

Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
 Russian Journal of Mathematical Research. Series A
 Has been issued since 2015.
 ISSN: 2410-9320
 E-ISSN: 2413-7529
 Vol. 3, Is. 1, pp. 15-22, 2016

DOI: 10.13187/rjmr.a.2016.3.15
www.ejournal30.com



UDC 51

Clutch-Effect of Fuzzy Variable

¹Irina L. Makarova

²Victor I. Samarin

³Natalya F. Yakunina

¹⁻³ Sochi state university, Russian Federation
 Sovetskaya Str., 26 a, Sochi 354000

¹ PhD (technical), Associate professor
 E-mail: ratton@mail.ru

² Doctor in Physics and Mathematics, Associate professor
 E-mail: visamarin@mail.ru

³ Doctor in Physics and Mathematics, Associate professor
 E-mail: elena-555-49@mail.ru

Abstract

Change of the fuzziness boundaries of the partial solutions feasible region for difference and differential equations is analyzed. It is shown that space-time effect of the dependent variable fuzziness reduction («clutch-effect») is possible. In particular, the focusing of fuzzy variable at the specified equations solving may be controlled by corresponding fuzzy initial and boundary conditions assignment.

Keywords: fuzzy number, fuzzy difference equation, fuzzy differential equation, focusing («clutch-effect») of the feasible region of fuzzy equation's partial solutions, piecewise smooth boundary curves of the variable's fuzziness.

Введение

Погрешности измерений, доверительные интервалы статистик, неопределенность субъективной оценки количественных и качественных параметров, изменчивость динамических показателей приводит к нечеткости числовых данных. Операции заострения, концентрирования, контрастной интенсификации нечеткого множества приводят к увеличению четкости этого множества и, в частности, нечеткого числа [1-6]. Изменение значения нечеткой числовой переменной может приводить к изменению степени ее нечеткости.

Постановка и решение задачи

При решении нечетких разностных и дифференциальных уравнений может возникать пространственно-временной эффект уменьшения нечеткости переменной («клатч-эффект»). Так при решении систем однородных нормальных уравнений 2-го порядка с изолированной особой точкой типа асимптотически устойчивый «узел» или «фокус» интегральные кривые, соответствующие различным начальным условиям, сходятся к точке

покоя – четкому числу. Рассмотрим, например, систему уравнений: $\begin{cases} dx/dt = -x; \\ dy/dt = -2y. \end{cases}$ Общее решение этой системы: $x(t, C_1, C_2) = C_1 \cdot e^{-t}$; $y(t, C_1, C_2) = C_2 \cdot e^{-2t}$. Как видим, для любых C_1, C_2 при $t \rightarrow +\infty$ координаты точки, движущейся по интегральной кривой, $x(t, C_1, C_2) \rightarrow 0$, $y(t, C_1, C_2) \rightarrow 0$, т.е. решение системы асимптотически устойчиво; фазовые траектории образуют семейство парабол $y = Cx^2$ с вершиной в начале координат, точка покоя $M(0; 0)$ – устойчивый узел – четкое число. Несколько интегральных кривых этого решения приведены на рис. 1а, а соответствующая фокусировка («клатч-эффект») нечеткого начального условия – схематично на рис. 1б.

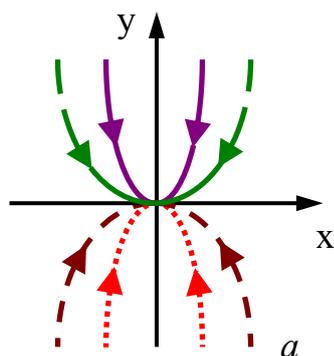


Рис. 1а. Интегральные кривые решения

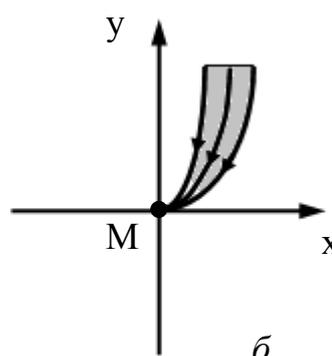


Рис. 1б. «Клатч-эффект» нечеткого начального условия

Аналогичное асимптотическое схождение границ нечеткого числа («клатч-эффект»), задающего начальные условия, к четкому числу имеет место для асимптотически устойчивого решения системы однородных нормальных уравнений 2-го порядка с изолированной особой точкой, в окрестности которой интервальные кривые на фазовой плоскости образуют «фокус».

В качестве примера рассмотрим систему: $\begin{cases} dx/dt = -2y; \\ dy/dt = x - 2y. \end{cases}$ Общее решение этой системы: $x(t) = e^{-t} \cdot (C_1 \cdot \cos t + C_2 \cdot \sin t)$, $y(t) = e^{-t} \cdot ((C_1 - C_2) \cdot \cos t + (C_1 + C_2) \cdot \sin t) / 2$, которое на фазовой плоскости можно записать в виде: $x^2 - 2xy + 2y^2 = C^2 e^{-2t}$ (где C – произвольная константа). Фазовый портрет этого решения – сходящиеся к точке покоя $M(0; 0)$ эллиптические спирали; оси сжимающихся эллипсов развернуты относительно координатной системы xu на угол $\alpha \approx 31,7^\circ$ ($\text{tg } 2\alpha = 2$). Схематически фокусировка нечеткого начального условия приведена на рис. 2.

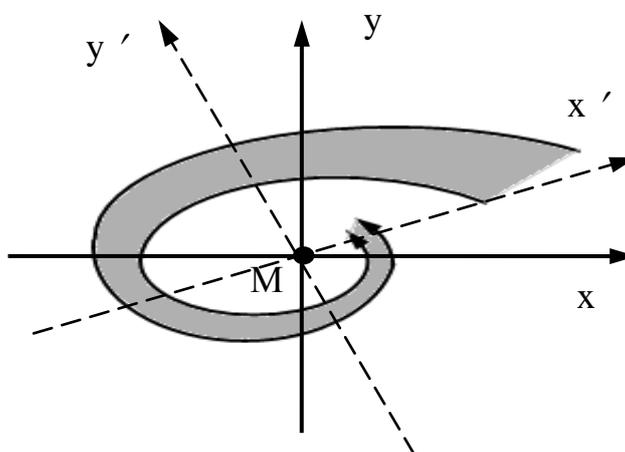


Рис. 2. Схема фокусировки нечеткого начального условия

Таким же образом можно интерпретировать асимптотическое приближение к определенному значению нечетко заданного начального распределения температуры внутри ограниченного тела в условиях теплообмена при постоянной внешней температуре, поддерживаемой в термостате, или при условии установления равновесного состояния ограниченной внешней среды и находящегося в ней нагретого тела, получаемое при решении дифференциального уравнения теплопроводности в частных производных.

Вероятность того, что устройство выйдет из строя до момента t с начала его работы ($t = 0$) при показательном законе надежности работы устройства, определяется решением дифференциального уравнения $dp(t)/dt = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$. Т.е. даже при нечетком значении математического ожидания времени безотказной работы устройства, равного $1/\lambda$,

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} p(t) = \lim_{t \rightarrow +\infty} \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt = \lim_{t \rightarrow +\infty} (1 - e^{-\lambda t}) = 1$$

независимо от степени нечеткости числа λ , что схематично показано на рис. 3 для граничных значений λ_{min} и λ_{max} этого нечеткого числа:

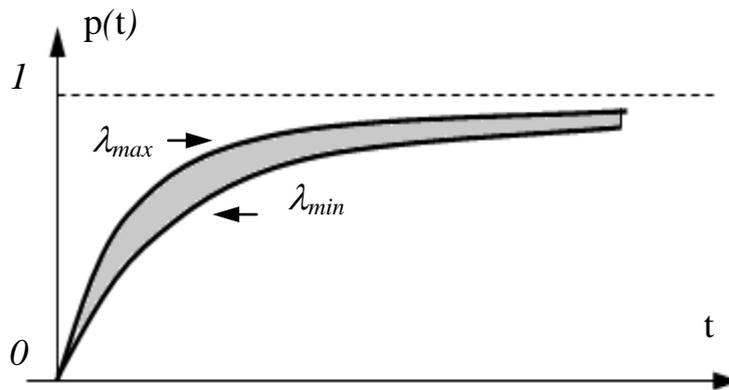


Рис. 3. Схематичность при нечетком значении математического ожидания времени

безотказной работы устройства, равного $1/\lambda$, $\lim_{t \rightarrow +\infty} p(t) = \lim_{t \rightarrow +\infty} \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt = \lim_{t \rightarrow +\infty} (1 - e^{-\lambda t}) = 1$

независимо от степени нечеткости числа λ для граничных значений λ_{min} и λ_{max} этого нечеткого числа

При решении нечетких разностных уравнений максимальная фокусировка («клатч-эффект») области допустимых частных решений может возникнуть при определенном значении независимой переменной. Рассмотрим, например, однородное разностное уравнение второго порядка с нечеткими коэффициентами $2 \cdot y(x + 2) + a \cdot y(x + 1) + b \cdot y(x) = 0$ для неизвестной функции $y(x)$ при заданных нечетких значениях $y(0)$ и $y(1)$. Пусть $a, b, y(0), y(1)$ – нечеткие (R-L)-числа с функциями принадлежности треугольного типа: $a = -(11; 0,3; 0,2) = (-11; 0,2; 0,3) = \{-11,2; -10,7\}$, $b = (5; 0,4; 0,3) = \{4,6; 5,3\}$, $y(0) = (6; 0,2; 0,1) = \{5,8; 6,1\}$, $y(1) = (12; 1; 2) = \{11; 14\}$.

Частным решением четкого разностного уравнения $2 \cdot y(x + 2) - 11 \cdot y(x + 1) + 5 \cdot y(x) = 0$, $y(0) = 6$, $y(1) = 12$ с параметрами, соответствующими модам нечетких чисел задачи, является $y_0(x) = 4 \cdot 0,5^x + 2 \cdot 5^x$ (основания $\lambda_1 = 0,5$ и $\lambda_2 = 5$ степенных функций независимой переменной x определяются как корни характеристического уравнения $2\lambda^2 - 11\lambda + 5 = 0$, коэффициенты при этих функциях – в соответствии со значениями $y(0) = 6$, $y(1) = 12$). Для решения исходного нечеткого разностного уравнения можно воспользоваться нахождением корней нечеткого квадратного уравнения $2 \cdot \lambda^2 + a \cdot \lambda + b = 0$, где следует учитывать, что согласно формулам Виета корни этого уравнения должны соответствовать допустимым множествам интервальных значений нечетких параметров уравнения, или,

другими словами, корни нечеткого квадратного уравнения являются взаимодействующими нечеткими числами $\tilde{\lambda}_1$ и $\tilde{\lambda}_2$ [1]. Однако для наглядности решения задачи приведем таблицу частных решений (с соответствующим округлением численных значений) рассматриваемого нечеткого разностного уравнения для всех комбинаций граничных значений нечеткости параметров:

Таблица 1

Таблица частных решений рассматриваемого нечеткого разностного уравнения для всех комбинаций граничных значений нечеткости параметров

№	a	b	y(0)	y(1)	y(x)
1	- 11,2	4,6	5,8	11	$y_1(x) = 4,013 \cdot 0,446^x + 1,787 \cdot 5,154^x$
2	- 11,2	4,6	5,8	14	$y_2(x) = 3,376 \cdot 0,446^x + 2,424 \cdot 5,154^x$
3	- 11,2	4,6	6,1	11	$y_3(x) = 4,341 \cdot 0,446^x + 1,756 \cdot 5,154^x$
4	- 11,2	4,6	6,1	14	$y_4(x) = 3,704 \cdot 0,446^x + 2,396 \cdot 5,154^x$
5	- 11,2	5,3	5,8	11	$y_5(x) = 4,05 \cdot 0,522^x + 1,75 \cdot 5,078^x$
6	- 11,2	5,3	5,8	14	$y_6(x) = 3,392 \cdot 0,522^x + 2,408 \cdot 5,078^x$
7	- 11,2	5,3	6,1	11	$y_7(x) = 4,3845 \cdot 0,522^x + 1,7155 \cdot 5,078^x$
8	- 11,2	5,3	6,1	14	$y_8(x) = 3,726 \cdot 0,522^x + 2,374 \cdot 5,078^x$
9	- 10,7	4,6	5,8	11	$y_9(x) = 3,924 \cdot 0,471^x + 1,876 \cdot 4,879^x$
10	- 10,7	4,6	5,8	14	$y_{10}(x) = 3,244 \cdot 0,471^x + 2,556 \cdot 4,879^x$
11	- 10,7	4,6	6,1	11	$y_{11}(x) = 4,256 \cdot 0,471^x + 1,844 \cdot 4,879^x$
12	- 10,7	4,6	6,1	14	$y_{12}(x) = 3,576 \cdot 0,471^x + 2,524 \cdot 4,879^x$
13	- 10,7	5,3	5,8	11	$y_{13}(x) = 3,963 \cdot 0,552^x + 1,837 \cdot 4,798^x$
14	- 10,7	5,3	5,8	14	$y_{14}(x) = 3,257 \cdot 0,552^x + 2,543 \cdot 4,798^x$
15	- 10,7	5,3	6,1	11	$y_{15}(x) = 4,302 \cdot 0,552^x + 1,798 \cdot 4,798^x$
16	- 10,7	5,3	6,1	14	$y_{16}(x) = 3,596 \cdot 0,552^x + 2,504 \cdot 4,798^x$

Гомеоморфизм отображения множества допустимых частных решений уравнения позволяет определить границы области частных решений рассматриваемого нечеткого разностного уравнения, схематично представленного на рис. 4. Как следует из рис. 4, частное решение $y_0(x)$ четкого уравнения определяет модальную кривую внутри области других частных решений нечеткого разностного уравнения. Максимальная фокусировка области частных решений этого разностного уравнения происходит в сечении $x = 0$, соответствующему одному из заданных исходных нечетких значений $y(0) = (6; 0,2; 0,1) = \{5,8; 6,1\}$.

Согласно полученным частным решениям область допустимых решений нечеткого разностного уравнения ограничивается кусочно-гладкими границами. На интервале $x \in [0; 1]$ возможны пересечения кривых приведенных 16-ти частных решений рассматриваемого нечеткого уравнения. Причем для любой пары пересекающихся кривых при переходе через точку их пересечения происходит смена стороны каждой из этих кривых на противоположную, относительно которой формируется соответствующая область нечеткости решения уравнения. Кривые частных решений могут как сближаться, так и отдаляться друг от друга. Например, кривая $y_{14}(x)$ на некоторых интервалах положительных значений x достаточно близко приближается к кривой $y_2(x)$ в области нечеткости решения уравнения.

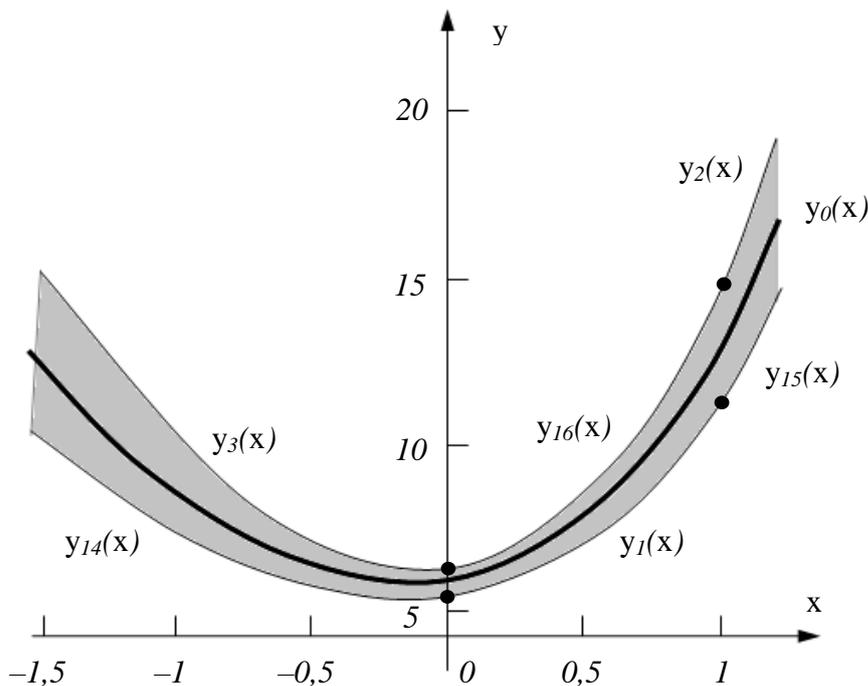


Рис. 4. Модальная кривая внутри области других частных решений нечеткого разностного уравнения

Подобное поведение интегральных кривых имеет место и в решении обыкновенного однородного дифференциального уравнения 2-го порядка с нечеткими коэффициентами $y''(x) + A \cdot y'(x) + B \cdot y(x) = 0$, где $A = -(2; 0,3; 0,2) = \{-2,2; -1,7\}$, $B = (0; 0,1; 0,2) = \{-0,1; 0,2\}$, при нечетких граничных условиях: $y(0) = (-1; 0,1; 0,2) = \{-1,1; -0,8\}$, $y'(0) = (6; 0,1; 0,1) = \{5,9; 6,1\}$. Частным решением четкого дифференциального уравнения $y''(x) - 2y'(x) = 0$, $y(0) = -1$, $y'(0) = 6$ с параметрами, соответствующими модам нечетких чисел задачи, является $y_0(x) = 3 \cdot e^{2x} - 4$. Приведем таблицу частных решений (с соответствующим округлением численных значений) рассматриваемого нечеткого дифференциального уравнения для всех комбинаций граничных значений нечеткости параметров:

Таблица 2

Таблица частных решений (с соответствующим округлением численных значений) рассматриваемого нечеткого дифференциального уравнения для всех комбинаций граничных значений нечеткости параметров

№	A	B	y(0)	y'(0)	y(x)
1	-2,2	-0,1	-1,1	5,9	$y_1(x) = -3,656 \cdot \exp(-0,0445x) + 2,556 \cdot \exp(2,2445x)$
2	-2,2	-0,1	-1,1	6,1	$y_2(x) = -3,744 \cdot \exp(-0,0445x) + 2,644 \cdot \exp(2,2445x)$
3	-2,2	-0,1	-0,8	5,9	$y_3(x) = -3,362 \cdot \exp(-0,0445x) + 2,562 \cdot \exp(2,2445x)$
4	-2,2	-0,1	-0,8	6,1	$y_4(x) = -3,449 \cdot \exp(-0,0445x) + 2,649 \cdot \exp(2,2445x)$
5	-2,2	0,2	-1,1	5,9	$y_5(x) = -4,087 \cdot \exp(0,095x) + 2,987 \cdot \exp(2,105x)$
6	-2,2	0,2	-1,1	6,1	$y_6(x) = -4,187 \cdot \exp(0,095x) + 3,087 \cdot \exp(2,105x)$
7	-2,2	0,2	-0,8	5,9	$y_7(x) = -3,773 \cdot \exp(0,095x) + 2,973 \cdot \exp(2,105x)$
8	-2,2	0,2	-0,8	6,1	$y_8(x) = -3,873 \cdot \exp(0,095x) + 3,073 \cdot \exp(2,105x)$
9	-1,7	-0,1	-1,1	5,9	$y_9(x) = -4,318 \cdot \exp(-0,057x) + 3,218 \cdot \exp(1,757x)$

10	- 1,7	- 0,1	- 1,1	6,1	$y_{10}(x) = - 4,428 \cdot \exp(- 0,057x) + 3,328 \cdot \exp(1,757x)$
11	- 1,7	- 0,1	- 0,8	5,9	$y_{11}(x) = - 4,027 \cdot \exp(- 0,057x) + 3,227 \cdot \exp(1,757x)$
12	- 1,7	- 0,1	- 0,8	6,1	$y_{12}(x) = - 4,138 \cdot \exp(- 0,057x) + 3,338 \cdot \exp(1,757x)$
13	- 1,7	0,2	- 1,1	5,9	$y_{13}(x) = - 5,277 \cdot \exp(0,127x) + 4,177 \cdot \exp(1,573x)$
14	- 1,7	0,2	- 1,1	6,1	$y_{14}(x) = - 5,415 \cdot \exp(0,127x) + 4,315 \cdot \exp(1,573x)$
15	- 1,7	0,2	- 0,8	5,9	$y_{15}(x) = - 4,95 \cdot \exp(0,127x) + 4,15 \cdot \exp(1,573x)$
16	- 1,7	0,2	- 0,8	6,1	$y_{16}(x) = - 5,089 \cdot \exp(0,127x) + 4,289 \cdot \exp(1,573x)$

Графический фрагмент области множества приведенных в таблице частных решений рассматриваемого нечеткого дифференциального уравнения 2-го порядка представлен на рис. 5. Как следует из рис. 5, эта область ограничена кусочно-гладкими интегральными кривыми.

Верхняя граница области нечеткости решения уравнения формируется кривыми:

- $y = y_7(x) = - 3,773 \cdot \exp(0,095x) + 2,973 \cdot \exp(2,105x)$ при $x \in [- 1,5; 0]$,
- $y = y_8(x) = - 3,873 \cdot \exp(0,095x) + 3,073 \cdot \exp(2,105x)$ при $x \in [0; 0,36]$,
- $y = y_4(x) = - 3,449 \cdot \exp(- 0,0445x) + 2,649 \cdot \exp(2,2445x)$ при $x \in [0,36; 1,5]$.

Нижняя граница области нечеткости решения уравнения формируется кривыми:

- $y = y_{10}(x) = - 4,428 \cdot \exp(- 0,057x) + 3,328 \cdot \exp(1,757x)$ при $x \in [- 1,5; 0]$,
- $y = y_9 = - 4,318 \cdot \exp(- 0,057x) + 3,218 \cdot \exp(1,757x)$ при $x \in [0; 0,488]$,
- $y = y_{13}(x) = - 5,277 \cdot \exp(0,127x) + 4,177 \cdot \exp(1,573x)$ при $x \in [0,488; 1,5]$.

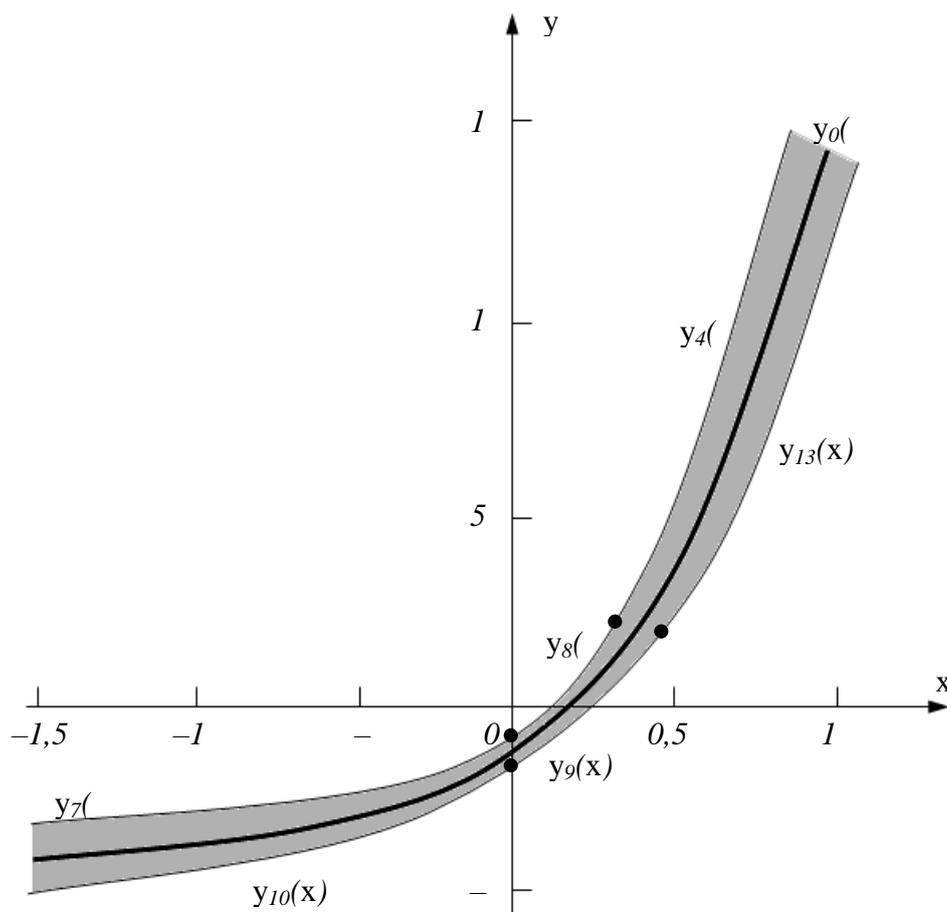


Рис. 5. Графический фрагмент области множества приведенных в таблице частных решений рассматриваемого нечеткого дифференциального уравнения 2-го порядка

Результаты и выводы

Таким образом, при перемещении вдоль интегральных кривых нечетких разностных и дифференциальных уравнений может возникать сдвиг границ области нечеткости зависимой переменной, в частности, сжатие этой области. При этом возможно взаимное пересечение интегральных кривых. При переходе через точку пересечения граничных интегральных кривых происходит смена стороны области нечеткости относительно каждой соответствующей кривой.

Заключение

Выявлены некоторые особенности пространственно-временной нечеткости зависимой переменной, определяемой как допустимое решение нечеткого разностного или дифференциального уравнения. Полученные результаты могут быть использованы для изменения контрастности нечеткости, фильтрации нечетких параметров процесса, перетяжки протяженных траекторий в тех или иных сечениях области их нечеткости. Установленные закономерности можно включать в дидактические материалы математических дисциплин [7-10], что будет содействовать формированию надлежащих профессионально-ориентированных компетенций в системе высшего образования [11-13].

Примечания:

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.
2. Макарова И.Л., Самарин В.И., Симонян А.Р., Улитина Е.И., Якунина Н.Ф. Специальные методы исследования операций в условиях нечетких данных: Уч. пособие. Сочи, РИЦ ФГБОУ ВПО «СГУ», 2014. 70 с.
3. Макарова И.Л., Самарин В.И. Практикум по введению в теорию нечетких множеств: Учебно-практическое пособие. Сочи, РИЦ ФГБОУ ВПО «СГУ», 2015. 116 с.
4. Хаптахаева Н.Б., Дамбаева С.В., Аюшеева Н.Н. Введение в теорию нечетких множеств: Учебное пособие. Часть 1. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. 68 с.
5. Коньшева Л.К., Назаров Д.М. Основы теории нечетких множеств: Учебное пособие. СПб.: Питер, 2011. 192 с.
6. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.
7. Samarin V.I. Practice Curriculum Analysis-Project of Resources Optimum Using into Linear Programming Production Planning // European researcher. 2011. № 5-1 (7). С. 520-526.
8. Gorlova O.Yu., Samarin V.I. Algorithm of Probability Problems Solution in Bernoulli Scheme Conditions as a Block Model // European researcher. 2011. № 5-1 (7). С. 493-495.
9. Samarin V.I. Fuzzy Combinatorics // Russian Journal of Mathematical Research. Series A. 2015. Vol.(2). Is. 2. С. 45-57.
10. Самарина Е.А., Самарин В.И. Модульно-тематическая информационная технология в профессиональном образовании // Информатика и образование. 2003. № 12. С. 79-85.
11. Samarin V.I. Results of Study of Mathematics by Students as a Competency's Matter // European researcher. 2012. № 5-1 (20). С. 468-471.
12. Самарина Е.А., Самарин В.И. Модель специалиста как определяющий фактор содержательной и технологической составляющих профессионального образования // Вопросы гуманитарных наук. 2003. №1 (4). С. 312-323.
13. Самарин В.И. Компетенции бакалавра и специалиста как задел для компетентности в профессиональной деятельности // Вопросы гуманитарных наук. № 1 (76). 2015. С. 82-87.

References:

1. Zade L. Ponyatie lingvisticheskoi peremennoi i ego primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh reshenii [The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning]. М.: Mir, 1976. 165 s.
2. Makarova I.L., Samarin V.I., Simonyan A.R., Ulitina E.I., Yakunina N.F. Spetsial'nye metody issledovaniya operatsii v usloviyakh nechetkikh dannyykh [Special methods of operations research in fuzzy data]: Uch. posobie. Sochi, RITs FGBOU VPO «SGU», 2014. 70 s.

3. Makarova I.L., Samarin V.I. Praktikum po vvedeniyu v teoriyu nechetkikh mnozhestv [Workshop on introduction to the theory of fuzzy sets]: Uchebno-prakticheskoe posobie. Sochi, RITs FGBOU VPO «SGU», 2015. 116 s.
4. Khaptakhaeva N.B., Dambaeva S.V., Ayusheeva N.N. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv [Introduction to the theory of fuzzy sets]: Uchebnoe posobie. Chast' 1. Ulan-Ude: Izd-vo VSGTU, 2004. 68 s.
5. Konysheva L.K., Nazarov D.M. Osnovy teorii nechetkikh mnozhestv [Fundamentals of the theory of fuzzy sets]: Uchebnoe posobie. SPb.: Piter, 2011. 192 s.
6. Kofman A. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv [Introduction to the theory of fuzzy sets]. M.: Radio i svyaz', 1982. 432 s.
7. Samarin V.I. Practice Curriculum Analysis-Project of Resources Optimum Using into Linear Programming Production Planning // European researcher. 2011. № 5-1 (7). S. 520-526.
8. Gorlova O.Yu., Samarin V.I. Algorithm of Probability Problems Solution in Bernoulli Scheme Conditions as a Block Model // European researcher. 2011. № 5-1 (7). S. 493-495.
9. Samarin V.I. Fuzzy Combinatorics // Russian Journal of Mathematical Research. Series A. 2015. Vol.(2). Is. 2. С. 45-57.
10. Samarina E.A., Samarin V.I. Modul'no-tematicheskaya informatsionnaya tekhnologiya v professional'nom obrazovanii [The module-thematic information technology in professional education] // Informatika i obrazovanie. 2003. № 12. S. 79-85.
11. Samarin V.I. Results of Study of Mathematics by Students as a Competency's Matter // European researcher. 2012. № 5-1 (20). S. 468-471.
12. Samarina E.A., Samarin V.I. Model' spetsialista kak opredelyayushchii faktor sodержatel'noi i tekhnologicheskoi sostavlyayushchikh professional'nogo obrazovaniya [The model of a specialist as a determining factor and substantial technology components of professional education] // Voprosy gumanitarnykh nauk. 2003. №1 (4). S. 312-323.
13. Samarin V.I. Kompetentsii bakalavra i spetsialista kak zadel dlya kompetentnosti v professional'noi deyatel'nosti [Competence and specialist degree as the groundwork for competence in professional activity] // Voprosy gumanitarnykh nauk. № 1 (76). 2015. S. 82-87.

УДК 51

Клатч-эффект нечеткой переменной

¹ Ирина Леонидовна Макарова

² Виктор Иванович Самарин

³ Наталья Федоровна Якунина

¹⁻³ Сочинский государственный университет, Российская Федерация

354000 г. Сочи, ул. Советская, 26 а

¹ Кандидат технических наук, доцент

E-mail: ratton@mail.ru

² Кандидат физико-математических наук, доцент

E-mail: visamarin@mail.ru

³ Кандидат физико-математических наук, доцент

E-mail: elena-555-49@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ изменения границ нечеткости области частных решений для разностных и дифференциальных уравнений. Показано, что может возникать пространственно-временной эффект уменьшения нечеткости зависимой переменной («клатч-эффект»). Фокусировка нечеткой переменной при решении указанных уравнений, в частности, может регулироваться заданием соответствующих нечетких начальных и граничных условий.

Ключевые слова: нечеткое число, нечеткое разностное уравнение, нечеткое дифференциальное уравнение, фокусировка («клатч-эффект») области допустимых частных решений нечеткого уравнения, кусочно-гладкие кривые границ нечеткости переменной.