

Complemento matematico y operativo del reporte de la libreria hidden-attractors-fo, version_2

Revision tecnica del reporte unificado y cruce contra codigo activo

20 de mayo de 2026

Índice

1. Objetivo de este complemento	2
2. Hallazgos de auditoria	2
3. Sistema implementado: separacion entre modelo y contrato numerico	3
3.1. Parametros oficiales del modelo de Chua no suave	3
4. Equilibrios implementados	3
4.1. Equilibrio central	4
4.2. Equilibrios externos	4
5. Jacobiano por regiones y criterio fraccionario	5
6. Forma de Lur'e compatible con el codigo	5
7. Transferencia fraccionaria y calculo explicito	5
8. Puente Weyl–Caputo para justificar el uso armonico	6
9. Funcion descriptiva de Machado como generador auxiliar de semillas	7
10. Metricas de trayectoria implementadas	7
10.1. Rangos y varianzas	7
10.2. Frecuencia dominante y entropia espectral	7
10.3. Seccion de Poincare operacional	8
10.4. Distancia simetrica entre nubes	8
11. Clases de cuenca y lectura operacional	8
12. Workflow robustness_overlay	9
13. Workflow sphere_controls	9
14. Workflow refined_basin	9
15. Candidatos: que representa realmente un CandidateRecord	10
16. Adaptadores externos y alcance	10
17. Regla de lectura final	10
18. Texto breve para insertar como advertencia metodologica	11

1. Objetivo de este complemento

El archivo `version_2/docs/reporte_unificado_chua_fraccionario.tex` ya contiene el sustento general del proyecto: modelo de Chua fraccionario, criterio de Matignon, forma de Lur'e, funcion descriptiva, ruta Machado, verificacion de ocultedad y lectura de figuras. Sin embargo, al cruzarlo contra los modulos activos de `version_2/hidden_attractors/`, conviene agregar varias piezas que si estan codificadas pero no quedan suficientemente formalizadas en el reporte.

Este documento no reemplaza el reporte principal. Esta escrito como bloque complementario listo para integrarse despues de las secciones de teoria y antes de las secciones de figuras/resultados.

2. Hallazgos de auditoria

Elemento revisado	Estado en el reporte actual	Complemento recomendado
Parametros exactos de la libreria	Aparecen de forma indirecta o en algunos workflows.	Agregar tabla de parametros oficiales usados por <code>ChuaParameters</code> .
Equilibrios implementados	Se menciona que se calculan equilibrios, pero falta derivacion algebraica desde el codigo.	Agregar derivacion de E_0, E_+, E_- con la pendiente $s_c = -\beta/(\beta + \gamma)$.
Jacobiano por regiones	El reporte cita Matignon, pero no fija claramente la matriz por pendiente local.	Agregar $J(a)$, $a \in \{m_0, m_1\}$, y el criterio fraccionario.
Forma Lur'e efectiva usada por el modelo no suave	El reporte la discute en general.	Agregar P, b, r, ψ compatibles con la funcion de Chua por tramos.
Transferencia fraccionaria	El reporte ya advierte que se usa s^q .	Agregar determinante, cofactores y expresion racional exacta de $\widehat{W}_q(\lambda)$.
Diferencia entre modelo y contrato numerico	Falta enfatizar que $q, h, L_m, T, t_{\text{burn}}$ no pertenecen al dataclass del modelo.	Agregar separacion: campo vectorial $F(X)$ versus contrato Caputo/EFORK.
Metricas de trayectoria	El reporte menciona FFT, PSD, secciones y nubes, pero no define las formulas usadas.	Agregar definiciones de rango, varianza, entropia espectral, seccion $x = 0$, distancia de nubes.
Clases de cuenca	Estan descritas conceptualmente.	Agregar tabla exacta de <code>CLASS_LABELS</code> : equilibrio, target positivo, target negativo, infinito, desconocido, falla numerica.
Workflow <code>robustness_overlay</code>	Se menciona robustez.	Agregar casos R_0, \dots, R_5 y aclarar que no decide ocultedad.
Workflow <code>sphere_controls</code>	Se menciona verificacion por esferas.	Agregar construccion $X_0 = E_i + \rho v$, salida <code>sphere_decision.csv</code> y significado de <code>hiddenness_status</code> .
Workflow <code>refined_basin</code>	Se menciona refinamiento.	Agregar funcion de puntuacion contra referencias positiva/negativa y umbrales.
Adaptadores externos	El reporte lista herramientas.	Agregar que <code>nolds</code> y <code>antropy</code> son adaptadores opcionales, no implementaciones propias.

3. Sistema implementado: separacion entre modelo y contrato numerico

La libreria separa dos niveles que en el reporte conviene distinguir explicitamente:

Nivel 1. Modelo algebraico. Define solamente el campo vectorial

$$F(X) = \begin{bmatrix} \alpha(y - x - f(x)) \\ x - y + z \\ -\beta y - \gamma z \end{bmatrix}, \quad X = (x, y, z)^T.$$

Nivel 2. Contrato fraccionario/numerico. Define como se integra

$${}^C D_t^q X = F(X),$$

con orden q , paso h , memoria finita L_m , tiempo final T , tiempo de descarte t_{burn} , backend y tolerancias de clasificacion.

Esta separacion es importante porque en el codigo `ChuaParameters` no contiene q . El orden fraccionario pertenece a la simulacion Caputo/EFORK y a los workflows, no al objeto que define el campo vectorial.

3.1. Parametros oficiales del modelo de Chua no suave

El dataclass `ChuaParameters` fija, por defecto,

$$\alpha = 8.4562, \quad \beta = 12.0732, \quad \gamma = 0.0052, \quad m_0 = -0.1768, \quad m_1 = -1.1468.$$

La no linealidad implementada es

$$f(x) = m_1 x + \frac{m_0 - m_1}{2} (|x + 1| - |x - 1|). \quad (1)$$

Por regiones:

$$f(x) = \begin{cases} m_1 x - (m_0 - m_1), & x < -1, \\ m_0 x, & |x| \leq 1, \\ m_1 x + (m_0 - m_1), & x > 1. \end{cases}$$

4. Equilibrios implementados

Los equilibrios satisfacen $F(X) = 0$. De las dos ultimas ecuaciones:

$$0 = x - y + z, \quad 0 = -\beta y - \gamma z.$$

De la tercera ecuacion,

$$z = -\frac{\beta}{\gamma} y,$$

y al sustituir en la segunda:

$$x - y - \frac{\beta}{\gamma} y = 0 \quad \implies \quad x = \frac{\beta + \gamma}{\gamma} y.$$

Por tanto,

$$y = \frac{\gamma}{\beta + \gamma} x, \quad z = -\frac{\beta}{\beta + \gamma} x. \quad (2)$$

La primera ecuacion exige

$$0 = \alpha(y - x - f(x)) \implies f(x) = y - x.$$

Usando (2),

$$f(x) = \frac{\gamma}{\beta + \gamma}x - x = -\frac{\beta}{\beta + \gamma}x.$$

Definimos la pendiente de cierre

$$s_c = -\frac{\beta}{\beta + \gamma}. \quad (3)$$

Entonces los equilibrios se obtienen resolviendo

$$f(x) = s_c x. \quad (4)$$

4.1. Equilibrio central

En la region $|x| \leq 1$, $f(x) = m_0 x$. Entonces

$$m_0 x = s_c x \implies (m_0 - s_c)x = 0.$$

Si $m_0 \neq s_c$, se obtiene

$$E_0 = (0, 0, 0)^T. \quad (5)$$

4.2. Equilibrios externos

Para $x > 1$,

$$m_1 x + (m_0 - m_1) = s_c x,$$

de donde

$$(m_1 - s_c)x = -(m_0 - m_1).$$

Por tanto,

$$x_+ = -\frac{m_0 - m_1}{m_1 - s_c}. \quad (6)$$

Para $x < -1$,

$$m_1 x - (m_0 - m_1) = s_c x,$$

de donde

$$(m_1 - s_c)x = m_0 - m_1,$$

y

$$x_- = \frac{m_0 - m_1}{m_1 - s_c}. \quad (7)$$

La funcion auxiliar del codigo construye cada equilibrio como

$$E(x) = \begin{bmatrix} x \\ x + f(x) \\ f(x) \end{bmatrix}.$$

Esto coincide con (2), porque en equilibrio $f(x) = s_c x = z$ y $y = x + f(x)$. Asi,

$$E_+ = \begin{bmatrix} x_+ \\ x_+ + f(x_+) \\ f(x_+) \end{bmatrix}, \quad E_- = \begin{bmatrix} x_- \\ x_- + f(x_-) \\ f(x_-) \end{bmatrix}. \quad (8)$$

5. Jacobiano por regiones y criterio fraccionario

La pendiente local de f es

$$a = f'(x) = \begin{cases} m_1, & |x| > 1, \\ m_0, & |x| < 1, \end{cases}$$

sin definir en $x = \pm 1$. Lejos de las superficies de quiebre, el Jacobiano es

$$J(a) = \begin{bmatrix} -\alpha(1+a) & \alpha & 0 \\ 1 & -1 & 1 \\ 0 & -\beta & -\gamma \end{bmatrix}, \quad a \in \{m_0, m_1\}. \quad (9)$$

Para E_0 se usa $a = m_0$, siempre que E_0 este en la region central. Para E_{\pm} se usa $a = m_1$, siempre que los puntos externos satisfagan $|x_{\pm}| > 1$.

En un sistema fraccionario conmensurado

$${}^C D_t^q \xi = J(a)\xi,$$

la condicion local tipo Matignon es

$$|\arg(\lambda_i(J(a)))| > \frac{q\pi}{2} \quad \forall i. \quad (10)$$

Si algun autovalor viola (10), el equilibrio no es localmente asintoticamente estable bajo ese orden q . Esta prueba es local; no decide si un atractor observado es oculto.

6. Forma de Lur'e compatible con el codigo

A partir de (1), se separa

$$f(x) = m_1 x + \psi(x),$$

donde

$$\psi(x) = \frac{m_0 - m_1}{2} (|x+1| - |x-1|). \quad (11)$$

Entonces

$${}^C D_t^q X = PX + b\psi(r^T X),$$

con

$$P = \begin{bmatrix} -\alpha(1+m_1) & \alpha & 0 \\ 1 & -1 & 1 \\ 0 & -\beta & -\gamma \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} -\alpha \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad r = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (12)$$

La salida escalar de la no linealidad es

$$\sigma = r^T X = x.$$

7. Transferencia fraccionaria y calculo explicito

La transferencia del bloque lineal fraccionario se escribe

$$W_q(s) = r^T (s^q I - P)^{-1} b. \quad (13)$$

Para evitar confundir el eje de frecuencia entero con el fraccionario, se introduce

$$\lambda = s^q, \quad \widehat{W}_q(\lambda) = r^T (\lambda I - P)^{-1} b.$$

En frecuencia:

$$\lambda = (i\omega)^q = \omega^q \left(\cos \frac{q\pi}{2} + i \sin \frac{q\pi}{2} \right). \quad (14)$$

Con (12),

$$\lambda I - P = \begin{bmatrix} \lambda + \alpha(1 + m_1) & -\alpha & 0 \\ -1 & \lambda + 1 & -1 \\ 0 & \beta & \lambda + \gamma \end{bmatrix}.$$

Definimos

$$N(\lambda) = (\lambda + 1)(\lambda + \gamma) + \beta = \lambda^2 + (1 + \gamma)\lambda + (\beta + \gamma). \quad (15)$$

El determinante se obtiene expandiendo por la primera fila:

$$\Delta(\lambda) = \det(\lambda I - P) \quad (16)$$

$$= (\lambda + \alpha(1 + m_1)) \det \begin{bmatrix} \lambda + 1 & -1 \\ \beta & \lambda + \gamma \end{bmatrix} - (-\alpha) \det \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 0 & \lambda + \gamma \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$= (\lambda + \alpha(1 + m_1))N(\lambda) - \alpha(\lambda + \gamma). \quad (18)$$

Como $b = (-\alpha, 0, 0)^T$, se necesita la entrada $(1, 1)$ de $(\lambda I - P)^{-1}$. Por cofactores,

$$[(\lambda I - P)^{-1}]_{11} = \frac{C_{11}}{\Delta(\lambda)} = \frac{N(\lambda)}{\Delta(\lambda)}.$$

Por tanto,

$$\widehat{W}_q(\lambda) = -\alpha \frac{N(\lambda)}{\Delta(\lambda)}. \quad (19)$$

La condicion armonica de primer orden se interpreta como

$$1 + N_{\text{DF}}(A) \widehat{W}_q((i\omega)^q) = 0, \quad (20)$$

donde $N_{\text{DF}}(A)$ es una funcion descriptiva aproximada. En el uso del proyecto, (20) genera semillas; no prueba ciclos periodicos exactos del sistema causal de Caputo.

8. Puente Weyl–Caputo para justificar el uso armonico

El balance armonico y la funcion descriptiva trabajan naturalmente con señales periodicas estacionarias. En calculo fraccionario esto corresponde mejor al marco de Weyl/Liouville–Weyl que al problema causal de Caputo iniciado en t_0 . La lectura usada por la libreria debe formularse asi:

- (I) Caputo modela la dinamica causal con memoria desde t_0 .
- (II) Weyl/Liouville–Weyl permite representar respuestas periodicas ideales sobre historia infinita.
- (III) La discrepancia Caputo–Weyl aparece como un termino de memoria dependiente de la historia inicial.
- (IV) Por tanto, el calculo armonico produce una semilla asintotica o aproximada para explorar el sistema Caputo, no una solucion periodica exacta garantizada.

Este punto debe agregarse cerca de la seccion de funcion descriptiva para evitar una conclusion mas fuerte que la evidencia.

9. Funcion descriptiva de Machado como generador auxiliar de semillas

La extension tipo Machado debe documentarse como una deformacion compleja de una funcion descriptiva clasica:

$$N_{\star,\mu}(A) = \exp\{\mu \text{Log } N_{\star}(A)\}, \quad \mu > 0, \quad (21)$$

donde \star identifica la no linealidad base y Log debe fijar una rama compleja. En particular:

$$\mu = 1 \implies N_{\star,\mu}(A) = N_{\star}(A).$$

Valores $\mu \neq 1$ no cambian el orden de Caputo q . Solo deforman la ganancia compleja usada para proponer semillas. En consecuencia, los candidatos Machado deben pasar por las mismas pruebas EFORK, robustez y cuencas que los candidatos Lur'e clasicos.

10. Metricas de trayectoria implementadas

Las trayectorias se leen bajo la convencion

$$\mathbf{t}, \mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}.$$

Despues de un tiempo de analisis t_{start} , se usa la cola

$$\mathcal{T}_{\text{tail}} = \{X(t_k) : t_k \geq t_{\text{start}}\}.$$

10.1. Rangos y varianzas

Para $u \in \{x, y, z\}$,

$$R_u = \max_{t_k \geq t_{\text{start}}} u(t_k) - \min_{t_k \geq t_{\text{start}}} u(t_k). \quad (22)$$

Tambien se calcula

$$\text{var}_u = \text{Var}\{u(t_k) : t_k \geq t_{\text{start}}\}.$$

Estas cantidades detectan colapso a equilibrio o dinamica no trivial, pero no son pruebas de caos.

10.2. Frecuencia dominante y entropia espectral

La funcion `component_fft` centra la senal, aplica ventana de Hann y calcula potencia espectral:

$$\tilde{u}_n = w_n(u_n - \bar{u}), \quad P_k = |\mathcal{F}(\tilde{u})_k|^2.$$

La frecuencia dominante ignora la componente $k = 0$:

$$k_* = \arg \max_{k \geq 1} P_k, \quad f_* = f_{k_*}.$$

La entropia espectral normalizada se calcula como

$$H_{\text{PSD}} = -\frac{1}{\log M} \sum_{k=1}^M p_k \log(p_k + 10^{-300}), \quad p_k = \frac{P_k}{\sum_{\ell=1}^M P_{\ell}}. \quad (23)$$

Esta metrica indica dispersion espectral; no reemplaza el calculo de exponentes de Lyapunov.

10.3. Seccion de Poincare operacional

La libreria usa cruces ascendentes de $x = 0$. Para dos puntos consecutivos con

$$x_{k-1} < 0 \leq x_k,$$

se exige ademas

$$F_1(X_k) > 0.$$

El punto (y, z) de la seccion se interpola linealmente:

$$\eta = \frac{0 - x_{k-1}}{x_k - x_{k-1}},$$

$$y_\Sigma = y_{k-1} + \eta(y_k - y_{k-1}), \quad z_\Sigma = z_{k-1} + \eta(z_k - z_{k-1}).$$

La nube de seccion es

$$\Sigma = \{(y_\Sigma, z_\Sigma)\}.$$

10.4. Distancia simetrica entre nubes

Para comparar dos nubes A y B , el codigo usa una distancia mediana de vecino mas cercano:

$$d_{\text{cloud}}(A, B) = \text{median} \left(\left\{ \min_{b \in B} \|a - b\| : a \in A \right\} \cup \left\{ \min_{a \in A} \|b - a\| : b \in B \right\} \right). \quad (24)$$

Se usa para comparar geometria post-transitoria, no para probar igualdad punto a punto entre trayectorias caoticas.

11. Clases de cuenca y lectura operacional

La clasificacion de cuencas usa etiquetas enteras. La tabla exacta que debe aparecer en el reporte es:

ID	Etiqueta	Lectura operacional
0	<code>equilibrium</code>	La trayectoria cae o queda cerca de un equilibrio.
1	<code>target_positive</code>	Clase target positiva, bounded no trivial.
2	<code>target_negative</code>	Clase target negativa, bounded no trivial.
3	<code>infinity</code>	Divergencia o salida de cota.
4	<code>unknown</code>	No clasificada bajo el contrato usado.
5	<code>numerical_failure</code>	Falla numerica o error del backend.
6	<code>bounded_other</code>	Solo en refinamiento: bounded no colapsada, pero no cercana al target.

Los IDs target son

$$\mathcal{C}_{\text{target}} = \{1, 2\}.$$

Un `target_hit` significa

$$\text{class_id}(X_0) \in \{1, 2\}.$$

Esto no prueba que el atractor sea oculto; al contrario, si ocurre desde una vecindad de algun equilibrio, es evidencia contra la ocultidad bajo el contrato probado.

12. Workflow `robustness_overlay`

El workflow `robustness_overlay` compara trayectorias iniciadas desde el mismo candidato bajo variaciones de h , L_m y T . La familia estandar es:

Caso	q	h	L_m	T
R_0 base	q	0.01	10	1500
R_1 paso fino	q	0.005	10	1500
R_2 paso grueso	q	0.02	10	1500
R_3 memoria menor	q	0.01	5	1500
R_4 memoria mayor	q	0.01	20	1500
R_5 tiempo largo	q	0.01	10	3000

Su salida principal es `robustness_overlay_metrics.csv`. La lectura correcta es:

geometria persistente bajo perturbaciones $\not\Rightarrow$ atractor oculto.

Solo indica que el atractor observado no desaparece facilmente al modificar el contrato numerico probado.

13. Workflow `sphere_controls`

El workflow `sphere_controls` prueba condiciones iniciales sobre esferas alrededor de cada equilibrio:

$$X_0 = E_i + \rho v, \quad \|v\| = 1, \quad E_i \in \{E_0, E_+, E_-\}. \quad (25)$$

Los radios por defecto son

$$\rho \in \{10^{-5}, 3 \cdot 10^{-5}, 10^{-4}, 3 \cdot 10^{-4}, 10^{-3}\}.$$

El resultado se resume en `sphere_decision.csv`. La regla de decision codificada es:

- si `total_target_hits` es positivo, entonces `hiddenness_status=not_supported_by_sphere_equilibrium_test`;
- si `total_target_hits` es cero, entonces `hiddenness_status=compatible_with_hiddenness_under_tested_spheres`.

La segunda salida no significa “oculto demostrado”. Solo significa que la muestra de esferas y radios no encontro contacto con la cuenca target.

14. Workflow `refined_basin`

El workflow `refined_basin` revisa celdas previamente etiquetadas como `unknown`. Para cada celda reintegra el punto inicial y compara la geometria con atractores de referencia positivo y negativo.

Para una trayectoria candidata y una referencia R , calcula:

$$d_{\text{cloud}}^{\text{norm}}, \quad d_{\Sigma}^{\text{norm}}, \quad d_{\text{range}}, \quad d_{\text{FFT}}.$$

El puntaje se puede escribir como

$$S_R = \frac{w_c d_{\text{cloud}}^{\text{norm}} + w_r d_{\text{range}} + w_f \min(d_{\text{FFT}}, 2) + w_s d_{\Sigma}^{\text{norm}}}{w_c + w_r + w_f + w_s}, \quad (26)$$

usando los terminos disponibles. Por defecto:

$$w_c = 1, \quad w_r = 0.35, \quad w_f = 0.20, \quad w_s = 0.35.$$

La referencia ganadora es

$$R_* = \arg \min_{R \in \{+, -\}} S_R.$$

Una celda se reclasifica como target si satisface simultaneamente los umbrales del contrato:

$$S_{R_*} \leq 0.95, \quad d_{\text{cloud}}^{\text{norm}} \leq 0.85, \quad d_{\text{range}} \leq 1.50, \quad d_{\text{FFT}} \leq 1.00, \quad d_{\Sigma}^{\text{norm}} \leq 1.20.$$

Si es bounded y no colapsada pero no cumple esos umbrales, recibe clase

`bounded_other`.

15. Candidatos: que representa realmente un CandidateRecord

Un registro candidato almacena informacion de semilla, ruta y punto final de continuacion. Matematicamente, debe leerse como

$$\mathcal{R} = (\text{id}, \text{ruta}, q, X_{\text{seed}}, X_{\text{robust}}, A, \sigma_0, \omega, \rho_H, \dots).$$

Los campos principales son:

Campo	Interpretacion
<code>candidate_id</code>	Identificador reproducible del candidato.
<code>route</code>	Ruta de origen: Lur'e, Machado/FDF, etc.
<code>q</code>	Orden fraccionario usado en la corrida asociada.
<code>seed</code>	Semilla inicial propuesta por funcion descriptiva/continuacion.
<code>robust_start</code>	Punto desde el cual se hacen pruebas de robustez.
<code>A, omega</code>	Amplitud y frecuencia armonica aproximadas, si existen.
<code>rho_H</code>	Diagnostico heuristico de alejamiento/contacto, si existe.
<code>source</code>	Archivo de salida desde donde se cargo el registro.

Un `CandidateRecord` no es evidencia de ocultedad. Es un paquete de metadatos para lanzar verificaciones posteriores.

16. Adaptadores externos y alcance

Los modulos de integracion externa no implementan desde cero algoritmos de complejidad. Delegan a paquetes opcionales como `nolds` y `antropy`. Esto implica que cualquier resultado de entropia, dimension de correlacion, DFA, Hurst o Lyapunov tipo Rosenstein debe citar tambien el paquete externo y su metodo, no solo la libreria local.

Para bifurcaciones, la funcion local `bifurcation_points_from_trajectories` solo postprocesa trayectorias ya calculadas. No hace continuacion numerica ni seguimiento de ramas. Si se usa continuacion real, debe documentarse la herramienta externa correspondiente.

17. Regla de lectura final

La ruta completa que debe defenderse en el reporte es:

semilla → integracion Caputo/EFORK → atractor bounded no trivial → robustez
 → cuencas → pruebas desde equilibrios → lectura de ocultedad

La funcion descriptiva y la ruta Machado pertenecen al primer bloque:

generacion de semillas.

La decision de ocultada pertenece al ultimo bloque:

cuenca alrededor de todos los equilibrios.

Por tanto, en el reporte no debe escribirse:

“La funcion descriptiva encontro un atractor oculto”.

Debe escribirse:

“La funcion descriptiva genero una semilla que, bajo el contrato numerico probado, conduce a un atractor candidato; la ocultada se evalua mediante cuencas”.

18. Texto breve para insertar como advertencia metodologica

Todas las etiquetas producidas por los workflows son etiquetas numericas bajo un contrato finito de simulacion. En particular, `compatible_with_hiddenness_under_tested_spheres` no significa “atractor oculto demostrado”, sino “no se encontro interseccion con las vecindades de equilibrio muestreadas bajo los radios, tiempos, memoria, tolerancias y backend usados”. La conclusion debe mantenerse condicionada al contrato numerico y a la resolucion de la cuenca explorada.

19. Bibliografia adicional recomendada para completar el reporte

Referencias

- [1] J. Tenreiro Machado. *Fractional order describing functions*. Signal Processing, 2014. DOI: 10.1016/j.sigpro.2014.05.012.
- [2] G. A. Leonov and N. V. Kuznetsov. *Hidden Attractors in Dynamical Systems: From Hidden Oscillations in Hilbert–Kolmogorov, Aizerman, and Kalman Problems to Hidden Chaotic Attractor in Chua Circuits*. International Journal of Bifurcation and Chaos, 2013.
- [3] N. V. Kuznetsov. *Hidden Attractors in Dynamical Systems: Systems with No Equilibria, Multistability and Coexisting Attractors*. Physics Reports, 2016.
- [4] D. Matignon. *Stability Results for Fractional Differential Equations with Applications to Control Processing*. Computational Engineering in Systems Applications, 1996.
- [5] K. Diethelm, N. J. Ford, and A. D. Freed. *A Predictor-Corrector Approach for the Numerical Solution of Fractional Differential Equations*. Nonlinear Dynamics, 2002.
- [6] M. S. Tavazoei and M. Haeri. *A Proof for Non Existence of Periodic Solutions in Time Invariant Fractional Order Systems*. Automatica, 2009.