فصلنامه آموزش مهندسی ایران، شماره ۳۶، سال نهم، ص۱۳۲- ۱۱۱

معرفی پارامترهای مؤثر در ارزیابی سیستم‌های عملیات از راه دور

حسین مهربان جهرمی و فریدون شعبانی نیا
دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز

چکیده : در این مقاله ضمن معرفی سیستم‌های عملیات از راه دور و خصوصیات آنها، پارامترهایی که به منظور بررسی و ارزیابی این سیستم‌ها باید مورد توجه قرار گیرند، معرفی شده اند. در سال ۱۹۸۵ "ورتوت" و "کویفت" شاخصی را شامل ۳۲ ویژگی برای ارزیابی سیستم‌های عملیات از راه‌دور مکانیکی یا ماشینی ارائه کردند که در این شاخصها به پارامترهایی نظیر پایداری، ردیابی و عوامل امنیتی توجه نشده یا به صورت ناچیز در نظر گرفته شده است. در این مقاله ضمن تعمیم و تصحیح دسته‌بندیهای یاد شده و با استفاده از پیشرفتهای جدید به دست آمده در زمینهٔ سیستم‌های عملیات از راه‌دور، پارامترهای مختلف به منظور ارزیابی سیستم‌های عملیات از راه دور در قالب پنج دستهٔ مختلف پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: عملیات از راه دور، پارامترهای مؤثر، کنترل از راه دور، روبونت و اینترنت.

۱. مقدمه

روبوتیک یک فناوری نوپا، ولی با رشد سریع است. برخی از متخصصان روبوت ادعا می‌کنند که روبوتها نیز همانند کامپیوترها توسعه خواهند یافت و دسترسی به روبوتها و استفاده از آنها به طور گسترده‌ای افزایش می‌یابد، به طوری که روبوتها در هر خانه و مغازه‌ای یافت خواهند شد. در آینده‌ای نزدیک، انجام دادن عملیات و کنترل فرایندها از راه دور ضرورتی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. این عملیات برای نمونه از طریق شبکهٔ اینترنت و با استفاده از کامپیوتر و تجهیزات دیگری نظیر روبوتها و مدارات واسط امکان‌پذیر می‌شود[۹,۱و۱۱]. در سال ۱۹۸۵، ورتوت و کویفت شاخصی شامل ۳۲ ویژگی برای ارزیابی سیستم‌های عملیات از راه‌دور مکانیکی یا ماشینی ارائه کردند[۱] که در آنها به پارامترهایی نظیر کنش پذیری، پایداری، ردیابی و عوامل امنیتی توجه نشده یا به صورت ناچیز در نظر گرفته شده است. در این مقاله ضمن تعمیم و تصحیح این دسته‌بندی و با استفاده از پیشرفتهای جدید به دست آمده در زمینهٔ سیستم های عملیات از راه‌دور، پارامترهای مختلف به منظور ارزیابی سیستم‌های عملیات از راه دور در قالب پنج دستهٔ عوامل مختلف به شرح زیر پیشنهاد شده است:

۱. عوامل مکانیکی

۲. عوامل کنترلی

۳ عوامل انسانی

٤. عوامل امنیتی

٥ عوامل دیگر

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

در بخش دوم این مقاله سیستم‌های عملیات از راه دور از طریق اینترنت معرفی شده است. سپس، در بخش سوم عوامل مکانیکی، در بخش چهارم عوامل کنترلی، در بخش پنجم عوامل انسانی، در بخش ششم عوامل امنیتی، در بخش هفتم سایر عوامل

غیر اساسی و در نهایت، در بخش هشتم ارزیابی و بررسی کیفی و کمّی سیستم‌های عملیات از راه دور ارائه و بررسی شده است.

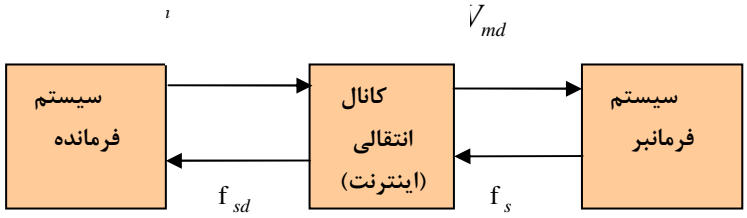
۲. سیستم‌های عملیات از راه دور

۲. ۱. مفهوم کنترل از راه دور

به طورکلی، فناوری کنترل یک وسیله یا یک ماشین از فاصله‌دور و از طریق یک محیط واسطه را عملیات از راه دور می‌نامند[۳،۲]. این فاصله می‌تواند از دهها سانتیمتر[عملیات ظریف] تا میلیونها کیلومتر[کاربردهای فضایی] تغییر کند. عملیات از راه دور دارای اشکال مختلفی است و می‌تواند از طریق هر واسطهٔ ارتباطی صورت گیرد. اخیراً تمرکز اصلی و عمده بر اجرای عملیات از راه دور از طریق اینترنت بوده است[۵،۴،۱]. به دلیل قابلیت دسترسی، گستردگی و هزینهٔ اندک اینترنت محققان بسیاری تلاش خود را بر روی عملیات از راه دور از طریق اینترنت متمرکز کرده‌اند. در واقع، با توسعه و تلفیق علوم روبوتیک و فناوری اینترنت روبوتهای اینترنتی شکل گرفته‌اند که هم‌اکنون انقلابی عظیم و نوپا را در عرصهٔ علوم و صنایع به وجود آورده‌اند. در نتیجهٔ پیشرفتهای به دست آمده در این زمینه [مشابه با اینترنت] یک روبوت نیز وجود خواهد داشت که از طریق آن با کامپیوترها، روبوتهای دیگر و حتی با انسانها ارتباط برقرار می شود. به طورکلی، عملیات از راه دور تعمیم حواس انسان و قابلیت انجام دادن کارها با استفاده از امکانات ربوتیک از یک مکان دور است[۲]. لذا، در حال حاضر منظور از عملیات از راه دور همان فناوری کنترل روبوتها از طریق اینترنت است.

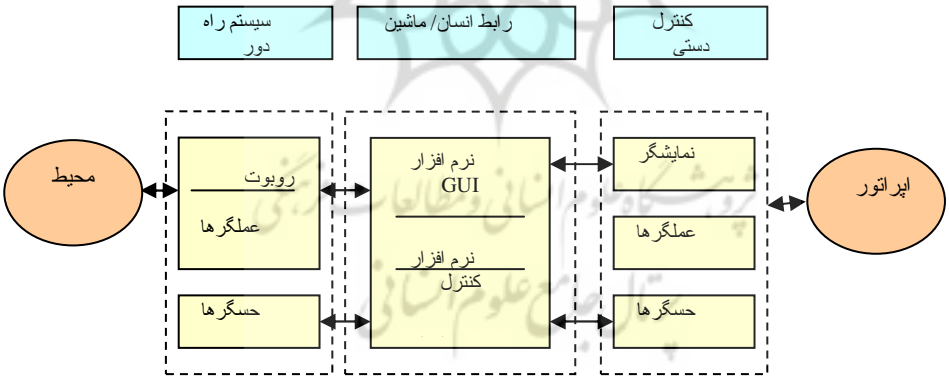
در شکل ۱ ساختار کلی یک سیستم عملیات از راه دور نشان داده شده است. در این ساختار اپراتور از طریق بازوی مصنوعی در طرف فرمانده با اعمال یک نیرو فرمان خود را صادر می‌کند. با اعمال این نیرو بازوی مصنوعی با سرعت V حرکت می‌کند. این سرعت از طریق کانال ارتباطی به سیستم فرمانبر انتقال می‌یابد. بازوی مصنوعی

فرمانبر به سیگنال سرعت دریافتی پاسخ می‌دهد و نیرویی در محیط کار تولید می‌کند. این نیرو مجدداً توسط کانال انتقالی به سیستم فرمانده بازخورد می‌شود.



شکل ۱ : ساختار کلی یک سیستم عملیات از راه دور

وقتی نیروی تماسی از طریق فرمانده به دست اپراتور منتقل می‌شود، به سیستم عملیات از راه دور مربوط اصطلاحاً سیستم دوطرفه گفته می‌شود[۶]. انتقال اطلاعات در یک سیستم عملیات از راه دور در شکل ۲ نشان داده شده است.

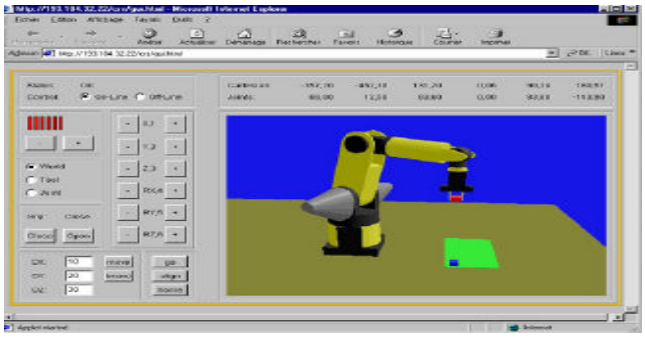


شکل ۲ : انتقال اطلاعات در یک سیستم عملیات از راه دور

در سال ۱۹۸۷ شریدان مفهوم "حضور از راه دور" را ارائه کرد که منظور از آن، دریافت اطلاعات کافی و انتقال آنها به انسان به صورتی است که انسان احساس کند که در محل دور دست حضور فیزیکی دارد. در حوزهٔ روبوتیک حضور از راه دور غالباً به یک سیستم‌کنترل شده از راه دور اطلاق می‌شود که با بینایی ماشین، گرافیکهای کامپیوتری و حقیقت مجازی ترکیب شده باشد [۷].

سیستم‌های حضور از راه دور اغلب شامل سه جزء هستند : یک سیستم کامپیوتری به منظور ثبت و نمایش اطلاعات از مکان راه دور ، یک سیستم انتقال شبکه و یک سیستم نمایش به منظور اینکه کاربر خود را در مکان دوردست احساس کند[۶ و۷] (شکلهای ۳ و ۴).

شکل۳: اجزای یک سیستم حضور از راه دور



شکل٤ : نمونه‌ای از به کارگیری حقیقت مجازی در سیستم عملیات راه دور

به روشهای مختلفی می توان سیستم های عملیات از راه دور را دسته بندی کرد که یکی از آنها دسته بندی بر اساس معیار ورتوت به صورت زیر است:

- **دسته بندی بر اساس فاصله از محل کار**
- **دسته بندی بر اساس حجم کار**
- **دسته بندی بر اساس بازوی ربوت**
- **دسته بندی بر اساس روش کنترلی**
- **دسته بندی بر اساس مدارات واسطه**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳. عوامل مکانیکی

۳. ۱. فضای قابل دسترسی توسط سیستم فرمانبر

این محدوده به وسیلهٔ دو عنصر مشخص می‌شود :

الف. حجمی که در آن انتهای سر عملگر نهایی می‌تواند حرکت کند؛

ب. جهت یا شکل عملگر نهایی برای هر نقطه در این حجم.

۳. ۲. بار مؤثر و نیروی قابل دسترس

بار مؤثر و نیروی قابل دسترس شامل وزنی است که می‌تواند از طریق فضای قابل دسترس جا به جا شود. این عامل را نباید با بازده که عبارت از حداکثر وزنی است که یک عملگر می‌تواند به صورت عملی به کار گیرد، اشتباه گرفت. نسبت بین بار مؤثر و نیروی ماکزیمم، ایزوتروپی عملگر را مشخص می‌کند.

۳. ۳. نیروی گرفتن

اگر عملگر به یک دستگیره مجهز باشد، باید به نحوی عمل کند که نیروی گرفتن با عمل در بار مؤثر (وزن) دستگیره یا با نیروی اعمال شده به شیء سازگار باشد(عملکرد دینامیک یا استاتیک).

۳. ٤. نسبت بارمؤثر به جرم بازو(نسبت جرم)

نسبت بار مؤثر به جرم باز و یک ویژگی بسیار مهم عملگرهای نصب شده بر روی انتقال دهنده‌های بزرگ محسوب می‌شود و همچنین، یک پارامتر اساسی برای سیستم‌های مفصل‌بندی شده‌ای است که همه یا بخشی از وزن خود را بلند می‌کنند.

۳. ۵. تعداد درجات آزادی

هرچه تعداد درجات آزادی سیستم بیشتر باشد، قابلیت تغییر و جابه جایی سیستم بیشتر است. ولی در عین حال، پیچیدگی سیستم و حجم محاسبات نیز با افزایش درجهٔ سیستم بیشتر خواهد شد. در شکل ۵ یک سیستم با ۶ درجه آزادی نشان داده شده است.

شکل۵ : روبوت طراحی شده با ٦ درجه آزادی

۳. ٦. کوپل بین مفاصل

اتصال بین موتورها و مفاصل یک مسئله مکانیکی جدی است. عموماً "اصل تزویج" یک عیب محسوب می‌شود، ولی در کاربردهایی خاص ممکن است یک مزیت باشد.

۳. ۷. فشردگی

فشردگی به عملگر این امکان را می‌دهد که کوچک ترین حجم ممکن را برای انتقال اشغال کند. این عمل برای عملگرهای مربوط به زیردریاییها یا ماهواره‌ها بسیار سودمند است. این عملگرها همچنین، در صنعت انرژی هسته‌ای استفاده می‌شوند که در آن عملگرها باید قادر به حرکت در داخل و خارج از محل قرارگیری خود باشند، بنابراین، این قابلیت باعث حداقل شدن آلودگی هسته‌ای می‌شود.

۳. ۸. گشتاور روی بازو

یکی از اعمال متداول در عملیات از راه دور بستن و باز کردن(شل کردن و محکم کردن) کشوها، مهره‌ها و پیچهاست. بنابراین، گشتاور چرخشی دستگیره برای انجام دادن این کارها باید به اندازهٔ کافی بزرگ باشد.

۳. ۹. اینرسی

اینرسی معیاری از سختی در شتاب یا ترمز است و ممکن است باعث جا به جایی و نوسان هنگام تعقیب یک هدف شود. منشأ آن می‌تواند مکانیکی یا الکتریکی(تأخیر) باشد.

۳. ۱۰. واکنش

واکنش در اغلب سیستم‌های "چرخ‌دنده‌ای" وجود دارد و به صورت هیسترزیس ظاهر می‌شود. برای نمونه، در اثر این ویژگی در صورتی که فرمانی به وسیلهٔ پتانسیومتر برای چرخش چرخ‌دنده صادر کنیم، یک ناحیهٔ مرده وجود دارد که در آن چرخ‌دنده حرکت نمی‌کند. این امر باعث بروز مشکلات مهمی در کنترل کامپیوتری می‌شود و بر روی دقت اثر می‌گذارد.

۳. ۱۱. اصطکاک

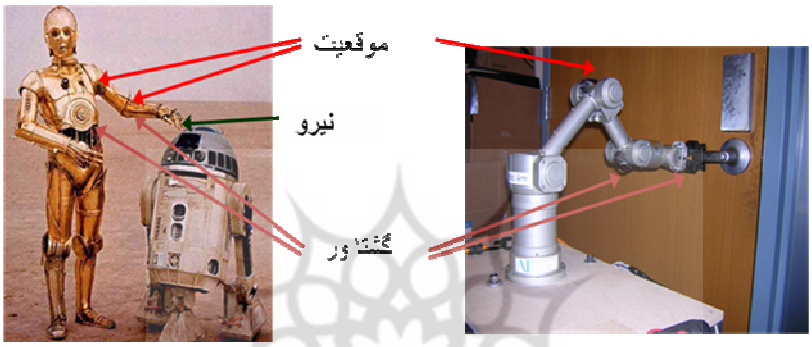
بسته به نوع اصطکاک(خشک یا ویسکوز) تأثیر آن بر روی اپراتور می‌تواند متفاوت باشد. اصطکاک خشک به صورت آستانه‌هایی ظاهر می‌شود که بر حسب سطوح آستانه‌ها بر روی دقت حرکت و خستگی اپراتور اثر می‌گذارد. اصطکاک ویسکوز بنابر ماهیت خطی‌اش با کنترل مؤثر مخالفت نمی‌کند، اما اپراتور باید انرژی را متناسب با سرعت بالا ببرد.

۳. ۱۲. قابلیت انعطاف

آزمایشها نشان داده‌اند که قابلیت انعطاف هنگامی‌که فرمانها برای تعیین موقعیت دقیق صادر می‌شوند می‌تواند یک عامل خطا باشد، ولی در یک سیستم مکانیکی فرمانده-فرمانبر که در آن قابلیت انعطاف در یک محدودهٔ مشخص ثابت می‌ماند، می‌تواند مفید باشد.

۳. ۱۳. تقابل بین حرکات ممکن و حرکات لازم برای انجام دادن کار

این ویژگی به فضای قابل دسترس و درجهٔ آزادی (DOF) مربوط می‌شود که عبارت از ساختار هندسی عملگر و محدودهٔ هر مفصل است؛ این خصوصیت را Compliance نیز می‌نامند.



شکل٦ : عوامل موقعیت،گشتاور و نیرو در عملیات از راه دور

٤. عوامل کنترلی

٤. ١. معیار پایداری

معیار پایداری بیانگر توانایی برای هدایت بازو از یک وضعیت به وضعیت دیگر به صورت یکنواخت [بدون لغزش] و برای به دست آوردن ترکیب دلخواه بدون ایجاد هیچ گونه نوسان و ارتعاش است. این عامل به طورعمده به تنظیم سیستم‌های سرو، به ویژه در سیستم‌های دوطرفه[که در آنها یک حلقه به وسیلهٔ دست اپراتور بسته می‌شود] بستگی دارد. در واقع، بهرهٔ کنترل‌کننده‌ها در یک سیستم بر اساس معیارهای پایداری، ردیابی و پایبندی سیستم تعیین می‌شود. پایداری سیستم اغلب با استفاده از معیار پایداری مقاوم ارزیابی می‌شود.[۱۲,۱۱].

٤. ۲. معیار ردیابی

پس از پایداری مهم ترین پارامتر کنترلی، ردیابی موقعیت فرمانبر از فرمانده است. یک سیستم حلقه بسته را طوری در نظر می‌گیریم که بازوی روبوت در سیستم فرمانبر قرار دارد و سیگنال ورودی به سیستم، دستورهای موقعیت در فرمانده و خروجی سیستم، موقعیت فرمانبر است. ردیابی به مفهوم خطای بین موقعیت فرمانبر و دستورهای موقعیتی فرمانده است. ردیابی در فضای آزاد صورت می‌گیرد و تداخل بین محیط و بازوی روبوت هیچ نقشی را در ردیابی ایفا نمی‌کند. بر این اساس، یک تابع حساسیت برای تنظیم کرانهایی برای کارایی مطلوب مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در واقع، اغلب از یک تابع حساسیت به منظور تعیین معیار ردیابی استفاده می‌شود.

٤. ۳. معیار پایبندی

معیار پایبندی که در سال ۱۹۹۳ "لورنس"[۸] آن را ارائه کرده است، به مفهوم نسبت امپدانس منتقل شده به امپدانس محیط است. اما پایبندی برای برخی از اعمال[نظیر جراحی از راه دور]، به صورت حساسیت امپدانس منتقل شده نسبت به تغییرات در محیط تعریف می‌شود.

٤. ٤. معیار کارایی

تعاریف مختلفی برای کارایی در مقالات مختلف آمده است[۷،۱و۸]. در صورت پایدار بودن سیستم، ردیابی و پایبندی دو معیاری هستند که کارایی یک کنترل‌کننده را تعیین می‌کنند. لذا، منظور ما از یک سیستم کارا سیستمی است که به طور مناسب ردیابی را انجام دهد و در عین حال پایدار باشد.

٤. ٥. سرعت و شتاب

در عملگرهای فرمانده-فرمانبر مکانیکی یا عملگرهای سرو دوطرفه سرعت یک عملیات به وسیلهٔ سرعتی که در آن عملگر بازوی فرمانده را حرکت می‌دهد و نیز محدودیتهای سرعت مربوط به بازوی فرمانبر مشخص می‌شود.

٤. ٦. دقت مکانی

اگرچه این پارامتر به عوامل مکانیکی نظیر قابلیت انعطاف یا واکنش وابسته است، ولی این پارامتر همچنین، به کلیهٔ عناصر کنترل[نظیر حسگرها و حلقه‌های سرو کنترل] نیز وابسته است. هنگامی‌که عملیات از راه دور به صورت مکانیکی یا الکتریکی کنترل می‌شود، دقت مطلق در مجموعه عملیات محورهای مختصات اهمیتی ندارد. اپراتور سیستم را به کمک موقعیت نسبی عملگر نهایی که به وسیلهٔ چشم مشخص می‌شود، کنترل می‌کند و اپراتور وضعیت را با اصطلاحاتی نظیر نزدیک تر، پایین‌تر، جلو و غیره تجزیه و تحلیل می‌کند. اما در فرایندهایی که کامپیوتر به صورت جزئی یا کلی جایگزین مانور اپراتور می‌شود، به دو مطلب باید توجه داشت : اول اینکه بازوی فرمانبر به حسگرهای مناسبی مجهز است و فرمانها نسبت به هدف، که محیط را تشکیل می‌دهد، داده می‌شوند. در این حالت، دقت مطلق نسبت به مجموعهٔ ثابتی از محورهای مختصات ضروری نیست [۱۵,۱۳] . برای نمونه، می‌توان از کنترل تطبیقی برای عمل بر روی بازو تا زمانی که فاصله، با یک تلرانس مجاز، به مقدار مطلوب برسد، استفاده کرد. نکتهٔ دوم اینکه بازوی فرمانبر یک روبوت نسل اول است که به صورت حلقه باز نسبت به محیط عمل می‌کند. این تنها موردی است که در آن دقت مکانی به عنوان یک عامل ضروری و مهم مطرح است. زمانی که می‌توان انحراف را مدلسازی کرد، مدل انحراف استاتیک امکان محاسبهٔ دقت در سیستم‌های سخت تحت سرعت بسیار کم را فراهم می سازد.

٤. ۷. رزولوشن مکانی

این پارامتر مربوط به کوچک ترین حرکتی است که سیستم می‌تواند ارائه کند که گاهی می‌تواند بیانگر مفهوم مخالف دقت در سیستم باشد. در عملیات از راه دور رزولوشن بهتر از دقت است و از اصطکاک و بهرهٔ سرو کنترل مشتق می‌شود. کوچک ترین جابه جایی نیاز به یک عامل اصطکاک دارد که به آن غلبه شود. بنابراین، مقدار آن با معکوس بهره متناسب است.

٤. ۸. انحراف

انحراف به ویژه در سیستم‌های کنترل کلید فشاری قابل ذکر است و بیانگر یک حرکت پیوسته در سرعتهای بسیار کم بازوی فرمانبر از ترکیب مطلوب است. هنگامی که کنترل سرو سرعت وجود دارد، انحراف متناظر با این واقعیت است که سرعت صفر به سادگی به دست نمی‌آید و این ممکن است به بازگشت‌پذیری جزئی در سیستم منجر یا باعث نشت هیدرولیکی در زمان خاموش بودن تغذیهٔ سیستم شود. به همین دلیل، در بسیاری از عملگرها ترمزهایی برای توقف متحرکها هنگام خاموش بودن منبع تغذیه وجود دارد [۱۴].

۵- عوامل انسانی

۵. ۱. حساسیت

حساسیت اغلب با پایداری ترکیب می‌شود و نسبت بین یک حرکت بسیار کوچک در سیستم فرمانده و حرکت متناظر در بازوی فرمانبر را بیان می‌کند. یک عملگر راه دور بسیار حساس به صورت دستی و بر حسب سرعت بسیار سخت کنترل می‌شود، اما کنترل موقعیت آن به خوبی انجام می‌گیرد. این امر بیانگر نیاز به مصالحهٔ بین واکنش، اصطکاک، بهرهٔ سرو کنترل و میزان جابه جایی فضایی برای دستیابی به ارگونومیکهای توسعه یافته است. تشریح می‌کند. متأسفانه، چون کار بر روی این

موضوعات تنها در آغاز راه است، این نکات به طور کامل فهمیده نشده و به کیفیت کنترل‌پذیری و بازخورد به ویژه باز خورد نیروی سیستم مرتبط شده‌اند.

۵. ۲. کیفیت باز خورد سیگنالهای کنترل به اپراتور

این یک ویژگی مهم است که تعریف آن مشکل است، اما بسیار مطلوب است، چون به اپراتور اجازه می‌دهد یک سیاست کنترلی را توسعه دهد. اهمیت بازخورد بینایی شناخته شده است، اما بازخورد نیرو [که ممکن است با کنترل کلید فشاری یا ابزار جانبی کامپیوتر مواجه شود] نیز بسیار مهم است.

۵. ۳. طراحی ایستگاه کنترل

به منظور راه‌اندازی یک عملکرد تحت بهترین شرایط ممکن، اپراتور نباید از نظر روحی یا جسمی به سرعت خسته شود. برای اجتناب از این اثرها، سیستم کنترل باید قابل تطبیق با فرم انسان و همچنین، با وضعیتها و حرکتها و نیز نیروهای اعمال شده باشد. علاوه بر این، سیگنالهای بازخورد دریافت شده به وسیلهٔ اپراتور نباید از یک میزان بخصوصی تجاوز کنند. در همین حال، آنها باید فکر و توجه مورد نیاز اپراتور را به حداقل برسانند.

۵. ٤. عملگرهای کامپیوتر

این عملگرها باید جایگزینی ساده برای اپراتور باشند، به صورت موازی عمل و به اپراتور اطلاعات کافی را منتقل کنند. لذا، به طور کلی شامل رابط انسان- ماشین هستند.

۵. ۵. ملزومات اپراتور

عامل ملزومات اپراتور به رابطهٔ بین زمان مورد نیاز برای تعلیم یک اپراتور برای نحوهٔ استفاده از سیستم عملیات راه دور و بهرهٔ هوشی او مربوط می شود.

٦. عوامل امنیتی

ملزومات امنیتی در کاربردهای متعدد تهدیدی جدی به شمار می‌رود. امنیت یکی از موانع مهم بر سر راه پیاده‌سازی سیستم‌های مختلف نظیر سیستم‌های عملیات از راه دور بر روی شبکهٔ اینترنت به شمار می‌رود. هدف امنیت در اینترنت تضمین محرمانه بودن، قابلیت اعتماد، صحت و تغییر ناپذیر بودن اطلاعات منتقل شده در یک شبکه از طریق پیامهاست. بدیهی است که حتی اگر بتوان با طراحی یک سیستم کنترل از راه دور خوب به کارایی مطلوب از نظر پایداری، سرعت و عملکرد دست پیدا کرد، ولی در صورت پایین بودن قابلیت اعتماد و پایایی سیستم و آسیب‌پذیری آن از جانب افراد مزاحم، این سیستم یک سیستم قابل قبول نخواهد بود. لذا، توجه به مسئله امنیت در طراحی سیستم‌های عملیات از راه دور امری ضروری است که حتماً باید مورد توجه قرار گیرد[۱۰].

٦. ١. مقاومت

عوامل مقاومت بیانگر ظرفیت یک بخش یا تمام بخشهای یک سیستم الکترومکانیکی یا هیدرومکانیکی برای پیگیری عملکرد تحت شرایط غیر طبیعی است. تضاد بین عملگر و محیط آن [نظیر اتصال کوتاه و غیره] همواره در سرعتهای بالا امکان دارد.

٦. ٢. مقاومت در برابر عوامل محیطی

این عامل، یک جنبه ای از مقاومت است که به خصوصیات فیزیکی محیطی که عملگر(فرمانبر) در آن واقع شده است [نظیر یک محفظه، آب دریا، کوره‌ها، منابع تابش هسته‌ای و ...] مربوط می‌شود. هرچه سیستم عملیات از راه دور ساده‌تر باشد، عملکرد آن از این نظر بهتر خواهد بود.

٦. ۳. اعتبار

عامل اعتبار به وسیلهٔ احتمال رخ دادن یک خرابی(توقف در سیستم) در طول یک فاصلهٔ زمانی داده شده تعریف می‌شود. این عامل با میزان پیچیدگی سیستم ارتباط دارد.

٦. ٤. قابلیت نگهداری یا قابلیت تعمیرپذیری

این ویژگی عبارت از سهولت دسترسی به اجزای مختلف، به ویژه به انتقال‌دهنده‌ها و موتورها، به منظور امکان تعمیر و نگهداری آنهاست. این عامل باید از نظر نگهداری الکتریکی و مکانیکی مورد توجه قرار گیرد.

٦. ٥. قابلیت خودتعمیری

این عامل به قابلیت تعمیرپذیری مربوط می‌شود که ممکن است شامل مداخلهٔ انسان باشد یا نباشد.

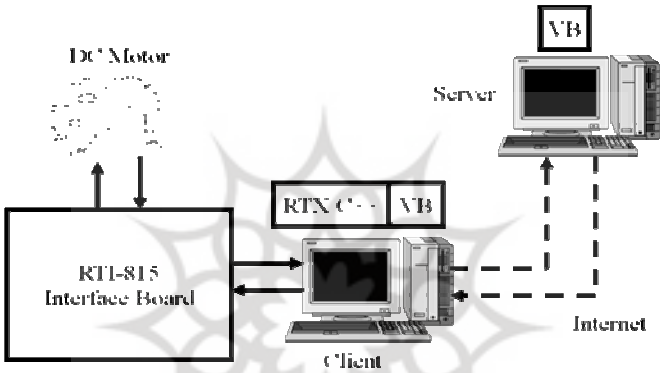
٦. ٦. قابلیت حفظ ایمنی

درست مشابه کامپیوتر که قابلیت ذخیرهٔ مقدار بخصوصی از داده را برای ادامهٔ یک کار، هنگامی که یک خطا(عیب) در قسمتی از سیستم رخ می‌دهد، دارد، یک عملگر راه دور که به نقص تغذیه یا نقص مدار کنترلی دچار شده است، باید هنگام رخ دادن خطا بتواند ترکیب بازو را حفظ کند و به ویژه نباید بار را رها کند. این امر تضمین می‌کند که بار از دست نمی‌رود یا صدمه نمی‌بیند .

٦. ۷. قابلیت محافظت از خود

به منظور محافظت از موتور الکتریکی باید یک فیوز یا قطع‌کنندهٔ مدار در سیستم نصب شود. در مدلهای مکانیکی استاندارد این قابلیت خود- محافظ به وسیلهٔ سوئیچهای انتهایی فراهم می‌شود. قابلیت خود- محافظ در سیستم‌های عملیات از راه

دور دو جنبه دارد: یکی جنبهٔ اطلاع‌رسانی که به وسیلهٔ آن به اپراتور در خصوص وجود خطر هشدار می‌دهیم و دیگری جنبهٔ فعال که در آن با عمل اپراتور به صورت فیزیکی و خودکار مخالفت می‌شود[۱۶]. در شکل ۷ شمای آزمایشگاهی کنترل موتور DC از طریق شبکهٔ اینترنت با استفاده از بورد RTI-815 و++RTX/C نشان داده شده است.



شکل۷: نمونه آزمایشگاهی کنترل موتور DC از طریق شبکهٔ اینترنت

٦. ٨. دسترسی‌پذیری

در مواردی که سیستم به طور ثابت یا متناوب مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، راه‌اندازی سیستم در موارد لزوم بسیار مهم است. در این خصوص کامپیوتر می‌تواند کمک بزرگی به ما بکند.

۷. عوامل دیگر

۷. ۱. هزینه

بر خلاف روبوت صنعتی، عملگر راه دور کمتر در خط تولید به کار گرفته می‌شود. در نتیجه، تعداد کمی از عملگرهای راه دور تولید شده‌اند و از آنها به عنوان تجهیزات ایمنی بهره‌برداری می‌شود و به عنوان رزروی برای شرایط اورژانسی نگهداری می‌شوند.

همهٔ این عوامل به بالا رفتن قیمت آنها منجر شده است و در ضمن، به دلیل اینکه زیاد مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، قضاوت در باره قیمت آنها نیز مشکل است.

۷. ۲. توان مجتمع و کارایی انرژی

محرکهای الکتریکی یا هیدرولیکی اغلب به منابع تغذیه‌ای با چندین کیلو وات در محیط فرمانبر نیاز دارند. این منبع به اندازه و وزن سیستم فرمانبر اضافه می‌شود و می‌تواند به شدت در مواردی نظیر زیردریاییها و در پرتاب یک ماهواره مشکل‌ساز باشد. تلاش برای توسعهٔ کارایی انرژی سیستم عمومی تأثیر عمده‌ای بر وزن نهایی سیستم فرمانبر دارد[۱۷و۱۸].

۷. ۳. زیبایی

مسئله زیبایی فقط در کاربردهای پزشکی و به ویژه برای تجهیزات پروتزی اهمیت دارد. این مهم است که افراد معلول نباید متمایز از افراد سالم به نظر برسند و پروتز تنها نباید با هدف مشابه به نظر رسیدن با عضو واقعی ساخته شود، بلکه باید مشابه عضو واقعی نیز حرکت کند.

۸. ارزیابی

در ارزیابی پارامترهای مؤثر عملیات از راه دور به بررسی کمّی وکیفی ویژگیهای آنها پرداخته می شود و هدف بیان مزیت و تأثیر هر یک از شاخصهای مذکور در بهبود عملکرد این سیستم است. اولین عامل در دسته بندی جدید عامل مکانیکی است که به ۱۳ قسمت تفکیک می شود. به طور کلی، این عوامل به عملگر سیستم از راه دور و خصوصیات و ویژگیها و تقابل بین آنها مرتبطاند. کنترل و عوامل آن به ویژه در سیستم های عملیات از راه دور دوطرفه مطرح است؛ به طوری که برای داشتن یک ارتباط پیوسته و مطمئن بین سیستم های فرمانده و فرمانبر باید به ویژگیهای کنترلی و بالابردن معیارهای آن توجه شود.

عوامل انسانی به سیستم فرمانده و اپراتور و شرایط و ویژگیهایی مربوط می شود که برای بهبود در عملکرد فرمانده است.

امنیت در هر سیستم از مهم ترین مباحثی است که باید مورد توجه قرار گیرد. اگر سیستم عملیات از راه دور دارای سرعت بالا، پایداری و کارایی بالا باشد ولی از نظر امنیتی در مقابل افراد مزاحم ضعیف عمل کند، پذیرفته نخواهد بود. بنابراین، امنیت و عوامل مربوط به آن باید در طراحی سیستم های عملیات از راه دور به طور جدی مورد بررسی قرار گیرد.

پارامترهای دیگری نیز در طراحی این سیستم ها مطرح است، مانند هزینه، زیبایی و... ؛ به عبارتی، در طراحی یک سیستم عملیات از راه دور به مسئله کاهش هزینه توجه می شود. همچنین، در بسیاری از موارد زیبایی کار اهمیت بسزایی دارد. برای مثال در طراحی پروتز دندان علاوه بر عوامل یاد شده، زیبایی آن بسیار مهم است.

۹. نتیجه گیری

با پیشرفت روز افزون تکنولوژی و فناوری اطلاعات و تبدیل شدن دنیا به دهکده جهانی نیاز بشر به سیستم های روبوتیک امری اجتناب ناپذیر است. در این مقاله سعی شده است تا مفهوم و مزایای عملیات از راه دور و پارامترهای اساسی و مؤثر در طراحی این سیستم ها مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد. همچنین، به واسطه قابلیت دسترسی، گستردگی و هزینه کم اینترنت، مبحث اصلی این مقاله روی عملیات از راه دور از طریق اینترنت متمرکز شده است.

در این تحقیق سعی شده است تا بر اساس نظریات و کارهای انجام شده توسط جانسون و کورلیس، ورتوت و کویفت، مارک و سونگ، شریدان، تانر و نایمیر به بررسی پارامترهای اساسی در ارزیابی سیستم‌های عملیات از راه دور پرداخته شود. اولین

دسته بندی توسط ورتوت و کویفت (۱۹۸۵) انجام شد؛ در این تحقیق به بررسی یک سری پارامترهای اساسی پرداخته شده است. در دسته‌بندیهای انجام شده توسط آنها به عوامل کنش پذیری، پایداری، ردیابی، هزینه، زیبایی و عوامل امنیتی اشاره نشده است، لذا، می توان آنها را به عنوان عوامل جدید معرفی کرد. این پارامترها را از نظریات شریدان (۲۰۰۵)، مارک و سونگ و تانر و نای میر(۲۰۰۴) می توان استنباط کرد. سپس، با استفاده از پیشرفتهای جدید حاصل شده در زمینهٔ سیستم‌های عملیات از راه‌دور پارامترهای مختلف در قالب پنج دستهٔ مختلف بیان شده است:

۱- عوامل مکانیکی
۲- عوامل کنترلی
۳- عوامل انسانی
۴- عوامل امنیتی
۵- عوامل دیگر

هر کدام از پارامترهای یاد شده در کاربردهای مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد که در این مقاله ارزیابی شده است.

مراجع

1. Jean Vertut and Philippe Coiffed; **Teleoperation and robotics**; Vol. 3B of Robot Technology, 1985.
2. Dongjun Lee and Mark W. Sponge; "Passive Bilateral Control of Teleoperators Under Constant Time-Delay"; Research Partially Supported by the Office of Naval Research Under Grant N00014-02-1-0011 and the College of Engineering at the University of Illinois, Submitted to IFAC 2005.

3. Leonid Freidovich;"Nonlinear Adaptive Control with Logic-based Switching"; Presented at the Department of Mathematics, Texas A&M University-Kingsville, May 14, 2004.

4. Salcudean S. E., K. Hastrudi-Zaad, S. Tafazoli, S. P. Dimaio, and C. Reboulet; "Bilateral Matched-Impedence Teleoperation with Application to Excavator Control". Cont, Sys. Mag., Vol. 19, No. 6, pp. 29-37, Dec. 1999.
5. Hastrudi-Zaad K. and S. E. Salcudean; "On the Use of Local Force Feedback for Transparent Teleoperation"; Proc. IEEE Int. Conf. Rob Auto., pp. 1863-1869, Detroit, MI, 1999.
6. E. Kamrani, H. R. Momeni and A. R. Sharafat; "A Novel Adaptive Control System For Stable Teleoperation Via Internet" ;Accepted in the Iasted International Conference on Modeling Identification and Control(MIC2005), Innsbruck, Austria, January 14-16, 2005.
7. T. B. Sheridan; "Teleoperation, Telerobotics and Telepresence: A Progress Repor"; Control Engineering Practice, Vol. 3, No. 2, pp. 204-214, 1995.
8. D. Lawrence; "Stability and Transparency in Bilateral Teleoperation"; IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 9, pp. 624–637, October 1993.
۹. فریدون شعبانی نیا و داود توکل پور، "نقش اینترنت در آزمایشگاه های آموزشی و تحقیقاتی دانشکده‌های مهندسی"؛ فصلنامه آموزش مهندسی ایران، شماره ۳۰، سال هشتم، ۱۳۸۵.
۱۰. ابوالقاسم دائی چیان و فریدون شعبانی نیا؛ "کاربرد فناوری اطلاعات در امنیت سیستم های کنترل صنعتی"؛ فصلنامه آموزش مهندسی ایران، شماره ۳۲، سال هشتم، ۱۳۸۵.
11. L. B. Freidovich and H. K. Khalil; "Comparison of Logic-Based Switching Control Designs for a Nonlinear System"; in Proceedings of 2004 American Control Conference, June 30 - July 2, 2004, Boston, Massachusetts, USA, Accepted.

12. L. B. Freidovich; "Logic-Based Switching for the Control of a Class of Nonlinear Systems"; Dissertation for the Degree of Ph.D., Department of Mathematics, Michigan State University, August 2004 [advisors: H.K. Khalil and S.E. Newhouse].

13. N. A. Tanner and G. Niemeyer; “Practical Limitations of Wave Variable Controllers in Teleoperation”; IEEE Conference on Robotics, Automation, and Mechatronics, 2004.
14. Lawrence D. A.; “ Stability and Transparency in Bilateral Teleoperation”; IEEE Trans. Rob Auto., Vol. 9, No. 5,pp. 624-637, Oct. 1993.
15. Haykin S. S.; “Active Network Theory”; Addison-Wesley, 1970.
16. Salcadean S. E.; “Control for Teleoperation and Haptic Interfaces”; Cont. Problems in Rob Auto., B. Sciliano and K. P. Valavanis (Eds), Springer-Verlag LNCIS-230, pp. 51-66, 1998.
17. Colgate J. E. and J. M. Brown; “Factors Affecting the Z-Width of a Haptic Display”; Proc. IEEE Int. Conf. Rob. Auto., pp. 3205-3210, San Diego, CA, 1994.

(تاریخ دریافت مقاله: ۲۹ /۱۳۸۵/۳)
(تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۱۲/۱۴)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی