

ارزیابی استرس ذهنی با استفاده از طیف نگاری کارکردی مادون قرمز نزدیک (fNIRS)

ناصر حکیمی

دکترسید کمال‌الدین ستاره دان

اردیبهشت ۹۹



فهرست

- مقدمه
- پیش زمینه
- روش تحقیق
- نتایج
- جمع‌بندی
- پیشنهادات

ضرورت انجام تحقیق

❖ ضرورت بررسی ضربان قلب

تاثیر عوامل محیطی، فیزیولوژیک و بیماریهای مختلف ←



آگاهی از دامنه طبیعی ضربان قلب ضروری است

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



ضرورت انجام تحقیق



شکل ۱- دستگاه پرتابل fNIRS

❖ ضرورت استخراج از سیگنال fNIRS

پاسخ همودینامیک مغز

تغییر پذیری ضربان قلب

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع‌بندی



پیشنهادات

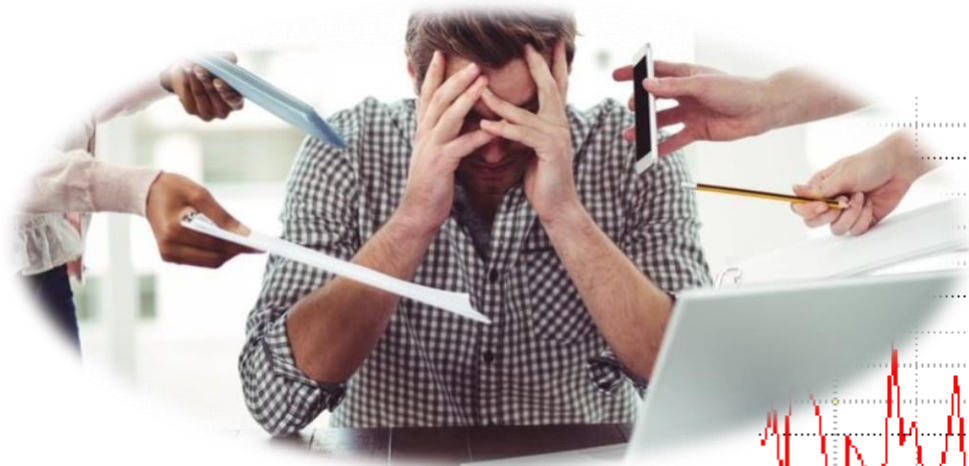


ضرورت انجام تحقیق

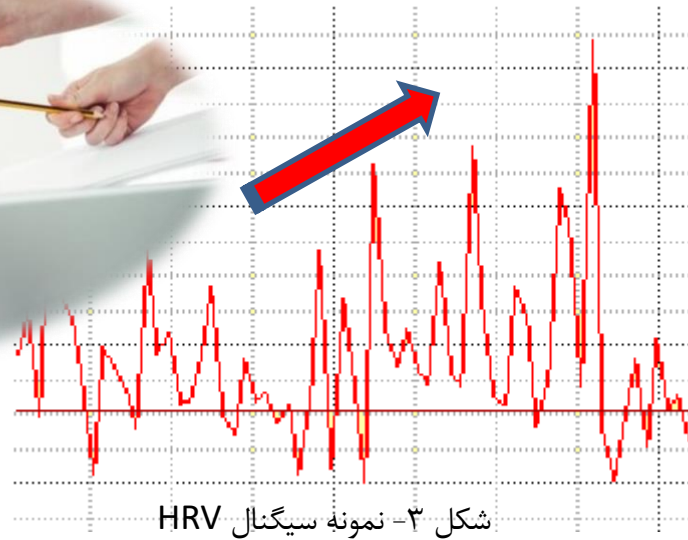
در این مطالعه

برای نشان دادن کاربرد استخراج ضربان قلب از سیگنال fNIRS

❖ استرس ← ضربان قلب



شکل ۲- عوامل استرس زا



شکل ۳- نمونه سیگنال HRV

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



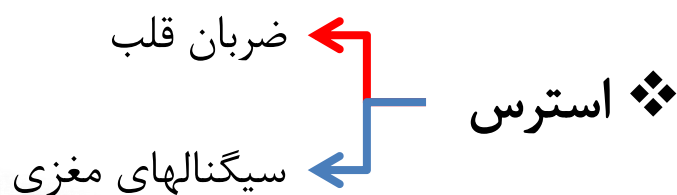
پیشنهادات



ضرورت انجام تحقیق

در این مطالعه

برای نشان دادن کاربرد استخراج ضربان قلب از سیگنال fNIRS



شکل ۲- عوامل استرس زا

شکل ۴- نمونه سیگنال fNIRS

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



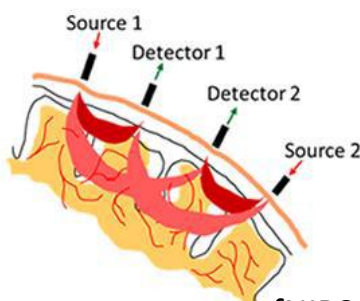
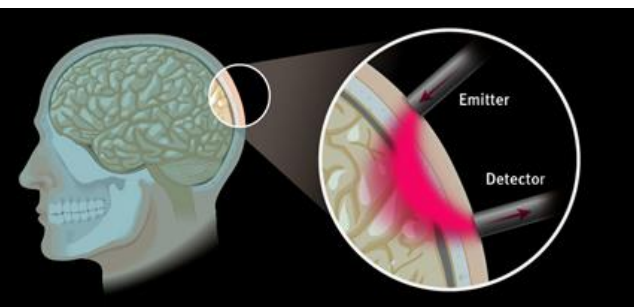
پیشنهادات



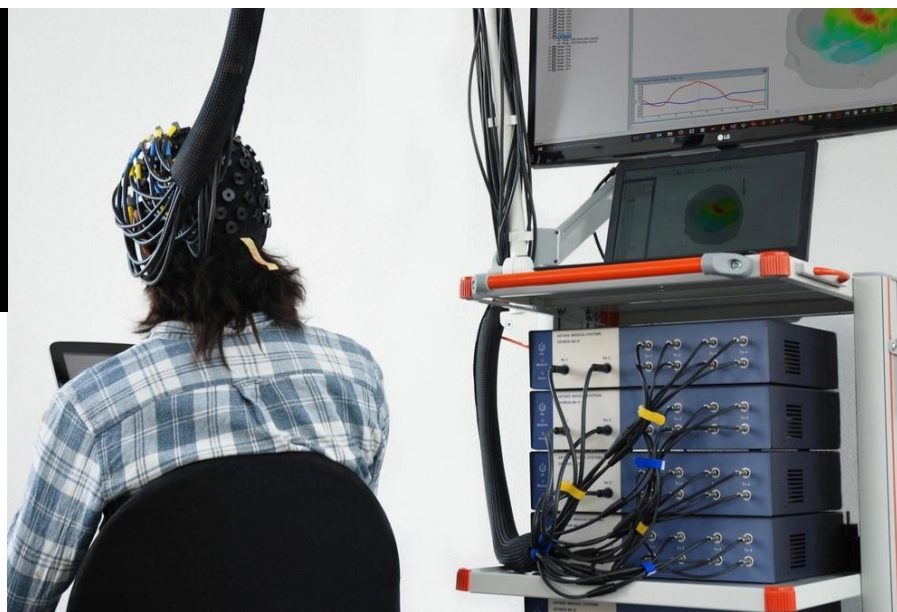
طیف نگاری مادون قرمز نزدیک کارکردی

➤ ثبت تغییرات همودینامیکی مغز

➤ دارای منبع نوری مادون قرمز نزدیک با طول موج 600-1000 nm



شکل 5- دستگاه fNIRS



مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع‌بندی

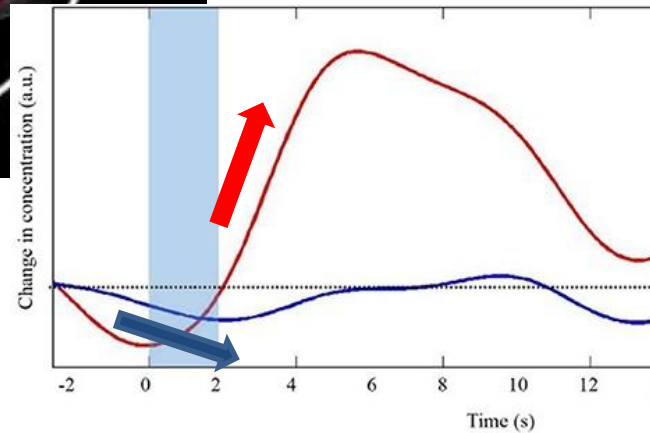
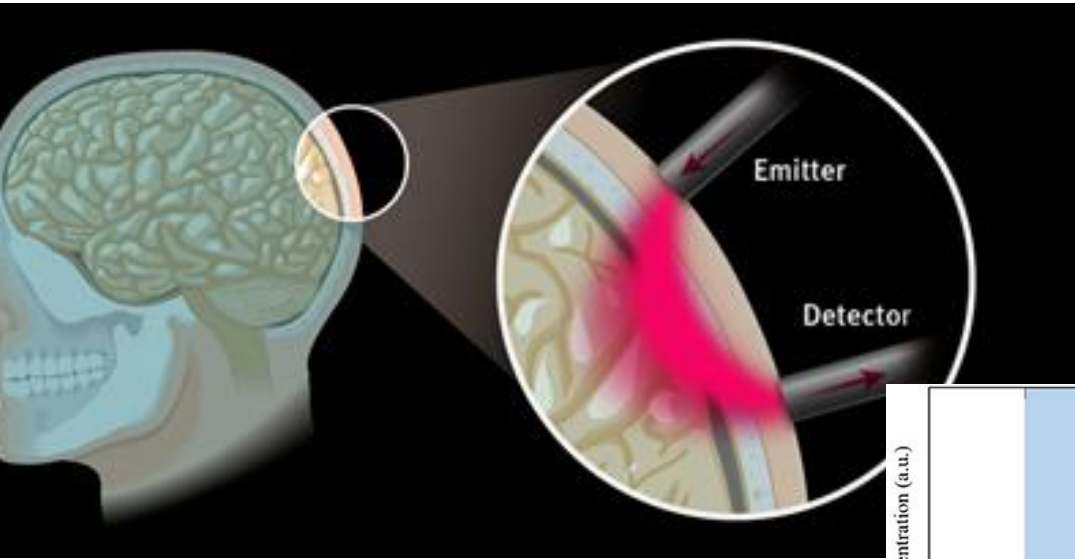


پیشنهادات



طیف نگاری مادون قرمز نزدیک کارکردی

➤ در طی یک فعالیت مغزی



شکل 6- عملکرد سیستم fNIRS

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



تغییر پذیری ضربان قلب

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



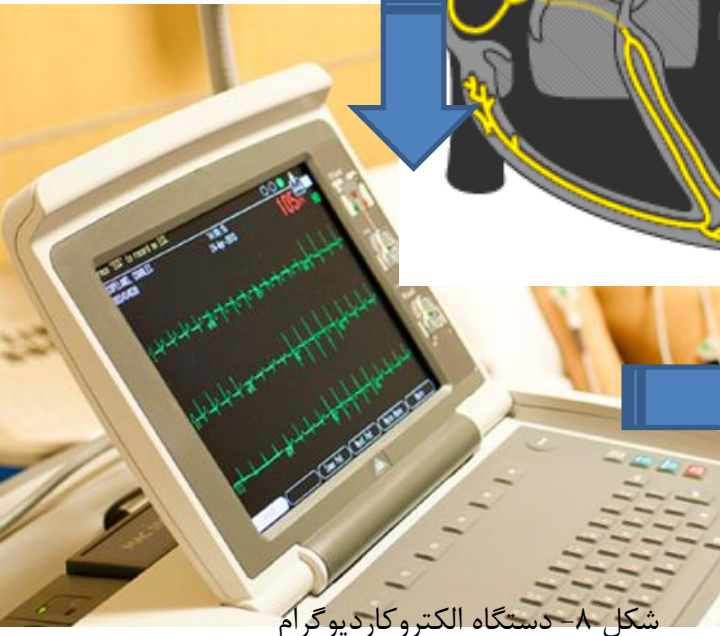
پیشنهادات



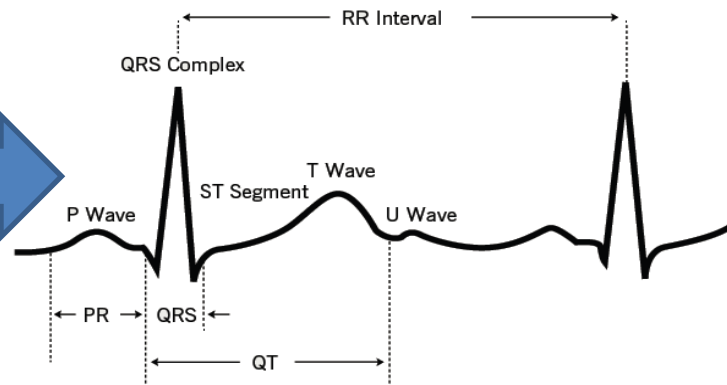
➤ انقباضات قلب

○ گره های SA و AV

➤ الکتروکاردیوگرام



شکل ۸- دستگاه الکتروکاردیوگرام



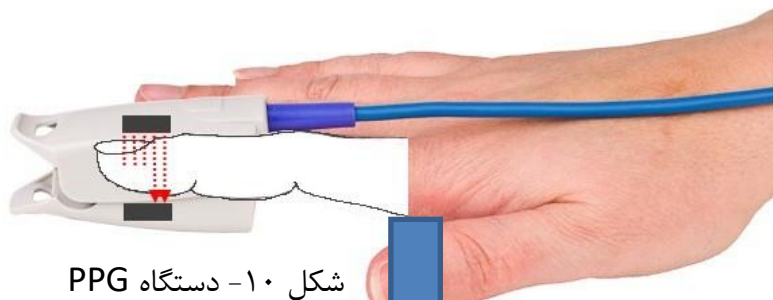
شکل ۹- یک نمونه سیگنال ECG

تغییر پذیری ضربان قلب

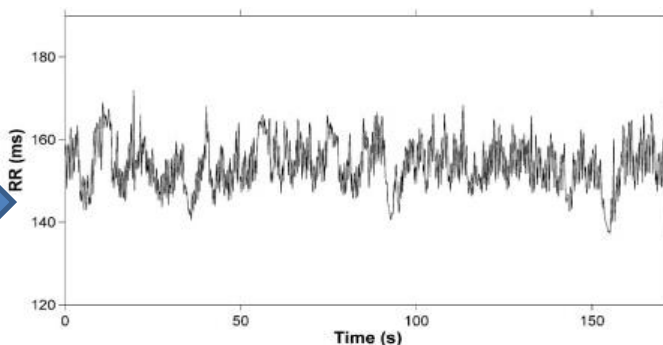
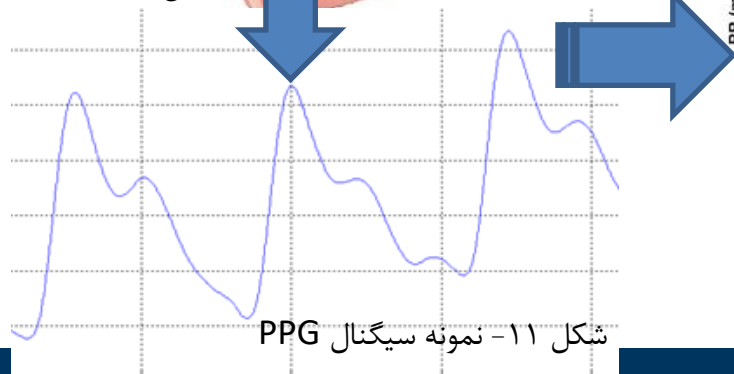


➤ انقباضات قلب

➤ تغییر حجم سنجی نوری



شکل ۱۰- دستگاه PPG



شکل ۱۲- سیگنال HRV استخراج شده

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



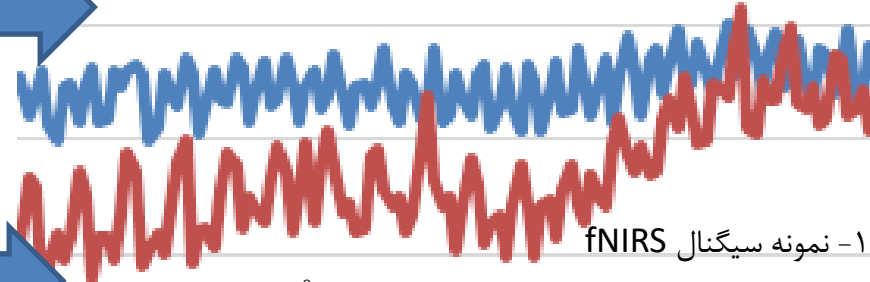
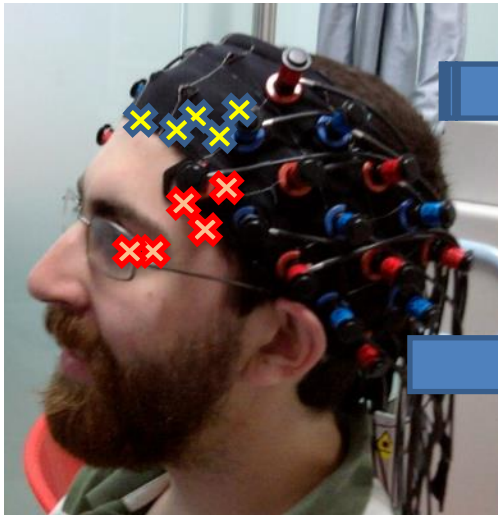
پیشنهادات



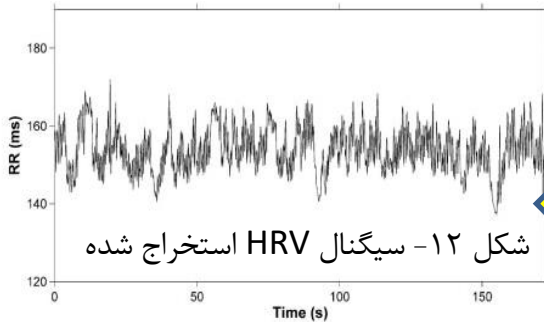
استخراج HRV از fNIRS

➤ نویزهای سیگنال fNIRS

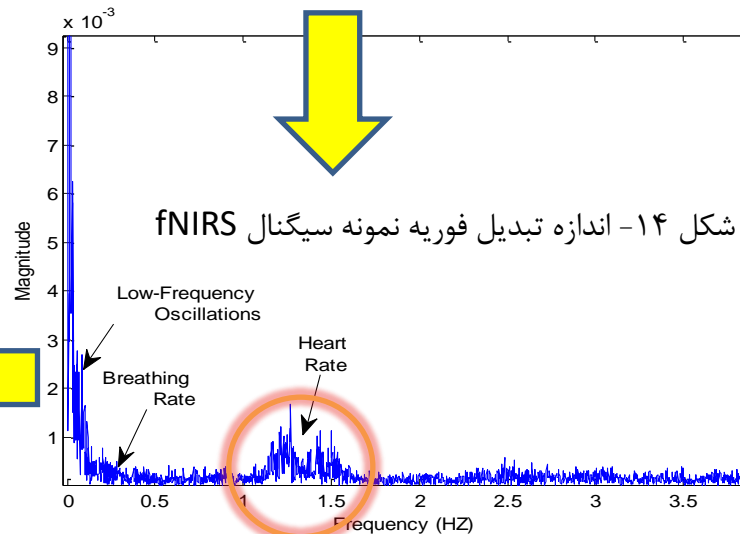
➤ تشخیص پیک



شکل ۱۳- نمونه سیگنال fNIRS



شکل ۱۲- سیگنال HRV استخراج شده



شکل ۱۴- اندازه تبدیل فوریه نمونه سیگنال fNIRS

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات





استرس

➤ سیستم عصبی خود مختار

- عملکردهای ناخودآگاه در بدن
- سمپاتیک و پاراسمپاتیک

➤ استرس

فعال شدن محور HPA ← ترشح هورمون کورتیزول ← سیستم عصبی سمپاتیک

- تاثیر مستقیم روی عملکرد قلب، افزایش ضربان قلب و فعالیت تنفس
- تاثیر روی عملکرد و ساختار مغز

➤ پژوهش‌های پیشین

- از سیگنال HRV و ترکیب آن با سیگنال‌های فیزیولوژیکی دیگر
- از سیگنال EEG و fNIRS و ترکیب آنها

مراحل انجام مطالعه

(۱) استخراج سیگنال HRV

- بررسی عملکرد چهار الگوریتم Real-time تشخیص پیک AMPD، S1 Function، S5 Function و M2D.

[N Hakimi and S K Setarehdan, 2018]

“Stress assessment by means of heart rate derived from functional near infrared spectroscopy”

(۲) طبقه بندی استرس

- با استفاده از سیگنال های fNIRS فیلترشده و سیگنالهای HRV استخراج شده.

(۳) آنالیز کیفیت سیگنال HRV مستخرج از fNIRS

- تفاوت و علل تفاوت بین سیگنالهای HRV استخراج شده از fNIRS (EHRV) و ECG (RHRV).

[M Mirbagheri et al., 2020]

“Quality analysis of heart rate derived from functional near-infrared spectroscopy in stress assessment”

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



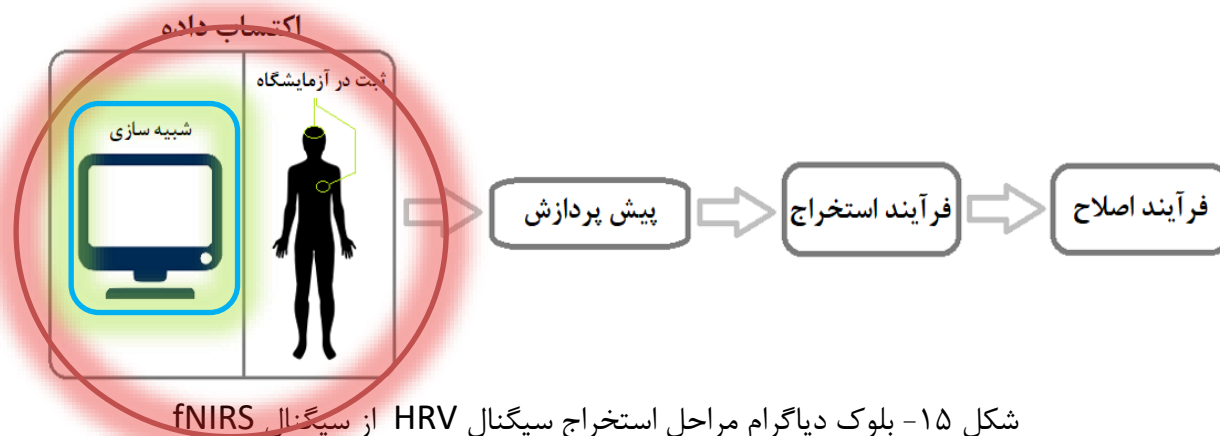
جمع بندی



پیشنهادات



استخراج سیگنال HRV



❖ روش ارائه شده در سال ۲۰۱۱ توسط آقای Scarpa و همکارانش

$$y_{\text{simulated data}}(t) = y_{\text{evoked}}(t) + y_{\text{physiological}}(t) + y_{MA}(t) + \varepsilon(t)$$

رابطه ۱

پاسخ عملکردی مغز نویز فیزیولوژیکی آرتیفکت حرکتی نویز اندازه گیری

مقدمه

پیش زمینه

روش تحقیق

نتایج و بحث

جمع بندی

پیشنهادات

استخراج سیگنال HRV



شکل ۱۶- بلوک دیاگرام اکتساب داده



شکل ۱۷- سیستم fNIRS مورد استفاده در این مطالعه

برای ثبت سیگنال fNIRS □

سیستم OxyMon (Artinis Medical Systems, the Netherlands)

- طول موج های ۸۴۵ و ۷۶۲ نانومتر
- فرکانس نمونه برداری ۱۰ هرتز
- فاصله بین الکترودهای برابر ۳ سانتی متر

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات

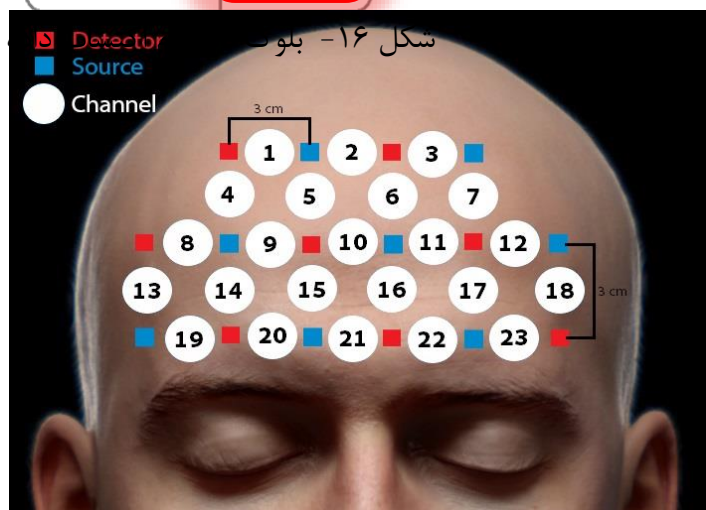


استخراج سیگنال HRV



برای ثبت سیگنال fNIRS □

سیستم OxyMon (Artinis Medical Systems, the Netherlands)



○ ۲۳ کانال fNIRS برای بررسی فعالیت مغز در ناحیه PFC

شکل ۱۸- مکان قرار گیری فرستنده، گیرنده و کانال های موردنظر در آزمایش

مقدمه

پیش زمینه

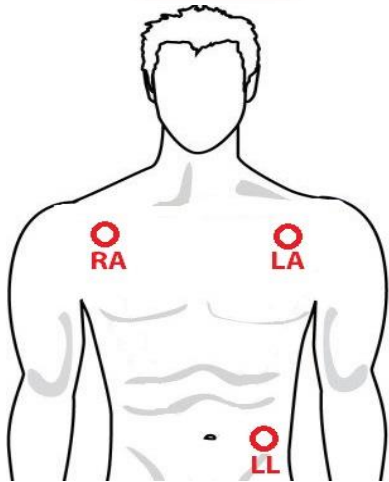
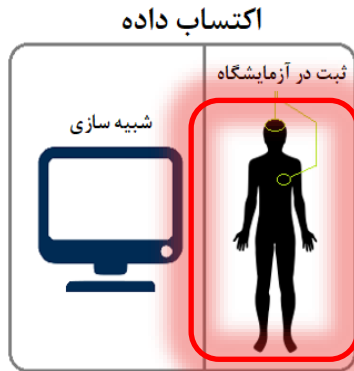
روش تحقیق

نتایج و بحث

جمع بندی

پیشنهادات

استخراج سیگنال HRV



شکل ۱۹- مکان قرار گیری الکترودهای ECG

□ برای ثبت سیگنال ECG

از سه الکترود Ag/AgCl در نواحی RA، LA و LL

- به صورت تک قطبی نسبت به لاله گوش راست
- فرکانس نمونه برداری ۵۱۲ هرتز

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



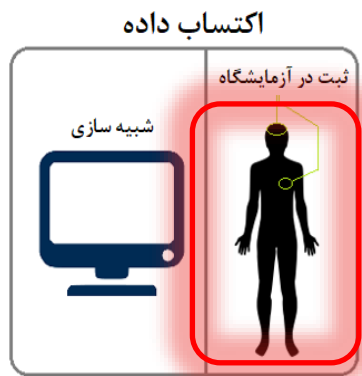
جمع بندی



پیشنهادات



استخراج سیگنال HRV



□ ۱۰ نفر فرد سالم و راست دست با میانگین سنی ۲۵.۳ سال

□ به منظور ایجاد استرس از پروتکل آزمایش MIST (Montreal Imaging Stress Task) استفاده شده است.



شکل ۲۰- محیط آزمایش و یکی از شرکت کنندگان در آزمایش

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات

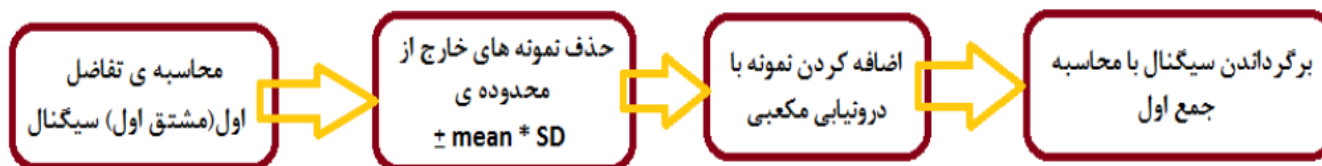


استخراج سیگنال HRV

پیش پردازش

❖ دو مرحله پیش پردازش برای سیگنال fNIRS

○ برای حذف کردن تغییرات تند Baseline



شکل ۲۱- بلوک دیاگرام روش پیشنهادی برای پیش پردازش سیگنال fNIRS در مقاله [29].

○ یک فیلتر میانگذر برای حذف مولفه های فرکانسی نامرتبط با نوسانات ریتم قلب

یک فیلتر پایین گذر ۱.۹ هرتز
یک فیلتر بالا گذر ۱ هرتز

مقدمه

پیش زمینه

روش تحقیق

نتایج و بحث

جمع بندی

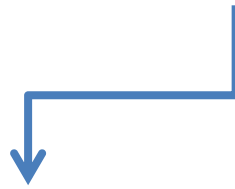
پیشنهادات

استخراج سیگنال HRV

پیش پردازش

❖ یک مرحله پیش پردازش برای سیگنال ECG

○ یک فیلتر پایین گذر با فرکانس قطع ۱۵.۴ هرتز



حذف آرتیفکت ها، نویزها و مولفه های فرکانسی مزاحم برای تشخیص پیک R

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی

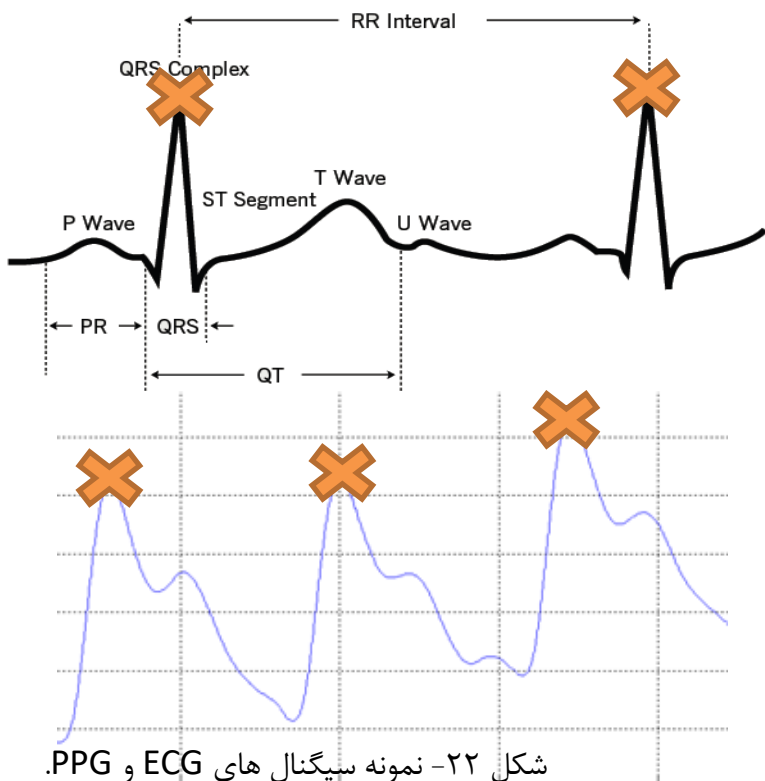


پیشنهادات



استخراج سیگنال HRV

فرآیند استخراج



❖ الگوریتم های تشخیص پیک

- M2D
- S1 Function
- S5 Function
- AMPD

شکل ۲۲- نمونه سیگنال های ECG و PPG.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



استخراج سیگنال HRV

فرآیند استخراج

❖ الگوریتم میانگین وزن دار

○ پس از تشخیص پیک و استخراج سیگنالهای HRV

$$W_j = \frac{1}{\left(\frac{BAR_j}{\sum_{i=1}^4 BAR_i} \right)} \quad ; j = 1, \dots, 4 \quad \text{رابطه ۲}$$

✓ معیار BAR یک معیار مناسب برای ارزیابی شباهت بین دو داده HRV می باشد.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



استخراج سیگنال HRV

فرآیند اصلاح

➤ تشخیص اشتباه پیک ← فواصل زمانی محاسبه شده بین پیک های مجاور (IBI) دور از مقدار قابل قبول آن قرار گیرد.

✓ یک مرحله اصلاح بر اساس پنجره گذاری

1. IBI در لحظه n_0 را مورد بررسی قرار می گیرد.
2. مقادیر میانگین (m) و انحراف معیار (sd) HRV در بازه زمانی ۴ ثانیه ای $[n_0-4, n_0]$ محاسبه می شود.
3. مقدار انحراف معیار HRV از لحظه صفر تا به زمان حال محاسبه می شود (SD).
4. پارمتر k بدین صورت تعریف می شود: $k = 0.8 * \frac{15}{sd}$
5. در نهایت در صورتی که IBI در خارج از محدوده ی زیر باشد، به کمک درونیابی مکعبی از HRV لحظات n_0-1 و n_1 بدست می آید.

$$\text{رابطه ۳} \quad m - k * SD < HR < m + k * SD$$

- n_1 در بازه زمانی $[n_0, n_0+3]$ ثانیه بوده به طوریکه IBI در لحظه n_1 در محدوده موردنظر باشد.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات

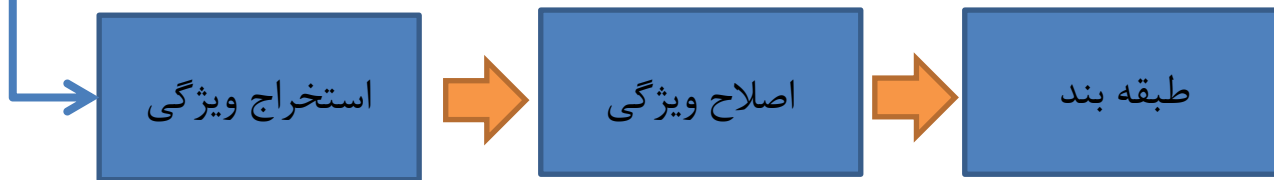


طبقه بندی استرس

❖ کاربرد سیگنالهای HRV استخراج شده از fNIRS

□ طبقه بندی استرس ایجاد شده در طی پروتکل آزمایشی MIST

□ با استفاده از سیگنال های EHRV و RHRV استخراج شده و سیگنال fNIRS.



مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



طبقه بندی استرس

استخراج ویژگی (حوزه زمان)

جدول ۱- ویژگی های موردنظر برای استخراج در حوزه زمان

ویژگی	تعریف
AVNN ← m_t	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$
SDNN ← sd_t	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - m_t)^2}$
← S_t K_t بهبتر مدل کردن توزیع و پراکندگی داده ها	$\frac{1}{N * sd_t^3} \sum_{i=1}^N (x_i - m_t)^3$
	$\frac{1}{N * sd_t^4} \sum_{i=1}^N (x_i - m_t)^4$

❖ سیگنال HRV

❖ سیگنال fNIRS

✓ نماینده های خوبی برای
تغییرات حوزه زمان
سیگنال در حوزه BCI

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



طبقه بندی استرس

استخراج ویژگی (حوزه فرکانس)

جدول ۲- ویژگی های موردنظر برای استخراج در حوزه زمان

ویژگی	تعریف
m_f	$\sum_{i=1}^N X'(f_i) * f_i$
sd_f	$\sqrt{\sum_{i=1}^N (f_i - m_f)^2 * X'(f_i)}$
S_f	$\frac{1}{sd_f^3} \sum_{i=1}^N (f_i - m_f)^3 * X'(f_i)$
K_f	$\frac{1}{sd_f^4} \sum_{i=1}^N (f_i - m_f)^4 * X'(f_i)$
LF/HF	نسبت مولفه فرکانس پایین (۰.۰۴ تا ۰.۱۵ هرتز) به مولفه فرکانس بالا (۰.۱۵ تا ۰.۴ هرتز) سیگنال HRV

❖ سیگنال HRV

- تبدیل فوریه داده ها به عنوان تابع چگالی احتمال متغیر تصادفی فرکانس در نظر گرفته می شود.

$$X'(f_i) = \frac{|X(f_i)|}{\sum_j |X(f_j)|} \quad \text{رابطه ۴}$$

❖ سیگنال fNIRS

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



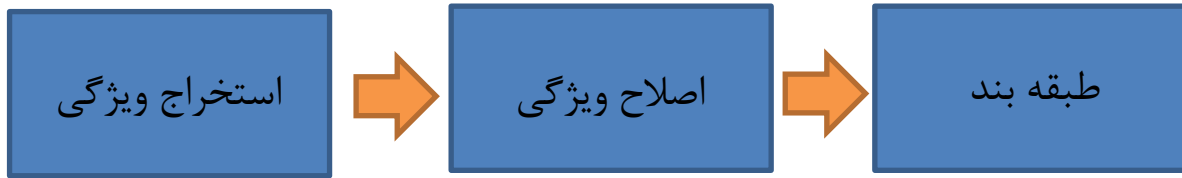
جمع بندی



پیشنهادات



طبقه بندی استرس



➤ الگوریتم های اصلاح ویژگی PCA و ICA

- تعداد مولفه های مستقل در الگوریتم ICA با استفاده از الگوریتم PCA محاسبه می شود.

➤ طبقه بندی های SVM و MLP

- استفاده از تابع کرنل RBF در طبقه بندی SVM.
- تشکیل شبکه MLP با دو لایه میانی و روش بهینه سازی Conjugate Gradient.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی

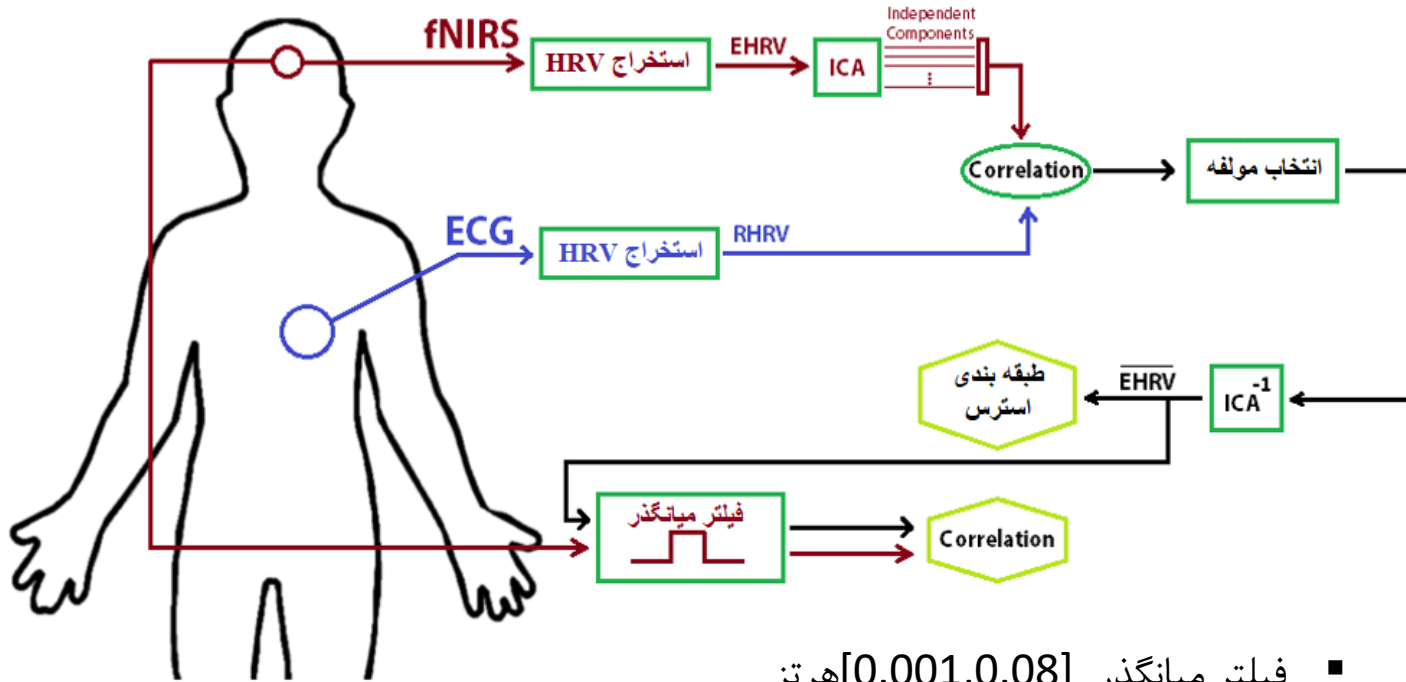


پیشنهادات



آنالیز کیفیت سیگنال HRV مستخرج از fNIRS

✓ بررسی تفاوت و مزیت سیگنال EHRV نسبت به سیگنال RHRV



شکل ۲۳- بلوک دیاگرام آنالیز کیفیت EHRV.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



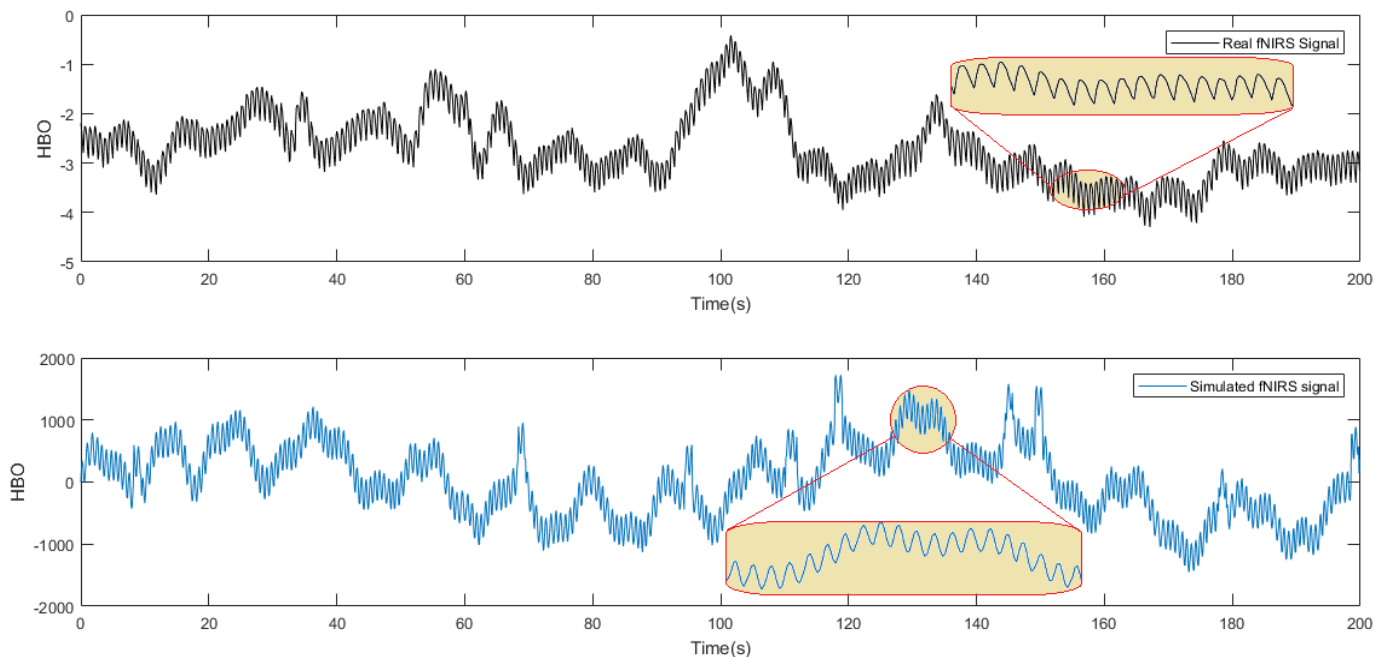
جمع بندی



پیشنهادات



نتایج استخراج HRV از سیگنال شبیه سازی شده



شکل ۲۴- مقایسه سیگنال fNIRS شبیه سازی شده (منحنی پایین) با یک نمونه سیگنال fNIRS واقعی ثبت شده در محیط آزمایشگاه (منحنی بالا).

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



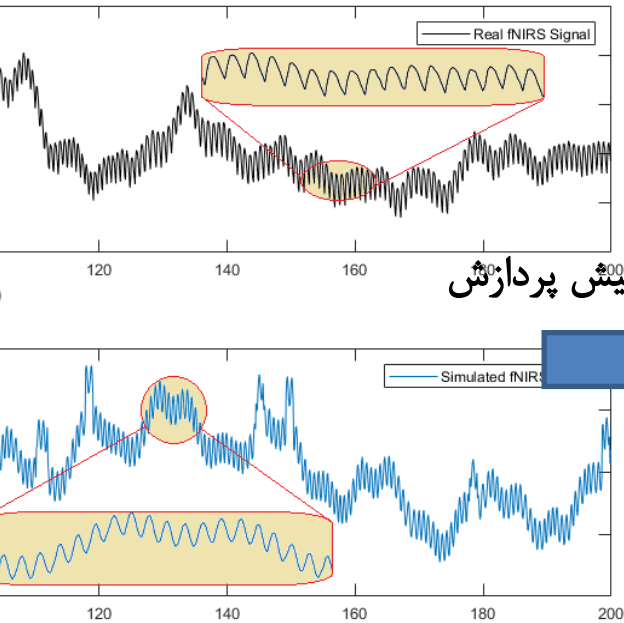
جمع بندی



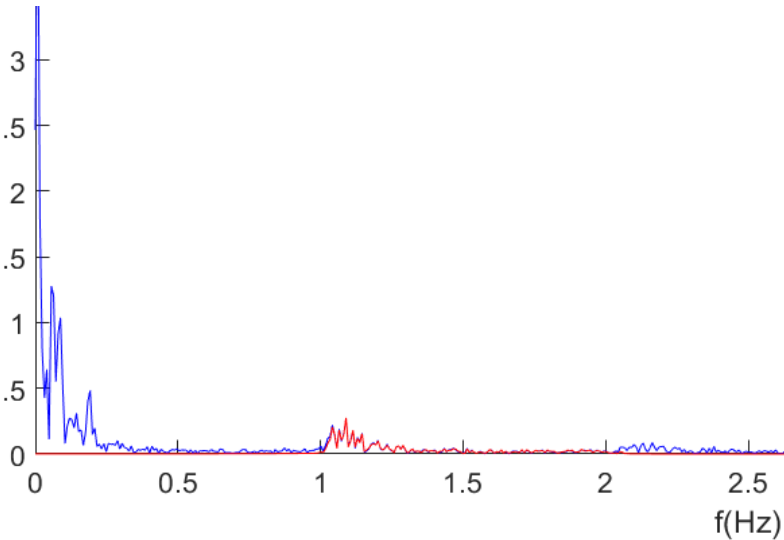
پیشنهادات



نتایج استخراج HRV از سیگنال شبیه سازی شده



تأثیر پیش پردازش



شکل ۲۵- اندازه تبدیل فوریه سیگنال fNIRS شبیه سازی شده.

شکل ۲۴- مقایسه سیگنال fNIRS شبیه سازی شده در محیط آزمایشگاه (منحنی بالا).

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



نتایج استخراج HRV از سیگنال شبیه سازی شده

جدول ۳- مقادیر کمیات آماری حاصل از اعمال الگوریتم های موردنظر به سیگنال fNIRS شبیه سازی شده برای استخراج HRV.

اسم کمیات	S1 Function	AMPD	M2D	S5 Function	Weighted Mean
Mean Error	1.553	0.865	3.093	1.223	1.305
SD Error	2.402	1.798	2.817	2.076	1.404
RMS Error	2.859	1.995	4.183	2.410	1.916
BAR (%)	7.206	5.393	8.445	6.234	4.210
Maximum Error	9.028	9.463	13.336	9.204	8.155
Mean of EHRV and RHRV	65.296,65.342	65.370,65.342	65.368,65.342	65.290,65.342	65.328,65.342
SD of EHRV and RHRV	5.982,6.373	5.904,6.373	6.320,6.373	5.743,6.373	5.576,6.373
Linear Correlation (%)	88.823	95.801	76.594	92.117	95.684

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی

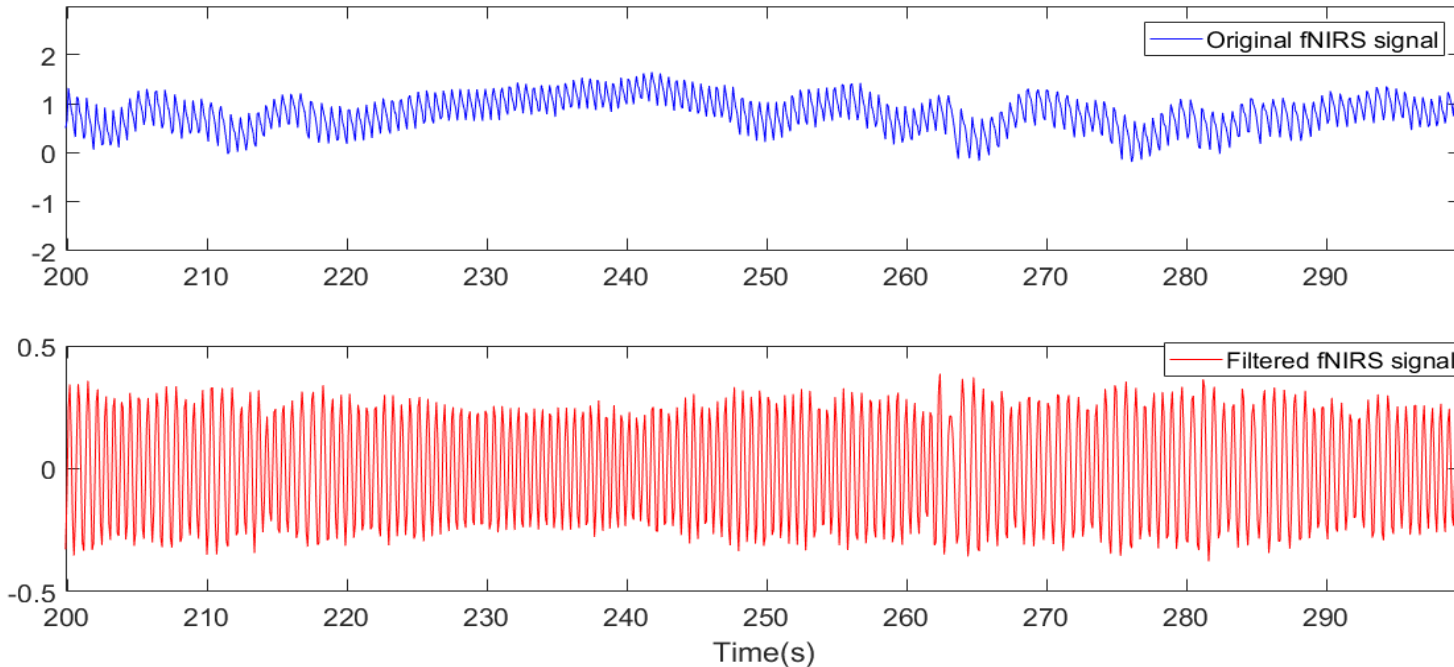


پیشنهادات



نتایج استخراج HRV از سیگنال واقعی

➤ اعمال دو مرحله پیش پردازش روی سیگنال fNIRS



شکل ۲۶- یک نمونه سیگنال fNIRS واقعی بدون فیلترگذاری (منحنی بالا) و بعد از اعمال فیلتر میانگذر (منحنی پایین).

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع‌بندی

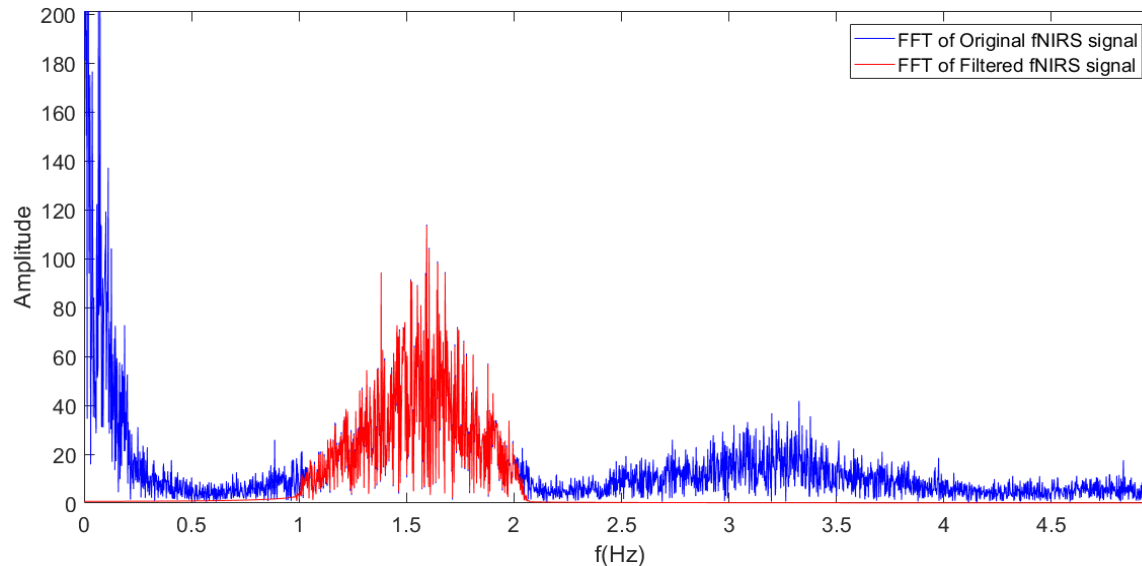


پیشنهادات



نتایج استخراج HRV از سیگنال واقعی

➤ اعمال دو مرحله پیش پردازش روی سیگنال fNIRS



شکل ۲۷- دامنه تبدیل فوریه یک نمونه سیگنال fNIRS واقعی قبل از فیلترگذاری (منحنی آبی) و بعد از اعمال مراحل پیش پردازش (منحنی قرمز).

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی

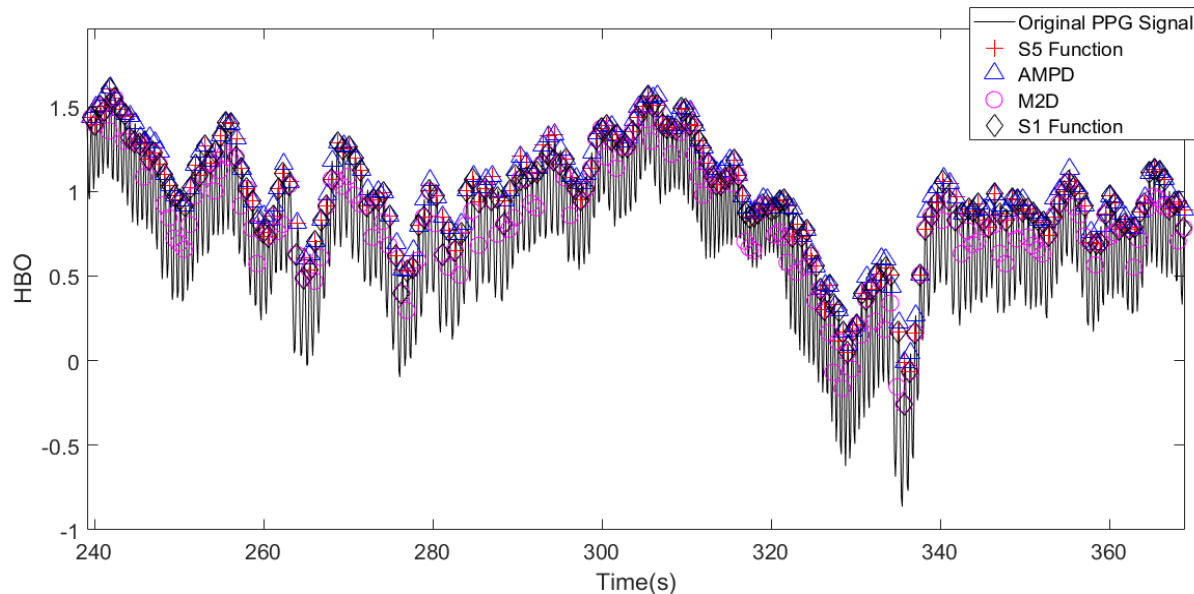


پیشنهادات



نتایج استخراج HRV از سیگنال واقعی

➤ اعمال الگوریتم های تشخیص پیک



شکل ۲۸- نتایج حاصل از اعمال الگوریتم های S5 Function، AMPD، M2D و S1 Function روی یک نمونه سیگنال fNIRS بعد از مراحل پیش پردازش و جهت تشخیص پیک های سیگنال.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی

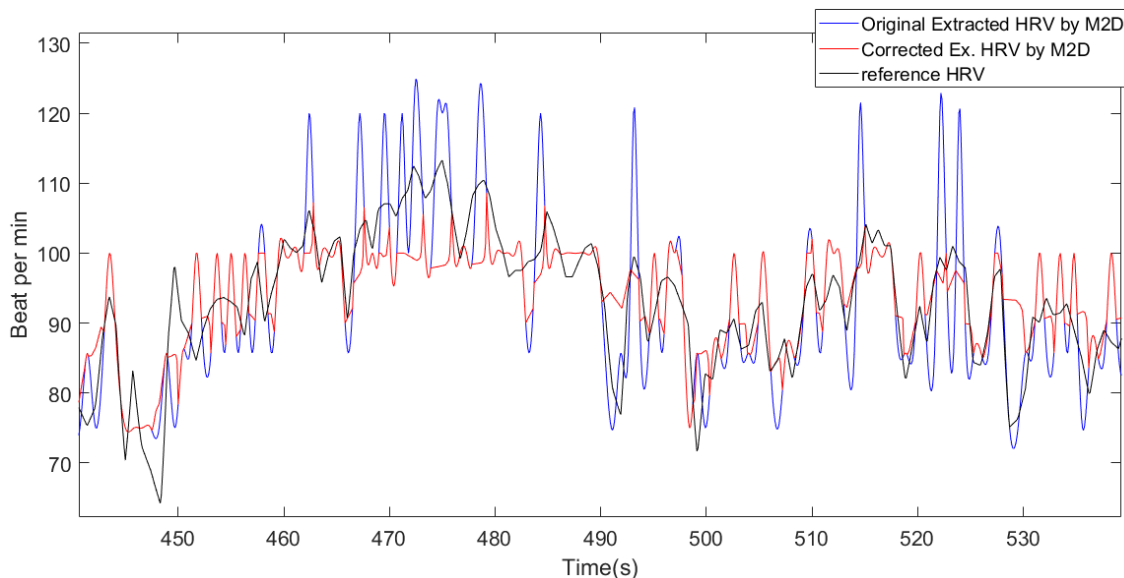


پیشنهادات



نتایج استخراج HRV از سیگنال واقعی

○ بدست آوردن فواصل زمانی بین پیک های مجاور
با اعمال درونیابی مکعبی



مرحله اصلاح

شکل ۲۹- نتیجه حاصل از اعمال فرآیند اصلاح روی سیگنال HRV استخراج شده با الگوریتم M2D از یک نمونه سیگنال fNIRS واقعی.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



نتایج استخراج HRV از سیگنال واقعی

جدول ۴- مقادیر کمیات آماری حاصل از اعمال الگوریتم های استخراج HRV موردنظر به سیگنالهای fNIRS واقعی ثبت شده در طی آزمایش MIST.

اسم کمیات	S1 Function	AMPD	M2D	S5 Function	Weighted Mean
Mean Error	3.29 ± 0.89	3.43 ± 0.98	3.57 ± 1.04	3.28 ± 0.94	2.13 ± 0.73
SD Error	2.97 ± 0.98	2.95 ± 0.94	3.75 ± 1.73	3.11 ± 1.25	2.09 ± 0.90
RMS Error	4.45 ± 1.27	4.53 ± 1.34	5.21 ± 1.92	4.54 ± 1.50	2.99 ± 1.14
BAR (%)	6.92 ± 2.37	6.82 ± 1.81	8.64 ± 3.93	7.25 ± 3.16	4.77 ± 1.74
Maximum Error	29.97 ± 17.66	25.41 ± 11.54	46.74 ± 27.03	36.75 ± 24.13	21.27 ± 11.77
Mean of EHRV and RHRV	84.21,84.12	84.18,84.12	84.17,84.12	84.22,84.12	84.18,84.12
SD of EHRV and RHRV	8.76,7.82	8.70,7.82	8.82,7.82	8.82,7.82	7.70,7.82
Linear Correlation (%)	85.92 ± 0.067	85.05 ± 0.060	83.87 ± 0.062	86.16 ± 0.069	92.25 ± 0.051

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی

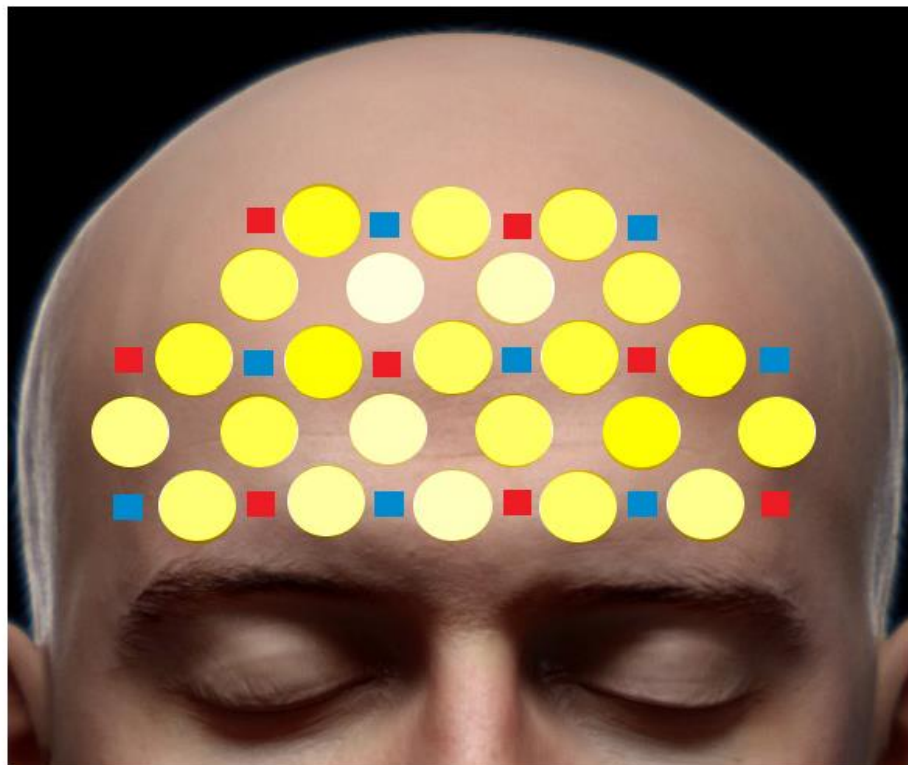


پیشنهادات



نتایج استخراج HRV از سیگنال واقعی

➤ با مقایسه کرولیشن های بدست آمده بین سیگنال های EHRV استخراج شده و سیگنال HRV مرجع آن



✓ شباهت بیشتری در نواحی جانبی ناحیه PFC

شکل ۳۰- میزان شباهت بین سیگنال های EHRV مستخرج از fNIRS و سیگنال HRV مرجع در هر منطقه از قشر PFC بر اساس شدت رنگ زرد.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



نتایج طبقه بندی استرس

جدول ۵- میانگین و انحراف معیار دقت های طبقه بندی استرس با اعمال سیستم های طبقه بند مختلف روی ویژگی های استخراج شده از سیگنال های fNIRS، EHRV و RHRV.

نام طبقه بند	SVM			MLP		
	fNIRS	EHRV	RHRV	fNIRS	EHRV	RHRV
دقت طبقه بندی بدون اصلاح ویژگی (%)	78.8 ± 2.4	92.6 ± 1.1	62.2 ± 10.1	72.4 ± 4.1	93.9 ± 1.3	50.0 ± 13.4
دقت طبقه بندی با اعمال PCA (%)	77.1 ± 1.9	94.6 ± 0.9	56.1 ± 9.7	68.5 ± 4.8	93.7 ± 1.6	52.9 ± 11.9
دقت طبقه بندی با اعمال ICA (%)	77.2 ± 3.1	94.4 ± 0.8	54.3 ± 9.6	71.1 ± 3.3	94.3 ± 2.2	51.7 ± 12.8

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی

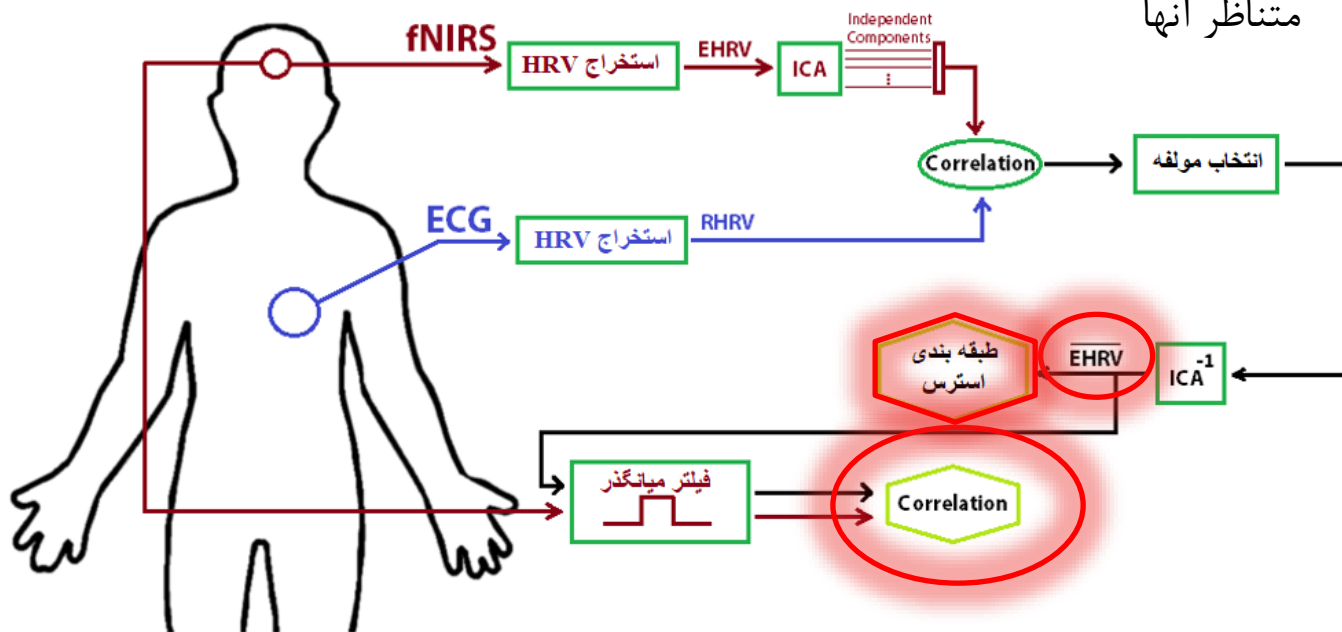


پیشنهادات



نتایج آنالیز کیفیت سیگنال HRV مستخرج از fNIRS

➤ با مقایسه کرولیشن های بدست آمده بین سیگنالهای \overline{EHRV} با سیگنالهای fNIRS متناظر آنها



- ✓ متوسط و انحراف معیار ماکزیمم کرولیشن خطی بین سیگنال های \overline{EHRV} و fNIRS متناظر آن برای هر فرد 57.3 ± 0.10 درصد محاسبه شد.
- ✓ دقت حاصل از طبقه بندی توسط این سیگنال های بازسازی شده 97.0 ± 0.9 درصد بدست آمد.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی

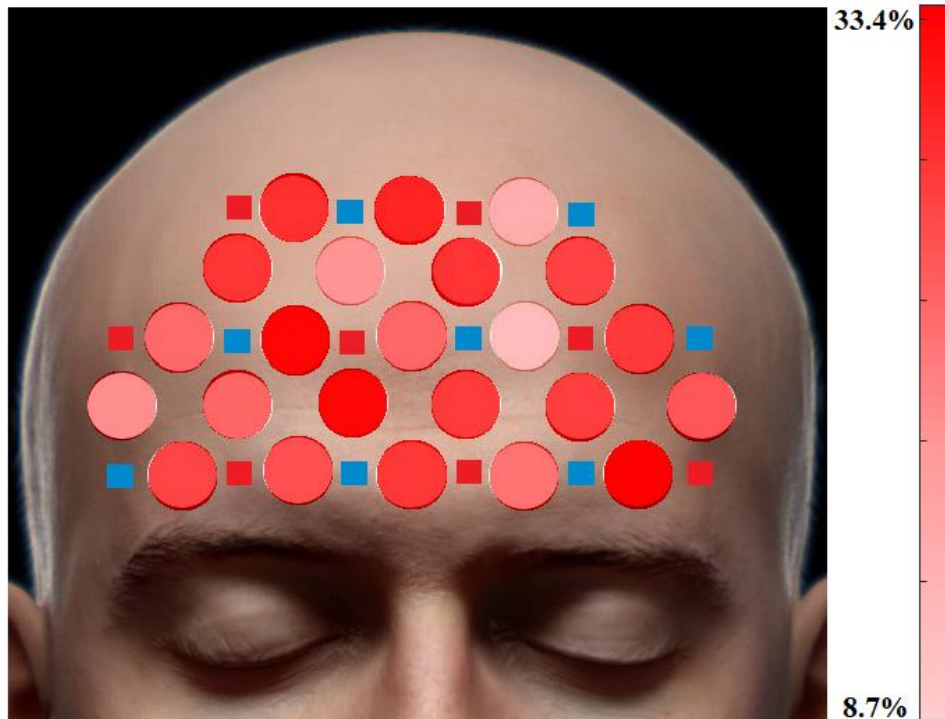


پیشنهادات



نتایج آنالیز کیفیت سیگنال HRV مستخرج از fNIRS

➤ با مقایسه کرولیشن های بدست آمده بین سیگنالهای \overline{EHRV} با سیگنالهای fNIRS متناظر آنها



شکل ۳۱- میزان شباهت بین سیگنال های تخمین پاسخ همودینامیک و fNIRS متناظر با آنها در هر منطقه از قشر PFC بر اساس شدت رنگ قرمز.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



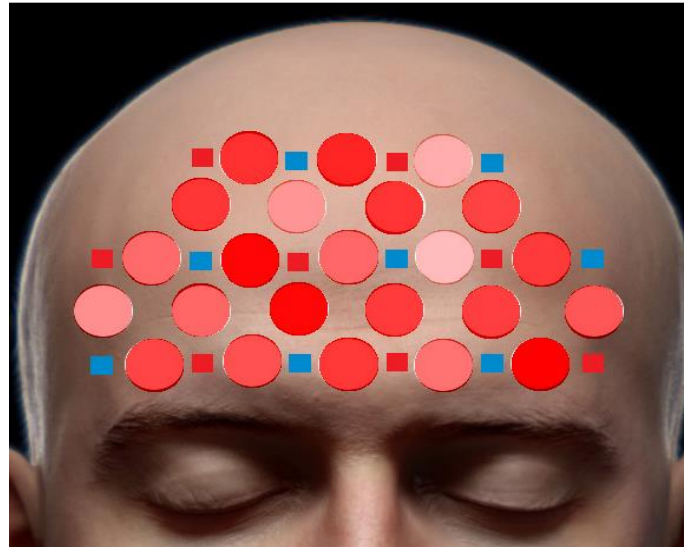
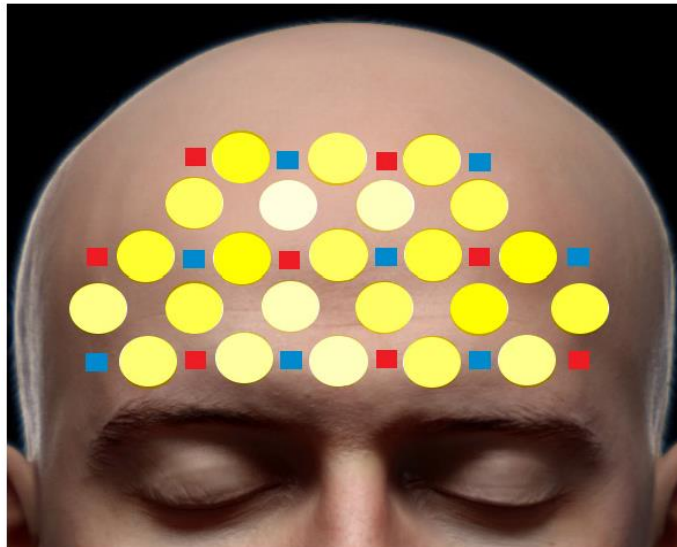
جمع بندی



پیشنهادات



نتایج آنالیز کیفیت سیگنال HRV مستخرج از fNIRS



مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



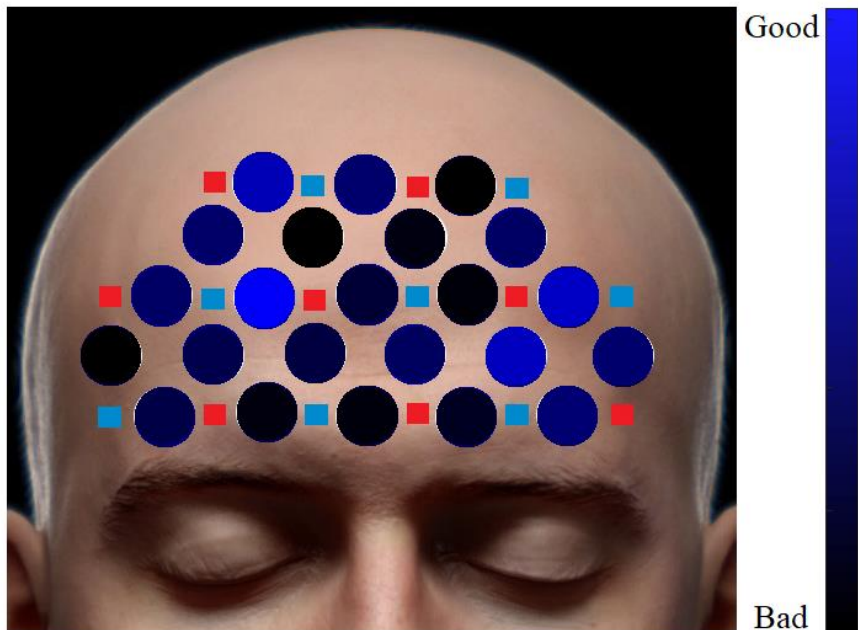
جمع‌بندی



پیشنهادات



نتایج آنالیز کیفیت سیگنال HRV مستخرج از fNIRS



شکل ۳۲- میزان کارایی و مناسب بودن هر منطقه از قشر PFC برای استخراج سیگنال های \overline{EHRV} و $EHRV$ بر اساس شدت رنگ آبی.

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



تحلیل نتایج استخراج HRV

✓ با بررسی نتایج حاصل از استخراج سیگنال HRV از سیگنال fNIRS

○ AMPD > S5 Function > S1 Function > M2D

○ با مقایسه الگوریتم های AMPD و میانگین وزنی

$$BAR_{WMean} = 4.2$$

$$BAR_{AMPD} = 5.4 \leftarrow \text{شبیه سازی}$$

$$BAR_{WMean} = 4.8$$

$$BAR_{AMPD} = 6.8 \leftarrow \text{آزمایش}$$

الگوریتم میانگین وزنی

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



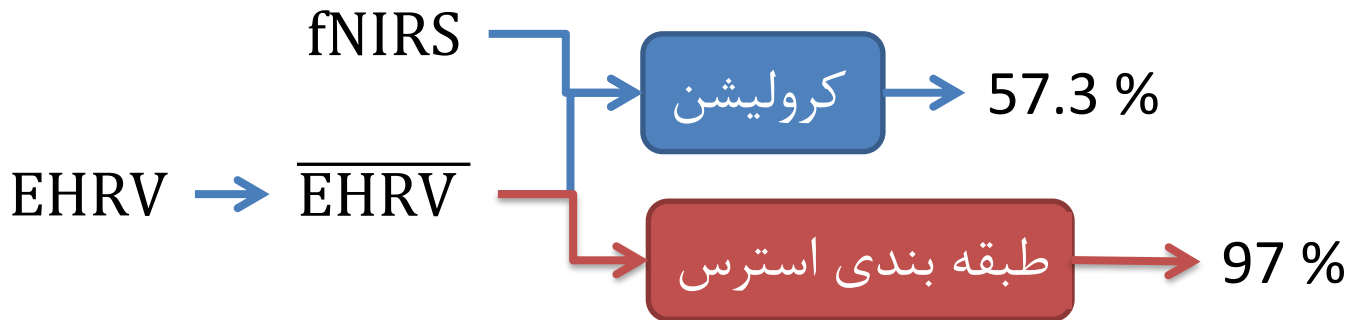
پیشنهادات



تحلیل نتایج طبقه بندی استرس و آنالیز HRV

✓ با اعمال سیستم های طبقه بندی مختلف متشکل از طبقه بندی های SVM و MLP و الگوریتم های اصلاح ویژگی PCA و ICA

fNIRS	EHRV	RHRV
↓	↓	↓
78.8 %	94.6 %	62.2 %



مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



پیشنهادات

✓ استفاده از روش های پیش پردازش موثرتر برای حذف آرتیفکت های حرکتی

✓ استخراج HRV از fNIRS ← با استفاده از تنها یک دستگاه، استخراج ترکیبی فیزیولوژیک از پاسخ های دو ارگان مهم بدن یعنی قلب و مغز

استفاده در کاربردهایی که مغز و قلب تحت تاثیر قرار می گیرند:

- تشخیص فعالیت ذهنی
- BCI
- Biofeedback
- تشخیص برخی بیماری ها، به خصوص در بچه ها و نوزادان

مقدمه



پیش زمینه



روش تحقیق



نتایج و بحث



جمع بندی



پیشنهادات



با تشکر از توجه شما

