



سایبرنتیک و مدیریت (۱)

دکتر حسن میرزائی اهرنجانی

عضو هیات علمی دانشکده علوم اداری و مدیریت بازرگانی دانشگاه تهران

پیشگفتار

سایبرنتیک هنوز اولین گام‌ها را نیز برنداشته است، ولی در چهارچوب سازمان رسمی و در تنظیم و برقراری و کنترل روابط رسمی سازمان تحولات شایانی را به وجود آورده است. هدف اساسی این مقاله بررسی محتوای علمی و عملی سایبرنتیک و امکان به کار گرفتن قالب‌ها و مدل‌های سایبرنتیکی به عنوان وسیله‌ای مناسب و مفید در مدیریت توپن و پویاست.

تعریف - از سایبرنتیک به مناسبت موارد استفاده‌ای که از آن در شاخه‌های مختلف علوم می‌شود تعاریف گوناگونی شده و چنانکه الکساندر برگ (Alexander Berg) نقل می‌کند تاکنون دست کم چهار تعریف از سایبرنتیک بعمل آمده است. سایبرنتیک علم جوانی است که از فعالیت‌های مشترک علوم کنترل، ارتباطات، ریاضیات، زیست‌شناسی و منطق زاده شده و اکنون دامنه شمول آن به بیشتر علوم عصر حاضر به ویژه آنهایی که با مطالعه و بررسی نظام‌های پیچیده سروکار دارند گسترده شده است. ولی یادیدی بسیار عمومی و کلی همان طوری که "وی نر" بیان می‌دارد، سایبرنتیک عبارت از علم ارتباطات و کنترل در ماشین و حیوان می‌باشد و این علم شامل تمامی حوزه‌ی گسترده‌ی نظریه‌ی پیغام‌ها (The theory of Messages) می‌گردد^۱. چون هیچ

انقلاب صنعتی و به دنبال آن ماشینی شدن تولید روابط زیربنایی و روبنایی اقتصادی، سیاسی و اجتماعی بشر را تحولی سریع و شگرف بخشید. قرن بیستم که بسیاری آنرا عصر بلوغ ماشین دانستند، شاهد ابداع و ظهور مغزهای الکترونیکی و یا اگر جرات گفتنش را داشته باشیم "ماشینهای متفکر" گردید و اکنون محاسبات بسیار پیچیده، ترجمه زبان‌های مختلف، نواختن مشکل‌ترین سمفونی‌ها، ماهرانه‌ترین بازی‌های شطرنج و بالاخره مداوای بسیاری از امراض به وسیله ماشین، از کارهای پیش پا افتاده است. کافی است اشاره شود، در مسابقه‌ای که در لنینگراد بین ماشین معالج و مجرب‌ترین پزشکان در تشخیص امراض برپا گردید ماشین معالج ۹۰ بر ۶۰ برنده شد*.

سایبرنتیک در مراحل اولیه پیدایش آن، به علم ارتباطات و کنترل در ماشین اطلاق می‌شد و در کاربرد و عمل، ابداع و ایجاد ماشین‌های تمام خودکار را شامل می‌گشت. در مراحل بعدی با به کار گرفتن روش‌های سه‌گانه، حوزه‌ی علمی و عملی سایبرنتیک گسترده‌تر گردید. و شامل نظام ارتباطات و کنترل در موجودات زنده و سازمانهای انسانی تیز گردید. هرچند که در زمینه‌ی روابط انسانی و به وجود آوردن شالوده‌های جهت تنظیم و کنترل پویایی گروه غیر رسمی

* سایبرنتیک و حافظه، ترجمه مهندس غلامرضا جلالی، انتشارات وزیر، ۱۳۵۰، ص ۱۰۰.

۱- برای آگاهی بیشتر مراجعه فرمائید به یلنا ساپارینا، سایبرنتیک در درون مترجمان م. ت. مقدم ۱۳۴۸.

2- W. Ross Ashby, ed. An Introduction to Cybernetics.

(New York: John Wiley and Sons, Inc., 1957), P.

رابطه و کنترلی بدون ارسال و یادریافت پیغام ها امکان پذیر نیست و هر پیغامی حاوی اطلاعاتی است از این نظر همواره سایبرنتیک را با مفاهیم نظریه‌ی اطلاعات تعریف می‌نمایند ، چنانکه اشبی (Ashby) می‌نویسد " سایبرنتیک عبارت از مطالعه نظام هایی است که از نظر تبادل انرژی باز و از نظر تبادل اطلاعات و کنترل بسته می‌باشند . " کلیبر و والاش (Jiri Klir and Miasolav Valach) این نکته را دقیق تر شکافته ، می‌نویسند " سایبرنتیک علمی است که از طرفی با مطالعه نظام های پیوسته و از طرف دیگر ساختمان نظام های پیوسته را مورد بررسی قرار می‌دهد که بین عناصر تشکیل دهنده آن ها تبادل خبر می‌شود " ¹ تعاریف بالا همگی در این موضوع مشترکند که سایبرنتیک دانش جدیدی برای کنترل و تنظیم مجموعه های پیچیده است و به طور خلاصه می‌توان گفت که سایبرنتیک دانشی است که پویای های کنترل و تنظیم را در نظام های پیچیده مورد بررسی و مطالعه قرار می‌دهد و هدف اساسی آن یافتن سریع ترین ، مناسب ترین و مؤثرترین شیوهی کنترل و تنظیم در سازمان ها و نظام های پیچیده است . بنابراین برای درک و شناخت صحیح سایبرنتیک بررسی و تجزیه و تحلیل کوتاهی از نظریه های کنترل و تنظیم لازمست .

نظریه های کنترل و تنظیم

کنترل عبارت از رابطهای است که بین دو عامل یا دو نظام برقرار می‌گردد . ماهیت و محتوای این رابطه طوری است که حاصل کار یک عامل یا نظام (کنترل شونده) در جهت خواسته ها یا اهداف عامل یا نظام دیگر (کنترل کننده) سوق داده می‌شود . بنابراین هر سیستم کنترل حداقل دارای سه عنصر اساسی است : کنترل کننده ، کنترل شونده و شبکهی ارتباطی (Communication Network)

کنترل کننده عامل ، فرد ، دستگاه یا سازمانی است که با ارسال پیغام های ارتباطی رفتار کنترل شونده را تحت تأثیر قرار داده ، بازده آنرا در جهت هدف های خود تغییر می‌دهد مانند عامل عرضه و تقاضا در قیمت ، مدیر و رهبر در سازمان و گروه ، دستگاه کنترل کننده از راه دور در تلویزیون و انواع سازمان های اجرایی در جامعه .

عامل کنترل شونده ، فرد ، دستگاه یا سازمانی است که با دریافت پیغام های ارتباطی رفتارش در جهت هدف های کنترل کننده تغییر می‌یابد ، مانند عامل قیمت در برابر عرضه و تقاضا ، افراد یا گروه های سازمانی در برابر مقررات و تصمیمات سازمان ، انواع دستگاه های گیرنده در برابر دستگاه های فرستنده و انواع سازمان های تولیدی در برابر ترکیب و تلفیق عوامل تولید .

در بررسی ویژگی های کنترل کننده و کنترل شونده ، سه نکته شایان توجه است : اول اینکه از نظر زمانی کنترل کننده بر کنترل شونده مقدم است ، بدین معنی که پیغام ها یا علائم ارتباطی اول از منابع کنترل کننده صادر شده و پس از طی مدت زمانی هر چند که این مدت زمان بسیار کوتاه باشد ، گیرنده یا اعضا کنترل شونده را تحت تأثیر قرار می‌دهند ، دوم اینکه از نظر ابعاد و حجم معمولاً (ولی نه بطور همیشه و مطلق) کنترل کننده به مراتب کوچکتر از کنترل شونده است . حجم و وزن مغز نسبت به بدن انسان ، ابعاد دستگاه کنترل کننده از راه دور تلویزیون نسبت به تلویزیون و ابعاد دستگاه های کنترل رادار در برج های دیده بانسی فرودگاه ها ، نسبت به هواپیما و خطوط هوایی مثال های مناسبی بر این گفته می‌باشند . سوم اینکه عناصر کنترل شونده و کنترل کننده هر دو بصورت یک نظام یا سیستم عمل می‌کنند . بدین معنی که دستگاه های کنترل شونده و کنترل کنند مداری تمام ویژگی های سایر نظام ها بوده (آرده ها ، فرایندها ، صادره ها ، محیط ، مدیریت ، و غیره) و رفتار آنها تحت تأثیر

1- Jiri Klir Miasoslav Valach "Cybernetics" in Peter p. Schoderbek Management Systems, Newyork: John Wiley and Sons, Inc., 19,1), pp.81-16.

نظام های بالاتر از خود (نظام های اصلی) و نظام های پایین تر از خود (نظام های فرعی) قرار می گیرد. در واقع این ویژگی سوم دستگاه های کنترل شونده و کنترل کننده است که کاربرد روش ها و قالب ریزی سایبرنتیکی تجزیه و تحلیل سیستمی را در مورد آنها عملی می سازد.

آنچه در عمل باعث کارکرد نظام کنترل و تنظیم می شود صرفاً "وجود کنترل کننده و کنترل شونده نیست، بلکه بالاتر و مهم تر از آن ارتباطی است که بین آنها برقرار می شود؛ در واقع تائیر، کیفیت و نتایج کنترل را بیش از دستگاه های کنترل کننده و کنترل شونده، محتوی و مکانیسم رابطه یا روابطی تعیین می کند که بین آنها برقرار می شود. و این موضوع بحث بعدی ماست.

ماهیت و محتوای روابط در نظام کنترل آنچنانکه در بالا بیان شد، آنچه که بین کنترل کننده و کنترل شونده رد و بدل می شود در مرحله ی غایی و به زبان علمی یک نوع تبادل انرژی است؛ چه انرژی مادی و چه انرژی روانی؛ این تبادل انرژی به صور گوناگون و اشکال مختلف صورت می گیرد مانند: تغییرات فیزیکی - شیمیایی در تکانه های عصبی و در کنترل مغز از بدن، ارتعاشات صوتی در کنترل فرمانده از سپاه، امواج مغناطیسی و الکتریکی در کنترل وسایل و دستگاه های الکتریکی، طیف ها و طول موج های نوری در کنترل دوربین های رصدخانه ها، تبادل انرژی روانی در کنترل کسی که به خواب مصنوعی رفته به وسیله هیپنوتیست... و غیره.

اینکه چه میزان و از چه نوع انرژی در روابط بین

کنترل کننده و کنترل شونده رد و بدل می شود بستگی بسته به ماهیت، جنس و پیچیدگی دستگاه های کنترل شونده و کنترل کننده دارد در نظام هایی که دستگاه های کنترل هر دو زنده باشند مانند کنترل کلاس به وسیله معلم بیشتر انرژی مبادله شده از نوع انرژی روانی است. از نظرمیزان انرژی مبادله شده باید گفت که هرچه دستگاه های کنترل از نظر تعداد روابط بیشتر و پیچیده تر باشند میزان انرژی مبادله شده نیز بیشتر است.

تبادل انرژی بین دستگاه های کنترل در عمل به بدین صورت انجام می گیرد که انرژی مبادله شده ابتدا به صورت انواع پیغام ها، قراردادها، علامت ها، نشانه ها و سمبل ها تبدیل می شود مانند پیغام دستور در کنترل سرباز از طرف فرمانده، قرارداد های اداری به منظور کنترل کار کارمندان، علائم رانندگی در کنترل رانندگان، نشانه ها و سوارخ های کارت کامپیوتر در کنترل کار کامپیوتر و سمبل ها و استانداردها در کنترل مواد تولیدی، تازبان مشترکی بین کنترل کننده و کنترل شونده، به وجود آید. زیرا بدون زبان مشترک یا درک و برداشت مشترک از یک پیغام عمل کنترل امکان پذیر نیست.

هرکدام از این پیغام ها حاوی مقداری اطلاعات بوده و مقدار خیر معینی به نظام کنترل شونده منتقل می نماید. به عبارت دیگر، هر پیغامی دارای "ظرفیت خبری" معینی است و به جهت سنجش ظرفیت های خبری انواع پیغام ها است که نظریه ی اطلاعات ابداع شده و در سایبرنتیک به کار گرفته شده است. و مابه طور خیلی خلاصه

- ۱- برای آگاهی بیشتر از زیربنای فکری سیستم ها یا نظامها به مقاله زیر مراجعه فرمائید به: دکتر حسن میرزائی اهرنجانی مقدمه ای بر جهان بینی سیستمی " دانش مدیریت، شماره اول سال ۱۳۵۶، ص ۱۲۱-۱۰۴.
- ۲- "کنت بولدینگ" تقسیم بندی جالبی از نظامها و چگونگی تبادل انرژی مادی و روانی بین آنها می نماید برای کسب آگاهی بیشتر مراجعه فرمائید به:

Kenneth E. Bowlding, "General Systems Theory, the Skeleton of Science,"
Management Science, April, 1956, pp. 197-200.

تا آنجا که به بحث ما مربوط شود این نظریه رامی شکافیم ،

نظریه‌ی اطلاعات (Information Theory)

امروزه واژه و مفهوم اطلاعات یا انفورماتیک در زمینه‌های گوناگون و زیادی به کارگرفته می‌شود و مطالب زیادی در این زمینه نوشته شده است^۱ . واژه‌ها و مفاهیمی از قبیل: انفورماتیک و آمار، سیستم اطلاعاتی مدیریت، اطلاعات حسابداری، مدیریت اطلاعات، سیستم کنترل اطلاعات...، و غیره همگی بیانگر جمع‌آوری ارقام اطلاعاتی (data) و کاربرد آنها در رشته‌های مختلف علمی و عملی است. ولی آنچه ما در اینجا از مفهوم اطلاعات در نظر داریم نظریه مشهوری است که برای اولین بار به صورت کلاسیک آن، توسط دو نفر از دانشمندان، بنام های شانون (Shannon) و ووبر (Weaver) و برپایه‌ی احتمالات آماری گیبس (Gibbs) پایه‌گذاری شده است. در این مفهوم اطلاعات عبارت از کمیت خبری است که در یک پیام بخصوص نهفته است.

چنانکه ملاحظه می‌شود اطلاعات کمیتی است قابل سنجش و نظریه‌ی اطلاعات، ادامه‌ی تکوین نظریه‌ی احتمالات می‌باشد. بدین معنی که در محتوی هر پیام قسمتی یا جزئی را که از درجه‌ی نامعینی (Uncertainty) گیرنده پیام بکاهد، خبر می‌گوییم. به سخن روشن‌تر، پیامی که در نزد گیرنده مشخص و معلوم باشد حامل هیچگونه خبری نیست. مثلاً "در این جمله که "الف" اولین حرف از حروف الفبای فارسی است مقدار خبر نهفته صفر است." شوتسن

(Schouten) پارا فراتر نهاده و نه تنها کاهش در درجه‌ی نامعینی، بلکه کاهش در میزان غفلت (Ignorance) را نیز خیردانسته و قابل سنجش با روش‌های نظریه‌ی اطلاعات می‌داند^۲، مثلاً "اگر من بدانم که حروف الفبای فارسی سی و دو تا است این جمله برای من حامل خبری نیست ولی برای کسی که آنرا نداند خبر محسوب می‌شود.

برای روشن شدن مطلب، حالت نامعینی و رابطه‌ی آنرا با نظریه‌ی اطلاعات به کوتاهی بررسی می‌کنیم. آنچه که در طبیعت اطراف ما به طور عینی وقوع می‌یابد به دو حالت ممکن است اتفاق بیفتند و یا وقوع آن امری حتمی و یقینی می‌باشد و قبل از حادث شدن می‌توان وقوع آنرا یقیناً و با اعتقاد کامل پیش بینی نمود مانند وقوع شب بعد از روز، سقوط سنگ یا اجسام در هوای آزاد و مرگ جانوری که برای مدتی از تنفس باز داشته شود. چنین اموری را امور معین و وقوع آنها را یقینی (Certainty) گوئیم و همانطوریکه قبلاً^۳ نیز اشاره کردیم نظریه‌ی اطلاعات با چنین حالاتی سروکار ندارد. ولی اکثر پدیده‌های عینی طبیعت اطراف ما اموری احتمالی هستند؛ بدین معنی که وقوع آنها منجر به یک نتیجه‌ی قطعی و روشن نیست بلکه به بیش از یک نتیجه (حداقل دو نتیجه) منجر می‌شوند. این حالت وقوع امور را حالت عدم اطمینان (Uncertainty) گویند. هر قدر نتایج حاصله از وقوع امری بیشتر باشد پیش بینی دقیق آن نتایج مشکلتر و حالت عدم اطمینان آن بیشتر است و در چنین حالاتی است که تئوری اطلاعات بعنوان ابزار بسیار مناسبی جهت پیش بینی و کاستن از عدم

۱- به نقل قول از ریاضی دان مشهور "آنا تول راپاپورت" فقط تا سال ۱۹۵۳ (یعنی فقط تا ۵ سال از ارائه این نظریه) لیستی از ۸۰۰ نوشته مختلف درباره تئوری اطلاعات و کاربرد آن در زمینه‌های مختلف از بررسی مدارهای تلویزیونی گرفته تا عملیات شرکت‌های بازرگانی منتشر شده است برای اطلاعات بیشتر مراجعه فرمائید به:

Anatol Rapoport "The Promise & pitfalls of Information Theory", Behavioral Science, I (1956), p. 303.

اطمینان ها جلوه گر می شود. ۱. مثلاً "احتمال برداشتن یک مهره قرمز از کیسه‌ای که در آن ۹ مهره سیاه و یک مهره قرمز وجود دارد از احتمال برداشتن ۳ مهره سیاه و بمراتب احتمال شیر یا خط در پرتاب یک سکه کمتر و بنابراین پیش بینی آن مشکلتر و حالت نامعینی آن بیشتر و حاوی ارزش خبری بیشتری است. حال باید دید که نظریه اطلاعات چگونه و با چه روشی از حالات نامعینی و عدم قطعیت می‌تواند بکاهد، برای اینکار نظریه اطلاعات از دو مفهوم نظری "واحد خبر" و "ظرفیت خبری" استفاده می‌کند.

واحد خبر = بیت (bit) واحد خبر برای سادگی تفهیم، واحد "آری خبر" می‌باشد و آن کمترین مقدار خبری است که ممکن است در انتخاب یک عامل از دو عامل و یا گزینش یک راه از دو راه وجود داشته باشد. مثلاً "مقدار خبر نهفته در سئوالاتی که به جوابهای آری یا نه، باز یا بسته، و روشن یا خاموش ختم میشوند یک "بیت" است زیرا هر کدام از این جواب‌ها نامعینی در وقوع امری را یک درجه برطرف کرده‌اند تعیین می‌بخشند. کامپیوترها و ماشین‌های حسابگر برای جابجائی و تنظیم اطلاعات بجای سیستم حرفی از سیستم عددی دوتایی (Binary Numbers) استفاده نموده، مقدار خبری را که موجب گزینش آنها بین دو عدد (۰) و (۱) باشد یک "بیت" خبر" به حساب می‌آورند. مناسبترین مثال برای روشن کردن و تصور واحد خبر مسابقات بیست سئوالی است؛ در برابر هر سئوالی که شرکت کننده‌ی در مسابقه می‌پزد، داور مسابقه با جواب آری یا نه قسمتی از ابهام و جواب را برطرف نموده، شرکت کننده را به طرف جواب واقعی هدایت می‌نماید. در جریان چنین مسابقه‌ای هر بار و یا هر سئوال و جواب یک واحد خبر (بیت) خبر مبادله می‌شود.

با استفاده از واحد خبر می‌توان "بیت" های موجود در هر امر احتمالی را سنجید و اندازه گرفت. برای مثال فرض کنید که مهره قرمزی در یکی از ۱۶ قفسه عمودی پنهان شده، احتمال اینکه مهره در یکی از این قفسه‌ها باشد $\frac{1}{16}$ هست. اما با این سئوال که آیا مهره در قسمت بالای وسط قفسه هاست یا نه (و با جواب آری یا نه معادل یک بیت خبر) این احتمال به $\frac{1}{8}$ تقلیل می‌یابد و من با استفاده از ۸ قفسه عمودی مانده که مهره در یکی از آنهاست و باروش سئوال و جواب بالا حداکثر با سه سئوال دیگر (یعنی با سه بیت خبر) می‌توانم جای مهره را تعیین نمایم. بطور کلی تعداد بیت خبرهای موجود در هر پیغام یا هر امری که وقوع احتمالی دارد با فرمول زیر تعیین می‌شود.

$$I = -\log_2 p \quad n$$

که در آن I برابر تعداد بیت خبرهای موجود و \log_2 بمعنی لگاریتم بر مبنای ۲، $n = \frac{1}{p}$ و برابر عکس احتمال وقوع امری است. در مثال فوق جای مهره قرمز با استفاده از فرمول بالا و در چهار بیت خبر معلوم می‌شود.

$$I = \log_2 16 = \log_2 2^4 = 4$$

و یا مثلاً "در هر کدام از ۳۲ حرف الفبای فارسی (بفرض اینکه تمام حروف با احتمال یکسانی در جملات تکرار شوند) می‌توان $(\log_2 32 = \log_2 2^5 = 5)$ پنج بیت خبر گنجاند. مبادله نمود.

(پاورقی ۲ در صفحه بعد)

۱- در اینجا باید یادآوری نمود که روش کاستن از عدم اطمینان بوسیله نظریه اطلاعات باروشها و نظریه تصمیم‌گیری در حالات معین با ریسک و نامعین کاملاً متفاوت است هر چند که هر دو نظریه برپایه احتمالات آماری و توزیع احتمالات قرار دارند. برای اطلاع بیشتر از تصمیم‌گیری در حالات مختلف به کتاب زیر مراجعه فرمائید.

Robert J. Thierauf and Richard A. Gross, Decision Making through Operations
Research John Wiley and (Newyork): Sons, Inc., 1970.

با استفاده از واحد خبری و ترکیبی از روشهای علمی و ریاضی معین نمودمانند که هر رقم اعشاری در حدود ۳/۲۲ و هر کلمه در گفتگوی روزمره در حدود ۱۶ واحد خبر را شامل می باشد^۱ و یک دستگاه متوسط تلگراف می تواند در هر ثانیه ۱۰۰ واحد خبر را منتقل کند^۲.

ظرفیت خبری

بحث خود را در ماهیت و محتوای روابط بین کنترل کننده و کنترل شونده با بررسی کوتاهی از ظرفیت خبری خاتمه می دهیم. هر پیغام، کانال، یا دستگاهی که بنحوی با پیام گردانی و جابجائی اطلاعات سروکار دارد دارای ظرفیت خبری معینی است. ظرفیت خبری از این نظر مهم است که در شرایط واقعی و دنیای عملی ما بندرت با مقدار اطلاعات مبادله شده در یک پیغام تنها سروکار داریم. بلکه هر دستگاه منتشر کننده خبر عملاً "با پیغامهای متعددی سروکار دارد که برای هر پیغامی گروهی از احتمالات وقوع نامساوی پیش بینی و نسبت داده می شود. از این نظریه اطلاعات در جستجوی

راهی جهت سنجش ظرفیت کانال هایی که پیغامها در آنها جاری است می باشد و می خواهد بوسیله ای مقدار متوسط اطلاعاتی را که هر پیغام در کانال حمل می کند تعیین نماید. برای این کار اگر تعداد پیغامهای هر کانال را n فرض نموده، احتمال وقوع هر کدام از آنها را P_1 تا P_n بدانیم متوسط مقدار خبری را که در هر کانال جاری است، با استفاده از فرمول واحد خبر، می توان به طریق زیر محاسبه نمود:

$$H = (P_1 \log_2 P_1 + P_2 \log_2 P_2 + \dots + P_n \log_2 P_n)$$

و یا بطور ساده:

$$H = \sum_{i=1}^n P_i (-\log_2 P_i)$$

با استفاده از فرمول بالا و تلفیقی از روشهای علمی و ریاضی، (معین نمودمانند که متوسط) ظرفیت خبری حافظه انسانی 10^{16} - 10^{15} واحد خبر محاسبه شده است. و مفز

(پاروقی شماره ۲)

لازم به یادآوری است که فرمول بالا ساده ترین وجه نظریه اطلاعات را برای تعیین کمیت خبر بیان می کند و در حالات واقعی و پیچیده که تعداد متغیرهای احتمالی متعدد و حالات وقوع (Stats of nature) نیز خود بشمار و متغیرند از فرمولهای بسیار پیچیده آماری و ریاضی استفاده می شود ولی آنچه مهم است و به نظریه اطلاعات شهرت و پذیرش جهانی داده اینست که در اکثر موارد می توان تعداد واحد خبرهای موجود در اغلب پدیده های عینی و احتمالی را به زبان ریاضی بیان کرد و بیشتر این فرمولهای ریاضی هم اکنون مورد استفاده متخصصین امر قرار می گیرد. از بین آثار زیادی که در این مورد هست به آثار ارزنده زیر می توانید مراجعه فرمائید:

- Norber Wineer, cybernetics (New York: John Wiley & Sons Inc., 1948), pp. 73-136
 Arthur Porter, Cybernetics Simplified, English Universities Press. 1969, pp. 33-79; Norton M. Bedford & Mohamed Onsi, "Measuring the Value of Information-An Information Theory Approach", Management Services (January-February, 1966), pp. 15-22; Adrian M. McDonough, Information Economics and Management Systems (New York: McGraw-Hill Book Co., 1963, pp. 41-49.

۱- برای اطلاعات بیشتر و چگونگی محاسبه مراجعه فرمائید به: سایبرنتیک و حافظه آکادمی علوم شوروی ترجمه مهندس غلامرضا

جلالی، انتشارات رز ۱۳۵۴ صفحات ۸۰-۶۹.

۲- نقل از یلنسا پارنیا ماخذ سابق الذکر، ص ۲۹۲.

بطور متوسط با سرعت ۲۵ واحد خبر در ثانیه خبر دریافت می‌کند و با این حساب ظرفیت خبری حافظه انسان در حدود 10^8 برابر کامپیوترهای موجود است^۱. برای مقایسه و هم‌بهرتر موضوع شاهی از فرهنگستان شوروی می‌آوریم:

"تلویزیون، در هر ثانیه با یک میلیون واحد اطلاعات سرو کار دارد، چشمان ما قادرند تقریباً "همین مقدار اطلاعات را به مغز بفرستند، ماشینهای حاسبگر هزار بار کمتر اطلاعات می‌گویند و یکی دیگر از "کانالهای ارتباطاتی" ما بادنمای خارج یعنی بساوانی هم همین طور، ظرفیت دستگاههای رادیویی و تلفنی هزار بار از موارد اخیر کم‌تر است، و اندامهای شنوایی ما نیز با آنها در یک ردیفند. در داخل مغز اطلاعات با سرعتی تقریباً "نصف سرعت یک دستگاه تلگراف که در هر ثانیه با یکصد واحد اطلاعات سروکار دارد گوارده می‌شود"^۲.

گفتیم که سایبرنتیک مطالعه علمی کنترل و ارتباطات می‌باشد. کنترل نه بمعنی محدود و باریک آن که مضمون دستور و تغییر رفتار یکطرفه دارد بلکه بمعنی عمومی و علمی آن که رفتار خود - تنظیمی و بخصوص تطبیق خود در برابر تغییرات شرایط محیط را در برمی‌گیرد. دیدیم که اساس نظریه های سایبرنتیک برمفاهیم و نظریه های کنترل و ارتباطات قرار دارد و محتوی اصلی کنترل و ارتباط پیغامها و اخباری است که بین دستگاههای کنترل رد و بدل می‌شود. حال باید دید که مکانیسم و نحوه کار کنترل و تنظیم چیست و چگونه می‌توان رفتار دستگاه یا فردی را بطور منطقی و علمی در برابر تغییرات شرایط محیطی کنترل و تنظیم نمود.

-
- ۱- رقم دقیقی برای ظرفیت خبری حافظه وجود ندارد. کوپریست شناس معروف گنجایش حافظه مدید را 10^{15} "بیت" مهندس ج. میلریست شناس دیگر آنرا 10^{10} - 10^6 "بیت"، مهندس ج روتستاین آنرا 10^{22} - 10^{21} "بیت" و ریاضی دان معروف فن نیومن آنرا 10^{21} - 10^{20} بیت برآورد می‌کنند و علت اختلاف نیز روشهای مختلفی است که هر یک از افراد مذکور برای پیدا کردن گنجایش خبری یک نرون مغزی بکار می‌برند. ولی همگی اتفاق نظر دارند که قشر خارجی مغز دارای 10^{10} نرون است ولی در اینکه یک نرون تا چند "بیت" خبری می‌تواند در خود ذخیره کند اختلاف نظر دارند ولی بهرحال 10^{16} - 10^{15} عددی است که بیشتر به واقعیت نزدیک است. برای آگاهی بیشتر مراجعه شود به کتاب؛ سایبرنتیک و حافظه، سابق الذکر، صفحات ۱۰۰ - ۸۰.
 - ۲- ساپارینا، سایبرنتیک در درون ما، - ماخذ سابق الذکر صفحه ۲۹۱.

