

تجهیزات ارزیابی عصب‌شناختی بالینی و پزشکی

پروتکل جامع سنجش عینی، پارامتریک و بوم‌شناختی کارکردهای توجهی و اجرایی مغز

ویژه روان‌پزشکان، متخصصان مغز و اعصاب، روان‌شناسان بالینی و مراکز جامع توانبخشی شناختی

ضرورت بالینی سنجه‌های عینی رفتاری در تشخیص ADHD و نقایص شناختی

تشخیص اختلال نقص توجه و بیش‌فعالی (ADHD) و سایر نقایص کارکردهای اجرایی در گروه‌های سنی کودک، نوجوان و بزرگسال، همواره به دلیل وابستگی به پرسشنامه‌های سابجکتیو (مانند کانرز یا SNAP)، در معرض خطای سوگیری مشاهده‌گر و عدم قطعیت تشخیصی قرار دارد. **نوروکاوان CPT** به عنوان یک ابزار پزشکی عینی (Objective Diagnostic Instrument)، با تلفیق بی‌سابقه دو استاندارد طلایی جهانی **IVA-2 Plus** (آزمون دوکاناله دیداری-شنیداری ۵۰۰ کوششی) و **Eco-MOXO** (ارزیابی بوم‌شناختی در حضور محرک‌های دیداری و صوتی دنیای واقعی)، پروفایل جامعی از ظرفیت پردازش شناختی مغز را بدون سوگیری ذهنی در اختیار متخصص قرار می‌دهد.

۱. پارادایم ۵۰۰ کارآزمایی دیداری-شنیداری

IVA-2 Plus Dual Mode

ارزیابی همزمان و متناوب مسیرهای پردازش کورتکس بینایی و شنوایی در قالب ۱۰ بلاک با بار شناختی متغیر (High Demand جهت سنجش تکانشگری در برابر Low Demand جهت سنجش هوشیاری پایدار).

۲. محیط بوم‌شناختی شبیه‌ساز واقعی

Eco-MOXO Distraction

سنجش افت عملکرد توجه در حضور محرک‌های انیمیشنی دیداری و نویزهای صوتی محیط کار و کلاس درس، با الگوریتم جایگشت منصفانه فیشر-ییتس و محرک‌های تفکیک‌شده کودک و بزرگسال.

۳. تجزیه پارامتریک اگزاگوسی و SDT

Ex-Gaussian & Tau

تفکیک سرعت پایه حسی-حرکتی از مؤلفه نمایی چوله راست (τ) به عنوان بیومارکر عینی وقفه‌های ناگهانی توجه (Lapses of Attention) و ناتوانی در مهار شبکه حالت پیش‌فرض (DMN).

۴. پشتیبان تصمیم بالینی DSM-5-TR

CDS 6-Gate Engine

موتور استنتاج هوشمند ۶ گیت بر اساس کدهای رسمی 314.00 و 314.01، غربالگری تمارض و سوگیری تلاش، ارزیابی طولی اثربخشی درمان با ضریب RCI و پیشنهاد پروتکل‌های نوروفیدبک.

استاندارد بین‌المللی ایمنی نرم‌افزارهای تجهیزات پزشکی: IEC 62304 Class B
طراحی و پیاده‌سازی بر اساس استاندارد مدیریت ریسک ISO 14971 و راهنمای تشخیصی انجمن روان‌پزشکی آمریکا (DSM-5-TR)

PEK Medical Systems
Validated Core 100%

۱. معماری آزمون ۵۰۰ کوششی با تغییر متناوب بار شناختی (Demand Shifting)

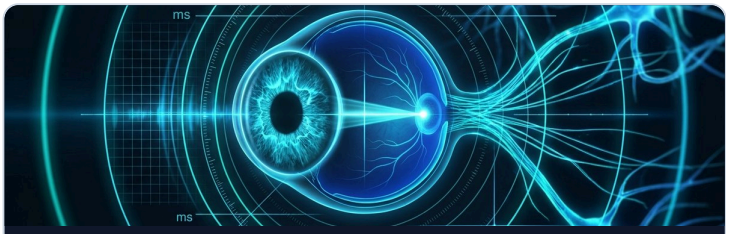
برخلاف CPTهای تک‌بعدی که صرفاً تحریکات دیداری را ارزیابی می‌کنند، سامانه نوروکاوان با ۵۰۰ کوشش استاندارد مساوی (۲۵۰ دیداری و ۲۵۰ شنیداری)، تعامل دو کانال اصلی پردازش حسی مغز را پایش می‌کند. آزمون در قالب ۱۰ بلاک متناوب ۵۰ کوششی اجرا می‌شود:

بلاک‌های بار شناختی بالا (High Demand) — بلاک‌های فرد (۱, ۳, ۵, ۷, ۹)

فراوانی تارگت بسیار بالا (۸۴٪ تارگت ۱) با فاصله بین محرکی کوتاه (ISI = 1.5 ثانیه). این وضعیت با ایجاد یک الگوی پاسخی خودکار، مراجع را در معرض تحریک شدید قرار داده و سنجه عینی **خویشتن‌داری، بازداری پاسخ و خطاهای ارتکاب (Commission Errors)** است.

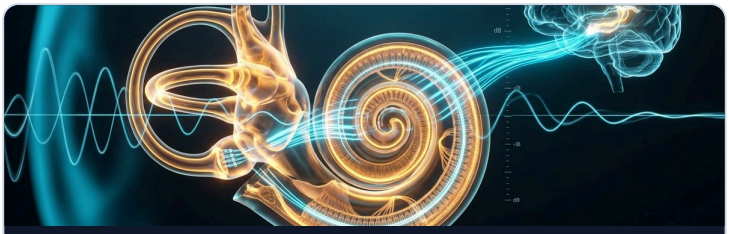
بلاک‌های بار شناختی پایین (Low Demand) — بلاک‌های زوج (۲, ۴, ۶, ۸, ۱۰)

فراوانی تارگت بسیار پایین (۱۶٪ تارگت ۱) با فاصله بین محرکی طولانی (ISI = 2.0 ثانیه). در غیاب تحریک مکرر، بیمار باید هوشیاری درونی خود را حفظ کند که سنجه مستقیم **هوشیاری پایدار، تمرکز خستگی‌ناپذیر و خطاهای حذف (Omission Errors)** است.



مدالیته دیداری (Visual Modality)

نمایش ارقام استاندارد «۱» (تارگت) و «۲» (غیرتارگت) با کالیبراسیون فوتونی دقیق و زمان ارائه ۱۰۰ میلی‌ثانیه بر روی نمایشگر.



مدالیته شنیداری (Auditory Modality)

صدای شفاف گفتاری فارسی («یک» / «دو») با کالیبراسیون هارمونیک مضاعف ۴۴۰ و ۸۸۰ هرتز جهت غنای تمایز حسی و صوتی مراجع.

۲. مقیاس‌های ترکیبی استراتفورد و واریانس واقعی جامعه (Stratford Composites)

میانگین‌گیری ساده از خرده‌مقیاس‌های همبسته باعث فشرده شدن کاذب انحراف معیار نمره مرکب و حرکت غیرواقعی به سمت میانگین می‌شود. نوروکاوان CPT با بهره‌گیری از فرمول کوواریانس استراتفورد با ضریب همبستگی درونی r = 0.55 واریانس واقعی جامعه استاندارد را حفظ می‌کند:

$$Z_{composite} = \left(\sum z_i \right) / \sqrt{[\, k + k(k-1) \cdot r \,]} \quad | \quad \text{Standard Score: Mean} = 100, \text{SD} = 15$$

عنوان مقیاس استاندارد	مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده (زیرمقیاس‌ها)	کاربرد بالینی در تشخیص ADHD و نقایص کارکرد اجرایی
بهره کل توجه (FSAQ)	هوشیاری (Vigilance) + تمرکز (Focus) + سرعت پردازش (Speed)	سنجه جامع ظرفیت توجه پایدار، پایداری زمان واکنش و سرعت پردازش حسی-حرکتی دوکاناله.
بهره کل کنترل پاسخ (FSRCQ)	خویشتن‌داری (Prudence) + ثبات (Consistency) + استقامت (Stamina)	سنجش عینی بازداری تکانه، مهار رفتاری و توانایی حفظ دقت در طول ۵۰۰ کارآزمایی.
بهره توجه دیداری (VAQ)	هوشیاری دیداری + تمرکز دیداری + سرعت دیداری	پایش اختصاصی مسیر پردازش کورتکس بینایی (اکسیپیتال و پریتال) و سرعت هدایت نورونی.
بهره توجه شنیداری (AAQ)	هوشیاری شنیداری + تمرکز شنیداری + سرعت شنیداری	پایش اختصاصی کورتکس تمپورال، تشخیص اختلالات درک شنیداری و ضعف تمایز آکوستیک.

قاعده بالینی تشخیص عدم تقارن حسی: غربالگری اختلال CAPD در برابر ضعف دیداری

$|VAQ - AAQ| \geq 15 \; (p < 0.05)$

اختلاف حداقل ۱۵ نمره استاندارد (معادل ۱ انحراف معیار کامل) میان بهره توجه دیداری و شنیداری از نظر آماری در سطح $p < 0.05$ معنادار است. این ویژگی اختصاصی به پزشک امکان می‌دهد ضعف‌های اختصاصی پردازش شنوایی مرکزی (Central Auditory Processing Disorder - CAPD) را از نقایص شناختی دیداری تفکیک کرده و پروتکل‌های توانبخشی هدفمند تجویز کند.

۱. سنجش روایی بوم‌شناختی توجه در حضور نویز و محرک‌های محیطی (Eco-MOXO)

بزرگ‌ترین ایراد وارده به آزمون‌های CPT سنتی، اجرای آن‌ها در اتاق‌های تاریک و کاملاً ساکت است که عملکرد واقعی فرد در کلاس درس یا محیط کار را نشان نمی‌دهد. نوروکاوان CPT با شبیه‌سازی واقع‌گرایانه محرک‌های محیطی، توجه بیمار را در ۵ مرحله متوالی می‌سنجد:



مرحله آزمون بوم‌شناختی	بلاک‌ها	ماهیت محرک‌های محیطی شبیه‌سازی‌شده	هدف ارزیابی بالینی و عصب‌روان‌شناختی
۱. خط پایه اولیه (Baseline)	بلاک ۱ و ۲	محیط کاملاً استریل بدون هیچ‌گونه محرک مزاحم جانبی	سنجش توانایی خالص حسی-حرکتی و سرعت پردازش پایه بیمار.
۲. محرک‌های دیداری (Visual)	بلاک ۳ و ۴	حرکت المان‌های انیمیشنی در پیرامون نمایشگر (موشک، خودرو، پروانه)	سنجش میزان آسیب‌پذیری و حواس‌پرتی در برابر تداخل‌های بینایی محیطی.
۳. محرک‌های شنیداری (Auditory)	بلاک ۵ و ۶	نویزهای صوتی متناوب (ویبره موبایل، تیک‌تاک ساعت، پارس سگ، زنگ)	سنجش حساسیت اختصاصی به نویز و اصوات ناگهانی محیطی.
۴. بار چندحسی ترکیبی (Combined)	بلاک ۷ و ۸	حضور همزمان محرک‌های دیداری متحرک و اصوات ناگهانی صوتی	سنجش عملکرد شناختی تحت فشار شدید تداخل‌های چندحسی (کلاس/محل کار).
۵. بازیابی نهایی (Recovery)	بلاک ۹ و ۱۰	رفع کامل محرک‌های مزاحم و بازگشت به خط پایه استریل	سنجش تاب‌آوری شناختی، خستگی عصبی و سرعت بازگشت به تمرکز اولیه.

۲. چرخه جایگشت منصفانه فیشر-ییتس (Fisher-Yates Fair Deck) با محرک‌های متناسب سن

برای حذف شانس و جلوگیری از خطای خوگیری مراجع به یک محرک خاص، در نوروکاوان CPT محرک‌های دیداری در قالب دسته کارت‌های بر خورده (Fair Deck) به نمایش درمی‌آیند که تکرار پشت سر هم را به کلی ناممکن می‌سازد:



۳. ثبت سنجه‌های عینی بیش‌فعالی حرکتی ظریف (Micro-Motor Hyperactivity)

کلیک‌های پیش‌دستانه (Anticipatory)
زمان واکنش کمتر از ۱۲۵ میلی‌ثانیه؛ نشانه قطعی بی‌قراری حرکتی و کلیک شتابزده مراجع پیش از پردازش پیام در کورتکس مغز.

کلیک‌های مکرر و مازاد (Redundant)
چندین بار کلیک کردن در طول یک کارآزمایی واحد؛ نشانگر بارز هیجان حرکتی، عجله و نقص در خودمهارگری رفتاری مراجع.

نگهداشتن طولانی کلید (400ms<)
فشردن ممتد کلید ماوس بیش از ۴۰۰ms؛ سنجه عینی ناتوانی در مهار پس از پاسخ و تکانشگری عضلانی ثبت‌شده با RawInput.

۱. نظریه کشف سیگنال (SDT) و تصحیح هوتوس (Hautus Log-Linear Correction)

در عملکردهای بی‌نقص (۱۰۰٪ دقت) یا شکست کامل، نرخ اصابت (HR) یا هشدار کاذب (FAR) برابر ۱ یا ۰ شده و تبدیل پروبیت استاندارد تولید مقادیر بی‌نهایت می‌کند. نوروکاوان CPT با تصحیح هوتوس و تقریب کسری گویای اکلام (خطای کمتر از ۱.۱۵ در ۱۰ به توان ۹-) پایداری عددی مطلق را فراهم می‌کند:

```
HR = (Hits + 0.5) / (N_Target + 1.0)
FAR = (FalseAlarms + 0.5) / (N_Foil + 1.0)
```

```
d' = z(HR) - z(FAR)
c = -0.5 · [ z(HR) + z(FAR) ]
```

حساسیت ادراکی (d-prime): تمایز خالص تارگت از نویز

اندازه‌گیری قدرت واقعی سیستم حسی و کورتکس مغز در تفکیک محرک هدف از نویز زمینه، به گونه‌ای که کاملاً مستقل از سبک پاسخ‌دهی (جسورانه یا محتاطانه) عمل می‌کند.

ملاک تصمیم‌گیری بالینی (Criterion c)

سوگیری لیبرال / تکانشگر (c < -0.20): تمایل شدید به پاسخ زودهنگام با ریسک خطای ارتکاب.

سوگیری محافظه‌کار / وسواسی (c > +0.20): احتیاط مفرط در پاسخ‌دهی و حذف تارگت.

۲. تجزیه پارامتریک زمان واکنش اگزاگوسی و پایداری عددی (Ex-Gaussian RT Modeling)

توزیع زمان واکنش انسان نامتقارن است و دنباله‌ای کشیده به سمت راست دارد. فرمول کلاسیک اگزاگوسی در بیماران با زمان واکنش طولانی دچار خطای سرریز (Overflow) و تولید NaN می‌شود. نوروکاوان با تابع مقیاس‌شده ln(erfcx) و بسط مجانبی تیلور، پایداری مطلق IEEE 754 را تضمین کرده است:

```
ln f(t; μ, σ, τ) = -ln(τ) - (t - μ)² / (2σ²) + ln( erfcx(u) )   |   u = [ μ + σ²/τ - t ] / (√2 · σ)
```

پارامتر μ (مؤلفه گاوسی)

میانگین بخش متقارن نرمال؛ نشانگر **سرعت پایه پردازش حسی-حرکتی** و سرعت هدایت پیام در مسیرهای حرکتی مغز.

پارامتر σ (مؤلفه گاوسی)

انحراف معیار بخش نرمال؛ نشانگر **نویز پردازشی درون‌فردی** و میزان یکنواختی سرعت پاسخ‌دهی پایه بیمار.

پارامتر τ (مؤلفه نمایی) — بیومارکر DMN

طول دنباله چوله راست؛ شاخص انحصاری **وقفه‌های ناگهانی توجه (Attentional Lapses)** و ناتوانی در مهار شبکه پیش‌فرض مغز.

۳. شاخص پایایی دونیمه‌کردن اسپیرمن-براون و تغییر بالینی جاکوبسون-تروآکس (RCI)

پایایی درون‌جلسه‌ای اسپیرمن-براون (Split-Half) — Intra-Session Reliability

محاسبه همبستگی پیرسون میان کوشش‌های فرد و زوج آزمون اصلی و اعمال فرمول پیش‌گویی اسپیرمن-براون:

```
r_sb = (2 · r) / (1 + r)
```

پایش دقیق ثبات درونی توجه بیمار و تفکیک خستگی یا افت انگیزه از نقص توجه بالینی در گیت اعتبارسنجی.

شاخص تغییر واقعی بالینی Reliable Change) (Index

Jacobson-Truax 1991

پایش عینی اثربخشی دارودرمانی (محرک‌های CNS) یا نوروتراپی با فرمول جاکوبسون-تروآکس:

```
RCI = (Post - Pre) / √(2 · SEM²)
```

اثبات آماری بهبود بیمار در سطح اطمینان ۹۵٪ (|RCI| ≥ 1.96, p < 0.05) و تفکیک آن از نوسان تصادفی.

۱. موتور پشتیبانی تصمیم بالینی ۶ گیت بر اساس DSM-5-TR و ICD-10

سامانه نوروکاوان با ادغام شواهد چندبعدی، استنتاج بالینی منطبق بر ساختار راهنمای تشخیصی انجمن روان‌پزشکی آمریکا (DSM-5-TR) و طبقه‌بندی بین‌المللی بیماری‌ها (ICD-10) را استخراج می‌کند:

کد 314.00 (F90.0)

نمای غالباً بی‌توجه (Inattentive)

افت معنادار در مقیاس‌های هوشیاری و تمرکز، افزایش پارامتر τ اگزاگوسی، و خطاهای حذف بارز به ویژه در شرایط بار شناختی پایین.

کد 314.01 (F90.1)

نمای غالباً بیش‌فعال/تکانشگر

افت در مقیاس خویشتن‌داری، سوگیری ملاک تصمیم تکانشگر (c < -0.20)، خطاهای ارتکاب بار بالا و وفور کلیک‌های مازاد.

کد 314.01 (F90.2)

نمای ترکیبی (Combined Type)

تأیید همزمان نقایص ملاک A1 (نقص توجه) و ملاک A2 (بیش‌فعالی/تکانشگری) بر اساس ادغام داده‌های روان‌سنجی آزمون.

نگاشت عصب‌شناختی شبکه‌های مغزی و پروتکل‌های پیشنهادی نوروفیدبک

Neuroscience Mapping



۱. کورتکس پره‌فرونتال (DLPFC/OFC): کنترل اجرایی و مهار پاسخ ← پروتکل پیشنهادی سرکوب Theta/Beta در Cz و Fz.

۲. قشر آهیانه‌ای (Parietal Cortex): حفظ هوشیاری پایدار و جهت‌دهی حسی ← تمرینات پایدارسازی تمرکز و کاهش خطای حذف.

۳. شبکه پیش‌فرض (DMN): پرش ذهن و وقفه‌های توجهی (τ) ← پروتکل تقویت ریتم حسی-حرکتی (SMR) در C4 جهت آرامش و ثبات.

۲. معماری زمان‌سنجی بلادرنگ سخت‌افزار با دقت آزمایشگاهی زیر ۱ میلی‌ثانیه

شمارنده کریستال سخت‌افزار (QPC) و RawInput

استفاده از تایمر یکنواخت سخت‌افزاری QueryPerformanceCounter با فرکانس بالای ۱۰ مگاهرتز (دقت کمتر از ۱ میکروثانیه) و ثبت مستقیم وقفه سخت‌افزاری ماوس با پروتکل RawInput در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز، تاخیرهای ناشی از لایه وب و سیستم‌عامل را خنثی کرده است.

همگام‌سازی فوتونی DWM VSync و کالیبراسیون صوت

جبران تاخیر رفرش فریم با اطلاعات کامپوزیتور ویندوز (DWMGetCompositionTimingInfo) و تعبیه ابزار اختصاصی کالیبراسیون و جبران تاخیر صوتی سخت‌افزار (AV Sync Flash & Beep Test) برای انطباق ۱۰۰٪ صدای هدفون با نمایش تصویر در هر کلینیک.

گیتهای اعتبارسنجی دو مرحله‌ای و غربالگری تمارض (Effort & Malingering Gates)

گیت ۱ (درک دستورالعمل): سنجش دقت در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون (آستانه قبولی ≥ ۷۰٪) جهت اطمینان از درک صحیح تکلیف.

گیت ۲ (تناقض شناختی تمارض): تشخیص افت شدید و کاذب هوشیاری در حضور سرعت پایه حسی-حرکتی کاملاً نرمال، که مانع از خطای مثبت کاذب ناشی از عدم همکاری، تمارض، اغراق در علائم یا خستگی مفرط بیمار می‌شود.

۱. معماری گزارش‌دهی چندسطحی و استخراج داده‌های پژوهشی

گزارش تخصصی برداری پزشک (A4)

گزارش رسمی با جداول استاندارد روان‌سنجی، گراف‌های اگزاگوسی، پروفایل مقیاس‌های استراتفورد و نگاشت تشخیصی DSM-5-TR جهت بایگانی در پرونده مراجع.

کارنامه تشخیصی خانواده و والدین

گزارش سازنده با ادبیات روان‌شناختی مناسب، نمودارهای رنگی تفکیک نقاط قوت و حوزه‌های نیازمند تقویت، بدون اصطلاحات پیچیده آماری.

خروجی پژوهشی ناشناس‌سازی‌شده

استخراج داده‌های کوشش‌به‌کوشش با هش امنیتی SHA-256 در فرمت CSV (دارای BOM سازگار با Excel) و JSON برای مطالعات بالینی چندمرکزی در SPSS و R.

۲. امنیت مطلق داده‌ها و پایگاه داده بومی (Privacy & Encryption)

حفظ کامل حریم خصوصی بیماران با معماری ۱۰۰٪ محلی (Local-Only Data Architecture)

کلیه پرونده‌ها، سوابق آزمون و گزارش‌ها در پایگاه داده SQLite با رمزنگاری کلید سخت‌افزاری ویندوز (Windows DPAPI) روی رایانه کلینیک ذخیره می‌شوند. نرم‌افزار بدون نیاز به اینترنت عمل کرده و هیچ‌گونه داده هویتی یا پزشکی به سرورهای ابری منتقل نمی‌شود.

۳. جدول مشخصات فنی و الزامات سخت‌افزاری سیستم

مولفه سیستم	حداقل سخت‌افزار مورد نیاز	مشخصات پیشنهادی کلینیکی
سیستم‌عامل	Windows 10 (نسخه ۶۴ بیتی)	Windows 11 Pro 64-bit (به‌روزشده)
پردازنده (CPU)	Intel Core i3 نسل ششم یا معادل AMD	Intel Core i5 / i7 نسل دهم به بالا
حافظه اصلی (RAM)	۴ گیگابایت DDR4	۸ گیگابایت یا بالاتر
نمایشگر (Display)	رزولوشن حداقل ۱۲۸۰ در ۷۲۰ با رفرش‌ریت ۶۰Hz	۱۹۲۰ در ۱۰۸۰ Full HD با پنل IPS و زاویه دید عریض
تجهیزات ورودی/خروجی	ماوس USB با سیم (۵۰۰Hz) + هدفون استریو استاندارد	ماوس اپتیکال ۱۰۰۰Hz با سیم + هدفون پشت‌بسته کلینیکی
پایگاه داده و ذخیره‌سازی	SQLite با رمزنگاری DPAPI (۲۰۰ مگابایت فضا)	حافظه SSD پرسرعت با بک‌آپ‌گیری خودکار هفتگی

۴. خدمات پشتیبانی، راه‌اندازی ریموت و به‌روزرسانی هنجارها

پشتیبانی تخصصی و راه‌اندازی ریموت (آنلاین)

راه‌اندازی سریع به صورت ریموت، تست و کالیبراسیون دقیق سخت‌افزار از راه دور، و ارائه آموزش‌های کاربری و تفسیر نتایج به صورت آنلاین.

پشتیبانی فنی مداوم و به‌روزرسانی هنجارها

بهره‌مندی از خدمات پشتیبانی مداوم، آپدیت‌های هنجاری بومی جامعه ایران و رفع اشکال آنلاین توسط کارشناسان فنی شرکت.

شرکت پویا الکترونیک کاویانی (PEK)
توسعه‌دهنده تخصصی سامانه‌های ارزیابی عصب‌شناختی، تجهیزات پزشکی و هوش مصنوعی شناختی
نشانی: ساری - خیابان جمهوری - پارک علم و فناوری - طبقه سوم واحد ۳۰۲
تماس مستقیم و سفارش: 09112569511
پست الکترونیک: info@neurokavan.ir