

TEORÍA DEL APRENDIZAJE POR EXCEPCIÓN (TAE) Exception-Based Learning Theory (EBLT)
Capa II — Formalización cognitiva no lineal

El **paso explícito de marco conceptual a modelo dinámico**, en coherencia estructural con la formalización **METFI–cognición**.

Definición del sistema cognitivo como sistema dinámico no lineal

Sea el sistema cognitivo de un agente modelado como un sistema dinámico autónomo:

$$\dot{x} = F(x, \theta)$$

donde:

- $x \in X$ es el **estado cognitivo** en un espacio de estados de dimensión n ,
- θ es el conjunto de **parámetros estructurales internos** (creencias nucleares, reglas de inferencia, prioridades normativas),
- F es un campo vectorial no lineal.

El sistema es **internamente forzado** (análogamente a METFI): no responde linealmente a estímulos externos, sino que éstos actúan como **perturbaciones paramétricas**.

Autor: Francisco Javier Ciborro Granados

Asistencia técnica: Sistemas de inteligencia artificial generativa utilizados como herramienta de apoyo cognitivo y redacción, sin atribución de autoría.

TEORÍA DEL APRENDIZAJE POR EXCEPCIÓN (TAE) Exception-Based Learning Theory (EBLT)

Capa II — Formalización cognitiva no lineal

Espacio de estados cognitivos

El espacio X se particiona topológicamente en tres subconjuntos disjuntos:

Estados normativos (N)

$$N = \{x \in X \mid x \rightarrow A_i\}$$

donde A_i es un **atractor normativo estable**.

Propiedades

- Estabilidad estructural local.
- Trayectorias convergentes.
- Capacidad de absorción de perturbaciones menores.

Este dominio corresponde al **aprendizaje no TAE** (incremental, adaptativo clásico).

Estados liminales (L)

$$\text{tal que } L = \{x \in X \mid \nexists A_i \text{ tal que } x \rightarrow A_i\}$$

Propiedades

- Pérdida de atractores dominantes.
- Dinámica transitoria no estacionaria.
- Alta sensibilidad a parámetros internos.

En L el sistema **no puede aprender por ajuste**.

Estados reorganizados post-excepción (R)

$$R = \{x \in X \mid x \rightarrow A_j, A_j \sim A_i\}$$

donde A_j no es topológicamente equivalente a ningún atractor previo A_i .

Propiedades

- Nuevo régimen dinámico.
- Nueva topología de trayectorias.
- Irreversibilidad estructural.

Autor: Francisco Javier Ciborro Granados

Asistencia técnica: Sistemas de inteligencia artificial generativa utilizados como herramienta de apoyo cognitivo y redacción, sin atribución de autoría.

Formalización matemática de la excepción

La **excepción** no es un input, sino una **condición de transición del sistema**.

Excepción como bifurcación

Existe un parámetro interno efectivo λ (coherencia estructural) tal que:

$$\partial \lambda \partial F = 0$$

Cuando $\lambda \rightarrow \lambda_c$, ocurre una **bifurcación global**:

$$A_i \rightarrow \emptyset$$

No emerge inmediatamente un attractor alternativo.

Excepción como salto de attractor

La transición normativa \rightarrow reorganizada **no es continua**:

$$x(t-) \in N, x(t+) \in R$$

sin trayectoria continua contenida en N .

Esto invalida cualquier formalismo basado en gradiente descendente.

Excepción como transición de fase cognitiva

Definiendo una función de orden cognitiva $O(x)$:

- $O > 0$: marco coherente
- $O = 0$: colapso estructural

La excepción ocurre cuando:

$$\lambda \rightarrow \lambda_c - \lim O(x) > 0, \lambda \rightarrow \lambda_c + \lim O(x) = 0$$

seguido de reemergencia en un nuevo mínimo energético.

Parámetros críticos del modelo

Umbral de incoherencia (λ_c)

Definición

Valor crítico del parámetro de coherencia para el cual **ningún attractor normativo es estable**.

Criterio matemático

$$\forall A_i, \text{Re}(\text{eig}(J A_i)) > 0$$

donde $J A_i$ es el Jacobiano evaluado en el attractor.

Tiempo de residencia en estado liminal (τ_L)

$$\tau_L = t_{\text{emergencia}} - t_{\text{colapso}}$$

Propiedades

- Si $\tau_L < \tau_{\min}$: regresión defensiva.
- Si $\tau_L > \tau_{\max}$: desorganización patológica.
- La TAE ocurre solo si:

$$\tau_{\min} \leq \tau_L \leq \tau_{\max}$$

El **guardián liminal** actúa regulando τ_L .

Coste cognitivo de reorganización (CR)

$$CR = \int L \| \dot{x} \|^2 dt$$

Interpretado como:

- esfuerzo computacional,
- consumo atencional,
- pérdida temporal de capacidad predictiva.

Si CR excede la capacidad del sistema, la reorganización falla.

TEORÍA DEL APRENDIZAJE POR EXCEPCIÓN (TAE) Exception-Based Learning Theory (EBLT)

Capa II — Formalización cognitiva no lineal

Condición de imposibilidad de aprendizaje dentro del marco

El aprendizaje incremental es **formalmente imposible** cuando:

que $\forall \epsilon > 0$ tal que $F(x, \theta + \epsilon) \Rightarrow x \rightarrow A_i$

Es decir: **no existe vecindad paramétrica** que restaure estabilidad normativa.

Este es el criterio matemático de **ruptura de marco**.

Condición de excepción como único mecanismo adaptativo viable

La excepción es el **único mecanismo adaptativo** cuando se cumplen simultáneamente:

1. Todos los atractores normativos son inestables.
2. No existe trayectoria continua hacia estabilidad.
3. Existe al menos un atractor reorganizado accesible desde L.
4. El coste CR es menor que la capacidad máxima del sistema.

Formalmente:

$N = \emptyset, R \neq \emptyset, CR < C_{max}$

En este régimen, **no aprender implica colapso funcional**.

Cierre de la Capa II

La **Capa II** queda cerrada porque:

- La TAE se expresa como **sistema dinámico no lineal completo**.
- La excepción está formalizada como bifurcación y transición de fase.
- Se identifican regiones del espacio de estados donde **el aprendizaje es imposible**.
- Se define matemáticamente cuándo la excepción es **adaptativamente necesaria**.
- El modelo es coherente con el principio METFI de **forzamiento interno y pérdida de simetría**.

Autor: Francisco Javier Ciborro Granados

Asistencia técnica: Sistemas de inteligencia artificial generativa utilizados como herramienta de apoyo cognitivo y redacción, sin atribución de autoría.