

Список литературы

1. Onwu, F. K.; Ogah, S. P. I. Studies on the effect of pH on the sorption of cadmium (II), nickel (II), lead (II) and chromium (VI) from aqueous solutions by African white star apple (*Chrysophyllum albidum*) shell // African Journal of Biotechnology (2010), 9(42), 7086-7093.
2. Sahoo, Himadri Bhusan; Tripathy, Subhasish; Equeenuddin, Sk. Md.; Sahoo, Prafulla Kumar. Utilization of ochre as an adsorbent to remove Pb(II) and Cu(II) from contaminated aqueous media // Environmental Earth Sciences (2014), 72(1), 243-250.
3. Oves, Mohammad; Khan, Mohammad Saghir; Zaidi, Almas. Biosorption of heavy metals by *Bacillus thuringiensis* strain OSM29 originating from industrial effluent contaminated north Indian soil // Saudi Journal of Biological Sciences (2013), 20(2), 121-129.
4. Pyrzynska, Krystyna; Stafiej, Anna. Sorption Behavior of Cu(II), Pb(II), and Zn(II) onto Carbon Nanotubes // Solvent Extraction and Ion Exchange (2012), 30(1), 41-53. (ST)
5. Алиева Р.А., Абилова У.М., Гусейнова Н.С., Чырагов Ф.М. Сорбционно-фотометрическое

определение свинца в печени крупного рогатого скота // Журнал аналитической химии, 2017, том 72, №11, с. 1006-1011.

6. Aliyeva R.A., Huseynova N.S., Abilova U.M., Iskandarov Q.B., Chyragov F.M. Determination of Lead (II) in Liver Corpse of a Slaughtered Cattle with Preconcentration on a Chelating Sorbent // American Journal of analytical Chemistry, 2016, №7, 617-622.

7. Алиева Р.А., Абилова У.М., Гусейнова Н.С., Искендеров Г.Б., Чырагов Ф.М. Определение свинца в печени с предварительным концентрированием на хелатообразующем сорбенте // Azərbaycan əsçaçılıq və farmakoterapiya jurnalı. 2015, №2. Səh. 29-32.

8. Алиева Р.А., Чырагов Ф.М., Гамидов С.З. Сорбционное исследование меди (II) полимерным сорбентом // Журн. химические проблемы. 2006. № 4. С. 161-163.

9. Турова Н.Я. Справочные таблицы по неорганической химии / Под ред. Тамм Н.С. Л.: Химия, 1977. с. 116.

УДК: 004.896:681.51

Северюхин Е.П

УСЛОВНЫЙ КРИТЕРИЙ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ПРИ СИНТЕЗЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ

Severyukhin E.P.

CONDITIONAL CRITERION OF PREFERENCE AT SYNTHESIS OF INTELLECTUAL SYSTEMS OF CLIMATE CONTROL

Abstract. In article new approach to creation of conditional criterion of the preference based on a different platform, combining unconditional and conditional criterion of preference is offered. New approach is based on conditional criterion of preference which allows to choose optimum combinations of couples of criteria and to select optimum structure of intellectual system for them. The conditional criterion of preference which is based on the theory of indistinct sets and the theory of decision-making is offered. This conditional criterion of preference is supposed to be used, as part of big algorithm on synthesis of system of climate control. After application of procedure of a defazification of [1] decisions, there are only most preferable options of execution of intellectual system of climate control.

Аннотация. В статье предлагается новый подход к построению условного критерия предпочтения, основанного на отличающейся платформе, сочетающей в себе безусловный и условный критерий предпочтения. Новый подход основывается на условном критерии предпочтения, который позволяет выбирать оптимальные сочетания пар критериев и по ним подбирать оптимальный состав интеллектуальной системы. Предлагается условный критерий предпочтения, основывающийся на теории нечетких множеств и теории принятия решений. Этот условный критерий предпочтения предполагается использовать, как часть большого алгоритма по синтезу системы климат-контроля. После применения процедуры дефазификации [1] решений, остаются только наиболее предпочтительные варианты исполнения интеллектуальной системы климат-контроля.

Ключевые слова: условный критерий предпочтения; дефазификация; нечеткое множество.

Key words: the conditional criterion of preference; defazification ; unsharp set

На современном этапе развития общества перед человеком все чаще встает проблема выбора наиболее оптимального решения с минимальным количеством известной информации, выраженной численными значениями показателей качества. Общие показатели качества, характеризующие в данной статье систему климат-контроля подчас

мало известны, иногда известны только характеристики лишь некоторых, отдельных частей системы (называемые в дальнейшем частными показателями качества), именно они и обеспечивают численные технические показатели функционирования автоматизированной системы.

При синтезе систем климат-контроля интеллектуальных зданий подходящий математический аппарат предоставляет как теория принятия решений, так и теория нечетких множеств [1], в процессе разработки успешно применяются элементы комбинаторики.

Задача определения условного критерия предпочтения, наиболее оптимально подходящая для реализации синтеза из блоков (последовательной сборки) и выбора конечного варианта системы климат-контроля представляется центральным вопросом. Она освещается в данной статье.

В процессе решения предлагается один из возможных подходов к оптимизации или к построению условного критерия предпочтения, применяемый при синтезе системы климат-контроля на основе первоначальной оптимизации с помощью площадей, и последующей деаггрегации оставшихся решений с помощью простейшей функции нормального распределения [2]. С помощью функций нормального распределения предполагается представить и выделить два множества решений: “посредственные -средние” и “средние-наилучшие”.

Мощность нечеткого множества составляется авторами только из элементов отобранных по безусловному критерию предпочтения, применяя принцип оптимальности Парето, в соответствии с теорией принятия решений.

Пусть для примера число лингвистических переменных, [1] используемых при реализации данного метода равно трем. Точность оценки качества по условному критерию представляется в трех градациях :”посредственное” [v1],

”среднее”[v2] и “наилучшее”[v3]. Количество же информационных гранул [1] используется две “посредственный—средний”[v1(x,y)-v2(x,y)]; “средний—наилучший”[v2(x,y)-v3(x,y)], где $v1(x,y)$, $v2(x,y)$, $v3(x,y)$ — функции принадлежности к этим трем лингвистическим переменным.

В таком случае каждая модель системы климат-контроля имеет кроме двух рассматриваемых числовых значений показателей качества еще и три функции принадлежности: $A(v1,v2,v3,x,y)$. Система, принимается наилучшей по условному критерию, если у нее степень принадлежности к грануле “средний—наилучший” является большей, чем у остальных- т.е она является наиболее оптимальным вариантом исполнения, сочетающим в себе пять блоков составляющих.

После того как получено условное, мысленное разделение системы климат-контроль на уровни проектирования, осуществляется сравнение прошедших отбор по Парето вариантов блоков системы между собой. Для наглядности они располагаются на графике по порядку см.рис.1 .

Оптимизации для прошедших отбор по Парето вариантов осуществляется по парам основных (ключевых) критериев. Весь представленный далее алгоритм приводится только для одной пары критериев X и Y. В общем же случае рекомендуется рассматривать не только одну пару ключевых критериев, а как все их возможные сочетания или если критериев много —ключевые сочетания главных критериев. В дальнейшем, на рисунке №1 изображается примерный вид расположения моделей-аналогов систем климат-контроля, взятый из реального примера.

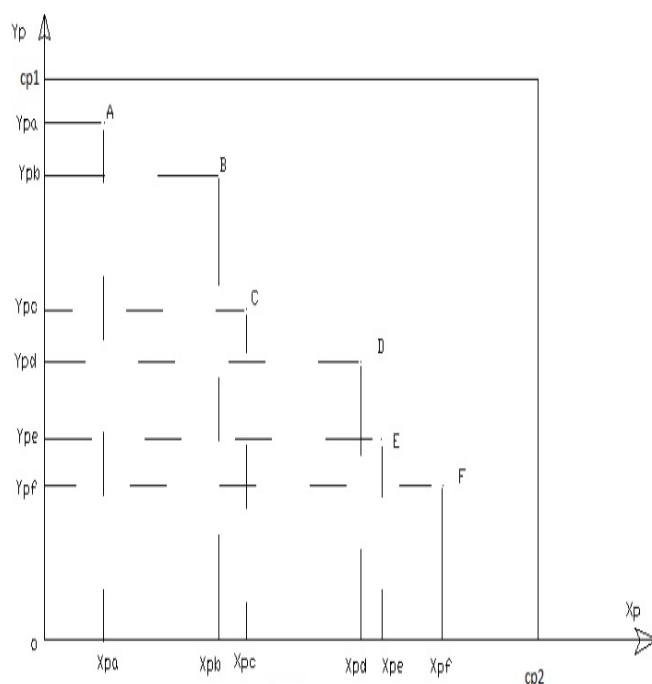


Рис.1 иллюстрация моделей аналогов, прошедших отбор по Парето

Предлагаемый алгоритм используемого условного критерия предпочтения .

1) Руководствуясь принципом рациональной необходимости, лицом принимающим решения (ЛПР) вводятся ограничения $c1$ для X_p и $c2$ для Y_p . (на практике например такими ограничениями например могут быть минимальная мощность обогрева , стоимость (бюджетные ограничения) и проч.

2) Рассчитывается общая ограничиваемая площадь [уе] $S = c1 * c2$ в условных единицах; Ограничения налагаются посредством условий определяемых заказчиком к разрабатываемому проекту.

3) Вычисляются значения:

$$\begin{aligned} S_a &= x_{pa} * y_{pa}; \\ &\dots \\ S_f &= x_{pf} * y_{pf}; \end{aligned} \quad (1)$$

4) Вычисляется промежуточный параметр:

$$\overline{S_{cp}} = \frac{S_A + S_B + S_C + S_D + S_E + S_F}{6}; \quad \text{для}$$

представленных шести точек (2) (если число выбранных точек больше, то соответственно при расчетах нужно учесть их большее количество).

5) Вычисляется характеристика : $\Delta = \frac{\overline{S_{cp}}}{S}$ при $\Delta \in [0,1]$. Данная характеристика представляет собой промежуточный параметр.

6) Вычисляются коэффициенты перевода:

$$\begin{cases} K_1 = \frac{c1}{V(p1)} = c1 = x_e; \\ K_2 = \frac{c2}{V(p2)} = c2 = y_e \end{cases} \quad (3)$$

Вспомогательный график с единичной площадью $S_B = 1$ необходим, для того чтобы зафиксировать и отсечь площадь оптимизации, ограничиваемую по расчетным значениям на реальном графике.

7) Осуществляется расчет $S_{op} = M * \Delta * S_B$; в таком случае зададим нормирующий множитель $M=2$;

8) Рассчитывается радиус R_B :

$$\frac{\pi * R_B^2}{4} = S_{op} = M * \Delta * S_B; \text{отсюда } R_B = \sqrt{\frac{4 * M * \Delta * S_B}{\pi}}$$

; (5)- вспомогательный радиус .

9) Расчет крайних точек , расположенных на осях координат :

$$\begin{cases} x_p = K_1 * x_B; \\ y_p = K_2 * y_B \end{cases}$$

Для радиуса, расположенного на вспомогательном графике:

$$\begin{cases} x_{p1} = K_1 * R_B; y_{p1} = 0; \\ x_{p2} = 0; y_{p2} = K_2 * R_B; \end{cases}$$

для обозначения рассчитанных координат на основном графике.

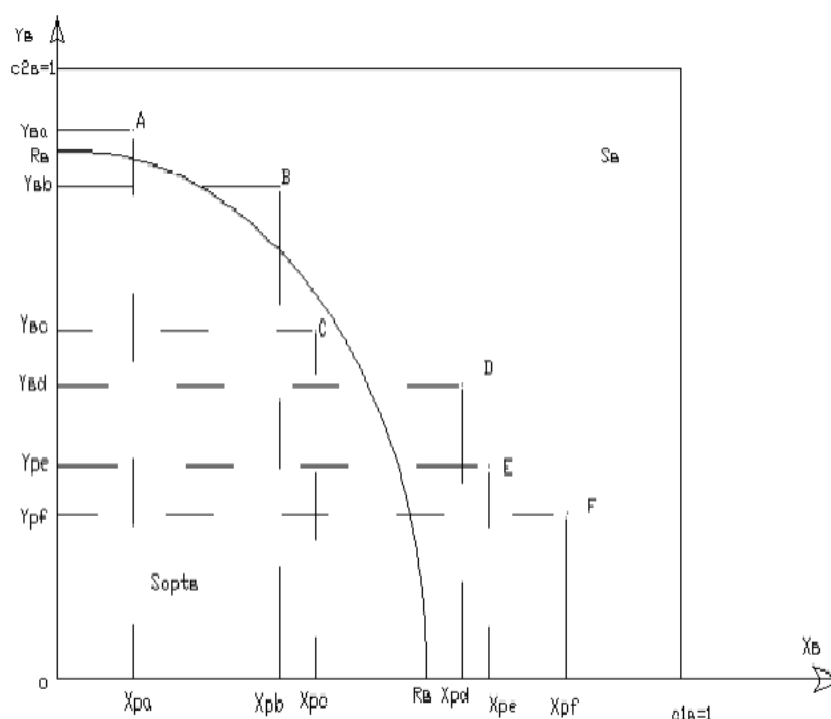


Рис. 2 Иллюстрация построения вспомогательного графика (площади оптимизации)

10) Фиксируются две крайние точки на вспомогательном графике и на основном графике [точки пересечения круга и эллипса с осями критериев соответственно]. Затем определяется местонахождение остальных точек, сначала на вспомогательном, а затем и на основном графике.

$y_B = \sqrt{R_B^2 - x_B^2}$; для окружности. По этой формуле отображаем значения y_B на вспомогательном графике.

Шаг интерполяции на вспомогательном графике равен: $h_B = \frac{R_B - 0}{n} = \frac{R_B}{n}$; если $n=10$ (обычно такого количества точек бывает достаточно для восстановления окружности с требуемой точностью по ним, но рекомендуется для достижения большей точности использовать большее количество расчетных точек). Тогда значения получаются $x_{Bi} = x_{B0} + h_B * N$; при $N=0,1,...,n-1$. $i \in (1, n)$

Здесь для совокупности точек

$$\left. \begin{matrix} (x_{B1}, y_{B1}) \\ (x_{B2}, y_{B2}) \\ \dots \\ (x_{Bn}, y_{Bn}) \end{matrix} \right\} \text{ переводятся в } \left. \begin{matrix} (x_{p1}, y_{p1}) \\ (x_{p2}, y_{p2}) \\ \dots \\ (x_{pn}, y_{pn}) \end{matrix} \right\} \text{ посредством } \begin{cases} x_{pi} = K_1 * x_{Bi} \\ y_{pi} = K_2 * x_{pi} \end{cases} \text{ при } N=0,1,...,n-1; i \in (1, N)$$

Шаг интерполяции (7) на основном графике рассчитывается с учетом расположения точек по которым осуществляется восстановление четверти эллипсоида на основном графике. На примере

$$y_{Bi} = \sqrt{R_B^2 - x_{Bi}^2}; \quad (6)$$

при $i \in (1, n)$.

С учетом n точек

$$\left. \begin{matrix} (x_{B1}, y_{B1}) \\ (x_{B2}, y_{B2}) \\ \dots \\ (x_{Bn}, y_{Bn}) \end{matrix} \right\} \rightarrow$$

восстанавливается окружность на вспомогательном графике, рассчитанной площади. И впоследствии осуществляется построение окружности по формуле: $y_B = \sqrt{R_B^2 - x_B^2}$;

11) На основном графике строится эллипс-граница, путем перенесения рассчитанных точек со вспомогательного графика. Определение точного расположения эллипс-границы на основном графике осуществляется посредством операции преобразования.

Здесь,

$$h_p = \frac{R_p}{n}; \quad (7),$$

$$\text{где } x_{pi} = x_{p0} + h_p * N; \quad (8)$$

$$y_{pi} = f(x_{pi}); \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1; \text{ Для эллипсоида с центром в точке начала координат откуда}$$

$$y_{pi} = \sqrt{b^2 - \frac{b^2 x_{pi}^2}{a^2}} \text{ где } N=0,1,...,n-1; i \in (1, N). \begin{cases} a = x_{p1} \\ b = y_{p2} \end{cases}$$

приведенном в данной статье четверть круга-границы на вспомогательном графике постепенно преобразуется в четверть эллипса-границы на основном графике.

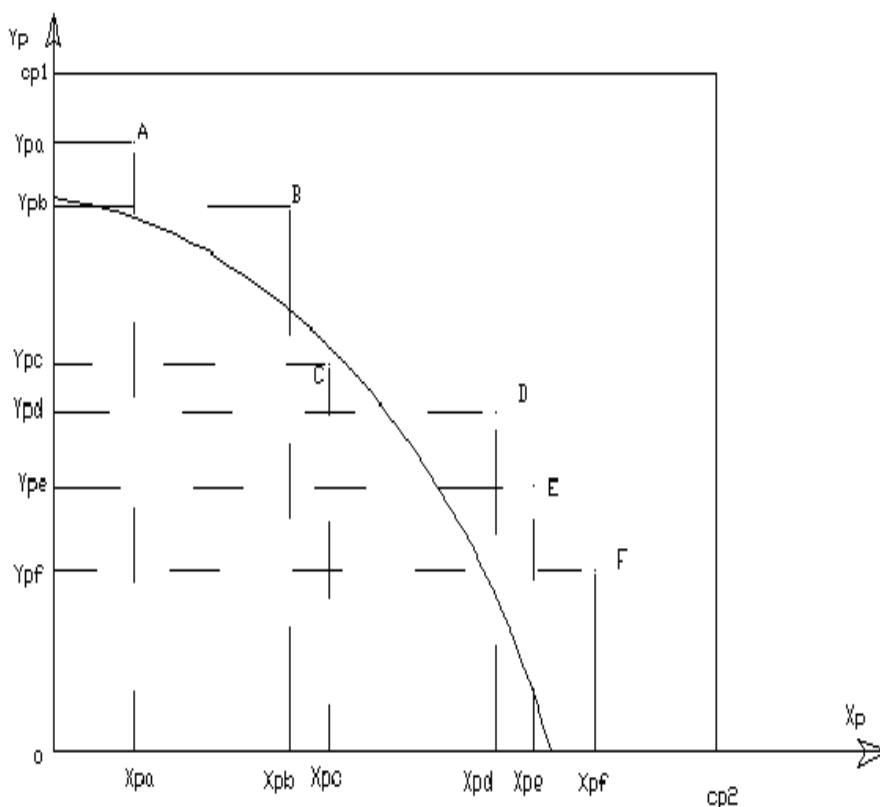


Рис. 3 иллюстрация построения основного графика с площадью оптимизации

Часть эллипсоида-границы строится посредством сплайн-интерполяции с использованием n рассчитанных точек, ограничивая площадь оптимизации по формуле эллипса.

После того как четверть эллипса построена, область содержащая прошедшие по условному критерию решения ограничена, перед лицом принимающим решения появляются два альтернативных варианта действий, из которых нужно выбрать один.

Вариант первый: ограничиться выделением наиболее подходящих сочетаний (моделей-аналогов) с последующей технической реализацией

всех оставшихся вариантов. В дальнейшем же по практической реализации в жилой зоне отобрать наилучший вариант автоматизированной системы климат-контроля.

Вариант второй: попытаться выделить, при необходимости, среди отобранных проектов наилучшие модели-аналоги автоматизированных систем с помощью теории нечетких множеств. Предположительно проектировщик ограничен в финансовых средствах, не имеет возможности реализовать все оставшиеся варианты тогда, далее в статье описывается решение вышеупомянутой задачи руководствуясь вторым вариантом действий.

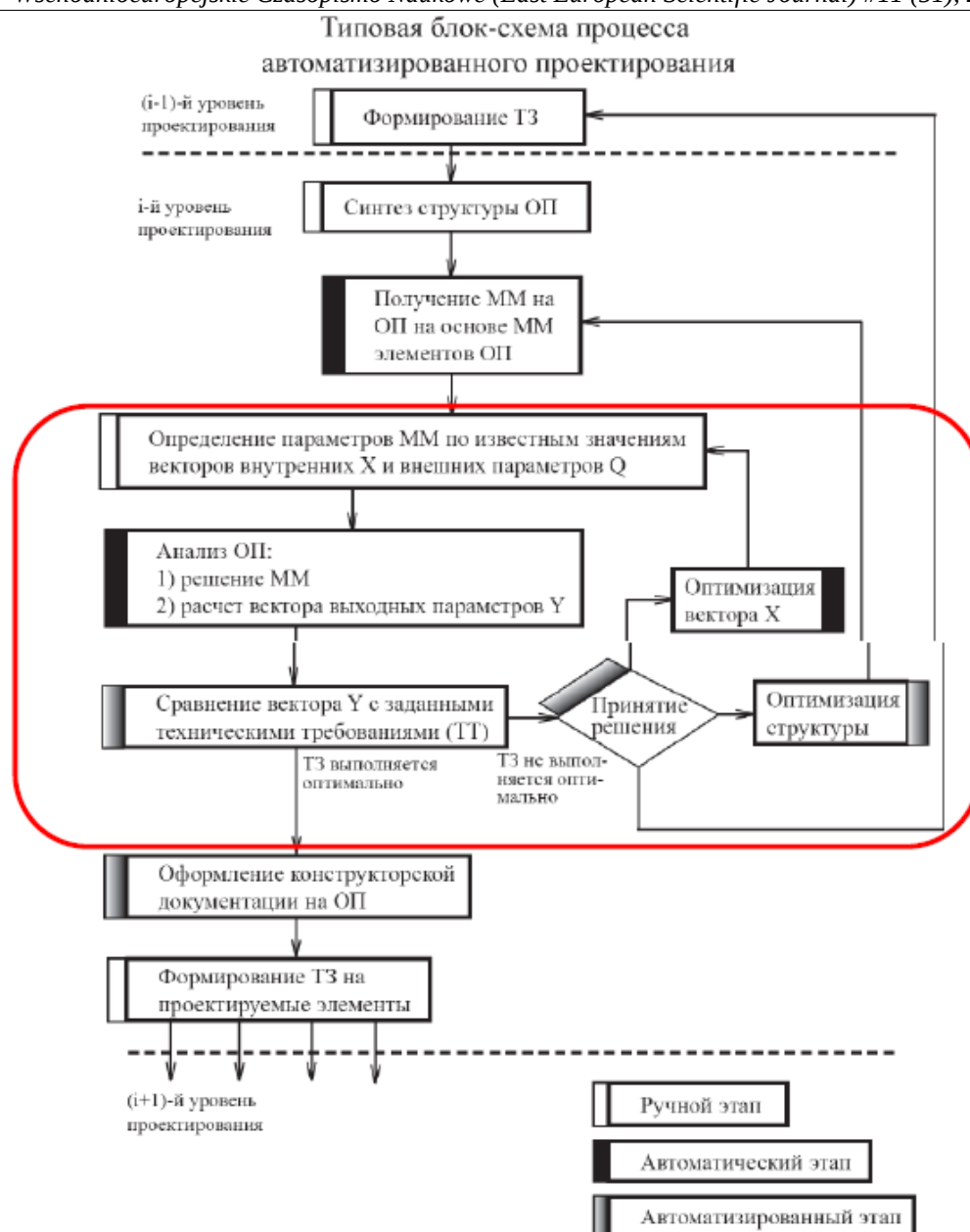


Рис.4

Решая задачу выбора оптимальной модели системы климат-контроля, в конечном счете, необходимо задействовать аппарат дефазификации нечетких множеств[1]. Использование дефазификации нехудших решений, в общем случае, допускается, чтобы случайно в процессе выбора не отбросить нехудший вариант-исполнения системы климат-контроля, оказавшийся за обозначенной границей, т.е. попадающий в зону наиболее перспективных вариантов реализации.

Операцию дефазификации отобранных решений предполагается проводить с помощью перпендикуляра, который опускается на часть эллипсоида-границы, расположенную в положительных координатных осях, из каждой точки модели-аналога. В дальнейшем измеряется длина перпендикуляра. По данной длине мы определяем качество данной системы климат

контроля. Эта длина принимается к расчету размерностью (y_i/x_i) , выражаемая через условные единицы критериев X и Y .

Длина перпендикуляра вычисляется, как числовой параметр α -для решений справа-вверху (рис.3) от разграничивающей линии и, как числовой параметр β -для решений, расположенных слева -внизу от разграничивающей линии эллипсоида (рис.3).

При осуществлении операции дефазификации нечеткого множества оценивается расположение моделей справа и слева от этого эллипсоида. Тогда процедуру дефазификации предполагается проводить с помощью функции нормального распределения[2]. Здесь, α_j –длины перпендикуляров до точек A,B,D,E,F от линии эллипсоида ; $v1(\alpha_j)$ -значение величины функции принадлежности модели A,B,D,E,F к классу лингвистических переменных”.

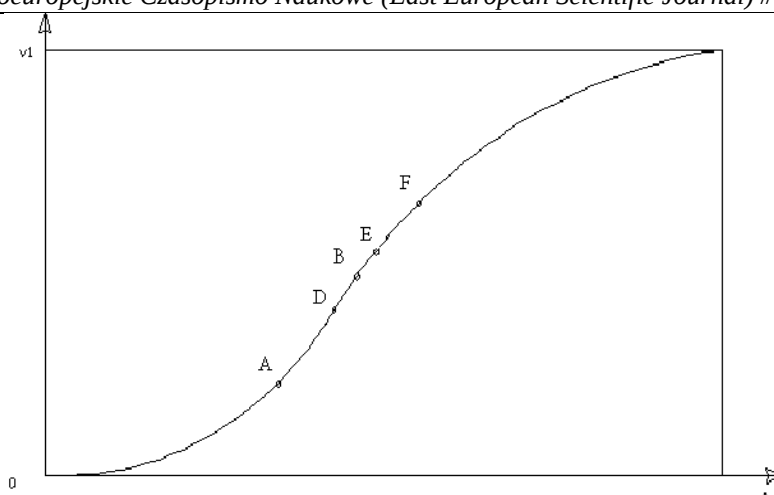


Рис.5 Иллюстрация определения величины функции принадлежности [1] для класса “средний—посредственный” используя лингвистические переменные “посредственные”[v1], “средние”[v2] ; оценка функции принадлежности вариантов-моделей

$$\text{посредством параметра } \alpha_j. v_1 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{-(\alpha-s)^2/(2\sigma^2)}$$

Значение $v_2(A)$ связано с $v_1(A)$ посредством соотношения:

$$v_2(A) = 1 - v_1(A)$$

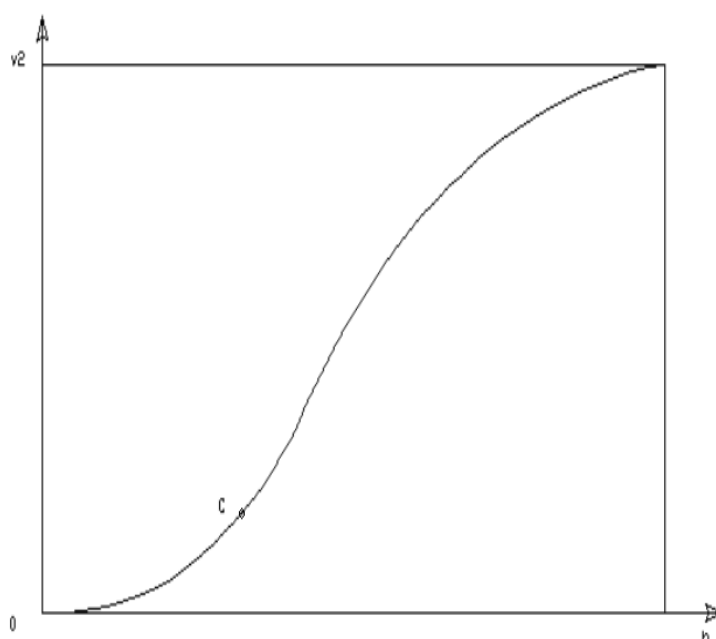


Рис.6 Определение величины функции принадлежности для класса “средний—наилучший”, лингвистические переменные: “средние”[v2], “наилучшие”[v3]; оценка функции принадлежности вариантов—моделей посредством параметра β .

$$v_2 = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{-(\beta-s)^2/(2\sigma^2)}; \text{ где } \beta - \text{длины перпендикуляров опущенные от точки C до рассчитанной}$$

границы;

v_2 -отображает значение величины функции принадлежности модели C к классу “средних”.

Для осуществления процесса дефазификации решений используется функция нормального распределения; где $v_3(C) = 1 - v_2(C)$. Для

рассматриваемого задания в этой статье $\beta \neq 0$ только для аналога обозначаемого буквой C, $v_2(C) \neq 0$, значит из шести рассматриваемых аналогов C является единственным представителем класса

“посредственные -средние” с ненулевой функцией принадлежности.

У остальных вариантов аналогов функция принадлежности к классу “посредственные”[v1] значительно выше, чем у модели С.

$$v1(F) > v1(E) > v1(B) > v1(D) > v1(A) > v1(C)$$

$$v2(C) > v2(A) > v2(D) > v2(B) > v2(E) > v2(F)$$

Из всех оставшихся вариантов, кроме С, аналог А является наилучшим, и следует вторым по предпочтительности после С. Таким образом, для рассматриваемого примера, модель С является наиболее подходящей для практической реализации в техническом исполнении.

Приведенный пошаговый алгоритм является лишь одним из возможных в данном случае при реализации выбора, но он обладает рядом преимуществ. Во первых, он математически обоснован. Во вторых, предполагает возможность полного перебора базы данных, оставшихся из числа нехудших решений, наглядно представить варианты. В третьих, предоставляет возможность четко определить окончательный выбор, руководствуясь парой наиболее важных критериев. В четвертых, позволяет создавать новые варианты реализации систем климат-контроля и сэкономить финансовые и трудовые ресурсы при технической реализации.

Выводы

В данной статье предлагается условный критерий предпочтения, основанный на оптимизации по площадям.

Поставленная задача решается с помощью определения функция принадлежности к нескольким типам лингвистических переменных, для градации и оценки решений-аналогов систем климат-контроля между собой. В качестве вспомогательной операции выбора используется дефазификация нечеткого множества решений. В

более сложном случае (не рассматриваемом в рамках данной статьи), для более чем одной пары критериев X и Y, введение дефазификации позволит не исключить нехудшие варианты, оказавшиеся расположенные, ближе к ядру (оси) нечеткого множества[1], а при необходимости учесть качество, выраженное через другие критерии. Поскольку принадлежность к множеству “наилучшие” для одной пары критериев (X-Y) не подразумевает автоматического включения данной реализации в множество “нехудшие” для других пар критериев.

В результате осуществления вышеуказанного алгоритма реализуется подготовка к проектированию нового варианта системы климат-контроля. Происходит последовательная отбраковка неподходящих вариантов блоков и число возможных сочетаний для синтеза автоматизированной системы климат-контроля сокращается, впоследствии же осуществляется синтез автоматизированной системы.

Литература:

1. Анджей Пегат. Нечеткое моделирование и управление, Щецинский технический университет. Пер.с англ. А.Г.Подвесовского, Ю.В.Тюменцева. М.:Бином, 2009;
2. В.Е.Гмурман Теория вероятностей и математическая статистика. М.”Высшая школа”, 2001.
3. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. Пособие для вузов. Под. ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. - М.: Высш. шк., 2004 - 616 с.: ил.
4. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие / Г.Э.Яхьяева. - 2-е изд., испр. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 - 316 стр..
г. Дубна, Международный университет природы, общества и человека “Дубна”, 2019