# Isomorfismo Estructural entre la Dinámica de Activación Emocional y el Modelo Neuronal:

## Hacia una Teoría Formal de Redes Emocionales Colectivas

**Volney Torres Almendro**

Ingeniero Electrónico (UNSJ) — San Juan, Argentina

volney.torres@mail.com

Preprint teórico — Noviembre de 2026

**Resumen.** La comunicación humana opera sobre una paradoja aparente: estímulos de potencia física insignificante —como una inflexión de la voz, un silencio, un gesto o un texto breve— son capaces de desencadenar movilizaciones fisiológicas y conductuales de gran magnitud en el receptor. Este fenómeno, vinculado a la raíz etimológica de la emoción (*e-movere*, poner en movimiento), suele describirse metafóricamente como una transferencia de energía entre emisor y receptor. El presente trabajo propone un marco teórico formal que reemplaza dicha metáfora por un modelo de control y amplificación no lineal: la información comunicativa (explícita e implícita) actúa como señal de disparo sobre la energía metabólica y motora ya disponible en el receptor. A partir de esta formulación, se demuestra un isomorfismo matemático directo entre la ecuación de activación emocional y el modelo clásico de la neurona artificial y biológica (McCulloch–Pitts y perceptrón de Rosenblatt). Finalmente, se extiende el modelo a redes acopladas de individuos para analizar la emergencia de dinámicas colectivas con inercia propia, los mecanismos de modulación intencional de emociones grupales y las bases formales de la autorregulación cognitiva.

**Palabras clave:** dinámica emocional, modelo neuronal, isomorfismo estructural, comunicación no verbal, sistemas complejos, emergencia colectiva.

**Abstract.** Human communication exhibits an apparent paradox: signals carrying negligible physical power—such as a subtle vocal inflection, a pause, a gesture, or a short message—can trigger large-scale physiological and behavioral mobilization in a receiver. Rooted in the etymology of emotion (*e-movere*, to set in motion), this effect is often described metaphorically as an energetic transfer from sender to receiver. This paper introduces a formal theoretical framework that reframes this phenomenon as a nonlinear trigger-and-amplification process, wherein explicit and implicit communicative information gates the biochemical and motor energy already stored within the receiver. We show a direct

mathematical isomorphism between the resulting emotional activation equation and the classical biological/artificial neuron model (McCulloch–Pitts and Rosenblatt's perceptron). Extending this formulation to coupled multi-agent networks, we examine how emergent collective dynamics arise with macroscopic inertia, how external agents manipulate group thresholds and resonance, and how conscious self-regulation can be interpreted as threshold control.

**Keywords:** emotional dynamics, neural model, structural isomorphism, nonverbal communication, complex systems, collective emergence.

# 1 Introducción

En el intercambio comunicativo humano, el lenguaje verbal explícito constituye únicamente una fracción reducida de la información efectivamente transmitida. Las palabras operan como etiquetas discretas que intentan comprimir estados afectivos continuos, multidimensionales y frecuentemente ambivalentes. Como consecuencia de esta compresión con pérdida, una proporción decisiva del significado real viaja modulada en canales secundarios: la prosodia, los tiempos de respuesta, las omisiones, el lenguaje corporal y el contexto compartido entre emisor y receptor.

Uno de los aspectos más llamativos de este canal implícito es su capacidad para provocar cambios físicos y conductuales inmediatos a distancia. Una frase pronunciada en voz baja o una secuencia breve de caracteres en una pantalla puede precipitar en segundos una respuesta de lucha, huida, cooperación, duelo o entusiasmo. La etimología misma del término *emoción* —del latín *e-movere*, literalmente "mover hacia afuera" o "poner en movimiento"— captura con precisión esta causalidad: las emociones son mecanismos orientados a la acción [2].

Debido a la desproporción entre la mínima magnitud física del estímulo y la gran magnitud de la reacción provocada, la experiencia subjetiva de la interacción emocional suele describirse en el lenguaje cotidiano como un "flujo de energía" que viaja del emisor al receptor, o incluso como una forma de acción a distancia de apariencia casi mágica. Sin embargo, desde una perspectiva física y de teoría de sistemas, no existe una transferencia directa de energía mecánica o térmica suficiente para explicar el movimiento resultante. Lo que se propaga a través del canal comunicativo es **información** [6], la cual actúa como una señal de control capaz de liberar la reserva energética bioquímica previamente almacenada en el organismo receptor.

El propósito de este artículo es formalizar matemáticamente dicho mecanismo de disparo emocional y demostrar que su estructura funcional es isomorfa a la ecuación fundamental de la neurona computacional [4, 5]. Sobre la base de esta equivalencia, se analiza cómo el acoplamiento de múltiples nodos emocionales da lugar a redes sociales que exhiben propiedades emergentes [1], capaces de operar como sistemas colectivos de procesamiento con memoria, inercia y capacidad de modulación sobre el comportamiento individual.

## 2 Fundamentos Conceptuales: La Señal Comunicativa como Compuerta Energética

En ingeniería electrónica y teoría de control, un amplificador o un interruptor controlado permite que una señal de entrada de potencia despreciable gobierne la liberación de una fuente de energía local de gran capacidad. El sistema nervioso humano responde a una arquitectura análoga durante la interacción afectiva.

Sea $P_{\text{est}}$ la potencia física del estímulo comunicativo recibido (por ejemplo, la presión acústica de un enunciado o el flujo luminoso de un texto escrito) y sea $E_{\text{mov}}$ la energía metabólica y motora efectivamente movilizada por el receptor en respuesta a dicho estímulo. En términos generales, se observa que:

$$E_{\text{mov}} \gg \int P_{\text{est}}(t)\, dt. \tag{1}$$

Esta desigualdad confirma que el transmisor no suministra la energía del movimiento resultante, sino el *patrón informacional* que habilita su descarga. Para modelar adecuadamente la señal comunicativa integral $S$, es necesario descomponerla más allá de su contenido literal. Definimos el vector de señal comunicativa $\mathbf{S} \in \mathbb{R}^n$ como la composición de distintos canales observables e inferidos:

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} S_{\text{expl}} \\ S_{\text{nv}} \\ S_{\text{ctx}} \end{pmatrix}, \tag{2}$$

donde:

- $S_{\text{expl}}$ representa el contenido semántico explícito del mensaje (palabras, proposiciones, instrucciones literales).
- $S_{\text{nv}}$ agrupa las señales paralingüísticas y no verbales (tono, cadencia, pausas, expresión facial, postura o marcas tipográficas y demoras en entornos digitales).
- $S_{\text{ctx}}$ codifica el contexto situacional y las entrelíneas (historia previa del vínculo, expectativas implícitas y aquello que se omite deliberadamente).

Esta descomposición explica por qué un mismo enunciado literal ($S_{\text{expl}}$ constante) puede desencadenar respuestas diametralmente opuestas cuando varían $S_{\text{nv}}$ o $S_{\text{ctx}}$. En numerosos escenarios cotidianos, el peso informacional de las entrelíneas supera ampliamente al del mensaje explícito.

# 3 Formulación Matemática de la Activación Emocional

## 3.1 Ecuación escalar de disparo emocional

Para modelar el paso desde una señal comunicativa hasta la movilización efectiva de energía en un individuo receptor, se propone la siguiente ecuación de activación no lineal en su forma escalar:

$$E_{\text{mov}} = E_{\text{disp}} \cdot \sigma(S \cdot R - U)\,, \tag{3}$$

donde cada término posee una interpretación física, psicológica y sistémica bien definida:

- $E_{\text{mov}} \in [0, E_{\text{disp}}]$ es la energía efectivamente movilizada en forma de respuesta autonómica, cognitiva o motora.
- $E_{\text{disp}} \geq 0$ es la reserva de energía disponible en el receptor en ese instante (dependiente del estado metabólico, el descanso y los recursos fisiológicos).
- $S \in \mathbb{R}$ es la intensidad efectiva de la señal comunicativa percibida.
- $R \in \mathbb{R}$ es el **factor de resonancia** o acoplamiento del receptor con el emisor y con el contenido de la señal. Sintetiza la relevancia personal, la memoria afectiva y el significado subjetivo atribuido al estímulo.
- $U \in \mathbb{R}$ es el **umbral de disparo** o nivel de autorregulación basal del receptor, el cual refleja su capacidad de filtrado, estabilidad emocional y margen de tolerancia frente a perturbaciones.
- $\sigma(\cdot)$ es una función de activación sigmoide no lineal, definida habitualmente como:

  $$\sigma(z) = \frac{1}{1 + e^{-kz}}, \qquad k > 0, \tag{4}$$

  donde $k$ regula la pendiente de transición (sensibilidad o reactividad del individuo al aproximarse al umbral).

La presencia de $\sigma(\cdot)$ captura un rasgo empírico esencial de la conducta emocional: la no linealidad. Un receptor puede absorber múltiples señales de baja intensidad sin manifestar cambios visibles hasta que el término $S \cdot R$ supera el umbral $U$, momento en el cual se produce una transición abrupta hacia una descarga energética significativa.

## 3.2 Generalización multicanal y valencia direccional

Dado que una interacción real integra simultáneamente múltiples canales verbales, no verbales y contextuales, la ecuación (3) se generaliza de manera natural a su forma vectorial:

$$E_{\text{mov}} = E_{\text{disp}} \cdot \sigma\left(\sum_{i=1}^{n} R_i S_i - U\right) = E_{\text{disp}} \cdot \sigma\Big(\mathbf{R}^{\top}\mathbf{S} - U\Big)\,, \tag{5}$$

donde $R_i$ pondera la sensibilidad específica del receptor ante el canal $i$-ésimo. Un individuo particularmente atento a las entrelíneas presentará un coeficiente $R_{\text{ctx}}$ elevado en comparación con $R_{\text{expl}}$.

Asimismo, mientras la ecuación (5) cuantifica la *magnitud* de la energía liberada, las emociones poseen también una *valencia* o dirección conductual (aproximación, cooperación y afecto frente a rechazo, ira o defensa). Para representar simultáneamente intensidad y polaridad del movimiento resultante $M \in (-E_{\text{disp}}, E_{\text{disp}})$, puede emplearse una función impar centrada en cero, tal como la tangente hiperbólica:

$$M = E_{\text{disp}} \cdot \tanh\Big(k\left(\mathbf{R}^\top \mathbf{S} - U\right)\Big), \tag{6}$$

o bien conservar el signo asociado a la resonancia $R_i$ en canales excitatorios (positivos) e inhibitorios (negativos).

### 3.3 Regímenes límite de comportamiento

La ecuación (3) predice cuatro regímenes cualitativos observables en la interacción interpersonal:

1. **Indiferencia o desacoplamiento ($R \to 0$):** Con independencia de la intensidad $S$ del mensaje emitido, el producto $S \cdot R$ se anula. Si $U > 0$, la salida permanece próxima a cero y no se moviliza energía.
2. **Hiper-resonancia ($|R| \gg 1$):** Vínculos de alta relevancia afectiva o memorias traumáticas generan ganancias muy elevadas. En este régimen, una señal mínima ($S$ muy pequeño, como una pausa o una palabra susurrada) basta para superar $U$ y desencadenar una respuesta máxima.
3. **Vulnerabilidad por caída del umbral ($U \to 0$ o $U < 0$):** Estados de fatiga crónica, privación de sueño, ansiedad o estrés prolongado reducen drásticamente el umbral $U$, volviendo al sistema hipersensible incluso frente a estímulos cotidianos de baja carga.
4. **Saturación energética ($S \cdot R - U \gg k^{-1}$):** Una vez rebasado ampliamente el umbral, $\sigma(z) \to 1$ y la movilización queda acotada únicamente por la reserva disponible $E_{\text{disp}}$.

## 4 Isomorfismo Estructural con el Modelo de la Neurona

En neurociencia computacional y aprendizaje automático, la unidad básica de procesamiento propuesta originalmente por McCulloch y Pitts [4] y generalizada por Rosenblatt [5] modela la activación de una neurona mediante la integración ponderada de sus entradas sinápticas, la comparación frente a un sesgo o umbral, y la aplicación de una función de activación no lineal:

$$y = \sigma\left(\sum_{i=1}^{n} w_i x_i - b\right) = \sigma\Big(\mathbf{w}^\top \mathbf{x} - b\Big). \tag{7}$$

Al comparar la ecuación (5) con la ecuación (7), emerge un **isomorfismo estructural exacto** salvo el factor de escala energética $E_{\text{disp}}$ (que en la neurona biológica corresponde a la amplitud física disponible del potencial de acción o de la tasa máxima de disparo). La Tabla 1 sintetiza la correspondencia biunívoca entre ambos dominios.

Cuadro 1: Correspondencia estructural entre el modelo de activación emocional y el modelo clásico de la neurona.

| **Elemento formal** | **Modelo Neuronal (Perceptrón)** | **Modelo de Activación Emocional** |
|---|---|---|
| Entrada ($x_i \leftrightarrow S_i$) | Impulso presináptico proveniente de otra neurona o sensor. | Señal comunicativa integral (texto explícito, tono, gesto, silencio y contexto). |
| Peso ($w_i \leftrightarrow R_i$) | Peso sináptico que determina la eficacia excitatoria o inhibitoria de la conexión. | Resonancia afectiva e histórica entre receptor, emisor y significado del canal $i$. |
| Sesgo ($b \leftrightarrow U$) | Umbral de disparo necesario para despolarizar la membrana celular. | Umbral de autorregulación, calma y filtrado cognitivo del receptor. |
| Activación ($\sigma$) | Función no lineal que modela la generación del potencial de acción. | Transición no lineal entre reposo emocional y movilización conductual. |
| Salida ($y \leftrightarrow E_{\text{mov}}$) | Frecuencia o intensidad de la señal propagada hacia el axón. | Energía movilizada ($E_{\text{disp}} \cdot \sigma$) traducida en respuesta motora o expresiva. |

### 4.1 Plasticidad afectiva y regla hebbiana

El paralelismo no se limita a la ecuación estática de disparo, sino que se extiende a la dinámica de aprendizaje. De acuerdo con el principio de plasticidad sináptica de Hebb [3], la activación correlacionada y repetida de dos unidades fortalece el peso que las conecta. En el plano emocional, la reiteración de determinados patrones comunicativos modifica los coeficientes de resonancia $R_{ij}$ a lo largo del tiempo:

$$\Delta R_{ij}(t) = \eta\, a_i(t)\, a_j(t) - \lambda R_{ij}(t), \tag{8}$$

donde $\eta > 0$ representa la tasa de aprendizaje o sensibilidad plástica del vínculo, $a_i$ y $a_j$ representan los niveles normalizados de activación del receptor y del emisor, y $\lambda \geq 0$ modela el olvido o decaimiento gradual en ausencia de refuerzo.

Esta ecuación aporta una interpretación rigurosa de dos fenómenos bien conocidos en psicología interpersonal: por un lado, explica cómo los vínculos de confianza o los condicionamientos de alerta se consolidan progresivamente por repetición; por otro lado, sugiere que incluso cuando un emisor descarga hostilidad hacia un interlocutor pasivo o no sintiente (por ejemplo, una interfaz digital), la activación reiterada del propio circuito reactivo fortalece sus vías internas de respuesta hostil, reduciendo su umbral futuro $U$ en interacciones humanas reales.

# 5 Extensión a Redes Emocionales Colectivas y Emergencia

Una neurona aislada ejecuta una operación elemental de clasificación o disparo; su capacidad cognitiva emerge únicamente cuando miles o millones de unidades se interconectan en red. De manera análoga, la energía movilizada $E_{\text{mov},j}$ por un individuo $j$ se manifiesta externamente en acciones, gestos, tono de voz o mensajes que se convierten, a su vez, en señales de entrada $S_i$ para otros individuos $i$ de su entorno.

Consideremos una población de $N$ agentes acoplados mediante una matriz de conectividad social $\mathbf{A} = [A_{ij}]$, donde $A_{ij} \geq 0$ mide la intensidad y frecuencia de exposición del agente $i$ a las expresiones del agente $j$, con un retardo comunicativo $\tau_{ij} \geq 0$. La señal total que ingresa al agente $i$ en el instante $t$ viene dada por:

$$S_i(t) = \sum_{j=1}^{N} A_{ij}\, \phi(E_{\text{mov},j}(t - \tau_{ij})) + S_i^{\text{ext}}(t), \tag{9}$$

donde $\phi(\cdot)$ es la función de traducción expresiva (qué proporción de la energía interna del agente $j$ se hace observable hacia el exterior) y $S_i^{\text{ext}}(t)$ denota estímulos externos al grupo (medios de comunicación, eventos ambientales, plataformas algorítmicas o discursos masivos). Sustituyendo en el modelo de disparo, la dinámica acoplada de la red queda descrita por el sistema:

$$E_{\text{mov},i}(t) = E_{\text{disp},i}(t) \cdot \sigma\left(\sum_{j=1}^{N} R_{ij}(t)\, A_{ij}\, \phi(E_{\text{mov},j}(t - \tau_{ij})) + R_i^{\text{ext}}(t)\, S_i^{\text{ext}}(t) - U_i(t)\right). \tag{10}$$

## 5.1 Emergencia de dinámicas macroscópicas

El sistema (10) define formalmente una **red neuronal social recurrente**. Tal como señala Anderson [1] en su análisis sobre complejidad y emergencia, la agregación de múltiples elementos interactuantes con acoplamiento no lineal da lugar a comportamientos colectivos cualitativamente nuevos que no están contenidos en ningún agente aislado.

Cuando los ciclos de retroalimentación de la matriz $\mathbf{W}_{\text{ef}} = [R_{ij}A_{ij}]$ superan ciertos valores críticos, la red desarrolla **atractores dinámicos macroscópicos**: estados colectivos autosostenidos tales como el pánico financiero, el contagio de indignación, la euforia multitudinaria, la cohesión solidaria o el clima cultural de una época.

Desde la perspectiva de un observador interno, estos atractores exhiben propiedades que históricamente han sido interpretadas como la acción de "entidades" autónomas —a veces percibidas como benéficas y otras como destructivas— capaces de impulsar el movimiento físico de grandes masas humanas. El presente modelo sugiere que no es necesario postular entidades sobrenaturales externas para explicar dicha fenomenología: la aparente agencia colectiva emerge en tiempo real de la propia arquitectura de la red, exactamente como una onda posee identidad y momento físico propios mientras se propaga sobre el agua, sin existir por separado del medio que la sostiene.

### 5.2 Atractores constructivos frente a atractores destructivos

La valencia y la sostenibilidad de una dinámica colectiva dependen de qué circuitos de retroalimentación dominan en la red:

- **Dinámicas entrópicas o destructivas:** Se estructuran en torno a señales de amenaza, resentimiento o urgencia artificial. Generan una reducción sostenida de los umbrales $U_i$ y un incremento de descargas impulsivas que retroalimentan la hostilidad colectiva, degradando la capacidad deliberativa del grupo.
- **Dinámicas sintrópicas o constructivas:** Operan mediante señales que acoplan resonancias de curiosidad, confianza, cooperación y creación compartida. Mantienen umbrales $U_i$ saludables frente al pánico y canalizan la reserva energética $E_{\text{disp}}$ hacia acciones coordinadas de alto valor social, científico o artístico.

## 6 Controlabilidad Colectiva y Defensa Cognitiva

La ecuación (10) ofrece un marco claro para comprender cómo ciertos actores —ya sean líderes políticos, campañas publicitarias, medios de comunicación o algoritmos de recomendación en redes digitales— logran inducir respuestas colectivas previsibles. Desde la teoría de control, dirigir el comportamiento de la red no requiere modificar las convicciones profundas de cada individuo; basta con operar sobre tres parámetros críticos:

1. **Depresión inducida del umbral ($U_i \downarrow$):** Mediante la exposición continua a noticias alarmistas, crisis permanentes, sobrecarga informativa y urgencia artificial, se induce fatiga cognitiva en la población. Con $U_i$ próximo a cero, la red queda en estado crítico, lista para dispararse ante señales mínimas.
2. **Sintonización sobre resonancias primarias ($R_i^{\text{ext}} \uparrow$):** Se diseñan mensajes $S_i^{\text{ext}}$ específicamente acoplados a pesos evolutivos o identitarios de alta ganancia (miedo a la exclusión, percepción de agravio, pertenencia tribal), maximizando el producto $R_i^{\text{ext}} S_i^{\text{ext}}$.
3. **Aceleración del acoplamiento recurrente ($A_{ij} \uparrow,\ \tau_{ij} \downarrow$):** Las plataformas digitales reducen el retardo $\tau_{ij}$ a segundos y amplifican la conectividad $A_{ij}$ de los mensajes con mayor carga emocional, favoreciendo cascadas de disparo sincronizado antes de que intervengan mecanismos reflexivos.

De manera simétrica, este mismo mecanismo describe las prácticas positivas de la docencia, la música, la mentoría o el liderazgo ético, donde la señal externa se orienta a modular resonancias constructivas y a elevar la estabilidad emocional del grupo.

### 6.1 Interpretación formal de la autorregulación

Comprender la arquitectura neuronal de la activación emocional posee una consecuencia práctica directa: la autonomía individual puede formularse como la capacidad de regular

conscientemente el propio umbral $U_i(t)$ y de auditar las ganancias $R_{ij}(t)$. Introducir deliberadamente una pausa temporal antes de responder a un estímulo de alta carga equivale a incrementar el retardo de respuesta y restaurar el valor de $U_i$, impidiendo que una señal externa $S_i^{\text{ext}}$ capture automáticamente la reserva $E_{\text{disp},i}$ para propagar un atractor colectivo no deseado.

# 7 Discusión, Limitaciones y Líneas de Investigación Futura

El marco expuesto debe entenderse como un modelo teórico conceptual orientado a unificar observaciones procedentes de la comunicación humana, la neurociencia computacional y la ciencia de sistemas complejos. Como toda formulación inicial, presenta limitaciones metodológicas que delimitan el horizonte de trabajo futuro:

- **Operacionalización de variables latentes:** Mientras $E_{\text{mov}}$ admite aproximaciones empíricas mediante indicadores fisiológicos (variabilidad de la frecuencia cardíaca, conductancia electrodérmica, activación electromiográfica) y conductuales, los parámetros $R_i$ y $U_i$ son variables latentes que requieren protocolos de estimación indirecta y calibración longitudinal.
- **No estacionariedad:** A diferencia de una red artificial con pesos congelados tras el entrenamiento, en los seres humanos $E_{\text{disp}}(t)$, $U(t)$ y $R(t)$ varían de manera continua en múltiples escalas temporales (ciclos circadianos, fatiga aguda, aprendizaje biográfico).
- **Heterogeneidad semántica y cultural:** La matriz de decodificación que traduce gestos, silencios y contextos en el vector **S** depende fuertemente de códigos culturales compartidos, por lo que una misma señal puede presentar signos opuestos entre comunidades distintas.

Como pasos subsiguientes para la validación y expansión de esta teoría se proponen tres líneas principales: (i) la implementación de simulaciones computacionales basadas en agentes que resuelvan numéricamente el sistema (10) sobre topologías de redes de mundo pequeño y libres de escala, a fin de identificar umbrales de bifurcación y contagio emocional; (ii) el análisis experimental de señales multimodales (texto, prosodia y biomarcadores) para ajustar los parámetros $k$, $R$ y $U$ en interacciones reales; y (iii) el estudio de estrategias de amortiguamiento capaces de estabilizar redes digitales frente a cascadas de polarización.

# 8 Conclusiones

Se ha presentado una formulación matemática de la activación emocional que desmitifica la percepción intuitiva de la comunicación afectiva como un flujo energético invisible, reinterpretándola rigurosamente como un mecanismo de disparo informacional sobre reservas energéticas locales. Al demostrar el isomorfismo directo entre la ecuación de moviliza-

ción emocional $E_{\text{mov}} = E_{\text{disp}} \cdot \sigma(\mathbf{R}^\top \mathbf{S} - U)$ y el modelo clásico de la neurona $y = \sigma(\mathbf{w}^\top \mathbf{x} - b)$, se establece un puente conceptual sólido entre la comunicación interpersonal y la teoría de redes neuronales.

La extensión de este resultado a conjuntos de agentes acoplados revela que los climas afectivos, las corrientes de opinión y los comportamientos multitudinarios pueden comprenderse como estados emergentes de una red neuronal social recurrente. Lejos de reducir al ser humano a un autómata determinista, explicitar la matemática de los umbrales, la resonancia y la retroalimentación colectiva provee una herramienta analítica valiosa tanto para investigar la dinámica social contemporánea como para fortalecer la conciencia crítica y la autorregulación frente a los mecanismos de manipulación emocional masiva.

## Referencias


[1] Anderson, P. W. (1972). More is different: Broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science. *Science*, 177(4047), 393–396.

[2] Damasio, A. R. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. G. P. Putnam's Sons.

[3] Hebb, D. O. (1949). *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. John Wiley & Sons.

[4] McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4), 115–133.

[5] Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65(6), 386–408.

[6] Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423.