

QEEG-대화 매개변수 매핑 시스템

정량 뇌파(QEEG) 바이오마커로부터 인공지능 대화 시스템의 응답 매개변수(말 속도, 정서적 강도, 인지 부하, 휴지 길이 등)를 직접 변환하여, 뇌 신경상태에 맞춰진 컴패니언 봇 응답을 생성하는 컴퓨터 구현 방법.

출원인

Boston Neuromind, LLC

발명자

[발명자명] (BCN, PhD)

상태

USPTO 가출원 준비

분류

A61B 5/377 / G16H 50/30 / G06N 5/04

목차

- | | |
|----------|---------------|
| 01 초록 | 07 도면 설명 |
| 02 발명 분야 | 08 청구항 |
| 03 배경 기술 | 09 선행 기술 비교 |
| 04 해결 과제 | 10 산업상 이용 가능성 |
| 05 발명 요약 | 11 관련 논문 |
| 06 상세 설명 | |

01 초록

 핵심 요약

본 발명은 19채널 QEEG로부터 측정된 6개 주요 바이오마커 — Theta/Beta Ratio (TBR), Frontal Alpha Asymmetry (FAA), Posterior Alpha Power (PAP), High Beta Power (HBP), Coherence Index (COH), Peak Alpha Frequency (PAF) — 를 입력으로 하여, 결정 트리 + 룰 기반 매핑 함수를 통해 인공지능 대화 시스템의 8개 응답 매개변수 — 말 속도(WPS), 정서적 강도(EI), 인지 부하(CL), 휴지 길이(PD), 격려 빈도(EF), 메타인지 유도(MP), 직접성(DR), 따뜻함(WT) — 를 산출하고, 산출된 매개변수를 LLM 시스템 프롬프트에 주입하여 사용자의 현재 신경생리학적 상태(과각성·저각성·우울 패턴 등)에 맞춰진 응답을 생성하는 컴퓨터 구현 방법 및 시스템에 관한 것이다.

02 발명 분야

본 발명은 신경 인터페이스 기반 인공지능 시스템(Neural-Interface-Based AI Systems), 임상 신경피드백(Clinical Neurofeedback), 디지털 정신건강(Digital Mental Health) 분야에 속한다. 더욱 구체적으로는, QEEG로부터 수집된 객관적 신경생리학적 측정값을 LLM 챗봇의 응답 매개변수로 직접 변환하는 매핑 시스템에 관한 것이다.

관련 기술 분야

- **QEEG (Quantitative EEG):** 19채널 EEG 표준화 측정, 정상 모집단 대비 Z-점수, Neuroguide·HBI 정규데이터베이스
- **Affective Computing:** 생체 신호 → 정서 상태 추론, Picard's affective AI 프레임워크
- **Conversational AI:** LLM 매개변수 제어, 응답 톤 동적 조정
- **Clinical Neurofeedback:** Lubar protocols, SMR/Theta 훈련, Sterman alpha-theta

03 배경 기술

3.1 QEEG 바이오마커의 임상적 의미

정량 뇌파(QEEG)는 19개 표준 전극(국제 10-20 시스템)에서 5분간 안정 상태(Eyes Closed/Eyes Open)에서 측정된 EEG를 정상 모집단 데이터베이스(Neuroguide, HBI)와 비교하여 Z-점수를 산출한다. 임상적으로 신뢰성 있는 6개 핵심 바이오마커는 다음과 같다:

바이오마커	정의	임상 시그널	참고문헌
TBR Theta/Beta Ratio	전두엽 세타파(4-8Hz) ÷ 베타파(13-30Hz) 비율	↑ ADHD, 부주의, 저각성	Arns et al. 2013
FAA Frontal Alpha Asymmetry	F4 알파 - F3 알파 (Z)	L>R (negative): 우울 패턴	Henriques & Davidson 1991
PAP Posterior Alpha Power	O1, O2, P3, P4 알파파 평균	↓ 외상, 만성 스트레스	Teicher et al. 2016
HBP High Beta Power	전두엽 20-30Hz 활성	↑ 불안, 과각성	Knyazev 2007
COH Coherence Index	전두-두정 간 알파 일관성	↑ ↓ 인지 통합 결손	Thatcher 2012
PAF Peak Alpha Frequency	알파대 주파수 피크 (Hz)	↓ 인지 저하, 노화, TBI	Klimesch 1999

3.2 LLM 챗봇의 신경 상태 무관성 문제

현재의 모든 상용 LLM 챗봇(GPT-4, Claude, Gemini, 그리고 Woebot, Wysa, Replika를 포함하는 정신건강 챗봇)은 사용자의 신경생리학적 상태와 완전히 분리되어 작동

한다. 즉, 사용자가 과각성(HBP ↑) 상태이든 저각성(TBR ↑) 상태이든 동일한 응답을 받는다. 이는 다음의 임상적 부적합을 야기한다:

- 과각성 사용자에게 빠른 말 속도, 자극적 어휘 → 불안 악화
- 저각성/우울 사용자에게 느린 말, 단조로운 격려 → 무력감 악화
- 인지 부하 한계 무시 → 학습·자가성찰 차단
- FAA 우울 시그널 무시 → 부정적 반복 강화

3.3 BCN+QEEG 임상가의 독점적 통찰

Board Certified in Neurofeedback (BCN) 자격을 가진 임상가는 환자의 QEEG를 보고 임상 면담 시 자신의 말 속도, 정서적 강도, 휴지 길이를 직관적으로 조정하는 것을 직업적 전문성으로 한다. 본 발명은 이 임상적 직관을 알고리즘화하여 AI 챗봇에 이식한다. 이 매핑은 BCN 임상가만이 만들 수 있는 독점적 지식 자산이다.

04 해결 과제

1. **QEEG → AI 매개변수 매핑의 부재.** QEEG 바이오마커를 LLM 응답 매개변수로 직접 변환하는 시스템이 상업적·학술적으로 존재하지 않는다.
2. **신경상태 무관 응답 문제.** 기존 챗봇은 사용자의 과/저각성 상태와 무관하게 동일한 응답을 산출한다.
3. **BCN 전문성의 디지털 자산화 부재.** BCN 임상가의 직관적 응답 조정을 알고리즘으로 추출한 사례가 없다.
4. **종단적 적응 부재.** 신경피드백 훈련 진행에 따라 QEEG가 변화하지만, AI 응답은 변화에 적응하지 못한다.
5. **개인화된 컴패니언 봇 부재.** 동일 사용자라도 시간대·세션별 신경 상태에 따라 응답이 달라져야 하지만, 이를 구현한 시스템이 없다.

05 발명 요약

5.1 시스템 구성 요소

1. **QEEG 바이오마커 추출기 (QBE):** 19채널 EEG 데이터로부터 6개 핵심 바이오마커 산출
2. **신경 상태 분류기 (NSC):** 바이오마커 조합으로부터 5개 상태 클래스 식별 (Hyperarousal / Hypoarousal / Depressive / Anxious / Balanced)
3. **매개변수 매핑 엔진 (PME):** 결정 트리 + 룰 기반으로 8개 응답 매개변수 산출
4. **시스템 프롬프트 빌더 (SPB):** 매개변수를 자연어 LLM 시스템 프롬프트로 변환
5. **종단 추적 모듈 (LTM):** 세션별 QEEG 변화 추적, 추세 기반 매개변수 보정

5.2 핵심 차별점

- **QEEG → LLM 직접 매핑:** 선행 기술 없는 최초의 발명
- **5상태 분류 + 8매개변수 출력:** 단일 점수가 아닌 다차원 매핑
- **BCN 임상 전문성 알고리즘화:** 독점적 지식 자산
- **종단 변화 추적:** 신경피드백 훈련 효과 따라 매개변수 자동 보정

06 상세 설명

6.1 QEEG 바이오마커 측정 프로토콜

표준화된 측정 절차:

- 19채널 (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, T3, T4, C3, C4, Cz, T5, T6, P3, P4, Pz, O1, O2)
- 샘플링 256 Hz, 임피던스 < 5 kΩ

- Eyes Closed (EC) 5분 + Eyes Open (EO) 5분 + 인지 과제 5분
- Neuroguide 또는 HBI 정상 데이터베이스 대비 Z-점수 산출

6.2 신경 상태 분류 (5 클래스)

결정 규칙

IF HBP > +1.5 SD AND PAP < -1 SD → State = HYPERAROUSAL
 ELIF TBR > +1.5 SD → State = HYPOAROUSAL
 ELIF FAA < -1 SD AND PAP < -0.5 SD → State = DEPRESSIVE
 ELIF HBP > +1 SD AND COH(F-P) < -1 SD → State = ANXIOUS
 ELSE → State = BALANCED

6.3 8개 응답 매개변수 정의

#	매개변수	단위	범위	설명
P1	WPS Words Per Second	w/s	1.5–4.5	말 속도 (음성·텍스트 모두)
P2	EI Emotional Intensity	0–10	0–10	정서적 단어 빈도 + 강도
P3	CL Cognitive Load	0–10	0–10	개념 밀도 + 추상도
P4	PD Pause Duration	ms	200–2500	문장 간 휴지 시간
P5	EF Encouragement Frequency	per 5 turns	0–4	격려·긍정 표현 빈도
P6	MP Metacognitive Prompts	per 5 turns	0–3	"어떻게 느껴요?" 등 자가 성찰 유도
P7	DR Directness Ratio	0–1	0–1	직접 지시문 / 우회 표현 비율

#	매개변수	단위	범위	설명
P8	WT Warmth	0-10	0-10	따뜻함, 공감 어휘 비율

6.4 상태별 매개변수 매핑 테이블

신경 상태	WPS	EI	CL	PD	EF	MP	DR	WT
Hyperarousal	1.8	3	3	1500	2	0	0.3	9
Hypoarousal	3.5	7	4	500	3	2	0.7	7
Depressive	2.5	6	3	1200	4	1	0.4	10
Anxious	2.0	4	2	1800	3	0	0.4	9
Balanced	3.0	5	5	800	2	2	0.6	7

6.5 미세 조정 (Fine-tuning by Severity)

심각도(Z-점수 절대값)에 따라 매개변수에 가중치를 적용한다:

$$P_final[i] = P_baseline[state, i] \times (1 + \alpha \cdot |Z|/3)$$

where: $P_baseline$ = base value from state-mapping table
 Z = relevant biomarker Z-score
 α = sensitivity coefficient (0.05-0.20)
 i = parameter index (1-8)

6.6 시스템 프롬프트 자동 생성

8개 매개변수가 LLM 시스템 프롬프트로 변환되는 예:

예시 (HYPERAROUSAL 상태)

You are speaking with a user currently in HYPERAROUSAL state (measured via QEEG, HBP +2.1 SD, PAP -1.4 SD). Apply the following response calibration: - Speech pacing: 1.8 words/second (slow, deliberate) - Emotional intensity: 3/10 (calm, low-stimulation) - Cognitive load: 3/10 (simple, concrete) - Pause duration: 1500ms between sentences -

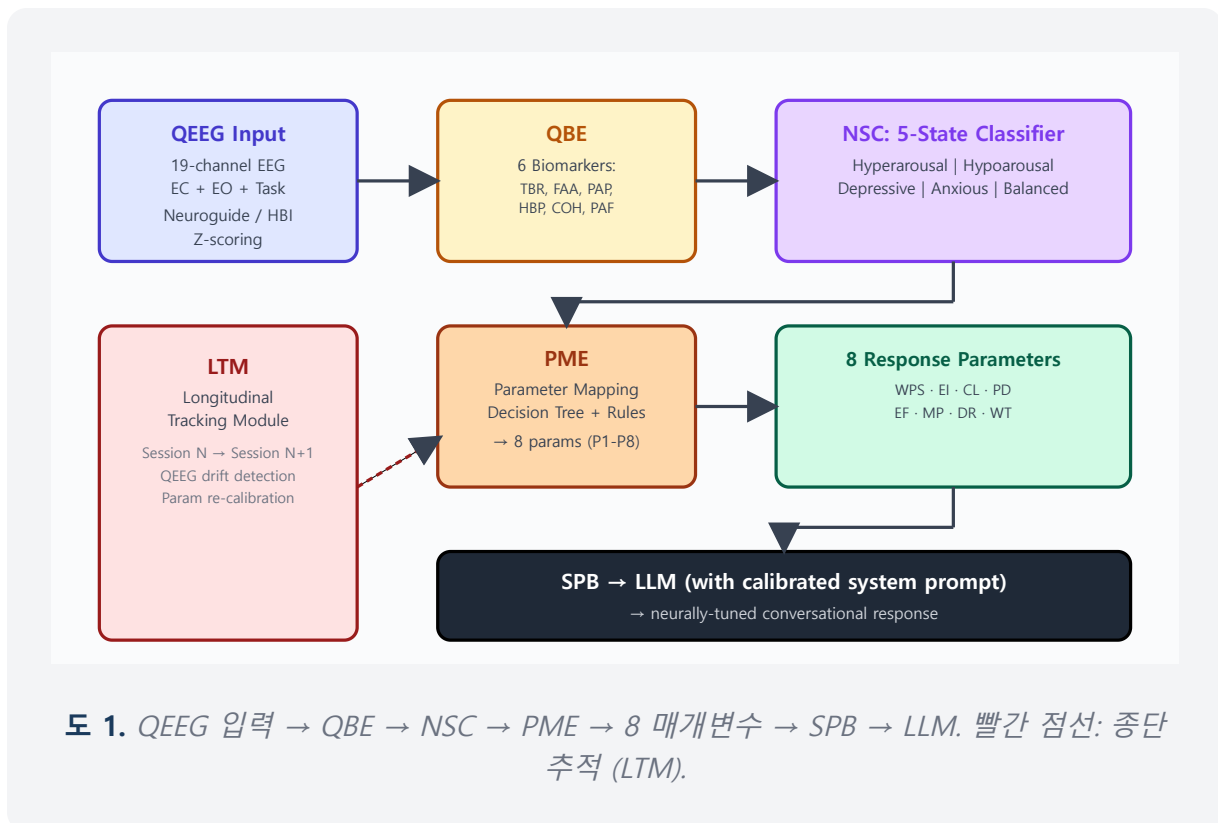
Encouragement: 2 per 5 turns (gentle reassurance) - Metacognitive prompts: 0 (avoid self-reflection demands now) - Directness: 0.3 (use indirect, soft language) - Warmth: 9/10 (high warmth, empathic words)
Goal: down-regulate cortical hyperarousal through paced, warm dialogue.

6.7 종단 변화 추적

신경피드백 훈련이 진행되면 QEEG가 정상화되어 가면서 매개변수가 자동으로 변화한다:

Session 1 (HBP +2.1 SD, State: Hyperarousal) → WPS 1.8, CL 3, PD 1500
Session 5 (HBP +1.4 SD, State: Anxious) → WPS 2.0, CL 2, PD 1800
Session 10 (HBP +0.6 SD, State: Balanced) → WPS 3.0, CL 5, PD 800

07 도면 설명



QEEG States × 8 Response Parameters Mapping

State	WPS	EI	CL	PD	EF	MP	DR	WT
Hyperarousal	1.8	3	3	1500	2	0	0.3	9
Hypoarousal	3.5	7	4	500	3	2	0.7	7
Depressive	2.5	6	3	1200	4	1	0.4	10
Anxious	2.0	4	2	1800	3	0	0.4	9
Balanced	3.0	5	5	800	2	2	0.6	7

Color scale: red (low/restrictive) → yellow (moderate) → green (high/expansive)

도 2. 5개 신경 상태별 8개 매개변수 매핑 히트맵.

08 청구항

청구항 1 (독립항)

사용자의 정량 뇌파(QEEG) 데이터에 기반하여 인공지능 대화 시스템의 응답을 신경생리학적 상태에 정합시키는, 컴퓨터 구현 방법으로서:

- 19채널 EEG 데이터로부터 정상 모집단 데이터베이스 대비 Z-점수화된 복수의 QEEG 바이오마커를 산출하는 단계로서, 상기 바이오마커는 Theta/Beta Ratio (TBR), Frontal Alpha Asymmetry (FAA), Posterior Alpha Power (PAP), High Beta Power (HBP), Coherence Index (COH) 및 Peak Alpha Frequency (PAF)를 포함하는 단계;
- 산출된 바이오마커를 결정 규칙에 적용하여, Hyperarousal, Hypoarousal, Depressive, Anxious 및 Balanced 중 하나의 신경 상태를 분류하는 단계;
- 분류된 신경 상태에 대응하는 응답 매개변수 매핑 테이블로부터 8개 응답 매개변수 — 말 속도(WPS), 정서적 강도(EI), 인지 부하(CL), 휴지 길이(PD), 격려 빈도(EF), 메타인지 유도(MP), 직접성(DR) 및 따뜻함(WT) — 의 기본값을 추출하는 단계;
- 추출된 매개변수를 자연어 시스템 프롬프트로 변환하여 대형 언어 모델에 주입하는 단계; 및

(e) 주입된 매개변수에 따라 응답 텍스트를 생성하는 단계;
를 포함하는 방법.

청구항 2 (종속항)

청구항 1에 있어서, 단계 (c)의 응답 매개변수 추출 후, 관련 바이오마커의 Z-점수 절댓값에 기반한 가중치 ($1 + \alpha \cdot |Z|/3$)를 적용하여 매개변수의 최종값을 산출하되, α 는 0.05 내지 0.20 범위의 민감도 계수인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3 (종속항)

청구항 1에 있어서, 동일 사용자에게 대해 시간적으로 분리된 복수의 QEEG 측정 세션에 대해 단계 (a) 내지 (e)를 반복하고, 세션 간 바이오마커의 변화 추이에 기반하여 응답 매개변수의 동적 보정을 수행하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 4 (종속항)

청구항 1에 있어서, 단계 (b)의 결정 규칙은 다음을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법: HBP가 +1.5 SD 초과이고 PAP가 -1 SD 미만인 경우 Hyperarousal로 분류; TBR이 +1.5 SD 초과인 경우 Hypoarousal로 분류; FAA가 -1 SD 미만이고 PAP가 -0.5 SD 미만인 경우 Depressive로 분류; HBP가 +1 SD 초과이고 전두-두정 일관성이 -1 SD 미만인 경우 Anxious로 분류; 그 외의 경우 Balanced로 분류.

청구항 5 (종속항)

청구항 1에 있어서, QEEG 측정은 안정 상태 5분(눈 감음) + 안정 상태 5분(눈 뜸) + 인지 과제 5분의 표준 프로토콜에 따라 수행되며, 19채널은 국제 10-20 시스템에 따른 Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, T3, T4, C3, C4, Cz, T5, T6, P3, P4, Pz, O1 및 O2를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6 (종속항)

청구항 1에 있어서, 정상 모집단 데이터베이스는 Neuroguide 또는 Human Brain Index (HBI) 정규데이터베이스 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7 (독립항 — 시스템)

청구항 1 내지 6 중 어느 한 항의 방법을 수행하기 위한, 적어도 하나의 프로세서, EEG 데이터를 수신하는 입력 인터페이스, 및 상기 프로세서에 의해 실행되는 명령어를 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체를 포함하는 신경 상태 적응형 인공지능 대화 시스템.

청구항 8 (독립항 — 매체)

컴퓨터에 의해 실행될 때 청구항 1 내지 6 중 어느 한 항의 방법을 수행하도록 하는 명령어를 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장 매체.

09 선행 기술 비교

선행 기술	접근 방식	한계	본 발명과의 차이
Neuroguide (Applied Neuroscience)	QEEG 정상 비교	출력은 시각화/리포트만	AI 응답 매개변수로 직접 변환
BrainPaint / NeurOptimal	EEG 기반 사운드 피드백	대화 매개변수 매핑 없음	LLM 매개변수 8개 직접 산출
Affectiva / Rosalind Picard	표정·생체→정서 추론	EEG 미사용, LLM 매개변수 매핑 없음	QEEG 6 바이오마커 + 8 매개변수

선행 기술	접근 방식	한계	본 발명과의 차이
Muse / FocusBand (consumer EEG)	단순 집중 점 수	2-3채널, 임상 등급 아님	19채널 임상 등급, Z-점수화
Woebot / Wysa (mental health bots)	자가보고 기반 챗봇	신경 상태 무관	실제 신경상태 기 반 응답

발명의 진보성

본 발명은 (1) 임상 등급 19채널 QEEG 바이오마커를 LLM 응답 매개변수로 직접 변환한 최초의 시스템이며, (2) BCN 임상가의 직관을 8개 정량 매개변수와 5개 상태 클래스로 알고리즘화하고, (3) 종단적 신경피드백 훈련 효과에 따라 자동 보정한다. 이 결합은 선행 기술에 없으며, "QEEG → AI 대화 매개변수"라는 매핑 자체가 본 발명의 핵심 영업 비밀이다.

10 산업상 이용 가능성

10.1 적용 시장

- **임상 신경피드백 클리닉:** QEEG 측정 후 컴패니언 봇으로 일상 지원 (Boston Neuromind 1차 적용)
- **디지털 치료제 (DTx):** FDA 승인 디지털 치료제로 ADHD, Anxiety, Depression 적용
- **EEG 헤드셋 제조사:** Muse, FocusBand 등에 SDK 라이선스
- **정신건강 SaaS:** Talkspace, BetterHelp 등 통합
- **연구·학술:** QEEG 데이터셋 + AI 응답 매핑의 연구 도구

10.2 BCN 임상가 독점성

본 발명의 매핑 테이블은 BCN+QEEG 임상 경험 3년 이상의 전문가만이 구성 가능한 영업 비밀로, 일반 AI 엔지니어가 모방하기 매우 어렵다. 이는 본 발명의 시장 방어력 (moat)을 구성한다.

11 관련 논문

본 발명의 이론적·임상적 근거가 되는 핵심 논문 및 자료. 클릭하면 외부 출처로 이동합니다.

A. QEEG 핵심 바이오마커

A1 Arns M, Conners CK, Kraemer HC. A decade of EEG Theta/Beta Ratio Research in ADHD: a meta-analysis. *Journal of Attention Disorders*, 2013; 17(5):374-383. [DOI ↗](#)

A2 Henriques JB, Davidson RJ. Left frontal hypoactivation in depression. *Journal of Abnormal Psychology*, 1991; 100(4):535-545. [DOI ↗](#)

A3 Knyazev GG. Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2007; 31(3):377-395. [DOI ↗](#)

A4 Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance. *Brain Research Reviews*, 1999; 29(2-3):169-195. [DOI ↗](#)

A5 Teicher MH, Samson JA, Anderson CM, Ohashi K. The effects of childhood maltreatment on brain structure, function and connectivity. *Nature Reviews Neuroscience*, 2016; 17(10):652-666. [DOI ↗](#)

A6 Thatcher RW. Coherence, Phase Differences, Phase Shift, and Phase Lock in

B. 정량 뇌파 (QEEG) 임상 응용

B1 Kropotov JD. *Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy*. Academic Press, 2009. [Book ↗](#)

B2 Hammond DC. What is Neurofeedback: An Update. *Journal of Neurotherapy*, 2011; 15(4):305-336. [DOI ↗](#)

B3 Thatcher RW, Lubar JF. History of the scientific standards of QEEG normative databases. In: Budzynski TH et al. (Eds.), *Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback, 2nd ed.* Academic Press, 2009; 29-62.

B4 Lubar JF. Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders. *Biofeedback and Self-Regulation*, 1991; 16(3):201-225.

C. 신경생리학적 각성 상태

C1 Sterman MB. Sensorimotor EEG operant conditioning: experimental and clinical effects. *The Pavlovian Journal of Biological Science*, 1977; 12(2):63-92.

[DOI ↗](#)

C2 Sterman MB, Egner T. Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2006; 31(1):21-35.

[DOI ↗](#)

C3 Pfurtscheller G, Lopes da Silva FH. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical Neurophysiology*, 1999; 110(11):1842-1857. [DOI ↗](#)

D. 정서 컴퓨팅 및 인간-AI 상호작용

D1 Picard RW. *Affective Computing*. MIT Press, 1997.

D2 Picard RW, Vyzas E, Healey J. Toward machine emotional intelligence: Analysis of affective physiological state. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2001; 23(10):1175-1191. [DOI ↗](#)

D3 Calvo RA, D'Mello SK. Affect detection: An interdisciplinary review of models, methods, and their applications. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 2010; 1(1):18-37. [DOI ↗](#)

E. 음성·말 속도와 정서 상태

E1 Mundt JC, Snyder PJ, Cannizzaro MS, et al. Voice acoustic measures of depression severity and treatment response. *Journal of Neurolinguistics*, 2007; 20(1):50-64. [DOI ↗](#)

E2 Cummins N, Scherer S, Krajewski J, et al. A review of depression and suicide risk assessment using speech analysis. *Speech Communication*, 2015; 71:10-49. [DOI ↗](#)

F. 임상 면담 기법 및 치료 동맹

F1 Bordin ES. The generalizability of the psychoanalytic concept of the working alliance. *Psychotherapy: Theory, Research & Practice*, 1979; 16(3):252-260. [DOI ↗](#)

F2 Horvath AO, Del Re AC, Flückiger C, Symonds D. Alliance in individual psychotherapy. *Psychotherapy*, 2011; 48(1):9-16. [DOI ↗](#)

F3 Wampold BE. How important are the common factors in psychotherapy? An update. *World Psychiatry*, 2015; 14(3):270-277. [DOI ↗](#)

G. BRAIN-COMPUTER INTERFACE 및 EEG-AI 통합

G1 **Lotte F, Bougrain L, Cichocki A, et al.** A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces: a 10 year update. *Journal of Neural Engineering*, 2018; 15(3):031005. [DOI ↗](#)

G2 **Roy Y, Banville H, Albuquerque I, et al.** Deep learning-based electroencephalography analysis: a systematic review. *Journal of Neural Engineering*, 2019; 16(5):051001. [DOI ↗](#)

© 2026 Boston Neuromind, LLC · 본 문서는 가출원 준비 자료이며 법적 검토 후 USPTO에 제출 예정입니다.

⚖️ 본 문서의 모든 발명 내용은 Boston Neuromind, LLC의 영업 비밀 및 출원 중 지식재산권으로 보호됩니다.