

Concealed Information Recognition with the Fusion of Physiological Communication Network of Facial Areas and Psychological Analysis

Mohammadian, Amin ^{1*} / Ghorbali, Akram ² / Asadolah Toyserkani, Maryam ³ / Kaveh, Razieh ⁴ / Shahi, Kian ⁴

¹ - Research Assistant Professor, Research Center for Development of Advanced Technologies, Tehran, Iran

² - Assistant Professor, Department of Psychology, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³ - Assistant Professor, Department of Psychology, East Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

⁴ - Researcher, Research Center for Development of Advanced Technologies, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

DOI: 10.22041/ijbme.2022.545465.1744

Received: 23 December 2021

Revised: 22 April 2022

Accepted: 14 May 2022

KEYWORDS

*Concealed Information
Effective Connectivity
Thermal Image
Verbal and Nonverbal
Behavioral Analysis*

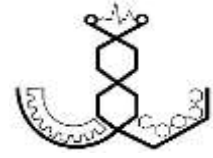
ABSTRACT

The interview analyst's need to detect deception is a topic that has provided the conditions for providing solutions to empower them. So that, the experts and interview analysts can be assisted by automatically monitoring the subject's unsalient, unknown, or counterintuitive activities during the interview. The aim of this study was to combine quantitative and qualitative information to help improve the detection of deception. For this purpose, in addition to using the capacity of verbal and non-verbal analysis methods, thermal imaging technology and new methods of spatiotemporal analysis of the thermal patterns have been used to detect concealed information in individuals. Then, based on the study design, the database consisting of 48 truth-tellers and liars who participated in a mock scenario was collected. Then, two qualitative methods of verbal and non-verbal information analysis, including standard criteria-based content analysis (CBCA) and behavioral analysis interview (BAI) scoring, were used to identify liars and truth-tellers. In order to complete the obtained results based on these two methods, using effective connectivity analysis method, physiological network analysis of communication between different areas of the face was performed in thermal images of individuals. As a result of combining quantitative and qualitative information, the final accuracy of individuals' diagnosis increased from an average of 73.61% to 79.17%. The investigation of the agreement analysis between methods by kappa coefficient and analysis of confusion matrix information indicated the existence of complementary information in various quantitative and qualitative methods to identify concealed information in individuals.

*Corresponding Author

Address	Research Center for Development of Advanced Technologies, Tehran, Iran
Postal Code	Tel +98-21-83857101
E-Mail	Fax +98-21-83857100
	a.mohammadian@aut.ac.ir





بازشناسی آگاهی مخفی شده با کمک شبکه‌ی ارتباطات فیزیولوژیک نواحی چهره و تحلیل روان‌شناختی

محمدیان، امین^{۱*} / قریعلی، اکرم^۲ / اسداله تویسرکانی، مریم^۳ / کاوه، راضیه^۴ / شاهی، کیان^۴

۱- استادیار پژوهشی، پژوهشگاه توسعه‌ی فناوری‌های پیشرفته، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه روانشناسی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- استادیار، گروه روانشناسی، واحد تهران شرق، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴- محقق، پژوهشگاه توسعه‌ی فناوری‌های پیشرفته، تهران، ایران

مشخصات مقاله

شناسه‌ی دیجیتال: 10.22041/ijbme.2022.545465.1744

پذیرش: ۲۴ اردیبهشت ۱۴۰۱

بازنگری: ۲ اردیبهشت ۱۴۰۱

ثبت در سامانه: ۲ دی ۱۴۰۰

چکیده

تحلیل‌گران مصاحبه به تشخیص فریب موضوعی نیاز دارند که زمینه‌ی ارائه‌ی راه‌کارهایی برای توانمندسازی آن‌ها را فراهم کرده است به طوری که می‌توان از طریق پایش فعالیت‌های ناآشکار، گنگ و یا متناقض سوژه حین مصاحبه، به شخص خبره و تحلیل‌گر مصاحبه کمک کرد. این مطالعه با هدف ترکیب اطلاعات کمی و کیفی در جهت کمک به بهبود تشخیص فریب انجام شده است. بدین منظور در کنار بهره‌گیری از ظرفیت روش‌های تحلیل کلامی و غیرکلامی، از فناوری تصویربرداری حرارتی و روش‌های نوین تحلیل پویایی بروز الگوهای حرارتی کمک گرفته شده است تا به بهبود تشخیص آگاهی مخفی شده در افراد کمک کند. سپس بر اساس طراحی انجام شده، دادگانی شامل ۴۸ فرد راست‌گو و دروغ‌گوی شرکت‌کننده در یک سناریوی ساختگی تهیه شده است. در ادامه با استفاده از دو شیوه‌ی کیفی تحلیل اطلاعات کلامی و غیرکلامی شامل تحلیل محتوای معیار مدار (CBCA) و مصاحبه‌ی تحلیل رفتار (BAI) به تشخیص افراد دروغ‌گو و راست‌گو پرداخته شده و در تکمیل نتایج به دست آمده بر مبنای این دو روش، با به‌کارگیری روش تحلیل ارتباطات موثر، تحلیل شبکه‌ی فیزیولوژیک ارتباط بین نواحی مختلف چهره در تصاویر حرارتی افراد انجام شده است. در نتیجه‌ی ترکیب اطلاعات کمی و کیفی، دقت نهایی تشخیص افراد از متوسط ۷۳/۶۱ به ۷۹/۱۷ درصد افزایش پیدا کرده است. بررسی تحلیل توافقی بین روش‌ها توسط ضریب کاپا و تحلیل اطلاعات ماتریس آشفتگی بیان‌گر وجود اطلاعات مکمل در روش‌های مختلف کمی و کیفی جهت بازشناسی آگاهی مخفی شده در افراد است.

واژه‌های کلیدی

آگاهی مخفی شده
ارتباطات موثر
تصاویر حرارتی
تحلیل رفتاری کلامی و
غیرکلامی

*نویسنده‌ی مسئول

نشانی پژوهشگاه توسعه‌ی فناوری‌های پیشرفته، تهران، ایران

تلفن +۹۸-۲۱-۸۳۸۵۷۱۰۱

دورنگار +۹۸-۲۱-۸۳۸۵۷۱۰۰

a.mohammadian@aut.ac.ir



۱- مقدمه

یکی از انگیزه‌های توانمند کردن مصاحبه‌گر در روش‌های مصاحبه، تشخیص فریب موضوعی بوده که در دهه‌های گذشته مورد توجه قرار گرفته است [۱]. با استفاده از روش‌های تحلیل خودکار، فعالیت‌های ناآشکار، گنگ و یا متناقض^۱ سوژه حین مصاحبه پایش شده و ترسیم آن‌ها به صورت نمودار به تحلیل‌گر مصاحبه برای تحلیل خودکار برخط و برون‌خط سوژه کمک می‌کند [۲]. روان‌شناسان رفتاری نشان داده‌اند که گفتن دروغی که افشا شدن آن هزینه‌ی بالایی برای فرد دارد، تغییراتی را در چهره، بدن و صدای فرد دروغ‌گو ایجاد می‌کند. با توجه به این رویکرد، در پژوهش‌های مختلف نشانه‌های رفتاری کلامی و غیرکلامی بسیاری برای تشخیص فریب معرفی شده است [۱، ۳]. برای مثال ژست‌ها یا حالات چهره [۴]، تحلیل اطلاعات بدن [۵] و بررسی قطر مردمک، نرخ پلک زدن و زمان خیره شدن [۶] از جمله نشانه‌های غیرکلامی فریب بوده که در پژوهش‌های مختلف به آن‌ها پرداخته شده است. در روش‌های مربوط به تحلیل کلامی از ویژگی زبان‌شناختی و صوت‌شناسی به منظور تشخیص فریب استفاده می‌شود [۷]. لازم به ذکر است که تعدادی از این روش‌ها نیازمند تحلیل‌های پیچیده و در بعضی موارد دارای سنجه‌های ذهنی هستند و صرفاً توسط شخص خبره قابل تشخیص می‌باشند.

در یک رویکرد دیگر، استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک برای تشخیص دروغ مبنا قرار داده شده نظیر آنچه در روش پلی‌گرافی کلاسیک به کار گرفته می‌شود. در روش کلاسیک دروغ‌سنجی، از تحلیل پاسخ‌های فیزیولوژیک محیطی (نرخ تنفس، ضربان قلب و تعریق پوست) برای تحلیل و تشخیص فریب در موقعیت‌های غربال‌گری [۸] یا تشخیص استفاده می‌شود [۹]. رویکرد فیزیولوژیک در مقایسه با رویکرد رفتاری، عینی‌تر بوده و ظرفیت استفاده از روش‌های تحلیل خودکار داده را دارد اما در این رویکرد تا کنون برای جمع‌آوری داده از ابزار مزاحمی^۲ استفاده شده است که محدودیت‌های حرکتی برای ثبت دارد [۱].

پایش فعالیت مغزی نیز رویکرد سومی بوده که در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از شیوه‌های تصویربرداری مغز و پایش فعالیت الکتریکی مغز از جمله این روش‌ها هستند. استفاده از این شیوه‌ها نیز به دلیل تماسی بودن و جلب توجه کردن در شرایط مصاحبه‌ی واقعی مطلوب نیست [۱۰].

در کارهای پژوهشی گذشته استفاده از الگوهای تغییر حرارت چهره برای تشخیص فریب به صورت مکرر گزارش شده است [۱۱-۱۷]. این شیوه به دلیل غیرتماسی بودن برای تشخیص فریب بدون ایجاد مزاحمت^۳ مورد توجه قرار گرفته است. در یک مطالعه دمای چهره‌ی افراد در دو موقعیت (در یک موقعیت خطر از دست رفتن آبروی آن‌ها وجود داشته و در موقعیت دیگر آبروی افراد در معرض خطر نبوده است) و در حالی که تصمیم داشتند فرد دیگری را فریب دهند اندازه‌گیری شده است. آن‌ها دریافتند که قبل از هر واکنش، افزایش حداقلی در دمای ناحیه‌ی پری‌اریتال (شاخصی برای فعالیت سمپاتیک همراه با کاهش دمای گونه) و افزایش اساسی در دمای بینی (شاخصی برای فعالیت پاراسمپاتیک) اتفاق می‌افتد [۱۸].

از تصاویر حرارتی، شاخص‌هایی نیز برای تحلیل وضعیت برانگیختگی افراد استخراج و ارائه شده به طوری که سیگنال سنجش تعریق بالای لب^۴ (PP) به عنوان شاخصی غیرتماسی از برانگیختگی معرفی شده است [۱۹]. این شاخص بر خلاف شاخص تماسی فعالیت الکتریکی پوست^۵ (EDA)، مبتنی بر روش‌های غیرتماسی است و از ناحیه‌ی در دسترس بدن برای اندازه‌گیری آن استفاده می‌شود. در بررسی این شاخص در یک مطالعه‌ی میدانی نشان داده شده است که بین وضعیت جراحان حین عمل و حالت عادی اختلاف قابل توجهی وجود دارد. از محدودیت‌های این شاخص، گرانی تجهیزات اندازه‌گیری آن و وابستگی به محل خاصی از چهره عنوان شده است. پاسخ‌های ناحیه‌ی پریناسال (عموماً پاسخ‌های تعریق گذرا) ذاتاً سمپاتیک بوده یعنی صرفاً بیان‌گر وجود نوعی برانگیختگی هستند که این برانگیختگی می‌تواند منفی (پریشانی^۶) یا مثبت (استرس مثبت^۷) باشد. هم‌چنین در پژوهش دیگری یک شاخص غیرتماسی جایگزین برای PP ارائه شده که کم‌تر از PP مشکل داشته و قادر به تفکیک سطوح برانگیختگی افراد در ۵ سطح مختلف به شیوه‌ی غیرتماسی است [۲۰].

در پژوهش دیگری که در زمینه‌ی تبیین نظری بروز تغییرات حرارتی ناشی از فریب در نواحی مختلف چهره انجام شده، روش ترکیب اطلاعات نواحی مختلف به عنوان راه‌کاری مناسب جهت افزایش صحت تشخیص مطرح شده است [۱۳]. در یک سناریوی جرم‌ساختگی نشان داده شده است که مشخصات حرارتی ناحیه‌ی پری‌اریتال می‌تواند افراد گناه‌کار را از افراد بی‌گناه متمایز کند [۲۱]. ترکیب کردن اطلاعات تصاویر حرارتی

^۵ Electro Dermal Activity (EDA)

^۶ Distress

^۷ Eustress

^۱ Unsalient, Unknown, or Counterintuitive

^۲ Obtrusive

^۳ Nonobtrusive

^۴ Perinasal Perspiration (PP)



۳۰۰ هزار نفر را در سراسر جهان مورد تعلیم قرار داده و تکنیک BAI بخشی از بسته‌ی آموزشی آن‌ها را تشکیل می‌دهد. هم‌چنین تکنیک BAI یکی از دو روش رایج بازپرسی آموزشی^۲ در آمریکا است [۲۶]. به نظر می‌رسد که BAI یکی از دو آزمون رایجی باشد که در آمریکا آموزش داده می‌شود. زمینه‌یابی انجام شده روی گروهی از افسران اجرای قانون تگزاس نیز از این ادعا حمایت می‌کند [۲۸].

در یک پژوهش ۶۰ فیلم ویدئویی مصاحبه با استفاده از تکنیک BAI در اختیار چهار ارزیاب با تجربه و آموزش دیده قرار داده شده است [۲۹]. نتایج نشان داده که ۷۸ درصد راست‌گوها و ۶۶ درصد دروغ‌گوها به طور صحیح توسط ارزیاب‌ها شناسایی شده اما ارزیاب‌ها نتوانستند در مورد راست‌گویی و دروغ‌گویی تعدادی از مظنونان نظر قطعی بدهند. با خروج این افراد از محاسبات، میزان دقت ارزیاب‌ها در مورد تشخیص افراد راست‌گو به ۹۱ درصد، در مورد افراد دروغ‌گو به ۸۰ درصد و صحت کلی به ۸۶ درصد رسیده است.

روش تحلیل محتوای معیارمدار^۳ (CBCA) در آلمان توسط استلر و کونکن (۱۹۸۹) به نقل از [۳۰] به منظور ارزیابی اظهارات کودکانی که شاهد یا قربانی سواستفاده‌های جنسی بودند ابداع شده است. این روش مبتنی بر فرضیه‌ی آندویچ^۴ است که بیان می‌کند عبارت یا گفته‌ای که از حافظه‌ی مربوط به یک تجربه‌ی واقعی نشأت می‌گیرد به لحاظ محتوا و کیفیت با اظهارات ساختگی و ناشی از خیال‌پردازی تفاوت دارد. بنابراین هر چقدر فرد نمره‌ی بیش‌تری در این روش تحلیل کسب کند نشان می‌دهد گفتار وی انعکاسی از حافظه‌ی واقعی او است. پژوهش‌های مختلفی کارآمدی این روش را در تشخیص آگاهی مخفی شده نشان داده‌اند که از آن جمله می‌توان به پژوهش بوگارد و هم‌کارانش (۲۰۱۴) و مطالعات وریج (۲۰۰۵ و ۲۰۰۸) اشاره کرد [۳۱]. هم‌چنین در چندین مطالعه نشان داده شده است که روش تحلیل محتوای معیارمدار با تقریباً ۷۰ درصد صحت می‌تواند افراد دارای آگاهی مخفی شده را از افراد دارای آگاهی مخفی نشده متمایز کند [۳۱، ۳۳-۳۵].

۱-۱-۲- ارتباطات موثر و سیگنال‌های حرارتی چهره

روش تحلیل ارتباطات^۵ عموماً به عنوان روشی برای تحلیل سیگنال‌ها و تصاویر مغزی به منظور کشف ارتباطات نواحی مختلف مغز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بررسی ارتباطات و

با روش‌هایی مثل تحلیل زبان‌شناسی [۲۲] یا سیگنال‌های فیزیولوژیک [۱۵] و تصاویر مرئی [۲۳] قبلاً برای تشخیص اطلاعات مخفی شده مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعات اطلاعات مختلفی از جمله اطلاعات تصویربرداری حرارتی جمع‌آوری شده اما در بخش تحلیل‌ها، فقط ترکیب اطلاعات مربوط به لرزش‌سنج داپلری با قضاوت انسانی مورد استفاده قرار گرفته است [۲۴].

در مرور پژوهش‌های پیشین، مطالعه‌ای که به ترکیب اطلاعات تصاویر حرارتی با تحلیل‌های خبرگی (روش‌های کیفی تحلیل اطلاعات کلامی و غیرکلامی) پرداخته باشد، مشاهده نشده است. روش‌های مورد استفاده در این مقاله، با هدف پایش غیرتماسی و تا حدودی بدون جلب توجه انتخاب شده است. هم‌چنین تعدادی از روش‌ها با قابلیت خودکارسازی تشخیص فریب مد نظر قرار گرفته است. در راستای تکمیل پژوهش‌های پیشین، در این مطالعه برای تشخیص فریب علاوه بر بهره‌گیری از ظرفیت روش‌های تحلیل کلامی و غیرکلامی از فناوری تصویربرداری حرارتی و روش‌های نوین تحلیل پویایی بروز الگوهای حرارتی نیز کمک گرفته شده است. نوآوری اصلی مقاله، طراحی شرایطی است که امکان ترکیب اطلاعات کمی و کیفی برای تشخیص فریب را فراهم سازد. هم‌چنین در کنار تحلیل اطلاعات کلامی و غیرکلامی افراد با به کارگیری روش تحلیل ارتباطات به تحلیل شبکه‌ی فیزیولوژیک تغییرات حرارتی نواحی مختلف چهره پرداخته شده است تا نتایجی قابل قبول در تشخیص آگاهی مخفی شده‌ی افراد به دست آید.

۱-۱- کارهای مرتبط

۱-۱-۱- تحلیل کلامی و غیرکلامی

مصاحبه‌ی تحلیل رفتاری^۱ (BAI) ابزاری برای تشخیص فریب بوده که توسط رید و هم‌کارانش با اقتباس از سوالات مصاحبه‌ی هوروارس (۱۹۷۳) طراحی شده است [۲۵، ۲۶]. در این مصاحبه فرض بر این است که دروغ‌گویان و راست‌گویان واکنش‌های کلامی و غیرکلامی متفاوتی را در پاسخ به سوالات نشان می‌دهند (توضیحات تکمیلی در مورد این روش در ذیل عنوان روش‌های تحلیل بیان شده است). اینباو و هم‌کارانش مصاحبه‌ی تحلیل رفتاری (BAI) را به عنوان سومین سبک مصاحبه معرفی کرده‌اند [۲۷]. تکنیک BAI بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. رید و هم‌کارانش مدعی هستند که بیش از

^۱ Undeutsch Hypothesis

^۵ Connectivity Analysis

^۱ Behavioral Analysis Interview (BAI)

^۲ Taught Questioning Method

^۳ Criteria-Based Content Analysis (CBCA)

شده است. برای بهبود نتایج، از بررسی رابطه‌ی بین الگوی تغییرات حرارتی نواحی مختلف چهره که خود نشان‌گر الگوی گردش خون بوده، استفاده شده است. در ادامه ابتدا شرایط طراحی جمع‌آوری داده توضیح داده شده و سپس روش‌های کیفی و کمی استفاده شده در تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده به صورت مختصر شرح داده شده است. پس از گزارش نتایج روش‌های مختلف و ترکیب آن‌ها در بخش بحث و نتیجه‌گیری به تحلیل و جمع‌بندی نتایج پرداخته شده است.

۲- آزمایش‌ها

۲-۱- طراحی پروتکل و سناریو

تمام شرکت کنندگان اعم از دروغ‌گو و راست‌گو در یک سناریوی جرم ساختگی مربوط به دزدیدن یک انگشتر طلا شرکت داده شده و اهداف پژوهش برای آن‌ها توضیح داده شده است. به منظور کنترل اثر ویژگی‌های شخصیتی افراد در انتخاب نقش دروغ‌گو و راست‌گو و جلوگیری از ایجاد سوگیری در قضاوت روان‌شناسان، نقش هر یک از شرکت کنندگان به طور تصادفی با استفاده از قرعه‌کشی به عنوان دروغ‌گو یا راست‌گو مشخص شده است. ثبت‌ها در مکانی مجهز به چند اتاق و آزمایشگاه مناسب برای ثبت سیگنال‌های مورد نظر انجام شده و زمان انجام ثبت‌ها عمدتاً قبل از ظهر و بعد از ظهر بوده است. پس از فرایند توجیه، هر یک از افراد دو گروه تحت شرایط یکسان و برای مدت زمان مشابهی به اتاق یکسانی (اتاق سناریو) وارد شده‌اند. افراد هر دو گروه در مدت زمانی که داخل اتاق بودند طبق دستورالعمل، کارهای یکسانی را انجام داده (مانند تکمیل فرم توسط هر دو گروه) و وقایع یکسانی را تجربه کرده‌اند (مانند ورود دست‌یار پژوهش‌گر به اتاق ضمن اجرای سناریو و زنگ خوردن تلفن). این وقایع جزئی از سناریوی طراحی شده بوده و هدف از وقوع آن‌ها این است که شرکت کنندگان توجیهی در پاسخ به سوالات مصاحبه‌گر برای تبرئه‌ی خود داشته و بتوانند مجموعه‌ای از وقایع را با ترتیب مشخصی بیان کنند یا برداشتن انگشتر را به فرد احتمالی دیگری که در اتاق رفت و آمد داشته نسبت دهند. تنها تفاوت دو گروه در این است که در بازه‌ی مشخصی از زمان از آزمودنی‌های دروغ‌گو خواسته شده تا طبق دستورالعمل انگشتر مورد نظر را از داخل اتاق برداشته، نزد خود پنهان کرده و برداشتن آن را در مصاحبه‌ی بعدی کتمان نمایند. در زمان برداشتن انگشتر توسط شرکت

تعاملات میان بخش‌های مختلف مغز می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره‌ی نحوه‌ی واکنش مغز در برابر وضعیت‌های مختلف ارائه دهد. مطالعه‌ی شبکه‌ی ارتباطات مغزی فرصتی را برای دانشمندان علوم اعصاب فراهم کرده است تا دانش خود را درباره‌ی عمل‌کرد مغز در اختلالات مختلف توسعه دهند. در پیشینه‌ی این موضوع، ارتباطات بین نواحی مختلف مغز به سه دسته‌ی ساختاری، عمل‌کردی و موثر تقسیم‌بندی می‌شود. در نوع اول، وجود یک پارچگی آناتومیکی که باعث ارتباط نواحی مغز می‌شود (ارتباط ساختاری) مورد بررسی قرار می‌گیرد. نوع دوم به ارتباط کارکردی علی بین مناطق مختلف (ارتباط عمل‌کردی) و نوع سوم به ارتباطات متقابل که بین مناطق وجود دارد (ارتباط موثر^۱) اشاره دارد. در ارتباطات موثر، تاثیر جهت‌دار هر ناحیه روی سایر نواحی بررسی می‌شود.

دو روش کلی شامل روش‌های مبتنی بر مدل و روش‌های مبتنی بر داده برای محاسبه‌ی ارتباطات موثر وجود دارد. رویکرد مدل‌سازی علی پویا^۲ از شاخص‌ترین نمونه‌های گروه اول و معیارهای تابع انتقال جهت‌دار^۳ و علیت گرنجر^۴ (GC) از نمونه‌های متداول دسته‌ی دوم می‌باشند. روش علیت گرنجر یکی از روش‌های تخمین ارتباطات موثر در فضای زمان است [۳۶]. در سال‌های اخیر در مطالعات علوم اعصاب، GC چندمتغیره به طور گسترده‌ای برای ارزیابی تاثیر جهت‌دار بین دو یا چند سری زمانی مورد استفاده قرار گرفته است. روش علیت گرنجر اولین بار توسط گرنجر^۵ با استفاده از مدل رگرسیون خودکار فرایندهای چندمتغیره معرفی شده است [۳۷]. این روش رویکردی محبوب برای تخمین علیت سری‌های زمانی جفت شده^۶ است [۳۷].

در یک مطالعه به منظور ارزیابی تغییرات جریان خون در نواحی مختلف چهره در اثر پاسخ جنگ یا گریز، از یک نسخه‌ی توسعه یافته از الگوریتم GC [۳۸] برای تمام سری‌های زمانی حرارتی استفاده شده است [۱۴]. سری‌های زمانی حرارتی بیان‌گر تغییرات جریان خون بوده و انعکاسی از سازوکار فیزیولوژیک پدیده‌ی پاسخ جنگ یا گریز هستند. در واقع در این رویکرد، سیگنال زمانی حرارتی هر ناحیه‌ی چهره به عنوان یک سری زمانی در نظر گرفته شده و تاثیرات متقابل آن‌ها بر یکدیگر با استفاده از روش ارتباطات موثر مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

در پژوهش حاضر نیز برای بهبود نتایج تحلیل‌های کیفی خبرگان در طبقه‌بندی دادگان مصاحبه از این رویکرد استفاده

^۱ Granger Causality

^۵ Granger

^۶ Paired

^۱ Effective Connectivity

^۲ Dynamic Causal Modeling (DCM)

^۳ Directed Transfer Function (DTF)



با توجه به نیاز این پژوهش، تنها تصاویر مرئی و نقاط مشخصه‌ی تشخیص داده شده توسط سامانه ذخیره شده است. برای ثبت صوت مصاحبه، جهت قابل تفکیک بودن صدای مصاحبه‌گر و سوژه از دو میکروفون استفاده شده که میکروفون مصاحبه‌گر از نوع یک‌جهته^۱ و میکروفون سوژه از نوع همه‌جهته^۲ است. میکروفون یک‌جهته صوت را از یک جهت دریافت کرده که از نظر تفکیک صوت از دو منبع گزینه‌ی مطلوبی است اما به دلیل آن که باید مستقیماً مقابل دهان فرد قرار بگیرد و در این پژوهش ایجاد هر نوع انسداد در ناحیه‌ی چهره‌ی سوژه امکان‌پذیر نیست، از میکروفون همه‌جهته برای سوژه استفاده شده که روی یقه‌ی لباس نصب می‌شود.

۲-۳- جمع‌آوری دادگان

مجموع دادگان شامل ۴۸ ثبت است که در آن‌ها تمام شرکت‌کننده‌ها مرد بوده و محدوده‌ی سنی آن‌ها ۲۳/۶۸±۳/۸۹ می‌باشد. از این تعداد، ۲۰ نفر عینکی بوده و سایر افراد وضعیت بینایی سالمی داشتند. با این حال در هنگام ثبت، به استثنای یک نفر، هیچ‌کدام بدون عینک مشکلی در برقراری ارتباط چشمی با مصاحبه‌گر نداشتند.

در مجموع در مراحل مختلف پژوهش ۵۸ ثبت انجام شده که از میان آن‌ها ۴۸ ثبت دارای شرایط مناسب تحلیل تشخیص داده شده است. برای تنظیمات اولیه‌ی پروتکل طراحی شده ابتدا ۵ ثبت پایلوت انجام شده که در دادگان اصلی در نظر گرفته نشده است. علاوه بر این موارد، ۵ ثبت دیگر نیز به دلیل نقص در داده حذف شده (یک ثبت به دلیل مشکل سوژه در برقراری ارتباط چشمی بدون عینک، یک ثبت به دلیل نداشتن فایل صوت مصاحبه، یک ثبت به دلیل ذخیره نشدن فایل تصاویر حرارتی، یک ثبت به دلیل نقص فایل دستگاه سایکورک و یک ثبت به دلیل طولانی شدن و کمبود حافظه‌ی محل ذخیره‌سازی اطلاعات) و در نهایت ۴۸ ثبت کامل و بدون نقص باقی مانده است.

۳- روش‌های تحلیل

۳-۱- روش‌های تحلیل کیفی

به منظور تحلیل کیفی آگاهی مخفی شده از مصاحبه‌ی تحلیل رفتار (BAI) و تحلیل محتوای معیارمدار (CBCA) استفاده شده است. در مصاحبه‌ی BAI ۱۶ سوال بر اساس یک فهرست از پیش تعیین شده پرسیده شده است. این سوال‌ها درباره‌ی

کنندگان دروغ‌گو، به منظور ایجاد برانگیختگی و شبیه‌سازی فضای اتاق سناریو به فضای جرم واقعی، چراغ چشمک‌زن قرمزی توسط دست‌یار پژوهش‌گر همراه با صدای هشدار فعال شده و ثانیه‌شمار به صورت معکوس زمان باقی‌مانده برای برداشتن انگشتر را به آزمودنی‌ها نشان داده است. طبق دستورالعمل، شرکت‌کنندگان دروغ‌گو موظف بوده تا تمام شرایط اتاق را پس از برداشتن انگشتر به حالت قبل برگردانند تا فردی متوجه نقش آن‌ها نشود. لازم به ذکر است که افراد خارج از اتاق سناریو به هیچ وجه متوجه وقایع داخل اتاق نشده، فقط شرکت‌کننده و دست‌یار پژوهش‌گر از نقش افراد مطلع بوده و مصاحبه‌گر و تحلیل‌گر کاملاً از نقش شرکت‌کنندگان بی‌اطلاع بودند. لازم به ذکر است که به منظور حصول اطمینان از اجرای درست دستورالعمل‌ها، عمل‌کرد شرکت‌کنندگان به وسیله‌ی دوربین مداربسته در اتاق سناریو توسط دست‌یار پژوهش‌گر مورد پایش قرار گرفته است. به منظور ایجاد انگیزه در شرکت‌کنندگان، هدیه‌ای بابت حضور در پژوهش به آن‌ها اهدا شده و در صورتی که بر حسب تحلیل‌های نهایی موفق به راست‌گو نشان دادن خود شده باشند، مبلغی به عنوان جایزه به آن‌ها پرداخت شده است. از آن‌جا که شرکت‌کنندگان دارای نقش دروغ‌گو در تهرئه‌ی خود با دشواری بیشتری نسبت به افراد راست‌گو مواجه هستند، مبلغ این جایزه برای این گروه دو برابر شرکت‌کنندگان راست‌گو در نظر گرفته شده است.

۲-۲- سامانه‌های ثبت

ثبت تصویر توسط دوربین کینکت مربوط به شرکت مایکروسافت با نرخ قاب ۳۰ و کیفیت ۱۰۰٪ و دوربین ثبت تصاویر حرارتی مدل FLIR T650sc با نرخ قاب ۳۰، دقت دمایی $NETD < 0.02$ و قدرت تفکیک‌پذیری 640×480 پیکسل انجام شده است. با هدف جمع‌آوری سیگنال‌های فیزیولوژیک در کنار اطلاعات تصویری، ثبت سیگنال‌های فیزیولوژیک شامل سیگنال‌های فعالیت الکتریکی پوست (GSR)، تنفس شکمی (AR) و تنفس سینه‌ای (TR) و حجم‌سنجی نوری خون (PPG) انجام شده است. این سیگنال‌ها توسط دستگاه پروسایکورک PR 14 دریافت شده است. هم‌چنین برای ثبت اطلاعات جلوه‌های بصری و ردیابی نقاط مشخصه‌ی چهره از سامانه‌ی کینکت استفاده شده که دارای قابلیت‌هایی شامل دریافت بلادرنگ ویدئو با حس‌گرهای رنگی، اندازه‌گیری اطلاعات عمق صحنه، ردیابی نقاط مشخصه‌ی چهره و بدن و ضبط صدای محیط و تحلیل روی آن است.

^۲ Omnidirectional

^۱ Unidirectional

میان مظنونان احتمالی دیگر محصور کنند. مظنونان دروغ‌گو بیش‌تر تمایل دارند بگویند که شاید هیچ جرمی اتفاق نیفتاده باشد. هم‌چنین به احتمال کم‌تری قبول می‌کنند که برای دزدی فرصت لازم را در اختیار داشته‌اند. علاوه بر این، مظنونان دروغ‌گو احساسات منفی بیش‌تری را نسبت به بازجویی شدن ابراز می‌کنند زیرا راست‌گوها باور دارند که تبرئه خواهند شد. زمانی که انگیزه‌ی جرم مورد سوال قرار می‌گیرد، مجرمان در مقایسه با راست‌گوها دلایل معقول و منطقی کم‌تری را ذکر می‌کنند زیرا نمی‌خواهند انگیزه‌های خود را آشکار کنند و همین‌طور به احتمال کم‌تری مجازات‌هایی را برای فرد مجرم پیشنهاد می‌دهند. دروغ‌گوها بیش‌تر از راست‌گوها برای فرد مجرم شناسی دوباره قائل می‌شوند. هم‌چنین دروغ‌گوها اطمینان کم‌تری به تبرئه شدن خود دارند.

به منظور تحلیل نتایج BAI، از کدگذاری کلامی و غیرکلامی بر مبنای پاسخ‌های آزمودنی به هر سوال استفاده شده است. در نمره‌دهی این مصاحبه، به هر سوال یک نمره از ۱ تا ۵ اختصاص داده شده که نمرات بالاتر نشان دهنده‌ی احتمال دروغ‌گویی بالاتر است. این کدگذاری بر اساس کلید از پیش تعیین شده و شباهت پاسخ آزمودنی به آن کلید به دست می‌آید. لازم به ذکر است که به دلیل ساختگی بودن سناریو در پژوهش حاضر، امکان پرسیدن ۴ مورد (۱، ۹، ۱۳ و ۱۵) از ۱۶ سوال BAI وجود ندارد و بنابراین این سوال‌ها از مصاحبه حذف شده است. برای اجرای روش CBCA، پس از مصاحبه با افراد حاضر در پژوهش، متن پاسخ‌های آن‌ها روی کاغذ پیاده‌سازی شده است. عده‌ای معتقدند یکی از فواید این کار این است که هنگام قضاوت درباره‌ی فرد، از دخالت رفتارهای غیرکلامی جلوگیری به عمل می‌آید. پس از پیاده‌سازی متن، درباره‌ی وجود یا عدم وجود ملاک‌های ۱۹-گانه‌ی CBCA تصمیم‌گیری شده است. از میان معیارهای CBCA دو معیار ۱۰ (توصیف دقیق جزئیاتی که به درستی درک نشده است) به دلیل این که به طور خاص به کودکان مرتبط بوده و معیار ۱۹ (جزئیات خاص جرم) به دلیل این که مخصوص جرایم جنسی بوده، نمره‌گذاری نشده است. ملاک‌های باقی‌مانده روی یک طیف لیکرت سه درجه‌ای از صفر تا دو نمره‌گذاری شده است. در صورت عدم وجود ملاک، نمره‌ی صفر و در صورت وجود ملاک، نمره‌ی یک در نظر گرفته شده است. هم‌چنین در صورتی که ملاک با شدت بیش‌تری قابل مشاهده بوده، نمره‌ی دو به آن تعلق گرفته است.

ملاک‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل ساختار منطقی، تولید بدون ساخت، کمیت جزئیات، جای‌دهی موقعیتی،

مواردی مانند هدف مصاحبه، ارتکاب جرم، آگاهی به مجرم، ظن به دیگران، ضمانت فردی دیگران، احتمال عمدی یا غیرعمدی بودن جرم، فرصت انجام جرم، نگرش به مصاحبه، فکر کردن به جرمی مشابه، انگیزه‌ی مجرم، تنبیه مجرم، فرصت دوباره به مجرم، عوامل بازدارنده‌ی ارتکاب جرم توسط مظنون، نظر در مورد نتیجه‌ی مصاحبه، صحبت با نزدیکان در مورد مصاحبه و سوال تله است. اینباو و هم‌کارانش پیش‌بینی کردند که دروغ‌گوها و راست‌گوها واکنش‌های کلامی و غیرکلامی متفاوتی در پاسخ به این سوالات از خود نشان می‌دهند [۲۷]. برای مثال افراد دروغ‌گو هنگام بازجویی احساس راحتی کم‌تری داشته و در نتیجه بیش‌تر احتمال دارد که پاهایشان را روی هم بیندازند، روی صندلی خود جابه‌جا شوند و هنگام پاسخ‌گویی به سوال مربوط به ارتکاب جرم، رفتارهای تیمار کردن^۱ از خود نشان دهند. در حالی که مظنونان راست‌گو بیش‌تر به سمت جلو خم می‌شوند، تماس چشمی بیش‌تری برقرار می‌کنند و برای تقویت اعتبار اظهاراتشان از نمایان‌گرها بیش‌تر استفاده می‌کنند. مظنونان دروغ‌گو هنگام پاسخ‌گویی به سوال سوم که آگاهی و دانش فرد را ارزیابی می‌کند، سریع‌تر پاسخ داده و به نظر می‌رسد پاسخ آن‌ها چندان صادقانه نیست. در پاسخ‌گویی به سوالی که انگیزه را می‌سنجد مجرمان واقعی به احتمال بیش‌تری رفتارهای کاهنده‌ی اضطراب^۲ مثل تغییر وضعیت روی صندلی را از خود نشان می‌دهند. هم‌چنین انتظار می‌رود افراد راست‌گو و دروغ‌گو پاسخ‌های کلامی متفاوتی به سوالات BAI بدهند زیرا نگرش آن‌ها نسبت به بازجویی متفاوت است. برای مثال، افراد دروغ‌گو هنگام مصاحبه کمک زیادی برای روشن شدن حقیقت نمی‌کنند و سطح نگرانی آن‌ها با توجه به مظنون بودن، قابل توجه نیست. در حالی که راست‌گوها اطلاعات مفیدتر و موثرتری ارائه داده و انتظار دارند تبرئه شوند [۲۹]. بنابراین به نظر می‌رسد مظنونان دروغ‌گو (دروغ‌گوها) در مقایسه با مظنونان راست‌گو (راست‌گوها) در رابطه با سوالی که هدف مصاحبه را می‌سنجد، بیش‌تر طفره برونند و مثلاً بگویند نظری در این باره ندارم. این افراد در انکار ارتکاب جرم عمل‌کرد کندتری داشته و احتمال بیش‌تری دارد که هر نوع اطلاعاتی درباره‌ی این که چه کسی ممکن است، متهم باشد را انکار کنند و به احتمال کم‌تری ممکن است نام دروغ‌گوی احتمالی دیگری را بیان کنند، زیرا نام بردن از فردی که می‌دانند راست‌گو است از نظر آن‌ها دروغی بوده که بیان آن ضرورت ندارد. هم‌چنین مظنونان دروغ‌گو کم‌تر احتمال دارد از فردی که باور دارند راست‌گو است نامی ببرند زیرا ترجیح می‌دهند خودشان را در

^۲ Anxiety-Reducing Behaviors^۱ Grooming Behavior

مدل^۱ MVAR سیگنال X بر اساس مقادیر گذشته‌ی خودش و علاوه‌ی مقادیر گذشته‌ی Y به صورت زیر است.

$$X(t) = \sum_{j=1}^p A_1(j)X(t-j) + \sum_{j=1}^p A_2(j)Y(t-j) + \varepsilon'(t) \quad (2)$$

در این رابطه A ضریب مدل، $\varepsilon(t)$ خطای پیش‌بینی و p درجه‌ی مدل است. علیت گرنجر بین Y و X (F) به صورت زیر است.

$$F_{Y \rightarrow X} = \ln \frac{\text{var}(\varepsilon)}{\text{var}(\varepsilon')} \quad (3)$$

اگرچه GC یک روش محبوب برای تعیین علیت بین دو گره است، اما نواقصی دارد که ممکن است محدودیت‌هایی در کاربرد GC برای محاسبات فیزیولوژیک ایجاد نماید. در برخی از مطالعات نشان داده شده است که در سیستم‌های فیزیولوژیک، بدون در نظر گرفتن تاثیرات علی آنی، خطاهایی در نتیجه‌ی علیت به وجود می‌آید. مساله‌ی مهم تداخل بین اثرات تاخیر زمانی و تاخیر صفر در مدل VAR بوده که پیش از این در دو حوزه‌ی تحلیل حوزه‌ی زمان و حوزه‌ی فرکانس به آن پرداخته شده است. بنابراین تاثیر هر دو تاخیر زمانی و آنی مورد استفاده قرار گرفته و به عنوان نسخه‌ی توسعه یافته‌ی GC که از نسخه‌ی توسعه یافته‌ی مدل VAR حاصل شده و تاثیر تاخیر صفر (تاثیر آنی) را در رگرسیون‌های خطی به حساب می‌آورد، به صورت زیر معرفی شده است.

$$X(t) = \sum_{j=0}^p B(j)X(t-j) + W_j(t) \quad (4)$$

$$X(t) = \sum_{j=0}^p B_1(j)X(t-j) + \sum_{j=0}^p B_2(j)Y(t-j) + W_j'(t) \quad (5)$$

در این روابط B ضریب جدید مدل بر اساس نسخه‌ی توسعه یافته‌ی علیت گرنجر است. برای تخمین eGC لازم است اثر تاخیر صفر بین هر جفت سری زمانی محاسبه شود که در مقایسه با GC سنتی فرایند پیچیده‌تری می‌باشد. برای این منظور از یک فرایند دومرحله‌ای برای تشخیص تعاملات استفاده شده که پیش از این ارائه و به کار گرفته شده است [۳۸]. ابتدا هر اثری بین $X(t)$ و $Y(t)$ با محاسبه‌ی ماتریس همبستگی نسبی به واسطه‌ی ماتریس کوواریانس معکوس بررسی شده است. سپس از نسبت‌های احتمال زوجیت برای دادگان

توصیف تعامل‌ها، بازتولید گفت‌وگو، بیان مشکلات غیرمنتظره در طول واقعه، جزئیات غیرمعمول، جزئیات غیرضروری، تداعی‌های بیرونی مرتبط، گزارش‌هایی از حالت روانی خود، توصیف حالت روانی مجرم، اصلاحات خود به خودی، اقرار به فقدان حافظه، شک و تردید درباره‌ی شهادت خود، خود ملامت‌گری و بخشش طرف مقابل می‌باشد.

نمره‌ی کلی CBCA از مجموع نمرات طیف لیکرت هر یک از ۱۷ ملاک CBCA حاصل شده و از این نمره در تحلیل‌ها استفاده شده است. برای تشخیص برچسب دروغ‌گویی و راست‌گویی در این تحلیل از قاعده‌ی تصمیم‌گیری وجود بیش از پنج ملاک استفاده شده است. طبق این قاعده در صورتی که بیش از پنج ملاک از ملاک‌های CBCA در کلام آزمودنی مشاهده شده و نمره بگیرد، آزمودنی به عنوان راست‌گو تشخیص داده می‌شود [۳۹].

۳-۲- روش تحلیل کمی

در این بخش به منظور ارزیابی تغییرات جریان خون در نواحی مختلف چهره، از یک نسخه‌ی توسعه یافته از الگوریتم علیت گرنجر برای تمام سری‌های زمانی حرارتی استفاده شده است. سری‌های زمانی استخراج شده از نواحی مختلف چهره موجود در توالی تصاویر حرارتی بیان‌گر تغییرات جریان خون بوده و انعکاسی از فعالیت فیزیولوژیک فرد می‌باشند. در واقع در این رویکرد، سیگنال زمانی حرارتی هر یک از نواحی مختلف چهره به عنوان یک سری زمانی در نظر گرفته شده و تاثیرات متقابل آن‌ها بر یکدیگر با استفاده از روش ارتباطات موثر مورد مطالعه قرار گرفته است. در این مطالعه از این رویکرد برای بهبود نتایج طبقه‌بندی افراد گناه‌کار و بی‌گناه استفاده شده است.

۳-۲-۱- روش توسعه یافته‌ی علیت گرنجر (eGC)

بر اساس مفهوم پایه‌ی GC، با فرض وجود دو سری زمانی X و Y، هدف محاسبه‌ی مقادیر آتی X بر اساس مقادیر قبلی X و Y است. در این حالت اگر مقادیر قبلی Y در پیش‌بینی مقادیر بعدی X مفید باشد، می‌توان Y را علت X در نظر گرفت. فرایند محاسبه‌ی GC بین هر جفت سیگنال دمای نواحی مختلف چهره انجام می‌شود. مدل VAR سیگنال X که وابسته به مقادیر گذشته‌ی خودش است به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$X(t) = \sum_{j=1}^p A(j)X(t-j) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

^۱ Multivariate Autoregressive

۳-۲-۳- انتخاب درجه‌ی مدل و پنجره‌ی زمانی

در پردازش‌های انجام شده در این پژوهش، مراحل استخراج سیگنال بیشینه برای هر ناحیه و مراحل پیش‌پردازش در محیط برنامه‌ی متلب^۲ انجام شده است. سپس مراحل فیت کردن مدل شامل انتخاب درجه‌ی مدل، فیت کردن مدل، اعتبارسنجی مدل در جعبه‌ابزار EEGLAB و استخراج GC و eGC با استفاده از الگوریتم معرفی شده در [۳۸] انجام شده است.

از آن‌جا که درجه‌ی مدل بیان‌گر این است که از چند نمونه‌ی قبلی برای پیش‌بینی استفاده شود، انتخاب درجه‌ی مدل از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. درجه‌ی مدل به کمک افزونه‌ی سیفت^۳ جعبه‌ابزار EEGLAB و بر اساس فرایند انتخاب مدل معیار اطلاعات آکائیک^۴ (AIC) انتخاب شده است.

در این مرحله درجه‌ی مدل‌های مختلف و پنجره‌های زمانی مختلف امتحان شده که بهترین نتیجه با پنجره‌ی زمانی ۲۰ ثانیه و درجه‌ی مدل ۱۵ به دست آمده است. به منظور رسیدن به درجه‌ی مدل و پنجره‌ی زمانی مناسب، پس از فیت کردن مدل با پارامترهای فوق، نتایج اعتبارسنجی آن بررسی شده است. در EEGLAB اعتبار مدل با استفاده از سه روش شامل میزان دور بودن از نویز سفید، پایداری و سازگاری^۵ مورد بررسی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که تمام پنجره‌ها باید از نویز سفید به صورت معنادار دور بوده و پایدار باشند. همچنین سازگاری نیز باید برقرار باشد. در صورت نامناسب بودن شرایط اعتبار مدل، پارامترهای مدل مجدداً انتخاب شده و مدل فیت و اعتبارسنجی می‌شود. در جدول‌های (۱) و (۲) نتایج اعتبارسنجی مدل‌ها با پنجره‌ی ۱۰ و ۲۰ ثانیه ارائه شده است. معیار سازگاری به دلیل زمان‌بر بودن مراحل محاسبه در این‌جا گزارش نشده است. ملاحظه می‌شود که معیار پایداری در پنجره‌ی زمانی ۲۰ ثانیه کاملاً برقرار بوده و با درجه‌ی مدل ۱۵ به بالا معیار نویز سفید نیز به حد خوبی رسیده است. این تحلیل‌ها روی سیگنال چند سوژه امتحان شده و نتایج مشابهی به دست آمده است.

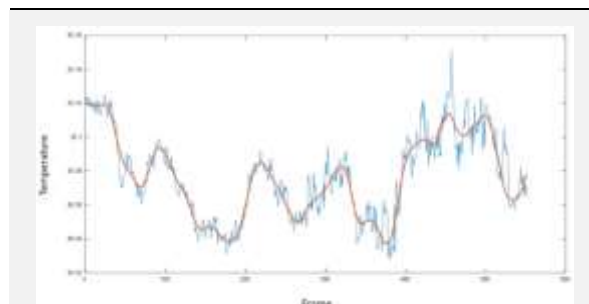
در نهایت سیگنال‌های بیشینه پس از فیلتر و هنجارسازی شدن با درجه‌ی مدل ۱۵ و پنجره‌ی زمانی ۲۰ ثانیه به الگوریتم استخراج GC داده شده و ماتریس GC و eGC روی سیگنال با جابه‌جایی پنجره‌ی ۱ ثانیه به عنوان خروجی به دست آمده است. سپس شاخص‌های GC برای هر نفر با روش هنجارسازی کمینه-بیشینه در بازه‌ی [۱-۰] هنجار شده است. در نهایت با

غیرگوسی به منظور تشخیص جهت اثر تاخیر صفر بین هر جفت سری زمانی استفاده شده است. در نهایت eGC توسط رابطه‌ی زیر محاسبه شده است.

$$eGC_{Y \rightarrow X} = \ln \frac{\text{var}(W_j(t))}{\text{var}(W_j'(t))} \quad (۶)$$

۳-۲-۲- مراحل پیش‌پردازش

انتخاب مناسب نواحی چهره یک مساله‌ی بسیار چالش برانگیز در کاربرد فیزیولوژیکی-روان‌شناختی تصویربرداری حرارتی از چهره است. در برخی از مطالعات در چارچوب تشخیص فریب از ناحیه‌ی پری‌اریتال به عنوان ناحیه‌ی مورد نظر در چهره استفاده شده است [۴۰-۴۲]. در مطالعات دیگر از نواحی دیگری مانند ناحیه‌ی گونه، استفاده شده که دارای ظرفیت اطلاعات بالاتری نسبت به سایر نواحی است [۴۳]. با توجه به این توضیحات، نواحی انتخاب شده در بحث استخراج ارتباطات موثر شامل بینی، پری‌نازال (بالای لب)، گونه‌ها (چپ و راست)، پری‌اریتال (بین دو چشم) و پیشانی است. از آن‌جا که نواحی مورد نظر غنی از رگ‌های خونی هستند، سیگنال حرارتی به دست آمده با نوسانات جریان خون در عروق جلدی چهره همبسته می‌باشد. در این پژوهش برای یک‌نواختی داده‌ها، مقادیر سیگنال با استفاده از روش کمینه-بیشینه^۱ در بازه‌ی [۱-۰] هنجارسازی شده است. پس از محاسبه‌ی سیگنال بیشینه‌ی دما برای تمام نواحی چهره، با استفاده از یک فیلتر rlowess (یک روش رگرسیون غیرپارامتری قوی) برای حذف هر گونه نوسانات فرکانس بالا در سیگنال دما که ممکن است به دلیل نقص در ردیابی چهره ایجاد شده باشد استفاده شده است. در شکل (۱) نمونه‌ای از این سیگنال فیلتر شده نمایش داده شده است.



شکل (۱) - سیگنال بیشینه‌ی استخراج شده از یک ناحیه‌ی چهره قبل (آبی) و بعد (قرمز) از اعمال فیلتر rlowess

^۴ Akaike Information Criterion (AIC)

^۵ Consistency

^۱ Min-Max

^۲ MATLAB

^۳ SIFT Plugin



تفکیک‌پذیر خطی^۲ (LDA)، تحلیل تفکیک‌پذیر مربعی^۳، پرسپترون چندلایه^۴، جنگل تصادفی^۵، تقویت تطبیقی^۶ و تقویت گرادیان^۷ برای پیدا کردن طبقه‌بند مناسب استفاده شده است. روش تقویت گرادیان (GB) یک روش یادگیری ماشین برای مسائل طبقه‌بندی و برازش است. این روش مدل‌های پیش‌بینی را در قالب ترکیب چند مدل ضعیف تولید می‌کند که این مدل‌های ضعیف، درخت تصمیم هستند. طبقه‌بند آدابوست^۸ مخفی برای روش تقویت تطبیقی بوده که یک روش فرا الگوریتم یادگیری ماشین است که قابلیت اجتماع با دیگر انواع الگوریتم‌های یادگیری را برای بهبود کارایی دارد. طبقه‌بند جنگل تصادفی یک روش فراتخمین بوده که قادر به منطبق کردن چند طبقه‌بند درخت تصمیم روی زیر نمونه‌های یک مجموعه‌ی داده است و از متوسط‌گیری برای بهبود صحت پیش‌بینی و کنترل بر بیش‌برازش^۹ استفاده می‌کند. هم‌چنین از طبقه‌بند شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه که جزو روش‌های قدیمی شبکه‌های عصبی بوده برای طبقه‌بندی استفاده شده است.

با توجه به حجم نمونه‌های دادگان، استفاده از روش‌های ساده که با داده‌های کم نیز قادر به یادگیری و تعمیم‌دهی باشند مورد توجه قرار گرفته است. تحلیل تفکیک‌پذیر خطی و تحلیل تفکیک‌پذیر درجه‌ی دوم^{۱۰} دو طبقه‌بند کلاسیک هستند که از سطح تصمیم خطی و درجه‌ی دوم برای تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند. این طبقه‌بندها از آن‌جا که راه حل‌های فرم بسته‌ای دارند که به راحتی محاسبه می‌شوند، بسیار جذاب هستند. هم‌چنین ذاتا چندطبقه بوده، در عمل کارایی خوبی داشته و پارامتری برای تنظیم ندارند. روش تحلیل تفکیک‌پذیر درجه‌ی دو از قدرت انعطاف بیش‌تری برخوردار بوده و روش خطی تنها قادر به تفکیک مواردی است که به شکل خطی از هم تفکیک می‌شوند.

۴- یافته‌ها و بحث

دادگان مورد استفاده در تحلیل شامل ۴۸ سوژه متشکل از ۲۴ نفر با برچسب دروغ‌گو و ۲۴ نفر راست‌گو است. ویژگی‌های ارتباطات موثر که از سری‌های زمانی مستخرج از توالی تصاویر حرارتی چهره استخراج شده مبنای طبقه‌بندی و تحلیل قرار گرفته است. ویژگی‌های مذکور در مصاحبه در ۴ حالت مختلف

استفاده از GC هنجار شده بین هر جفت سری زمانی از ۶ ناحیه‌ی مورد علاقه، یک گراف جهت‌دار و وزن‌دار ۶×۶ ایجاد شده است. موقعیت این نواحی چهره و شماره‌ی آن‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است.

جدول (۱) - بررسی معیارهای اعتبارسنجی مدل با پنجره‌ی

زمانی ۲۰ ثانیه

درجه‌ی مدل	دوری از نویز سفید (%)	شاخص پایداری (%)
۱۰	۹۱/۵۸	۱۰۰
۱۵	۹۵/۲۵	۱۰۰
۲۰	۹۸/۶۹	۱۰۰
۲۵	۹۸/۵۴	۱۰۰

جدول (۲) - بررسی معیارهای اعتبارسنجی مدل با پنجره‌ی

زمانی ۱۰ ثانیه

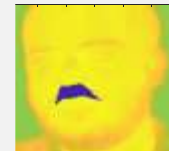
درجه‌ی مدل	دوری از نویز سفید (%)	شاخص پایداری (%)
۵	۸۹/۱۹	۱۰۰
۱۰	۹۴/۳۸	۱۰۰
۱۵	۹۱/۶۴	۹۹/۹۶
۲۰	۸۷/۱۴	۹۹/۸۷
۲۵	۷۹/۶۸	۹۹/۷۹



۲- بینی



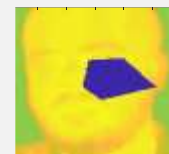
۱- پیشانی



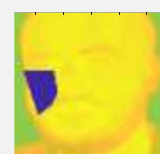
۴- بالای لب



۳- بین دو چشم



۶- گونه‌ی راست



۵- گونه‌ی چپ

شکل (۲) - موقعیت نواحی مختلف چهره

۳-۲-۴- طبقه‌بندی

به منظور طبقه‌بندی و پیش‌بینی فریب در مصاحبه از طبقه‌بندهای مختلفی شامل شبه بی‌زین گوسی^۱، تحلیل

^۶ Adaptive Boosting

^۷ Gradient Boosting

^۸ AdaBoost

^۹ Over-Fitting

^{۱۰} © 2007-2020, Scikit-Learn Developers (BSD License)

^۱ Gaussian Naïve Bayes

^۲ Linear Discriminant Analysis (LDA)

^۳ Quadratic Discriminant Analysis

^۴ Multilayer Perceptron

^۵ Random Forest

جدول (۴) - نتیجه‌ی برتر ترکیب از طریق رای گیری با روش‌های کیفی

روش	دقت
ویژگی GC کنترلی، ویژگی GC مرتبط	٪۷۵
CBCA	٪۷۰/۸۳
BAI	٪۷۵
رای گیری	٪۷۹/۱۷

۴-۱- نمایش نتایج

بر اساس نتایج گزارش شده در جدول (۴) اطلاعات مربوط به دو دسته‌ی ویژگی استخراج شده از ارتباطات نواحی مختلف چهره در هنگام پرسیدن سوالات مرتبط و کنترل افراد، بیش‌ترین قابلیت تمایز و تفکیک بین دو گروه دروغ‌گو و راست‌گو را داشته است. به منظور فهم بهتر این تمایز در شکل‌های (۱) و (۳) اطلاعات مربوط به ماتریس ارتباطات نواحی مختلف چهره‌ی افراد دو گروه دروغ‌گو و راست‌گو برای دو نوع سوال مرتبط و کنترلی نشان داده شده است.

از مجموع اطلاعات نمودارهای دیاگرام کورد^۲ هر سوال، تمایز بین متوسط اطلاعات ارتباطات دو گروه قابل مشاهده است (شکل ۳ و ۴). برای درک بهتر این تمایز در ادامه اطلاعات جزئی‌تر قوی‌ترین منابع و حفره برای دو متوسط دو گروه گناه‌کار و بی‌گناه نشان داده شده به طوری که نواحی منابع دارای بیش‌ترین جریان به سمت نواحی حفره برای دو گروه دروغ‌گو و راست‌گو و برای دو نوع سوال کنترل و مرتبط در شکل‌های (۵) و (۶) نمایش داده شده است.

مطابق نتایج نمودارهای سانکی^۴ مربوط به ارتباطات قوی‌ترین ناحیه‌ی چهره منبع و حفره برای افراد دروغ‌گو و راست‌گو برای دو سوال مختلف، نواحی منتخب هم منبع و هم حفره برای دو گروه دروغ‌گو و راست‌گو متفاوت است. این تفاوت مشهود زمینه‌ی استخراج ویژگی‌های تفکیک‌پذیر را برای طبقه‌بندی افراد دروغ‌گو و راست‌گو فراهم خواهد کرد.

۴-۲- بحث و تحلیل نتایج

از آن‌جا که در این پژوهش از سه روش به صورت مستقل برای تفکیک افراد دروغ‌گو و راست‌گو استفاده شده و سپس از ترکیب آن‌ها نتایج مطلوبی به دست آمده لازم است تا به تحلیل میزان توافق این روش‌ها پرداخته شود. بدین منظور از ضریب کاپا استفاده شده که یکی از معیارهای مناسب سنجش

استخراج شده که به ترتیب شامل سوال کنترلی، سوال مرتبط، نامرتب و کل مصاحبه است. تعداد ویژگی‌ها در هر حالت دارای بعد ۳۰ و در دو حالت مختلف GC و eGC است.

با توجه به استخراج ویژگی ارتباطات موثر در سوال‌های مختلف و دو روش مختلف ارتباطات موثر، تصمیم‌گیری برای طبقه‌بندی یک حالت به عنوان بهترین ترکیب، دشوار است. برای رسیدن به بهترین ترکیب ویژگی‌ها و بهترین طبقه‌بند، بالغ بر ۵۰۰ حالت مختلف با در نظر گرفتن سه روش برای کاهش ابعاد ویژگی بررسی شده است. روش‌های در نظر گرفته شده برای کاهش ویژگی شامل تحلیل مولفه‌ی اصلی^۱ (PCA) با آستانه‌ی ۹۰ و ۹۵ درصد و تحلیل تفکیک‌پذیر خطی (LDA) است. نحوه‌ی ارزیابی مدل‌ها به صورت LOSO^۲ است. پنج نتیجه‌ی برتر از حدود ۵۰۰ حالت مختلف طبقه‌بندی در جدول (۳) ارائه شده است. برای یافتن بهترین طبقه‌بند برای هر ترکیب ویژگی از ۷ طبقه‌بند مختلف استفاده شده که توضیح آن در ابتدای این بخش بیان شده است.

جدول (۳) - مشخصات پنج نتیجه‌ی برتر در طبقه‌بندی ویژگی‌ها

رتبه	ویژگی‌ها	کاهش بعد (pca)	دقت (%)	طبقه‌بند
۱	ویژگی GC در سوال کنترلی و ویژگی GC در سوال مرتبط	۰/۹	۷۵	تفکیک‌پذیر مربعی
۲	ویژگی eGC در سوال کنترلی و ویژگی eGC در سوال نامرتب	-	۶۸/۷۵	تفکیک‌پذیر مربعی
۳	ویژگی eGC در کل ثبت	-	۶۴/۵۸	تفکیک‌پذیر خطی
۴	ویژگی eGC در سوال کنترلی	۰/۹	۶۴/۵۸	جنگل تصادفی
۵	ویژگی eGC در سوال نامرتب	۰/۹	۶۲/۵	جنگل تصادفی

مطابق جدول (۳) بهترین نتیجه در ترکیب از ویژگی‌های GC کنترلی و مرتبط حاصل شده و بهترین نتیجه از ویژگی‌ها بدون ترکیب برای ویژگی eGC از سوال کنترلی است. نتایج مربوط به رای‌گیری بهترین حالت جدول (۳) با استفاده از نتایج CBCA و BAI در جدول (۴) ارائه شده است.

^۲ Chord

^۴ Sunkey

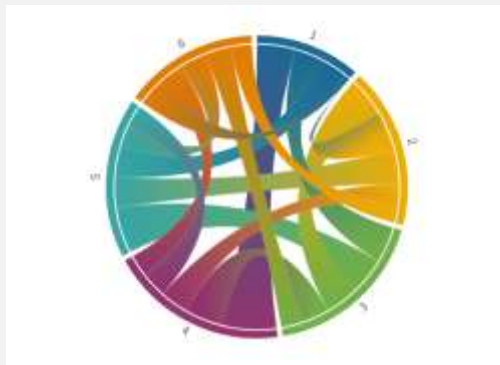
^۱ Principle Component Analysis (PCA)

^۲ Leave One Subject Out (LOSO)



میزان توافق نظرات مختلف است [۴۴]. برای پیاده‌سازی بررسی معیار توافق از توابع آماده‌ی نرم‌افزار متلب^۱ استفاده شده است [۴۵]. در این پژوهش به دلیل صفر و یک بودن دروغ‌گو و راست‌گو، اعداد از نوع دودویی بوده و می‌توان آن‌ها را متقارن فرض کرد. مقدار k بین صفر تا یک متغیر بوده به طوری که مقدار $۰/۵$ نشان می‌دهد که تطابق حاصل شده ۵۰ درصد بهتر از آن چیزی است که فقط احتمال داشت با تصادف به دست آید. از بررسی توافق نتایج دو روش کیفی

میزان توافق نظرات مختلف است [۴۴]. برای پیاده‌سازی بررسی معیار توافق از توابع آماده‌ی نرم‌افزار متلب^۱ استفاده شده است [۴۵]. در این پژوهش به دلیل صفر و یک بودن دروغ‌گو و راست‌گو، اعداد از نوع دودویی بوده و می‌توان آن‌ها را متقارن فرض کرد. مقدار k بین صفر تا یک متغیر بوده به طوری که مقدار $۰/۵$ نشان می‌دهد که تطابق حاصل شده ۵۰ درصد بهتر از آن چیزی است که فقط احتمال داشت با تصادف به دست آید. از بررسی توافق نتایج دو روش کیفی



دروغ‌گو



راست‌گو

شکل (۳) - ارتباطات بین نواحی مختلف چهره‌ی افراد دروغ‌گو و راست‌گو برای سوال‌های مرتبط R2، R3 و R4 (۱- پیشانی، ۲- بینی، ۳- بین دو چشم، ۴- بالای لب، ۵- گونه‌ی چپ، ۶- گونه‌ی راست)



دروغ‌گو



راست‌گو

شکل (۴) - ارتباطات بین نواحی مختلف چهره‌ی افراد دروغ‌گو و راست‌گو برای سوال کنترلی (۱- پیشانی، ۲- بینی، ۳- بین دو چشم، ۴- بالای لب، ۵- گونه‌ی چپ، ۶- گونه‌ی راست)

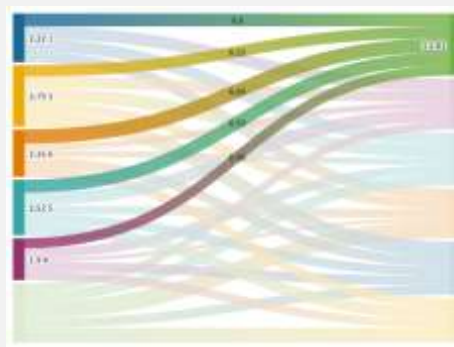
CBCA و روش کمی بهبود یافته و به یک معنی مکمل دو روش دیگر باشد. با این وجود این فرضیه که آیا صرف ایجاد فضای رای‌گیری باعث بهبود نتیجه‌ی رای‌گیری شده یا روش کمی نیز نقش موثری داشته، مطرح است. برای بررسی این موضوع نتایج رای‌گیری با سه حالت مختلف (کل برچسب‌ها برابر صفر، کل برچسب‌ها برابر یک و توزیع تصادفی صفر و یک) بررسی شده است. نتایج روش‌های مختلف رای‌گیری در جدول (۵) گزارش شده است.

از طرف دیگر توافق روش کمی با دو روش کیفی نتیجه‌ی بهتری داشته به طوری که مقدار کاپا کوهن‌غیروزن‌دار برابر $۰/۲۶۰۹$ و مقدار p برابر $۰/۰۹۰۸$ بوده که در سطح معنی‌داری $۰/۰۵$ معنی‌دار نیست اما نتیجه‌ی تمام آن‌ها (رای‌گیری با کاپای کوهن $۰/۶۶۶۷$ BAI با کاپای کوهن $۰/۴۱۶۷$ CBCA با کاپای کوهن $۰/۵$ و روش کمی با کاپای کوهن $۰/۵۴۱۷$) با برچسب دادگان مناسب بوده و دارای توافق معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) است. با این تفاسیل منطقی است که نتیجه‌ی رای‌گیری بین سه روش BAI،

^۱ MATLAB



قوی‌ترین منبع در متوسط افراد دروغ‌گو



قوی‌ترین منبع در متوسط افراد راست‌گو



قوی‌ترین حفره در متوسط افراد دروغ‌گو



قوی‌ترین حفره در متوسط افراد راست‌گو

شکل (۵) - ارتباطات قوی‌ترین ناحیه‌ی چهره منبع و حفره برای متوسط افراد دروغ‌گو و راست‌گو برای سوال‌های مرتبط R2، R3 و R4 (۱-)

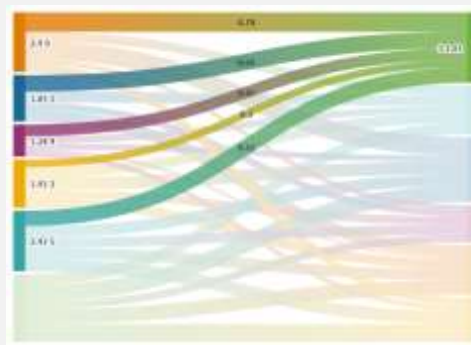
پیشانی، ۲- بینی، ۳- بین دو چشم، ۴- بالای لب، ۵- گونه‌ی چپ، ۶- گونه‌ی راست)

(سمت راست تصاویر: منبع ۱ تا ۶، سمت چپ تصاویر: حفره ۱ تا ۶)



قوی‌ترین منبع در متوسط افراد دروغ‌گو

(نمایش شماره‌ی منبع به همراه میزان جریان)



قوی‌ترین منبع در متوسط افراد راست‌گو

(نمایش شماره‌ی منبع به همراه میزان جریان)



قوی‌ترین حفره در متوسط افراد دروغ‌گو

(نمایش شماره‌ی منبع به همراه میزان جریان)



قوی‌ترین حفره در متوسط افراد راست‌گو

(نمایش شماره‌ی منبع به همراه میزان جریان)

شکل (۶) - ارتباطات قوی‌ترین ناحیه‌ی چهره منبع و حفره برای متوسط افراد دروغ‌گو و راست‌گو برای سوال کنترلی

(۱- پیشانی، ۲- بینی، ۳- بین دو چشم، ۴- بالای لب، ۵- گونه‌ی چپ، ۶- گونه‌ی راست)

(۲- سمت راست تصاویر: منبع ۱ تا ۶، سمت چپ تصاویر: حفره ۱ تا ۶)



باعث شده تا درصد صحت تشخیص دروغ‌گوها به صورت کاذب بالاتر به دست آید.

جدول (۶) - ماتریس ابهام نتیجه‌ی تشخیص نمره‌ی BAI

جمع	برچسب پیش‌بینی شده		راست‌گو	برچسب واقعی
	دروغ‌گو	راست‌گو		
۲۴	۱۱ (٪۴۴/۳۸)	۱۳ (٪۶۵/۶۳)	راست‌گو	برچسب واقعی
۲۴	۲۱ (٪۸۱/۲۵)	۳ (٪۱۸/۷۵)	دروغ‌گو	برچسب واقعی
٪۷۰/۸۳	۲۱	۱۳	جمع تشخیص صحیح	

جدول (۷) - ماتریس ابهام نتیجه‌ی تشخیص CBCA (فاعده‌ی

تصمیم‌گیری: وجود بیش از پنج ملاک)

جمع	برچسب پیش‌بینی شده		راست‌گو	برچسب واقعی
	دروغ‌گو	راست‌گو		
۲۴	۱۰ (٪۴۱/۶۷)	۱۴ (٪۵۸/۳۳)	راست‌گو	برچسب واقعی
۲۴	۲۲ (٪۹۱/۶۷)	۲ (٪۸/۳)	دروغ‌گو	برچسب واقعی
۳۶ (٪۷۵/۰۰)	۲۲	۱۴	جمع تشخیص صحیح	

موارد تشخیص اشتباه BAI ممکن است به این دلیل باشد که روش BAI چک‌لیستی دارد که دنبال علائم فریب می‌گردد و اگر آن علائم در رفتار کلامی و غیرکلامی بروز یابد، نتیجه به سمت دروغ‌گو شناخته شدن فرد است. در این دادگان شرایط طوری ایجاد شده که تمام افراد دروغ‌گو علائم خوبی بروز داده‌اند در حالی که افراد راست‌گو نیز در بعضی موارد آن علائم را داشته‌اند. بنابراین برچسب آن‌ها اشتباه تشخیص داده شده است. یافته‌های این پژوهش هم‌سو با برخی از مطالعات انجام شده [۳۹، ۴۶-۴۹] از اصول تکنیک BAI حمایت چندانی نکرده است. بر اساس منطق زیربنایی این تکنیک، نحوه‌ی پاسخ‌گویی افراد راست‌گو و دروغ‌گو به این سوالات متفاوت است زیرا به نظر می‌رسد دروغ‌گوها نسبت به راست‌گوها احساس راحتی کم‌تری دارند، در جهت کشف حقیقت کمک کم‌تری می‌کنند و نگرانی که از خود بروز می‌دهند متناسب با مظنون بودن آن‌ها نیست [۲۷]. مطالعات میدانی و آزمایشگاهی انجام شده که حقیقت پایه در آن‌ها مشخص است، نه تنها از این فرضیه حمایت نمی‌کنند، بلکه یافته‌هایی در جهت عکس آن را نشان می‌دهند. برای مثال راست‌گوها علائم ناراحتی بیش‌تری از خود نشان داده و نسبت به دروغ‌گوها کمک کم‌تری می‌کنند

جدول (۵) - صحت تشخیص (٪) فرد خطاکار از راست‌گو برای

شیوه‌های مختلف رای‌گیری

روش CBCA		روش BAI		روش رای‌گیری
روش	صحت تشخیص	روش	صحت تشخیص	
۷۰/۸۳	۷۵/۰۰	روش کمی	تماماً ۰	تماماً ۱
۶۸/۷۵	۶۲/۵۰	۷۹/۱۷	۸۲/۳۳	۶۸/۷۵

دقت روش با فرض رای‌گیری با روش کمی با نتیجه‌ی استفاده از صفر یکسان است. دلیل مناسب بودن گزینه‌ی صفر برای رای‌گیری در نتایج زیر مشخص شده است. نتیجه‌ی توافق بین روش CBCA و BAI تنها برای گروه راست‌گو با استفاده از روش کاپا کوهن‌غیروزن‌دار دارای مقدار $0/2676$ - و مقدار p برابر $0/1946$ بوده که در سطح معنی‌داری $0/05$ به صورت معنی‌دار با یکدیگر توافق نداشته و توافق ضعیف است. نتیجه‌ی توافق بین روش CBCA و BAI تنها برای استفاده از روش کاپا کوهن‌غیروزن‌دار دارای مقدار $0/1111$ - و مقدار p برابر $0/6115$ بوده که در سطح معنی‌داری $0/05$ به صورت معنی‌دار با یکدیگر توافق نداشته و توافق ضعیف بوده اما نتیجه‌ی عدم توافق برای گروه راست‌گو نسبت به دروغ‌گو ضعیف‌تر است. در دسته‌ی دروغ‌گوها توافق معمولی وجود داشته که حدود دقت هر دو روش $70٪$ است. مشاهده می‌شود که دو روش کیفی در دروغ‌گوها دارای توافق بهتری بوده و بر اساس نتایج ماتریس ابهام آن‌ها در جدول‌های (۶) و (۷) این روش‌ها افراد دروغ‌گو را درست‌تر تشخیص می‌دهند.

یکی از موارد مشاهده شده در تحلیل‌های کیفی CBCA و BAI این بوده که هر دو روش نرخ تشخیص صحیح متفاوتی برای گروه دروغ‌گو و راست‌گو دارند به طوری که دقت تشخیص هر دو روش در درست تشخیص دادن راست‌گوها کم‌تر از دروغ‌گوها است. به عبارت دیگر راست‌گو تشخیص داده شدن توسط این دو روش سخت‌تر از دروغ‌گو تشخیص داده شدن است. با وجود این که CBCA روشی برای تشخیص راست‌گوها بوده در عمل به تشخیص دروغ‌گوها کمک کرده است. در CBCA نمره‌های بالاتر به منزله‌ی راست‌گو بودن اما در BAI نمره‌های بالاتر به معنی دروغ‌گو بودن است. تبیین این یافته به ماهیت سناریوی استفاده شده در این پژوهش نیز مربوط می‌شود. به نظر می‌رسد سناریوی مورد استفاده برای تحلیل CBCA مناسب نیست. در این پژوهش سناریو به گونه‌ای بوده که برای بسیاری از ملاک‌های CBCA امکان بررسی وجود نداشته و نمره‌ی هر دو گروه دروغ‌گو و راست‌گو در آن برابر صفر است و همین مساله

کرده است. روش کمی از آن‌جا که دارای دقت بهتری در تشخیص افراد راست‌گو است (جدول ۸) این نقش را ایفا کرده و خطای مربوط به تشخیص افراد راست‌گو را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر به دلیل این که هر سه روش دقت مناسبی در تشخیص افراد خطاکار دارند، نتیجه‌ی نهایی تشخیص افراد خطاکار نیز زیاد کاهش پیدا نمی‌کند.

جدول (۸) - ماتریس ابهام نتیجه‌ی تشخیص روش کمی

جمع	برچسب پیش‌بینی شده		راست‌گو	برچسب واقعی
	دروغ‌گو	راست‌گو		
۲۴	۷ (٪۲۹/۱۷)	۱۷ (٪۷۰/۸۳)	راست‌گو	برچسب واقعی
۲۴	۱۹ (٪۷۹/۱۶)	۵ (٪۲۰/۸۳)	دروغ‌گو	
۳۶ (٪۷۵/۰۰)	۱۹	۱۷	جمع تشخیص صحیح	

۳-۴ - مقایسه با کارهای دیگر

در جدول (۹) نتیجه‌ی نهایی ناشی از رای‌گیری در مقایسه با نتایج مشابه در سایر مطالعات ارائه شده است.

جدول (۹) - مقایسه‌ی نتایج به دست آمده با نتایج سایر مطالعات

صحت (٪)	روش	این مقاله
۷۰/۸۳	CBCA	این مقاله
۷۵/۰۰	BAI	این مقاله
۷۰	CBCA	[۵۱]
۷۲	BAI	[۲۹]
۸۰	تحلیل تصاویر حرارتی	[۱]
۷۵	تحلیل تصاویر حرارتی	این مقاله
۷۹/۱۷	BAI و CBCA	این مقاله

یکی از کارهای مشابه مقاله‌ی حاضر، پژوهش پاولیدیس و هم‌کارانش بوده که مبنای بعضی طراحی‌های این پروژه نیز قرار گرفته است. نتیجه‌ی LOO روی ۲۵ سوژه در پژوهش آن‌ها با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین دارای صحت ٪۸۰ بوده است. نتیجه‌ی نهایی روی ۱۵ نفر دیگر نیز دارای صحت حدود ٪۸۰ بوده است [۱]. نتیجه‌های آن‌ها روی دادگانی انجام گرفته که حدود ٪۵۹ ریزش داده به دلایل مختلف داشته در حالی که تعداد ریزش داده در دادگان مقاله‌ی حاضر در حدود ٪۱۷ بوده است. مطابق مقاله‌ی [۱] داده‌ی ۱۶۴ سوژه جمع‌آوری شده که

[۲۶] و همین مساله سبب می‌شود که به اشتباه به عنوان دروغ‌گو تشخیص داده شوند. اما طرفداران این پروتکل معتقدند که انتقادات وارد شده به این تکنیک حاصل نتایج مطالعاتی است که به صورت آزمایشگاهی انجام شده و اعتقاد دارند در شرایط واقعی نتایج متفاوتی حاصل می‌شود [۲۶]. در واقع یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های پژوهش‌های آزمایشگاهی در این حوزه به روایی بیرونی بر می‌گردد. مطالعات آزمایشگاهی نمی‌توانند به طور دقیق آن‌چه را که در دنیای واقعی روی می‌دهد، نشان دهند [۵۰]. از طرف دیگر ساختگی بودن سناریو و انگیزه‌ی پایین افراد (به ویژه راست‌گوها) در پژوهش‌های آزمایشگاهی نمی‌تواند بی‌تاثیر باشد زیرا دروغ‌گو شناخته شدن برای این افراد پیامدی جدی به همراه نخواهد داشت و همین مساله ممکن است بر میزان هم‌کاری و پیروی آن‌ها از دستورالعمل‌ها تاثیر بگذارد. هم‌چنین علی‌رغم توضیحات مفصل و توجیه آزمودنی‌ها، برخی از افراد راست‌گو ممکن است دستورالعمل آزمون را به درستی درک نکرده باشند و برداشت آن‌ها این باشد که باید مصاحبه‌گر را فریب دهند (به جای این که خود را تبرئه کنند)، در نتیجه احتمال دارد به‌گونه‌ای رفتار کرده باشند که نقش خود را وارونه جلوه داده و دروغ‌گو به نظر برسند. به علاوه در این مطالعه امکان استفاده از تمام سوالات پروتکل BAI به دلیل عدم تطابق با سناریو وجود ندارد. بنابراین با حذف هر سوال دامنه‌ی اطلاعات مصاحبه‌گر محدودتر می‌شود و در نهایت ممکن است روی نتیجه‌ی آزمون تاثیر بگذارد. هم‌چنین ممکن است که نحوه‌ی پاسخ‌دهی افراد در فرهنگ‌های مختلف با ملاک‌های مطرح شده در این پروتکل کمی متفاوت باشد و بررسی این مساله نیازمند انجام مطالعات بیشتر و اعتباریابی ملاک‌های معرفی شده برای تمایز راست‌گوها و دروغ‌گوها در هر سوال است. با این وجود همان‌طور که در مقاله‌ی [۲۶] بیان شده، تلاش‌های صورت گرفته برای معرفی پروتکلی در جهت برانگیختن پاسخ‌های کلامی و غیرکلامی متفاوت در افراد دروغ‌گو و راست‌گو قابل تحسین است. اگر چه پروتکلی نظیر BAI ممکن است از چنین پتانسیلی برخوردار باشد، اما نیاز است که با انجام مطالعات بیشتر شواهد دقیق‌تری در جهت حمایت از مبنای نظری این روش فراهم شود [۲۶].

البته هر دو روش کیفی در این بخش دارای خطا هستند. در نتیجه روشی که بتواند در تشخیص افراد راست‌گو به کمک آن‌ها بیاید مکمل آن‌ها خواهد بود. به طوری که برای موارد راست‌گو (صفر) قرار گرفتن یک روش سوم که صفر باشد در کنار دو روش که توافق پایینی دارند، نتیجه را به سمت صفر متمایل می‌کند زیرا به دلیل عدم توافق یکی از آن‌ها صفر را انتخاب

روش‌های تحلیل BAI و CBCA ارائه شده که به ترتیب $0.75/0.0$ و $0.83/0.70$ است. سپس با استفاده از ظرفیت روش‌های تحلیل ارتباطات موثر و روش‌های یادگیری به تحلیل خودکار تصاویر حرارتی و ترکیب آن با نتایج روش‌های کیفی روان‌شناسی پرداخته شده است. بر اساس ملاک توافق، نتایج روش‌های مختلف مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته که بیان‌گر اطلاعات مکمل روش کمی در کنار روش‌های کیفی است. بر همین اساس رای‌گیری بهترین نتیجه ($0.79/0.17$) را برای تشخیص به دنبال داشته است.

در ادامه‌ی کارهای صورت گرفته روی دادگان جمع‌آوری شده، این ظرفیت وجود دارد که سایر معیارهای سنجش اطلاعات کلامی و غیرکلامی برای تشخیص افراد دروغ‌گو و راست‌گو مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این اطلاعات دیگر قابل استخراج از تصاویر حرارتی و پویایی تغییرات حرارتی چهره نیز می‌تواند به عنوان روش تحلیل خودکار مصاحبه برای اضافه شدن به روش‌های کیفی و خبره‌محور مورد توجه قرار گیرد. استفاده از شاخص‌های غیرتماسی قابل استخراج از تصاویر حرارتی (مانند PP) کانال دیگری است که نتایج استخراج ویژگی از آن کانال و قدرت تفکیک افراد خطاکار و راست‌گوها می‌تواند با نتایج این کار مقایسه شود.

گروه پردازشی تنها موفق به پردازش دادگان ۶۷ سوژه شده است. دادگان ۹۷ نفر باقی‌مانده به دلایل مختلف در مرحله‌ی پردازش با مشکل مواجه شده و حذف شده است (۲۲ سوژه به دلیل داشتن سیبیل، ۱۷ سوژه به دلیل خارج از فوکوس بودن دوربین حرارتی، ۱۴ سوژه به دلیل حرکات بیش از حد که منجر به عدم موفقیت الگوریتم ردیابی شدند، ۳۱ سوژه به دلیل خرابی فایل حرارتی ثبت شده و ۱۳ سوژه به دلیل نشان دادن سیگنال‌های اطراف بینی ضعیف یا فاقد ویژگی). در نهایت نیز سازمان NCCA^۱ به تدریج برچسب واقعی (دروغ‌گو/راست‌گو) تنها ۴۰ سوژه (۱۷ مرد و ۲۳ زن) از ۶۷ سوژه را منتشر کرده است. بنابراین در این مقاله نتایج مربوط به این ۴۰ سوژه گزارش شده است.

در این پژوهش برای تعیین برچسب آزمودنی‌ها بر اساس نمره‌ی CBCA و به تبع آن تعیین درصد صحت از شیوه‌های تحلیل تشخیصی و قواعد تصمیم‌گیری ذکر شده در پژوهش‌های پیشین استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که روش CBCA می‌تواند با دقت نسبتاً بالایی (0.75) افراد دارای آگاهی مخفی شده را از افراد فاقد آگاهی مخفی شده تفکیک کند. نتایج این پژوهش با پژوهش‌های [۳۱] و [۵۱] هماهنگ است. آمادو و هم‌کارانش با انجام یک فراتحلیل اعتبار فرضیه آندویچ و کاربرد CBCA را در تمایز بزرگسالان دارای آگاهی مخفی شده و بزرگسالان فاقد آگاهی مخفی شده سنجیده و اعتبار این فرضیه در فراتحلیل آن‌ها تایید شده است. در مقاله‌ی [۵۱] نیز از مقیاس لیکرت پنج درجه‌ای برای ارزیابی وجود ۱۹ مورد از ملاک‌های CBCA در اظهارات دو گروه راست‌گو و سو استفاده کننده استفاده شده و درصد صحت بالای 0.70 به دست آمده است.

۶- مراجع

- [1] Dcosta, M., et al. Perinatal indicators of deceptive behavior. in 2015 11th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG). 2015.
- [2] Lai, V. and C. Tan. On human predictions with explanations and predictions of machine learning models: A case study on deception detection. in Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. 2019.
- [3] Porter, S. and L. ten Brinke, The truth about lies: What works in detecting high-stakes deception? *Legal and criminological Psychology*, 2010. 15(1): p. 57-75.
- [4] Frank, M.G. and E. Svetieva, Microexpressions and deception, in *Understanding facial expressions in communication*. 2015, Springer. p. 227-242.
- [5] Ekman, P. and W.V. Friesen, Detecting deception from the body or face. *Journal of personality and Social Psychology*, 1974. 29(3): p. 288.

۵- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف پایش افراد طی مصاحبه و تشخیص آگاهی مخفی شده توسط آن‌ها طراحی شده است. در راستای بالا بردن روایی روش‌های تشخیصی، طراحی پروتکل مصاحبه به گونه‌ای صورت گرفته که هم‌زمان از توان روش‌های کیفی تحلیل ارتباطات غیرکلامی و کلامی به شیوه‌ی خبره‌محور و تحلیل خودکار اطلاعات فیزیولوژیک و رفتاری سوژه بهره گرفته شود. اطلاعات در پروتکل طراحی شده از افراد دریافت شده و توسط روش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحلیل دادگان مصاحبه با روش‌های کیفی روان‌شناسی (تحلیل BAI و CBCA) و روش‌های خودکار گزارش شده است. ابتدا نتایج

^۱ National Center for Credibility Assessment

- IEEE Transactions on Affective Computing, 2012. 3(3): p. 366-378.
- [۲۰] ک. شاهی و همکاران، دادگان چند مدالیت‌ها (سیگنال‌های فیزیولوژیک و تصاویر حرارتی) از افراد جهت ارائه شاخص پیوسته از سطوح مختلف برانگیختگی ذهنی، در بیست و ششمین کنفرانس ملی و چهارمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی زیستی پزشکی ایران، ۱۳۹۸.
- [21] Park, K.K., et al., A functional analysis of deception detection of a mock crime using infrared thermal imaging and the Concealed Information Test. *Frontiers in human neuroscience*, 2013. 7: p. 70-70.
- [22] Burzo, M., et al., Multimodal deception detection, in *The Handbook of Multimodal-Multisensor Interfaces: Signal Processing, Architectures, and Detection of Emotion and Cognition-Volume 2*. 2018. p. 419-453.
- [23] Abouelenien, M., R. Mihalcea, and M. Burzo. Analyzing thermal and visual clues of deception for a non-contact deception detection approach. in *Proceedings of the 9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. 2016.
- [24] Derrick, D.C., et al., Border security credibility assessments via heterogeneous sensor fusion. *IEEE Intelligent Systems*, 2010(3): p. 41-49.
- [25] Horvath, F.S., Verbal and nonverbal clues to truth and deception during polygraph examinations. *Journal of Police Science & Administration*, 1973.
- [26] Vrij, A., *Detecting lies and deceit: Pitfalls and opportunities*. 2008: John Wiley & Sons.
- [27] Inbau, F., et al., *Criminal interrogation and confessions*. 2011: Jones & Bartlett Publishers.
- [28] Colwell, L.H., et al., The training of law enforcement officers in detecting deception: A survey of current practices and suggestions for improving accuracy. *Police Quarterly*, 2006. 9(3): p. 275-290.
- [29] Horvath, F., B. Jayne, and J. Buckley, Differentiation of truthful and deceptive criminal suspects in behavior analysis interviews. *Journal of Forensic Science*, 1994. 39(3): p. 793-807.
- [30] Vrij, A., et al., Detecting deceit via analysis of verbal and nonverbal behavior. *Journal of Nonverbal behavior*, 2000. 24(4): p. 239-263.
- [31] Amado, B.G., et al., Criteria-Based Content Analysis (CBCA) reality criteria in adults: A meta-analytic review. *International Journal of*
- [6] Kircher, J.C., Chapter 9 - Ocular-Motor Deception Test, in *Detecting Concealed Information and Deception*, J.P. Rosenfeld, Editor. 2018, Academic Press. p. 187-212.
- [7] DePaulo, B.M., et al., Cues to Deception. *Psychological Bulletin*, 2003. 129(1): p. 74-118.
- [8] Yu, R., et al., Using Polygraph to Detect Passengers Carrying Illegal Items. *Frontiers in Psychology*, 2019. 10 (322).
- [9] Ambach, W. and M. Gamer, Chapter 1 - Physiological Measures in the Detection of Deception and Concealed Information, in *Detecting Concealed Information and Deception*, J.P. Rosenfeld, Editor. 2018, Academic Press. p. 3-33.
- [10] Rosenfeld, J.P., et al., Chapter 6 - Effects of Motivational Manipulations on the P300-Based Complex Trial Protocol for Concealed Information Detection, in *Detecting Concealed Information and Deception*, J.P. Rosenfeld, Editor. 2018, Academic Press. p. 125-143.
- [11] Tsiamyrtzis, P., et al., Imaging Facial Physiology for the Detection of Deceit. *International Journal of Computer Vision*, 2007. 71(2): p. 197-214.
- [12] Pavlidis, I., N.L. Eberhardt, and J.A. Levine, Seeing through the face of deception. *Nature*, 2002. 415(6867): p. 35-35.
- [13] Gálvez-García, G., et al., A trifactorial model of detection of deception using thermography. *Psychology, Crime & Law*, 2020: p. 1-22.
- [14] Derakhshan, A., et al., Network physiology of 'fight or flight' response in facial superficial blood vessels. *Physiological Measurement*, 2019. 40(1): p. 014002.
- [15] Derakhshan, A., et al., Identifying the Optimal Features in Multimodal Deception Detection. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2020. 4(2): p. 25.
- [۱۶] ا. درخشان، م. ع. خلیل‌زاده و ا. محمدیان، آشکارسازی استرس با استفاده از سیگنال دمای میانگین ناحیه دور چشم، مهندسی برق مدرس، ۱۳۸۹، سال دهم (۴).
- [۱۷] م. قدوسی، ز. بهمنی، و ا. محمدیان، تشخیص فریب با استفاده از ویدئوی حرارتی ثبت شده از چهره فرد در حین پروتکل دروغ سنجی زمان کوتاه، در بیستمین کنفرانس مهندسی پزشکی ایران، ۱۳۹۲.
- [18] Panasiti, M.S., et al., Thermal signatures of voluntary deception in ecological conditions. *Scientific Reports*, 2016. 6(1): p. 35174.
- [19] Shastri, D., et al., Perinasal imaging of physiological stress and its affective potential.

- [42] Derakhshan, A., et al. Preliminary study on facial thermal imaging for stress recognition. in *Intelligent Environments (Workshops)*. 2014.
- [43] Pollina, D.A., S.M. Senter ,and R.G. Cutlip, HEMIFACIAL SKIN TEMPERATURE CHANGES RELATED TO DECEPTION: BLOOD FLOW OR THERMAL CAPACITANCE? *Journal of Global Research in Computer Science*, 2015. 6 (4).
- [44] Mitani, A.A., P.E. Freer, and K.P. Nelson, Summary measures of agreement and association between many raters' ordinal classifications. *Annals of epidemiology*, 2017. 27(10): p. 677-685.e4.
- [45] G, C., Cohen's kappa compute the Cohen's kappa ratio on a 2x2 matrix. 2007.
- [46] Kassin, S.M. and C.T. Fong, "I'm innocent!": Effects of training on judgments of truth and deception in the interrogation room. *Law and Human Behavior*, 1999. 23(5): p. 499-516.
- [47] Mann, S., A. Vrij, and R. Bull, Suspects, lies, and videotape: An analysis of authentic high-stake liars. *Law and human behavior*, 2002. 26(3), p. 365-376.
- [48] Mann, S., A. Vrij, and R. Bull, Detecting True Lies: Police Officers' Ability to Detect Suspects' Lies. *Journal of applied psychology*, 2004. 89(1): p. 137.
- [49] Vrij, A., S. Mann, and R.P. Fisher, An empirical test of the behaviour analysis interview. *Law and human behavior*, 2006. 30(3): p. 329-345.
- [50] Horvath, F., J. Blair, and J.P. Buckley, The behavioural analysis interview: clarifying the practice, theory and understanding of its use and effectiveness. *International Journal of Police Science & Management*, 2008. 10(1): p. 101-118.
- [51] Akehurst, L., et al., An evaluation of a new tool to aid judgements of credibility in the medico-legal setting. *Legal and Criminological Psychology*, 2017. 22(1): p. 22-46.
- Clinical and Health Psychology, 2016. 16(2): p. 201-210.
- [32] Bogaard, G., K. Colwell, and S. Crans, Using the Reality Interview improves the accuracy of the Criteria-Based Content Analysis and Reality Monitoring. *Applied Cognitive Psychology*, 2019. 33(6): p. 1018-1031.
- [33] Amado, B.G., R. Arce, and F. Fariña, Undeutsch hypothesis and Criteria Based Content Analysis: A meta-analytic review. *The European Journal of Psychology Applied to Legal Context*, 2015. 7(1): p. 3-12.
- [34] Hauch, V., et al., Can credibility criteria be assessed reliably? A meta-analysis of criteria-based content analysis. *Psychological Assessment*, 2017. 29(6): p. 819.
- [35] Oberlader, V.A., et al., Validity of content-based techniques to distinguish true and fabricated statements: A meta-analysis. *Law and human behavior*, 2016. 40(4): p. 440.
- [36] Ghodsi, S., H. Mohammadzade, and H. Aghajan, Analysis of Brain Connectivity for Epileptic Seizure Prediction using EEG Signals. *Iranian Journal of Biomedical Engineering*, 2019. 13(3): p. 189-207.
- [37] Granger, C.W., Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1969: p. 424-438.
- [38] Schiatti, L., et al., Extended Granger causality: a new tool to identify the structure of physiological networks. *Physiological measurement*, 2015. 36(4): p. 827.
- [39] Vrij, A., Cooperation of liars and truth tellers. *Applied Cognitive Psychology*, 2005, 19 (1), p. 39-50.
- [40] Tsiamyrtzis, P., et al., Imaging facial physiology for the detection of deceit. *International Journal of Computer Vision*, 2007. 71(2): p. 197-214.
- [41] Rajoub, B.A. and R. Zwiggelaar, Thermal facial analysis for deception detection. *IEEE transactions on information forensics and security*, 2014. 9(6): p. 1015-1023 .