

# سناریو ۴: رابطه بین یک متغیر EEG پیوسته و یک نمره رفتاری پیوسته (همبستگی)

محمد Mehdi شریف بیگی

۱۴۰۴ مهر

## ۱ مثال: همبستگی در مطالعه پارکینسون

### ۱.۱ زمینه پژوهش

مطالعه بر روی پتانسیل‌های برانگیخته شناوری  $P_{300}$  در بیماران پارکینسون و ارتباط آن با عملکرد شناختی، بررسی می‌کند که آیا بین دامنه  $P_{300}$  و نمرات ارزیابی شناختی مونترال (MoCA) روابط‌های وجود دارد یا خیر.

### ۲.۱ سوال پژوهشی

آیا بین دامنه پتانسیل برانگیخته  $P_{300}$  و عملکرد حافظه کاری در بیماران پارکینسون روابط‌های وجود دارد؟

### ۳.۱ فرضیه‌ها

فرضیه صفر ( $H_0$ ): هیچ رابطه خطی بین دامنه  $P_{300}$  و دقت حافظه کاری وجود ندارد ( $\rho = 0$ ).

فرضیه جایگزین ( $H_1$ ): رابطه خطی بین دامنه  $P_{300}$  و دقت حافظه کاری وجود دارد ( $\rho \neq 0$ ).

### ۴.۱ ساختار داده‌ها

متغیرها: دو متغیر پیوسته که برای هر آزمودنی اندازه‌گیری شده است.

متغیر ۱: دامنه  $P_{300}$  (میکروولت) در الکترود Pz

● نوع داده: پیوسته

● واحد اندازه‌گیری: میکروولت ( $\mu\text{V}$ )

● محدوده معمول: ۲ تا ۲۰ میکروولت

● الکترود ثبت: Pz (ناحیه آهیانه‌ای)

متغیر ۲: دقت حافظه کاری (درصد پاسخ‌های صحیح)

● نوع داده: پیوسته

● واحد اندازه‌گیری: درصد

- محدوده: ۰ تا ۱۰۰ درصد

- ابزار ارزیابی: آزمون n-back

#### ۱.۴.۱ مفهوم پتانسیل برانگیخته P<sub>۳۰۰</sub>

چیست؟

- پتانسیل برانگیخته درونزا (Endogenous ERP)

- ظاهر می شود حدود ۳۰۰ میلی ثانیه بعد از محرك

- مرتبط با فرآیندهای شناختی: توجه، تصمیمگیری، حافظه کاری

- در پارادایم oddball اندازه گیری می شود

مولفه های P<sub>۳۰۰</sub>:

- دامنه (Amplitude): شدت فعالیت عصبی (میکروولت)

- تأخیر (Latency): سرعت پردازش اطلاعات (میلی ثانیه)

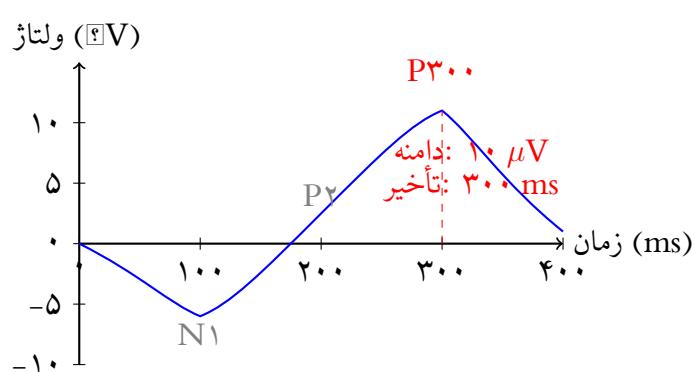
- توپولوژی (Topography): توزیع فضایی روی پوست سر

اهمیت در پارکینسون:

- شاخص عینی برای ارزیابی عملکرد شناختی

- حساس به تغییرات زودهنگام شناختی

- مستقل از علائم حرکتی بیماری



شکل ۱: نمونه موج P<sub>۳۰۰</sub> در پاسخ به محرك هدف

#### ۵.۱ آزمون آماری توصیه شده

همبستگی پیرسون (اگر داده ها نرمال باشند) یا همبستگی اسپیرمن (برای داده های غیرنرمال یا ترتیبی).

جدول ۱: معیارهای انتخاب نوع همبستگی

ویژگی	قدرت آماری	حساسیت به نقاط پرت	نوع رابطه	توزیع داده	نوع داده	همبستگی پیرسون	همبستگی اسپیرمن
متغیرهای کمی پیوسته		نرمال (یا نزدیک به نرمال)		نرمال		هر نوع توزیعی	
یکنواخت (خطی یا غیرخطی)		خطی		نوع داده		متغیرهای کمی ترتیبی یا کمی	
مقاوم		حساس		وزیر داده		همبستگی اسپیرمن	
کمتر اما مقاومتر		بیشتر (اگر فرضیات برقرار باشند)		در مطالعه پارکینسون:		قدرت آماری	

### ۱.۵.۱ انتخاب نوع همبستگی

در مطالعه پارکینسون:

- داده‌های EEG اغلب کج توزیع هستند
- حجم نمونه معمولاً کوچک است
- احتمال وجود نقاط پرت بالاست
- توصیه: همبستگی اسپیرمن

### ۶.۱ روش اجرای مطالعه

#### ۱.۶.۱ شرکت‌کنندگان

- ۳۲ بیمار مبتلا به پارکینسون ایدیوپاتیک
- محدوده سنی: ۴۵-۷۵ سال
- معیارهای ورود: تشخیص قطعی پارکینسون، نمره MoCA بالای ۱۸
- معیارهای خروج: بیماری‌های عصبی همراه، مشکلات شناوری شدید

#### ۲.۶.۱ ابزارها و روش‌ها

ثابت EEG:

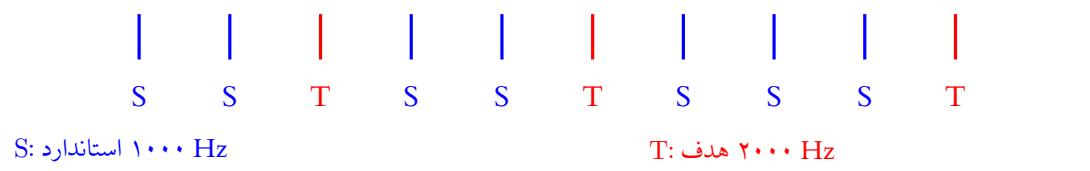
- سیستم ۶۴ کاناله بر اساس استاندارد ۱۰-۲۰
- نرخ نمونه‌برداری: ۵۱۲ هرتز
- فیلتر: ۳۰-۱۰ هرتز
- الکترود مرجع: mastoids
- الکترود زمین: پیشانی

پارادایم Oddball شناوری:

- محرک استاندارد: تون ۱۰۰۰ هرتز (احتمال ۸۰٪)

- محرک هدف: تون ۲۰۰۰ هرتز (احتمال٪.۲۰)
  - مدت محرک: ۵۰ میلی ثانیه
  - فاصله بین محرک ها: ۱-۲ ثانیه (تصادفی)
  - تعداد کل محرک ها: ۲۰۰ (۴۰ هدف، ۱۶۰ استاندارد)
  - آزمون حافظه کاری: (n-back)
  - محرک های بصری: حروف الفبا
  - مدت ارائه: ۵۰۰ میلی ثانیه
  - فاصله بین محرک ها: ۲۰۰۰ میلی ثانیه
  - سطوح: ۱ -back، ۲ -back، ۳ -back
  - تعداد کوشش در هر سطح: ۲۰

Oddball محرک‌های



آزمون n-back

→ زمان



## ٢- تشخيص : مثال

## شکل ۲: نمایش شماتیک پروتکل آزمایش

۷.۱ تجزیه و تحلیل داده‌ها

۱.۷.۱ EEG داده‌های می‌داشتم

پیش پردازش:

- حذف artifacts (چشم، ماهیچه، حرکت)
  - فیلتر کردن: bandpass 0.1-30 Hz

- بازنمونه برداری به ۲۵۶ هرتز
- برای حذف artifacts باقی مانده ICA
- استخراج P300:

- میانگین گیری epochs مربوط به محرک های هدف
- پنجره زمانی: ۰-۲۰۰ تا +۸۰۰ میلی ثانیه
- baseline correction: ۰-۲۰۰ میلی ثانیه
- اندازه گیری دامنه: حداقل مثبت در پنجره ۲۵۰-۵۰۰ میلی ثانیه
- الکتروود تحلیل: Fz, Cz, Pz

## ۲.۷.۱ محاسبه نمره حافظه کاری

شاخص های عملکرد:

- دقت: درصد پاسخ های صحیح
- زمان واکنش: میانگین زمان پاسخ به محرک های هدف
- شاخص حساسیت (d-prime):  $d' = Z(\text{Rate Hit}) - Z(\text{Rate Alarm False})$
- شاخص تمایل پاسخ ( $\beta$ ): معیار حافظه کاری در پاسخ دهنده
- نمره ترکیبی حافظه کاری:

$$\text{Score WM} = \frac{(d'_{\text{back}} + d'_{\text{rback}} + d'_{\text{rrback}})}{3}$$

## ۸.۱ روش های آماری

### ۱.۸.۱ آمار توصیفی

- میانگین و انحراف معیار برای هر متغیر
- بررسی نرمال بودن با آزمون Shapiro-Wilk
- شناسایی نقاط پرت با روش Z-score ( $|Z| < 2.903$ )
- نمودارهای پراکنده ای برای بررسی بصری رابطه

## ۲.۸.۱ تحلیل همبستگی

آزمون اصلی:

$$H_0 : \rho = 0 \quad \text{در مقابل} \quad H_1 : \rho \neq 0$$

ضریب همبستگی اسپیرمن:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

آزمون معناداری:

$$t = r_s \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r_s^2}}$$

درجه آزادی:  $df = n - 2$

## ۳.۸.۱ تفسیر اندازه اثر (Effect Size)

جدول ۲: راهنمای تفسیر ضریب همبستگی

تفسیر	اندازه اثر	مقدار $ r $
رابطه ضعیف	کوچک	۰.۹۰ - ۰.۰۰
رابطه متوسط	متوسط	۰.۹۰ - ۰.۳۰
رابطه قوی	بزرگ	۰.۶۰ - ۰.۵۰
رابطه خیلی قوی	خیلی بزرگ	۰.۸۰ - ۰.۷۰
رابطه تقریباً کامل	تقریباً کامل	+۰.۹۰

## ۲ نتایج مطالعه

### ۱.۲ آمار توصیفی

جدول ۳: آمار توصیفی متغیرهای اصلی

متغیر	میانگین	انحراف معیار	دامنه	میانه
دامنه P (IQV)	۳۰۰	۴.۸	۰.۱۶ - ۱.۳	۹.۷
نمره حافظه کاری MoCA کل	۱.۲۴	۴.۳	۱۸ - ۳۰	۲۵

## ۲.۲ تحلیل همبستگی

فرضیه‌ها:

$H_0$ : هیچ رابطه خطی بین دامنه P و عملکرد حافظه کاری وجود ندارد ( $\rho = 0$ ) •

$H_1$ : رابطه خطی بین دامنه P و عملکرد حافظه کاری وجود دارد ( $\rho \neq 0$ ) •

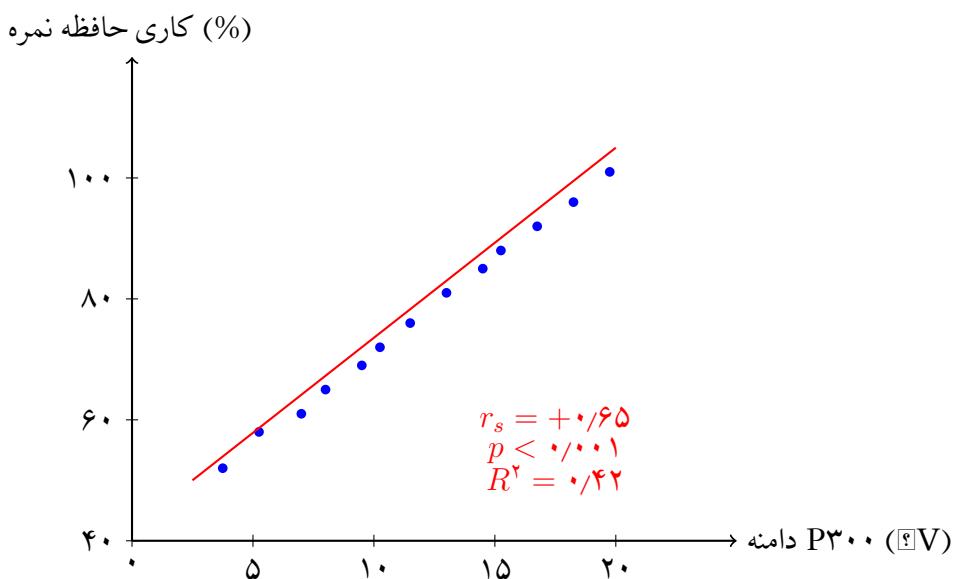
آزمون آماری: ضریب همبستگی اسپیرمن  
نتایج:

- ضریب همبستگی:  $r_s = +0.65$

- $0.01 < p < 0.001$

- $R^s = 0.42$

- فاصله اطمینان  $[82.0, 38.0]: [95\%]$



شکل ۳: نمودار پراکندگی: رابطه بین دامنه P300 و عملکرد حافظه کاری

## ۳.۲ تفسیر نتایج

یافته اصلی: فرضیه صفر رد شد. همبستگی مثبت قوی و معناداری بین دامنه P300 و عملکرد حافظه کاری وجود دارد.  
تفسیر علمی:

- بیمارانی که دامنه P300 بیشتری داشتند، عملکرد بهتری در آزمون‌های حافظه کاری نشان دادند
- دامنه P300 ۴۲٪ از تغییرات عملکرد حافظه کاری را تبیین می‌کند
- این یافته نشان می‌دهد P300 شاخص عینی مناسبی برای ارزیابی توانایی‌های شناختی در پارکینسون است  
اهمیت بالینی:
- P300 می‌تواند به عنوان biomarker برای تشخیص زودهنگام اختلالات شناختی استفاده شود
- این روش مستقل از علائم حرکتی است و تحت تأثیر داروهای ضدپارکینسون قرار نمی‌گیرد
- امکان پیگیری روند تغییرات شناختی در طول زمان را فراهم می‌کند

### ۳ تحلیل‌های تکمیلی

#### ۱.۳ همبستگی جزئی (Partial Correlation)

برای کنترل متغیرهای مخدوشگر احتمالی:  
متغیرهای کنترل:

- سن
- تحصیلات
- مدت بیماری
- شدت علائم حرکتی (UPDRS-III)

نتیجه:

$$r_{partial} = +0.58, \quad p < 0.01$$

رابطه همچنان معنادار و قوی باقی ماند.

#### ۲.۳ تحلیل رگرسیون

برای پیش‌بینی عملکرد حافظه کاری:  
مدل رگرسیون:

$$\text{Score WM} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{Amplitude 300P} + \varepsilon$$

نتایج:

$$\beta_0 = 45/2 \quad (\text{عرض از مبدأ})$$

$$\beta_1 = 3/7 \quad (\text{شیب})$$

$$R^2 = 0.42$$

$$F(1, 30) = 21/8, \quad p < 0.001$$

تفسیر: به ازای هر میکروولت افزایش در دامنه 300P، نمره حافظه کاری ۷.۳ درصد افزایش می‌یابد.

### ۴ محدودیت‌ها و ملاحظات

#### ۱.۴ محدودیت‌های روش‌شناختی

- علیت: همبستگی علیت را اثبات نمی‌کند
- حجم نمونه: نمونه نسبتاً کوچک ( $n=32$ )
- طرح مقطعی: امکان بررسی تغییرات طولی وجود ندارد
- متغیرهای مخدوشگر: ممکن است متغیرهای پنهان تأثیرگذار باشند

## ۲.۴ ملاحظات آماری

- فرض خطی بودن: رابطه ممکن است غیرخطی باشد
- نقاط پرت: حساسیت به نقاط پرت احتمالی
- توزیع داده‌ها: ضرورت بررسی نرمال بودن
- اندازه اثر: تأکید بر اهمیت عملی علاوه بر معناداری آماری

## ۳.۴ پیشنهادات برای مطالعات آینده

- مطالعه طولی: پیگیری بیماران در طول زمان
- حجم نمونه بیشتر: افزایش قدرت آماری
- گروه کنترل: مقایسه با افراد سالم همسن
- متغیرهای اضافی: بررسی سایر پارامترهای EEG
- تکرارپذیری: اعتبارسنجی در نمونه‌های مستقل

## ۵ نتیجه‌گیری

این مطالعه نمونه عالی از تحلیل همبستگی در تحقیقات عصب‌روانشناسی است که در آن:

- دو متغیر پیوسته (دامنه  $P = 300$  و عملکرد حافظه کاری) بررسی شدند
- از همبستگی اسپیرمن برای تحلیل رابطه استفاده شد
- رابطه مثبت قوی و معناداری یافت شد
- یافته‌ها اهمیت بالینی قابل توجهی دارند  
کاربردهای بالینی:
  - $P = 300$  به عنوان biomarker غیرتهاجمی برای ارزیابی شناختی
  - تشخیص زودهنگام اختلالات شناختی در پارکینسون
  - پیگیری اثربخشی مداخلات درمانی شناختی
  - ارزیابی عینی مستقل از علائم حرکتی  
اهمیت روش شناختی:
    - نمونه کاربرد صحیح تحلیل همبستگی
    - تأکید بر اهمیت کنترل متغیرهای مخدوشگر
    - نشان‌دهنده ضرورت تفسیر محتاطانه یافته‌های همبستگی
    - پایه‌ای برای طراحی مطالعات علی‌آینده

## ۶ فرمول‌های آماری

### ۱.۶ ضریب همبستگی اسپیرمن

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)}$$

که در آن:

$d_i$ : تفاوت رتبه‌ها برای مشاهده ام

$n$ : تعداد مشاهدات

### ۲.۶ آزمون معناداری

$$t = r_s \sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}}$$

با درجه آزادی:  $df = n - 2$

### ۳.۶ فاصله اطمینان

برای محاسبه فاصله اطمینان ۹۵٪ برای ضریب همبستگی:

$$\text{CI} = \tanh \left( \tanh^{-1}(r) \pm \frac{\sqrt{96}}{\sqrt{n-3}} \right)$$

### ۴.۶ ضریب تعیین

$$R^2 = r_s^2$$

که درصد واریانس مشترک بین دو متغیر را نشان می‌دهد.

## ۷ مراجع

1. Kumar, A., Singh, V., Gupta, S., et al. (2023). Auditory evoked P300 potential in patients with Parkinson's disease. *Cureus*, 15(9), e45127.  
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10599456/>