

ارائه تعریف فضای سایبری و فضای مجازی بر پایه‌ی مبانی علم سایبرنتیک

احسان خوشحال‌پور^۱

^۱ کارشناس ارشد مهندسی فناوری اطلاعات-امنیت اطلاعات، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران
khoshhalpour@chmail.ir

چکیده

فضای سایبری به عنوان یکی از مهم‌ترین پدیده‌های فناورانه‌ی عصر حاضر، تحولات شگرفی را در جوانب مختلف زندگی بشر موجب شده است. حجم، تنوع و سرعت تحولات ناشی از این پدیده، لزوم تدبیر و چاره‌اندیشی برای مواجهه‌ی مؤثر با این پدیده را به امری اجتناب‌ناپذیر بدل نموده است؛ این در حالی است که مواجهه صحیح با این پدیده، نیازمند داشتن شناخت و تعریف صحیح از آن است. علیرغم آنکه تعاریف متعددی از سوی کشورها، نهادها و افراد مختلف برای فضای سایبری ارائه شده است، اما به دلیل عدم توجه به مبانی علمی پیدایش این پدیده، هیچکدام از تعاریف شناخت و درک دقیق و کاملی از آن حاصل نمی‌کنند. در این پژوهش با مراجعه علم سایبرنتیک به عنوان مبنای علمی پیدایش این پدیده‌ی فناورانه، تعریف علمی و دقیقی از فضای سایبری ارائه می‌گردد. همچنین با تمایز قائل شدن میان مفاهیم فضای سایبری و فضای مجازی، تعریف فضای مجازی به عنوان زیرمجموعه و بخشی از فضای سایبری ارائه می‌گردد. تعاریف ارائه شده، تعاریف پایه‌ای بوده و شناخت کلی و صحیح از این مفاهیم حاصل می‌کنند، البته مبتنی و در انطباق با این تعاریف پایه، می‌توان تعاریف کاربردی متناسب با حوزه‌های مختلف کاربرد ارائه داد.

کلمات کلیدی: فضای سایبری، فضای مجازی، سایبرنتیک، سیستم پیچیده، ارتباطات و کنترل، محاسبات مصنوعی.

۱ مقدمه

فضای سایبری به عنوان پدیده‌ای فناورانه، تحولات گسترده و شگرفی را در زندگی بشر موجب گردیده است، به گونه‌ای که پسوند «سایبری» با الحاق به مفاهیم مختلف، مفاهیمی نظیر «جامعه‌ی سایبری»، «امنیت ملی سایبری»، «جنگ سایبری» و «قدرت سایبری» را موجب شده که سبب تغییر معنای این مفاهیم نسبت به معنای اولیه‌ی آنها شده است؛ این در حالی است که هنوز درک صحیحی از مفهوم فضای سایبری وجود ندارد و همین امر سبب عدم درک صحیح از مفاهیم منتج از ادغام این مفهوم با سایر مفاهیم می‌گردد. در این بین

واژگان فضای سایبری و فضای مجازی که مفاهیمی مرتبط اما متمایز هستند نیز گاهی هم‌معنا با هم و به جای هم به کار برده می‌شوند که این امر بر ابهام در حوزه مفاهیم این حوزه افزوده است. با وجود اینکه تعاریف مختلفی برای فضای سایبری ارائه شده است، اما به دلیل اینکه تعاریف موجود بر مبنای شناخت صحیح از پدیده حاصل نشده‌اند، هیچکدام از آنها تعریف کامل و دقیقی نبوده و کارآمدی لازم برای پاسخگویی به نیاز حوزه‌های کاربردی مختلف را ندارند. در مقاله حاضر ضمن ارائه شناخت صحیح از فضای سایبری با مراجعه به مبنای عملی آن یعنی سایبرنتیک، تعریف کامل و دقیقی از این فضا ارائه می‌گردد. مهم‌ترین نوآوری‌های این مقاله عبارت است از:

- مراجعه به علم سایبرنتیک به عنوان مبنای پیدایش فناوری فضای سایبری و ارائه تعریف فضای سایبری مبتنی بر آن؛
- تفکیک قائل شدن میان مفاهیم فضای سایبری و فضای مجازی و ارائه تعاریف مجزا و مرزبندی مشخص برای این مفاهیم؛
- ارزیابی کامل بودن تعریف فضای سایبری با نگاهی سه‌وجهی شامل مولفه‌ها، کارکردها و ماهیت این فضا.

ساختار مقاله حاضر بدین شرح است: در ابتدا در بخش ۲ ضمن ریشه‌یابی چگونگی پیدایش فضای سایبری، به تعاریف مختلف موجود از این فضا اشاره گردیده و نقدهای مطرح نسبت به هر تعریف به طور اجمالی بیان می‌گردد. پس از آن ضمن ارائه شناخت صحیح از مفاهیم پایه‌ای فضای سایبری و تبیین مرزبندی میان دو مفهوم فضای سایبری و فضای مجازی در بخش ۳، در بخش ۴ تعاریف پیشنهادی برای فضای سایبری و فضای مجازی ارائه می‌گردد. در نهایت در بخش ۵ به دلایل ارجحیت تعریف پیشنهادی بر تعاریف موجود اشاره می‌گردد.

۲ مروری بر کارهای دیگران

واژه سایبر در ابتدا از کار مبتکرانه‌ی ریاضیدان آمریکایی نوربرت وینر نشأت می‌گیرد، جایی که او واژه سایبرنتیک را جعل نموده و آن را در کتاب خود به عنوان علم «ارتباطات و کنترل در حیوان و ماشین» تعریف نمود [۱]. هر چند وینر خود از عبارت «فضای سایبری» استفاده نمود، اما تعریف وینر از سایبرنتیک، بیانگر وجوه انسانی و تکنولوژیکی مفهوم سایبر در کنار کارکردهای ارتباطی و کنترلی نهفته در آن است. اولین استفاده از عبارت فضای سایبری به تابلوهای هنری یک هنرمند و معمار دانمارکی به نام سوسانه اوسینگ و شریک او کارستن هاف در خلال سال‌های ۱۹۶۸ تا ۱۹۷۰ میلادی که آن عبارت را برای توصیف تابلوهای هنری شامل اشکال انسان‌هایی که در یک فضای ساخته شده از اشکال هندسی و اندامی قرار گرفته‌اند به کار بردند [۲]. البته کاربرد آنها از این واژه جنبه تکنولوژیکی و رایانه‌ای نداشت و عمدتاً بر تصویرسازی یک چشم‌انداز معماری مستقل از چگونگی امکان‌پذیر بودن تحقق آن تمرکز داشت.

با این حال گسترش عمومی و شهرت این عبارت به دومین کاربرد آن در حدود یک دهه بعد در آثار یک نویسنده‌ی آمریکایی به نام ویلیام گیپسون در داستان کوتاه «صفحه‌ی کرومی سوزان» در سال ۱۹۸۲ و سپس در رمان «نیورمنسر» در سال ۱۹۸۴ - با تعریف فضای سایبری به عنوان «یک توهم توافق‌شده‌ی انبوه میان میلیاردها اپراتور با کمک شبکه‌های رایانه‌ای» - برمی‌گردد [۳]. همانطور که مشخص است در این تعریف ضمن اشاره به عنصر انسانی مشابه توصیف هنرمندان دانمارکی، بر جنبه رایانه‌ای این فضا و ایجاد یک محیط جایگزین برای ارتباطات انسان توسط آن تاکید شده است.

طی سال‌های پس از آن، تعاریف متعددی از سوی کشورها، نهادها، فرهنگ لغات و افراد مختلف برای این فضا ارائه شده است. وزارت دفاع آمریکا (DOD)^۱ فضای سایبری را این‌طور تعریف کرده است: «فضای سایبری، یک دامنه‌ی جهانی درون محیط اطلاعاتی است که از شبکه‌ای به‌هم‌پیوسته از زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و داده‌های مقیم که شامل اینترنت، شبکه‌های مخابراتی، سامانه‌های رایانه‌ای و نیز پردازشگرها و کنترل‌کننده‌های تعبیه شده می‌باشد، تشکیل شده است» [۴]. این تعریف صرفاً بر مولفه‌های تکنولوژیکی این فضا تاکید دارد و هیچ اشاره‌ای به مولفه‌ی انسانی فضا و نیز کارکرد کنترلی آن ندارد. ناتو نیز در تعریفی متفاوت فضای سایبری را اینگونه تعریف کرده است: «محیطی متشکل از مولفه‌های فیزیکی و غیرفیزیکی که با استفاده از رایانه‌ها و طیف الکترومغناطیسی توصیف می‌شود و برای ذخیره‌سازی، اصلاح و تبادل داده با استفاده از شبکه‌های رایانه‌ای بکار گرفته می‌شود» [۵]. در این تعریف بدون اشاره‌ی صریح به مولفه‌های انسانی و تکنولوژیکی و نیز کارکردهای ارتباطی و کنترلی فضا، صرفاً بر ماهیت اطلاعاتی این فضا که کارکردهای این فضا را موجب می‌شود تاکید شده است. آژانس امنیت سایبری و امنیت زیرساخت (CISA)^۲ که واحدی عملیاتی ذیل وزارت امنیت داخلی آمریکا (DHS)^۳ می‌باشد، فضای سایبری را این‌طور تعریف کرده است: «فضای سایبری، سیستم عصبی زیرساخت‌های حیاتی ملی یعنی سیستم کنترلی کشور ماست. فضای سایبری از صدها هزار از رایانه‌ها، سرورها، مسیرهای، سوئیچ‌ها و کابل‌های فیبر نوری متصل به هم است که به زیرساخت‌های حیاتی ما اجازه‌ی کار می‌دهند» [۶]. در این تعریف، ضمن اشاره به مولفه‌های انسانی و تکنولوژیکی، بر کارکرد کنترلی این فضا تاکید شده است، اما کارکرد ارتباطی این فضا مغفول واقع شده است. علیرغم تعاریف متعدد ارائه شده برای فضای سایبری، هیچکدام از تعاریف پیشین تعریف کاملی از این فضا ارائه نمی‌دهند. تعریف کامل از این فضا تعریفی است که تمام مولفه‌ها و کارکردهای فضای سایبری را منعکس نموده و همچنین ماهیت این فضا را روشن نماید. در کنار لزوم کامل بودن، تعریف باید دقیق هم باشد و ضمن پرهیز از استفاده از واژگان اضافه، با استفاده از واژگان علمی و صریح ارائه گردد. لازمی دستیابی به چنین تعریفی مراجعه به مبانی عملی پیدایش این پدیده‌ی فناورانه یعنی سایبرنتیک است. در این مقاله بر پایه‌ی مبانی علم سایبرنتیک، تعریفی کامل، علمی و دقیق از این فضا ارائه می‌گردد. همچنین بر همین اساس با تفکیک قائل شدن میان دو مفهوم فضای سایبری و فضای مجازی، تعریفی مجزا برای فضای مجازی ارائه می‌گردد.

¹Department of Defense²Cybersecurity and Infrastructure Security Agency³Department of Homeland Security

۳ تشریح مفاهیم پایه‌ای فضای سایبری

با ریشه‌یابی چگونگی شکل‌گیری معادل لاتین فضای سایبری یعنی عبارت Cyberspace، ریشه‌های پیدایش این عبارت در تحولات دهه‌ی ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ میلادی پس از جنگ جهانی دوم و ابداع علم «سایبرنتیک» توسط ریاضیدان نابغه «نوربرت وینر» یافته می‌شود. به بیان دیگر وجود واژه‌ی «Cyber» در دو عبارت «Cybernetics» و «Cyberspace»، تصادفی و صرفاً یک تشابه اسمی نیست و ریشه‌ی تمامی تحولات فعلی فضای سایبری و روندهای آینده‌ی این تحولات را باید در سایبرنتیک جستجو نمود. برای درک و شناخت درست از فضای سایبری لازم است تا ابتدا دو مفهوم پایه درک گردد:

- سیستم پیچیده
- سایبرنتیک

۱.۳ سیستم پیچیده

یک سیستم عبارت است از مجموعه‌ای از موجودیت‌ها (مانند افراد و ماشین‌ها) که در طول زمان برای دستیابی به یک یا چند هدف با هم تعامل دارند [۷]. سیستم‌ها از نظر سطح پیچیدگی به ۴ دسته‌ی ساده، دشوار، پیچیده و آشوبناک^۴ تقسیم می‌شوند [۸] که البته با تمرکز صرف بر نوع روابط میان اجزا، این ۴ دسته سیستم در نگاهی کلی‌تر در قالب ۲ دسته‌ی سیستم‌های ساده و پیچیده قابل دسته‌بندی هستند. در سیستم ساده روابط بین اجزا خطی است و رفتار کلی سیستم در نتیجه‌ی رابطه‌ای خطی میان رفتار اجزای سیستم بدست می‌آید. در سیستم پیچیده برخلاف سیستم ساده روابط بین اجزا غیرخطی است و رفتار سیستم از رابطه‌ی خطی میان رفتار مجزای تک تک اجزا قابل فهم و تعیین دقیق نیست [۹]، بلکه صرفاً در یک فضای احتمالی قابل پیش‌بینی است؛ در واقع بر خلاف سیستم ساده که رفتار اجزا مستقل از یکدیگر و محیط بوده و رفتار کلی سیستم از رابطه‌ی خطی میان این رفتارهای مجزا حاصل می‌شود، رفتار اجزا در سیستم پیچیده متاثر از یکدیگر و از محیط بوده و رفتار کلی سیستم نیز در نتیجه‌ی رفتار متقابل اجزا در تاثیر و تاثر از یکدیگر و محیط شکل می‌گیرد. در نتیجه در سیستم‌های ساده با مشاهده شرایط اولیه، امکان تعیین وضعیت آتی سیستم در زمان‌های مورد نظر وجود دارد، اما در سیستم‌های پیچیده، وضعیت آتی سیستم نه صرفاً به شرایط اولیه که به شرایط زمان اجرا - شامل رفتار متقابل اجزا و محیط - نیز بستگی دارد.

۲.۳ سایبرنتیک

همانطور که گفته شد در سیستم پیچیده، وضعیت آینده‌ی سیستم به طور دقیق قابل تعیین نیست، بلکه در یک فضای احتمال می‌توان حالات احتمالی آینده‌ی آن را پیش‌بینی نمود؛ همچنین گفته شد که وضعیت آتی

⁴Simple, Complicated, Complex and Chaotic

سیستم پیچیده در نتیجه‌ی روابط میان اجزا با هم و با محیط شکل می‌گیرد. سایبرنتیک تشریح‌کننده‌ی چگونگی این ارتباطات و خودکنترلی کلی موجود در سیستم پیچیده ناشی از این ارتباطات است [۱۰].

یک سیستم پیچیده برای تحقق وضعیت مطلوب در میان وضعیت‌های احتمالی آتی نیازمند روابط میان اجزا با هم و با محیط و اعمال کنترل ناشی از آن است. تشریح چگونگی تحقق این ارتباط و کنترل بر پایه‌ی اطلاعات و محاسبات، در کتاب وینر با عنوان «سایبرنتیک: کنترل و ارتباطات در حیوان و ماشین» [۱] صورت پذیرفته است.

سیستم سایبرنتیکی سیستمی است منطبق‌شونده با تغییرات درونی و محیطی برای حفظ حیات تا رسیدن به غایت مطلوب. کنترل در یک سیستم سایبرنتیکی به معنای درون‌آگاهی و محیط‌آگاهی از طریق بازخوردگیری همراه با اقدام به‌موقع اصلاحی به منظور حفظ تعادل و بقا و حرکت در جهت صحیح تا رسیدن به هدف است، یعنی همان کاری که سکاندار در کنترل کشتی در حرکت به سمت فانوس دریایی در شرایط مختلف انجام می‌دهد.

۳.۳ فضای سایبری

همانگونه که بیان شد یک سیستم برای برخورداری از کنترل، نیازمند ارتباطات میان اجزای خود و ارتباط با محیط است. وینر در کتاب خود بیان می‌کند که ساز و کار کنترل در انسان و ماشین محاسبه‌گر، ساز و کاری مشابه است و آن را در قالب علم سایبرنتیک تشریح می‌کند [۱].

در واقع سایبرنتیک را می‌توان «شریان کنترلی مبتنی بر مبادله و پردازش اطلاعات روی بستر محاسباتی» دانست، حال چنین شریانی هم در بدن وجود دارد که با بستر محاسباتی بیولوژیکی یا همان سیستم عصبی فراهم می‌آید و هم برای ماشین ایجاد شده که از طریق بستر محاسباتی مصنوعی یا همان فضای سایبری تامین می‌گردد.

پس فضای سایبری فناوری و ابزاری برای تحقق ارتباطات و کنترل سایبرنتیکی روی بستر محاسباتی الکترونیکی و راهکاری مصنوعی برای معادل‌سازی سازوکار ارتباطات و کنترل موجود در پدیده‌های پیچیده‌ی طبیعی است؛ در نتیجه فضای سایبری را می‌توان سایبرنتیک مصنوعی دانست.

۴.۳ فضای مجازی

گفته شد که یک سیستم برای برخورداری از کنترل، نیازمند ارتباطات میان اجزای خود و ارتباط با محیط است؛ اما فضای سایبری که یک فضای محاسباتی ماشینی است، برای ارتباط با اجزای زنده، نیازمند تبدیل و ترجمه از زبان ماشین به زبان حسی موجودات زنده و بالعکس است که این امر از طریق شبیه‌سازی رایانه‌ای میسر می‌گردد و اساساً مجاز عبارت است از محتوای ادراک‌پذیر و اقدام‌پذیر شبیه‌سازی شده توسط پردازش رایانه‌ای.

در واقع فضای مجازی یک لایه‌ی اجباری برای ارتباط فضای سایبری با گیرنده‌های حسی و عملگرهای حرکتی اجزای زنده سیستم و ترجمه از زبان ماشین به زبان حسی - حرکتی آنها و بالعکس است؛ بنابراین فضای مجازی نه معادل فضای سایبری بلکه بخشی از آن است، بخش موجود زنده فهم و حسی - حرکتی و

شبیه‌سازی شده‌ی فضای سایبری است که در قالب حسگرها و عملگرهای مورد نیاز برای اجزای زنده سیستم نمود پیدا می‌کند.

۴ تعاریف پیشنهادی

با توجه به آنچه گفته شد، روشن گردید که هرگونه تعریف از فضای سایبری و فضای مجازی در صورتی که ردی از سایبرنتیک در آن نباشد، تعریفی سطحی، تک‌بعدی و ناقص خواهد بود؛ بر این اساس و با شناختی که از فضای سایبری در بخش قبل حاصل شد، در ادامه تعاریف پیشنهادی برای فضای سایبری و فضای مجازی ارائه می‌گردد.

۱.۴ تعریف فضای سایبری

همانگونه که در بخش قبل گفته شد فضای سایبری همان سایبرنتیک مصنوعی است و تعریف فضای سایبری باید بر این اساس ارائه گردد. تعریف فضای سایبری عبارت است از: «بستر محاسباتی مصنوعی فراهم‌کننده ارتباطات و کنترل در سیستم‌های پیچیده‌ی زنده یا ماشینی.» بخش ابتدایی این تعریف یعنی «بستر محاسباتی مصنوعی» به «مصنوعی بودن» و بخش پایانی تعریف یعنی «ارتباطات و کنترل در سیستم‌های پیچیده‌ی زنده یا ماشینی» به «سایبرنتیکی بودن» این فضا اشاره دارد. لازم به ذکر است که بستر محاسبات مصنوعی، انواع بسترهای محاسباتی ساخت بشر از جمله محاسبات الکترونیکی و محاسبات کوانتومی را در بر می‌گیرد. در تشریح تعریف مذکور باید گفت که فضای سایبری بستر محاسباتی مصنوعی است که امکان پردازش، ذخیره‌سازی و انتقال اطلاعات میان اجزای یک سیستم یا میان سیستم و محیطش را برای کنترل رفتار سیستم به منظور حفظ تعادل و بقا و تکامل در مواجهه با شرایط از پیش تعیین نشده‌ی درونی یا بیرونی در مسیر دستیابی به اهداف تعریف شده فراهم می‌آورد؛ به بیان دیگر فضای سایبری بستر محاسباتی مصنوعی است که ارتباطات و کنترل لازم میان یک مجموعه از موجودیت‌ها برای هماهنگی آنها در قالب یک سیستم واحد هدفمند جهت حفظ تعادل و پایداری سیستم را تأمین می‌کند.

۲.۴ تعریف فضای مجازی

گفته شد که فضای مجازی، نمودی موجود زنده فهم از فضای سایبری است؛ بر این اساس تعریف فضای مجازی عبارت است از: «لایه‌ی ارتباطی حسی - حرکتی برای ارتباط فضای سایبری با اجزای هوشمند». مراد از اجزای هوشمند هر آن چیزی است که می‌تواند امور حادث‌شونده در محیط را ادراک نموده و نسبت به آن کنش هدفمند نشان دهد. بر این اساس تمامی موجودات زنده اعم از انسانی، حیوانی و نباتی و نیز ماشین‌های هوشمند، به عنوان اجزای هوشمند سیستم سایبرنتیکی محسوب می‌شوند و فضای مجازی تسهیل‌گر ارتباط آنها با فضای سایبری است.

۵ بررسی

تعاریف پیشنهادی در مقایسه با تعاریف موجود، تعاریفی علمی، کامل و دقیق است؛ علمی است چرا که مبتنی بر مبانی علمی پیدایش پدیده یعنی مبتنی بر علم سایبرنتیک ارائه شده است؛ کامل است چرا که تمامی مولفه‌های این فضا شامل مولفه‌های انسانی و رایانه‌ای، تمامی کارکردهای آن شامل کارکردهای ارتباطی و کنترلی را در کنار ماهیت آن شامل ماهیت فیزیکی، محاسباتی و اطلاعاتی منعکس می‌کند؛ همچنین دقیق است چرا که تمامی واژگان تعریف به دقت انتخاب شده است و از کاربرد واژگان اضافه و یا تفسیرپذیر اجتناب شده است.

گفتنی است که تعاریف پیشنهاد شده برای فضای سایبری و فضای مجازی، تعاریف پایه‌ای بوده و شناخت صحیح از این مفاهیم حاصل می‌کنند و می‌توان مبتنی و در انطباق با این تعاریف پایه، تعاریف کاربردی متناسب با حوزه‌های مختلف کاربردی ارائه داد.

۶ نتیجه‌گیری

در این سند ضمن معرفی سیستم پیچیده، مفاهیم مطرح در زمینه‌ی علم سایبرنتیک بیان گردید. همچنین فضای سایبری به عنوان بستری فناورانه برای تحقق ارتباطات و کنترل سایبرنتیکی و فضای مجازی به عنوان نمود موجود زنده فهم از فضای سایبری معرفی گردیده و بر این اساس تعریف فضای سایبری و فضای مجازی ارائه گردید. با توجه به اتکای تعاریف و مطالب ارائه شده بر مبانی علمی شکل‌گیری پدیده‌ی فناورانه‌ی فضای سایبری، تعاریف ارائه شده برای این فضا دارای بیشترین انطباق و کاربردپذیری برای پاسخگویی به نیازمندی‌های مختلف در حوزه‌ی فضای سایبری ارزیابی می‌گردد.

مراجع

- [1] N. Wiener. *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. John Wiley, 1948.
- [2] J. Lillemose, "The (re)invention of cyberspace," <https://kunstkritikk.com/the-reinvention-of-cyberspace>, Aug. 2015.
- [3] "Who invented the word cyberspace? what does it mean?," <https://herebeanswers.com/who-invented-cyberspace-means.html>
- [4] US Army, *Joint Publication 1-02, Department of Defense Dictionary of Military & Associated Terms*, http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp1_02.pdf, 2016.
- [5] T. I. G. of Experts at the Invitation of the NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence. *Tallinn Manual on the International Law Applicable to Cyber Warfare*. Cambridge University Press, New York, <http://csef.ru/media/articles/3990/3990.pdf>, 2013.

- [6] CISA, *The National Strategy to Secure Cyberspace*. Cybersecurity & Infrastructure Security Agency, https://www.cisa.gov/uscert/sites/default/files/publications/cyberspace_strategy.pdf, Feb. 2003.
- [7] B. J., J. S. Carson II, B. L. Nelson, and D. M. Nicol. *Discrete-Event System Simulation*. Pearson, 2005.
- [8] J. Appelo, "Simple vs. complicated vs. complex vs. chaotic," <https://noop.nl/2008/08/simple-vs-complicated-vs-complex-vs-chaotic.html>, Aug. 2008.
- [9] H. KoorehDavoudi and P. Bogdan, "A statistical physics characterization of the complex systems dynamics: Quantifying complexity from spatio-temporal interactions," *nature*, vol.6, no.1, pp.1-13, 2016.
- [10] S. Morlidge and S. Player. *Future Ready: How to Master Business Forecasting, Appendix 2: Important Concepts in Systems and Cybernetics*. John wiley and sons, 2010.