vol. 9, Issue 2, Apr 2019, pp.649-658.

Литература

[1]. Kang B., Wei D., Li Y., Deng Y. Decision Making Using Z-numbers under Uncertain Environment, Journal of Information & Computational Science 8(7) , USA, (2012), pp.2807-2814.

[2]. Yager R.R. On Z-valuations using Zadeh`s Z-numbers, International Journal of Intelligent Systems 27, (2012), pp.259-278.

[3]. Мухамедиева Д.Т. Суст шаклланган жараёнларни норавшан моделларини қуришнинг нокоррект масалаларини ечиш усул ва алгоритмлари. ”Навруз” нашриёти. Тошкент:, 2018 й. 216 бет.

[4]. Muxamediyeva D.T. Model of estimation of success of geological exploration perspective // International Journal of Mechanical and production engineering research and development (IJMPERD) ISSN(P): 2249-6890; ISSN(E): 2249-8001 Vol. 8, Issue 2, USA. 2018, 527-538 pp. Impact Factor (JCC): 6.8765.

[5]. Muxamediyeva D.T. Structure of fuzzy control module with neural network //International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN (P): 2249-6890; ISSN E): 2249-8001 Vol. 9, Issue 2, Apr 2019, pp.649-658.