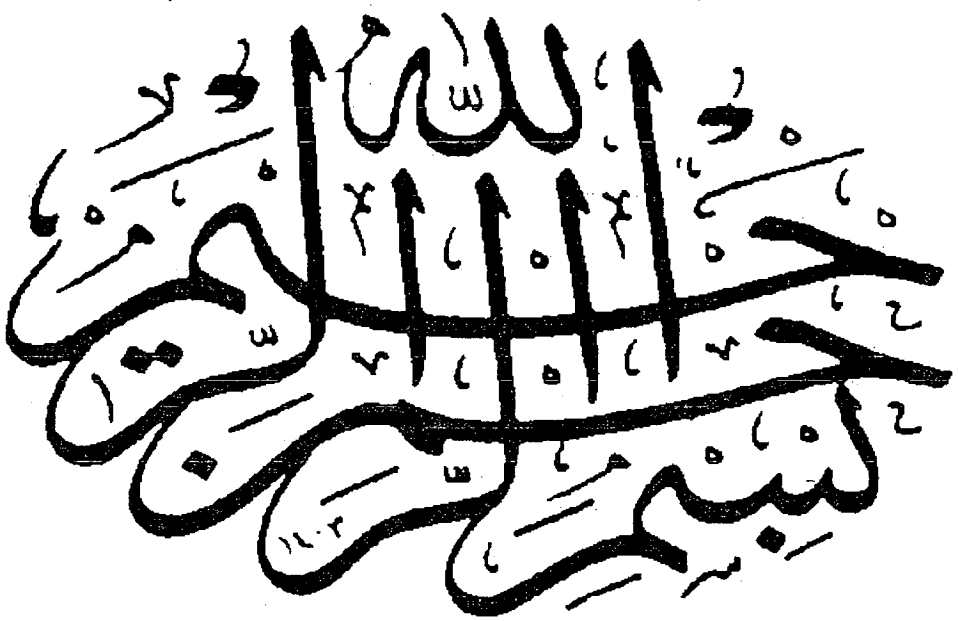


٢٠٣٣٩٩٦ـ١٤٣٤٥٠

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته فناوری اطلاعات

ارائه یک روش پردازش پیوسته سیگنال در سیستم‌های واسط مغز-رایانه مبتنی بر سیگنال‌های ECoG و EEG

نگارنده
فاطمه خادمی

استاد راهنمای اصلی
دکتر اردشیر بحرینی نژاد

استاد مشاور
دکتر یعقوب فتح الهی

۱۳۹۰/۱/۲۲

اسفند ۱۳۸۸

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۱۵۳۴۵۰

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

خانم فاطمه خادمی پایان نامه ٦ واحدی خود را با عنوان ارائه یک روش پردازش پیوسته سیگنال در سیستمهای واسط مغز- رایانه مبتنی بر سیگنال های ECoG وEEG در تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/۱ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - مهندسی فناوری اطلاعات-سیستمهای اطلاعاتی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر اردشیر بحرینی نژاد	استادیار	
استاد مشاور	دکتر یعقوب فتح اللهی	استاد	
استاد ناظر	دکتر محمد فیروزآبادی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر سیدکمال الدین ستاره دان	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر عباس آسوشه	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ٤- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ٥- این آیین‌نامه در ٥ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/٤/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/٤/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب.....فاطمه خادمی.....دانشجوی رشته.....فناوری اطلاعات..... ورودی سال تحصیلی....۱۳۸۸.... مقطع ...کارشناسی ارشد.... دانشکده .فنی و مهندسی... متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:.....

تاریخ: .....

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته فناوری اطلاعات است که در سال ۱۳۸۸ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر بحرینی نژاد ، مشاوره جناب آقای دکتریعقوب فتح الهی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب فاطمه خادمی دانشجوی رشته فناوری اطلاعات مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: فاطمه خادمی

تاریخ و امضا:

تقدیم به

پدر و مادر فداکارم

برادر و خواهر مهربانم

تقدیر و تشکر

نگارش این پایان‌نامه مرهون همکاری و راهنمایی‌های جمعی از اساتید و دوستان گرامی می‌باشد. بدین-وسیله مراتب سپاس و تشکر خود را از کلیه این عزیزان ابراز می‌نمایم.

ابتدا وظیفه خود می‌دانم که از جناب آقای دکتر اردشیر بحرینی‌نژاد کمال تشکر را داشته باشم. راهنمایی‌ها و حمایت‌های مشفقانه ایشان نه‌تنها در طول این دوره از زندگی این‌جانب بسیار تاثیرگذار بوده است، بی‌شک تجربه‌های آتی نیز موثر از درس‌های علمی و انسانی خواهد بود که در محضر ایشان آموخته‌ام.

از جناب آقای دکتر یعقوب فتح‌الهی که با رهنمودها و حمایت‌های بی‌دریغ خود انجام این مطالعه را امکان‌پذیر نمودند نهایت سپاس را دارم.

از جناب آقای دکتر هاشمی فشارکی و سرکار خانم حسینی در بیمارستان خاتم الانبیا به دلیل همکاری-های همه جانبه قدردانی می‌کنم.

از سرکار خانم سارا نادری که با زحمات خود امکان استفاده از سیستم‌های آزمایشگاه صنایع را به منظور پردازش داده‌ها فراهم کردند، بسیار متشکرم.

در پایان از کمک‌های صمیمانه همه دوستان خوبم کمال تشکر را دارم.

چکیده

سیستم های واسط مغز-رایانه یک حوزه نوظهور است که زمینه های تحقیقاتی مختلف سخت افزاری، نرم افزاری و پزشکی را دربر می‌گیرد. در فرایند نرم‌افزاری واسط مغز-رایانه پس از ضبط سیگنال‌های مغز، ابتدا سیگنال‌های ناخواسته پالایش می‌شود و ویژگی‌های مورد نظر استخراج می‌گردد. در نهایت نتایج کلاس‌بندی ویژگی‌ها به دستورات ماشین ترجمه می‌شود. با توجه به تنوع و تعداد الکترودهای مورد استفاده انتخاب الکترود (کانال اطلاعات) مناسب که حامل اطلاعات مفید است و در نتیجه آن انتخاب ویژگی موثر می‌تواند در افزایش دقت فرایند کلاسبندی و سرعت پردازش کمک نماید.

هدف این مطالعه استفاده از آنتروپی فوریه در یافتن الکترود حاوی اطلاعات موثر است. نظر به‌اینکه داده-های الکتروکرتیکوگرافی دارای مزایایی (بالا بودن نرخ سیگنال به نویز، وضوح طیفی، پهنای باند سیگنال و بالا بودن دامنه سیگنال) نسبت به الکتروانسفالوگرافی هستند؛ در این مطالعه بررسی شده‌اند. از داده‌های الکترو انسفالوگرافی نیز در مرحله اعتبارسنجی استفاده شده است.

در این مطالعه سیگنال‌های ECoG که توسط دانشگاه واشنگتن ثبت شده‌اند مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این سیگنال‌ها حاوی اطلاعات حرکتی ساده مانند باز و بسته کردن دست و دهان در دوره‌های متوالی استراحت-حرکت می‌باشند.

افزایش میزان آنتروپی هم‌زمان با افزایش طول پنجره لغزان در طول سیگنال‌ها بر عدم یکسانی اطلاعات در طول سری زمانی دلالت می‌کند و در نتیجه بر وجود اطلاعات حرکتی در کانال مورد نظر تاکید می-کند. در این روش بر خلاف سایر روش ها هر الکترود با خودش برای تعیین میزان اطلاعات مقایسه می-شود. بنابراین این روش بر داوطلب و کانال پایه ریزی شده است.

کلیدواژه ها: واسط مغز-رایانه، انتروپی فوریه، الکتروانسفالوگرافی، الکتروکرتیگوگرافی، الکترودگزینی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول-مقدمه ۱

۱-۱ معرفی و کلیات ۲

۱-۲ اهمیت موضوع ۷

۱-۳ اهداف مطالعه ۸

۱-۴ سابقه موضوع ۹

فصل دوم-واسط مغز-رایانه ۱۱

۲-۱ مقدمه ۱۲

۲-۲ واسط مغز-رایانه (BCI) ۱۳

۲-۲-۱ واسط قشری به روش تهاجمی ۱۳

۲-۲-۲ واسط قشری به روش نیمه‌تهاجمی ۱۳

۲-۲-۳ واسط قشری به روش غیرتهاجمی ۱۴

۲-۳ سیگنال‌های مغز ۱۶

۲-۴ سیستم‌های BCI ۲۰

۲-۵ خلاصه ۲۱

فصل سوم-ثبت سیگنال و فعالیت وابسته به سیگنال داوطلب ۲۲

۳-۱ ثبت سیگنال و فعالیت وابسته به سیگنال داوطلب ۲۳

۳-۱-۱سیگنال‌های ECoG ۲۳

۳-۱-۲ سیگنال‌های EEG ۲۵
فصل چهارم-روش‌های پردازش سیگنال ۲۷
۴-۱ تبدیل فوریه ۲۸
۴-۱-۱ تبدیل فوریه سریع ۳۰
۴-۲-فیلتر ۳۰
۴-۲-۱ فیلتر میان گذر ۳۰
۴-۲-۲ فیلترباندتوقف (گروه فیلتررد) ۳۱
۴-۲-۳-ناتچ فیلتر ۳۲
۴-۳ مرجع به مرجع به طور میانگین ۳۲
۴-۴ آنتروپی ۳۲
۴-۵ پردازش سیگنال ۳۴
۴-۵-۱ پیش‌پردازش ۳۴
۴-۵-۲ پردازش ۳۵
۴-۶ جمعبندی ۴۰
فصل پنجم-نتیجه‌گیری ۴۴
۵-۱ نتیجه‌گیری ۴۵
فهرست مراجع ۶۰

فهرست جدولها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ جدول دادههای ECoG ۲۴

جدول ۳-۲ جدول دادههای EEG ۲۶

فهرست شکلها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱ شمایی از واسط انسان ماشین ۵

شکل۱-۲ نمونه‌ای از عملیات سیستم BCI ۶

شکل ۲-۱ تصویری از ارایه ECoG ۱۴

شکل ۲-۲ نحوه چیده شدن الکترودهر در EEG ۱۷

شکل۴-۱مثالی از تبدیل فوریه ۲۹

شکل ۴-۲ نمونه‌ای از فیلتر میان‌گذر ۳۱

شکل ۴-۳ نمونه‌ای از فیلتر باند توقف ۳۱

شکل ۴-۴ نمونه‌ای از ناتچ فیلتر ۳۲

شکل ۴-۵ نمایشی از نویزهای شهری ۳۴

شکل ۴-۶ نمایش از توان سیگنال در حالت استراحت ۳۷

شکل ۴-۷ مراحل پردازشی تعیین تاخیر مناسب ۴۱

شکل ۴-۸مراحل محاسبه مقادیر انتروپی فوریه در طول سیگنال ۴۲

شکل ۴-۹ مراحل پردازش آنتروپی فوریه در یک پنجره ۴۳

شکل ۵-۱ نتایج اتوکریلیشن ۴۶

ادامه شکل ۵-۱ ..... ۴۷

ادامه شکل ۵-۱ ..... ۴۸

شکل ۵-۲ نمایش صفرهای تابع اتوکریلیشن ۴۹
شکل ۵-۳ محاسبات آنتروپی ۵۰
ادامه شکل ۵-۳ ..... ۵۱
ادامه شکل ۵-۳ ..... ۵۲
شکل ۵-۴ روش تفسیر نمودارهای آنتروپی ۵۲
شکل ۵-۵ نمودار خطوط ماکزیمم و مینیمم ۵۳
شکل ۵-۶ نمایشی از میانگین توان سیگنال الکترود انتخاب نشده ۵۵
شکل ۵-۷ نمایشی از میانگین توان سیگنال الکترود انتخاب شده ۵۵
شکل ۵-۸ محاسبه آنتروپی فوریه در داده‌های EEG ۵۷
شکل ۵-۹ الکترودهای انتخاب شده بدون هم‌پوشانی پنجره‌ها ۵۸
شکل ۵-۱۰ الکترودهای انتخاب شده با هم‌پوشانی پنجره‌ها ۵۹

فهرست علائم و اختصارات

Action Potential	AP
Ambient Intelligence	AmI
Approximate Entropy	ApEn
Brain-Computer Interface	BCI
Brain-Machine Interface	BMI
Central Neural System	CNS
Common Average Reference	CAR
Discrete Fourier Transform	DFT
Electrocorticograghy	ECoG
Electroencephalography	EEG
Event Related Desynchronization	ERD
Event Related Synchronization	ERS
Evoked Potential	EP
Female	F
Fast Fourier Transform	FFT
Fisher Ratio	FR
Fourier Transform	FT
Functional Magnetic Resonance Imaging	fMRI

Genetic Algorithm	GA
Human-Computer Interface	HCI
Human-Machine Interface	HMI
Left	L
Magnetoencephalography	MEG
Male	M
Near-Infrared Spectroscopy	NIRS
Peripheral Nervous System	PNS
Right	R
Slow Cortical Potential	SCP
Sparse Logistic Regression	SLR
Steady State Visual Evoked Potential	SSVEP
Support Vector Machine	SVM
Thought Translation Device	TTD

فصل اول

مقدمه

۱-۱ معرفی و کلیات

رشد تصاعدی حجم و پیچیدگی اطلاعات، مشکل جدیدی به نام سربار اطلاعاتی را وارد زندگی روزمره در دوره معاصر کرده است. بنابراین نیاز به افزایش دامنه استفاده سیستم‌های هوشمند به منظور هدایت پایگاه داده‌ها، تشخیص غیرطبیعی‌ها[۱]، استخراج الگوها از کلمات، تصاویر و صداهای ناپیوسته بامعنی، بیش از پیش احساس می‌شود.

هوش محیطی[۲] یک ایده نوظهور به منظور کشف دانش است که به طور ذاتی به عنوان یک زبان طراحی محاسباتی نامحسوس و محیط هوشمند مطرح شده است. پس از ظهور آن در دهه نود میلادی، AmI به بلوغ رسید و به عنوان یک ایده جدید پردازش اطلاعات توانست از زمینه‌های میان رشته‌ای[۳] در علوم رایانه، طراحی تعاملات و محاسبات سیار[۴] وعلوم شناختی به خوبی استفاده کند (Cai., 2007).

---

[1] Abnormality
[2] Ambient Intelligence
[3] Multidisciplinary
[4] Mobile

یکی از حوزه‌هایی که در دامنه AmI قرار می‌گیرد، واسط مغز-رایانه[1] است. واسط مغز-رایانه به عنوان یک کانال پتانسیلی واسط انسان-رایانه[2] با هدف کشف دانش است. BCI به عنوان یک واسط برای انسان‌هایی با مشکلات فیزیکی طراحی شده‌است و این امکان را می دهد تا اطلاعات بطور مستقیم از مغز انسان گرفته شده، سپس با توجه به قصد، علایق و احساس او به کامپیوترهای یکپارچه بازخوردی بدهد (Garipelli et al.,2007).

سال‌هاست که تحلیل‌گران اطلاعات، به دنبال روشی با هدف پیونددادن مزیت‌ها، سبک‌ها، نیت‌ها و سایر خصوصیت‌های هوشمندی به سیستم‌های کشف دانش بوده‌اند، که بیشتر روش‌های آنها مبتنی بر کاربر به‌صورت تهاجمی[3] بوده‌است. BCI رهیافت قدرتمند برای حل مسائل و تناقضات با هدف تعامل مستقیم با اشیای هوشمند است.

ما پیوسته با ماشین‌هایی مانند رایانه‌ها، وسایل مختلف و حتی ربات‌ها کار می کنیم. این تعامل‌ها در واسط انسان- ماشین[4] مطرح می‌شوند. از نقطه نظر کنترل جریان اطلاعات می‌توانیم تعامل‌های واسط انسان-ماشین را با شکل ۱-۱ نشان دهیم. تعامل ما با واسط‌ها در شبکه عصبی ما نهفته است، مغز ترجمه دستورات حرکتی پیچیده را انجام می دهد و سپس حرکت بوسیله ماهیچه‌های هدف توسط اعصاب محیطی انجام می‌شود. نتیجه فعالیت ما توسط حواس ما (بینایی، شنیداری، لامسه...) جمع‌آوری شده به

---

[1] Brain-Computer Interface
[2] Human-Computer Interface
[3] Invasive
[4] Human-Machine Interface

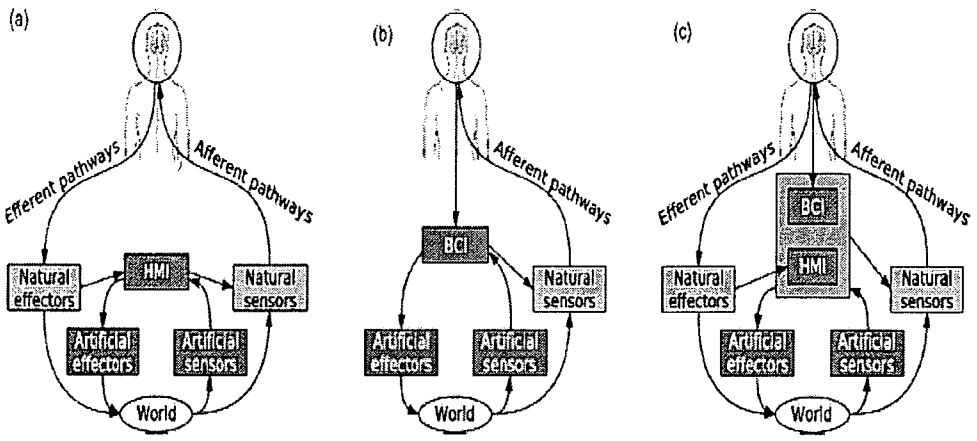
سیگنال‌های حواس ترجمه شده و سپس به سیستم اعصاب مرکزی [1] فرستاده می شود (شکل ۱-۱ (a)) (Tonet et al., 2008).

این سناریو ساده‌تر شدنی است؛ ارتباط مستقیم مغز - ماشین. یک واسط مغز - ماشین [2] یا مغز - رایانه می تواند به عنوان یک سیستم که توانایی نظارت بر فعالیت های مغز را دارد مطرح شود. این واسط نیت و قصد افراد را به دستورات وسایل ترجمه می کند. در یک سیستم ایده‌آل واسط بین مغز و رایانه، دستورات حرکتی به جای ارسال از طریق کانال‌های ماهیچه‌ای از طریق کانال‌های هوشمند تاثیر خود را می‌گذارند. فعالیت آنها در محیط بوسیله سیستم حواس تشکیل شده از سنسورهای هوشمند جمع‌آوری شده و به شکل سیگنال‌های عصبی به سیستم اعصاب مرکزی هدایت می‌شوند (شکل ۱-۱ (b)) (Cincotti et al., 2008; Schalk et al., 2008).

سیستم هوشمند می‌تواند در سطوح مختلف استفاده شود مثلا با استفاده از سیگنال‌های الکترومیوگرافی [3] یا سنجش مستقیم سیستم اعصاب محیطی [4]. اما یک واسط واقعی ماشین و مغز فقط با سیستم اعصاب مرکزی تعامل دارد بنابراین واسط مغز- ماشین مستقل از سیستم اعصاب محیطی خواهد بود و این قدرت استفاده ازمحیط را برای بیمارانی که ماهیچه‌های آنها به شدت آسیب‌دیده‌اند فراهم می-کند (Patil and Turner., 2008; Tonet et al., 2008).

---

[1] Central Neural Network
[2] Brain-Machine Interface
[3] Electromyography
[4] Peripheral Nervous System



شکل۱-۱ شمایی از واسط انسان و ماشین: (a) تعامل طبیعی (b) واسط مغز-ماشین (c) تقویت انسانی(Tonet et al., 2008)

واسط مغز-رایانه یا واسط مغز-ماشین به تعاملات با وسائلی اشاره می کند که در آن قصد استفاده کننده به صورت حالت‌های مختلف مغز نشان داده می‌شوند و بعد از استخراج ویژگی به فعالیت مورد نظر ترجمه می‌شود بدون آنکه نیازی به فعالیت فیزیکی باشد. در حال حاضر رشد روز افزونی در استفاده از سیگنال-های مغز با هدف برقراری ارتباط یا هدایت وسایل وجود دارد. امری که مرحون پیشرفت در تکنولوژی‌های اندازه‌گیری در طی دهه‌های گذشته است(Garipelli et al., 2007) .

یک شکل شماتیک از سیستم BCI در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. فعالیت های الکتریکی مغز توسط الکترودها جمع‌آوری می‌شوند (الکترود هایی که در داخل یا خارج از مغز بر روی جمجمه[1] قرار دارند.). از سیگنال های ثبت شده، ویژگی‌ها[2] (به عنوان مثال دامنه های پتانسیل های تحرک آمیز[3] یا

[1] Scalp
[2] Feature
[3] Evoked Potential