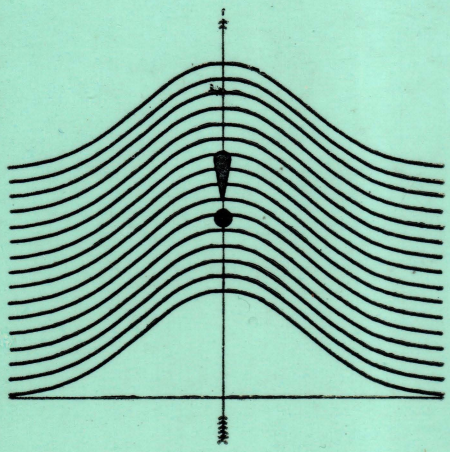
شانس، قطعیّت و روندها

اثر: لئونارد راستریژین

ترجمهٔ افشین آزادمنش



لئونارد راستریژین

شانس، قطعیّت و روندها

ترجمهٔ افشین آزادمنش

انتشارات دنیا

انتشارات دنیا ـ تهران، شاهرضا، مقابل دبیرخانه دانشگاه
راستریژین، لئونارد
شانس، قطعیّت، و روندها
ترجمهٔ افشین آزادمنش
چاپ اول، مرداد ماه ۲۵۳۵
تیراژ : ۲۰۰۰ نسخه
افست مروی

فهرست

مقدمه مترجم	۷
بجای پیشگفتار	۱۱
شانس چیست؟	" "
شانس عبارتست از . . .	۱۸
قسمت اول ــ مانعی بنام شانس	**۳۹**
۱ ــ شانس در گهواره سیبرنتیک	"
۲ ــ کنترل	۴۴
افسانهٔ مذهبی بعنوان درسی از سیبرنتیک	" "
هرج و مرج	۴۸
شیطان ماکسول	۵۲
۳ ــ تاریخ کنترل	۶۹
مرحله اول	" "
مرحله دوم	۷۴
مرحله سوم	۷۶
مرحله چهارم	۸۲
داستان دخترک روی تاب ، گرگ شریر ، و مدار الکتریکی	" "
۴ ــ جنگ بر علیه مداخلهٔ شانس	۹۳

الف ــ جبههٔ اول ــ برای از میان بردن شانس ۹۸
" " بازخور
هفت بار اندازه‌گیری کنید ۱۰۰
تصفیه ۱۰۳
صافی یکنواخت کننده ۱۰۷
ارتباط ۱۰۸
یک کلمه شامل چه مقدار اطلاعات است؟ ۱۱۳
صافی ارتباطی ۱۱۶
ب ــ همزیستی مسالمت‌آمیز با شانس ۱۱۹
سیستم مرجع اولیه ۱۲۱
داستانی غم‌انگیز، با پایانی خوش ۱۳۰
آیا می‌توانیم با کامپیوتری که مرتکب خطا می‌شود محاسبات صحیح انجام دهیم؟ ۱۳۴
۵ ــ تدابیر، مخاطره و تصمیم ۱۴۵
افسانهٔ نجیب‌زادهٔ منصف و تابلوی راهنما ۱۴۷
همانند یا غیرهمانند (ترس‌آور) ۱۵۵
مسألهٔ دستگاههای فروش نوشابه ۱۶۴
حق خطا کردن ۱۶۸

قسمت دوم ــ قدوم مبارک شانس ۱۷۵

۱ ــ شرلوک هولمز راجع به افکار خود سخن می‌گوید " " "
۲ ــ روش مونت‌کارلو ۱۸۲
یک مثال و قالب ریاضی آن ۱۸۴
مونت‌کارلو و مسألهٔ پرتابی ۱۹۲

شخص مستی مساءله را حل می‌کند ۱۹۴
قالبی برای شخص مست ۲۰۰
۳ ـ شانس در بازیها ۲۰۲
شیر یا خط ؟ ۲۰۷
وانمود کردن رموز ۲۱۰
۴ ـ فراگیری ، بازتاب‌های شرطی ، و شانس ۲۱۲
آموزش در اطاق درس ۲۱۵
آنچه من می‌کنم ، انجام بده ۲۱۷
خودآموزی ۲۲۰
یادداشتی بنام حافظه ۲۲۲
بازتاب شرطی چیست؟ ۲۲۴
ساختمان دستگاه عصبی ۲۲۸
چگونگی تشکیل بازتاب‌های شرطی ۲۳۱
فرضیه ساختمان بی‌قاعدهٔ مغز ۲۳۴
۵ ـ شانس و شناسائی ۲۳۷
مرد ، یا زن؟ ۲۳۹
بقانون درآوردن یک تصویر ۲۴۲
چگونه "o" را از "۲" تمیز دهیم ؟ ۲۴۴
پرسپترون ۲۴۹
آموزش به پرسپترون ۲۵۳
پرسپترون بعنوان پزشک ۲۵۶
نقش شانس در پرسپترون ۲۶۰
بیونیک ۲۶۱
۶ ـ شانس، گزینش و تکامل ۲۶۶
سه ویژگی اصلی حیات ۲۶۷
جهش چیست؟ ۲۶۸
مکانیزم انتخاب طبیعی . . . ۲۷۰

...و نمودار آن	۲۷۴
هوموستات ــ نمونه‌ای در مورد گزینش	۲۷۵
تقویت کنندهٔ هوش	۲۸۰
انتخاب مصنوعی بعنوان تشدید کننده	۲۸۴
۷ ــ تنظیم خودبخود	۲۸۶
نکاتی چند در مورد ارتباط ها	" " "
محیط و شیٔ	۲۸۷
نزدیکی به کمال مطلوب	۲۹۰
تنظیم خودبخود ، بعنوان نوعی کنترل	۲۹۴
اشکالات موجود در عمل تنظیم ...	۲۹۸
...و چگونگی غالب آمدن بر آنها	۳۰۰
سه نوع کنترل	۳۰۱
جستجو (راهها و گمراهیها)	۳۰۸
روش شماره ۱	۳۰۹
روش شماره ۲	۳۱۱
روش شماره ۳ (جستجوی شانسی)	۳۱۴
یک بازی که شامل جستجوی شانسی است	۳۱۷
شور و هیجانی که بواسطه روش شانس برخاست	۳۱۸
پیگرد شانسی و فراگیری	۳۲۱
پیگرد شانسی ، بطور خودکار	۳۲۴
پایان سخن و نتیجه	۳۲۹
توضیحاتی در مورد بعضی از واژه‌ها و اسامی داخل کتاب	**۳۳۲**

مقدمهٔ مترجم

چرا فراگیری دانش و انـدوختن اطلاعات ضـروری است؟ نقـش شانس در تکامل و پیشرفت چیست؟ چـرا دنیای شانسی ما با چنیـن نظم ظاهری‌ئی به دوام خود ادامه می‌دهد؟ آیا می‌توان نظم وقوع پدیده ها را در آن افزایش داد؟ کنترل و نقش آن در مبارزه با شانس چیست؟ چگونـه محیط خود و اشیاء موجود در آنـرا می‌شناسیم؟ چگونه می‌آمـوزیم و دانش خود را به دیگران انتقال میدهیم؟ آیـا ارتباطی بین شانس، شناسـائی، بازتاب‌های شرطی و فراگیری موجود است؟ آیا بازتاب غیرشرطی نیز وجود دارد و چرا و چگونه عمـل می‌کند؟ چرا بعضی از حیوانـات مثلا ماموت ها مدتها قبل معدوم شدند و حال آنکه عده‌ای دیگرمثلا میمونها باقی ماندند و طایفه‌ای از آنها، انسان شدند؟

هر شخصی کـه به رویدادهای محیط خـود بطرز واقع بینـانه‌ای نگریسته باشد، مسلما با این پرسشها و بسیاری دیگر از پرسشهای نظیرآنها مواجه شده است. پـاسخ این پرسشها را چگـونه باید یافت، وآیا عـامل بخصوصی می‌تواند جوابگوی تمام آنها باشد؟

در حقیقت شانس، نقشی بیش از تعیین سرنوشت یک سکه درحین بازی شیر یا خط بعهده دارد. قدر مسلم اینکه، شانس به اشکال گوناگونی در پدیده‌های مختلف ظاهر میشود.

هرچند شانس ممکن است یکی از علل وقوع پدیده موردنظرباشد، ولی بطور کلی نمی‌توان آنرا مهمترین دلیل نامید، زیرا شانس یک عامل واقعی نبوده و خود، معلول علت دیگر، یعنی بی‌اطلاعی و فقدان دانش ما می‌باشد. واضح است که با افزایش میزان دانش ما نسبت به محیط، این عامل ضعیفتر و ضعیفتر میشود.

برای روشن شدن موضوع، مثال ساده‌ای ذکر می‌کنیم. فرض‌کنید در جنگلی، به یک دو راهی می‌رسیم و هیچگونه اطلاعی از موقعیت خود و شرایط موجود در جنگل نداریم، و در عین حال ناچاریم یکی از دو راه را انتخاب کنیم و می‌دانیم‌که یکی از آنها خطری در بر دارد. دراین شرایط شانس مواجه شدن با خطر در هر یک از دو راه برای ما نصف است. ولی‌اگر بطریقی، خواه بوسیله پرسش از بومیان و یا بهر طریق دیگری در مورد راه خطرناک اطلاعاتی حاصل کنیم مسلما راه بی خطر مشخص شده و شانس مواجه شدن با خطر بکلی از بین می‌رود. ولی همچنانکه خواهیم دید هیچگاه "حتی اگر بطرز وحشتناکی با هوش و دانشمند شویم " نخواهیم توانست شانس را درهمه موارد و بطور کلی از میان برداریم. پس شایسته است که شانس، این تعیین کننده قعطی نتیجه بیشتر رویدادها را بطور دقیقتری مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم. این کتاب چنین تجزیه و تحلیلی را بطرز بسیار ساده‌ای انجام داده و شانس، و اثر آنرادر روندها مورد بررسی قرار میدهد.

پس از مطالعه این کتاب ، خواهیم دید که نـه تنها نظم ، بانی ساختمان معظم و پیچیده تکامل ، که براستی تمامی اشیاء و موجودات ، بـر اثر آن به شکل فعلی خود رسیده‌اند ، نیست ، بلکه در اکثر موارد ، راههای پیشنهادی شانس، متضمن حصول نتایج چشمگیرتری است . ولی این‌موضوع نباید موجب آن شود که در هر موقعیت و شرایطی ، انتخـاب راه درست را بعهده شانس واگذار کرده و خودمان با گذاشتن دست روی دست به انتظار نتیجه بنشینیم . انجام چنین عملی ، درست مانند صحه گذاردن بـر این عقیده است که ــ چون جامعه تکامل می‌یابد ، پس مردم‌یک جامعه می‌توانند بدون انجام هیچگونه فعالیت و کار و کوششی شاهدتکامل جامعه خودباشند و در جهت تکاملی آن به پیش روند .

این نکته نیز لازم به تذکر است که قبول وجود شانس، و اهمیـت وجود آن ، امکان صحت هر گونه افکار غایت جویانه‌ای[1] را مبنی بر وجـود هدف غائی و نهائی از پیدایش و خلق جهان مردود می‌شمارد .

به این ترتیب طبیعت ، بدون هیچگونه منظور و هدفی ، با شانس دست بگریبان بوده و بکمک جهش و انتخاب طبیعی کـه از ساختمان آنهـا آگاهی حاصل خواهیم کرد ، همچنان پیچیده‌تر میشود ، و همین پیچیدگی نیز دنیا را شانسی‌تر جلوه‌گر میکند . بنابراین رسیدن بـه مقصود برای مـا دشوارتر می‌شود .

برای رسیدن بـه یک مقصود ابتـدا باید کلیه راههای مـوجود را سنجید و در صورت امکان برای هر یک از راهها امتیازی قائل شد ، و سپس با سنجش امتیازها و برگزیدن امتیاز بیشتر راه مطلوب را یافت . ولی هرگاه

---

1)Finalist

مثلا دو راه دارای یک امتیاز بوده و یا اصولا بدلایلی نتوان امتیازی برآنها قائل شد ، باید به شانس متوسل گردید . مثلا در مثال جنگل ، هرگاه هیچ شخصی را برای پرسش در مورد یافتن راه بی خطر نیابیم و وسیله کسب اطلاعی نیز در این مورد نداشته باشیم ، تنهاراه موجود ، استفاده ازشانس است . البته ممکن است شانس راه صحیح را پیش پای ما نگذارد ولی امکان این موضوع با امکان وقوع نقطه مقابل آن برابر است . مثال واقعی از چنین حالتی انتخاب دو طرف زمین فوتبال در حین مسابقه برای دو تیم بازیگر است . این عمل انتخاب ، همیشه توسط پرتاب یک سکه انجام می‌گیرد . زیرا این عمل ، عادلانه‌ترین نتایج را بدست می‌دهد . حتی اگر مسابقه پس‌از دو ساعت ، به نتیجه‌ای نرسد ، باز هم برای گرفتن نتیجه (انتخاب یکی‌از تیمها برای مراحل بعدی) از شانس کمک می‌گیرند .

همچنانکه متذکر شدیم ، باید همواره معلومات و دانش خود را نسبت به محیط افزایش دهیم ،تا ازمداخله شانس درتعیین نتیجه رویدادها بکاهیم ، زیرا ممکن است یک رویداد شامل چند عامل شانسی بوده و چه بساکه با افزایش معلومات ما ، یکایک‌این عوامل حذف‌شوند و میزان‌دخالت شانس در تعیین نتیجه ، کمتر و کمتر گردد .

هفته ، و یاروزی نیست‌که به کلمه شانس برخورد نکنیم . متاسفانه دید غیرعملی و عوامانه‌ای که اکثر مردم‌از شانس دارند این عامل (شانس) را بصورت کلمه عادی و غیر قابل توجهی جلوه‌گر ساخته است ، و به یاری این نقصان‌فرهنگ ،شانس نیز ، طبق معمول بصورت یکی از وسایل تبلیغاتی درآمده است . امیداست که انتشار این کتاب ، میزان آگاهی دانش دوستان را افزایش داده و خود ، سهمی در کاهش مداخله شانس برای حرکت در جهت مطلوب داشته باشد .

بجای پیشگفتار

شانس چیست ؟

قبل از اینکه رهسپار سفر خود به دنیای شانس شویم بهتردانستم که شانس را از نظر مراجع مختلف مورد بررسی قرار دهم . ابتدا به فرهنگ فلسفی گرانبهای خود مراجعه کردم و فورا با این عبارت مواجه شدم : "شانس. مراجعه کنید به ، ضرورت . . . (برای اشخاصی که درصحت‌گفتارم تردید دارند و با زبان روسی نیز آشنا هستند یادآور میشوم که کتاب مورد نظر عبارتست از : فرهنگ فلسفه ، مسکو ، ۱۹۶۸ ، صفحه ۳۲۳) برای چند لحظه تردید را کنار گذاشته و با عجله از این متن رد شدم . اما میزان نگرانی و ناراحتیم را هنگامی که در متن بعدی شانس را مربوط به " عدم ضرورت " یافتم مجسم کنید ، : " شانس از اصل یک پدیده سرچشمه نمیگیرد . . . "

بعد از مشاهده چنین عبارت واضحی در یک فرهنگ‌فلسفه ،نوشتن کتابی در مورد "شانس" بی فایده بنظر می‌رسد . بطورکلی بایدگفت ، کتاب علمی مورد استفاده عامه ، باید در مورد امور اساسی و ضروری بحث کند

(نه در مورد امور تصادفی و اتفاقی) . با چنین افکاری ، چیزی نمانده بود که مشت خود را محکم بروی میز بکوبم . آیا واقعا نوشتن کتابی در مورد شانس ارزش داشت؟ هرچند در حالی که دندانهایم را بهم فشرده بودم به مرجع دیگری مراجعه کردم ، این بار به کلمنت تیمیر یازف[1] . دیدگاه کاملا مشخص، و افسوس! پر دامنه او از شانس نیز چندان مناسب مقصود من نبود . جزوه او خاطر نشان می‌کند که . "...شانس چیست؟ کلمه تهی و بی معنی که برای نادیده گرفتن "جهل" بکار می‌رود . طفره رفتن یک‌فکر تنبل . آیا کسی واقعا در مورد وجود شانس در طبیعت اندیشیده است؟ اصولا آیا وجود شانس امکان پذیر است؟ آیا این امکان در مورد هر عملی که بدون دلیل بوقوع می‌پیوندد وجود دارد؟" . (شرح مختصری از تئوری داروین) . تیمیر یازف را می‌توان از این جهت معذور دانست که در زمان حیات او تعداد زیادی از علوم جدید هنوز در اوان کودکی خود بسر می‌بردند و حتی پیدایش بعضی از آنها به فکر کسی هم خطور نکرده بود .

بعد از چنین مواجهه‌ای با شانس، ننوشتن کتابی در مورد آن ، امکان ناپذیر بود . حتی اگر شده برای احیای این مقوله نیز باید چنین عملی انجام می‌شد . در غیر این صورت با وضعی که موجود بود ، می‌بایست تئوری احتمالات را جزو علوم‌کاذب و آمار ریاضی را برای توجیه افکارتنبل بحساب آورد .

دو مطلبی که بطور خلاصه در مورد شانس دربالا به آنها اشاره شد خاطرنشان می‌کنند که ، شانس چیزی است غیر واقعی و ذکر آن شرم آور

---

1) Clement Timiryazev

است ، چیزی که در یک اجتماع با فرهنگ نباید ذکری از آن بمیان آید . در مقابل ، مطالب آموزنده‌ای نیز مانند آنچه که در زیر ملاحظه خواهید کرد وجود دارند . "بچه‌ها ! شانس رو کناربگذارین . اصلا با اون تماس نگیرین ، با این عمل فقط دستهاتون کثیف می‌شه . بیائین اینجا و با این یکی بازی کنین ــ با اطمینان ــ ببینین چقدر قشنگ و تمیزه . " و فرزند ما با چنین تربیتی بزودی معتقد می‌شود که شانس چیزی است غیر واقعی ، که در نقطه مقابل آن یقین و اطمینان قرار دارد ، یعنی چیزی که ما در پی آن هستیم . اگر شما به مقصدی که در پی آن بوده‌اید برسید مسلما این موضوع منطبق با یقین و اطمینان است . اما هرگاه در میانه راه بلغزیدو بینی خود را مجروح کنید ، در آن صورت شانس را می‌توان عامل جوابگوی این پدیده بحساب آورد .

چنین بحثی ، موضوع سکه را به انسان یادآور میشود . همیشه تنها یک روی سکه قابل مشاهده است . و معمولا این همان طرفی است که دلخواه انسان نیست . متاسفانه انسان در راه پر آزار و خسته‌کننده پیشرفت خود ، معمولا با این روی سکه مواجه بوده است (بعدا علت این موضوع را خواهیم دید) . ما دارای طرز فکر اشتباهی در مورد شانس هستیم و این بجهت وجود تعداد بیشمار از انسانهائی است که در راه رسیدن به مقصد و مقصود خود ، لغزیده ، و بینی خود را مجروح کرده‌اند .

شانس چه نقشی را در زندگی ما ایفا می‌کند ؟ اگر تا کنون حتی یک بار به این موضوع اندیشیده باشید ، متوجه شده‌اید که تا چه حد زندگی ما متکی به شانس است . شانس از هر طرف ما را مورد تهاجم قرار میدهد . در علوم و تکنولوژی معمولا شانس بصورت دشمن متجلی می‌گردد ــ مانع از

میان نرفتنی که دقت بررسیها را کاهش میدهد .

شانس دیدگاههای ما را حتی از آینده نزدیک نیز تیره وتارمی‌کند و پیشگوئی وقایعی را که بعدها اتفاق خواهند افتاد کاملا غیرممکن میسازد (ولی اعتباری را که معمولا برای پیشگوئی‌های پیغمبران قائل هستیم بیاد بیاورید) . دخالت شانس نه تنها باعث کندشدن وقایع و رویدادهامیشود ، بلکه گاهی اوقات و معمولا بعنوان عامل کمکی نیز عمل می‌کند ، و نقاطی‌را که هیچگونه ارتباطی با یکدیگر ندارند بهم پیوند می‌دهد . حتی درزندگی روزمره نیز شانس تعداد زیادی ناملایمات ببار می‌آورد .

مدت مدیدی از آغاز جبهه‌گیری انسان در مقابل شانس میگذرد . نبرد بشر با شانس همیشه دو جبهه‌ای بوده است . جبهه اول مربوط میشود به یافتن علل پیدایش شانس و طرقی که بکمک آنها می‌توان بطورکلی شانس را از میان برداشت . بعنوان مثال ، تا همین اواخر تصور می‌شد که جنس نوزاد صرفا بطور شانسی معین میشود . ولی متخصصین در علم ژنتیک ، اکنون طریقه تعیین جنسیت را در نوزادان یافته‌اند . در واقع ، عملی که این متخصصین انجام داده‌اند ، یافتن یکی از رازهای طبیعت است که به موجب آن یکی از عوامل بوجود آورنده شانس حذف میشود ، و این عامل نیز تنها بخاطر بی توجهی ما بود که جلوه‌گر می‌شد . چنین وضعیتهائی‌در زندگی روزمره و در تجربیات علمی بکرات‌ظاهرمیشوندو وجودهمین شرایط بودکه باعث شدتیمیریازف برای‌تعریف شانس چنان لهن تند و وحشتناکی را بکار برد . او شانس را بوسیله اصطلاح "بی‌علتی" معرفی نمود ــ و این دو را نمی‌توان از یکنوع بحساب آورد .

حقیقت امر این است که هر اتفاقی علت مشخصی دارد ، واین

بدان معنی است که هرواقعه‌ای رامی‌توان نتیجه علت‌پیدایشش دانست .هر واقعه شانسی نیز چنین حالتی را دارا می‌باشد . علت وقوع‌نیز خود ، معلول علت دیگری است ، و جریان بهمین ترتیب ادامه می‌یابد . هر گاه زنجیر علت ــ پدیده ، بطور ساده مشخص باشد هیچگونه اشکالی هنگام مطالعه آنهاپیش نمیاید ، درچنین حالتی وقوع آخرین نتیجه را بهیچوجه نمی‌توان شانسی‌دانست .بعنوان مثال ، هنگامی که از ما پرسیده میشود ، سکه‌ای که بطرف بالا پرت شده به زمین باز می‌گردد یا روی سقف سقوط می‌کند ، می‌توانیم جواب کاملا روشن و منطقی به این پرسش بدهیم ، زیرا کاملا واضحست که در حین عمل چه اتفاقی رخ می‌دهد و شانس هیچگونه ارتباطی با موضوع ندارد . اما هر گاه زنجیر علت پدیده ، پیچیده باشد و قسمتهائی از آن مخفی‌بماند ،رویداد ، غیرقابل پیش بینی می‌گردد و درچنین‌حالتی ، پیشامد را شانسی می‌نامند . برای مثال فرض‌کنید می‌خواهیم دریابیم که سکه پرت شده ما پس از سقوط شیر را نشان میدهد یا خط‌را . حتی دراینجا نیز زنجیرعلت ــ پدیده بطوردقیقی قابل توضیح است . هر چند در این صورت بایدعواملی از قبیل : شدت پرتاب سکه ، هیجان شخص پرتاب‌کننده و غیره را نیز در نظر بگیریم . عملا چنین ارزیابی غیر ممکن است ، زیرا مثلا ما نمی‌دانیم هیجان شخص پرتاب کننده سکه را چگونه اندازه‌گیری کنیم . بنا براین اگر چه علت وجود دارد ، ولی ما قادر به پیشگوئی نتیجه نیستیم . در اینجا پیچیدگی زنجیر علت ــ پدیده ، رویداد را غیر قابل پیش بینی می‌کند ــ یا بعبارت دیگر ، رویداد ، شانسی میشود .

اما بطور دقیق ، رویداد غیر قابل پیش بینی چیست ؟ آیا ما واقعا نمی‌توانیم‌در مورد آن چیزی ذکرکنیم ؟ آیا هر بار با شانس مواجه‌میشویم ،

مجبوریم دستهای خود را بعلامت ناچاری از دو طرف باز کنیم؟

نه. البته که نه. از مدتها پیش مردم در یافتند که شانس دارای خواص بخصوصی است، و همچنین اینکه، در مورد هر رویداد غیر قابل پیش بینی می‌توان مقدار زیادی بحث کرد. مثلا، در مورد آزمایش پرتاب سکه، اکنون ما می‌توانیم بطور غیر مسلم پیش‌بینی کنیم که نصف نتایج شیر و نصف آنها خط خواهند بود. این موضوع بما نشان میدهد که شانس را می‌توان و باید بررسی کرد.

در واقع از قرن هفدهم بود که نظریه احتمالات ــ مطالعه ریاضی رویدادهای شانسی ــ بنیانگذاری شد. نظریه فوق جبهه دوم انسان را در نبرد علیه شانس تشکیل میدهد. در این جبهه، هدف، یافتن قوانینی است که حاکم بر رویدادهای شانسی باشند. بررسی و ارزیابی این قوانین بطور مجرد در شانسی بودن رویداد هیچگونه تغییری نمی‌دهد. عملی که این بررسی انجام میدهد، روشن‌تر کردن ساختمان داخلی شانس برای ماست. علم به این ساختمان، ما را قادر میسازد، نبرد موثری را علیه وقایع شانسی آغاز کنیم.

چنین بررسیهائی در جهت تقلیل و کاهش نقش شانس در علوم و تکنولوژی و زندگی روزمره بکارمی‌روند. روشهای متعددی طرح ریزی شده‌اند که بوسیله آنها میتوان اثر مخرب شانس را تقلیل داد یا بطور کلی آنرا از میان برداشت. یکی از جالبترین و مهمترین مسائل از این قبیل مربوط به جدا کردن یک علامت مفید و موردنظر از تعداد زیادی علائم متداخل که شانس نیز در تداخل آنها دخالت دارد میباشد. (ما در زندگی روزمره، قدم‌بقدم با تعداد زیادی از این قبیل مسائل روبرو هستیم، و حتی بعضی

اوقات متوجه نمیشویم که چگونه آنها را حل کرده و از میان بر می‌داریم)

در این کتاب ما با جالبترین و مفیدترین روشها برای ازمیان‌بردن نقش شانس آشنا خواهیم شد .

تا کنون ما طرف خسته‌کننده و کسل کننده شانس را درنظرگرفتیم . طرفی که بوسیله عدم اطمینان ، دلسردی و اخطارهای متوالی زندگی ما را مشوش می‌کند . ولی مشاهده شده که شانس ، بانضمام این نقایص ، دارای جهت شادی‌آور و مفیدی نیز می‌باشد . زمانی بود که مردم تنها چشم‌براه وقایع شانسی مفید بودند ، اکنون کوششهای پیگیری جهت واردکردن شانس بعنوان عامل مفید در صحنه عملیات انجام میشود . ظاهرا اولین اشخاصی که نقش مفیدشانس را دریافتند و آنرابکار بستند ، آنهائی بودندکه کارشان مربوط به تکثیر انواع نباتات و بوجود آوردن نژادهای جدید از چارپایان و پرندگان و ماهیها میشد .

در این اواخر مهندسین نظر خود را بیشتر بطرف شانس معطوف داشته ، و شروع به ساختن تعداد زیادی ماشینهای اسرارآمیز نموده‌اندکه دارای قابلیت‌های متعددی برای انجام کار می‌باشند ، و علت این است که در طرحهای آنها قسمتی از کارماشین به شانس محول شده است . اقتصاد ـ دانان و کارکنان ارتش نیز اهمیت و قابل استفاده بودن شانس را در حل مسائلی که در ضمن آنها باید بهترین روش در حین زد و خورد مورد استفاده قرار گیرد ، آموخته‌اند . آنها دریافته‌اند که بهترین روش معمولا روشی است که متکی بر شانس باشد .

ما در این کتاب مهمترین و مفیدترین کاربردهای شانس را مورد توجه قرار خواهیم داد .

شانس، بی‌اراده و غیرفعال نیست . بلکه نقش فعالی را درزندگی ما ایفا می‌کند . از طرفی نقشه‌های ما را بهم در می‌آمیزد و زیر و رومی‌کند ، و از طرف دیگر برای ما موفقیتهای جدیدی فراهم میاورد . مشکل بتوان تاثیر شانس را دقیقا در طبیعت و زندگی یافت . تنها کافی است بخاطر آوریم که حیات ، خود ، پس از یک سری وقایع اتفاقی و شانسی پدید آمد . شانس در طبیعت از قوانین خود پیروی می‌کند ، و گریز از آنها غیر ممکن است . شانس همچنین بطور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند بصیرباشد . همچنانکه نابود می‌کند ، از نو، بنیاد می‌کند . در عین حال که تاسف برمی‌انگیزد ، باعث شادی می‌گردد . همچنانکه از پیشرفت باز میدارد ، در راه ترقی کمک می‌کند .

شمشیر دو سر شانس، فوق‌العاده گمراه کننده است ، ولی خطرناک نیست . شانس در تقلای بشر علیه نیروهای تهدید کننده طبیعت ، همرزم انسان میشود .

این کتاب ، برای تشریح وضعیت شانس در دو حالت مختلفش به تالیف درآمده . شانس بعنوان مانع ، و شانس بعنوان مدد . شانس بعنوان نابود کننده ، و شانس بعنوان بنیاد کننده . شانس بعنوان دشمن ، و شانس بعنوان دوست .

شانس عبارتست از . . .

در پیشگفتار پرسیدم : "شانس چیست ؟" بدون اینکه پاسخی به این پرسش داده باشم . دو دلیل برای این موضوع وجود داشت . دلیل‌اول مربوط است به نحوه نگارش کتب علمی ــ روشی که مولف این کتاب بهیچوجه

قصد روی گردانی از آن را ندارد . این روش مبتنی بر این اصل است کـه ، مولف سخن خود را با پرسش بنیادی که مربوط به بحث میشود آغازمی‌کند ، و اجازه میدهد که بحث تا حد معینی در پرده ابهام فرو رود . آنگاه اقدام به نشان دادن این موضوع میکند که مسائل آنچنان که بنظر می‌رسندسـاده نیستند و در واقع عکس این موضوع است کـه صحت دارد ــ مسـاله بسیار پیچیده و غامض بوده و بهیچوجه مقدماتی نیست .

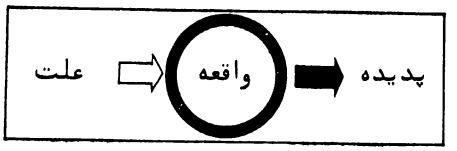
بعد از این مرحله ، انتظار آن می‌رود که مولف با گامهای حسـاب شده‌ای ، مثالهای مجذوب کننده و در عین حال قابل فهمی را در اختیـار خواننده بگذارد ، و به این ترتیب خواننده را در مورد بـی توجهی خـود نسبت به موضوع آگاه کند . در چنین شرایطی استکه می‌توان شروع به شرح مطالب برای خواننده نمود .

دلیل دوم بسیار با اهمیت‌تر است . بطـورساده و روشن میتـوان گفت که دانشمندان در مورد تعریف شانس هنوز بـه نتیجه قطعی و توافـق نرسیده‌اند . در نتیجه ، هرگاه نویسنده‌ای بخود جرات پاسخ دادن به این پرسش را بدهد باید خودرا آماده شنیدن نظرات مختلف و طعن و لعن‌های متعددی از طرف همقطاران خود بکند .

در این شرایط ، مولف خود را در وضع نامساعدی گرفتارمی‌بیند ، زیرا او باید نظر خود را اظهار کند . بنا براین در حالیکه تمام شهـامت و جرات خود را بکـار گرفته‌ایم ، به پاسخ دادن پـرسش "شـانس چیست ؟" می‌پردازیم . شـانس در درجه اول عبارتسـت از . غیر قابل پیش بینـی بودن ، بخاطر بی توجهی ما ، بخاطر نقصان اطلاعات ما ، و بخاطر کمبـود معلومات ما .

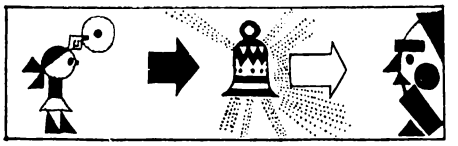
به این ترتیب شانس معیاری است برای بی اطلاعی . هر چه اطلاعات ما در مورد شیٔ بخصوصی کمتر باشد ، رفتار و بازتاب آن شیٔ شانسی‌تر است . بالعکس ، هر چه معلومات ما درمورد شیٔ بیشتر باشد ، اعمال شیٔ کمتر شانسی شده و پیش بینی‌های ما در مورد رفتارهای بعدی آن بیشتر به واقعیت می‌گرایند .

از این نقطه نظر ، تیمیر یازف ، کاملا درست فکرمی‌کرد . جستجوی علل پیدایش هر پدیده بوسیله طبیعت شانسی آن ، ناشی از بی کفایتی و عدم توجه ناظر و همچنین نشان دهنده تصدیق او در مورد عدم توجه‌به علل وقوع است . برای توضیح دادن این مفهوم ، قالبی می‌سازیم . بستگی علت ــ پدیده را در حین وقوع یک رویداد ، بوسیله یک دایره و دو سهم نشان می‌دهیم (شکل۱) . علت وقوع بوسیله سهم سفیدی که از سمت‌چپ متوجه داخل دایره و نتیجه‌آن را با سهم سیاهی که از طرف راست متوجه خارج دایره است ، مشخص شده است .



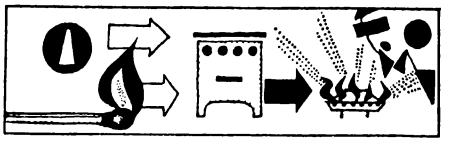
شکل ۱

در هر یک از مراحل بحث خود ، می‌توانیم تبدیلاتی بر روی این شکل انجام داده و تصویر مربوطه را بدست آوریم . هنگامی که زنگ خانهٔ شخصی را بصدا در می‌آوریم ، عمل ،بوسیله فشردن دکمه زنگ‌انجام‌می‌گردد و به این ترتیب علتی بوجود می‌آید که خود ، تولید کننده نتیجه است : بصدا درآمدن زنگ داخل خانه (شکل ۲)



شکل ۲

هرگاه بخواهیم اجاق گازی را روشن کنیم ، ناچاریم دو علت اولیه تولید کنیم . اولا باید شیر گاز را باز کرده و جریان آنرا کنترل نمائیم ، و ثانیا کبریت روشنی را به اجاق نزدیک کنیم . این دو علت باعث حاصل شدن نتیجه عمل میشوند: روشن شدن اجاق .



شکل ۳

این روش برای توضیح بستگی علت ــ پدیده مناسب بوده و در سیبرنتیک بسیار رایج و متداول میباشد (شکل ۴) .

شکل ۴

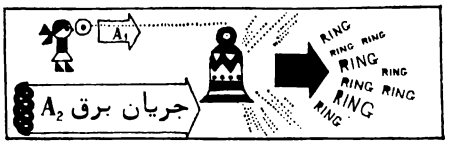
در اینجا ، علامت A باعث پیدایش علامت B میشود . بستگی بین علائم A و B بصورت تبدیلی در میاید که علامت B با ورود علامت A بدان تولید میشود . پس بطور حرفی میتوان نوشت : $A \rightarrow B$

به مثال زنگ باز میگردیم . آیا میتوان کاملا مطمئن بود که هرگاه

دکمه را فشار دهیم ، زنگ بصدا در خواهد آمد ؟ البته نه . قبل از اینکه بتوانیم اظهار کنیم که احضاریه ما شنیده شده ، باید مطمئن باشیم که الکتریسیته‌در مدار شامل زنگ ، جریان یافته است . بعبارت دیگربرای بصدا درآمدن زنگ ، دو شرط لازم است . جریان برق مدار تامین گردد ،ودکمه فشار داده شود . تنها در حالتی که این شروط ، هر دو برقرارشوند ، بصدا درآمدن زنگ حتمی خواهد بود .

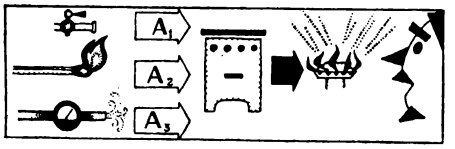
ولی هنگامیکه ما به در خانه نزدیک میشویم ، نمی‌دانیم که آیا برق در مدار زنگ جریان دارد یا نه ، و همین ، بصدا درآمدن زنگ را تا جائی که بما مربوط میشود ، شانسی می‌کند ، زیرا ما فاقد اطلاعات کاملی در مورد آن هستیم . اگر ما قبلا به مهماندار خود تلفن میکردیم و میپرسیدیم که آیا زنگ درست کار می‌کند ــ بعبارت دیگر ، اگر اطلاعات لازم را برای خود جمع‌آوری میکردیم ــ در آن صورت ، عمل "دکمه رافشار بده تا زنگ بصدا درآید " بشکل کاملا معین و قطعی انجام شده ، ودر این حال شانس هیچگونه راهی برای ورود به این پدیده نداشت .

بنا براین مشاهده میکنیم که ، در این مثال یکی از عناصر شانس همواره موجود است ، و وجود آن به این دلیل ساده است ،که ، از دو شرط لازم برای بصدا درآمدن زنگ ، یعنی A_1 و A_2 (فشار دادن دکمه وتامین جریان برق در مدار) معمولا فقط یکی از آنها قابل برقراری است ،که‌همان فشار دادن دکمه باشد . شانسی بودن عمل زنگ ، بخاطر عدم اطمینانی است که بر اثر شرط دوم بوجود میاید (شکل۵) . (در اینجا ما بطورضمنی فرض کرده‌ایم که خود زنگ نیز درست کار میکند ، در غیر اینصورت عامل دیگری برای شانسی شدن واقعه تولید می‌شود .



شکل ۵

عین همین حالت هنگامیکه اجاق را روشن می‌کنیم بوجود میاید (شکل۶) .بانضمام دو شرطی که در حالت قبل ، آنها را A_1 و A_2 نامیدیم (باز کردن شیر گاز ، و روشن کردن کبریت) وجود شرط سومی مانند A_3 نیز ضروری بنظر میرسد ــ وجود فشار گاز ، در دریچه گاز اجاق . اگر قبلا این احتیاط را میکردیم که ، به تولید کننده گاز تلفن بزنیم و مطمئن شویم که جریان گاز بدون نقص در لوله‌ها وجود دارد ــ و یا اگر فشار گاز را در سیلندر ، اندازه می‌گرفتیم ــ در این صورت ، روشن شدن اجاق ، امری شانسی نمی‌بود .



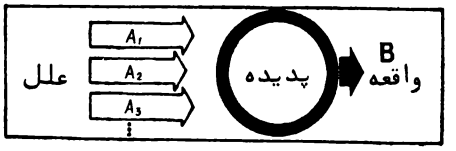
شکل ۶

اما اگر در بدست آوردن این اطلاعات ، قصور بکنیم ، باید خود را متقاعد نمائیم که اجاق در هر شرایطی روشن نمیشود . روشن شدن اجاق امری شانسی خواهد بود ، چون عمل آن حتی یکدرصد هم قابل پیش بینی نیست .

بنابراین ، شانس بطور عمده ، تابعی از بی‌اطلاعی و نادیده گرفتن ما است . هر چه شخصی بی توجه‌تر باشد دنیای او شانسی‌تر خواهد

بود . عکس این موضوع نیز صحت دارد . دنیا از نظر یک دانشمند اینطور با تحقیر ، تحت سلطه شانس قرار ندارد . بنا براین مشاهده می‌کنیم کـه ، شانس عاملی باطنی و ذهنی است که بـه مقدار اطلاعات موجود در مـورد شیٔ مورد نظر منوط است . اگر شخصی مؤمن به وجود خدای دانـائی در عالم باشد ، مطمئنا هیچگـونه اثری از شانس ، در دنیـا نخواهد یـافت . متاسفانه با وجود علم بی نهایتی که خداوند بر اساس افسانه تـورات دارا می‌باشد ، هیچیک از فرشته‌های او ، حتی والا مقام‌ترین آنان نیز با وجـود مقام ملکوتیشان نتوانستند چنین قدرتی را برای‌کسب تمام‌اطلاعات بدست آورند . منجمله انسان خطاکار . او چگونه می‌توانست توانائی برقراری تماس را با این قادر متعال داشته باشد؟ او از میان ۵ راه ارتباطی ظریفی که بـه دنیای خارجش مربوط میسازد (بینائی ــ شنوائی ــ بویائی ــ چشـائی و ــ لامسه) تنها اطلاعات محدودی را از محیط اطراف کسب میکنـد . اصطلاح اشرف مخلوقات نیز تنها بخاطر کارآئی قوی مغز او ، به او اطلاق شده‌است ، و همین کارآئی است که به‌او اجازه میدهد شانس را بصورت زیر تشریح کند .

هر واقعه‌ای (B) نتیجه یک سری علـل مختلف است ، کـه ممکن است از نظر تعداد ، زیاد یا کم باشند . در شکل۷ نقاطی که در زیرسهم‌های A_1 و A_2 و A_3 و . . . (علل) وجود دارند ، نشان دهنده این موضوعند کـه علل وقوع ممکن است از نظر تعداد بینهایت زیاد باشند : A_4 و A_5 و A_6 و . . و غیرو . برای پیش بینی یک واقعه ، انسان باید بطور دقیق ، از هـر یک از عللی که موجب رویدادن واقعه شده‌اند آگاهی یابد .



شکل ۷

هنگامیکه علل وقوع ، از نظر تعداد کم بوده و همگی قابل مشاهده باشند ، واقعه ، دیگر جنبه شانسی نخواهد داشت . (در این حـال معمولا آنرا رویدادی با قاعده یا حساب شده مینامند) بعنوان مثال ، اگر ما سنگی را در هوا پرتاب کنیم ، بطور قطع و با دقت هر چه تمامتر میتوانیم پیش ـ بینی کنیم که به زمین سقوط میکند یا بسوی کره ماه پیش میرود . در اینجا ، قانون جاذبه ، مشخص کننده تمام اطلاعاتی است که ما برای تعیین اینکـه سنگ به حال سکون به زمین باز خواهد گشت ، به آنها نیازمندیم .

ولی اگر علل وقوع رویداد ، بقدری زیاد بـاشد که همگی در یـک زمان غیر قابل وصول باشند (مثلا اگـر واقعه B دارای یک میلیـون علت مختلف باشد) در اینصورت واقعه ، بهیچوجه قابل پیش بینی نیست . این واقعه ، واقعه‌ای غیـر قابل پیش بینی و شانسی است . در اینجـا شانس از نقصان اطلاعات ، از بی کفایتی و نادرستی اطلاعات بر می‌خیزد . آیاایـن بدان معنی است که ، در یک روز زیبا ، اگر همگی ما بطور وحشتناکی زیرک و با هوش شویم ، شانس از صحنه عالم رخت بر خواهد بست ؟

نه مسلما چنین اتفاقی نخواهدافتاد . لااقل سه عامل وجود دارند که از امکان وقوع چنین حادثه‌ای جلوگیری میکنند . ـ سه یار ثابت قـدم و وفادار شانس .

در درجه اول ، پیچیدگی و اختلاط بی‌نهایت جهان ، قرار دارد .

ما هیچگاه موفق به کشف تمام گوناگونیهای دنیا نخواهیم شد . ما هیچگاه نخواهیم توانست کلیه آموختنیهای موجود را فرا بگیریم . بنابراین هرگونه دعوی ، در مورد علم لایتناهی یک موجود دنیوی یا ماوراءالطبیعه ، بنظر احمقانه می‌رسد . بطور ساده‌تر ، قانون طبیعی‌یی وجود دارد که دلالت بر کشف تمام پدیده‌های طبیعی میکند . ولی هر چه بیشتر بررسی و تحقیق کنیم ، نکاتی را نادیده گذاشته و از آنها رد می‌شویم . چرا ؟ زیرا دنیاواقعا بی‌انتها است . این بی انتهائی و عدم محدودیت را می‌توان از جمله کوزما پروتکوف[1] درک کرد . "تعیین عمق چیزی که عمقش غیرقابل‌تعیین است ، غیر ممکن است . " واضحست که ما هیچگاه نمی‌توانیم پیش بینی کنیم که سکه پرتاب شده ، در چه جهتی سقوط خواهد کرد (شیر ، یا خط) ، زیرا سرنوشت سکه لااقل بوسیله چهار عامل اساسی تحت تاثیر قرارمیگیرد . این عوامل عبارتند از: شخصی که سکه را پرتاب میکند ، محیطی که سکه در آن سقوط میکند ، سطحی که سکه بر روی آن فرود میاید و بالاخره خواص خود سکه . هر یک از این عوامل در تعیین نتیجه تاثیر قطعی دارند ، و هر یک از آنها نیز بنوبه خود ، معلول دلایل دیگری می‌باشند . در واقع تعداد این علل عملا بینهایت است ، بنابراین بحساب آوردن تمامی آنها در یک لحظه حتی برای یک پرتاب سکه نیز غیر محتمل است .

عامل‌دومی‌راکه‌در واقع همرزم شانس است و باعث غیر قابل پیش بینی بودن دنیای ما می‌گردد ، باید در " محدودیت دقت اندازه‌گیری "های ما جستجو کرد .

---

1)Kozma Prutkov

کاملا واضح است دقتی که بموجب آن یک واقعه دقیقا پیش‌بینی میشود ، بستگی به دقتی دارد ، که با آن عوامل تولیدکننده واقعه اندازه‌گیری میشوند . ولی دقت هر سنجشی محدود است . متعاقب پیشرفت علوم و تکنولوژی دقت ما نیز در سنجشها افزایش میابد . اما همیشه و همچنان ــ و باز هم همیشه و همچنان ــ محدود باقی میماند . بعبارت دیگرچیزی‌بنام دقت مطلق وجود ندارد و هیچگاه نیز وجود نخواهد داشت ــ حتی در حالیکه سنجشهای خود را بر اساس ساختمان ماده قرار دهیم .

این امر باعث محدودیت امکانات پیش‌بینی میگردد ، و در نتیجه آن ، شانس موقعیت تظاهرات بیشتری را می‌یابد . بعنوان مثال ، اگر میخواستیم محل برخورد موشک پرتاب شده‌ای را با زمین مشخص‌کنیم می‌بایست تمام عواملی را که درتعیین مسیرموشک دخیلند درنظرمی‌گرفتیم . در اینجا ، در مرحله اول ، با شرایط لایه‌های مختلف جو زمین که موشک از میان آنها عبور می‌کند سر و کار داریم . هر چند تعیین دقت حرکات‌یک پرتابی در جو زمین ، در تمام طول مسیرش تا رسیدن به هدف ، بینهایت دشوار ــ و عملا غیر ممکن ــ است . بنابر این ناچاریم خود را به سنجش تقریبی و تخمینی عوامل موجود محدود کنیم . و این به نوبه خود ، عاملی است که برخورد پرتابی را با مانع شانسی می‌کند ، زیرا ما نتوانستیم بدقت آنها را ارزیابی کنیم .

در نتیجه ، عدم اطمینان در مورد برخورد پرتابی به هدف ، مربوط به نقصان اطلاعات دقیق ما در مورد آن است ، که عمدتا از تقریبی بودن سنجشهای ما ناشی میشود .

و بالاخره ، نه‌تنها شانس از عدم‌توجه‌ما و ازپیچیدگی بی‌انتهای

دنیا و محدود بودن دقت سنجشهای ما ، بلکه همچنین براثر "عدم‌تعیـن" یا "عدم قطعیت" نیز حاصل میگردد ، که اولین بارتوسط دانشمندآلمانی ، ورنر هایزنبرگ[1] بفرمول درآمد .

اصل عدم قطعیت در واقع بدین معنی است که هر رویدادی کـه نتیجه آن بوسیله واکنش‌های متقابل اتمهای مجزا مشخص شود ، رویـدادی است شانسی . اصل فوق را بطور مفصل‌تر می‌توان بصورت زیر تشریح نمود .

بر همـه آشکار است که برای تعیین وضعیتی کـه ذره مشخصی در آینده ، در فضا بخود میگیرد ، احتیاج به معلومات دقیقی در مورد وضعیت و سـرعت اولیه آن داریم ، و نـه بیشتر . اصل عـدم قطعیت ، هنگـامیکه مطالعات ما بر روی ذرات اتمی و فوق اتمی انجام می‌گیرد محدودیتی رادر دقت سنجشها وارد میکند . بطور خلاصه دقتی که بموجب آن یکی ازعوامل مشخص کننده ذره فوق اتمی را تعیین می‌کنیم ــ مثلا وضعیت آنرا ــ مربوط است به دقتی که بوسیله آن عامل دیگری را بررسی می‌کنیم ــ سرعت ویـا مامنتوم . هر چه دقت ما در حین اندازه‌گیری یکی از عوامل بیشترباشـد ، در اندازه‌گیری عامل بعدی کمتر میگردد . ولی سنجش هر دو عامل بـا یک دقت فوق‌العاده زیاد غیرممکن است . این یکی از کیفیتهای قاطع جهـان بینهایت کوچک است ، و تکنولوژی در هیچیک از مراحل پیشرفت و تـرقی خود نخواهد توانست دقت ما را در این اندازه‌گیری از حدود موجودبالاتر ببرد ، همچنانکه هیچیک از مراحل ترقی علوم ، نخواهد توانست ما راقادر به ارتباط با گذشته بکنـد(لازم به تـذکر است که در حالیکه ما قادربـه

---

1)Werner Heisenberg

تفسیر وقایع ، هستیم ــ و این کاری است که اغلب انجام میدهیم ــ قدرت تغییر آنها را نداریم) . مثال ساده زیر برای درک مفهوم اصل عدم قطعیت بسیار مناسب است .

فرض کنید ، یک لامپ تصویر تلویزیون معمولی در اختیار داریم . داخل حباب ، مولد الکترونی موسوم به تفنگ الکترونی موجود است . این مولد بطور ساده تشکیل شده است از یک فیلامان داغ ، که در لامپهای معمولی بچشم میخورد . این فیلامان در درجه حرارت التهاب قرار دارد . فیلامان سرخ شده ، بصورت منبع الکترون عمل می‌کند . الکترونها بوسیله یک میدان الکتریکی ، شتاب پیدا کرده و سپس از میان دوسوراخ که یکی پیش از دیگری در لوله حباب قرار دارند ، عبور می‌کنند . این دو سوراخ ، الکترونها را بصورت اشعه متمرکزی جمع‌آوری کرده و آنها را مانند گلوله‌هائی که از یک مسلسل شلیک میشوند بخط مستقیم در می‌آورند . این شعاع باریک ، بطرف صفحه‌ای که شامل ماده بخصوصی می‌باشد ، هدایت میشود . ماده موردنظر نسبت به برخورد الکترونها حساسیت نشان میدهد . با برخورد یک الکترون به صفحه ، این الکترون متفرق شده (انرژی از دست میدهد) ، و انرژی از دست رفته ، بصورت جرقه نورانی که برای چشم قابل رویت است ، ظاهر میشود . در نتیجه جریان یکنواختی که الکترونها در شعاع الکترونی دارند ، نقطه درخشانی روی صفحه حساس تولید میکنند ، بوسیله کنترل جهت شعاع ، از طریق تغییر دادن میدانهای الکتریکی یا مغناطیسی می‌توانیم نقطه درخشان را در تمام نقاط صفحه بچرخانیم . این همان اساس کار تلویزیون است .

ولی مساله اساسی در اینجا ، این موضوع نیست . حال تصورکنید ،

بخواهیم نقطه را حتی‌الامکان در روی صفحه، کوچک‌کنیم. برای انجام این عمل، ناچاریم قطر شعاع الکترونهای صادر شده از تفنگ الکترونی راکاهش دهیم. چگونه میتوان به این مقصود رسید؟ بنظر می‌رسد که هیچ عملی تا این حد سهل الوصول نیست. تنها کاری که باید انجام دهیم، این است که منفذهای حباب راکوچک کنیم. فرض کنیدموفق به ساختن تفنگ الکترونی شده‌ایم که منفذ آن قابل تغییر است و حدود تغییرات سوراخ آن از مقادیر قابل ملاحظه بزرگ، تا حداقل، برابر قطر الکترون باشد. (لزومی ندارد که از این حد فراتر رویم. اگر چنین بکنیم واضحست که الکترونها در لوله حباب فشرده خواهند شد). می‌توانید چنین مکانیزمی را بصورت دیافراگم یک دوربین مجسم کنید. با نصب چنین دیافراگمی بر روی تفنگ الکترونی خود، خواهیم توانست قطر شعاع الکترونها را تغییر دهیم.

اکنون ما برای انجام آزمایش آماده‌ایم. با کوچک کردن منفذ حباب، در ابتدا مشاهده می‌کنیم که طبیعتا لکه نورانی روی صفحه حساس کوچکتر میشود. ولی پس از مدتی، کوچک شدن اندازه لکه متوقف شده و حلقه‌های نورانی کم‌رنگی در طول آن ظاهر میشوند. با تنگتر کردن منفذ بمقدار بیشتر، این حلقه‌ها درسطح صفحه حساس گسترش‌میابند. هنگامیکه منفذ به حداقل قطر ممکن (برابر قطر الکترون) می‌رسد، لکه بطور کلی‌محو شده و ما شاهد جرقه‌های پی‌درپی نوری خواهیم بود. این جرقه‌ها یک لحظه در یک محل و لحظه بعد در محل دیگری بوجود می‌آیند و به این ترتیب سطح صفحه را میپوشانند. این رفتار عجیب الکترونها را چگونه می‌توان توضیح داد؟ ممکن است این فکر پیش آید که هنگامیکه منفذبه حداقل قطر خود می‌رسد شعاع الکترونی تبدیل به جریان منفرد الکترونها

شده و همگی در یک نقطه به صفحه برخورد میکنند ، و همچنین اینکه ، در این حال قطر لکه روشن برابر قطر یک الکترون می‌گردد . ولی ما درتجربه خود به چنین چیزی برنخوردیم . اشتباه ما در کجا بود ؟ حقیقت امر این است که ، نتایجی که انتظار آنها را داریم مغایر اصل عدم قطعیت ، که قبلا از آن گفتگو کردیم هستند . آنچه که اتفاق می‌افتد بدین ترتیب است . هنگامیکه قطر منفذ تفنگ الکترونی را تقلیل میدهیم ، خطای تعیین‌موقعیت الکترونهای متحرک کمتر و کمتر میگردد . این خطا برابر تفاوت بین قطر منفذ و قطر یک الکترون است . با کوچکتر شدن منفذ ، خطا بسمت صفر میل می‌کند ، بطوریکه هنگامیکه قطر منفذ برابر قطر یک الکترون شود ، موقعیت الکترونها بطور کاملا دقیقی تعیین می‌گردد . الکترون در لحظه عبور از منفذ درست در منفذ جای گرفته و مختصات آن کاملا با مختصات منفذ منطبق می‌گردد . بر طبق اصل عدم قطعیت تعیین محل الکترون با چنین دقتی تعیین هر یک از مشخصات بعدی الکترون را از قبیل سرعت آن بعد از گذشتن از سوراخ غیر ممکن و مختل می‌کند . این همان چیزی است که ما در تجربه خود هنگامی که احتمال وجود الکترون را در هر محلی از صفحه یکسان یافتیم مشاهده کردیم .

نتیجه می‌گیریم که هنگام تثبیت موقعیت الکترون ، قادر به تعیین جهت حرکت بعدی ــ یعنی سرعت ــ آن با دقتی بیش از آنچه که اصل عدم قطعیت هایزنبرگ بما اجازه می‌دهدنیستیم و نخواهیم بود . در اینجاست که شانس نقش اساسی داشته و حتی با پیشرفت‌های بعدی دردقت سنجش‌ها ، نقش آن تغییری نمی‌کند .

و اینچنین است دنیای ما و قوانین حاکم برآن . امید اینکه در

آینده بتوانیم خود را از شر شانس خلاص کنیم به اندازه امید سفر به زمان گذشته پوچ و بیهوده است . (چیزی که نویسندگان داستانهای تخیلی علمی مدتها وقت صرف آن کردند ، اگرچه کوششهای آنها بیشتر در جهت کار خودشان بود تا اینکه از کاهی ، کوهی بسازند ، و نه اینکه پیشگوئی های واقعا عالمانه و فاضلانه بکنند)

بینهایت کوچکها که زیربنای دنیای ما را تشکیل میدهند رفتاری بی هدف و بی ترتیب دارند . اصل عدم قطعیت مرکز فعالیتهای آنها را تشکیل میدهد .

از این مطالب می‌توانیم نتیجه کلی و بسیار مهمی بگیریم‌که حاکی از وحدت کلیه تجربیات واقعی و غیر قابل تکرار بودن نتایج یک تجربه بخصوص است ــ نتیجه‌ای که مخالف کالبد و چهارچوب علوم کلاسیک‌است .

علوم قرن گذشته بما نشان می‌دادند که در شرایط یکسان وهمانند نتایج یکسانی از یک تجربه ، بدفعات متعدد عاید میگردد . در حالی که چنین چیزی ابدا اتفاق نمی‌افتد . حتی اگر کلیه شرایط تجربه بخصوصی را دوباره و با دقت تمام تولید کنیم ، نتیجه ، با نتیجه اول یکسان نخواهد بود . این موضوع چه چیز را نشان میدهد ؟ ویرانی علوم را ؟

نه ، البته که نه . این موضوع نشان میدهد که دانش ، قدم بسیار بزرگی بجلو برداشته است . این حقیقت که دنیای ما بوسیله احتمالات رهبری میشود ، بعنوان یک اصل ، پیشگوئی‌ها و پیش بینی‌های دقیق را مردود میشمارد . هر گونه پیشگوئی وقایع آینده ، بیش از اینکه به حقیقت و اطمینان نزدیک باشد به احتمال نزدیک است . معهذا همچنانکه فیزیکدان مشهور آمریکائی ریچارد فینمن[1] بشوخی گفته بود " در عوض علم به

1)Richard Feynman

زندگی خود ادامه میدهد" چگونه می‌توان در دنیائی که هیچ چیز آن قابل پیش بینی نیست ، به زندگی ادامه داد ؟ خواهیم دید مساله آنچنان هم‌که بنظر وحشتناک می‌رسد نیست .

در مرحله اول ، محدودیتی که بوسیله اصل عدم قطعیت ، درمورد اعمال دقت ، مطرح میشود ، بسیار کوچک است ــ در حدود ابعاد هسته اتم ــ ، و این اصل آثار خود را تنها هنگام مطالعات در مقیاسهای اتمی و هسته‌ای آشکار میسازد . در ثانی ، غیر قابل پیش بینی بودن ، دنیای ما را چندان هم غیر قابل تحمل نمی‌سازد .

درست است که غیر قابل پیش بینی بودن را می‌توان بعنوان مانعی در مقابل سنجشهای دقیق بحساب آورد . ولی علوم جدید روشهای بسیار پیشرفته و قوی را برای بر طرف کردن خطاهای سنجش بوجود آورده‌اند (از این طرق بعدا صحبت خواهیم کرد) که ما را قادر می‌سازند اشکالاتی را که بر اثر غیر قابل پیش بینی بودن وقایع بوجود می‌آیند برطرف کنیم . حال بیائید به دنیای بینهایت بزرگها باز گردیم .

قبلا دیدیم که در دنیای بینهایت کوچکها بهیچوجه نمی‌توانیم موقعیت یک ذره بینهایت کوچک را در آینده پیش بینی کنیم . حال ، هر واکنشی در دنیای بینهایت بزرگها ــ یعنی واکنشی که عوامل آن دارای ابعاد بزرگ هستند ــ از تعداد زیادی واکنشهای بینهایت کوچک ، که بر طبق اصل عدم قطعیت انجام میشوند ، تشکیل میگردد و بنابراین نمی‌توان با دقت آنها را پیشگوئی کرد . در نتیجه ، نمی‌توانیم وضعیت اجسام بینهایت بزرگ را نیز بدقت پیش بینی کنیم ، بلکه این عمل باتقریب‌بوده و تا حد معینی موثق است . این موضوع را با مثال ساده‌ای روشن می‌کنیم .

فرض کنید چرخ رولتی که عبارتست از دیس دایره‌ای شکل مسطحی که در حوالی مرکز آن صدها سوراخ تعبیه شده است در اختیار داریم . توپ کوچک و سبکی را بسرعت معینی در این دیس رها می‌کنیم . توپ ، در حالیکه در حاشیه دیس میچرخد ، بتدریج سرعت خود را از دست میدهدو بالاخره در یکی از سوراخها متوقف میشود . حال تصور کنید ، هم توپ و هم چرخ رولت را بمقیاس اتمی ، کوچک کنیم (برای یک لحظه فرض کنید چنین عملی امکان پذیر است) و توپ را چند بار بوسیله دستگاه کاملا دقیقی رها می‌کنیم ، بطوریکه هر بار توپ از یک موقعیت مشخص و ثابت ، رها شود و در مسیر بخصوص و با سرعت مشخصی حرکت کند . آیا این بدان معنی است که توپ همیشه در یک سوراخ خواهد افتاد ؟ نه ، به احتمال قوی چنین اتفاقی نمی‌افتد . بر طبق اصل عدم قطعیت ، بعد از هر برخورد با کناره چرخ ، جهتی که توپ انتخاب میکند ، تنها بطور احتمالی قابل پیش بینی است . مسیر مشخص را نمی‌توان در هر حالت بدقت پیش بینی کرد ، زیرا عمل باید در مقیاس اتمی ، یعنی تاثیر متقابل اتمهای توپ و اتمهای نقطه تماس چرخ با توپ ، انجام گیرد . چون شرایط تجربه ، نشان می‌دهد که سرعت توپ با دقت زیادی مشخص است ، در نتیجه وضعیت نهائی توپ ، بطور غیر قطعی تعیین میشود .

واضحست که با هر جهش توپ ، عدم قطعیت برای موقعیت آن ، بطور اضافی فزونی می‌گیرد و هنگامی که توپ به حالت سکون میرسد ، این عدم قطعیت به حداکثر مقدار خود میرسد . همین موضوع است که چرخ رولت را دستگاهی بی قاعده میسازد . نتایجی که این دستگاه ببارمی‌آورد ، تنها بطور تقریبی قابل پیش بینی هستند ــ و هیچ روش جدیدی که حتی

دقیق‌ترین سنجشها را نیز شامل می‌باشد نمی‌توانـد ما را قادر به یافتـن محل ایست توپ، با دقتی بیش از دقت اصل عدم قطعیت، بکند.

چندی پیش، خبر مهیجی در سراسر دنیا انتشار یافت مبنی بر ـ اینکه، گروهی از ریاضیدانان جوان، ظاهرا موفق به کشف سیستمی بـرای پیش بینی وضعیت چـرخ رولت شده‌اند، کـه بوسیله این سیستم و بکمـک کامپیوتر سریع‌العملی، می‌توان بانک را برد. بی اسـاسی بودن این‌گـونه اخبار آشکار است. این اخبـار از تمـایل بیش از حد، برای آینده‌نگـری اشخـاص ناشی میشـوند. البته، نه پیش بینی‌هـای تقریبی و تخمینـی‌که معمولا در علم مطرح میگردند، بلکه پیش بینی‌های مطلقا درست، کـه بـا اصل عدم قطعیت مغایرت دارند. مشکل بتوان گفت که آیا این خبر مهیج واقعا خبر یک اختراع بود یا آگهی تبلیغ یک کارخانه سازنده کامپیوتر.

لازم بتذکر است که تا کنون صحبتهای ما، در مورد چرخ رولـت ایده‌آلی بود که، علیرغم کامل بودن از نظر ساختمـان، دستگاهی بـدون نظم و بی قاعده است. طرز عمل یک چرخ رولت واقعی، بخاطر عدم دقت و ناصافی سطح چرخ و توپ بسیار غیر قابل پیش بینی‌تر است. این بـدان معنی است که عدم قطعیت در مورد یک چرخ رولت واقعی، عبـارتست از عدم قطعیت ناشی از اصل هایزنبرگ، بعلاوه عدم قطعیتی که از سختـی و ناصافی سطوح دستگاه ناشی میگردد. و عدم قطعیت اخیر، عدم قطعیت‌را بمیزان قابل ملاحظه‌ای نسبت به حالت قبل افزایش میدهد.

بعبارت دیگر، یک چرخ رولت واقعی، دستگاه بی قاعـده‌ای است که در آن عامل اصلی و مقدماتی یعنی منبع شـانس، نه درمقیاس اتمـی، بلکه از جهت ناصافی سطوح تمـاس ـ مثلا بخاطر کمی مهارت سازنده ـ

موجود است . معهذا ، رفتار چرخ رولت ایده‌آل نیز ، غیر قابل پیش بینی است .

این عمل صاحبان کازینوها ، که سعی می‌کنند کارچرخ رولت‌شان حتی‌الامکان غیر قابل پیش بینی باشد بی فایده است . طبیعتا ، هر گاه چرخ ، در طی چند چرخش جدید ، تمایل به نشان دادن سوراخهای بخصوصی بکند ، بازی کنندگان متوجه این سوراخها شده و بر روی آنها شرط بندی خواهند کرد ــ و مالک رولت بزودی ورشکست خواهد شد . بنا ــ بر این برای جلوگیری از چنین پیشامدی ، صاحب رولت سعی می‌کند که رولتش با حداکثر بی نظمی کار کرده ، و نتیجه غیر قابل پیش بینی باشد .

با دلایلی که در بالا مطرح شدند ، دنیای ما دنیای شانس‌است ــ دنیای احتمالات . کیفیت بی قاعده آن ، بهمان اندازه از خواص دنیاناشی میشود ، که از محدود بودن توانائی‌های بشر. بشری که عوامل تولید کننده شانس معمولا در نظر او بی اهمیت هستند ــ خواه این موضوع دریک پدیده مشهود گردد و خواه اینکه نتیجه بازتاب بشر نسبت به دنیای اطراف خود باشد . بطور خلاصه میتوانیم عقیده پدران خود را در مورداینکه شانس روی سه نهنگ غول پیکر ، که در زیر از آنها نام می‌بریم ، با آسایش هرچه تمامتر به موجودیت خود ادامه می‌دهد ، نقل کنیم .

۱) اصل عدم قطعیت یا عدم تعین

۲) نامحدود بودن عالم

۳) محدود بودن قابلیت‌ها و توانائی‌های بشر (البته در یک زمان بخصوص)

ترکیب این هر سه عامل باعث عدم قطعیت جهان شانسی ما

می‌گردد . در چنین شرایطی چگونه می‌توانیم عمل کنیم ؟ در ابتدا ما باید خود را از این وهم و خیال که خواهیم توانست بالاخره بطور کامل از شر شانس خلاص شویم نجات دهیم ــ این تنها در صورتی امکان پذیر است‌که ما می‌توانستیم دنیای دیگری اختراع کنیم که با دنیای اولی که درآن زندگی می‌کنیم تفاوت داشت . این دنیائی است که دانشمند فرانسوی ، لاپلاس[1] تصور آنرا می‌کرد . او می‌گفت که تمامی پدیده‌های دنیا ، با پیشرفت وضعیت جهان روشن خواهند شد . او به این طریق گفته خود را اظهار کرده بود .

"ما بایدوضعیت کنونی جهان را نتیجه وضعیت قبلی آن بپنداریم "

" این فکری است که در یک لحظه از زمان باعث شناخت کلیه نیروهای موجود درطبیعت و کلیه مولفه‌های آن شده و بعلاوه بقدری‌وسیع است که قادر به تجزیه و تحلیل این معلومات بوده و حرکات تمام اجزاء موجود در جهان را ، از بزرگترین آنها گرفته ، تا اتومها ، در یک فرمول خلاصه می‌کند . هیچ چیزی بر چنین فکری پوشیده نمی‌ماند . آینده به همان سادگی گذشته خواهد رسید . "

آشکار است که ، دنیای لاپلاس ، چیزی نیست مگر تصویری از یک حرکت ابدی ، که از پس چشمان ما گسترده شده است . ما خود ، قسمتی از این تصویر هستیم و اعمال ما ، منحصرا بر طبق کارنامه‌ای که خدا برای ما نوشته انجام میگردند .

البته غیر واقعی بودن چنین دنیائی بر همگان آشکار است . فقط

---

1)Laplace

می‌توان گفت ، این همان دنیائی نیست که ما در آن زندگی می‌کنیم . از جنبه توهین آمیز مساله که بگذریم (در واقع بازیچه دست دیگران بودن ، توهین آمیزتر است) ، دنیای لاپلاس باعث برانگیختن ایرادهای فراوانی است . دنیای لاپلاس دنیائی است مقدرو بنابراین خیالی است . همه‌وقایع ، بر طبق وحی منزلی بوقوع می‌پیوندند ــ و این در درجه اول باعث سکون هر چیز می‌گردد . سعی کنید ، خواهید دید که حتی ذره‌ای نیزنمی‌توانید در آن تغییری بوجود آورید . حتی کوشش شما نیز برای انجام این تغییر ، در کارنامه شما نوشته شده است . این همان دنیای ماست ، که در نظریه لاپلاس تشریح شده است .

اما دنیای شانسی ما ، با سه همرزم شانس چطور؟ چگونه می‌توانیم در یک وضعیت شانسی ، رهسپار مقصد شویم ، در حالیکه آینده خود وضعیت نیز ، غیر قابل پیش بینی است؟ در واقع ، آیا می‌توانیم در زمینه‌هائی که شانس در آنها دخالت دارد بطور منطقی عمل کنیم ؟ چگونه میتوانیم از شانس به نفع خود بهره‌برداری کنیم ؟

ما به تمام این سئوالات ، در فصول بعدی این کتاب ، پاسخ خواهیم داد ، در ابتدا از جنبه‌های منفی و سپس از جنبه‌های مثبت شانس صحبت خواهیم کرد . قسمت اول ، وسایلی را بما معرفی می‌کند که در دسترسمان بوده و بکمک آنها می‌توانیم با شانس مبارزه کنیم . بحث قسمت دوم ، مربوط است به استفاده از شانس بنفع بشر و برای کمک به او .

قسمت اوّل

مانعی بنام شانس

شانس آنچنان نقش مهمی را در امور دنیا ایفا می‌کند که من سعی می‌کنم کمترین محل را برای عرض اندامش تخصیص دهم . زیرا کاملا مطمئنم که او بدون کمک من ، قادر است بخوبی از خود نگهداری کند .

الکساندر دوما

۱- شانس در گهوارهٔ سیبرنتیک

در ۱۹۴۰ که قوای فاشیست آلمان ، جنگ دوم جهانی را آغاز کردند ، دارای برتری هوائی بودند ، هواپیماهای آلمانی قادر به پرواز با سرعت‌های زیاد بوده و بآسانی از تیررس ضد هوائی‌های قوای بریتانیا می‌گریختند ، زیرا سرعت هواپیماهای نظامی در آن زمان معادل سرعت گلوله‌های ضد هوائی بود . بنابراین لازم بود که هدف‌گیری نه مستقیما به سوی هدف ، بلکه در نقطه‌ای که در فاصله‌ای از هدف قرارداشت ، و برخورد باید در این نقطه انجام می‌شد ، محاسبه می‌گردید . تا زمانی که سرعت

هواپیما کم بود ، توپچی می‌توانست مستقیما این نقطه را بیابد . شکارچیان ، از این موضوع بخوبی آگاهند برای شکار در حال حرکت ، نقطه هدف گیری بایدجلوتر از حیوان بوده و برحسب سرعت حرکت وفاصله حیوان ازشکارچی نقطه شلیک ، باندازه طول بدن حیوان یا بیش از این مقدار ، جلوتر از حیوان باشد . توپچی‌های ضد هوائی نیز امروزه از این روش آگاهند .

مقارن پیدایش هواپیماهای سریع‌السیر و بمب‌افکن‌ها ، لازم شد که نقطه شلیک در حدود ۲۰ تا ۳۰ برابر طول هدف و جلوتر از آن قرارگیرد ـ و این وظیفه خارج از توانائی توپچی بود . بر این اساس ، هنگامی که هواپیمائی در حوزه تیررس ضدهوائی قرار می‌گرفت ، خلبان باید تدابیر جنگی مختلفی را انجام می‌داد تا از اثر ضدهوائی کاسته وآنرا تا صفرتقلیل بدهد . این تدابیر بقرار زیرند . هنگامی که خلبان در حوزه آتش قرار می‌گرفت ، او باید مسیر منحنی انتخاب کرده و به این ترتیب بر خورد گلوله‌ای را که قبلا شلیک شده بود به هواپیما امکان‌ناپذیر می‌ساخت . در نتیجه ، آلمانها موفق به بمباران کردن شهرهای بریتانیا شدند ، و درحالی که خود ، بدون هیچگونه مزاحمت و آزاری از محوطه می‌گریختند ، خسارات جبران ناپذیری را به این شهرها وارد آوردند .

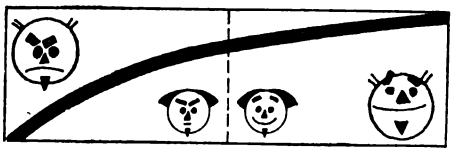
فرمانده کل قوای بریتانیا برای حل مساله ، یعنی پیش‌بینی موقعیت هواپیما و یافتن مسیر هواپیما ، ناچار به دانشمندان قوای متفق متوسل شد . پیچیدگی مساله بطور عمده ، مربوط به این موضوع بود که هواپیما ، تحت کنترل انسانی قرار داشت که اعمالش باید قبلا حدس زده میشد . طبیعتا خلبان مسیری را انتخاب می‌کرد که توپچی نتواند وضعیت آینده او راحدس بزند ، بعبارت دیگر او سعی می‌کرد مسیر هواپیمای خود را حتی‌الامکان غیر

قابل پیش بینی کند . از طرف دیگر ، توپچی سعی می‌کرد ، از مقصودخلبان آگاهی یابد . از نقطه نظـر توپچی ، مسیر هواپیما تصـادفی بود ،زیـرا او نمی‌دانست که خلبان چند لحظه بعدفرمان را بکدام‌جهت خواهدچرخاند . پس آیا این بدان معنی بود که هواپیما برای همیشه آسیب‌ناپذیر می‌مانـد ، و اینکه باید از دفاع ضدهوائی صرفنظر می‌شد ؟

نه ، اینطور نیست .

نکته در اینجاست که ، تصمیم خلبـان برای انجام یک عمل ، بـا انجام خود عمل ، همزمان نیست . هنگامیکه او تصمیم میگیرد ، هواپیمـای خود را در جهت مشخصی بچرخاند ، کنترلهای مربوطه را تنظیم می‌کند و هواپیما جهت خود را تغییر میدهد . ولی نه بطور ناگهانی ــ تنها بعـداز انقضای یک مدت زمان معین . در نتیجه ، خلبان بطـور نامحدود ، بـرای مانورآزادی عمل ندارد . بعلاوه عمل هواپیما نسبت به خواست خلبـان ، مقداری قصور دارد ، یعنی حرکت آن در هر لحظه به وضعیت کنترلهـا در چند لحظه قبل بستگـی دارد . این موضوع ، توپچی ضـدهوائی را قـادر میسازد که مسیر پرواز هواپیما را تعقیب کرده و رفتار آنرا در آینده کوتاهی تخمین بزند . اما او چگونه دقیقا این عمل را انجام میدهد ؟ مساله ، بـه پیش بینی حرکت بیقاعده ، منجر می‌شود . بوسیله مثال ساده زیر میتوانیم بزودی خود را متقاعد کنیم که این موضوع امکان‌پذیر است .

منحنی که در شکل ۸ رسم شده ، حرکت جسم بخصوصی را نشـان می‌دهد ــ یا یک جسم مکانیکی و یا یک موجود زنده .



شکل ۸

طرف راست چنین شکلی را بوسیله یک صفحه کاغذطوری بپوشانید که غیر قابل رویت شود ، و سپس از دوستان خود بخواهید که منحنی را از محل خط چین ، بسمت راست ادامه دهند ، و این کار را با در نظر گرفتن قسمت چپ شکل انجام دهند . در اینصورت شاخه سمت راست برای آنها ناشناخته خواهد بود و بنابراین با رویدادی شانسی مواجه هستیم . ولی اکثرا ، مسیر منحنی را بطور دقیقی صحیح انتخاب می‌کنند .

علت چیست ؟

حقیقت این است که ، قسمت قابل رویت سمت چپ منحنی ،شامل اطلاعاتی از سمت راست آن می‌باشد ، بنابراین بیننده‌ای که شما انتخاب کرده‌اید ، برای پیشگوئی قسمت راست منحنی ، با اشکالی مواجه نخواهد شد . اما اگر از او بپرسید که چرا منحنی را آنطور که رسم کردانتخاب نمود و منحنی دیگری را رسم نکرد ، نباید انتظار جواب مدللی از اوداشته باشید . بهترین جواب او ممکن است چنین چیزی باشد . " خوب ، این بهترین راهی بود که میتونستم انتخاب کنم . "

بنابراین یک انسان قادر به حل این مساله ، هست . چگونه ؟ ما نمی‌دانیم . ولی نکته در اینجاست که او می‌تواند . بسیار خوب اگر سعی می‌کردیم ماشینی بسازیم که همین عمل را منتها با سرعت بیشتری انجام دهد چه اتفاقی می‌افتاد ؟ و اگر این ماشین را برای کنترل آتش توپ ضد

هوائی بکار می‌بردیم ، دستگاه بسیار موثری برای ضربت زدن ، به هواپیماهای دشمن می‌داشتیم ، مهم نیست که خلبان ، تا چه حد ماهر بوده و چه تاکتیکهائی را بکار برد . اما قبل از اینکه بتوانیم چنین دستگاهی بسازیم ، باید طریقه حل ریاضی مساله را بدانیم . این مشکلترین مساله ، عبارتست از امتداد دادن مسیرهای بی قاعده .

همین مساله بود که توجه ریاضیدان آمریکائی ، نوربرت وینر ، [1] را که بنیانگذار علم سیبرنتیک نیز هم او بود ، بسمت خودمعطوف داشت . راه حل درخشانی که او بدست آورد ، باعث شد که ضد هوائی‌های قوای متفق ، بموقع مجهز به وسایلی شوند که بطور خودکار محل شلیک را برای اصابت گلوله به هدف مشخص میکردند . و به این ترتیب بود که علم سیبرنتیک ، که هنوز در اوان کودکی خود بسر می‌برد ، اولین قدم خود را برداشت . در اینجا بود که سیبرنتیک ، علیه شانس وارد عملیات شده وبر آن پیروز شد ــ و به این ترتیب نشانداد که تمام وقایع شانسی ، آنطور که بنظر می‌رسد ، غیر قابل نفوذ و غیر قابل پیش بینی نیستند ، و همچنین اینکه ، بسیاری از آنها با موفقیت هرچه تمامتر ، قابل پیش بینی می‌باشند و به این ترتیب آنها از لفاقه غیر قابل پیش بینی بودن بیرون آمدند ، و نیز برای انجام این عمل کافیست در نحوه عمل ، دقیق شده و مسیرانجام آنرا دنبال کنیم .

نکته بسیار قابل توجهی نیز وجود دارد و آن این که ، ماهیت فیزیکی جسم ، کوچکترین تاثیری بر روی محاسبات ما ندارد . این روش‌بما اجازه میدهد که نه تنها مسیر یک پرتابی ، بلکه همچنین رفتارحیوانات ، میزان تقاضای یک محصول تولیدی ، مقدار جریان آب ، و بسیاری دیگر از

1)Norbert Wiener

وقایع شانسی را که بیش از همه در طبیعت تحت تاثیر تغییرات و تبدیلات قرار دارند ، پیش بینی کنیم ــ البته بطورتقریبی ، ما قادر به انجام این عمل ، هستیم ، زیرا دنیای اطراف ما ،آنچنان که درنظراول بچشم‌میخورد شانسی نیست . اگر بدقت به ابهام شانس بنگریم ، خواهیم توانست طرح دوری از یک قانون طبیعی را تنظیم کنیم . و این ما را قادر به غلبه‌بر شانس و انجام پیش گوئی‌های نسبتا دقیقی میکند در اینجا است که شانس، نقش منفی را ایفا می‌کند . پیشرفت علم را به تعویق می‌اندازد . اشکال می‌آفریند . در زندگی بشر مداخله می‌کند . و بطور کلی از ترقی جلوگیری می‌کند . با در نظر گرفتن همه جهات ، و بدون هیچگونه واهمه‌ای از امکان وجود تناقض، می‌توانیم اظهار کنیم که ، کوشش بشر ، برای ترقی ، تقلای او بر علیه شانس است .

شانس بندرت کمک کرده و اغلب نقش مخرب را بازی می‌کند . ولی حتی در آن صورت نیز دسیسه‌هائی که این عامل ، بر علیه پیشرفت می‌چیند ، بوسیله یک عامل موثر و قوی ، بنام کنترل خنثی میشوند ــ که اکنون توجه خود را به آن معطوف می‌کنیم .

۲- کنترل

افسانه مذهبی بعنوان درسی از سیبرنتیک

برطبق یکی از افسانه‌های مذهبی ، سابوت (خدا) و فرشته‌هایش ، جهان را در ۶ روز خلق کرد ، ولی آنها تنها یک روز و یک شب از درخشندگی و عظمت ، و از هماهنگی روز و شب آن لذت بردند . در روز

دوم ، جهان یک تاریخ یکروزه را پشت سر گذاشته بود ، که درحین آن تمام قسمتهای فرد جهان ، شروع به تلاشی کردند . اینجا و آنجا ، آن شکوه و جلالی که در روز اول بچشم میخورد ، از جهان رخت بربست . موجودی ، در گوشه‌ای ، شروع به نزاع با اطرافیان خود کرد ، و هماهنگی اولیه دگرگون شد . دنیای یکروزه دیگر نمونه نظم و هنر نبود .

افسانه اینطور ادامه می‌یابد که با گذشت هر روز ، اوضاع بدتر و بدتر می‌شد . می‌گویند ، که تنها دست یک شیطان در این عوامل موثر نبود . ولی شیطان نیز خود را با کارهای بیهوده و جزئی ، زحمت‌نمیداد . او ترجیح میداد ، اعمالی را انجام دهد که به تمام کره ارض مربوط شود . بعنوان مثال از میان کارهای او ، می‌توان متمایل کردن انسان بسوی شرارت و گناه ، و بوجود آوردن آتشفشانهای متعدد را بر روی زمین نام برد .

هرچند ، تنها بخاطر فعالیتهای شیطان نبود که دنیا بسوی قهقرا سیر می‌کرد ــ اگرچه ، او نیز حداکثر تلاش خود را میکرد . دنیا ، درخشش و زیبائی خود را به این جهت از دست داد که سابوت از کنترل چرخ گردون دست برداشت . در نتیجه این عمل ، غارت و خرابی بر سراسر زمین حکمفرما شد ، و زمانی که سابوت از لاقیدی خود دست برداشت ، دیگردیر شده بود . فساد در همه جا شیوع یافته و نفوذ کرده بود . هرگونه کوششی برای جبران این خرابیها بی ثمر بود ، زیرا باید در شکل تمام مخلوقات ، تغییرات اساسی داده میشد . بنابراین مشیت الهی بر این قرار گرفت که برای از بین بردن تمام زشتیهای دنیوی ، سیل بنیان‌کنی ، در سر تاسر جهان جریان یابد . در این میان شخصی بفکر افتاد که حیات را از انهدام نجات دهد و بنا براین در گوش سابوت عقیده خود را در مورد ساختن

کشتی بزرگی مطرح کرد ، که در آن نماینده سابوت یعنی کاپیتان نوح ازهر یک از انواع نباتات و حیوانات ــ منجمله خود نوح و پسرانش ــ جفتی را جمع آورد . وظیفه آنها یافتن محل جدیدی برای تشکیل یک دنیای نــو و پاک بود .

جای تاسف است که بگوئیم ، هیچیک ازاین توقعات برآورده‌نشد . نوح غرق شد و در میان پسران او نزاع برخاست و هر یک براه خود رفتند . آشکار است که دنیا احتیاج به توجه و مراقبت ثابت و همیشگی داشت .ولی سابوت بی عرضه و تنبــل بود . فقط هرچند وقت یکبــار که بیکاری بطور خستگی‌آوری باعث عذاب و کسالت او می‌شد ، تــوجه خودرا بطرف دنیــا معطوف داشته و مقداری نظم در کارهای آن بوجود می‌آورد . ولی چون او هیجان‌زده شده بود ، قادر نبود ماموریت خود را در مورد بوجــود آوردن نوع برتری (یا اصلاح شده‌تری) از موجودات بطــور اصولی انجام دهد ، و زشتیها و پلیدیها همچنان به پیشروی خود در جهان ادامه دادند .

در غایت امر ، سابوت ــ که از این مــرحله ، به یک موجود آگاه ، تبدیل شده بود ــ دریافت که دنیا باید بطــور اصولی تحت کنترل قــرار گیرد ، و اینکه برای اعمال کنترل صحیح و موثر ، باید اطلاعات کــافی در مورد اشیاء تحت کنترل ،گردآوری‌شود . او همچنین دریافت که این سلطه‌و اعمال کنترل ، از جایگاه سلطنتی او که بسیار دور از زمین و در بهشت‌قرار داشت غیرممکن بود . (حال دیگر این موضوع را کوچکتــرین شیاطین‌نیــز می‌دانند ، ولی در آن روزها ، این موضوع مشکل دست نیافتنی بود) بنا ــ براین سابوت ، پسر خود ، مسیح را به دنیا اعزام داشت تا روش اصولی و موثقی را برای جمع‌آوری اطلاعات ، در مورد کلیه امــور زمینی اجرا کنــد .

ولی مسیح درماموریت خطیرخود با شکست مواجه شد . اواز میان اقیانوسها گذشت ، از برگهای هفت گیاه تغذیه کرد ، و زخمها و بیماریهای خود را با قوه تخیل (هیپنوتیزم) معالجه کرد . اگر او تنها تا این مرحله پیش رفته و همزمان باآنها وظایف خودرا انجام میداد هیچگونه اشکالی پیش‌نمی‌آمد . اما هنگامیکه او حواریون را دور خود جمع کرده و مبادرت به اشاعه آئین جدیدی نمود که خود ، پیشوای آن بود ، صبر سابوت به انجام رسید و عیسی را مصلوب کرد .

از آن روز به بعد سابوت از انجام کارهای دنیوی دست شست .او باطنا امیدوار بود که شیطان با بشر بی‌عقل ، که هیچیک از پیشگوئی‌های او را قبول نداشت از در دشمنی و انتقام درآید .

در بادی‌امر ، شیطان موفقیت چشمگیری داشت . ولی عاقبت ، آن که با اجازه ویژه سابوت ، اختیار بر افروختن آتش تفتیش را در دوران تیره قرون وسطی بدست آورد چه کسی جز همین شیطان بود ؟ نقشه شیطان به همان اندازه ساده‌گیش ، محیلانه بود . به آتش کشیدن هر چیزی که نو و مترقی بوده و امکان هر گونه تغییری را در امور مقدر فراهم میآورد . اگر تجربه سابوت ، از براه انداختن طوفان نوح ، از بین بردن بدیها و بجا گذاشتن نیکیها بود ، شیطان ، درست عکس این عمل را انجام داد . اوهمه خوبیها را از میان برداشت ، بطوریکه نفرت و انزجار در شرایطی حاکم شد که آثار آن بطور ابدی بر کره ارض باقیماند .

ولی ، در حال حاضر بشر به درجه‌ای از ترقی رسیده که بوسیله اعمال کنترل ، قادر است شیطان را از جایگاه خودبزیر آورد و سرنگون کند . شیطان اکنون به انجام کارهای جزئی و ناقابل بسنده می‌کند .

این داستان ساده ، مانند تمام افسانه‌های جن و پری‌ها ، نشان‌دهنده کوته فکری مردم دوران قدیم ، در مورد پدیده‌های طبیعت ، که برایشان غیرقابل توضیح بود ، می‌باشد . نباید موضوعات را با این دید نگریست که : دو قدرت مخالف و متضاد دنیای ما را فرا گرفته‌اند ، که‌هدف یکی از آنها ببار آوردن خرابی و دیگری هدفش سازندگی است . بر اثراولی دنیای ما تحت تاثیر یک عده ناملایمات قرار میگیرد . خانه ها و پلها قطعه قطعه و ویران میشوند ، نباتات و حیوانات درسنین معینی ازبین می‌روند و غیرو .

این تمایل شیطانی مربوط به دوران ابتدائی بشر و تکوین او بود که بخاطر موهوم‌پرستی مردم ، چنین موجود مخربی در اذهان مردم شکل گرفته بود . دانش جدید ، چنین پدیده‌های طبیعی را از طریق اصل‌دوم ترمودینامیک که بحق باید آنرا اصل نظام بی‌نظمی خواند توضیح می‌دهد .

هرج و مرج

اصل دوم ترمو دینامیک ، اول بار در سال ۱۸۲۹ توسط مهندس فرانسوی ، سادی کارنو ، [1] بصورت فرمول درآمد . این اصل را می‌توان بدین طریق شرح داد: هر سیستم مسدودی ــ یعنی هرسیستمی که کاملا مجزا بوده و بهیچ سیستم‌دیگری ارتباط ندارد ــ بسمت‌محتمل‌ترین وضعیت خود میل می‌کند . این محتمل‌ترین وضعیت ، عبارتست از هرج و مرج کامل . به این ترتیب بر طبق اصل دوم ترمودینامیک ، هر سیستم مسدودی بتدریج

1) Sadi Carnot

بسمت اختلال و بی‌نظمی ، تجزیه و تباهی پیش میرود .

در اعمال مهندسی چنین تحولی به " استهلاک" موسوم است . در زیست‌شناسی "پیرشدن" ، در شیمی "تجزیه" ، درجامعه‌شناسی "تباهی" و در تاریخ ، آنرا " انحطاط " می‌نامند .

بمنظور سنجش میزان بی نظمی یک سیستم ، معمولا از مفهوم آنتروپی استفاده میکنیم . این مفهوم ، خصوصیتی از سیستم را نشان میدهد که با بالا رفتن میزان بی نظمی و هرج و مرج در سیستم ، مقدار آن نیز زیاد میشود . حال میتوانیم از نو ، اصل دوم ترمودینامیک را به این ترتیب خلاصه کنیم . آنتروپی یک سیستم مسدود کاهش نمیابد . بعبارت دیگر یک سیستم مسدود ، بخودی خود و به تنهائی نمی‌تواند میزان ترتیب خود را افزایش دهد .

لازم به تذکراست که اصل دوم ترمودینامیک ، اصلی است تجربی ، هرچند تا کنون هیچگونه مثالی که این اصل در مورد آن معتبر نباشدیافت نشده است .

بناچار ، در این مرحله ممکن است شخصی بپرسد که چرا دنیای اطراف ما ، در یک وضعیت بی نظمی کامل قرار ندارد و بطور ساده‌تر ،حتی بسمت چنین وضعیتی میل نیز نمی‌کند ، درست بر عکس آنچه که اصل دوم ترمودینامیک بیان می‌کند . بعنوان مثال ، سیستم‌های بیولوژیکی ، یعنی موجودات زنده ، سیستم‌های بسیار متشکل و پیچده‌ای هستند در حالیکه میزان آنتروپی آنها بسیار پائین است . چگونه می‌توان چنین سیستمهای غیر محتملی را با اصل دوم ترمودینامیک وفق داد؟ و یا ، علم پیشرفته کنونی بر اساس اصل دوم ترمودینامیک ، مشغول هرچه پیچیده‌تر کردن

حیات است ــ موفقیتهای چشمگیری که در این جهت ببار آمده ، برهمگان آشکار است .

اما در اینجا هیچگونه تنافضی وجود ندارد . هیچکس تا کنون به مبارزه با این اصل قاطع ترمودینامیک برنخاسته . بلکه نکته در اینجاست که مفهوم سیستم مسدود ، که اصل دوم در مورد آن برقرار است ، مفهومی است تجریدی و بسیار دور از واقعیت . در دنیای واقعی ، هیچ سیستمی به معنای واقعی "مسدود" نیست ، تمام سیستمها با هم در ارتباط و تماس هستند . ارتباط بین آنها ممکن است قوی و یا ضعیف باشد ، ولی همیشه این ارتباط موجود است . بعلاوه ، مسدودکردن یک سیستم ، بطرق مصنوعی نیز امکان‌ناپذیر است ، زیرا هر سیستمی تحت نفوذ اثرات حرارتی وجاذبه سیستمهای دیگر ، حال بهر اندازه هم که کم باشند ، قرار دارد . بنابراین نمی‌توانیم زمین را سیستمی مسدود بحساب آوریم ، زیرا زمین ازخورشید انرژی کسب میکند . بطرز مشابهی ، منظومه شمسی نیز سیستم مسدود نیست ، زیرا این سیستم نیز تحت تاثیر تشعشعات و جاذبه کهکشانها قرار دارد . بطور مسلم ، میزان تشعشعاتی که منظومه شمسی جذب می‌کند بسیار کم است ، ولی در طول هزاران میلیون سال ، این تشعشعات ، اثرقابل توجهی بر روی آن گذاشته‌اند .

این حقایق ، اصل دوم ترمودینامیک را ، بصورت قانون آکادمیکی در می‌آورند و باعث از هم پاشیدگی افکاری مانند نظریه " تلف حرارتی " جهان می‌گردند . بد نیست به موضوع تلف حرارتی جهان با دقت بیشتری بنگریم .

در طی قرن گذشته ، عده زیادی از دانشمندان ، مرتکب این

اشتباه شدند که ، اصل دوم ترمودینامیک را در مورد تمام جهان بعنوان یک سیستم مسدود بکار بردند (و هنوز نیز دربین دانشمندان ، عده قلیلی که طرفدار این نظریه باشند ، وجود دارند) . این طرز فکر منجر به پیدایش نظریه تلف حرارتی جهان شد . جهان مرده و بی جان ، بصورت عنصر وسیعی که ، حرارت یکنواختی در سراسر آن وجود داشت و هیچگونه افزایش یا کاهشی در حرارت آن بوجود نمی‌آمد تصور می‌شد .

مسلما واقعیت این است که افزایش آنتروپی یک سیستم مسدود منجر به یکنواخت شدن حرارت در تمام نقاط سیستم میگردد .در چنین جهانی ، حیات ، امکان پیدایش نمی‌داشت ، زیرا هیچگونه موتوری (به وسیعترین معنای کلمه) در شرایطی که هیچگونه اختلاف دمائی موجود نباشد کار نمی‌کند . هر دستگاه مولد کار و انرژی ، عمل خودرا باگرم‌کردن یک قسمت سردتر و سرد کردن یک قسمت گرمتر انجام میدهد .

موجودات زنده نیز از این قاعده مستثنی نیستند . یک موجود زنده نیز موتور بسیار پیچیده‌ای است که در شرایط عدم وجود اختلاف دمای خود با محیط ، قادر به کار نیست . اگر هیچگونه اختلاف دمائی موجود نباشد ، حیات متوقف میگردد . اینک پدیده تلف حرارتی .

نظریه تلف حرارتی ، علیرغم منطق بظاهر متقاعد کننده‌اش ، دارای نقص بسیاربزرگی است . این نظریه براساس یک قضیه غلط پی‌ریزی شده است . کلیه مصیبت‌هائی که بر اثر تلف حرارتی ممکن است تولیدشوند تنها در شرایط سیستم مسدود امکان‌پذیرند ، و متاسفانه چنین سیستمی وجود ندارد . بنا بر این نجات ما از پدیده تلف حرارتی تنها بوسیله "قانون ارتباط و همبستگی پدیده‌ها و اشیاء سراسر جهان" صورت میگیرد .

نه خود جهان ، و نه هیچیک از اجزاء آنرا نمی‌توان بصورت سیستم مسدودی در نظر گرفت . اصل دوم ترمودینامیک ، نـه در مورد اولی و نـه در مورد اجزاء آن قابل اجرا نیست . بعبارت دیگر ، ما نباید از پدیده تلف حرارتی ترسی را بخود راه دهیم .

حال بیائید به اصل دوم ترمودینامیک بـاز گردیم . این اصـل ، حتی در یک سیستم بستـه نیز امکان تقلیل بسیار کم آنتـروپی را جلودار نمیشود ، و پیدایش یک نظم و ترتیب محدود ــ که تنها بـا از بین رفتـن این ترتیب در قسمت دیگـر و ببارآمدن خرابی در آن بوجـود می‌آید ــ امکـان‌پذیـر است .

نظم محـدود ، در یک نقطـه بخصوص سیستم مسـدود ، تنها در شرایطی ممکن است که نظم بقیه سیستم مختل گردد . اگرچه بر طبق اصـل دوم ، میزان نظم و ترتیب سیستم بطور کلی تغییر نخواهد کرد .

مساله بالا بردن میـزان نظم و ترتیب در یک سیستـم ، اول‌بـار توسط ماکسول[1] در سال ۱۸۷۱ مورد توجه قرار گرفت . ماکسول مسالـه را بصورت تناقضی که نام غیرعادی "شیطان ماکسول" را بخود گرفتـه است ، خلاصه کرد . (این شیطان اعمال زشت و پلید را انجام نمی‌دهد . درست برعکس ، کارهـائی را انجام میدهد کـه در کوشش‌های معتبـر برای استیلا یافتن بر شیطان بی‌نظمی ، او را بصورت متحد و همرزم بشر در آورده است)

شیطان ماکسول

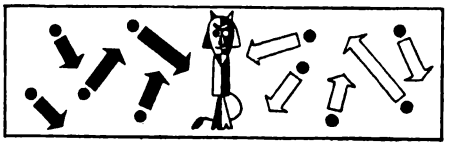
در سال ۱۸۷۱ ، یعنی پیش از پیدایش علـم سیبرنتیک ، تنـاقض

---

1) Maxwell

جالب ماکسول ، با اصل دوم ترمودینامیک ناسازگاری داشت . حال ، علت را خواهیم دید .

فرض کنید ظرف خالی‌ئی در اختیار داریم که نسبت به بیرون عایق شده و از داخل به دو قسمت تقسیم گردیده است (شکل ۹) همچنین فرض کنید هر دو قسمت را در یک لحظه از گاز پر کرده‌ایم . این سیستم ــ ظرف پر از گازی با درجه حرارت معمولی ــ دارای حداکثر آنتروپی است . هرگاه دما در یکی از قسمتها بیشتر می‌بود ، سیستم دارای نظم بیشتری بوده و می‌بایست آنتروپی آن کمتر باشد . بر طبق اصل دوم ترمودینامیک ، دمای دو قسمت با هم ترکیب میشود ، و این موضوع را همچنانکه همه می‌دانند می‌توان بطور تجربی آزمود .



شکل ۹

حال سوراخی در دیواره مشترک دو قسمت ظرف ایجاد کرده و دریچه‌ای که در موارد دلخواه قابل بسته شدن باشد بر این سوراخ نصب می‌کنیم . فرض کنید ، دریچه تحت کنترل شیطان فرضی ما باشد (وظایفی که بعهده او محول میشوند خارج از عهده هر موجود دیگری است ، مگر موجودی که بر اساس افسانه‌های قدیمی دارای قدرتی خارق العاده باشد) . شیطان بر اساس چنین سلسله مراتبی عمل می‌کند . او دریچه را برای ورود ملکولهای سریع ، از یک طرف به طرف دیگر و برای ملکولهای کم‌سرعت در جهت عکس باز می‌کند . حرکت ملکولهای گاز داخل ظرف را ، می‌توان به

تعدادی گلوله بیلیارد که با سرعتهای مختلف در حرکتند تشبیه کرد . این گلوله‌ها به یکدیگر برخورد می‌کنند ، جسته و دوباره برخورد می‌کنند و این عمل همچنان ادامه می‌یابد و در حین عمل انرژی گلوله‌ها مبادله می‌شود . سرعت ملکولها بطور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند ، و سرعت واقعی هر ملکول ، در هر لحظه ، تماما به شانس بستگی دارد . ولی سرعت متوسط ملکولها به دمای گاز مربوط است . هر چه سرعت متوسط بیشتر باشد دما بالاتر می‌رود و بالعکس. در نتیجه ، هر دو قسمت ظرف ، همیشه بهمان اندازه که شامل ملکولهای کم سرعت است ، دارای ملکولهای سریعی‌می‌باشد که بسمت سوراخ بسته حرکت میکنند . پس وظیفه شیطان عبارتست ازاجازه دادن ، یا ندادن ، به ملکولها ، برای حرکت از یک طرف به طرف دیگر ، و این عمل بسته به سرعت ملکولها انجام میشود .

براحتی می‌توان فهمید که بعد از مدتی که شیطان وظیفه خودرا انجام بدهد ، یکطرف شامل تعداد بیشتری ملکولهای سریع و طرف دیگر شامل ملکولهای کم سرعت خواهد بود . دمای گاز ، در قسمت اول بهمان نسبت افزایش، و در دیگری کاهش میابد . در این حال آنتروپی سیستم‌از حالت اول کمتر میشود ، زیرا تفاوت دما در ظرف بچشم میخورد .

در اینجا ، ما با یک تناقض آشکار روبرو هستیم . سیستم مسدود ما ــ ظرف حاوی گاز ، و شیطان ــ علیرغم اصل دوم ترمودینامیک ، قادر به تغییر ترتیب خود می‌باشد . پاسخ و توضیح این تناقض تنها بعداز پیدایش علم سیبرنتیک یافته شد . نکته در اینجاست که ، شیطان ، با کنترل باز یا بسته بودن دریچه ، اطلاعاتی را به سیستم وارد می‌کند . و این اطلاعات باعث ترتیب سیستم می‌گردند . او با تقسیم‌بندی ملکولها ،

سیستم را هر چه بیشتر منظم می‌کند . او سیستم را کنتـرل می‌کند ، یعنـی اینکه ، اوآنچنان با سیستم عمل می‌کندکه میزان نظم و ترتیب آن افزایش‌یابد .

تمام اینها درست ، ولی انجام این عملیات بدون بها نیست .اگر قرار باشد شیطان با جدیت و بطور موثری عمل کنترل را انجام دهد ، باید در مورد سرعت ملکولها اطلاعاتی دریافت کند ، و چون فرض شده است که سیستم ما مسدود است و حتی نور نیز بدون تغییر وضعیت سیستـم اجـازه دخول به آنرا ندارد ، بنابراین شیطان برای بدست آوردن اطلاعات لازمه ناچار از صرف مقداری انرژی است . بعنوان مثال ، او ملکولهای گاز را بـه وسیله مشعلی روشن می‌کند و بموجب آن باعث تخلیه ـ یعنی خـرابی ـ قسمتی از یک پیل الکتریکی میشود .

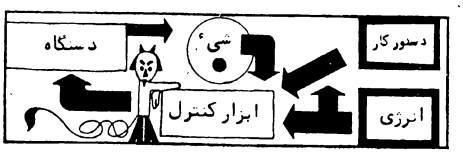
در نتیجه ، نظمی که بدست می‌آید ، دارای محـدودیت موضعـی است ، زیرا تنها ملکولهای گاز را تحت تاثیر قرار می‌دهد . تنزل موضعـی آنتروپی گاز بوسیله بالا بردن آنتروپی باطری عملی می‌گردد ، و هرگاه‌این دو اثر را بطور جبری با هم جمع کنیم در خواهیم یافت که بطور مطلـق ، بی نظمی سیستم (گاز و باطری) افزایش یافته است .

ارتباط بین گاز ، شیطان ، و باطری ، در طرح شکل ۱۰ نشان‌داده شده است . در اینجا ، شیطان اطلاعاتی را درمورد حرکت ملکولها ازطریق مجرای A دریافت می‌کند و بر اساس این اطلاعات ، از طریق مجـرای B دریچه را کنترل می‌کند ، و در حین این عمال از باطری انرژی می‌گیرد .

شکل ۱۰

در نتیجه می‌توان گفت که نظم ، از باطری به ملکولهای گاز ، پمپ زده میشود . دراین تحول ، یناچارمقداری نظم‌از میان میرود (این تلفات در شکل ، بوسیله سهم خط چین نشان داده شده است) . طـرح شکل ۱۰ ، کلیه نکات برجسته هر سیستم کنترل شده‌ای را نشان میدهد . در اینجـا ، شیٔ تحت کنتـرل گاز است . شیطان نقش یک ابزار کنترل را برطبق سلسله مراتبی (یا دستورالعملی) بازی می‌کند ، و منبع تولیدکننده نظم عبارتست از انرژی باطری .

هیچیک از عناصر ، در طرح ما بدون منظور قرار نگرفته‌اند . ایـن طرح ، عمیق‌ترین مفاهیم کنتـرل را در بر دارد . شکـل ۱۱ نشان‌دهنـده حالت کلی کنترل اشیاء می‌باشد . همچنانکه مشاهده می‌کنیـد این تصویر ، تصویری مجازی از طرح شکل ۱۰ می‌باشد .



شکل ۱۱

در اینجا اطلاعات ، در مورد شرایط شیٔ مورد کنترل با صـرف مقداری انرژی و انتقال این انرژی به ابزار کنترل بـدست آمده و بـه این ترتیب وظیفه شیطان عملی می‌گردد . ابزار کنترل ، اطلاعات و اصله را بـا اطلاعاتی که در دستورالعمل قید شده است مقایسه می‌کند (دستورالعمل در شکل ۱۱ بصورت مستطیل پر رنگی مشخص شده است) و بمـوجب آن ایـن عمل مقایسه ، شیٔ را کنترل می‌کند .

واضحست که برای کار سیستـم دو شرط باید بطور کامل و مطلـق

برقرار باشند .

۱) تولید نظم و یا تنزل آنتروپی

۲) دستورالعملی برای کنترل ، یعنی قانونی که بوسیله آن می‌توان بر اساس اطلاعات واصله کنترل را اعمال کرد .

مساله مولد انرژی هیچگونه مانعی را در راه ما تولیدنمی‌کند ، زیرا این مساله را می‌توان بوسیله تکنیک پیشرفته کنونی با دستگاههای بسیار ساده حل کرد . اما مساله فرموله کردن (ترکیب) کنترل همیشه چندان آسان نیست .

هر گونه کنترلی به تنظیم و ترتیب جسم ارتباط دارد . این عمل منجر به تبدیل جسم از یک حالت محتمل به حالت غیرمحتمل‌تری میشود . مساله ترکیب کنترل و تحلیل نحوه عمل آن مساله‌ای است مربوط به اطلاعات ، و بهمین ترتیب این مساله پایه و اساس سیبرنتیک جدید را به صورت یک علم ، تشکیل میدهد . کنترل وسیله‌ای است برای احاطه یافتن بر محیط . برای اینکه بشر بر طبیعت تسلط یابد و برای تغییر جهان .

این جنبه کنترل ، مخالف اصل دوم ترمودینامیک است . کنترل ، آنتروپی جسم را تقلیل میدهد . اصل دوم ترمودینامیک افزایش بی نظمی را ، در یک جسم ، اصل مسلم میداند . ولی کنترل ، تنها نظم و ترتیب را بطور موضعی برقرار می‌کند ، در حالیکه اصل دوم ، بر یک سیستم مسدود بطور کامل حکمفرماست . بنابراین نمی‌توانیم اظهار کنیم که حقیقتا کنترل با اصل دوم تناقض دارد ، زیرا این دو موضوع در زمینه های مختلف صادقند .

کنترل ، همیشه موضعی است . اصل دوم ترمودینامیک همیشه

گسترده است . این اصل جامع است .

حال بیائید روندهای پیر شدن و بهبود یافتن از یک بیماری‌را ، بوسیله کنترل و بی نظمی توجیه کنیم . پیر شدن نمونه‌ای است از تحولاتی که در آنها آنتروپی افزایش میابد . بهبود یافتن نیز نمونه‌ای از تحول کنترل است که در ضمن آن آنتروپی موجود زنده کاهش میابد . پیر شدن تحولی است که در مورد تمام اعضاء موجود ، بطور همزمان وبموازات یکدیگر انجام میشود . این تحول گسترده بوده و تمام سلولهای موجودزنده را در بر می‌گیرد . نقطه مقابل این تحول بهبود یافتن است ، که تحولی است موضعی . این تحول در جهت بالا بردن کارآئی یک عضو بخصوص ، عمل می‌کند و نه در مورد تمام بدن موجود زنده پس بی جهت نیست که طب جدید به شاخه‌های متعددی تقسیم شده است ، که هر یک از آنها به معالجه عضوبخصوصی ازبدن تخصیص یافته‌اند . بعنوان مثال : کاردیولوژی برای قلب ، نروفیزیولوژی برای مغز ، استوماتولوژی برای جهاز هاضمه و غیره . آشکار است که پیرشدن بر تمام بدن اثرمی‌کند ، درحالیکه بهبودی تنها برای کنترل عضو بخصوصی از بدن انجام میگیرد .

برای پیشبرد بحث ، اصل دوم ترمودینامیک همیشه و در تمام نقاط عالم برقرار است . ولی کنترل تنها در نقاطی که روندهای اطلاعاتی موجود باشند ، یعنی در نقاطی که برنامه هائی برای عملی شدن کنترل وجود داشته باشند ، بوقوع می‌پیوندد . چنین برنامه هائی نتیجه تفکر بوده و از اعمال حیاتی موجودات زنده نتیجه می‌گردند . و این سررشته‌ای است برای ارتباط دادن کنترل ، با حیات .

باز هم قدمی به جلو برمی‌داریم . می‌توانیم اقرار کنیم که‌هر

روندکنترل ، نتیجه فعالیت موجودات زنده ـ و فقط موجودات زنده ـ است . این بدان معنی است که تا قبل از پیدایش حیات بر روی زمین هیچگونه اثری از کنترل وجود نداشت .

خواننده دقیق خواهد پرسید : "ولی کریستالها چطور؟ "

چه کسی است که فرصت حداقل یکبار دیدن وتحسین کردن اشکال منظم و زیبای کریستالهای معدنی و دانه‌های برف را نیافته باشد؟ آیا مطمئنا این حالت منظم‌ترین حالت ماده و عالیترین شکل آن است؟ معهذا کریستالها بدون هیچگونه فکراندیشمندی ، حتی درسطوح فوق العاده پائینتر از انسان ، نیز تشکیل می‌شدند .

در اینجا چه روی داده است؟ چگونه می‌توانیم این تناقض را توضیح دهیم؟

اولا باید متذکر شویم که تشکیل کریستالها توام با از دست دادن انرژی است . هنگامیکه یک سیستم بسمت کریستال شدن میل می‌کند ، دیگر سیستم مسدود بحساب نمی‌آید . در نتیجه ، اصل دوم ترمودینامیک در مورد آن برقرار نیست . اما نکته بسیار مهم دیگری باقی میماند . برای توضیح آن تجربه ساده زیر را انجام میدهیم .

مقداری شن ساحلی را در یک لیوان آب ریخته و آنرا بشدت بهم می‌زنیم ، گوئی می‌خواهیم آنرا در آب حل کنیم .

مادامیکه محتوی لیوان را بهم بزنیم ، شن و آب ، مخلوط تقریبا یکنواختی را تشکیل میدهند . ولی بمحض اینکه منبع انرژی را قطع کنیم شنها به ته لیوان سقوط می‌کنند بطوریکه شن وآب ازیکدیگرجدامی‌گردند .

حال در کدامیک از این دو حالت محتوی لیوان بیشترین درجه

نظم و ترتیب را دارا می‌باشد؟ در ابتدا بنظر می‌رسد که شن بهم زده، شباهت زیادی به بی‌نظمی و هرج و مرج دارد بطوریکه حالت اول عاری از هر گونه نظمی است، و همچنین اینکه، مرز جدائی بین شن و آب در حالت دوم دارای درجه نظم و ترتیب بسیار زیادی است.

حقیقت امر، عکس این موضوع است. شن بهم زده، دارای آنتروپی کمتری‌است و بوسیله منبع ثابت انرژی بهمین حال باقی می‌ماند. برعکس مرز جدائی بین شن و آب در حالت سکون، تنها با پس دادن انرژی، یعنی انرژی پتانسیل بوجود میاید. پوشیده نیست که هر تحولی در جهت تنزل پتانسیل صورت می‌پذیرد. این موضوع درواقع اساس یکی از فرمولهای اصل دوم ترمودینامیک را تشکیل میدهد.

موضوع در مورد کریستالها نیز به این ترتیب است. تشکیل کریستالها، روندی است که در جهت افزایش آنتروپی و در نتیجه کاهش نظم انجام میگیرد ــ اگرچه ظاهرآن عالیترین نوع نظم و ترتیب را جلوه گر می‌سازد. در واقع تشکیل کریستال عبور از یک حالت با درجه پایداری‌کمتر به حالتی با درجه پایداری بیشتر است و در حین این تحول انرژی‌رها می‌گردد.

اکنون می‌بینیم که آنچه در سیبرنتیک نظم نامیده میشود، معمولا بطور قابل ملاحظه‌ای با مفهوم روزمره ما در مورد این اصطلاح تفاوت دارد. در سیبرنتیک، نظم بمعنای شرطی است که هدف مشخصی را برآورده‌می‌کند. بعضی اوقات هدف مورد نظر با نتیجه‌ای که از اصل دوم ترمودینامیک عاید می‌گردد منطبق است. در چنین شرایطی، رسیدن به هدف موردنظر، بسیار آسان است. بعنوان مثال، برای ویران کردن یک ساختمان، کافیست آنرا

با دینامیت منفجر کنیم . اصل دوم ، بقیه کار را بعهده می‌گیرد : ساختمان را بصورت توده‌ای از سنگ و آجر در می‌آورد که دارای بیشترین مقدارممکن آنتروپی و بی نظمی است . در مورد شن داخل لیوان نیز دقیقا چنین چیزی اتفاق می‌افتد . شن تحت‌تاثیر نیروی جاذبه ، درلیوان جمع میشود . در اینجا ، مثال کاملی از اجرای اصل دوم ترمودینامیک ، در مورد یک سیستم مسدود در اختیار داریم ــ سیستم ما را لیوان پر از آب و شن ، و زمینی که بر روی آن زندگی می‌کنیم تشکیل میدهد . (زمین بعنوان منبع جاذبه محسوب میشود که بدون آن ، شن به ته لیوان سقوط نمی‌کند) بنابر این قبل از سقوط شن ، آنتروپی سیستم کمتر از مقدار آن ، بعد از سقوط است . در حقیقت ، براحتی میتوانیم وسیله‌ای را طرح ریزی کنیم که از انرژی آزاد شده شن هنگام سقوط استفاده کند ــ بعنوان مثال ، چرخ پره‌دار کوچکی که بر اثر سقوط ذرات شن شروع به چرخش می‌کند .

ولی اگر بخواهیم ساختمان فوق الذکر را از نو بسازیم ــ و این موضوع درست در نقطه مقابل اصل دوم قرار دارد ــ باید مقدار زیادی کار انجام دهیم تا آنتروپی آنرا تقلیل داده و آنرا دوباره به حالت منظمی باز گردانیم . در اینجا ، هنگامی که از کار صحبت می‌کنیم ، مقصود ما صرف انرژی نیست (اگرچه این موضوع برای طرح ما حیاتی است) ، بلکه مقصود ، صرف اطلاعات است ــ صرف هزینه‌ای بمنظور عملی کردن کنترل است .

و این بار نیز به کنترل برخورد می‌کنیم ، که مفهوم " هدف " در شناخت آن نقش اساسی را ایفا می‌کند .

کنترل ، بعنوان وسیله‌ای برای رسیدن به هدف بخصوص

فکر می‌کنید که متن زیر نشان دهنده چه چیزی است ؟

شیطان ماکسول ، یک ترموستات ، یک مامور نظـافت ، یک متخصص ابزار ماشینی ، یک مدیر ، یک مهندس طراح و یک محقق؟ شیطان مـاکسول موجودی فـرضی است که بـرای نمایش دادن تناقضـی که از طریق مبحث کنترل غیرقابل حل بود بوسیله ماکسول موجودیت یافت . ترموستات ابزاری است که دما را کنترل می‌کند . کار آن چنین است : هرگاه درجه حرارت اطاق از مقدار معینی کمتر شود ترموستات بخاری را روشن می‌کند و هنگامیکه دما از مقدار معینی افزایش میابد بخاری را قطع می‌کند . مامور نظافت متخصص ابزار ماشینی ، مدیر ، مهندس طراح و محقق ، همگی اشخاصی هستند که در جامعه بشری کارهای مختلفی را انجام میدهند . در نظر اول هیچ وجه اشتراکی در مورد آنها بچشم نمی‌خورد . حتی نمی‌توان گفت که تمام آنها دارای موجودیت مادی هستند ، زیرا شیطان موجودی فرضی و تصوری بوده و وجود خارجی ندارد .

معهذا ، یک وجه اشتراک در تمام آنها وجود دارد .

چیزی کـه تمام آنها در آن مشترکند ، . فعالیت موثـر و مفیدشان است . تمامی آنها ابزارهای کنترلی هستند کـه عملشان برای رسیـدن بـه هدف معین و مشخصی صورت می‌گیرد . آنها به چیزی نظم داده و به کمال نزدیکش می‌کنند ، بعبارت دیگر آنتروپی آنرا تقلیل میدهند .

صفت ویـژه هر ابزار کنتـرلی ، مفید بودن آن در اجـرای عمـل بخصوصی است ، و این عمل مستقیما به شیء مورد کنترل اعمال می‌گردد و تنها مقصودی که از این عمل عاید می‌گردد رساندن شیء موردنظر به حالت و وضعیت مشخصی است .

در مـورد شیطان ماکسـول ، هدف عبارت بـود از متمرکز کـردن ملکولهای سریع السیر در یکطرف ظرف و ملکولهای کند در طرف دیگـر آن .

در مورد ترموستات ، هدف نگاهداشتن دمای اطاق در سطح مشخصی است .

خواننده می‌تواند هدف ابزارهای کنترلی از قبیل ، مامور نظافت ، متخصص ابزار ماشینی ، مدیر و غیره را بدون هیچگونه اشکالی برای خود توضیح دهد .

ولی در مورد کنترل موثر ، تنها داشتن هدف کافی نیست . در این مورد ما باید همچنین بدانیم که چگونه به این هدف برسیم ــ باید به شیٔ مورد کنترل آنچنان تسلط داشته باشیم که طرح ما عملی گردد . این چیزی است که معمولا بمیزان قابل ملاحظه‌ای از مشخص کردن هدف دشوارتر است .

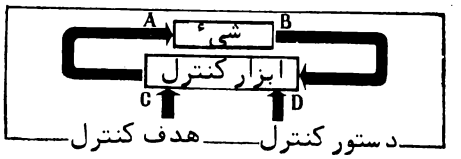
البته در بعضی از حالات مساله براحتی قابل حل است . بعنوان مثال ، در مورد ترموستات ، کاملا واضح است که هنگامی که دمای اطاق فوق‌العاده کم است ، جواب صحیح ، روشن کردن بخاری است و نه رفتن در زیر تابش آفتاب داغ آفریقا ، و هنگامیکه درجه حرارت بسیار بالاست این جواب خاموش کردن بخاری یا روشن کردن تهویه مطبوع است .

ولی وجود چنین پاسخهای ساده‌ای معمولا استثنا است تا قاعده . معمولا دریافتن این موضوع که چگونه می‌توان به هدف رسید ، فوق العاده دشوار است . این نکته ما را به یکی از مفاهیم مقدماتی سیبرنتیک جدید ، یعنی "دستور کنترل" رهنمون می‌شود . دستور کنترل روشی است که برای رسیدن به هدف معین بکار می‌رود ــ یکنوع دستورالعمل . در مورد شیطان ماکسول ، این قانون عبارت بود از دستور طبقه بندی ملکولها بر طبق سرعتشان . دستور کنترل برای ترموستات عبارتست از مشخص کردن اینکه چه موقع بخاری یا یخچال روشن یا خاموش شود . مامور نظافت از طریق

حمل زباله‌دان متحرک و بکمک جاروب و خاک‌انداز به‌هدف خود ــ خیابان پاکیزه ــ نائل میگردد. متخصص ابزار ماشینی بوسیله دستور برداشتن مازاد فلز موجود روی شیء به هدف خود ــ ساختن قطعه‌ای برطبق یک‌طرح مشخص ــ می‌رسد. هدف یک مدیر، اجرای یک برنامه و طرح مشخص است، او بوسیله دستورکنترل با تنبیه کردن یا دادن پاداش به کارمندان زیردست خود، که در راه رسیدن به هدف، کوشش می‌کنند، به این هدف می‌رسد.

تعدادمثالهای ممکن، دراین مورد بینهایت است. ولی عملی‌ترین و مفیدترین روش، مطالعه یک سیستم کنترل کلی است، که مستقل از ویژگیهای کنترل شیء مورد نظر باشد.

شکل ۱۲ طرح یک سیستم کنترل را بطور کلی نشان میدهد. در این شکل رابطه متقابل بین شیء و ابزار کنترل بوسیله دو سهم A و B که نشاندهنده مجراهای ارتباطی بین شیء و ابزار کنترل می‌باشند مشخص شده است. ابزار کنترل از طریق مجرای B اطلاعات را در مورد شیء



شکل ۱۲

دریافت می‌کند (زیرا نباید در حالیکه هیچگونه اطلاعی از نحوه عمل شیء نداریم، انتظار کنترل آنرا داشته باشیم) و سپس بوسیله مجرای A عمل خود را روی شیء انجام می‌دهد، و بنابراین آنرا کنترل می‌کند (زیرا کنترل ممکن نخواهد شد مگر اینکه عملی بر روی شیء انجام دهید).

ولی همچنانکه قبلا نیز متذکر شدیم، این تمام ماجرا نیست. ما

هنوز باید بـدانیم که با اطلاعات واصله چـه بکنیم ، چگونه از آنهـا در کنترل شیٔ استفاده کنیم ، و هدف ما در این تحولات دقیقا چیست ؟برای برآوردن تمام ایـن حوایج باید دو عـامل دیگر را در ابزار کنتـرل وارد کنیم . هدف تحول کنترل (سهم C در طرح شکل ۱۲) ، و دستورالعمل یا روش کنترل (سهم D) . این داده‌ها باید قبل از هر چیز دیگری به ابزار کنترل وارد شوند . بنابراین اگر مقصود ، اعمال کنترل بر روی شیٔ مورد نظـر باشد ، ابزار کنترل باید شامل دو جزٔ یا دو عنصر اساسی باشد . ۱) هدف کنترل ، ۲) دستور کنترل ، که چگونگی رسیدن به هدف را نشان میدهد .

این سیستم کنترل برای هر شیٔ معتبر است . یکبار دیگر تـاکید می‌کنیم که این سیستم تنها از طریق برنامه کنترل یا دستورالعمـل (سهم D در شکل ۱۲) کار می‌کند ، و برنامه‌ای که شامل تحول مـوضعی است ــ برنامه‌ای بمنظوردادن تغییراتی درشیٔ ــ باید درابزارکنترل درج گردد . این چیزی است که ابزار کنترل را قادر به تنظیم جسم مورد نظر می‌نماید وآنرا به حالت غیر محتمل و منظم نزدیک میکند . تنها با تحقق چنیـن موضوعی است که می‌توان انتظار پیشرفت حالت جسم را داشت .

هرگونه کنترلی نتیجه تعدادی حرکات و رفتارهای مشخص و تنظیم شده است . ولی می‌دانیم که درطبیعت بیجان ، چنین حرکات تضمین وتنظیم شده‌ای وجود ندارند . در جائی که اصل دوم ترمـودینامیک حکمفرمـاست تنها هدف ممکن ، هرج و مرج و حداکثر بی نظمی می‌تواند باشد . به ایـن ترتیب پیدایش تصوراتی در مورد وجود هدف غائی از پیدایش جهـان و برطبق برنامه‌های حساب شده قبلی کاملا طبیعی بنظر می‌رسد .

بعنوان مثال ، هرگاه بخواهیم چراغ رومیزی را روشن کنیم ، دکمه

آنرا فشار میدهیم . در حقیقت این ، نوعی تحول کنترل است ، که سیستم را (در این مورد ، اطاق تاریک) به حالت موردنظر (روشنائی) می‌رساند . در اینجا دستور کنترل عبارتست از قانون " فشار دکمه " . اما اگر از این قانون اطلاعی نمی‌داشتیم ، هیچگونه راهی برای روشن کردن اطاق تاریک در اختیار ما نبود . کنترل روشنائی اطاق تنها در صورت آگاهی از دستورالعمل امکان‌پذیر است .

بنابراین مشاهده می‌کنیم که پیشرفت و ترقی جهان مادی ، بمقدار قابل ملاحظه‌ای متکی به دستورات کنترلی است که بموجب آنها پیشرفت انجام می‌پذیرد .

اما دستورالعمل‌ها نیز خود ، از نظم و ترتیب سرچشمه می‌گیرند . در واقع اگر بخواهیم دریابیم که چگونه شیٔ‌ئی را کنترل نمائیم ، باید دستورات لازمه را از شخصی دریافت کنیم . بعنوان مثال ، برای روشن کردن یک لامپ ، باید از شخصی بیاموزیم که چگونه این عمل را انجام دهیم . این شخص ، منظور از تعبیه کلید را می‌داند و این دانش خود را در یک تحول آموزشی بما انتقال می‌دهد . بنابراین بدون وجود یک دستورالعمل قبلی نمی‌توان دستورالعمل جدیدی را خلق کرد و یا در یک سیستم بکار گماشت .

در مثال شیطان ماکسول ، می‌توانیم مشاهده کنیم که برای افزایش نظم و ترتیب ملکولهای گاز ، ابتدا باید دستورالعملی برای خود ، اختراع کنیم (یعنی ، طبقه بندی ملکولها از نظر سرعتشان در دو قسمت مختلف ظرف) . سپس باید شیطان را بسازیم ، که عبارتست از ساختن دستگاهی که بتواند بر اساس دستورالعمل کار کند . ولی در عبارت اخیر مقصود ما از

این کوششها نیز دارای هدفی هستند . بنابراین خودمتضمن تنزل آنتروپی می‌باشند . اگر بخواهیم اختراع کنیم و یا بسازیم ، باید دستور ــ العمل‌های مربوط به "چگونه اختراع کردن" و "چگونه ساختن" را بدانیم .

بــزودی به ایــن نتیجه مــی‌رسیم که زنجیــر پیچیده‌ای از چنین دستورالعمل‌هائی باید موجود باشد . در ابتدای زنجیر ، ساده‌ترین دستور کنترل ، یعنی دستوری که منجر به پیدایش دیگران می‌شود وجود دارد . به عبارت دیگر ، زنجیر ما باید بوسیله چیزی‌که شباهت به "عمل خلق کردن" دارد آغاز گردد .

در افسانه مذهبی خلق جهــان ، عمل خلق کــردن بوسیله خــدا انجام می‌گیرد . خدا موجودی مطلقا منظم و سیستمی عقلائــی است کــه از چگونگی آفرینش آگاه است ــ و به این جهت است که او خداست . ولی خدا را که خلق کرد و به او آموخت که اولین مــرحله را خلق کند؟ این چیــزی است که کتاب مقدس بمــا نمی‌گوید .

افسانه زیبای دیگری را در نظر می‌گیریم ــ افسانه‌ای مــربوط بــه پرومته که بر طبق گفته یونانیان باستان ، طریقه تولید آتش و طرز استفــاده از آنرا به بشر آموخت . به زبان سیبرنتیک ، پرومته دستورالعمل تولید آتش و پختن گوشت و ذوب فلزات را می‌دانست ، همچنین اطلاعات وسیعی در مورد تمام اشیاء داشت . ولی چه کسی این موضوعات را بــه او آمــوخت ؟ خواهید گفت "زئوس ! " ولی چه کسی آنها را به زئوس آموخت؟

این طریقــه استدلال همیشــه به بن بست منتهــی می‌گــردد . در حقیقت ، اگر هر گونه کنترلی ، نتیجه فعالیت موجودات زنده است ، واگــر

خود این موجودات نتیجه کنترل هستند ــ و یا کنترل خود بخود ــ طبیعتا این سئوال پیش میاید که ، از کجا اولین عمل کنترل بر روی زمین متجلی شد ، و بعبارت دیگر ، حیات در روی زمین چگونه بوجود آمد ؟ پاسخی که تکلیف بحث را روشن می‌کند ــ و یا دقیقتر بگوئیم چیزی بجای پاسخ مساله ــ با توسل به مبداء کیهانی‌ئی برای پیدایش حیات در روی زمین می‌گردد ، و این همان پانتئیسم است . اما اگر بپرسیم که این مبداء غیر دنیوی چگونه بوجود آمد ، تئوری پانسپری در پاسخ به این سئوال به‌ابهام فرو می‌رود . حیات ، حیات است ، و این تنها چیزی است که در مورد آن وجود دارد ، و اگر حیاتی وجود دارد ، کنترل نیز موجود است .

این پاسخی است که بنظر من صحیح بوده و برای من کافی است . کنترل ، بعنوان وسیله‌ای برای تنزل آنتروپی و افزایش نظم سیستمها ، تاریخ بسیار جالب توجهی را پشت سر گذارده است . و همین موضوع می‌تواند در حل مساله بما کمک کند . برای تدوین چنین تاریخی ، تنها کافیست بخاطر آوریم که پیدایش دستور کنترل ، تنها از طریق موروثی انتقال نمی‌یابد بلکه ممکن است این عمل از طریق تنظیم خودبخود ، تا تولید خودبخود نیز صورت گیرد . و این بدان معنی است که دستورات کنترل می‌توانند خود را تولید کنند و یا اینکه می‌توانند باعث تشکل خود شوند .

این موضوع چگونه اتفاق می‌افتد ؟

در طول مدت پیدایش کنترل ، راههای بسیار زیاد و گوناگونی برای پیدایش دستورات کنترل (یا تشکل آنها) بوجود آمده است . تاریخ کنترل را می‌توان به ۴ مرحله اساسی تقسیم کرد ، که هر یک بر اثر پیدایش و ظهور راههای جدیدتری برای تشکل دستوارت کنترل به پیدائی آمده‌اند .

می‌توان این ۴ مرحله را بصورت زیر تقسیم‌بندی و نامگذاری کرد .

مرحله اول ــ مرحله احتمالات

مرحله دوم ــ مرحله مقدمـاتی

مرحله سوم ــ مرحله هـوش

مرحله چهارم ــ مرحله جـامع

اکنون به بررسی هر یک از مراحل ، بطور مجزا می‌پردازیم .

۲ـ تاریخ کنترل

مرحلـه اول

کنترل در روی زمین ، با مرحله احتمالات آغاز گردید (دراینجـا فقط تاریخ کنترل را مورد نظر قرار می‌دهیم . این موضوع بهیچوجه امکان پیشرفتهای مختلف را در زمینه‌های دیگر و حتی در منظومه های خورشیدی دیگر نیز از بین نمی‌برد) . این مرحله با پیدایش شانسی اولین سیستمهـا مشخص میگردد . این سیستمها عبارتند از ملکولهای پـروتئینهای اولیـه و آمینواسیدها . اینگونه ملکولها بطوراتفاقی و تصادفی تحت‌تاثیر تخلیه‌های الکتریکی جو زمین پدیدار گردیدند . در آن زمان این ملکولها بطور عمده عبارت بودنداز ، بخارآب (H_2O) ، متان (CH_4) ، آمونیاک (NH_3) ، و هیدروژن (H_2) .

این مـواد بصورت بی‌قـاعده‌ای با یکدیگـر وارد فعل و انفعـال شدند و سـاختمانهای ملکولی پیچیده‌تـری را تولید کردنـد . اگـر ایـن ساختمانهای ملکولی پایدار بودند ، مدت مدیدی باقیمـانده ، و با نظـایر خود ترکیب می‌شدند ، ولی آنهائی که ناپایدار بودند بسرعت در فعـل و

انفعالات تصادفی دیگـر شرکت می‌کردند .

در نتیجه این واکنشها ، ساختمانهای ملکولی که دارای پایـداری فوق‌العاده زیادی بودند ، به مراحل تکامل بیشتری رسیدند . درهمین‌زمان بیشتر ملکولهای فعال به شرکت خود دراین بازی ادامه دادند ، درحالیکه ملکولهای غیرفعال ، خود را کنار کشیدند . شرط لازم برای ادامه یک فعل و انفعال ، این است که اجزاء ترکیب شونده ، در یک حالت حرکت ، توام‌با انرژی باشند . و جو جوشان و داغ زمین بدوی ، چنین شرایط منـاسبی را فراهم می‌آورد . اس ـ میلر ،[1] دانشمند آمریکائی ، تجربه بسیار آموزنده و جالبی انجام داد . او گـازهای متصور در جـو اولیه زمین را در ظـرفی مخلوط کرد و سپس به این مخلوط ، جرقه‌های الکتریکی اعمال نمود . در پایان هفته اول ، تجزیه و تحلیل بسیار پیچیده‌ای را بر روی ماده‌مختلطی که درظرف تشکیل شده بود انجام داد . می‌توان میزان تعجب اوراهنگامیکه ظرف را مملو از آمینواسیدها یافت تصور کرد . آمینواسیدها ، اجزاء اولیـه تشکیل دهنده پروتئینها هستند . بویژه ، او توانست آمینو اسیدهائی راکه بیشتر ، در تشکیل پروتئینها دخالت دارند یعنی گلیسین[2] و آلانین[3] رادر مخلوط بیاید . این‌دوآمینواسید ساختمانهای‌فوق‌العاده پیچیده‌ای دارند .

تشکیل این آمینواسیدها چگونه انجام گرفت ؟

تنها جواب‌قانع‌کننده‌را می‌توان از طریق‌شانس‌داد . متعدد بودن واکنشهای‌تصادفی‌که‌ممکن‌بود‌بین‌ملکولهای‌آب ،آمونیاک ،متان ،وهیدروژن ، تحت‌فشار زیاد و جرقه‌های‌الکتریکی انجام‌گیرد بتنهائی‌می‌توانست تولیـد

---

1)S.Miller 2)Glycine 3)Alanine

ملکولهای پیچیده‌تری بکند . و برای چنین واکنشهائی زمان کافی بود . جو شامل اکسیژن و نیتروژن و هیدروسفر[1] زمین ، میلیونها سال قبل از تشکیل آبگوشت اولیه ، تحت تاثیر طوفانهای شدیدی قرار داشت ــ آبگوشت اولیه ، محلولی است غنی از آمینواسیدها در این تحول نقش شانس قطعی بود .

اما این آب حیات ، بیشتر تحت سلطه اصل دوم ترمودینامیک تشکیل گردید . برطبق این اصل ، ملکولهای عظیم‌الجثه نمی‌توانستند بطور یکنواخت در تمام آبهای زمین توزیع شوند . ملکولهای عظیم‌الجثه ، درست بمانند بخار آب تحت فشاری که به مه متشکل از قطرات ریز آب تبدیل میشود ، بصورت رشته‌ها و خوشه‌های مجزائی که تحت تاثیر نیروهای جاذبه الکترو استاتیکی در مجاورت هم قرار داشتند ، بهم پیوستند . هنگامیکه غلظت این خوشه‌ها به میزان معینی رسید ، از محلول جدا شدند و تشکیل قطراتی را دادند که ما آنها را کواسروات[2] می‌نامیم ، و بطورمعلق درمحلول باقیماندند . برای جدا شدن این قطرات از محلول فوق ، تنها مداخله یک عامل خارجی کافی بود .

هرچند ، پیوستن ملکولهای آمینواسید در هر قطره ، شانسی بود ، ولی تشکیل خود قطرات را بهیچوجه نمی‌توان شانسی انگاشت . هر قطره آمینواسید دارای ساختمان فوق‌العاده منظمی بود . در چنین مراحله‌ای بود که تحول ویژه‌ای برای طبقه‌بندی ملکولها وارد عمل شد ، تحولی که بوسیله آکادمیسین روسی ، آ . اوپارین ،[3] شرح داده شده است .

تقریبا واضح است که اگر ساختمان تصادفی کسب شده توسط

---

1)Hydrospherr 2)Coacervate

3) A.Oparin

قطره ، ناپایدار میبود ، قطره فورا تحت تاثیر عوامل خارجی تجزیه می‌گردید . در نتیجه ، تنها ، قطراتی که دارای پیوندهای پایداری بودند میتوانستند از اثر این عوامل محفوظ بمانند . بنا براین می‌توان گفت ، پیوندهای ناپایدار ، می‌مردند و اجزاء حاصله در واکنشهای شانسی بعدی دخیل میشدند . پس با وجودمدت زمان زیادی که برای چنین تحولاتی فراهم بود ، در غایت امر تنها ملکولهای پایدار باقی میماندند ــ یعنی ملکولهائی که قابلیت تحمل نیروهای مخرب محیط را داشتند .

یک قطره ناپایدار ، مانند هر چیز دیگری می‌توانست ملکولهای مختلفی را از محلول جذب کند و بموجب این عمل ، حجم خود را افزایش دهد . ملکولهای جدید ، دیرزمانی بر روی سطح قطره با یکدیگربرخوردهای اتفاقی نداشته بلکه برطبق ساختمان ویژه سطح قطره ، ترتیب می‌یافتند .به این ترتیب قطره رشد کرد و جرمش افزایش یافت . این افزایش در ابعاد قطره ، بطور بی قاعده صورت نپذیرفت بلکه تنها بوسیله ساختمان بخصوص هر قطره تعیین شد .

هنگامی که یک قطره به اندازه معینی می‌رسید ، از نظر مکانیکی ناپایدار شده و تحت تاثیر نیروها و عوامل مکانیکی خارجی ــ بیشتربخاطر تکانهای وارد به قطره ــ به دو یا سه قطعه تقسیم می‌شد . قطرات جدید ساختمانی درست مانند قطره اولی داشتند . آنها ویژگیهای قطره اولیه را به ارث می‌بردند و سپس خود ، به افزایش حجم پرداخته و تقسیم می‌شدند و عمل به همین ترتیب ادامه می‌یافت .

ولی این هنوز حیات نبود . این حالت ، حالتی بود که ما آنرا ماقبل حیات می‌نامیم . این حالت ، کلیه ویژگیهای مربوط به حیات را دارا

می‌باشد . ولی تنها مبدئی برای پیدایش حیات است . در واقع ، قطره اکنون شبیه به یک سلول زنده شده بود . جمع شدن ملکولهای محلول را بـر روی سطح قطره می‌توان نوعی تغذیه بحساب آورد و گسیختگـی مکانیکی قطـره بزرگ شده را نوعی تقسیم سلولی محسوب داشت . در مورد اخیر حتی آثار وراثت نیز بچشم میخورد .

درست همچنانکه در حیات واقعی وجود دارد .

ولی حیات ، هنوز راه درازی را در پیش داشت . میلیـونها سـال باید می‌گذشت تا انتخاب طبیعی ، موفق به تبدیل این قطرات به سلولهای زنده می‌شد . ولی مواد اولیه در اختیار بودنـد و تنها زمان لازم بـود ، و طبیعت دارای ذخیره زمانی کافی بود .

در حدود یک یا یکونیم میلیارد سال گذشت تا اینکه جانوران پر سلولی تشکیل شدند . بتدریج اولین و ابتدائی‌ترین صور حیات به اشکـال کپک مانند ، جای خود را به اشکال فعالتری مانند موجوداتی که اکنون ناظر آنها هستیم دادند . و به این ترتیب ، مرحله احتمالات در تاریخ کنتـرل عمدتا بوسیله وقایع و رویدادهای شانسی ، امکان پیدایش حیات را در روی زمین بوجود آورد . می‌توانیم بجرات اعتراف کنیم کـه : بنابرایـن شانس یکی از علل اساسی پیدایش حیات بر روی زمین بود .

هرچند پیدایش حیات در قطرات فوق‌الذکر تحولی شانسی بـود ، ولی تحت شرایط موجود ، پیدایش حیات بر روی زمین اجتناب‌ناپذیربود . بطور کلی ، در طول میلیاردها سال تجربه ، بر روی فعل و انفعالات ممکـن در مورد ملکولهای آلی مختلف ، ظهور یک فعل و انفعال که پیدایش‌سلـول زنده را موجب شود و خواص آنرا تولید کند ، تقریبا حتمی بود . لحظـه‌ای

که این اتفاق افتاد ، آغازی بود برای حیات ، و پایانی بر مرحله احتمالات در تاریخ کنترل . این مرحله بوسیله تنزل آنتروپی و دخالت شانس بوجود آمد ، که همگی از قوانین آماری تبعیت می‌کنند .

ولی با پیدایش حیات ، امکانات جدیدتری برای کنترل فراهم آمد .

مرحله دوم

مرحله مقدماتی در تاریخ کنترل ، مربوط به پیشرفت و تکامل بعدی موجودات زنده است . در اینجا دستور کنترل مقدماتی دستور انتخاب طبیعی بود که بوسیله چارلز داروین[1] کشف گردید .

برطبق این دستورالعمل ، نوعی که با محیط انطباق بیشتری حاصل کرده باشد امکان تولیدمثل بیشتری دارد ، و هر چه میزان انطباق او با محیط کمتر باشد ، بدون تولیدمثل ، که ممکن است بموجب آن این نقیصه را به فرزندان انتقال دهد ، از میان می‌رود . در نتیجه انتخاب طبیعی ، تعداد زیادی دستور کنترل وارد صحنه عمل شدند . از آن جمله ، دستورات کنترلی که اعمال مکانیکی موجودات زنده را اداره می‌کنند ــ شنا کردن ، پرواز کردن ، و راه رفتن ، و همچنین دستورات کنترلی که مربوط به اعمال ذهنی و عقلانی میشوند ــ حیله ، افکار تجاوزکاری ، در فکر پرواز بودن ، و غیرو و دستورات کنترلی که به اعمال سیستم عصبی مربوطند ، و غیرو . در طول مرحله مقدماتی ، تشکیل هر دستورالعمل جدیدی ، بهرنحو ، در معرض قانون انتخاب طبیعی قرار داشت . از میان تمام دستوراتی که برای تنظیم خودبخود موجودات زنده بوجود آمدند ، تنها آنهائی ابقاد

---

1) Charles Darwin

شدند که به موجود امکـان تبادل موثری را بـا محیط می‌دادند . یـادآور می‌شویم که طبیعت ، حالات ویژه و خاص را نادیده می‌گیرد ، مثلا ، هنگامی که شترمرغ با خطری مواجه شود ، سر خود را در شن فرو می‌برد . این‌موضوع از عدم قابلیت این حیوان برای مواجه شدن با حقایق ناشی میشود . چگونه چنین دستورالعمل ظاهرا بی معنائی برای اولین بار در مورد چنین رفتـاری بهنگام مقابله با خطر فراهم آمد ؟ آیا مطمئنا حمله و یا فرار موثرتر بـود ؟ شاید طبیعت در اینمورد دچار اشتباه شده است ؟ !

با تجربه دقیقتری روشن میشود که برای شترمرغی کـه نه دنـدان دارد ، نه شاخ ، و نه سُم ، چنین طرز رفتاری درمواردی که نبرد امکان‌ناپذیر است ، مقرون به صرفه می‌باشد .

هنگامیکه شترمرغ سر خود را داخل شن فرو می‌برد ، علت خطر را نخواهد دید و همچنان خواهد ایستاد ، و تعجب‌آور است اگر بگوئیم که او معمولا به این ترتیب از دندانهای درنده حیوان مهاجم فرارمی‌کند ، و علت این است که بیشتر جانوران درنده گوشتخوار ، تنهـا از گوشت حیوانـاتی تغذیه می‌کنند که درست موقع دریدن ، آنها را کشته بـاشند (و این مثـال دیگری است بر فلسفه انطباق ، که بویژه در کشورهای گرمسیری قابل مشاهده است) . شتـرمرغ بی‌حرکت ، بهیچـوجه اشتهای جانـور درنده را تحریک نمی‌کند ، و جانور درنده ترجیح می‌دهد با یک بزکوهی که در افق دوردست دیده میشود گلاویز شود تا با یک تل پر ، که تنها در چندقدمی او قراردارد . و این چیزی است که باعث نجات شترمرغ میشود .

ولی چه چیز موجب میشود که شترمرغ بجای بیحرکت ایستـادن ، سر خود را داخل شن فرو ببرد ؟ پاسخ سئوال ، اینکه ، چنین رفتاری باعث

میشودتهییج عصبی به حداقل خود رسیده و انجام عمل فوق برای حیوان ساده‌تر شود .

انسان نیز هنگام مواجه شدن با خرس ، از این روش‌استفاده میکند ــ ولی عمل او بیشتر بخاطر فکر او در این مورد است ، و نه‌بخاطر غریزه‌اش . او این عمل را بدون فرو بردن سر در شن انجام می‌دهد .

بنابراین ملاحظه می‌کنیم که این مرحله از تکامل کنترل ، بوسیله کیفیت مقدماتی انتخاب طبیعی ، در موجودات زنده مشخص میشود .

مرحله سوم

مرحله بعدی ، از شکل‌گیری دستورات کنترل توسط فعالیت‌انسان تحت‌تاثیر قرار می‌گیرد . هنگامی که بشر پا به عرصه تاریخ گذاشت ، فورا توانائی و قابلیت خود را برای خلق دستورات کنترل بوسیله عقل و هوش خود ، و نه بوسیله تکیه برشانس ، اعلام داشت . این قابلیت ، او را از دیگر حیوانات جدا می‌کند .

دقیقتر بگوئیم ، مرحله هوش در تشکل دستورات کنترل ، نه به وسیله خود بشر بلکه بوسیله فعالیت عقلانی او پایه‌گذاری شد . این مرحله با دو مرحله قبل ، از این جهت تفاوت دارد که اکنون ، دستوارت توسط انسان بوجود می‌آیند .

پیدایش صنایع و علوم ، اساس فعالیت بشر را در مورد کنترل تشکیل میدهد . بشر بوسیله اختراع تعداد زیادی دستور برای کنترل و تغییر طبیعت شروع به تاثیر گذاردن بر روی جهان اطراف خود کرد . صفت مشخصه هر یک از این دستورالعمل‌ها وحدت آنها بود ، زیرا هر یک ازآنها به شیٔ بخصوصی اعمال می‌گردید . بعنوان مثال ، حرفه یک کوزه‌گر باحرفه

آهنگر تفاوت داشت زیرا اشیائی که آنها بر رویشان کار می‌کردند ــ مواد خام ــ تفاوت داشتند. از یک طرف خاک رس مرطوب و از طرف دیگر فلز داغ و سرخ شده. بنابراین دستورات کنترل برای شکل دادن به این اشیاء مختلف متفاوت بودند.

بدون داشتن معلومات در موردکنه و عمق جهان، یعنی بدون تکامل علوم، بعنوان دانشهای موجود در طبیعت، بوجود آوردن دستورالعمل‌هائی برای تغییر جهان غیرممکن است. چنین دانشی نتیجه تفسیر مشاهدات و دریافتن عوامل موثر در آن و شرح طبیعت آنها بدست می‌آید. ولی مقصود از تفسیر کردن، دریافتن، و شرح طبیعت چیست؟ دانش چیست؟ آیا می‌توانیم چنین مفاهیم گنگی را بصورتی دقیق و مفهوم برای ارزیابی‌های کمی تشریح کنیم؟

بله، می‌توانیم. برای انجام این عمل، تنها توانائی برای پیشگوئی پدیده‌ای که توجه خودرا بدان معطوف داشته‌ایم کافیست. توانائی ما تا حد معینی ناشی از اطلاعاتی است که درباره شیٔ مورد مطالعه بدست آورده‌ایم. اگر معلومات ما، در مورد تحول بخصوصی زیاد باشد می‌توانیم تقریبا بدقت پیش‌بینی کنیم که در شرایط مختلف این تحول چگونه انجام میپذیرد. هر گونه اختلافی بین تحول واقعی و آنچه که پیش‌بینی شده، میزان موثق بودن پیش بینی و در عین حال میزان نادانی و عدم توجه ما را نشان میدهد.

هر چه اختلافات جزئی‌تر باشند، معلومات ما در مورد تحول مورد نظر افزونتر می‌گردد و بیشتر می‌توانیم روی دانش خود در مورد طبیعت این تحول حساب کنیم.

البته نمی‌توانیم بگوئیم که توانائی برای پیشگوئی یک موضوع، همیشه از علم وسیع ما ناشی میشود. ولی این دو، بی شک با یکدیگر در ارتباطند. معمولا، قابلیت ما برای پیشگوئی نحوه انجام یک تحول، بستگی به معلومات ژرف ما در مورد طبیعت این تحول دارد. براین اساس می‌توان دانش را بعنوان قابلیتی برای پیش بینی معرفی کرد. سیستم قضاوت و نتیجه‌گیری را که بما امکان میدهد طریقه انجام گرفتن یک پدیده را پیش‌بینی کنیم "قالب" پدیده خواهیم نامید.

مثلا پدیده سقوط سنگ را در نظر می‌گیریم. با رها کردن سنگ از ارتفاعات مختلف و اندازه‌گیری زمان سقوط آن می‌توانیم رابطه‌ای بین ارتفاع، و زمان سقوط بدست آورده و از آنجا قانون سقوط را نتیجه‌بگیریم. این قانون، قالبی خواهد بود که امکان پیشگوئی نحوه سقوط سنگ را از ارتفاعات مختلف برای ما فراهم میآورد.

مثال دیگری را در نظر می‌گیریم. گرگور مندل،[1] قانون وراثت را بکمک نخود قرمز گل و نخود سفیدگل یافت. او نشان دادکه صفات موروثی از طریق پدر و مادر بصورت واحدهای مشخص توارث که نمی‌توان آنها را تقسیم کرد به فرزندان منتقل میشوند، درست همچنانکه انرژی نیز تشکیل شده است از کوانتا (که عبارتند از کوچکترین اجزاء آن). بنابراین وراثت نیز دارای کوانتیفیته است. کوانتم وراثت، عامل تقسیم‌ناپذیر انتقال صفات میباشد. مثلا، در تجربیات مندل برروی نخود، نبات دو رگه حاصل همیشه یا گل قرمز رنگ و یا سفید رنگ داشت، ولی هیچگاه گل، رنگ

---

1) Gregor Mendel

متوسطی بین قرمز و سفید (مثلا صورتی) بخود نمی‌گرفت . این بدان معنی است که رنگ گلها بوسیله یکی از دو ژن ، مشخص میشود ــ ژن گل قرمز و ژن گل سفید . ژنهای دیگری برای تعیین رنگ گل نخود وجود ندارند .

مندل مشاهدات فوق را بصورت قانون وراثت بیان‌کرد ، این قانون حاکی از این است که صفات والدین بطور متوسط به فرزندان منتقل نمی‌گردند ، بلکه این عمل بصورت صفات مجزا و مشخص انجام میشود (بینی پدر ، چشمان مادر ، و رفتار مادر بزرگ) این قانون قالبی است که بما امکان میدهد دریابیم که صفات والدین چگونه انتقال می‌یابند ، و بنا بر این مشاهده می‌کنیم که معلومات ما ، در باره جهان ، بصورت قالبهائی از پدیده‌ها شکل میگیرند . این قالبها ما را قادر می‌سازند نتایج برخوردهای خود را با اشیائی که جهان ما را تشکیل میدهند پیش بینی کنیم . مثال ساده‌ای را در نظر می‌گیریم .

اگر قانون سقوط اجسام را نمی‌دانستیم ، نمی‌توانستیم موشکهای پرتابی را بکار بگیریم ، زیرا بدون این قانون نمی‌دانستیم که پرتابی در چه نقطه‌ای فرود میاید . واضح است که پیدایش (تشکل) قالبهائی به‌این صورت نیز روندی است که سازمان فکری را به سطوح بالاتری می‌رساند . نتایج مسلم چنین تشکلی را باید در اعمال مفید و بمنظوری یافت که بشر آنها را براساس قالبهائی که در اختیار دارد انجام می‌دهد . بعنوان مثال یک شکارچی رادر نظر بگیرید . او بهنگام تعلیم دیدن ، (از کتابها ، داستانها و نمایشات) و بعدها در حین تجربیات علمی ، قالبهائی را برای رفتار ویژه حیوانات می‌آموزد . بعبارت دیگر او قالبهائی را در مورد رفتار آنها ، در مغز خود تشکیل میدهد ، و هنگام شکار از این قالبها استفاده می‌کند . دراینجا ، قالب

غیر مادی (عقلانی) در مورد رفتار کنترل و بچنگ آوردن حیوان را بطور موثری ممکن ساخته و نتایج مادی ببار می‌آورد .

بنابراین تشریح مکـانیزم پدیده‌های طبیعی را می‌تـوان بعنوان کنترل محسوب داشت ، زیرا مستلزم ساختن قالبهائی برای این پدیده‌هـا میباشند . روند فراگیری دانش ــ که عبارتست از قـالب سازی ــ رونـدی است که در حین آن صورتها بطور دانسته‌ای نظم یافته و آنتروپی کـاهش میابد . مقصود از "دانسته" این است که فعالیت ما بطرزی است که قـالب طرح ریزی شده از نظر آثار خود با شیٔ مورد مطـالعه ، حداقل تفـاوت را دارد . هر چه تفاوت کمتر باشد ، قالب بهتر است . بنابراین مثلا قوانیـن شناخته شده نیوتن قالب رضایتبخشی را در مورد مکانیک سرعتهای کم بـه دست میدهد ، هرچند این قوانین نیز تقریبی از واقعیت هستند . موفق‌ترین شکارچیها ، کسی خواهد بود که بهترین قالب را در مورد رفتار حیوانـات در اختیار داشته و در نتیجه بتواند پیش‌بینی کندکه حیوان ، تحت شرایط مشخص چه عکس العملی خواهد داشت .

سیستمی از قالبهای طرح ریزی شده بوسیله بشر ، که شامل کنتـرل موثـری بر محیط باشـد تشکیل یک علم میدهـد . ملاحظه میکنیدکـه در مرحله هوش از تاریخ کنترل ، فعالیت بشر ، دارای حالت دوگانگی (تثنیه) می‌باشد . از یکطرف او بوسیله کنترل موثر طبیعت ، در حال تغییـر محیط است ، و از طرف دیگر او بوسیله ساختن قالبهای لازم ، برای نائل شدن به تغییرات فوق‌الذکر به تشریح طبیعت می‌پردازد . این دو عمل بستگی بسیار نزدیکی به یکدیگر دارند . آشکار است که ، اگر بخواهیم دنیا را با درایت ، برحسب حوایج خود تغییر دهیم ، باید نتایج هر عملی را بدانیم . بـراحتی

می‌توانید تصور کنید که بعد از یک دوره تعلیمات عملی ، که نتایج آنرا حتی بطور تقریبی نیـز نمی‌توان بخیال آورد ، قـادریم خود را به خـوردن چه‌نـوع غذاهائی عـادت دهیم .

ولی از روی قالبها می‌توان پیش‌بینی را انجام داد . در نتیجـه ، بدون قالبها ، که بکمک آنها می‌توان رفتار را آزمود ، عمل منطقی غیرممکن است . هیچگونه عمل منطقی که نتیجه امکان‌پذیر خود را ، بدنبال نـداشته باشد وجود ندارد .

اگر بخواهیم راکتی را بطرف کره ماه بفرستیم ، باید قالبی بـرای پرواز راکت بسازیم . باید قادر باشیم مـوقعیت راکت را بصورت تـابعی از زمان و عوامل متغیر دیگر محاسبه کنیم . در غیر اینصورت تنها وقت خودرا تلف کرده‌ایم .

بدون ساختن قالبها نمی‌توانیم دنیا را بطرز موردنظر ، تغییردهیم .

آشکـار است کـه راه حل مسـائل مختلف تفاوت دارنـد . بشـر ، دستورالعمل‌های متعددی برای تشریح و تغییر طبیعت بـوجود آورده است . هر یک از این دستورالعمل‌ها تنها در محل و مـوضع ویژه آن دستورالعمـل قابل اجـرا است .

مثلا راههای مختلفی برای طرح ریزی قالب رفتـارحیوان داخـل تله و یا داخل چشمه آب وجود دارند . هر شکارچی برای مطالعه عادات و رفتار شکار خود ، روشی (یا دستورالعملی) مخصوص بخـود دارد . بطـریق مشابهی می‌توانیم از دانش خود بطرق مختلفی بـرای رسیدن به هدفمـان استفاده کنیم . اگر دوباره به موضوع شکار باز گردیم ، محلی که باید تلـه را در آن کار گذاشت بستگی به قالب رفتارهـای حیوان و همچنین تجـربیات شخص شکارچـی دارد .

مرحله چهارم

با پیدایش سیبرنتیک ــ علم کنتــرل حیوان و ماشین ــ مرحلــه بعدی وظاهرا آخرین مرحله دوره تاریخی ما آغاز می‌گردد . مرحله دستورات کنترل جامع (گسترده) . دستوراتی از این قبیل را می‌توان در موردهرشیٔ بدون در نظر گرفتن حقیقت فیزیکی آنها بکار برد . سیبرنتیک روندهــای کنترل را بیشتر ، از یک نقطه نظر کلی مورد بررسی قرار میدهدتا یک نقطه نظربخصوص . درسیبریک ،تنها توجه ما معطوف به قالبی است که اطلاعات را نه در مورد پدیده‌های فیزیکی ، بلکه در مورد پدیده‌های اطلاعاتی کــه در جسم تحت کنترل اتفاق می‌افتد بما می‌دهد .

یک قالب ، بطور مجرد قادر به تشریح روندهای کنترل در اشیائی است که از لحاظ ترکیب فیزیکی با یکدیگرتفاوت دارند . مثلا نوسان‌کننده (اوسیلاتور) قالب ریاضی‌ئی را در مورد پدیده‌هائی مانند نوسان پاندول مکانیکی ، تغییرات جریان و ولتاژ در یک مدار الکتریکی ، و تغییرات عــده جانوران درنده ، بما ارائه می‌دهد . روند کنترل برای هر یک از موارد فوق یکسان است .

بیائید این مثال را با دقت بیشتری بررسی کنیم .

داستان دخترک روی تاب ، گرگ شریر ، و مدار الکتریکی

یکی بود ، یکی نبود . دختر کوچکی بود با یک گرگ شرور و بد ــ ذات ، و یک مدار الکتریکی . دخترک عــاشق تاب خوردن و گــرگ عــاشق خوردن خرگوش بود . دختر و گرگ مثل تمام دختــرها و گرگهائی کــه در افسانه‌ها بگوش می‌خورند ، بودند . دختر ، زیبا و با هوش ، و گرگ ،درنده

و طماع بود . ولی مدار الکتریکی از روی یک کتاب الکترونیک ساخته شده بود .

مدار از مبـداء پیدایش خـود خیلی خرسند بنظـر می‌رسید و با خودستایی به اطراف می‌نگریست . او می‌دانست که تحولاتی که در یک‌مدار الکتریکی روی میدهند دارای طبیعت الکترومغناطیسی بوده و بنابر این هر کسی نمی‌تواند آنها را دریابد . و به همین جهت ، مدار الکتریکی بادی به غبغب انداخته و با غرور و افتخار ، نبوغ خود را نمایش می‌داد .

یکروز ، این سه ، به یکدیگر برخوردند . دخترک مانند همیشـه در حال تاب خوردن بود ، گرگ با تنبلی آرواره‌های خود را تکـان میداد تـا میزان درندگی و گرسنگی خود را نشان دهد ، و مدار الکتریکی نیز به خود ستائی مشغول بود .

گرگ ، که تربیت بدی نیز داشت غرید . "دست ازبیقراری بردار" و این مودبانه‌ترین جمله‌ای بود که او می‌توانست ذکر کند . مـدار الکتریکی با طمطراق گفت . " اون بیقراری نمی‌کنه ، بلکه در حـال تولیدنوسانـات مکانیکی در حول نقطه تعادلش هست . "

ـ" تو هم شدی وبال گردن ما ، تو یک مدار هستی ، از نوسان چی میفهمی ؟ هر کسی به اون نگاه کنه می‌فهمه که داره بی‌قراری می‌کنه . "

دخترک میان بحث پرید "صبرکنین ، شما دو تا همیشه با هم در حال دعوا هستین . مدار درست میگه ، من به نوسانات مکانیکی خودم خیلی علاقه دارم . "

مدار الکتریکی با عصبانیت فریـاد زد "چطور ممکنه کسی نـوسان مکانیکی‌رو دوست داشته باشه؟ نوسانات الکترو مغناطیسی از هر چیزی توی دنیا بهترند . "

و پس از اینکه مـدار حرفهای خود را زد ، کنار کشیـد و خـاموش ماند . مشکل می‌شد با یک نگاه ساده فهمید که او در حال کار است یا نـه ، زیرا نوسانات الکترومغناطیسی تنها با ابزارهای بخصوصی قابل لمسند .

گرگ ، که در مورد بهترین چیز در دنیا ، بنظـرخود معتقد بـود چیزی نمی‌گفت و تنهـا بیاد یک خرگـوش پروار دندان بهـم می‌سـائید .

ــ "چرا دنیا اینقدر برای زندگی ، فلاکت‌باره ؟ " گرگ ایـن سئوال را بـا تفکر پرسید و سپس ادامه داد "پارسال جنگل پر از خرگوش بود . . . ولـی امسال از دندون مرغ هم کمیاب‌تر شده . کار ما بجائی رسیده که مجبوریـم سبزی خرگوشهای بد ترکیبی رو که با رفیقهای گرگ خودمون جنگ و دعـوا می‌کنن پاک کنیم . "

دخترک پرسید . "دوسال قبل وضع چطور بود ؟"

ــ " اون موقع هم وضع خراب بود "

ــ " و سال قبل از اون ؟ "

ــ " فراوون . . . . صبر کن ببینم . . . . " و گـرگ مثل اینکه فکـر تازه‌ای به مغزش خطور کرده باشد اینطور ادامـه داد . " یـه سال هیچی ، یه سال پر ــ اینطوریه؟ . بعله ، بایدخودش باشه . مرده‌شور این خرگوشهای مکارو با اون زاد و ولد ناجورشان ببره . "

مدار الکتریکی اظهار کرد . " اینهـم یک مثال دیگه از نـوسان . نوسان میزان جمعیت . "

گرگ غرید . "چی ، چی ، چی؟ بیخـود سعی نکنین منو بـه اون نوسانات خودتون مربوط کنیـن . حتی نمی‌خوام اسمش رو بشنـوم . تنهـا چیزی که من می‌خوام یک شکم پره . "

و سپس با لحن نیش داری ادامه داد . "بهرصورت ، هر چیزی با شما نوسان می‌کنه . اول تو نوسانات خودت‌رو داری ، بعد دختره نوسان می‌کنه ، و حالا می‌شنویم که خرگوشها نوسان می‌کنن ، لابد بعد هم یه نوسانی رو به من می‌بندین . "

مدار الکتریکی پاسخ داد . "طبیعتا ، تعدادگرگها با تعدادخرگوشها نسبت عکس داره . هر چی گرگها بیشتر باشن خرگوشها کمتر خواهند بودو بالعکس ، وقتی که تعداد گرگها کم می‌شه ، تعداد خرگوشها افزایش پیدا می‌کنه . و نتیجه این اعمال ، نوسان هست . "

گرگ پس از یک مکث طولانی چنین غرید . " صبرکن ، صبرکن ، بذار به عقب برگردیم و دوباره از دختر شروع کنیم ــ وضع اون ، بهتر قابل فهمه . "

*　　*　　*

ما در این نقطه ، رفقای داستان خود را رها می‌کنیم تا به بحث خود ادامه دهند و سعی می‌کنیم وجه اشتراک بین تاب‌خوردن یک تاب و روندی که در مدار الکتریکی انجام میگیرد و تعداد گرگهای جنگل را برای خود تشریح کنیم .

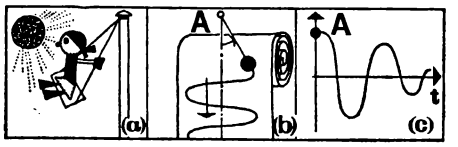
در ابتدا بنظر می‌رسد که هیچگونه وجه اشتراکی بین آنها موجود نیست . ولی اگر نظر دقیقتری به موضوع بیفکنیم ، خواهیم دید که هر سه پدیده دارای طبیعت ، و رفتارنوسانی هستند . اکنون خود رامتقاعدمی‌کنیم که چنین چیزی صحت دارد .

تاب در واقع نوعی آونگ است (شکل۱۳ ــ الف) . انحراف آونگ را در هر لحظه می‌توان براحتی بوسیله زاویه A ، که بین محور آونگ و

خط عمـودی تشکیل میشـود ، نشان داد (شکل۱۳ ــ ب) زاویـه A را هنگامیکه آونگ در طرف راست خط قائم قرار دارد ، مثبت و هنگامیکـه در طرف چپ آن قرار دارد ، منفی فـرض می‌کنیم . بیائید آونگ را بـاندازه زاویه A (این مقدار عبارتست از زاویه انحراف اولیه آونگ) منحـرف و سپس آنرا رهـا کنیم .

تحت تاثیر نیروی جاذبه ، آونگ به وضعیت تعادل خود ،که همان محور قائم باشد ، نزدیک میشود ، به آن می‌رسد ، و بخاطر (اندازه‌حرکتی[1]) که بدست آورده است به حرکت خود ادامه می‌دهد . سپس نیروی جاذبـه ، دوباره آنرا به حالت تعادل نزدیک میکندو بازاندازه حرکت شاقول ،آونگ را برمی‌گرداند . و به این ترتیب تحولات ، مرتبا یکدیگر را تولید می‌کنند ، دامنه حرکت در هر رفت و بازگشت ، مقـدار کمی کاهش یافته و تـا ایست کامل آونگ ، به این کاهش ادامه میدهد .

اگر قلمی به شاقول آونگ بسته و برگ کاغذی را در جهت عمودبر امتداد حرکت آونگ حرکت می‌دادیم (شکل ۱۳ ــ ب) ، قلم ،طرحـی را مانند شکل (۱۳ ــ ج)بر روی کاغذ رسم می‌کرد . این طرح ، نمونه‌ای از نوسان میرا را نشان می‌دهد (که عبارتست از نوسانی که بتدریج مستهلک میشود .)



شکل ۱۳

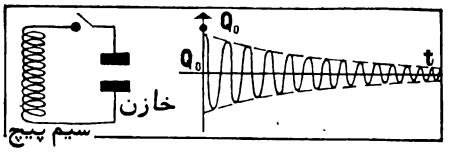
---

۱) اندازه حرکت یک جسم برابر است با حاصلضرب سرعت جسم درجرم آن . مقدار اندازه حرکت برای یک سیستم مادی مجزا از سیستم های دیگر ، ثابت میماند .

حال متذکر می‌شویم که دو عامل اساسی در انجام این نوسانات موثرند . اولا نیروی جاذبه ، که همواره سعی می‌کند آونگ را به سمت‌حالت تعادل خود سوق دهد ، و ثانیا ، اینرسی[۲] آونگ (و یا اندازه حرکت آن) . که حرکت آنرا ابقاء می‌کند . مجموع این دو عامل متضاد باعث بوجود آمدن حرکت نوسانی آونگ میشود .

اولین عامل از دو عامل فوق را تمایل به پایداری و دومی را تمایل به پویائی (تمایل به حرکت) می‌نامیم .

حال به مطالعه وضعیت مدار الکتریکی می‌پردازیم . این مدار از دو جزء تشکیل گردیده است ــ یک خازن و یک سیم‌پیچ ــ که بطور سری حلقه‌ای را تشکیل داده‌اند و کلیدی آنها را بهم اتصال داده و مدار را می‌بندد (شکل۱۴) . خازن ، قدرت ذخیره بار الکتریکی را در خود دارد . اگر آنرا به یک باتری وصل کنید پر خواهد شد . مقدار بار ذخیره شده در آن مستقیما با ولتاژ باطری متناسب است . فرض کنید بار اولیه خازن برابر Q_0 باشد . هنگامیکه کلید را می‌بندیم خازن بسرعت شروع به تخلیه کرده و جریان الکتریکی را به سیم‌پیچی داخل می‌کند . این جریان در سیم‌پیچی ، تولید یک میدان مغناطیسی می‌کند . (به همین دلیل است که اگر یک قطعه آهن را داخل سیم‌پیچی قرار دهید ، آهنربا خواهد شد .)



شکل ۱۴

۲ ــ اینرسی عبارتست از مقاومت ماده در مقابل تغییرات سرعت (شتاب)

میدان مغناطیسی که به این ترتیب برقرار میشود ، تولید ولتاژی در سیم‌پیچی می‌کند که جهت آن با هر گونه تغییری در جریان سیم‌پیچی مخالف است . این بدان معنی است که سیم‌پیچی پس از اینکه مقدار بار خازن به صفر رسید نیز ، جریان را در خود حفظ می‌کند ، و این جریان ، خازن را در جهت مخالف جهت قبل پر می‌کند . بنابراین مدار ما بحالت اولیه خود باز می‌گردد ، تنها با این تفاوت که جای قطبهای مثبت و منفی عوض شده است . حال دوباره خازن در سیم‌پیچ تخلیه شده و عمل ادامه می‌یابد . آشکار است که بار الکتریکی خازن ، نوسانی است و درست مانند آونگ عمل می‌کند . در اینجا نیز ، واضحست که دو عامل اصلی نوسانات را تولید می‌کنند . تمایل خازن به تخلیه ، و رسیدن به حالت پایدار ، و اندوکتانس سلف برای تولید میدان مغناطیسی که متمایل به ابقاء جریان و بنابراین جلوگیری از رسیدن مدار به حالت پایدار ($Q=0$) است . تخلیه خازن ، آنرا به حالت پایدار نزدیک می‌کند و اندوکتانس ، مدار را بحالت پویا می‌گراید .

و بالاخره مساله گرگها و خرگوشها ، و یا پویائی میزان جمعیت هر یک از آنها ، بعد از برخورد با یکدیگر .

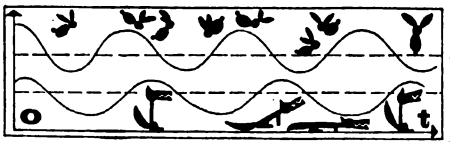
در زیست‌شناسی ، جمعیت عبارتست از یک گروه از ارگانیسم‌ها ، که به دسته بخصوصی تعلق داشته باشند و دور هم گرد آیند . بنابراین میتوانیم از جمعیت گرگها و خرگوشها سخن بمیان آوریم . هر دو جمعیت به این دلیل ساده که گرگها ، از خرگوشها با لذت هرچه تمامتر تغذیه می‌کنند ، با یکدیگر برخورد دارند . حال وضعیت جنگلی زیر را در نظر می‌گیریم .

تصور کنید که خرگوش‌ها و گرگ‌ها از نظر تعداد مساویند . هربار

که یک خرگوش خورده میشود ، خرگوش دیگری بدنیا میاید و جانشین او می‌گردد و هر بار که یک گرگ می‌میرد ، مرگ او بوسیله بدنیا آمدن یک توله گرگ جبران می‌گردد . این توضیحات همگی بطور دقیق عملی نمی‌شوند بلکه تنها یک امکان را نشان میدهند .

حال تصور کنید که ناگهان تعداد خرگوشها براثر ، مثلا بوجود آمدن اختلالی در سیستم کنترل موالید آنها ، فوق العاده زیاد شود . در این صورت گرگها مقدار زیادی خوراک خواهند یافت ، که باعث تغذیه زیاد و در نتیجه بالا رفتن میزان تولید مثل آنان می‌گردد و بنابراین عده‌گرگها نیز افزایش میابد . با افزایش تعداد گرگها ، مقدار غذای لازم برای گرگها نیز افزایش یافته و بنابراین تعداد خرگوشها تقلیل میابد . پس ازمدتی ، تنها عده قلیلی خرگوش باقیمانده و گرگها که اکنون تعدادشان خیلی زیاد است ، خود را با مشکل بزرگی مواجه می‌بینند . آنها ازگرسنگی و بیماریهای ناشی از سوء تغذیه خواهند مرد و این عمل تا زمانی که جمعیت گرگها از نظر تعداد کاهش کلی پیدا کند ، ادامه خواهد یافت .

همچنانکه می‌بینیم ، نوسانی از میزان هردو جمعیت در حول حالت تعادل بوجود می‌آید (شکل۱۵) . این نوسان نیز نتیجه دو عامل



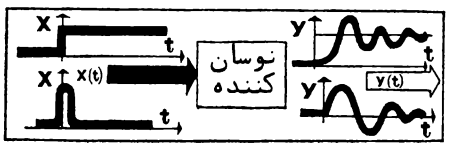
شکل ۱۵

است . یکی از عوامل بوسیله اشتهای گرگها و میزان باروری خرگوشها مشخص میشود ــ این دو باعث میشوند که سیستم گرگ ــ خرگوش در یک حالت

تعادل باقی بماند (نشان داده شده در شکل۱۵ بوسیلـه خطوط متقاطـع) عامل دیگر عبارت از عدم توافق بین میزان جمعیت و شرایط زیست است . هنگامیکه تغییـری در شرایط زیست رخ مبـدهد ، جمعیت بسرعت تغییـر نمی‌کند ، بلکه تنها بعد از انقضای مدت زمانی که بستگی به میـزان زاد و ولدی که جمعیت می‌تواند آنرا ثابت نگاهدارد ، این عمل انجام میگیـرد . عامل اخیر ، عامل پویا را در روند فوق تشکیل میدهـد . پس به تـرتیب ، آونگ ، مدار الکتریکی ، و جمعیت خرگوشها ، سیستمهائی هستندکـه دارای طبیعت نوسانی میباشند . از نقطه نظر سیبرنتیک ، کلیه سیستمهای فـوق‌را می‌توان بخاطر مفهوم نوسان کننده ، از یک نوع بحساب آورد .

نوسان کننده چیست ؟

مقصود ما از نوسان کننده ، هر گونه تغییری در ورودی X است که به خروجی Y تبدیل میشود ، بطوریکه تغییر ورودی بـاعث پاسخ نوسـانی خروج می‌گردد . این بدان معنی است که اگر ورودی بصورت تابع پله‌باشد ، خروجی بصورتی است که در بالای شکل ۱۶ سمت راست نشان داده شـده است . طرح پائین شکل ، نشان دهنده خروجی حاصل از یک ورودی پالسی[1] است .



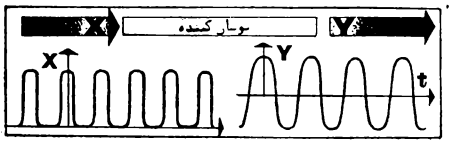
شکل ۱۶

در ریاضیات تابع پالس را روی محورهای X و y بدین ترتیب تعریف می‌کنند $y = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ 1/a & 0 < x < a \\ 0 & x > a \end{cases}$ ولی در اینجا مقصود از ورودی پالسی یـا اصولا تابع پالس هر تابعی است‌که بشکل ضربانی به سیستم داده شود . روی محورهای مختصات شکل چنین تابعی بصورت مستطیلی متکی برمحور y است .

بوضوح می‌توان دید که این نوسان کننده ، درست مانند نوسان کننده‌هائی که در مثالهای فوق با آنها مواجه شدیم عمل می‌کند . تنها تفاوت این نوسان کننده با انواع فوق ، دربی‌معنی بودن‌آن ازنظر فیزیکی است . در اینجا ، فقط مفهوم اساسی ، مورد مطالعه قرار میگیرد ــ نوع تغییرات در خروجی ، بازای تغییرات مشخصی از ورودی .

این موضوع برای درک مفهوم کنترل نوسان کننده کافی است‌زیرا کنترل در طبیعت ، عملی کلی و عمومی است ، نه جزئی و خاص. برای توضیح این مساله از یکی از مثالهای فوق استفاده می‌کنیم .

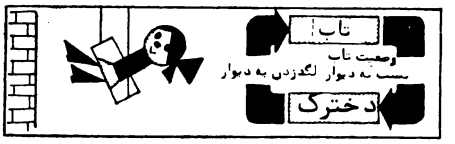
دخترک روی تاب می‌تواند با بکار بردن مقداری نیرو ، بروش بخصوصی دامنه حرکات خود را ثابت نگاهدارد ــ مثلا بوسیله فشار دادن پاهای خود به دیوار مقابل . بمفهوم سیبرنتیکی ، می‌توانیم بگوئیم که پالسهای متناوبی بعنوان ورودی نوسان کننده ، بکار می‌روند و فاصله زمانی پالسها درست برابر زمان تناوب نوسانات است . در این صورت خروجی نوسان کننده بصورت نوسانهای غیر میرای شکل۱۷ خواهند بود . دخترک باید در زمانهای مشخصی که لحظات نزدیک شدن به دیوار هستند ، به



شکل ۱۷

دیوار فشار آورد . منبع پالسهای متناوب خود دختر است . هنگامیکه تاب بدیوار نزدیک میشود ، او با پاهایش لگدی به دیوار می‌کوبد . بنابراین اگر نوسان کننده (تاب) ، نوسانات میرا تولید کند ، باید تنظیم کننده‌ای

(دختر) داشته باشیم تا از اطلاعات واصله درباره خروجی نوسان کننـــده استفاده نماید و زمان اعمال پالس را به ورودی (لگد واردشونده به دیوار) معین کند . این سیستم در شکل ۱۸ نمایش داده شده است .



شکل ۱۸

این درست همان ترتیبی است که در یک مولد الکتریکی ــ مولـــد نوسانات متناوب ــ نیز بچشم میخورد . در مولد ، یک مدار الکتریکی ، کـــه همچنانکه قبلا مشاهده کردیم تشکیل شده است از یک نوسان کننده ، جانشین تاب میشود و جای دخترک را یک تنظیم کننده که نوسانات خروجی را ، بـــه پالسهای پشت سر همی که به ورودی باز گردانده میشود ، تبدیل می‌کنـــد ، میگیرد . بنابراین ، کنترل دارای طبیعت جامعی است که مستقل از حـــالت فیزیکی شیٔ مورد کنترل میباشد . این مساله که طرح چنین موضوعات جامعی در مـــورد روندهای کنتـــرل اشیاء مختلف بـــا وضعیتهای فیـــزیکی متفـــاوت امکان‌پذیر است ، اول بار توسط نوربرت وینر که "پدر سیبرنتیک" نامیـــده میشود ، مطرح گردید .

تا پیش از پیدایش سیبرنتیک ، روندهای کنترل ، درمورد مولدهای الکتریکی بوسیله مهندسی برق ، در مورد کنترل حرکت آونگ ساعت (در واقع ، تـــاب) بوسیله مکانیک ، و در مـــورد کنترل پویائی جمعیت بوسیلـــه بیولوژی مورد بررسی قرار می‌گرفت . نوربرت وینر اولین کسی بود کـــه روی جامع بودن طبیعت کنترل ، تکیه کرد و نشان داد که نظم و ترتیب یافتـــن

اشیاء را (تنزل آنتروپی آنها) می‌توان بوسیله روشهای استاندارد، یعنی روشهای سیبرنتیکی که مستقل از اوضاع فیزیکی جسم هستند عملی کرد.

پیشرفت و پیشبرد این طرق جامع، چندی پیش آغازگردیده است. در حال حاضر روندی که موسوم به سیبرنتیزاسیون[1] است در مرحله تکوین می‌باشد. این روند، روندی است که کاربرد و موارد استفادهٔ روش های جامع کنترل را افزایش میدهد. این روش ها بوسیله سیبرنتیک مورد مطالعه قرارگرفته و درشعب مختلف علوم و تکنولوژی بمنظور فراگیری دانش و تحقق یافتن کنترل، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مرحله اخیر در تاریخ کنترل، آنچنان دورنمای مردد کننده‌ای را در مورد پیشرفت علوم بروی ما می‌گشاید که نوربرت وینر کاملا بموردآنرا انقلاب دوم صنعتی نامید.

ولی بیائید به مداخله شانس وکوششهای بشربرعلیه‌آن بازگردیم. بشر به موفقیتهای چشمگیری در این زمینه دست یافت. او روشهای متعدد و مختلفی را بمنظور جنگ بر علیه مداخله شانس و همچنین همزیستی مسالمت‌آمیز با آن بوجود آورد و بکار بست. و در حالت اخیر امکاناتی را بوجود آورد که اشکالات همزیستی با شانس را جلوه‌گر ساخت.

٤ - جنگ برعلیه مداخلهٔ شانس

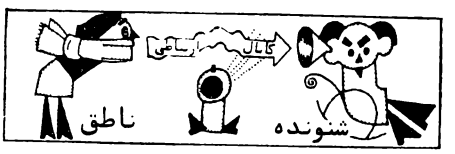
نبردی که بشر، علیه شانس انجام میدهد، دارای دو جبهه است. در یک جبهه مهمترین سلاحها عبارتند از طرق مختلف برای از بین

---

1) Cybernetization

بردن شانس ــ بعنوان مثال ، عایق صوتی وسیله بسیارموثری برای جلوگیری از نفوذ صدا به داخل اطاق است . جبهه دوم به همزیستی مسالمت‌آمیز با شانس مربوط میشود . این روشهای موسوم ، امکان پیشبرد روشهائی را بما میدهند که از آشفتگی‌های بیجائی جلوگیری می‌کنند . مثال ساده‌ای از این موضوع عبارتست از بلندکردن صدا درمکالمه تلفنی وتکرارکلمات وعبارات ، هنگامیکه خط تلفن خراب است . در این شرایط میزان تداخل ثابت مانده و این ما هستیم که روش بخصوصی را که ما را قادر به تماس با طرف مقابل می‌کند ، بکار می‌بندیم .

برای شرح این موضوع مجرای ارتباطی ساده‌ای را که باعث تماس گرفتن دو نفر با یکدیگر میشود در نظر می‌گیریم (شکل ۱۹)



شکل ۱۹

بناچار ، چنین سیستمی تحت تاثیر سه نوع تداخل قرار دارد .

تداخل اول مربوط به فرستنده است . این تداخل بصورت تلفظ غلط کلمات ، که احتمالا بخاطر لکنت‌زبان ، و یا خوردن آخرکلمات ، بوجود می‌آید ــ اصولا هر چیزی که بتوان آنرا ، انتخاب بد عنوان ، معنی کرد .

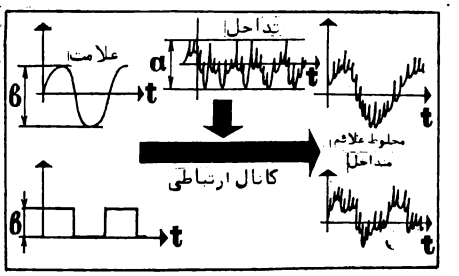
تداخل دوم ، از محیط خارجی ناشی میگردد . صدای همهمه اطراف ، صدای فلزآلات ، صحبت افراد دیگر ، خنده یاگریه یک‌بچه و غیرو .

تداخل سوم ، در اینجا مشخصه حساسیت گیرنده را نشان میدهد ، ــ که همان شنونده باشد . این نقیصه ممکن است ناشی از ضعف شنوائی ،

کمبود معلومات ادبی ، فقدان دید کامل (معلوم شده است که اگر حرکات و اشارات گوینده را مشاهده کنیم ، سخنان او را زودتر درک خواهیم کرد) ، وضعیت سلسله اعصاب شنونده (صدای زنگی که در گوش ، شنیده میشود ، مستی ، و غیرو) باشد . هرسه نوع تداخل که در بالا ذکر شدند ، دارای اثرات بسیار زیادی در روندهای ارتباطی (صحبت) می‌باشند ، و اگر مقدار آنها به حد معینی برسد می‌توانند ارتباط را بطور کامل قطع کنند . ما به انواع اول و سوم تداخل توجهی نمی‌کنیم ــ زیرا آنها بسیار تخصصی هستند و به حالات فیزیکی فرستنده و گیرنده بستگی دارند . بعنوان مثال برای غلبه کردن بر تداخلی که بر اثر لکنت زبان بوجود میاید ، بهتراست با یک متخصص امور درمانی مشورت کنیم تا با یک متخصص سیبرنتیک . بطریق مشابه ، برای حالاتی که کری بچشم میخورد باید به پزشک مراجعه کرد . اگر مساله را در مورد یک حلقه رادیوئی مطرح کنیم باید از یک تکنیسین‌در امور رادیوئی مدد بگیریم ، و در مورد روابطی که بین جانوران اهلی خانگی وجود دارد باید به دامپزشک رجوع کرد .

تداخل شماره دو ، همان است که باید توجه خود را بدان معطوف نمائیم ، یعنی تداخلی که در خود مجرای ارتباطی بوجودآید . این تداخل دارای ساختمان فیزیکی مشابه با علامتی است که پیغامی را منتقل می‌کند . می‌توان گفت ، این دو دارای لباس یکسانی می‌باشند ــ در غیر اینصورت تداخل صورت نمی‌گرفت . بعنوان مثال ، هنگامیکه سعی می‌کنیم در یک واگن قطار با شخصی صحبت کنیم ، چیزی که در صحبت ما دخالت می‌کند بطور عمده صدای فلزی چرخها است ، و نه صدای‌جرقه‌جاروب‌هادر القاء گیر موتور . در اینجا ، مجرای صوتی بوسیله مانع صوتی قطع شده است . بطور

مشابه مجرای ارتباطی نوری بوسیله تداخل نوری مختل می‌گردد ، و کانـال رادیوئی نیز تحت تاثیر تداخل امواج (امواج رادیوئی) قرار میگیرد . شکل ۲۰ نشان دهنده دو مثال از علائم حامل پیامهای خبری است که با تداخل شانس مواجهند .



شکل ۲۰

همچنانکه مشاهده می‌کنیم ، تداخل شانس ، در هر یک از حالات ، علامت مفید را بطور قابل ملاحظه‌ای مختل کرده است . هرمجرای ارتباطی توسط نوع بخصوصـی از پارازیتها ، یعنی بـوسیله اختلالاتی کـه تـوسط تداخل ، در سیگنال تولید میشوند مشخص میگـردد . برای مشخص کـردن حساسیت یک مجرای بخصوص ، مناسبتر است که بطریقی مقدار این پارازیت را بسنجیم ، این مقدار عددی خواهد بود کـه نشان دهنده کیفیت بـدی انتقال اطلاعات در کانـال است . برای این مقصـود ، معمولتریـن روش ، استفاده از نسبت علامت ــ پارازیت ، می‌بـاشد که از تقسیم کردن دامنـه صدا (a) بر دامنه علامت حاصل می‌گـردد .

$$K = \frac{a}{b}$$

این مقدار ، تعیین کننده میزان سر و صدا در کانال است . بـرای اینکه کاربرد و اهمیت علمی این کمیت را درک کنیم کافیست متذکر شویـم

که هنگامیکه $K=1$ است ، صحبت و برقراری تماس امکان ناپذیر است . تداخل آنچنان باعث محو شدن علامت می‌شود که شنونده بهیچوجه نمی‌تواند اطلاعی را از پیغام دریافت کند .

از فرمول فوق مشاهده میشود که دو طریق برای کم کردن K (نسبت علامت ــ صدا) وجود دارد .

a) بوسیله جلوگیری از تداخل a ، یعنی بوسیله کم کردن میزان سروصدا (و این مربوط به نبرد ما در جبهه اول شانس است)

b) بوسیله بالا بردن سطح علامت مفید ، و به عبارت دیگر ، بوسیله زیاد کردن دامنه b .

هر یک از حالات فوق ، به برقراری تماس کمک می‌کنند .

ولی روش دوم (بالا بردن قدرت علامت مفید) دارای محدودیتهای عملی است . واضح است که شما نمی‌توانید برای مدت طولانی با صدای بلند به مکالمه ادامه دهید ــ صدای شما در این عمل به یک قوت باقی نخواهد ماند ، و شما نمی‌توانید آنطور که می‌خواهید فریاد بزنید . بدون در دسترس بودن تلفن ، حتی نمی‌توانید با شخصی که در طرف دیگر شهر قرار دارد صحبت کنید .

بوسیله رادیو نیز ، قدرت علامت به قدرت فرستنده محدود می‌شود و نمی‌توان قدرت را از میزان معینی بیشتر کرد . بعبارت دیگر بهتر است روش فوق را فراموش کنیم .

ولی روش دیگری نیز برای غلبه کردن بر تداخلهای سطح بالا وجود دارد ، که عبارتست از افزودن سخنان ، در پیغام ، یعنی بوسیله تکرار آنها و بوسیله درخواست کردن از فرستنده ، برای تکرار نکاتی که ما

موفق به دریافت صحیح آنها نشده‌ایم . این روشها مربوط به جبهه دوم نبرد ما علیه تداخل شانس میشوند .

حال بیائید به مطالعه جنگ افزارهائی که می‌توانیم در هر یک از دو جبهه بکار بندیم ، بپردازیم .

الف ــ جبهه اول ،

برای از میان بردن شانس

اولین ، و مهمترین وسیله را علیه شانس ، " بازخور"[1] تشکیل میدهد ، که ما اکنون به توضیح آن می‌پردازیم .

باز خور

اولین بار ، بهنگام بررسی شیطان ماکسول ، به باز خور برخورد کردیم . شیطان سیستمی را نشان می‌داد که آنتروپی شیٔ مورد کنترل را (جعبه محتوی ملکولهای گاز ، با خود ملکولها) بوسیله طبقه‌بندی ملکولها برطبق سرعتشان کاهش می‌داد . دراینجا ، بازخور تشکیل میشدازمشاهدات شیطان در مورد طرز رفتار ملکولها و عمل او بر روی ملکولها بر طبق این مشاهدات ، بطوریکه ملکولها را به یک قسمت یا قسمت دیگرجعبه منسوب می‌کرد . همچنانکه دیدیم‌این بازخور ، باعث فعالیت سیستم ما شد .

درحالت کلی ، بازخور عبارتست‌ازتنظیم اعمال ، برای بازگردانی یک عمل بخصوص روی شیٔ مورد کنترل . این عمل ، خود ، بستگی به اطلاعاتی دارد که از رفتار شیٔ مورد نظر واصل شده است . بازخور در

---

1) Feedback

موجودات زنده بسیار متداول و معمولی است . بطور قطع و یقیـن میتـوان گفت که حیوانات و نباتات برای ادامه حیات خود بدان نیازمندند . اکنون مثالی از بازخور را بررسی می‌کنیم که بشر آنرا بمنظور جنگ برعلیه شانس ، بوجود آورده و بکار برد .

فعالیت عمده بشر ، بمنظور داشتن امنیت در مقابل طبیعت متلون است . بـا زندگی کردن در چنین محیط مملو از شانسی ، تنها فکـر بشر ، تثبیـت شرایـط مـحیط ، در یک سطح متعادل خواهـد بود ـ فراهـم آوردن شرایط ثابتی در محیط کوچک زندگی ، بدون در نظر گرفتن وضـع و شرایط هوا . بهمین دلیل او خانه می‌سازد و در آن آتش روشن می‌کنـد . روشن کردن آتش یکی از مظاهر عمل بازخور است . زیرا این عمل یکـی از بازتاب‌های دفاعی بشر بر علیه سرماست که در ضمن آن ، دمای مناسبی را در محیط زندگی خود تولید می‌کند .

در یک ساختمان مدرن ، عمل ثابت نگاهداشتن دمابوسیله سیستم تهویه مطبوع صورت میگیرد . طرز کار آن چگونه است ؟ منزل ما تحت تاثیر دو عامل اساسی قرار دارد . یکی از آنها آثار طبیعی است ـ که بطور عمده عبارتند از دمای هوای محیط اطراف ساختمان ، باد ، که بـه سختی هـوا کمک می‌کند ، و رطـوبت . کلیه این نیـروهای طبیعی روی دمـای داخـل ساختمان تاثیر می‌گذارند ، اگر این عوامل ، تنها عوامل موجود را تشکیـل میدادند ، دمای داخل ساختمان ، درست مانند دمای خارج تغییر می‌کرد . (صرفنظرازانقضای یک مدت زمان بخصوص ، برای عمل .) ولی بازخور ، بمنظور تثبیت دمای داخلی عمل میکند و عمل آن بشرح زیر است دمای داخلی اندازه‌گیری میشود و با دمای موردنظر مقایسه می‌گردد ، و برطبق آن ، دستگاه حرارتی ،

روشن و یا خاموش میشود . در اینجا بازخور تشکیل شده است از یک تنظیم کننده که قادر به صادر کردن دستورات مختلف به تهویه مطبوع است . تنظیم کننده ، اطلاعاتی را در مورد دمای داخل اطاق کسب می‌کند و بوسیله مقایسه این اطلاعات ، با دمای مورد نظر روی آنها تحولاتی انجام میدهد . تنظیم‌کننده ، پس از انجام گرفتن تحولات مربوطه در روی اطلاعات ، بوسیله فرستادن دستوری برای دستگاه حرارتی ، دوره کنترل را تکمیل می‌کند . در نتیجه این اعمال ، دمای داخلی ، بدون در نظر گرفتن شرایط محیط خارج ثابت میماند ، به این طریق ، بازخور ، ما را قادر به غلبه بر عامل شانس می‌کند .

یکی دیگر از طرقی که برای ازبین بردن عامل شانس بکار می‌رود ، عبارت است از " روش اضافی " .

هفت بار اندازه‌گیری کنید . . .

ضرب‌المثل روسی "هفت بار اندازه‌گیری کن ، بعد قاچ بزن "مورد استفاده روش اضافی را در نبرد علیه شانس‌وبی‌نظمی‌نشان‌میدهد .واضحست که هر سنجشی مقداری خطا در بر دارد . درواقع خطا ،نوعی تداخل شانس در اندازه‌گیری‌ها است . هر دستگاه اندازه‌گیری ، خواه خط‌کش باشد ،خواه ساعت ، خواه میزان الحراره و یا هر چیز دیگر ، کمیت مورد نظر را تا حد معینی از دقت می‌سنجد . این دقت نیزبستگی به نوع ساخت دستگاه دارد . هر چه کیفیت ساخت دستگاه عالیتر باشد ، حساسیت و دقت دستگاه بیشتر است . بعنوان مثال ، یک ساعت مچی معمولی ، قادر است یک دوره زمانی ۲۴ ساعته را با دقتی در حدود یکدقیقه بسنجد . یک کرونومتر همین عمل

را با دقتی در حدود یک ثانیه انجام میدهد ، و دقیقترین و گرانبهاترین ابزار سنجش زمان که در اختیار داریم ــ ساعت اتمی ــ چنین عملی را بـا خطائی در حدود یک میلیونیم ثانیه انجام میدهـد . از اینجا می‌تـوانیم نتیجه بگیریم که سنجش دقیق ، مستلزم مخارج گزافی می‌باشد .

در این صورت آیا سنجش دقیق کمیتها بوسیله ابزارهای بی‌دقت امکان‌پذیر است ؟ آیا می‌توانیم سنجشهائی را انجام دهیم کـه از حیطـه قدرت دقیقترین دستگاههای اندازه‌گیری خارج است ؟

بله ، می‌توانیم .

دراینجا مبارزه ما برعلیه بی‌نظمی و شانس بوسیله روش " انجام سنجش بطورمکرر و معدل‌گیری نتایج " انجام‌میگیرد . دقت میانگین حاصل نسبت به مقدار حقیقی کمیت ، از دقت دقیقترین اندازه‌گیری‌ها نیز بیشتر است . بعبارت دیگر ، دقت چند سنجش همیشه از دقت یک سنجش بالاتر است . شما نیز می‌توانید این موضوع را توسط تجربه‌ای بیازمائید . (مولف ، معمولا از این تجربه در سخنرانی‌ها استفاده کرده و نتایج ثمربخشی گرفته است)

از میهمانان خـود بخواهید که طول یک جسم مـورد استفاده را تخمین بزنند ــ مثلا یک مداد . نتیجه تخمین آنها را یادداشت کنید واز حاصل میانگین بگیرید . حاصل عمل بطور تعجب‌آوری به طول حقیقی‌مداد نزدیک است . چرا چنین است ؟

نکته دراینجاست‌که ، اگرچه هرشخصی عددی غیرصحیح ودور از واقعیت میگوید ، ولی خطای آنها می‌تواند متوالیا مثبت و منفی باشد . به این ترتیب هنگامیکه مجموع را برتعداد تخمینها تقسیم می‌کنیم تـا میانگین

بدست آید ، نتیجه ، از هر یک از مقادیر ، به مقدار اصلی نـزدیکتراست . آشکار است که با افزودن تعداد سنجشها ، دقت قابل حصول بالا می‌رود .

بنابراین می‌توان دقت را تا هر میزان که بخواهیم بوسیله زیـاد کردن تعداد سنجشها بالا برد . ولی درعمل ، بدست‌آوردن دقتهای‌زیاد ، بوسیله روش اضافی دشوار است ، زیرا این عمل مستلزم محاسبه میانگیـن هندسی مقادیر است . میزان دقت عمل متناسب با جـذر تعداد دفعـات اندازه‌گیری است . مثلا هرچند ، چهار بار اندازه‌گیری برای بدست آوردن دقت مضاعف کافی است ، ولی برای اینکه دقت یکمرتبه اضافه شود ــ یعنی با ضریب ۱۰ ــ باید تعداد سنجشها به ۱۰۰ برسد . به بررسی مثال دیگری در مورد روش اضافی می‌پردازیم .

در بعضی از واکنشهائی که در مهندسی شیمی مـورد بحث قـرار میگیرند ، غلظت یک محلول ، با زمان تغییر می‌کند . چون این تغییرات به تعداد زیادی از عوامل مختلط بستگی دارند ، می‌توان آن ها را دلخواه و شانسی انگـاشت .

مساله بدین تـرتیب مطرح می‌شود کـه ، چگونه غلظت متـوسط محلول را ، با در نظر گرفتن اینکه واکنش ، به مدت مدیدی وقت احتیـاج دارد . می‌توان تعیین کرد ؟ در بادی امر مساله به این ترتیب بنظرمی‌رسد که در زمانهای مختلف ، نمونه‌هائی از محلول را بر می‌داریم و غلظت آنها را اندازه‌گیری می‌کنیم و میانگین این سنجشها را در طول آزمایش محاسبه می‌نمائیم . این عمل نتیجه دقیقی را بما می‌دهد ، ولی مستلزم زمان‌بسیار زیادی است . روش بسیار جالبتری نیز وجود دارد کـه بما امکان میدهـد ، نتیجه مشابهی را تنها با یک سنجش بـدست آوریم . این روش ، بصـورت

زیـــر است .

بطور متناوب نمونه‌های یکنواختی را از محلول برمی‌داریم ، وبـــه جای اینکه آنها را بطور جداگانه به آزمایشگـــاه بفرستیم ، همـــه را در یک ظرف جمع می‌کنیم . در حین عمل ، نمونه‌های مختلف در ظرف ، مخلـــوط میشوند . در پایان عمل ، محتوی ظرف مخلوطی از تمام این نمونه‌ها است ، و این محتوی مورد تجزیـــه و تحلیل شیمیائی قـــرار میگیرد . نتیجه ایـــن تجزیه و تحلیل‌ها ، میانگین غلظت محلول را درحین عمل بدست می‌دهد .

در این مثال ، میانگین گرفتن ، بوسیله تکان دادن ظرف عملـــی می‌شود . در شرایط مورد نظر ، یکبار سنجش ، مقدار عددی غلظت متوسط محلول را بما می‌دهد . به این ترتیب می‌توان عوامل شانس را با بکاربردن روش اضافی حذف کرد ــ روشی که بطور قابل ملاحظه‌ای اثـــر شانس را بـــر روی نتیجه نهائی کاهش میدهد .

با اندکی تفکر بر روی روش اضافی ، فورا به روش دیگری برعلیـــه مداخله شانس بر می‌خوریم . روشی بنام " تصفیه ".

تصفیه

تصفیه در زندگی روزمره ، بمعنای جدا کردن یک مایع از مخلوطی است که شامل مایع مذکور و مواد غیر مایع می‌باشد . درواقع عبارت‌اخیر ، معادل تداخل است . این عمل بوسیله گذراندن مخلوط ، از یک صافی‌کـــه بصورت شبکه سوراخ دار توری است ، و از عبور مواد غیـــر مایع جلوگیـــری می‌کند انجام می‌گیرد . بعبارت دیگر ، تصفیه عبارتست از جداسازی مخلوط به دو جزء تشکیل دهنده‌اش ، مایع و جامد .

چنین عمل کاملا عـادی و روزمـره‌ای بود کـه بسمت ارتباطـات رادیوئی و از آنجا بطرف رادار منحـرف شد ، و البته در ایـن راه ، شیء مورد تصفیه از آب سیب ، به سیگنالهای[1] رادیوئی تغییر یافت .

همگی از این موضوع آگاهی داریم که مجراهای ارتباطی ، خـواه سیمهای تلفنی باشند و خواه جو زمین (برای رادیو) ، نـاچار با علائـم الکتریکی که وارد کانال میشوند تداخل می‌کننـد . منشاء ایـن تداخل یـا طبیعی است یا مصنوعی . تداخل طبیعی ، از الکتریسته جوی و بطورعمده از رعد و برق ناشی می‌شود . هر کسی که هنگام رعد و برق ، رادیو راروشن کرده باشد با صدای خشکی که بهنگام برق زدن ، در رادیو تولیـد میشود آشنائی دارد . تداخل مصنوعی ، از جرقه‌های الکتریکی که توسط وسایـل الکتریکی مختلف ، چـه صنعتی و چـه خانگی ــ دستگاههای جـوشکاری ، ماشین‌های الکتریکی نامیزان ، تراموا‌ها ، واگن‌های برقی ، و غیرو ــ بوجود می‌آید . تمام این عوامل ، تولید رعد و برق‌های ضعیفی می‌کنند که باعث بوجود آمدن اختلالاتی در مجراهای ارتباطی می‌گردند .

کلیه این تداخلات بدون نظم و شانسی ، بـه علائم مفید ملحـق شده و تشکیل مخلوط ناخوش‌آیندی را می‌دهند که معمولا علامت مفیـد و مورد نظر در آن محو می‌شود ، و تنها بهمین دلیل بود که نبرد علم علیه تداخل ، با تولد رادیو آغاز گردید .

منظور از "نبرد علیه تداخل "چیست ؟ برای برقراری یک ارتباط ، باید علائم مفید را جدا کنیم و آنها را از تداخل شانسی محفوظ بداریم . چنین عملی بعهـده صافی الکتریکی است کـه علامت مفیـد را از مخلوط

---

۱) علائم موجـی

متداخل جدا می‌کند . این مخلوط به ورودی صافی داده‌می‌شود و خروجی ، علامت تصفیه شده می‌باشد ، و این اساس تصفیه کردن است .

تا قبل از ظهور رادار ، لزوم مجزا کردن علامت ، چندان احساس نمی‌شد . در ارتباطات معمولی و در شرایط تداخل ، می‌توان برای بالا بردن درجه اعتبار ارتباطمان به زوائد ، مثلا تکرار پیغام بدفعات زیاد ، کفایت کرد . رادار ــ مکان‌یاب بوسیله علائم رادیوئی منعکس شده از شیء ــ باعث ترفیع سریع مقام تصفیه گردید ، زیرا علامت منعکس شده همیشه میلیونها بار از علامتی که فرستنده ارسال داشته است ضعیفتر می‌باشد . این بدان سبب است که علامت اصلی ، در یک لحظه و در تمام جهات منعکس میگردد ، یعنی سیگنال ما ، هنگام بازگشت ، بسرعت و بشدت رقیق میشود . بهمین جهت است که آنتنهای رادار حتی‌الامکان بزرگ ساخته میشوند .

می‌توانید بوسیله تجربه ساده زیر ، مفهومی از پدیده رقیق شدن در حالت فوق را بدست آورید . در یک روز آفتابی یک گلوله فلزی بیلیارد ، یا یک گلوله بلبرینگ[1] و یک آئینه مسطح بهمان اندازه برداشته و آنها را پهلو به پهلوی هم قرار دهید . (اگر آینه‌ای به اندازه دلخواه نمی‌توانید پیدا کنید ، آینه بزرگتری برداشته و سطح آنرا با یک کاغذ سیاه بپوشانید ، و سپس در روی کاغذ یک سوراخ بقطرتوپ جدا کنید) . توپ بمنزله شیء مورد مشاهده توسط رادار ، خورشید بمنزله فرستنده رادار وچشمان شما نیز در حکم آنتن گیرنده رادار خواهد بود . ولی باید بفکر آینه نیز باشیم . آینه بعنوان یک منعکس کننده ایده‌آل که تمامی علامت را در یک جهت و

---

1) Ballbearing

بدون تفرق منعکس می‌کند ، بشمار میرود (در حقیقت ، آینه تا حدودی باعث تفرق نور می‌شود ، ولی میزان تفرق ، بسیار ناچیز بوده و درشرایط این تجربه قابل صرفنظر کردن است .

تصور کنیدکه توپ و آینه را همسطح چشم‌قرار داده و آینه راطوری نصب می‌کنیم که اشعه منعکس شده از آن افقی باشد و بنابر این براحتی بچشم ما برسد . حال بآهستگی قدم به عقب برمی‌داریم ودرحالیکه همواره نور منعکس شده از آینه را در نظر داریم از توپ و آینه فاصله می‌گیریم . پس از چند قدم ملاحظه خواهیم کرد که نور منعکس شده از آینه کماکان درخشنده است ، در حالیکه نور خورشید که بوسیله توپ منعکس میشود ، تقریبا غیر قابل رویت است . کافی است چند قدم دیگر برداریم تا نور به کلی محو شود ، و در این حال باز هم آینه بدرخشندگی قبلی خود باقی خواهد ماند .

علامت فرستاده شده توسط رادار نیز بهنگام انعکاس بوسیله هواپیما ، درست بهمین ترتیب رقیق میشود ، و هر چه میزان ضعیف شدن سیگنال منعکسه بیشتر باشد ، بسهولت بیشتری مورد تداخل امواج قرار می‌گیرد . این امواج هم در جو زمین و هم بواسطه دستگاه گیرنده ، بوفور موجودند . ولی این تنها اشکال کار نیست . هنگامیکه دشمن درمی‌یابد که در شعاع فرستنده رادار قرار دارد ، اقدامات مخالفی را بوسیله تولید تداخل در شیء انجام می‌دهد ، که کار مسئول رادار را مشکلتر می‌کند . در نتیجه ، علامت منعکسه ، آنچنان ضعیف دریافت میشود ، و تداخل در آن آنچنان قوی است که ، تنها تصفیه بسیار دقیق و حساسی ، می‌تواند رادار را قادر به انجام عمل مفید کند .

ولی چگونه می‌توانیم علامت را تصفیه کنیم ؟

روشهای متعددی بـرای تصفیه موجودند ، و مـا اکنون به بررسی برخی از آنها می‌پردازیم .

صافی یکنواخت کننده

در این صافی ، از روش میانه ، که قبلا برای محاسبه مقدار متوسط در زمان T ، از آن صحبت کردیم استفاده میشود . طرز کار بدین تـرتیب است که : فرض کنید یک علامت یکنواخت به ورودی صافی داده شود . در زمان t_1 ، صافی ، علامتی را که برابر میانگین مقدار ورودی درفاصله زمانی $(t_1 - T)$ و t_1 است ازخودخارج می‌کند . درشکل ۲۱ مشاهده می‌کنیم کـه عمل چنین صافی یکنواخت و مسطح کردن علامت ورودی است . این همان چیزی است که باید انتظارش را داشته باشیم زیرا هنگام محاسبه میانگین ،

شکل ۲۱

مقادیری که مربوط به واقع امـر هستند بحالت یکنواخت در می‌آینـد . و همین است که ما را قادر می‌سازد بر هر گونه تداخلی که بصورت ارتعاشات بدون نظم ظاهر میشوند غلبه کنیم . در مهندسی رادیو ، تداخل ارتعاشی به "پارازیت سفید" موسوم‌است ، که از مخلوطی ازنوسانات مختلف تشکیل شده است ، درست مانند نـور سفیدکه از بهم آمیختـن رنگهای مختلـف پدیدار میشود . هر چند معدل‌گیری بما امکـان غلبه بر پارازیت سفیـد را

می‌دهد ، خـود نیز باعث اختلال در علامت اصلـی می‌گردد . اثر ایـن اختلال ، بصورت خراب شدن علامت ، در جهت محورزمان انجام میگیرد . هر چه علامت کوتاهتر باشد ، اختلال حاصل بدتر است . زیـر عمل اصلی صافی حذف ارتعاشات است ــ و یک علامت کوتـاه ، خود معادل ارتعـاش تداخلی است . در نتیجـه ، در حین جدا کردن علامت مفیـد از مخلوط متداخل ، صافی یکنواخت‌کننده نیز باعث تولیداختلال درعلامت‌میشود . این حالت در صافی ارتباطی بچشـم نمی‌خورد . ولی ابتدا بایـد مقصود خود را از " ارتباط " بیان کنیم .

ارتباط

کلمه " ارتباط" نمایانگر وجود نوعی بستگـی است . هر گـاه دو پدیده ، بوسیله چیزی بیکدیگر مربوط شده و یا بطریقی بـهم متصـل شده باشند ، آنها را بـهم مرتبط می‌نامیم . بـا تعریف ارتباط ، دریک حـالت بخصوص می‌توانیم تا حدودی خود را از صدمه شانس محفوظ بداریم .

مفهوم ارتباط را بوسیله مثالی روشن می‌کنیم . همگی می‌دانیم ، هنگامیکه از ما دعوت میشود که به عکسهای یک آلبوم خانوادگی نگاه کنیم چیزی که برای میزبـان جالب است ، حدسهـای ما در مورد نسبت مـا با اشخاص داخل عکس است ، و انجام این عمل نیز بسیار ساده است زیـرا اشخاصی که با یکدیگر بستگی نزدیک دارند به یکدیگر شبیهند . صـورت آنها به یکدیگر مرتبط است . ما این بستگی بین دو صورت را ، بوسیلـه یک عدد K که مقادیری بین صفر و یک را اختیار می‌کندنشـان میدهیم . صفر ، نشاندهنده این موضوع است کـه صورتها مطلقا ، بی شباهتند . و

واحد نشان می‌دهد که آنها مانند دوقلوها مطلقا همانند هستند . مقادیر میانه "ضریب تشابه" ما ، مشخص کننده شباهتهائی از درجات کمتر است ، و چون شباهت ، بستگی دوجانبه‌ایست می‌توانیم K_i را ضریب ارتباط بنامیم .

مساله عبارتست از یافتن مقادیر این ضریب ارتباط . ما این عمل را با بکار بردن روش اضافی که قبلا شرحش رفت انجام می‌دهیم .

سه عکس انتخاب می‌کنیم ــ که هریک مربوط به یک پسر ، پدرش ، و پدر بزرگش باشد (و در صورت امکان هر سه ، در عکسها همسن باشند طوریکه ریش پدر بزرگ و موهای ژولیده نوه ، در موضوع مورد بحث اشکالی تولید نکند) ــ و از دوستان خود می‌خواهیم که میزان شباهت آنها را حدس بزنند ، یعنی بر طبق جدول زیر ، مقادیر خود را در مورد ضریب ارتباط برای هر جفت از سه عکسی که برداشته شده است ذکر کنند .

مساوی ..... $K_i = ۱$

خیلی شبیه ..... $K_i = ۰/۷۵$

شبیه ..... $K_i = ۰/۵$

نسبتا شبیه ..... $K_i = ۰/۲۵$

بی شباهت ..... $K_i = ۰$

شماره سری	پسر ــ پدر	پدر ــ پدر بزرگ	پسر ــ پدر بزرگ
۱	۰/۷۵	۰/۵	۰/۵
۲	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۲۵
۳	۰/۲۵	۰/۵	۰/۵
٤	۰/۵	۰/۷۵	۰/۵
۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۵
٦	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵
میانگین	۰/۵۸	۰/٦٤	۰/۳۷

و نتایج را مانند جدولی بصورت بالا خلاصه می‌کنیم .

از این نتایج می‌توانیم اظهار کنیم که شباهت بین پسر و پدر درست برابر شباهت بین پدر و پدر بزرگ است ، زیرا ۰/۵۸ و ۰/۶۴ اعدادی تقریبا مساوی یکدیگرند . این چیزی است که باید انتظار آنرا می‌داشتیم ، زیرا در هر صورت بحث ما مربوط به یک پدر و یک پسر است (نسبت پدر به پدر بزرگ مثل نسبت پسر است به پدر)

حال می‌خواهیم معین کنیم که آیا ضریب ارتباط از یک نسل به نسل دیگر تغییر می‌کند یا نه ، فرض می‌کنیم N عددی باشد که نشان دهنده نسل است . مقدار آن برای نسلهای بعدی مثبت و برای نسلهای قبل منفی است . بنابراین $N = ۰$ نسل من و $N = ۱$ نسل فرزند من و $N = ۲$ نسل نوه من ، و همچنین $N = -۱$ نسل پدر و مادر من ، $N = -۲$ نسل پدر بزرگ و مادر بزرگهای من است .

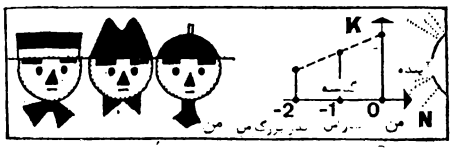
حال ضریب ارتباط بین نسلهای صفر و N را با $K(N)$ نشان میدهیم . بعبارت دیگر، $K(N)$ نشان دهنده میزان شباهت من با نسل Nام خودم است . آشکار است که ، $K(N)$ دارای خاصیت زیر می‌باشد .

$$K(N) = K(-N)$$

که بدان معنی است که شباهت من نسبت به نسل N ام خودم برابر شباهت نسل N ام من به خودم است .

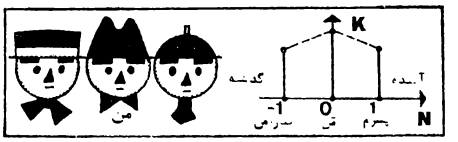
سنجش خود را با در نظر گرفتن پسر شروع می‌کنیم . پسر ، خودمن هستم . چون من نشاندهنده نسل صفرام ($N=۰$) است ، ضریب ارتباط در این حالت برابر واحد است (حداکثر مقدار ممکن) ، زیرا شباهت من از هر کس دیگری بخودم بیشتر است . پدرم با من ارتباطی معادل ۵۸ درصد دارد

(K =۰/۵۸) ، و پدربزرگم ارتباطش ۳۷ درصد است . (K =۰/۳۷) .
بنابراین منحنی نمایش ارتباط من با اجدادم بصورت نمایش داده شده‌در شکل ۲۲ است .



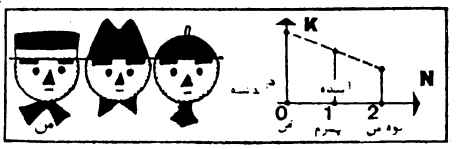
شکل ۲۲

حال ، به بررسی اوضاع ، با در نظر گرفتن پدر می‌پردازیم ، طوریکه پدر ، خود من هستم . ارتباط من با پسرم ۵۸ درصد و با پدرم ۶۴ درصد است ، و بنابراین بستگی من با نسلهای مجاور ، مطابق شکل ۲۳ است .



شکل ۲۳

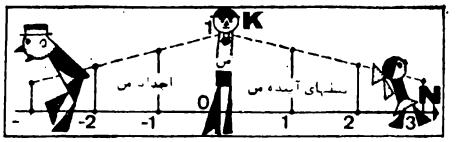
حال تصور کنید که من ، پدر بزرگ هستم . دراین صورت ، منحنی بصورت نمایش داده شده در شکل ۲۴ در می‌آید .



شکل ۲۴

اگر بطور دقیق ، سه شکل فوق را مورد بررسی قرار دهیم ، در ـ خواهیم یافت که این اشکال ، قسمتهائی از یک شکل کلی و بزرگ ، برای‌یک

نسل متوالی هستند . طرح این شکل در شکل ۲۵ نمـایش داده شده است . این طرح ، متقارن است ، و تقارن حاکی از این است که ، توارث خصوصیات خارجی ، در مورد گذشتگان و آیندگان یکسان است .



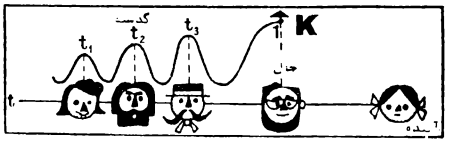
شکل ۲۵

برای مقادیر بزرگ N ، یعنی در آینده دور K برابر صفر خواهد شد . بعبارت دیگر ، نسلهای بسیار دور از مـن هیچگونه شباهتی بـا مـن نخواهنـد داشت ، و ایـن نتیجه بسیار منطقـی است که هیچکس بـه آن اعتراضی نخواهد کرد .

برای مقادیر بزرگ و منفی N نیزمنحنی بصورت فوق رفتارمی‌کند . و دوباره این واقعیت غیرقابل تکذیب که پدران بسیار دور من کوچکتریـن شباهتی بمن نداشتند ، را بدست می‌دهد .

بستگی کـه ما ، در مورد ضـریب ارتباط و زمان ، بـه آن توجـه داشتیم ، به تابع ارتباط موسوم است . چنین توابعی بسیار متداول و در مطالعه دنیای شانسی ما ، بسیار مورد استفاده هستند . زیرا ، نمایانگر این موضوعند که تا چه حد روندهای شانسی ، با زمان مرتبطند . بعنوان مثال ، تغییرات مد ، هیچگونه ربطی به شانس ندارد و موجـودیت آن به نـوعی ارتباط وابسته است . می‌توانیم طرحی از تغییرات مد مربوط به‌گـذشته و زمان حال رسم کنیم . آنچه که بدست خواهیم آورد بصورت نمـایش داده شده در شکل ۲۶ خواهد بود که شامل تعدادی قله است . این قله‌ها نشان

دهنده نقاط شباهت بین مد فعلی و مدهای مربوط به t_1 ، t_2 و t_3 سال قبل می‌باشند . طراحان با تجربه مد ، بخوبی از این بستگی آگاهی داشته و از مجلات متداول قدیمی بعنوان سرچشمه الهام خود ، مدد می‌گیرند ، و



شکل ۲۶

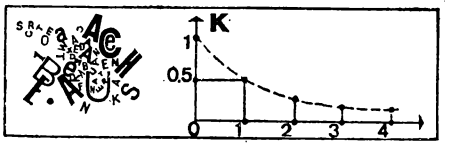
کارآنان بر این اصل استوار است که "جدید" بمعنای "قدیمی و فراموش شده" است . و این موضوع منجر به نوسانات مشابهی در مد میشود .

یک کلمه شامل چه مقدار اطلاعات است ؟

مثال جالبی از روش ارتباطی ، کاربرد آن در تجزیه و تحلیل وابستگی بین دو حرف یک کلمه و بین کلمات یک عبارت است . می‌خواهیم ارتباط بین حروف را در کلمات مجزا و بین کلمات ، در جملات مجزا بررسی کنیم .

تصور کنید که تجربه ساده‌ای را انجام می‌دهیم ، و تعدادی از کلمات را بصورت اتفاقی و بی‌ترتیب بدست میاوریم و ازشخصی می‌خواهیم که حروف پی‌درپی یک کلمه را حدس بزند . اگرارتباطی بین حروف وجود نمی‌داشت ، ضریب ارتباط (نسبت حدس‌های صحیح) نزدیک به صفر می‌بود . ولی تجربه ، نشان می‌دهد که نسبت حدس‌های صحیح بزرگ است ــ با تمام کوششهای ممکن ، مقدار متوسط آن بیش از ۵۰٪ میشود . این بدان معنی است که حروف یک کلمه دارای پیوستگی بخصوصی بین خود

می‌باشند . این موضوع در شکل ۲۷ نمایش داده شده است .



شکل ۲۷

وجود ارتباط ، باعث غنی‌تر شدن زبان ما شده و ما را قادر می‌سازد ، حتی در صورت وجود اشکالات عدیده ، براحتی کلمات را حدس بزنیم . چنین غنائی ، وسیله تدافعی صوتی‌ئی را برعلیه تداخل شانس تشکیل میدهد . بعنوان مثال ، اگر تلگرافی دریافت‌کنیم که به کلمات "دستتان دارم" ختم گردد ، براحتی‌می‌توانیم درک کنیم که مقصود فرستنده تلگرام نشان دادن علاقه وافر خود است ، نه دراختیار داشتن دست کسی .

اگر تجربه مشابهی را بمنظور تعیین ارتباط بین کلمات یک‌عبارت انجام دهیم ، نتیجه (احتمال یک حدس صحیح) چندان موثر نیست ، و معهذا برای نشان دادن مقداری ارتباط کافی است . احتمال حدس صحیح یک کلمه ، در یک متن متوسط روسی ، در حدود یک دهم است ، و این‌بدان معنی است که از هر ده کلمه ، یکی را می‌توان بدرستی حدس زد .

بله ، این عدد بطور وسیعی مطابق با نوع متن ما تغییر می‌کند . ادبیات قدیمی ، دارای مقدار زیادی زوائد جمله‌ای است ،که تشخیص چنین متنهائی را آسان‌تر می‌سازند و همچنین انسان را قادر به خواندن اصطلاحات ادبی ، در یک زبان بیگانه می‌کنند . بویژه وجود زواید بمقدار زیاد ، نشان دهنده اختلاف موجود بین طرز عمل خلبان یک خط هوائی با دستورات

متصدی برج کنترل فرودگاه است . در این حالت ، زوائد جمله‌ای ، باعث از میان رفتن و محو شدن خطرات زیادی میشوند . بنا براین احتمال وقوع اشتباهات ، با بکار بردن مقدار زیادی از جملات اضافی بر طرف میشود . کمترین مقدار این زوائد یعنی کمترین ارتباط بین کلمات ، از خلاقیت ادبی سرچشمه می‌گیرد . عدم مطابقت ، پر معنی بودن و غیرمترقبه بودن ، مایه کار یک آفریننده قطعات ادبی است .

مقایسه ، بین میزان زوائد در نوشته‌ها و در گفتگوها ، جالب توجه است . در گفتگوها زوائد بحداکثر یافت میشوند . درواقع ما ، در مکالمات روزمره ، کلمات را بطور تکراری و بدون در نظر گرفتن زیبائی جملات بکار می‌بریم ، و از کلمات زائد بسیاری که ، مقصود از گفتن آنها ، فرصت دادن به مخاطب برای فکر کردن در مورد پاسخی است که باید بدهد ، استفاده می‌کنیم . از سوی دیگر ، مکالمات روزمره دارای امکاناتی هستند که نوشته‌ها معمولا عاری از آنها می‌باشند . این مکالمات ، دارای مفهومهای کمکی بسیاری ، همچون تاکید ، زیر و بم صدا ، و ویژگیهای دیگر مربوط به خود اصوات می‌باشند . اطلاعاتی که در این ابزارها نهفته است بتنهائی می‌تواند در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد معلومات موجود در فرهنگها و لغت‌نامه‌ها را شامل باشد ، و همین موضوع ، باعث کم شدن میزان زوائد در گفتگوها می‌گردد . بنابراین جمله "چه کاری کرده‌اید ؟ " بسته به اینکه تاکید روی کدام کلمه باشد ، معنایش تغییر می‌کند .

حال بیائید ببینیم چگونه می‌توان از ارتباط ، در تصفیه علامت مفید از یک زمینه تداخلی استفاده کرد .

خصوصیت اصلی صافی ارتباطی این است که ، این صافی از اطلاعات رسیده در مورد علامت ، استفاده می‌کند (و حال آنکه صافی یکنواخت کننده چنین عملی را انجام نمیدهد) جزئیات علامت دریافت شده ، معمولا مقدار زیادی اطلاعات در بر دارد و ما را قادر می‌سازد که علامت مفید را با دقت نسبتا خوبی تصفیه کنیم .

همگی می‌دانیم که به جنگل رفتن و دریک زمان دنبال توت‌فرنگی و قارچ گشتن خالی از لطف است ، و معهذا عده زیادی از افراد ، معمولا این عمل را انجام می‌دهند ــ و در خاتمه عمل نه توت پیدا می‌کنند و نه قارچ . هر بار که ما بدنبال چیزی می‌گردیم ، این چیز ، شیٔ بخصوصی است که دارای خصوصیات ویژه‌ای می‌باشد . علم داشتن به خصوصیات ، به ما کمک می‌کند تا هر چه زودتر دریابیم ، که بدنبال چه چیزی هستیم . ولی اگر دریک زمان ، بدنبال چند چیز باشیم ، که هر یک دارای خصوصیات مختلفی باشند ، جستجوی ما بیهوده خواهد بود . بهتر است ابتدا بدنبال یک چیز باسیم و آنرا پیدا کنیم و سپس به چیز دیگری بپردازیم و عمل را بدین ترتیب دنبال کنیم .

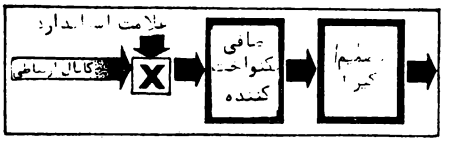
همسر من می‌گوید که در جستجوهایش درمورد مدهای جدید لباس در مجلات از این قاعده پیروی می‌کند . ابتدا مجله را ورق می‌زنیم و دنبال یک لباس شب مناسب می‌گردیم و سپس همین عمل را درمورد لباس شنا انجام میدهیم . ولی اگر قرار باشد همه چیزهائی را که بدنبالش هستید بیکباره جستجو کنید ، شانس شما در مورد یافتن آنها تقریبا صفر است ، حال هرچند بار هم که میخواهید مجله را ورق بزنید .

ولی به صافی ارتباطی باز گردیم . مفهوم ارتباط ، هم ساده وهم خوشایند است . این مفهوم مستلزم تعیین ضریب ارتباط در مورد علامت دریافت شده و علامت مورد نظر است . علامت اخیر را علامت استاندارد می‌نامیم . اطلاعات مربوط به چنین علامتی ،از قبل به صافی داده‌میشود . اگر ضریب ارتباط بزرگ باشد ، بدان معنی است که ارتباطی بین علامت دریافت شده و علامت استاندارد وجود دارد ــ بعبارت دیگر ،آنها بیکدیگر وابسته‌اند ، و ارتباط ما شامل علامت مفید می‌باشد ، و اگر ضریب ، کوچک باشد ، هیچ علامت مفیدی وجود نخواهد داشت .

ارتباط بین علامت مفید و علامت استاندارد چگونه تعیین میشود ؟

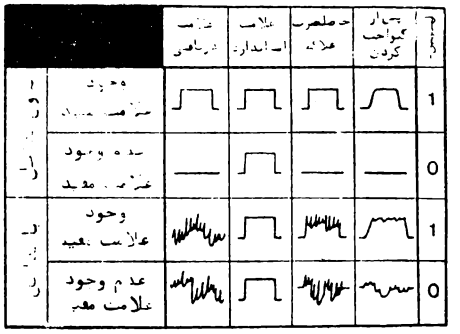
کل کاری که صافی ارتباط باید انجام دهد ، این است که دو علامت را بهم ادغام کند و از حاصل میانگین بگیرد . این عمل نیز بوسیله عبور دادن حاصلضرب ، از یک صافی یکنواخت کننده انجام می‌گیرد . صافی یکنواخت کننده ، ضریب ارتباط موردنظر را بدست می‌دهد . حال تنها باید در مورد بزرگی ضریب ، که بموجب آن ، وجود علامت مفید (استاندارد) در پالس دریافت شده تضمین می‌گردد ، و یا کوچکی آن ،که بمعنای عدم وجود علامت مفید است ، تصمیم بگیریم . قدم اخیر ، بوسیله یک ابزار تصمیم‌گیر برداشته میشود . با عمل چنین دستگاهی بعدا آشنا خواهیم شد .

شکل ۲۸ طرح کلی از یک صافی ارتباطی را بما نشان می‌دهد . در اینجا عامل ضرب ، علامت دریافتی را در علامت استاندارد ضرب می‌کندو عامل تصمیم‌گیر ، در صورتیکه ضریب ارتباط مربوطه ، بزرگ باشد علامتی را عبور می‌دهد .



شکل ۲۸

برای درک بهتر عملی که صافی ارتباطی انجام می‌دهد ، نظری به مثال‌های نمایش داده شده در شکل ۲۹ می‌افکنیم . از آنها در می‌یابیم که عمل ضرب علائم ، ما را قادر به غلبه بر اشکالاتی می‌کند که بر اثر تداخل تولید میشوند ، و همین مزیت مفهوم ارتباط است . مفهوم ارتباطی اطلاعات در زندگی روزمره بسیار عادی و متداول است و ما بمقدار زیادی از آن استفاده می‌کنیم . در حقیقت ، در دست داشتن علامتی که گمان دریافت آن میرود ، درست مانند انتظار دریافت داشتن خود این علامت است .



شکل ۲۹

که در هر حال ، بدون ملاحظه آن نمی‌توان از آن چشم پوشید . برای دریافت و درک یک خبر ، شناختن ترکیب داخلی آن دارای همیت بسیار زیادی است . بعنوان مثال ، وقتی که در یک جمعیت زیاد بدنبال یکی از دوستان خود میگردیم ، ممکن است به دهها آشنای دیگر بر بخوریم ،بدون

اینکه حتی توجهی به آنها بکنیم ، و تنها شخص مورد نظر را که هنوز فاصله زیادی از ما دارد جستجو می‌کنیم . این اصل اساسی در مورد مفهوم ارتباط است که در آن ، اجزاء متداخل از صافی عبور داده شده و اطلاعات مورد نظر ، از آنها جدا می‌گردد . در این حالت ، آشنائی قبلی و سابقه ، عاملی است که تداخل را تشدید می‌کند و عمل ما را درمورد یافتن شخص موردنظر ، دشوارتر میسازد . ولی صافی داخلی ما ، این مشکلات را از میان میبرد .

ب ــ همزیستی مسالمت‌آمیز با شانس

همچنانکه قبلا دیدیم ، هیچ روشی برای حذف کامل آثار شانس وجود ندارد ، و ما همیشه با مقدار معینی از بی‌نظمی مواجهیم ، که ناچاریم آنرا بحساب آوریم . حتی پس از تمام کوششهائی که صرف موقوف کردن اعمال شانسی کردیم ، دنیای ما همچنان شانسی باقی خواهد ماند ــ شاید کمتر ولی همچنان شانسی .

بنابراین پرسش این سئوال طبیعی است که درچنین دنیای شانسی اصلاح ناپذیری ، آیا می‌توانیم اطلاعات کاملا صحیح بدست آورده ویا اعمال کاملا دقیقی انجام دهیم ، و بطور خلاصه : آیا می‌توان در شرایط بخصوصی که تداخل نیز دراین شرایط موجوداست ، عملی را بدون متحمل شدن کوچکترین مقدار خطا بانجام رساند ؟ و یا اینکه ، آیا زندگی ما همیشه توام با تلخی‌هائی خواهد بود که ناشی ازخطاهای بزرگ وهمیشگی هستند ؟

تاریخ تکامل انسان ، تقریبا پاسخ این پرسش را بدست داده است . بویژه این موضوع درمورد تاریخ ابزارهای ارتباطی وبخصوص گفتن و نوشتن صحت دارد . آشکار است که در دنیائی که مواجه با انواع تداخلهای ناشی از بی نظمی است (تداخلهائی که نظم و ترتیب در پیدایش آنها دخیلند ،

تولید هیچگونه اشکالی نمی‌کنند ــ ما نمی‌توانیم همیشه ، خود را با چنین عاملی مطابقت داده و بنابراین اثرات آنرا محذوف کنیم) بشر ناچار بود ــ اساسا در روند تکامل ــ ابزارهای ارتباطی موثقی برای خود تدارک‌ببیند تا بتواند بکمک آنها با اجتماع ، مــراوده بدون خطائی برقرار کنــد . روش جامعی که برای این منظور وجود دارد بکار بــردن زوائــد در سخن گفتــن است ، که قبلا نیز از آن یاد کردیم .

منظور ما از زوائد در مورد تشکیل یک مجرای ارتبــاطی چیست ؟ در اینجا مقصود اصلی ما بر پایه بوجود آمدن سیستم ارتباطی استواراست که ما را قادر به رفع هرگونه خطائی بکند که در حین فرستادن یا دریــافت داشتن پیغام حاصل میشود . دو راه برای نائل شدن به این هــدف وجود دارد یکی از روشها مبنی بر فرستادن علامت کنترلی بخصوصی همراه‌پیغام است که در حین دریافت پیغام ، از صحیح بودن آن اطمینان حاصل‌کنیم . در صورت وجود خطا ، که بوسیله علامت کنترل مشخص میگــردد ،گیرنــده پیغام می‌تواند از فرستنده ، درخواست کند تا قسمتی از پیغام را که احتمال وجود خطا در آن می‌رود تکرار کند . سیستم ارتباطی که بر این اساس کــار کند ، موسوم است به سیستم مرجــع اولیــه

مثال چنین سیستمی ، همان تلگراف است . همیشه در یک تلگراف معمولی ، تعداد کلماتی که بکار رفته است قید می‌شود . این عدد ، خود به عنوان علامت کنترلی عمل می‌کند ، زیرا بوسیله آن (هرچندنه بطور دقیق) می‌توان دریافت که تلگراف صحیح است یا غلط . در واقع ، بوسیله شمارش تعداد کلمات در تلگراف و مقایسه عدد حاصل بــا عدد کنترل ، بســرعت می‌توانیم میزان صحت تلگراف را بیازمائیم . هرگاه تعداد واقعی‌کلمات ،از

عدد کنترل کمتر باشد ، در این صورت ، واضح است که بعضی از کلمات ،از تلگراف حذف شده‌اند .

بله ، ایـن روش کاملا عـاری از هر گـونه دقتی است ، زیـرا مثلا بدینوسیله نمی‌توان بیـن دو تلگرام کـه تعداد کلماتشان مساویست فـرق گذاشت . معهذا با وجود بی‌دقتی‌که وجود دارد ، می‌توان این روش را بـه عنوان روشی بـرای کنترل تلگـرام بکار برد . طریقـه دیگر برای رسیدن به پاسخ مساله برقراری ارتباط صحیح و موثق ، عبارتست از بکار بردن قانون بخصوصی که نه تنها خطاها را بمحض ظهورشان جلوه‌گر سازد ، بلکه درعین حال ما را قادر به برطرف کردن آنها ، بدون رجوع به مبـداء پیدایششان بکند . قوانینی که دارای چنین خصوصیتی باشند موسومند به قوانین برطرف کننده خطـا .

زبانهـائی که بوسیلـه آنها با همنوعـان خود تمـاس می‌گیریم ، نمونه‌ای هستند از این قوانین ، زیرا معمولا می‌توان اشکالات هجائی کلیـه کلمات یک پیغام را بدون رجوع به فرستنده پیغام (و احتمـالا شخصی کـه مرتکب خطا شده است) رفع کرد . به این ترتیب می‌توانیم پیغـامی را کـه شامل کلمه "صلاح" است تصحیـح کنیم و بجای آن کلمه "سلاح" را قـرار دهیم . ولی برای انجام چنیـن کاری ، باید عمل اصلاحی مـا ، مطابق بـا کلیه قواعد و قوانین دستوری زبان فارسی باشد .

حال به مطالعه هر یک از دو روش فوق بطور مجزا می‌پردازیم .

سیستم مرجع اولیه

مسـاله اساسی در اینجا ، جلـوه‌گر ساختن خطاست ، زیـرا عمـل

بازگشت بسوی مبـــداء ، خود ، هیچگـونه اشکال جدیدی بوجـــودنمی‌آورد . چگونه می‌توان پیغامی را منتقل کرد ، در حالیکه کلیه خطـاهای مرتبط بـا آن مشخص باشند ؟

ما به شرح قانونی که موسوم به سیستم باینری است می‌پردازیـــم . در این سیستم ، تنها ارقام مورد استفاده ، یک و صفر هستند . تصور کنید ، که صفر مربوط به حالتی است کـه در مجرای ارتباطی مـا ، علامتی وجـــود ندارد (مکث) و واحد (۱) متعلق به یک علامت ارتباطی است . (لازم بـــه یادآوری است که قانون مورس ــ الفبای مشهورمورس ــ نمونه‌ای است ازقوانین سه عاملی ، یعنی قوانینی که در آنها سه علامت بکار می‌رود . نقطه ، خط ، و مکث)

هریک از علائم در این سیستم بصورت قالبهائی در می‌آیند ،کـه شامل تعداد مساوی حرف رمز هستند . بعنوان مثال ، قانون الفبا بایـــد از قالبی که شامل ۵ حرف رمز است تشکیل شود . بدین صورت .

A = ۰۰۰۰۱

B = ۰۰۰۱۰

C = ۰۰۰۱۱

— — — —

X = ۱۱۰۰۰

Y = ۱۱۰۰۱

Z = ۱۱۰۱۰

چنین قانونی از هرگونه حشو و زواید عاری است . بعنوان مثـــال پیغامی بصورت BY CAB که فرم تبدیل یافتـــه آن بشکل زیـــر است ، در

صورت وجود کوچکترین اشتباهی در علائم ، معنی خودرا از دست میدهد .

ooo1o 11oo1 ooo11 ooooo1 ooo1o

بعبارت دیگر ، چنین قانونی ، خطا را بما نشان نمی‌دهد . چگونه می‌توان میزان زوائد را در این قانون طوری بالا برد که بتوان هرگونه خطائی را از میان برد ؟

اولین و ساده‌ترین فکری که بنظر می‌رسد ، دوبرابر کردن طول علامت است ، یعنی اینکه هر علامت را دوبار بفرستیم . در این صورت پیغام فوق بچنین صورتی در میامد .

oooooo1111 oooooooo11 oooooo1100

oooooo1100 1111oooo11

با بکار بردن چنین روشی ، می‌توان خطاهائی را که در هر جفت علامت بوجود میایند تشخیص داد . هر چند در این صورت تعداد حروف رمز در پیغام ما دو برابر خواهد شد ، و این موضوع ، تنها بمنظور اطمینان داشتن به صحت پیغام ، فوق العاده گران تمام میشود .

اثر بکار بردن سنجیده زوائد را در پیغامها ، می‌توان بوسیله دو کمیت زیر مشخص کرد .

۱) تعداد (یا درصد) خطاهای مشخص نشده ، و در نتیجه تصحیح نشده .

۲) درصد بالا رفتن طول پیغام .

آشکار است که یک قانون مناسب و خوب ، قانونی است که دو کمیت فوق در مورد آن کمترین مقدار باشند .

عمل دوبرابر کردن ، باعث افزایش صددرصد طول پیغام میشود

زیرا هر پیغامی دو برابر میشود .

حال بیائید تعداد خطاهای مشخص نشده‌ای را که در یک پیغام دوبل وجود دارد معین کنیم .

فرض کنید که تـداخل ، در پیغام مـا ، اختلال کلی را تولیـد می‌کند ، مثلا بطور متوسط برای هر ۱۰۰ علامتی ، یک خطا وجود دارد . در این صورت معمولا گفته میشود که احتمال وجود خطـا در پیغام ، یک درصد ($\frac{۱}{۱۰۰}$) است .

با دوبل کردن پیغام ، تنها در صورتی خطـا همچنان نادیـده باقی می‌ماند که تداخل ، باعث تغییر هر دو علامت ــ علامت اصلـی و علامت همانند آن ــ گردد . احتمال تغییر یکی از آنها $\frac{۱}{۱۰۰}$ است ولی هر خطائی را می‌توان بوسیله مراجعه بـه مبداء تولیدآن تصحیح کـرد . این عمل ، بمحض مشاهده عدم تطابق بین علامت و هماننـد آن صورت می‌گیرد . ولی در صورتیکـه هر دو علامت از یک جفت ، همـانند باشند (هردو غلط) ، رجوع انجام نمیگیرد و خطا همچنان نادیده باقی‌می‌ماند .

واضحست که احتمال چنین واقعه‌ای ، ــ دو خطـای پی‌درپی ــ خیلی کمتر است تا بوجود آمدن یک خطای منفرد . در این حال احتمال یکصد بار کمتر میشود . در نتیجه ، دوبل کردن ، بدان معنی است کـه در هر صد خطائی بطور متـوسط یک خطا غیرقـابل تشخیص ، و بـاقی قـابل اصلاح کردن هستند . در این مثـال ، دوبل کردن پیغام ، بـاعث تقلیل خطاهای غیرقابل تشخیص با ضریب ۱۰۰ می‌گردد . ایـن موضوع بسیـار سودمند است ، اما خیلی گران تمام میشود ــ دوبرابر شدن طول پیغام .

بنابراین ، اگرچه دوبل کردن دارای موارد استفاده است ، ولـی

روش مناسبی برای ازدیاد زوائد نیست . اکنون به بررسی روشی که بیشتر مقرون به صرفه اقتصادی است ، می‌پردازیم .

فرض کنید که به قالب هر قانونی ، یک علامت اضافه کنیم ، به این ترتیب : یک ۱ در صورتیکه مجموع ۵ علامت ، عددی فرد باشد ، و یک ۵ در صورتیکه این مجموع زوج باشد (صفر را نیز باید یک عدد زوج بحساب آورد) . در این صورت از قانون اصلی خود بدست می‌آوریم .

برای حرف A : ۱ = ۱+۰+۰+۰+۰ که عددی است فردو بنا ـ

براین داریم A = ۰۰۰۰۱۱

برای حرف C : ۲ = ۱+۱+۰+۰+۰ " " " زوج " "

براین داریم C = ۰۰۰۱۱۰

با ادامه این عمل ، قانون جدیدی بصورت زیر بدست می‌آید .

A = ۰۰۰۰۱۱

B = ۰۰۰۱۰۱

C = ۰۰۰۱۱۰

ـ ـ ـ ـ ـ ـ

X = ۱۱۰۰۰۰

Y = ۱۱۰۰۱۱

Z = ۱۱۰۱۰۱

اکنون ، این قانون شامل چیزی است که ما آنرا مجموع کنترل (آخرین حرف زمز در هر قالب) می‌نامیم . این مجموع ما را قادر می‌سازد تا میزان دقت انتقال هر پیغام را بوسیله آزمودن هرقالب در مورد زوج بودن آن و مقایسه نتیجه ، با مجموع کنترل ، مشخص کنیم .

تداخل ، در مجرای ارتباطی ، درفرستنده و یا در گیرنده می‌تواند باعث اختلال علامت گردد ، یعنی صفر را به یک و یک را بـه صفر تبـدیل کند . آشکار است که آزمایش زوج بـودن مجموع ، تنها در مـورد خطاهـای منفرد صحت دارد زیرا یک خطای منفرد در یک قالب ، زوج را تبدیل بـه فرد ، و فرد را تبدیل به زوج می‌کند . ولـی در صورتیکه دو خطـا ، در یک قالب بوجود آیند ، هیچگونه تغییری در زوجیت و یا فردیت قالب بوجـود نمی‌آید و خطا همچنان نادیده باقی می‌ماند . به همین ترتیب ، وجـود ۳ خطا باعث رجوع به مبدا آنها می‌شود ، و خطاها تصحیح می‌گردند ، چهار خطا غیر قابل تشخیص هستند و قس علیهذا .

بنابراین آزمایش پیغام ، در مورد زوجیت یا فـردیت آن ، تمـام خطاها را برطرف نمی‌کند . هنوز هم درصدی از خطا در پیغام نـاشناخته باقی می‌ماند . طبیعتا ما مایلیم ازبزرگی این درصدآگاهی یابیم ، یعنی اینکه ، درصد خطاهای مشخص نشده را در این روش معین کنیم . در این ـ صورت ، درصد خطاهای مشخص نشده را که شاخص روش مجموع کنترل است معین می‌کنیم . درست مانند حالت قبل ، فرض می‌کنیم که کانال ارتباطـی ما ، دارای احتمال وجود خطائی معادل $\frac{۱}{۱۰۰}$ است ، به عبارت دیگر بطور متوسط ، برای هر ۱۰۰ پیغام صحیح ، یک پیغام غلط ، فرستاده میشود .

قالب منفردی را در نظر می‌گیریم . این قالب ، اکنون دیگر بجای ۵ حرف رمز شـامل ۶ حرف رمز است کـه آخرینشان نشان دهنـده مجموع کنترل است ، که همچنین باید بطور صحیح ارسال گردد . فرض کنید یکی از حروف رمز بطور غیرصحیح منتقل شده باشد ، در صورتیکـه بقیه حـروف ، منجمله مجموع کنترل صحیح باشند ، اختلافی در محاسبه و مجموع مشاهده

میشود . همین موضوع باعث میشود که فورا به منبع فرستنده پیغام رجوع کرده و خطا را حذف کنیم .

اما در صورتیکه یکی دیگر از ۵ حرف رمز نیز بطور اشتباه منتقل شود ، هیچگونه اختلافی در دو عدد مشاهده نمی‌شود و خطا از چشمان ما پوشیده باقی می‌ماند ولی هرچند وقت یکبار چنین اتفاقی رخ می‌دهد ؟

در صورتیکه احتمال خطا برای هر حرفی $\frac{۱}{۱۰۰}$ باشد ، برای ۵ حرف این احتمال ۵ برابر خواهد بود . تعداد موقعیتهائی که درآنها خطا بوقوع بپیوندد ، افزایش می‌یابد . بنابراین افزایشی نیز در احتمال کلی وقوع خطا رخ می‌دهد ، که در این حالت مقدار آن $\frac{۱}{۲۰}$ است . این بدان معنی است که در هر قالب دو خطائی ، (بطور متوسط) پس از هر ۲۰ قالب ، یک خطا ظاهر میگردد . بعبارت دیگر چنین روشی ، تعداد خطاها را با ضریب ۲۰ تنزل می‌دهد .

در نتیجه ، آزمون زوجیت ، قانون ما را ۲۰ مرتبه موثق‌تر می‌کند . بطریق مشابه ، اثرات تداخل بدون نظم ، ۲۰ مرتبه کم میشود . درعین‌حال واضح است که ما هیچگونه کوششی برای پائین آوردن سطح تداخل در خود کانال ارتباطی انجام نداده‌ایم . ما تنها بوسیله یک قانون برتر ، که عبارت از مقایسه و یکی کردن قالبها با قانون اولیه است به این مقصود نائل شده‌ایم . در این روش ، طول پیغام ما ، تنها ۲۰ درصد افزایش می‌یابد (یک حرف به هر قالب ۵ حرفی)

این روشها که باعث افزایش اطمینان ما نسبت به صحت پیغام می‌گردند همگی به افزایش طول پیغام منجر میشوند .

مزیت کاربرد چنین روشی در تلگراف آشکار میشود . ولی این روش

را می‌توان همچنین در حالاتی که هیچگونه ربطی به تلگراف ندارند نیز بکار برد . یکی از کاربردهای روش فوق در کامپیوترهای جدید و سریع‌العمل است .

کامپیوترها حوزه وسیعی را برای کاربرد این روش فراهم‌آورده‌اند . لزوم کاربرد این روش بوسیله دو عامل زیر مشخص میشود .

۱) متکی بودن انسان به کامپیوتر .

۲) عدم وجود اطمینان به خود کامپیوتر .

بمنظور شناخت تغییرات و اختلالاتی که بشر جایزالحظا ، بعنوان متصدی کامپیوتر ، در عمل آن تولید می‌کند ، لازم است از چگونگی تغذیه اطلاعات به کامپیوترهای جدید ، آگاهی حاصل کنیم .

برای حل یک مساله معین ، کامپیوتر باید اطلاعاتی در مورد نحوه حل مساله و اینکه چه چیز را باید محاسبه کند ، دریافت دارد . اولین قدم در این راه ، عبارتست از نوشتن برنامه‌ای برای عملیات ، که کامپیوتر از آن برای حل مساله پیروی میکند ، و سپس درج این برنامه بصورت قانونی از اعداد بشکلی که در فوق مشاهده کردیم ، بداخل کامپیوتر .

بعنوان مثال ، هرگاه بخواهیم معادله زیر را بوسیله یک کامپیوتر حل کنیم .

$$ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e = 0$$

باید برنامه‌ای تنظیم کنیم که چگونگی حل مساله را به کامپیوتر ابلاغ کند ، و سپس این برنامه را بداخل ماشین ، درج کنیم . دومین نوع برنامه‌ای که به ماشین داده میشود ، ماشین را از چیزی که باید محاسبه‌شود آگاه می‌کند ، و این برنامه شامل کلیه اطلاعات لازم برای محاسبه است . برای حل معادله فوق این اطلاعات عبارتند از مقادیر ، a ، b ، c ، d و

e) کلیه این اطلاعات را می‌توان بطرق مختلف به کامپیوتر ابلاغ کرد . یا خود متصدی کامپیوتر این عمل را انجا میدهد ، و یا می‌توان آنرا بوسیله نوار یا کارتهای سوراخ شده انجام داد .

متصدی کامپیوتر بی‌کفایت‌ترین اشخاص برای انجام این عمل است ، زیرا سرعت عمل او بسیار کم است .

نوار سوراخ شده ، از نوار کاغذی و یا سلولوئیدی تشکیل شده‌است که در آن سوراخهائی تعبیه گردیده‌اند ، و این سوراخها اطلاعات را به کامپیوتر منتقل می‌کنند . هر یک از سوراخها نشان دهنده علامت ۱ در سیستم باینری است ، و عدم وجود سوراخ ، نشان دهنده صفر است .

نوار در ورودی کامپیوتر قرار گرفته و با سرعت زیادی از میان ردیف لامپها و سلولهای فتوالکتریک عبور می‌کند . با عبور هر سوراخ از بین یک لامپ و یک سلول فتوالکتریک ، نور از آن عبور می‌کند و به سلول برخورد می‌نماید ، و همین برخورد باعث تولید ضربان الکتریکی درحافظه کامپیوتر می‌گردد . این ضربان در واقع متعلق به ۱ است که به ورودی کامپیوتر داده شده است . بهمین ترتیب ، عدم وجود پالس ، مربوط به صفر است .

این روش درج اطلاعات به کامپیوتر ، دارای کارآئی بسیار زیادی است ، زیرا می‌توان نوار را با سرعت بسیار زیادی از داخل محفظه ورودی عبور داد .

وبالاخره روش بکاربردن کارتهای سوراخ شده . این کارتها ازکارتهای مقوائی معمولی تشکیل شده‌اند و اندازه آنها در حدود سه برابر اندازه ورقهای بازی است . این کارتها نیز دارای سوراخهای حاوی اطلاعات هستند .

یک دسته از این کارتهای سوراخ شده ، شامل اطلاعات مربوط به یک محاسبه میباشند . درحال حاضر روش کارتی ، سودمندترین روش واردکردن اطلاعات به کامپیوتر است . علت این است که واحد ورودی کامپیوتر ، اطلاعات هر کارت را با یک نظر خوانده و به این ترتیب میزان قدرت دریافت اطلاعات افزایش میابد . بعلاوه ، برنامه‌ای که بر روی کارتهای پانچ شده منتقل شود بسهولت قابل تغییر است زیرا در حالی که در نوار پانچ شده ، رفع خطا مستلزم بریدن نوار و پیوند کردن دو سر جدید نوار است ــ این عمل ، باید با دقت بسیار زیادی انجام گیرد ، و این بخاطر سرعت زیاد حرکت نوار است .

کارت پانچ شده از هر جهت دارای مزیت است . اما ــ افسوس که یک " اما " باقی می‌ماند . . .

داستانی غم‌انگیز با پایانی خوش

حقیقت این است که ، کارتها ، بوسیله انسانی پانچ می‌شوند که‌در شرایط مختلف دارای حالات مختلفی است . این عمل معمولا بوسیله دختران زیبارویی انجام می‌گیرد که دوران تحصیلات متوسطه را بپایان رسانده‌اند و تحت‌تاثیر کلیه چیزهائی که توجه یک دختر جوان را بخود جلب می‌کند ، قرار می‌گیرند . آنها پشت ماشین‌های پانچ (ابزارهای سوراخ کننده کارت ، که خود از محل سوراخ گذاری آگاهی ندارند) قرار گرفته و به برنامه‌ای که بوسیله برنامه نویس طرح شده است نظر می‌افکنند و سپس ، به دکمه‌های ماشین ، که در مقابلشان قرار دارد فشار میدهند ، و به این ترتیب سوراخها را در کارت‌ها تولید می‌کنند .

چون این عمل نسبتا یکنواخت است ، معمولا دختران ، در حین

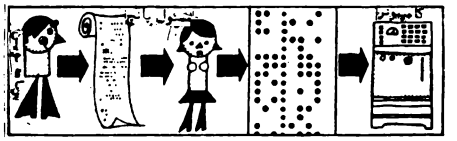
کار با یکدیگر شروع به حرف زدن می‌کنند و از هر دری که در زیرآفتاب تابان قرار داشته باشد سخن میرانند ! و هر لحظه کارتهائی را که دارای اطلاعات بسیار مهمی هستند . . . . . با خطاهای مختلفی رد می‌کنند .

اگر قرار بود چنین کارتهائی را برداریم و مستقیما به‌کامپیوتر تغذیه کنیم (عملی که در واقع انجام میگیرد) ، متصدی کامپیوتر و برنامه‌نویس دچار ناراحتی عصبی شدیدی شده و روزگارشان سیاه می‌شود (همچنانکه همیشه اتفاق می‌افتد) . همه چیز عادی و درست بنظر می‌رسد . برنامه بارها کنترل شده است ، کامپیوتر در بهترین موقعیت خود قراردارد و کلیه آزمونها را بدون کوچکترین خطائی پشت سر گذارده است . ــ ولی هنوز هم محاسبه‌ای انجام نمی‌دهد .

دراین مورد چه کسی بجز دختر زیباروئی که درپشت ماشین پانچ نشسته و افکار دیگری را در مخیله خود می‌پروراند باید سرزنش کرد ؟ او پس از صحبت ، در پانچ کردن بعدی شتاب می‌نماید ، و از آخرین فیلمی‌که دیده است صحبت می‌کند و باز هم اشتباهات جدیدتری را مرتکب میشود .

اگر آزمایشات را بطور دقیقتری انجام دهیم ، بسادگی خواهیم دید که دختر مسئول پانچ کردن کارتها ، خود ، مجرای ارتباطی‌ئی را بین برنامه‌نویس و کامپیوتر تشکیل میدهد (شکل ۳۰) . این کانال بوسیله تعدادی از تداخلات شانسی مورد احاطه قرار دارد و از بین بردن این عوامل نیز با اشکال توام است . اگر بسر دختر فریاد بزنید ، او خواهد گریید . اگر از دادن پاداش به او خودداری کنید ، ازکارخود دست می‌کشد . بنابراین ما ناچاریم به این منبع خطاهای غیرارادی در پانچ کارتها تن‌در دهیم و هر بار قبل از درج کردن کارتها در کامپیوتر آنها را وارسی کنیم .

و این خود مساله بغرنجی است .

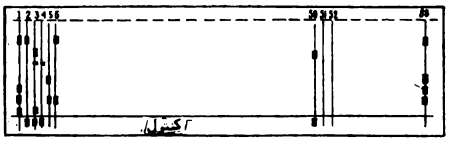


شکل ۳۰

ولی اگر تنها مساله موجود ، وجود یک مجرای ارتباطی مـزاحم و غیرقابل تصفیه ، در اعمال ما باشد ، چرا ازیک قانون برای آزمایش زوجیت پیغام که در بالا ذکر آن گذشت استفاده نکنیم ؟ رویهمرفته ، این عمل کلیه خطاهائی را که ممکن است درمجرا بوقوع پیوندد مورد دقت قرار خواهد داد .

بنابراین نتیجه گرفته شدکه باید چنین قانونی را درمورد آزمایش پیغام بر روی خود کارت قرار داد . برای اطلاع یافتن از چگـونگی عمـل ، بیائید نظری به یک کارت پانچ شده بیفکنیم .

یک کارت پانچ شده ، معمولا از ۸۸ ستون عمودی تشکیـل میشود ، هر ستون دارای تعدادی سوراخ حاوی اطلاعات میباشد ، و قانونی که دراین مورد بکار میرود مهم نیست (شکل ۳۱)



شکل ۳۱

ردیف پائینی ستونهای کـارت ، بمنظور کنترل کارت تعبیـه شده است . در صورتیکه مجموع سوراخهای یک ستون فرد باشد این ردیف سوراخ میشود و اگر مجموع زوج باشد تغییـری در ردیف داده نمیشود . چگـونگی

وضعیت این ردیف قبلا بوسیله برنامه‌نویس پیش بینی شده و در برنامه درج می‌گردد.

متصدی پانچ، دستگاه بخصوصی را برای آزمایش زوجیب ستونها بکار می‌برد و نتیجه را با مقدار پیش بینی شده مقایسه می‌کند. اگر نتیجه، نشان دهنده خطائی باشد، و بعبارت دیگر اگر مجموع سوراخها درهر ستون زوج بوده و سوراخی نیز در ردیف کنترل قرارداشته باشد، وبالعکس (مجموع فرد بوده و سوراخی موجود نباشد) زنگی بصدا درمی‌آید ومشخص می‌کندکه یکنفر، یا برنامه‌نویس و یا متصدی پانچ مرتکب اشتباه شده است.

دریافتن این موضوع نیز که چه کسی باید جوابگوی این خطاباشد بسیار ساده است و بوسیله یک شمارش مختصر انجام میشود. در چنین وضعی، یا باید دخترک بطوریکه کسی متوجه نشود، کارت را دوباره پانچ کند و یا برنامه‌نویس را مورد مواخذه قرار دهد که تفاوتی بین عدد زوج و فرد قائل نیست!

و همه شاد می‌شوند. برنامه‌نویس خوشحال است ــ دیگر لزومی برای دقت در برنامه و یافتن اشتباهات دیگران وجود ندارد. دخترک نیز خوشحال است ــ دیگران دست از نفرین کردن او برمیدارندو وی حتی فرصت صحبت با خود برنامه‌نویس را خواهد یافت. متصدی کامپیوتر هم خوشحال است ــ دیگر دیرزمانی او با ماشینی که همواره وحشیانه رفتار کرده و پاسخی نمی‌دهد دمخور نخواهد بود. مهندس نگهداری و حفاظت هم خوشحال است ــ به کامپیوتر او کمتر فحش داده میشود، و حال آنکه قبلا با کوچکترین تولید اشکالی، همه افراد مسئول بدور هم میامدند وبه ماشین گرانبها و زیبای او زشت‌ترین تهمتها را نثار می‌کردند.

آیا می‌توانیم با کامپیوتری که مرتکب خطا می‌شود ، محاسبات صحیح را انجام دهیم ؟

یکبار عقیده بسیار جالبی را در مورد این سئوال شنیدم .همکاران من در مورد کامپیوترهای سریع العمل و خطاهای اجتناب‌ناپذیر آنها بحث می‌کردند ــ خطاهائی که باعث تغییر کردن طبیعت هر آن چه که به این ماشینها داده میشود می‌گردند . بعنوان مثال کامپیوتری را درنظر می‌گیریم که هر ساعت ، یک بار اشتباه می‌کند .

هرچند مسائلی که ما با آنها در زندگی روزمره مواجه هستیم ، اگر صدها ساعت محتاج کامپیوتر نباشند مسلما دهها ساعت وقت آنرا خواهند گرفت . در نتیجه ، حل هر مساله‌ای متضمن بوجود آمدن خطا در آخرین نتیجه‌است .از این موضوع مثل همیشه نتیجه می‌گیریم که یا باید از حل مسائل فوق العاده دشوار و پر عملیات در گذریم و یا اینکه ماشینهائی بسازیم که در حین صدها و یا هزارها ساعت کار پی‌درپی ، تنها یکبار خطا بکنند (چنین دستگاههائی بسیار گران تمام میشوند ــ بخاطر بالا رفتن میزان اعتماد به ماشین باید مقادیر زیادی پول خرج کرد .) .

بدون شک چنین ماشینهائی مورد نیاز هستند ، ولی آیا این فکر ما درست است که "نمی‌توان مسائل بغرنج را بوسیله کامپیوترها و بدون متحمل شدن چند صد خطا ، در حین عمل ، حل کرد ؟ " اکنون بیائید ببینیم که آیا واقعا می‌توان مساله طولانی و دشواری را بوسیله یک ماشین غیر حساس حل کرد یا نه .

راه متداول در چنین حالاتی تکرار عملیات و محاسبات است . در

بادی امر بنظر می‌رسد کـه تمام کاری که بایـد انجام دهیم این است کـه ماشین را چندین بار وادار به محاسبه کنیم تا بالاخره دونتیجه همانـنـد ، که آنها را نتایج صحیح مساله خواهیم خواند بدست آوریم .

اما فرض کنید احتمال بدست آوردن پاسخ صحیح بسیار کم باشد ـ و این چیزی است که در اغلب مسائل بغرنج با آن مواجهیم . در ایـن صورت کامپیوتر مدت مدیـدی را صرف تکرار محاسبـات می‌کند تا بـه دو نتیجـه همانند بـرسد .

فرض می‌کنیم که کامپیوتر بطور متوسط درهرساعت یک خطا انجام دهد ، و اینکه ، حل مساله‌ای که مورد نظر است ۵ ساعت بطول می‌انجامد . (یعنی ۵ ساعتی که در حین آن عمل کـامپیوتر بدون خطا فـرض شود) .

احتمال اینکه کامپیوتر ۵ ساعت بدون خطا و بطور پی درپی کـار کند $\frac{۱}{۳۲}$ است . (رسیـدن به این نتیجه از اینطـریق صورت می‌گیـرد : احتمال عمل بدون خطای کامپیوتر در ساعت اول $\frac{۱}{۲}$ است . این احتمال در اولین دو ساعت عمل ، نصف میشود ، بعبارت دیگر این احتمال برابـر $\frac{۱}{۴}$ میگردد ، و به همین ترتیب عمل ادامه می‌یابد) .این بدان معنی‌است که برای بدست آوردن یک پـاسخ صحیح ، برای مسـاله ۵ ساعتی خـود ، کامپیوتر باید آنرا بطور متوسط ۳۲ بار حل کند . مدت انجام چنین عملی تقریبا برابر ۱۶۰= ۵×۳۲ ساعت خواهد بود . با هفت ساعت کـار در روز مدت حل یک مساله ۵ ساعته یکماه بطول‌خواهدانجامید . این نکته شایسته تامل بیشتری است . شاید عقیده عده‌ای ازشکاکان که دراین مورد می‌گفتند " چنین مسائلی را نمی‌تـوان بوسیله ماشینهـای غیرحساس حل کـرد . " صحیح بـاشد .

اگر موضوع را مورد بررسی دقیقتری قرار دهیم خواهیم دید که عدد ۱۶۰ ، در مورد گذشت ساعت بسیار غیراقتصادی و بیمورد بوده و در واقع تلف کردن زمان است . آیا لازم است که تمام محاسبات را تکرارکنیم؟ شاید بهتر باشد تنها قسمتهای کوچکی راکه احتمال وجود خطا در محاسبات آنها بیشتر است تکرار کنیم . و این کلید حل تمام مسائل است . بنابراین ابتدا محاسبات را به مراحل پی‌درپی قسمت می‌کنیم . عمل را با مرحله‌اول شروع می‌کنیم و آنقدر آنرا تکرار می‌کنیم تا دو نتیجه یکسان در مورد آنها بدست آوریم . در این صورت می‌توانیم مطمئن باشیم که مرحله اول با دقت و صحت حل شده است زیرا احتمال خطاهای مساوی عملا صفر است و می‌توان آنها را نادیده انگاشت . سپس در مورد مرحله دوم اقدام کرده و مرتبا آنرا تکرار می‌کنیم تا باز هم دو نتیجه یکسان بدست آوریم ، سپس مرحله سوم را آغاز می‌نمائیم و . . . قس علیهذا .

حال میزان تاثیراین عمل را در صرفه‌جوئی وقت بررسی می‌کنیم . مساله ۵ ساعتی را در نظر گرفته و کامپیوتری را که در هر ساعت یک خطا انجام میدهد بکار می‌گیریم . فرض کنیدکه مساله ۵ ساعتی را به ۵ مرحله که هر یک متضمن صرف یکساعت وقت (بدون خطا) باشند تقسیم کنیم . احتمال خطا در هر یک از مراحل $\frac{۱}{۲}$ است . بنابراین می‌توان گفت‌که برای بدست آوردن یک پاسخ صحیح ، هر مرحله ای باید دوبار بوسیله کامپیوتر اجرا شود . و باز هم بنابراین برای بدست آوردن دو پاسخ صحیح باید محاسبه را ۴ بار تکرار کنیم ، بطوریکه زمانی که صرف انجام یک محاسبه تضمین شده از نظر صحت پاسخ است ۲۰= ۴×۵ ساعت خواهد بود ، و این مقدار ، $\frac{۱}{۸}$ زمانی است که در روش قبلی بدان اشاره کردیم .

ولی هنوز این بهترین روش ممکن نیست .

ماشینهای بی‌دقت را می‌توان برای حل مسائل بغرنجتری نیزبکار برد ، و تنها باید مساله را به تعداد مناسبی از مراحل تقسیم نمود . به‌این ترتیب ، طرق بخصوصی برای حل مسائل دشوار وجود دارند که بوسیلهٔآنها میتوان جوابهای دقیقی را از کامپیوترهای بیدقت بدست آورد . واین‌مثال دیگری است که نشان دهنده غلبه بر عوامل شانسی نه بوسیله جلوگیری از آنها (کامپیوتر بهمان اندازه که قبلا مرتکب خطا می‌شد ، اکنون نیز میشود) ، بلکه بوسیله عمل با کامپیوتر از طرق بخصوصی است .

مساله حصول کارهای دقیق از یک ماشین بیدقت را می‌توان به مساله ارتباط بوسیله یک مجرای پر پارازیت تشبیه نمود . برای مساله اخیر ، ما احتیاج به مقدار زیادی زوائد در خط ارسال داریم .

ولی بطور قطع تکرار پیغام ، دوباره و دوباره ، تا مرحله‌ای که نتیجه‌های همسان بگیریم . بهیچوجه مقرون به صرفه نیست . بهتر است که پیغام را به تعدادی قالب (مرحله) تقسیم ، و هر یک را بدفعات لازم تکرار کنیم تا اینکه دو نتیجه یکسان از هر یک دریافت نمائیم . آشکار است که ، در مورد هر مساله‌ای ، تعداد بخصوصی از این قالبها وجود دارد که نتیجه متوسط و خوبی بدست میدهد و پاسخ صحیح را در حداقل زمان ممکن تضمین می‌کند . ولی باید بخاطر سپرد که چنین روشی را تنها باید در کانالهائی که بوسیله تداخل بیش از حد پارازیت مغشوش شده است ، بکار برد .

حال نظری به قانونهای رفع خطا بیندازیم . مسلما چنین قانونهائی بر انواعی که مستلزم وجود سیستم مرجع اولیه باشند مرجحند . در واقع ، برای انواع اخیر ، به نوعی ارتباط معکوس ـ نوعی بازخور ـ نیازمندیم ،

تا درخواست خود را از مرجع اولیه بپرسیم . رسیدن به ایـن مقصود نیـز متضمن صرف هـزینه گزافی است ، زیـرا این عمل مستلزم دوبـل کـردن دستگاههای ارتباطی می‌باشد . قوانین تصحیح کننده ، مثالهای جالبـی از اصلاح خود بخود زوائد هستند زیرا این قوانین ، شامل اطلاعاتی در مورد اصلاح قسمت‌های نـادرست و اشتباه که بـر اثر تداخل بوجـود آمده‌اند ، می‌بـاشند .

مثل گذشته ، بحث ما روی قانونی است که شامل قالبهای مجزائی در حروف رمز بخصوص میباشد . این موضوع را نیز در نظر می‌گیریم که تنها باید به بازگشت‌پذیری هر یک از قالبها بطور مجزا توجه کرد .

فرض کنید که هر یک از قالبها شامل k عدد حرف رمز باشد کـه دنباله‌ای را بشکل زیر تشکیل میدهند .

$$a_1,\ a_2,\ \ldots,\ a_k$$

و هر حرفی مانند a_i مثل همیشه یکی از دومقدار ۰ یا ۱ را بخود اختصاص میدهد .

$$a_i = \begin{cases} ۰ \\ ۱ \end{cases}$$

و این موضوع برای تمام مقادیر i صادق است .

(i =۱ و ۲ و ۳ و ... و k)

در مورد مجرای مرجع اولیه ، لازم است ، حرف جدیدی را مانند b به این قانون بیافزائیم ، به این منظور که زوجیت ، یا فردیت قالب را مشخص کنیم . بر حسب حروف قالب ، b دارای مقادیر زیر میباشند .

$$b = \begin{cases} ۱ \text{ هرگاه } a_1 + a_2 + \ldots + a_k & \text{عددی فرد است} \\ ۰ \text{ " } a_1 + a_2 + \ldots + a_k & \text{عددی زوج است} \end{cases}$$

و قالب جدید را می‌توان بدینصورت نوشت .

$$a_1,\ a_2,\ \ldots,\ a_k,\ b$$

علامت تعیین زوجیت b ، بسادگی در منتهـا الیـه سمت راست قالب قرار گرفته است .

همچنانکه دیدیم ، این حرف ما را قادر می‌سازد مادامیکه تعـداد خطاها فرد است ، وجود خطا را تشخیص دهیم . ولی بـرای تعیین محـل خطا در قالب ، لازم بود به مرجع خود بازگردیم . و این موضوع ، بمعنـای قطع ارسال پیغام و صرف زمان برای تصحیح خطا بود ــ وبرای انجام تمام این اعمال ، به ابزارهای جدیدی بمنظور برقراری ارتباط معکوس احتیـاج داشتیم . حال ، برای ساختن قانونی که بما اجازه تصحیح خطاها را بدون بازگشت به مرجع ، از طریق ارتباط معکـوس بدهد ، عمل را از یک قـالب بنیادی و مقدماتی آغاز می‌کنیم . مثلا از $k = ۱۲$ ،

$$a_1,\ a_2,\ \ldots,\ a_{11},\ a_{12}$$

قدم بعدی منظم کردن این قالب بصورت جدولی است که معمولا آنرا جدول مستطیلی می‌نامند .

a_1	a_2	a_3	a_4
a_5	a_6	a_7	a_8
a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}

و حال به تعیین زوج بودن و یا فرد بودن هر یک از ردیف‌هـا و ستون‌های این جدول می‌پردازیم و نتایج بدست آمده را در مورد هر سطر و ستون ، در مقابل ، یا در زیر آن مرقوم می‌کنیم ، به این ترتیب .

a_1	a_2	a_3	a_4	b_1
a_5	a_6	a_7	a_8	b_2
a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	b_3
b_4	b_5	b_6	b_7	

در اینجا ، b_1 و b_2 و b_3 مشخص کننـــده زوج و یـــا فـــرد بـــودن ردیفها ، و b_4 و b_5 و b_6 و b_7 مشخص کننـــده زوج یـــا فـــرد بودن ستونهـــا هستند . و بطور حرفی داریم .

$$b_1 = \begin{cases} ۱ & \text{هرگاه} \quad a_1+a_2+a_3+a_4 \quad \text{عددی فـــرد است} \\ ۰ & \text{" } \quad a_1+a_2+a_3+a_4 \quad \text{" زوج} \end{cases}$$

$$b_2 = \begin{cases} ۱ & \text{"} \quad a_5+a_6+a_7+a_8 \quad \text{" فـــرد "} \\ ۰ & \text{"} \quad a_5+a_6+a_7+a_8 \quad \text{" زوج "} \end{cases}$$

. . . . . .

$$b_7 = \begin{cases} ۱ & \text{"} \quad a_4+a_8+a_{12} \quad \text{" فـــرد "} \\ ۰ & \text{"} \quad a_4+a_8+a_{12} \quad \text{" زوج "} \end{cases}$$

حال ، با نوشتن ردیفهای این جدول ، یکی بعد از دیگری ، و بـــه صورت دنباله‌ای ، قالب جدید را بدست می‌آوریم .

$$a_1\ a_2\ a_3\ a_4\ b_1\ a_5\ a_6\ a_7\ a_8\ b_2\ a_9\ a_{10}\ a_{11}\ a_{12}\ b_3\ b_4\ b_5\ b_6\ b_7$$

بعنوان مثالی از قالب بنیادی :

۱۰۱۱۰۱۰۰۰۱۱۱

بصورت جدول زیر در می‌آید .

1	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1

که با افزودن علائم زوجیت یا فردیت به آن جدول زیر بـدست مـی‌آیـد .

1	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	

و قالب جدید ، با زوائد آن عبارت خواهد بود از .

۱۰۱۱۱ ۰۱۰۰۱ ۰۱۱۱۱ ۱۰۰۰

و هرگاه ردیف فوق را بوسیله حروف b_7 و ... و b_2 و b_1 تکمیـل کنیم ، قالب جدیدی بدست می‌آوریم که بوسیله آن می‌توانیم بدون بازگشت به مبدا ارسال پیغام ، آنرا تصحیح کنیم .

مثلا فرض می‌کنیم خطائی در قالب a_{12} و ... و a_2 و a_1 وجـود داشته باشد . در اینصورت حرف غلط در این قالب با زوج یا فرد بـودن آن ، نه از نظر ستونی و نه از نظر سطری مطابقت نمی‌کند . در نتیجه ،این خطای منفرد باعث نقض دو شرط زوجیت می‌شود . این عدم تطابق‌ها نیز

بطور دقیق باعث مشخص شدن محل حرف غلط می‌شود و ما را قادر به اصلاح آن و جای گذاردن مقدار صحیح بجای آن می‌کند. کل کاری که ما باید انجام دهیم، این است که علامت قرار گرفته در سطر و ستون مشخص شده را، که با آزمایش زوجیت مغایرت دارد، در نظر می‌گیریم و آنرا به مقدار دیگری تغییر دهیم. (لازم به تذکر است که هر حرفی تنها یکی از دو مقدار ۰ و یا ۱ را می‌تواند اختیار کند) و تنها کار لازم، همین است.

بعنوان مثال فرض کنید که، در نتیجه تداخلات، در کانال ارتباطی، قالب زیر دریافت شده است.

1	0	1	1	1
0	1	1	1	1
0	0	0	1	0
0	1	0	1	

شکل ۳۲

آزمایشات نشان میدهندکه شرط زوجیت دراولین ستون و آخرین سطر این قالب نقض گردیده است. و این بدان معنی است که حرف a_9 که در محل تقاطع این سطر و ستون قرار دارد بطور غلط دریافت شده است و باید تعویض شود، یعنی مقدار آن از $a_9 = 0$ به $a_9 = 1$ تغییر داده شود. در این صورت قالب تصحیح میشود. ولی در حروف b_1 و b_2 و.... و b_7 نیز ممکن است خطاهائی رخ دهد. اگر چنین باشد، تنها یکی از شرایط کنترل نقض میشود، و همین شرط نشان دهنده نقطه وجود خطا درقالب است.

بعنوان مثال فرض کنید قالبی را که شکل جدولی آن بصورت‌زیر است دریافت کرده‌ایم.

1	0	1	0	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	1	1	

شکل ۳۳

در این جدول ، شرط کنترل تنها در ردیف دوم نقض شده است . این بدان معنی است که حرف کنترلی b_2 ، غلط دریافت شده است و باید بصورت $b_2 = 0$ اصلاح گردد .

ما در مثال خود ، ساده‌ترین حالات ، یعنی حالتی را که تنها یک خطا در قالب وجود دارد ، در نظر گرفتیم . ولی میتوان قوانینی طرح کرد که بکمک آنها ، دو ، سه ، و یا حتی تعداد بیشتری از خطاها را در یک قالب تصحیح کرد . این قوانین شامل آزمون زوجیت اضافی می‌باشند ــ مثلا در طول قطرهای مستطیل ، و یا با در نظر گرفتن گروههائی از حروف که شکل حرکت اسب را در بازی شطرنج داشته باشند ، و غیرو .

با بکار بردن آزمونهای مختلف ، درمورد زوج بودن یا فرد بودن ، می‌توانیم قوانین "خودبخود اصلاح کننده" ای با درجه اطمینان دلخواه بدست آوریم . هرچند دراین روند ، بزرگی قانون ما بسرعت افزایش میابد . مثلا در مثالی که هم اکنون آنرا در نظر گرفتیم ، قالب از $k = 12$ بوسیله افزودن زوائدی به $k = 12+7 = 19$ افزایش یافت ــ افزایشی معادل ۶۰ درصد . آیا احتمالا این رقم بزرگی است ؟

نه ، ابدا . با افزایش تعداد حروف در قالب ، این درصد کاهش میابد . برای قالب بنیادی $k = 100$ (جدول ۱۰×۱۰) تنها بیست حرف کنترلی لازم است ، که در اینصورت قالب خودبخود اصلاح شونده ، شامل

۱۲۰ حرف خواهد بود ، که افزایشی برابر ۲۰ درصد ، در تعداد حروفش پیدا شده است . با افزایش k بمقدار زیادتر ، مقدار درصد باز هم کاهش خواهد[1] یافت . پس ، از نقطه نظراقتصادی ، برای قالبهای بزرگتر ارجحیت بیشتری قائل می‌شویم . در چنین حالتی فرض می‌کنیم ، قانون ما نه از حروف مجزا که جمعا تعدادشان (در الفبای انگلیسی) به ۲۶ عدد بالغ میشود ، بلکه از کلیه کلمات نیز ، که تعدادشان خارج از حد تصور است تشکیل یابد . بزرگی هر یک از قالبها به این ترتیب بحد قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت . ملاحظات فوق بما این امکان و اجازه را میدهد که ادعا کنیم (این موضوع اول بار توسط کلود شانون[2] مشهور تشریح شد) برای هر مجرای ارتباطی و با هر درجه خطا ، ساختن یک قانون خودبخود اصلاح کننده ، بمنظور تامین موثقیت انتقال پیغام‌ها تا حد دلخواه ، مقدور

---

۱) بطور کلی هرگاه جدول ما دارای A سطر و B ستون باشد دراین‌صورت تعداد حروف کنترل برای سطرها برابر A و برای ستونها برابر B خواهد بود . جدول اولیه ما شامل $A \times B$ خانه می‌باشد یعنی دراین مورد $K=A \times B$ و پس از افزایش تمام حروف کنترلی این جدول شامل $(A+1)(B+1) - 1$ خانه خواهد بود . زیرا یک سطر و یک ستون به جدول افزوده شده و در ضمن آخرین خانه جدول بدون منظور است . پس $K= AB+A+B$ و بنابراین میزان افزایش K در این عمل برابر است با $A+B$ برای بدست آوردن درصد افزایش خانه‌ها بطور کلی ، باید نسبت افزایش K را به مقدار اولیه آن درصد بدست آوریم . واضحست که این مقداریعنی $\frac{A+B}{AB}$ که بطور ساده برابر $\frac{1}{B} + \frac{1}{A}$ است با افزایش A و B یعنی تعداد سطور و ستونهای جدول کاهش می‌یابد . (م)

2)Claude Shannon

است . طبیعتا بالا رفتن میـزان موثقیت انتقـال ، با تنزل میزان انتقـال هم‌ارز است ، زیرا اندازه قالب ، بزرگ میشود .

در خاتمه ، یادآوری می‌کنیم که قوانین خودبخود اصلاح کننـده مثال بسیار درخشانی از سیستم‌های خودبخود اصلاح شونده‌ای هستند که شامل زوائد بسیار زیادی برای تامین پایداری سیستم ، حتـی در صـورت وجود تداخلهای بی‌نظم بتعداد زیاد میباشند . این سیستم‌هـا ، جنگ ـ افزارهای بسیار موثری را در نبرد علیه شانس تشکیل میدهنـد ، ولی نـه برای از بین بردن آن ، بلکه با پیشدستی بر آن ، بوسیله انجام یک دوره از اعمال منطقی که علیرغم وجود بدترین شرایط ، بهترین نتایج را ببـار می‌آورد .

ه ـ تدا بیر ، مخا طره ، و تصمیم

"بودن یا نبودن ، مساله این است" . محبوبیت و شهـرت ایـن جمله به این خاطر است که ما همگی در مواقع مختلف این پرسش را ازخود کرده‌ایم‌وبهرصورت‌پس‌از عذاب فکری فراوان و با موفقیتهای مختلفـی در این مورد به یافتن پاسخی نائل شده‌ایم . همیشه هنگامی که با راه حلهای مختلفی مواجه میشویم ، فکر هاملت[1] به مغزمـان خطور می‌کند (بـودن یا نبودن) زیرا هر یک از تدابیر ممکن است به نتایج وخیمی منجر گردد .

تصورش را بکنید چقدر وضعیت هاملت مضحک می‌شد اگر مدارکی که او مبنی بر قرائن بدست آورده بـود ، همگی تصـادفی بوده و عمـویش بهیچوجه قاتل پدرش نمی‌بود . اگر چنین وضعی پیش میامد ، تراژدی ، به

---

1)Hamlet

یک صحنه بیهوده و مضحک بـدل می‌شد ــ و شکسپیر اجـازه پیش آمـدن چنین وضعی را نمی‌داد . مولف کتاب حاضر نیز اصراری درموردپیش آمدن چنین وضعی ندارد . او تنها خواهان تاکید ایـن موضوع است کـه یکی از تدابیر ، هاملت را به رسیدن به نتایج و عواقب وخیمی تـهدیدمیکرد . نکته در اینجاست که اغلب ، از میان راه حلهای مختلف فقط یکی صحیح است ، ولی فقدان اطلاعات ، ما را از شناختن این راه حل باز می‌دارد . اگرهمیشه اطلاعات لازم را در سرانگشتان خود می‌داشتیم ، پرسش هاملت بانـدازه پرسش "دودوتا چندتا ؟" مضحک می‌نمود . ولی موضوع این است که تازمان شکسپیر عطش انسان برای بدست آوردن اطلاعات ، حادتروشدیدترمی‌شد . این موضوع حقیقت دارد که آنچه اکنون می‌توانیم بدست آوریـم ، خیلـی بیش از آن است که قبلا می‌توانستیم (حتی می‌توان با گرفتن شماره تلفن و پرسیدن وقت ، وضع هوا ، نتایج مسابقات و غیره اطلاعات را کسب کـرد) ، ولی تعداد سئوالات ما نیز بمیزان بیشتـری افزایش یافتـه است . در راس همه این نکات نیز تداخلهای بدون نظم قرار دارند که اطلاعات را مختـل می‌کنند ومقدارزیادی از ارزش آنها می‌کاهند .

در وضعیتی که هاملت قـرار داشت "تداخل" از دوستان قـدیمی وی ، یعنی "روزنکرانتس[1]" و" گیلداشترن[2]" سرچشمه گرفت)

اگر نظری به کلیه مطالبی که در بالا بدانها اشاره‌کردیم‌بیندازیم ، ناچار از پذیرفتن راه درخشانی که هاملت برگزید خواهیـم شد . او بدیـن وسیله مساله بسیار بغرنجتری را حل کرد و قادر به رسوا کردن عمویش شد .

1—Rocencrantz 2—Guildstem

ولی نه هاملت و نه شکسپیر هیچیک دستورالعملی را برای اخـذ تصمیم در شرایط کلی تداخل ، برای ما بجای نگذاردند . بعنوان نمونه ویژه می‌توان گفت آموختیم که چگونه عموی شریر را رسوا کنیم ، هرچند در زندگی‌روزمره چنین وضعی خیلی بندرت پیش میاید . هنگامیکه شرایط تغییر می‌کند چـه بایدکرد ؟بنابراین ، بودن یانبودن ؟ افسوس! شکسپیرپاسخ رابمانمی‌دهد . پاسخ ما تنها بوسیله "نظریه رای‌گیری آماری" بدست آمد .

افسانه نجیب‌زاده منصف و تابلوی راهنما

همگی ما در دوره کودکی خود با افسانه‌هائی آشنائی پیدا کردیم که در ضمن آنها باید تصمیمات بسیار مهم و جدی از طرف شخصی گرفتـه میشد . اکنون نیز میتوانیم چنین شرایطی را دوباره برقـرار کنیم (بـدون اینکه تمام جزئیات را بطور دقیق در نظرگیریم) .شوالیه منصفی بـر اسب خود سوار شده و به تقاطعی می‌رسد که در آن ، راه به سه قسمت تقسیم‌شده است . نه پلیس راهنمائی و نه رهگذری درجاده وجود داردکه نجیب‌زاده ، راه را از او بپرسد . تنها یک تابلوی اخطار وآنهم بجـای تابلوی راهنمـا وجود دارد که در روی آن نوشته زیر بچشم میخورد .

" اگر به راست بروی اسبت رم کرده و خواهد گریخت . اگرمستقیم به پیش بروی سر خود را از دست خواهی داد . اگر بسمت چپ بروی‌ناامید و غمگین خواهی شد . "

شوالیه کلاه خود را به عقب سرانده و پشت سر خود را می‌خارد . او باید یکی از چهـار راهی‌را که در مقابلش قـرار دارد انتخاب کنـد ــ باصطلاح جدید . چهار دوره عملی در مقابل او قرار دارد .

دوره شماره ۱ ــ راه اول را انتخاب کند و شایداسب‌خودراازدست‌بدهد .
دوره شماره ۲ ــ راه دوم را انتخاب کندو شایدسر خودرا ازدست‌بدهد .
دوره شماره ۳ ــ راه سوم را انتخاب کندو احتمالا دچارغم و اندوه‌بشود .
دوره شماره ۴ ــ بازگردد

پیشروی در هــر یک از ایــن راهها هیچگونه دشواری نــدارد و کافیست او مهمیز را بر بدن اسب فرود آورد . ولی تصمیم صحیح را چگونه باید بگیرد ــ در واقع کدامیک از تصمیمات را باید صحیح و مناسب حالت فوق بنامیم ؟

چه خوب بود اگــر فقط دورنمــای امیدوارکننــده‌ای در دست او میبود ــ مثلا امکان برخورد با یک پرنسس یا لااقل زن زیباروئی‌که خوابست و او باید بیدارش کند ــ که فقط در یکی از این راهها قرار داشت ! ولی‌در اینجا هر یک از راههای انتخابی ، وی را به سرنوشت شومی دچار خواهــد کرد . او چه باید بکند ؟

ولی ، نجیب‌زاده ما بانضمام اسبابهای تجملیش (اسب ، نیــزه ، شمشیر ، کمان و تیر) دارای شعور نیز هست . او ایــن منبع لایزال را بکــار می‌برد و به این نتیجه می‌رسد که اکنون در محلی قرار دارد و اخذ تصمیم در مورد انتخاب راه با خود اوست . بعبارت دیگر ،او بایدراهی را انتخاب کند که او را به کمترین ناراحتی رهنمون شود . ضرب‌المثل قدیمی‌که میگوید "باید راهی را انتخاب کرد که کمترین صدمه را بزند" به مغز نجیب‌زاده‌ما خطور کرد ــ و این کاملا منطقی بود ــ تا بهترین تصمیم را بگیــرد . در این مرحله او به نتایج ثمربخشی نائل شده بــود . اولا او تصمیم خــود را مبنی بر طریقه انتخاب راه گــرفته بود ، و ثانیــا او دریافت کــه ، بهترین

تصمیم آنست که کمترین ناملایمات را در بر داشته باشد .

ولی قبل از آنکه قدمی بیش به جلو بردارد بـاید معیاری بـرای مشخص کردن ناملایمات ، در هر یک از راهها بیابد . او باید معین کند که چه واحدی را برای سنجش ناملایم بکار برد و چه تعداد از این واحدها را باید به نتایج هر یک از حالات اختصاص دهد . بنابراین نجیب زاده مـا اندیشید که هرگاه نوشته روی سنگ درست باشد . وضعی کـه او می‌توانـد خود را بدان دچار کند یکی از ۴ حالت زیر را خواهد داشت .

۱ ــ با انتخاب اولین راه او می‌تواند اسب خودرا از دست بدهد .

۲ ــ " " دومین " " " سـر " " " " "

۳ ــ " " سومین راه او با غم و اندوه مواجه خواهد شد .

۴ ــ با بازگشت از راهی که آمده بود می‌تواند موجبات شرمساری و خواری خود را فراهم آورد .

نجیب‌زاده بخـود می‌گوید "هر عملی کـه انجام بدهم ، میـزان خسارات و تلفات وارده بر من معادل تعداد دشمنان غلبه ناپذیـری است که در راه مربوطه وجود دارد . در نبرد ، اسب من قادر است چهـار دشمن را لگدکوب کند ، بنابراین بدون وجود او من چهار واحد از دست خواهـم داد . خودم نیز هفت نفر را حریفم ، در نتیجه با از دست دادن سرخود ، واحدهای از دست رفته‌ام ۱۱ خواهد بود (هفت واحد بخاطرخودم وچهار واحد برای خاطر اسب ، زیرا با نبودن خودم ، اسبم فرمانی برای لگدکوب کردن دشمن دریافت نخواهد کرد ــ او هنوز بدین درجه تعلیم نـرسیده است .) "

غصه و انـدوه بر روی اشخـاص مختلف اثـرات مختلفـی دارد .

نجیب‌زاده ما بر این نتیجه می‌شود که برای او اندوه و ناراحتی باندازه سه واحد از قدرت بدنیش خواهد کاست . بنابراین نقصانی که از طی راه سوم در او حاصل میشود معادل سه واحد است . بازگشت نیز حاکی از ترس و بزدلی خواهد بود ، و باعث رفتن حیثیت و آبرو ، بعلاوه شرافت نجیب‌زاده‌گیش خواهد شد ــ که برای نجیب‌زاده ما این موضوع معادل‌از دست دادن سر است . بنابراین ، این راه نیز معادل از دست دادن ۱۱ واحد میباشد . به این ترتیب ، نجیب‌زاده ، ضایعات را تخمین میزند ، و اعداد بدست آمده را براین اساس قرار میدهدکه سنگ نوشته مطلب درست را ادا کرده باشد . ولی برای اینکه مطلب را بطور کامل و بدون پرده ادا کرده باشیم فرض کنید که سنگ نیز موضوع را تا حدی بزرگ کرده و یا آنرا تغییر داده باشد . چنین رویدادهائی ممکن است اتفاق بیفتند ــ و اتفاق افتادن آنها تنها در افسانه‌ها نیست . (و در اینجا دوباره پای تداخل به میدان کشیده میشود) . اگر چنین حالتی پیش‌آید برآوردهائی که اوانتظار وقوع آنها را دارد نسبتا نادرست خواهند بود .

ولی نجیب‌زاده مامردی جنگدیده و حاضربه یراق است . او یکسال تمام بدنبال ماجرا گشت و چیزهای بسیاری را از گوشه وکنارجهان آموخت . بنابراین او قادر به ارزیابی میزان موثقیت اطلاعاتی است که دریافت می‌کند . تجربیاتی که او از افسانه‌ها بدست آورده است عواقب وخیمتری را از آنچه که پیش بینی کرده بود نشان میدهد . در این نقطه است که اوباید وضعیت خود را نسبت به موثقیت نوشته روی سنگ بسنجد .

بعد از ملاحظات مقتضی ، او تصمیم می‌گیرد که به هرآن چه که آنرا قبول ندارد عدد صفر و آنچه را که قبول می‌کند عدد ۱ را اختصاص

دهد . مقادیر میانه این دو عدد نیز به درجات اعتباری مختلف اختصاص دارند . این روش ، امکان تعیین درجه اطمینان هر پیشگوئی را برای او پیش‌آورده و میزان صحت آنرا در عمل می‌سنجد .

نجیب‌زاده ما بر اساس تجربیات خود چنین نتیجه می‌گیرد که عدد تعین کننده اعتبار ، در راه اول (از دست دادن اسب) برابر ۰/۶ ، برای راه دوم (از دست دادن سر) برابر ۰/۴ ، برای‌راه‌سوم (غم و اندوه) برابر ۰/۹ و برای راه چهارم (عقب‌نشینی) برابر ۱ خواهد بود (زیرا او کاملا مطمئن است که با تظاهر به ترسوئی ، تمام حیثیت و شرافت خود را از دست خواهد داد .)

ما اکنون به مفهوم بسیار مهمی دست یافته‌ایم . مفهوم مخاطره ، که در مورد گرفتن تصمیم برای بهترین و مناسبترین راهها بکار می‌رود .

میزان مخاطره ، که مربوط به تصمیم بخصوصی است ، هم بوسیله امکان پیدایش ضایعات که مربوط به خود تصمیم است و هم بوسیله میزان آشکار بودن آن ، که این نقصان از آن عاید می‌گردد ، معین میشود .

اگر شانس پیش‌آمدن ضایعه ، آنطور که پیش بینی شده است ، کم باشد ، مخاطره نیز کم است . نیز مقدار مخاطره در حالیکه احتمال وقوع ضایعه زیاد باشد کم است ، حال آنکه ضایعه ، خود نیز کم خواهد بود .

بعنوان مثال ، آیا تا کنون در این مورد اندیشیده‌اید که چرا مردم بجای اینکه از پنجره خارج شوند ، از درب ساختمان بیرون می‌روند ؟ پاسخ را باید از مفهوم مخاطره دریافت کرد . مخاطره شکستن گردن ، بر اثر بالا رفتن از درگاه پنجره و بیرون رفتن از پنجره ، بسیار بیشتر از چنین مخاطره‌ای بر اثر عبور از میان درب ساختمان است . البته در حین بیرون

رفتن از درب ، ممکن است پای ما لغزیده و از پله‌ها پائین بیفتیم و پایمان بشکند . ولی می‌دانیم که این موضوع درمقابل شکستن گردن مساله‌ای جزئی است و همچنین اینکه شانس وقوع آن بسیار کم است .

البته می‌توان از پنجره نیز بدون خطر عبور کرد ، ولی این موضوع بسیار غیر محتمل است و خطری که از اینجهت متوجه شخص آزمایش کننده می‌شود بسیار جدی است . مسلما دعوت کردن یکنفر بـه شام ، بطوریکـه‌از پنجره خانه‌اش به پنجره خانه همسایه بپرد و از این طریق داخل شود ،مورد قبول وی واقع نمیشود و او امتناع خواهد ورزید ، زیرا هرچند نتایج بسیـار خوبی از این کار ببار می‌آیـد ، ولی میزان مخاطره ، در انجـام این عمـل بسیار زیاد است و بنابراین چنین کاری عملی نیست . ملاحظـات ما ، برای خارج شدن ناگهانی از یک خانه به خیابان نیز بدینگـونه‌اند . تمـامی این ملاحظات نیز قابل درک هستند ــ بهتر است کفش خود را در پادری پـاک کنیم تا درگاه پنجره .

اکنون آشکار است که مخاطره ، معادل حاصلضـرب میزان ضایعـات ممکن ، در احتمال وقوع ضایعات خواهد بود . بعنوان مثال ، اگرامکان ضایعه برابر واحد ، و احتمال وقوع آن نصف باشد ، میزان مخاطره‌ای‌که بـه تصمیم ما مربوط است برابر $\frac{۱}{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۱$ میشـود . بنابـراین مخاطـره ، معادل میانگین امکان ضایعه است .

حال بیائید دوباره به مساله نجیب‌زاده توجه کنیم . برای تعییـن مخاطره‌ای که مربوط به انتخاب هر یک از ۴ راه است ، او باید ضایعه مربوط به هر راه را در میزان اطمینانی که به وقوع آن دارد ضرب کنـد . شکـل ۳۴ میزان این ضایعات را با امکان وقوعشان و همچنین میزان مخاطره‌ای را که در

هر راه ، نجیب‌زاده بـا آن مواجه میشود ، نشـان میدهد . واضحست کـه بهتـرین (یا منـاسبترین) طریقه عمـل آنست که کمترین مخاطـره را در بر داشته باشد .

اعمل	شماره۱	شماره۲	شماره۳	شماره۴
اباخت ، پرداخق باطل	4	11	3	11
امیران قطعیت باخت	0.6	0.4	0.9	1
مخاطره	2.4	4.4	27	11

شکل ۳۴

ما ، در حقیقـت با کم کردن میـزان مخاطره ، کـم شدن متوسط ضایعات را تضمین می‌کنیم . این بدان معنی نیست که ضایعه واقعی در هر حالت ممکن نیست از ضایعـه متـوسط حساب شده بیشتـر باشد . ولـی امکان دارد که کوچکتر نیز باشد . بنابراین نتیجه می‌گیریم که باید تصمیمات خود را مبنی بر میانگین ضایعات حساب شده اتخاذ نمـائیم و سعی کنیـم آنرا به حداقل برسانیم به این ترتیب مساله انتخاب راه مناسب ، به تعیین راهی منجر میشود که کمترین مخاطره را در بر داشته باشد ، که این راه نیز در حالت شماره ۱ وجود دارد . از دست راست رفتـه و اسب را بمخاطـره بیندازد . انتخاب این راه برای نجیب‌زاده ، تصمیم‌مناسبی است ، زیرا او را دچار کمترین مخاطره می‌کنـد . ولی نباید گمراه شویم و فکر کنیم کـه‌او مطمئنا اسبش را از دست خـواهد داد . هیچ چیز بـرتر از واقعیت وجـود ندارد . در حقیقت با استدلال از روی تجربه قبلی مشخص میشود که شانس از دست رفتن اسب او ۶۰٪ است ، و ایمان او به دلاوریش ، او را به گـرفتن نتیجه خوشایندی امیدوار می‌کند . به ایـن ترتیب نجیب‌زاده منصف مـا ، بهترین راه ممکن را برمی‌گزیند . همچنانکه دیدیم ، تجربه او در این مورد

به او کمک کرد ، و بـدون این تجربـه نمی‌توانست میزان موثقیت سنـگ نوشته را بیازماید . ولی اگر تجربه لازمه را نمی‌داشت چه می‌شد ؟ اگر او به یکباره بطرف جلو می‌تاخت چه اتفاقی می‌افتاد ؟

اگر چنین حالتی رخ می‌داد دیگر بحثی در مورد درست بودن ،یا غلط بودن کتیبه پیش نمیامد . و حالت اخیر وی را ناچار از گرفتن تصمیم محتاطانه‌ای می‌کرد که منجر به انتخاب راه سوم می‌شد . زیرا انتخاب ایـن راه ، بخاطر بی‌توجهی او در مورد صحیح یا غلط بودن نوشته روی کتیبه ، متضمن برخورد با کمترین خطرات میبود . درحالت اخیر ، اوبا خود حساب می‌کرد کـه " هیچ چیـزی اتفاق نخـواهد افتاد " . میـزان مخاطره تمامی احتمالات ، بجز راه چهارم‌صفراست‌و بنابراین دورنمـای بسیار زیبائـی نشان میدهد . به این ترتیب چنین دورنمائی ممکن است منجربـه انتخاب یکی از سـه راه ، بطور دلخـواه شود و این نوعی بـی پروائی است کـه از خوش بینی ناشی میشود .

تمام قدمهائی کـه در روش نجیب‌زاده برای حـل مساله برداشته می‌شوند ، کاملا ساده و طبیعی هستند . همچنین این تصمیمـات بر مبنـای نظریه رای‌گیری آماری ، قرار دارند ، که روش دیگری را برای غلبه بر دنیای شانسی ما تشکیل میدهد .

اکنون از واقعه افسانه‌ای ،به‌مساله‌خودبازمی‌گردیم‌وموضوع‌جدی‌تری را مورد بررسی و تحقیق قرار می‌دهیم . مساله کشف جنایت .

عمل	شماره ۱	شماره ۲	شماره ۳	شماره ۴
باحت و برضیق تابلو	4	11	3	11
بدیسی بد امیار تابلو	1	1	1	1
محاطره	4	11	3	11
خوش بحق به امتیاز تابلو	0	0	0	1
محاطره	0	0	0	11

شکل ۳۵

همانند یا غیر همانند

(ترس‌آور)

قطره درشت و سرد باران ، روی گردن بازرس میگرت[1] فرو افتاد و بدن او لرزش خفیفی کرد . قطره دیگری روی لوله تپانچه‌اش ریخت وگوئی در حال پیش‌بینی راه خود است ، مکثی کرده و از دهانه تپانچه بپائین لغزید . میگرت در حالی که آه حسرت‌آلودی می‌کشید ، تپانچه را تکانداد و در داخل غلاف خود گذاشت . او خطاب به گروهبان ، که هنوز به‌انبار ساختمان خیره می‌نگریست و بطرف ماشین رهسپار بود ، سری تکان داد .

بازرس با خود فکر می‌کرد "شیطون توی جلد این آدم فرو رفته . در حالیکه دیگران کنار آتش گرم بخاری لمیدن و قهوه داغ می‌خورن و مجله ورق می‌زنن ، ما باید توی این هوای سرد و کثیف مرتب اینطرف و اونطرف پرسه بزنیم ." مامور پلیسی که کنار چرخ اتوموبیل ایستاده بود قمقمه‌ای را به بازپرس تعارف کرد . میگرت خود را عقب کشید ، او فکر می‌کرد که این قهوه به چه چیزی می‌تواند شبیه باشد ، معهذا مایع ولرم را سر کشید و با لندلند تشکری کرد .

او بارها در طول آنروز ، دو عکس را در روی زانوان خود قرار داده و به مطالعه آنها پرداخته بود . یکی از آنها را از پرونده اسناداداره پلیس برداشته بود . عکس ، مربوط به شخص مسنی بود ، چشمان جسور او میزان تهورش را نشان می‌داد و لبخندی بر لبانش نقش بسته بود .

1—Maiyret

آرواره‌هایش به سنگ می‌مانست . بازرس فکر کرد . " امثال اون فقط یکبار شلیک می‌کنند " و این چیزی نبود که از صورت مردمشخص باشد . (دانستن این موضوع بخاطر آن بود که بازرس، این مرد را بخوبی شناخته بودو فعالیتهای او را سالهای متمادی تحت نظر داشت . از چهره‌اش معلوم بود فاشیست بی‌شرافتی است که سابقا عضو یک سازمان تروریستی بودو با سازمان گشتاپو همکاری داشت . این مرد بخوبی آگاه بود که در صورت‌دستگیری ، تیغه گیوتین در انتظارش خواهد بود و به همین جهت هر سال در مورد جنایات خود بی‌پرواتر می‌شد .

عکس دوم از داخل یک هلیکوپتر پلیس ، در حالیکه‌شخص مجهول الهویه‌ای را که به انباری پناه می‌بردتعقیب می‌کرد ، از وی برداشته شده بود . این عکس، عکس چندان خوبی نبود ، بمقدار زیادی بزرگ شده بود ، طوریکه دانه‌های فیلم بطور وضوح مشخص بودند . و سوژه بسیار تار و متفرق گشته بود . ولی وحشت فراوانی را می‌شد در چهره شخص موردتعقیب تشخیص داد .

میگرت باید معین می‌کرد که آیا هر دو عکس به یک شخص تعلق دارند یا نه ، زیرا انجام اعمال بعدی ــ و احتمالا زندگی عده زیادی از مردم شریف و خوب ــ بطور کامل بستگی به این تصمیم داشت .

اگر هر دو عکس مربوط به یکنفر باشد ، او باید با دقت هر چه تمامتر مشغول پاسداری از انبار باشد زیرا تمام ابزارهائی که انتظارمخفی شدنشان می‌رود ، باید در این انبار باشند . تفنگ ، مسلسل ، و نارنجک .

هنگامیکه او دریابد که فرار امکان ناپذیر است ، با کوچکترین چیزی شروع به دفاع از مخفیگاه خود می‌کند . مخفیگاه وی را در واقع می‌شد زراد ــ

خانه‌ای بحساب آورد .

ولی هرگاه عکسها متعلق به یکنفر نباشند ، زنـدگی رنگ دیگـری بخود خواهد گرفت . در این صورت آنها خواهند توانست بآرامی به انبار نزدیک شده و او را از سرنوشت شومی که ممکن است در آینده بدترنیزشود ، بترسانند . واقعیت امر این است که تیراندازی او منحصر بفرداست ــ گوئی او تنها مقصودش ، ترساندن است ، و نه قتل .

به این ترتیب پرسشی که بازرس میگرت تمام صبح را بـا آن دست بگریبان بوده و هنوز نمی‌تواند در مورد پاسخ آن تصمیمی بگیرد ، این است که "همسان یا غیر همسان ؟" همه مشخصات دو عکس ، متفـاوت بودنـد . اندازه ، زاویه دید ، وضوح ، جزئیات صورت ــ هیچیک ، حتی شباهت‌دوری نیز بیکدیگر نداشتند . و هنوز هم ممکن بود این دو ، متعلق بیکنفر باشند . هیچیک از کارشناسانی کـه بازرس احظار کـرده بود نمی‌تـوانستند پـاسخ صریحی در این مورد بدهند ــ عکسها کاملا تفاوت دارند . بله او شنیـده بود که چنین مسائلی را می‌توان بوسیله کامپیوترهائی حل کرد ، ولی مثـل همیشه ، فرصت سر زدن بـه متخصصین سیبرنتیک نبود . خود او نیز برای رفتن به کلاس درس بسیار پیر بود .

میگرت فکرمی‌کند ، "ولی این تنها کاریه که خواهم کرد . " وتصمیم میگیرد که با مرکز کامپیوتر تماس بگیرد . . . و در این نقطـه ما با کارآگـاه خداحافظی می‌کنیم .

شرح ترسناکی که در بالا بدان اشاره کردیم ، راه بسیارموثری‌است برای روشن کردن هر چـه بیشتر مساله‌ای که بـا آن مواجهیم ــ راه‌مـورد لزومی که در هر کتاب عامه پسندی یافت میشود .

حال به بررسی مثـال کاملا واقع بینانـه‌ای می‌پردازیم . بحث ما اکنون روی عمل اداره کشف جنایات مرکز پلیس است که خود مساله بسیـار مهمی بوده و دست کمی از تشخیص قاتل ندارد .

کارآگاه همواره خود را درگیر این سئوال می‌بیند که بـا در نظـر گرفتن اطلاعات بدست آمده ، شخص مظنون قاتل است یا نه ، برای سهولت ، حالتی را که در آن دو عکس در اختیار داریم در نظر می‌گیریم . یک عکس از قاتل و یک عکس از مظنون به قتل . و پرسشی که باید به آن پاسخ دهیم این است ، آیا هر دو عکس مـربوط به یکنفـر است یا به اشخـاص مختلف تعلق دارد ؟

و به این ترتیب . همسان یا غیر همسان ؟

در پاسخ دادن به این پرسش عجله‌ای بخرج نمی‌دهیم ، زیرا این عمل چندان که ظاهرا بنظر می‌رسد آسان نیست . بیائید به بررسی و تجزیه و تحلیل مساله بپردازیم .

کارآگاه باید بین دو راهی که در اختیـار دارد یکی را برگـزیند . "همسان" و "غیرهمسان" و یا بعبارت دیگر "مظنون و قاتل هردو یکنفرند" و "آنها اشخاص مختلفی هستند" . بعد از انجام تجزیه و تحلیلهای لازم بر روی عکسها ، کارآگاه باید یکی از تصمیمات فوق را اتخاذ کنـد ، و البتـه این تصمیم باید طوری باشد که بهترین امکان را نشان دهد .

ولی معنی "بهترین امکان" چیست ؟ روند بررسی ، مانند هر روند حقیقی دیگری با اثـرات تداخلهای ناشی از بی‌نظمی کـه باعث بتعـویق انداختن کوششهای ما ، در مورد یافتن راه چاره است ، مواجه می‌گـردد . در اینجا ، تداخل بصورت کیفیت بد عکسهای مورد مطالعه ، نقص سیستم

نوری دوربینها ، زاویه‌های مختلف دیـد عکسها ، جـزئیات مختلـف دو صورت و غیره تجلی می‌کند . آشکار است کـه این نقـایص و اختلالات را نمی‌توان از عکسها مجزا کرده و بطور تصوری آنها را محسوب داشت ، زیرا در این صورت ، این تداخلها می‌توانند اشتباهـاتی را درحیـن بـررسی تولید کنند .

این اشتباهات را می‌توان به دو طبقه تقسیم کرد .

اشتباهـاتی که منجر بـه تبرئه شـدن مقصر شوند و مـا آنهـارا اشتباهات نـوع‌اول می‌نامیم . هر دو عکس مربوط به یکنفر هستند ولـی میزان تداخل بحدی بالاست که صورت این اشخاص ، از نظر کارآگاه به دو شخص مختلف تعلق دارد ، و در نتیجه ، او اشتباه می‌کند . درنتیجهٔ این اشتباه نیز قاتل آزاد میشود .

نوع دیگری اشتباه نیز وجود دارد . عکسها مربوط به دو شخـص مختلف هستند ولی بقدری بهم شباهت دارند که کارآگاه اشتباها به ایـن نتیجه می‌رسد که هر دو مربوط به یکنفرند . در این حالت مرد بی‌گناه‌کـه بجای قاتل دستگیر شده است متهم خواهد شد . اشتباهاتی از این قبیل را اشتباهات نوع دوم خواهیم نامید .

هر دو نوع اشتباه ، غیر مجازند زیرا باعث از بین رفتن حیثیت فرد ، دادگاه و بالاخره اجتماع خواهند شد . در حالت اول (تبرئه مقصر) ضایعه به این امر مربوط است که جنایت ، بدون پیگرد فراموش می‌شود ، و قاتل ، رها شده و برای انجام قتلهای بعدی آزادی دارد .

در حالت دوم (تثنیه بی‌گناه) ، قاتل باز هم بری از مجازات‌می‌ماند و بدتر از آن اینکه شخص بی‌گناهی مورد اتهام قرار میگیرد . واضحست که ،

این نوع اشتباه بسیار جدی‌تر است زیرا اجتماع را دچار ضایعه جبران ـ ناپذیری می‌کند . (این نکته با این اظهار بشر دوستانه مطابقت دارد که رها کردن یک شخص مقصر بهتر است از محکوم کردن یک بیگناه)

کارآگاه بخوبی از این نکات آگاه است . بنابراین او کوشش می‌کند تصمیمی بگیرد که در صورت خطا بودن ، ضایعه اجتماعی تا حد امکان تقلیل یابد .

فرض کنید مقدار عددی A را به ضایعه‌ای که از جهت تبرئه مقصر وارد میشود و مقدار B را به محکوم کردن بی‌گناه تخصیص دهیم . بنابراین واضح است که اشتباه نوع اول منجر به ضایعه A و اشتباه نوع دوم منجر به ضایعه‌ای معادل $A + B$ خواهد شد . نمی‌توان معین کرد که این ضایعات را با چه واحدی باید اندازه گرفت ، ولی با تحلیلهای دقیقتری در میابیم که این موضوع ، اهمیت و نتیجه مهمی در بر ندارد . و همچنین اینکه ، کافی است تعیین کنیم یک ضایعه تا چه حد بر ضایعه دیگری تفوق دارد . به عبارت دیگر باید نسبت $q = \frac{A+B}{B}$ را تشکیل دهیم . در ساده‌ترین حالات ، کافیست قرار دهیم $A = B$ (q =۲) . و یا اینکه مجموع ضایعات را در حالتی که شخص مظلوم محکوم میشود معادل دو برابر حالتی بگیریم که شخص مقصر تبرئه میشود . در چنین حالتی ، مقادیر مطلق A و B هیچ گونه اهمیتی ندارند .

فرض کنید کارآگاه از قاعده (دستورالعمل) بخصوصی برای مقایسه عکسها استفاده می‌کند ـ قاعده‌ای که او را قادر به محاسبه درجه عدم مطابقت در عکس میکند . فرض کنید این کمیت را با یک عدد Q نشان دهیم . هر چه مقدار Q بیشتر باشد اختلاف دو صورت ، در عکسها بیشتر

میشود . بالعکس ، هر چه مقدار Q کمتر باشد دو صورت شباهت بیشتری بهم دارند . اگر تداخلی وجود نمیداشت ، مساله براحتی و بسرعت حل میشد . دو عکس "همانند" هستند هرگاه $Q=0$ و غیرهمانند هستند هرگاه $Q>0$ باشد . ولی تداخل ، شکل کلی مساله را پیچیده‌تر می‌کند .

ممکن است هنگامیکه در واقع ، دو صورت متفاوتند ، نتیجه $Q=0$ بدست آید و بالعکس . بنابراین کارآگاه چگونه باید تصمیم بگیرد ؟ پاسخ ، این‌که: او باید قاعده تصمیم‌گیری طرح کند . چنین قانونی بسیارساده است . هرگاه ضریب عدم تطابق Q ، از عدد بخصوصی مانند τ بزرگتر باشد باید صورتها را متفاوت در نظر گرفته و مظنون را بی‌گناه قلمداد کرد . هرگاه Q کمتر از τ باشد ، هر دو عکس مربوط به یکنفر خواهند بود .

ولی مقدار τ را چگونه باید معین کرد ؟ این مهم است ، زیرا موفقیت در یک بررسی ، از بسیاری جهات بستگی به مقدار این عدد دارد . فرض کنید τ کوچک است (یا واقعا مساوی صفر) . در اینصورت برطبق قانون تصمیم‌گیری ، خیلی بندرت شخص بی‌گناه را متهم خواهیم کرد . ولی اگر مظنون ، قاتل باشد ، مسلما به او اجازه خروج خواهیم داد و به این ترتیب ، مرتکب خطای نوع اول خواهیم شد . بنابراین هرگاه τ خیلی کوچک باشد مظلوم ، رها شده و بهمان سادگی مقصر نیز آزاد می‌گردد . فرض کنید τ بزرگ است . در صورتی که شخص مظنون قابل باشد ، از تنبیه ، رهائی نمیابد . ولی در صورتیکه مظنون ، بی گناه باشد ، قانون تصمیم‌گیری ، ما را بر آن خواهد داشت که او را متهم کنیم ، و قاتل آزاد خواهد شد ، و ضایعه همچنان بقوت خود باقی خواهد ماند ($A+B$) .

از بحثهای فوق نتیجه می‌گیریم که برای حداقل شدن ضایعات بر

اثر تصمیم‌گیری غلط ، باید τ مقادیر میانه‌ای را نیز اختیـار کند . ولـی چگونه باید چنین مقداری را معین کرد ؟ و در اینجاست که نظریه تصمیم ـ گیری آماری بکمک ما می‌شتابد .

ما باید تابع مخاطره‌ای بسازیم . این تابع بشکل ساده زیر است .

$$R = Ap_1 + (A + B)p_2$$

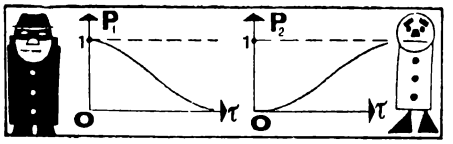
که در آن A و B چون گذشته بترتیب عبارتند از ضایعه وارده بـر اثر برائت مقصر و متهم شدن بیگناه .

p_1 نیز عبارتست از احتمال محکومیت بیگناه ، و یا درجه اطمینان ، در مورد وقوع اشتباه نوع اول .

p_2 نیز عبارتست از احتمال محکومیت بیگناه ، و یا درجه اطمینان ، در مورد وقوع یک اشتباه نوع دوم .

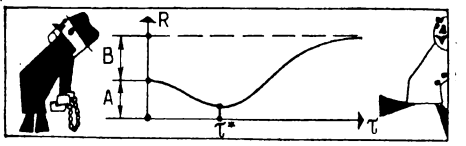
به این ترتیب تابع مخاطره معیاری را برای سنجش میانگین ضایعه وارده بجهت تصمیم‌گیری غلط فراهم می‌کند .

میزان احتمالات p_1 و p_2 همچنانکه درشکل ۳۶ نشان داده شده‌است ، بستگی به مقدار τ دارد . واضحست که برای $\tau = 0$ وقـوع اشتباه نـوع اول حتمی است ($p_1 = 1$) ، زیرا مقصر تبرئه میشود ، و حال آنکه هرگاه τ خیلی بزرگ باشد اشتباه نوع دومی بوقوع خواهد پیوست ، زیـرا شخص بیگنـاهی محکوم خواهد شد ($p_2 = 1$) .



شکل ۳۶

حال اگر بجای p_1 و p_2، در فرمول مخاطره عباراتی را برحسب τ قرار دهیم ، عبارتی را که نشان دهنده تغییرات مخاطره بـرحسب τ است بدست می‌آوریم . این موضوع در شکل ۳۷نشان داده شده است .



شکل ۳۷

این شکل نشـان میدهد که منحنی ، از نقطه τ^* دارای حـداقـل مشخصی است . بنابراین این مقدار، مقدار مناسب τ است . در نتیجـه ، مناسبترین وضعیت در صورتی بوجود خواهد آمد که داشته باشیم $\tau = \tau^*$ ، زیرا مخاطره‌ای که براثر بررسی بوجودمیاید درچنین صورتی حداقل است . اگر کارآگاه از این روش پیروی کند ، می‌تواندمطمئن باشدکه ضایعات‌وارده ، از واقعه‌ای که بر اثر تصمیم‌گیـری غلط بوقوع می‌پیوندد ، بطـور متـوسط کمترین اثر را خواهند داشت . این نکته قابل توجه است که ، مقدار مطلق مخاطره در اینجا اصلا مورد توجه نیست . مساله اساسی این است که مقدار آن حداقل باشد . مقدار این حداقل نیز همچنانکه دیدیم ، در تعیین τ^* دخالت و اثری ندارد . این موضوع تا حد زیادی باعث سهولت در حـل مساله میشود زیرا ، لزوم تخصیص دادن مقادیر صحیح را بـرای A و B از میان می‌برد ــ که افسوس! ما در حال حاضر ، نه تنها نمی‌توانیم آنهـا را حساب کنیم ، بلکه حتی در مورد آنها بحث منطقی نیز نمی‌توانیم بکنیـم بعنوان مثال فرض کنید $A = B$ باشد ، یعنی ضایعات ، مساوی باشنـد . در آنصورت فرمول مخاطره بصورت زیر در میاید . $R = A(p_1 + 2p_2)$

این نتیجه کاملا نمایشگر این موضوع است که وضعیت حداقل مخاطره مستقل از مقدار A است . (مقدار A ، بزرگی مخاطره‌را معین می‌کند ، ولی وضعیت حداقل آنرا مشخص نمی‌کند) .

به این ترتیب ، حداقل کردن مخاطره با درنظر گرفتن مقدار مناسب τ کارآگاه را قادر میسازد تا بر اشکالاتی که بر اثر تداخل شانس بوجود میایند فائق آید ــ که در مساله کشف جرم ، جزو ذاتی و لاینفک است . حال به بحث در مورد چیزی که آشنائی بیشتری با آن داریم ــ دستگاههای فروش نوشابه ــ و عوامل شانسی که اعمال آنرا احاطه کرده‌اند می‌پردازیم .

مساله دستگاههای فروش نوشابه

ساده‌ترین مثال در مورد ابزارهای مکانیکی که عمل تصمیم‌گیری را انجام میدهند ، دستگاههائی هستندکه با دریافت یک سکه ازطریق شکافی مخصوص به اینکار ، آب مصرفی ، لیموناد ومایعات دیگر را بفروش میرسانند . هنگامیکه سکه‌ای به شکاف داخل شود ، ماشین باید در این مورد که آیا سکه مورد نظر جزو پول رایج است یا نه تصمیم بگیرد (بودن ، یا نبودن) . دو دوره عملی برای این دستگاه وجود دارد .

دوره اول . "بودن" ــ دریافت سکه و قبول آن و دادن نوشابه به شخصی که آنرا پرداخته است .

دوره دوم . "نبودن" ــ رد کردن سکه در صورت عدم قبول (عدم رضایت) و پس دادن آن به صاحبش .

برای اخذ چنین تصمیمی ، دستگاه باید تجربه‌ای را بمنظورتعیین

قابل قبول بودن سکه انجام دهد . فرض می‌کنیم که تجربه برمبنای سنجش قطر سکه انجام میگیرد . ماشین ، دو معیار حدی برای این منظور دراختیار دارد ، یک حداکثر و یک حداقل . سکه ، باید براحتی از اولین معیار عبور کند ولی عبور آن از آخری تنها در صورتی خواهد بود که نتیجه سنجش رضایتبخش باشد . معیار حد بالا ، بزرگی سکه را نسبت به اندازه استاندارد آن می‌سنجد . اگر اندازه سکه بزرگتر باشد ، بسادگی از ماشین عبور نمی‌کند ، و در این صورت ماشین ، از قبول آن بعنوان سکه غیرقابل قبولی امتناع می‌کند و آنرا به مشتری پس میدهد . معیار حد پائین ، سکه‌های دریافت شده را به دو طبقه تقسیم می‌کند . اولین طبقه مربوط به سکه‌هائی است که از معیار بزرگترند . این سکه‌ها بوسیله معیار ، متوقف می‌گردند و بعنوان سکه غیر قابل قبول ، در نظر گرفته میشوند . طبقه دوم ، سکه هائی را در بر دارد که از معیار کوچکترند . این سکه‌ها نیز از معیار عبور کرده و دوباره بعنوان سکه‌های غیرقابل قبول به صاحبانشان بازپس داده میشوند . تعیین ابعاد این معیارها نیز بعهده طراح ماشین است . انجام این عمل ، برای معیار بزرگتر ، آسانتر است . قطر آن باید برابر قطر (d) یک سکه‌نو و جدید باشد . چرا سکه نو؟ زیرا هیچ سکه‌ای نیست که با گذشت زمان بزرگتر شود ، بنابراین تمام سکه‌های قابل قبول قطری خواهند داشت که از قطر اولیه یک سکه نو بیشتر نخواهد بود .

درست کردن معیاری بر حد پائین بسیار دشوار است . اگر قطر این معیار نزدیک به معیار بزرگتر باشد ، سکه‌هائی که قدیمی و فرسوده هستند ولی ارزش زیادی دارند ، بعنوان سکه غیرقابل قبول به صاحبانشان پس داده خواهند شد . از طرف دیگر اگر معیار خیلی کوچک باشد ،ماشین ،

سکه‌های تقلبی و قطعه‌های دیگر را دریافت و قبول خواهد کرد . درهر صورت ماشین نقایصی خواهد داشت . در حالت اول ــ حیثیت آن ببـاد می‌رود و در حالت دوم ــ با کمبود درآمد مواجه می‌گردد ، زیرا در مقابل تقدیم نوشابه مبلغی دریافت نمی‌کند ــ و بطور دقیقتر باید گفت سکه های بی‌مصرف و پولک‌های فلزی و دیگر اشیاء را دریافت می‌کند .

آشکار است که اندازه مناسبی وجود دارد که می‌توان آنرا بعنوان حد پائین معیار بکار برد . این طول باندازه‌ای است که میزان نقصان را در صورت وجود خطا در حالت‌های اول و دوم به حداقل برساند . و این طول است که باید مخاطره را به حداقل برساند . در این حالت ، خطای نوع‌اول تشکیل شده است از رد یک سکه خوب . ممکن است سکه‌ای فرسوده باشدو ماشین آنرا رد کند در حالیکه در شرایط دیگری این سکه مورد قبول واقع شود (مقایسه کنید: محکوم کردن بیگناه) . خطای نوع دوم هنگامی رخ میدهد که ماشین یک سکه بد یا تقلبی را قبول کند (مقایسه کنید : تبرئه ــ مقصر)

فرض کنید d قطر استاندارد یک سکه خوب و سالم و τ ــ d قطر معیار پائینی باشد . در این صورت احتمال وقوع دو نوع‌خطای فوق همچنانکه شکل ۳۶ نشان می‌داد ، بستگی به مقدار τ دارد . هرگاه τ مساوی صفر باشد ، هر دو معیار همانند بوده و ماشین هیچ چیز را قبول نخواهد کرد . خطای نوع دوم (قبول سکه‌های بد) بهیچوجه رخ نداده و خطای نوع اول (رد سکه‌های خوب) همواره بوقوع می‌پیوندد . اگر τ بی‌اندازه بزرگ باشد ، خطاهای مرتبه اول تقریبا حذف شده و دستگاه سکه‌های خوب‌راقبول می‌کند ولی درعین‌حال دستگاه سکه‌های‌بد را نیزقبول‌می‌کند ، بطوریکه احتمال

وقوع خطاهای نوع دوم افزایش میابد .

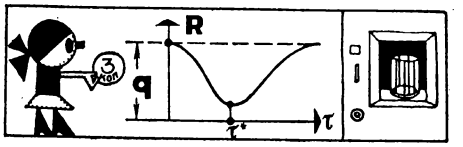
برای تعیین مناسبترین مقدار τ ، طراح ماشین باید تابع مخاطره‌ای بسازد و در آن τ را طوری انتخاب کند که میزان مخاطره به حداقل برسد . برای این منظور او احتیاج به معرفی دو مقدار q_1 و q_2 دارد ، که این مقادیر مشخص کننده نقصان در حالتهای اول و دوم هستند ، فرمول مخاطره برای ماشین بدینقرار است .

$$R = q_1 p_1 + q_2 p_2$$

بمنظور سهولت ، فرض می‌کنیم که $q_1 = q_2 = q$ و یا بعبارت دیگر هر دو نوع خطا ، از نقصان‌های همانندی منتج میشوند . در این صورت فرمول ، بدینصورت در میاید .

$$R = q(p_1 + p_2)$$

شکل ۳۸ نشاندهنده تغییرات مخاطره نسبت به τ است . یکبار دیگر مشاهده می‌کنیم که مقدار τ^* مخاطره را به حداقل میرساند . بنابراین این همان مقداری است که طراح ، باید در طرح خود از آن استفاده کند ، و فقط در اینصورت است که یک تصمیم غلط از طرف ماشین ، منجربه حداقل مخاطره خواهد شد ، و فقط در همین صورت است که ماشین مناسبترین تصمیمات را میگیرد .



شکل ۳۸

جالب توجه است ذکر کنیم که τ^* مستقل از مقدار q است . مقادیر مختلف q ، مخاطرات مختلفی را تولید می‌کنند ، ولی محل حداقل ،

همچنان ثابت میماند . در نتیجه ، طراح می‌تواند از فرمول زیر برای برآورد کردن میزان مخاطره استفاده کند .

$$R = p_1 + p_2$$

که کار او را بسیار ساده می‌کند .

برای پایان دادن به بحث تصمیم‌گیری و مخاطره ، تنها یادآوری می‌کنیم که تعیین میزان مخاطره ، نه تنها در امور جنائی ، بلکه همچنین در فیزیک ، زیست‌شناسی ، اقتصاد ، و علوم رایج دیگر نیز نتایج مفیدی ببار آورده است . هر بار که توجه ما معطوف به اخذ مناسبترین تصمیم‌ها در رویدادهای شانسی است ، بایدمیزان مخاطره‌ای را که در این تصمیم‌گیری‌ها دخالت دارند ارزیابی نماییم و سعی‌کنیم آنرا به حداقل برسانیم . این عمل ، باعث میشود که تصمیمات خود را با تعمق و استواری هر چه تمامتر بگیریم و از مداخله شانس هیچگونه تشویش و نگرانی بخود راه ندهیم . به عبارت دیگر ، این عمل ما را قادر میسازد تا بر شانس غالب آییم و از اثرات مخرب آن بکاهیم .

حق خطا کردن

ما ، در یک دنیای شانسی زندگی می‌کنیم . دنیائی که در آن هیچ چیز را با قطعیت صددرصد نمی‌توان پیش بینی کرد . هرگونه قضاوتی را باید با ذکرکلمات "با درنظر گرفتن تمام احتمالات" آغاز کرد ، زیرا امکان خطا ، حتی در هر عبارت قاطع و صریحی نیز وجود دارد . زمینه پر هرج و مرجی که بر اثر تداخل شانس بوجود میاید شرایطی را تولید میکند که امکان وجود خطا در آنها اجتناب ناپذیر است .

در بخش های گذشته ، ما به بررسی روشهائی کـه برای مقابله بـا شانس در اختیار ما قرار دارند پرداختیم . این کوشش نیز مانند هر کوشش دیگری ، متضمن بوجود آمدن تلفات متعددی است ، بویژه ــ گرانبهاترین و برگشت ناپذیرترین چیزها ــ زمان . همچنانکه‌دیدیم ، بهترین طریق غلبـه بر مداخله شانس ، بکار بردن روش اضافی است ، و هر روش اضافی مستلـزم صرف وقت است .

بیائید وضعیت بسیار عادی و متداول زیر را در نظر بگیریم . فرض کنید با تدابیر مختلفی بـرای گرفتن تصمیم در مـورد گذرانـدن تعطیلات خود ، در یکی از شهرهای نوشهر ــ اصفهـان ــ و کرمانشاه روبـرو هستیم . قبل از اینکه فکر خود را بکار بیندازیم باید اطلاعات را در مورد هر یک از این شهرها فراهم آوریم . قاعدتا این اطلاعات نیز مانند هر نوع اطلاعات دیگری با تداخلهای مختلفی مواجهند . بعنوان مثال اگـراز همه آشنایـان خود که سابقه مسافرت به این شهرها را داشته باشند ، پرسشهائی بکنیـد ، مسلما با عقاید ضد و نقیضی روبرو خواهید بود . ممکن است یکی ازآنهادر آغاز مسافرت بدلیلی با شرایط بدی مواجه بوده باشد ــ و سپس در کنـار دریا با دختری آشنا شده و سپس عاشق او شده باشد و مسافرت خود را بـا خوشی فراوان بپایان رسانده باشد . دیگری مسافرت خود را بطرز با شکوهی در کنار دریا آغاز کرده باشد ــ و سپس مشاجره بسیار شدیدی با همسر خود نموده و در نیمه‌سفر ، همسر او از او خواسته باشد که چمدانهایش را بسته و بازگردند . طبیعتا ، نفراول‌نسبت به هرمحلی برای‌گذراندن تعطیلات‌خود ، نظر خوش نشان خواهد داد ، ولی نفر دوم در مورد انتخاب شهر مورد نظر همواره سر درگم و در فکر خواهد بود .

اگر بخواهید تصمیم صحیحی بگیرید ، باید تمام موضوعات خارج از بحث را از اطلاعاتی که بدست آورده‌اید جدا و تصفیه کنید . یکی از راههای انجام این مهم ، بطریق زیر است : سه برگ در دفترچه یادداشت خود برای جمع‌آوری اطلاعات در مورد شهرهای مورد نظرتان کنار بگذارید .

هر گونه نظر خوب و مساعدی را با یک واحد "مثبت" و هر نظر نامساعد و بدی را با یک واحد "منفی" ثبت کنید ، و البته مطمئن شوید که این نظرها مربوط به اشخاص مختلفی است ــ و همچنین مربوط به اشخاصی است که به رای آنها اطمینان دارید . سپس قبل از خرید بلیط ، نگاهی به دفترچه‌خود بیاندازید و نتایج بازجوئی خود را جدول‌بندی کنید . احتمالا نتیجه‌ای بصورت زیر دریافت خواهید کرد .

محل	کرمانشاه	نوشهر	مشهد
مثبت	۸	۵	۱۶
منفی	۴	۲	۷
مجموع	۱۲	۷	۲۳

و پس از آن ، چه؟ احتمالا اولین کاری که بایدانجام‌گیرد ، ساختن یک قانون تصمیم‌گیری است . در اینجا شکل طبیعی که میتوان برای چنین قانونی انتخاب کرد بدینصورت است : انتخاب محلی که بالاترین درصد علائم مثبت را دارد . پس از محاسبه مختصری ، جدول ، نتایج زیر را بدست می‌دهد .

۶۶٪ ــ ــ ــ ــ ــ کرمانشاه

۷۱٪ ـ ـ ـ ـ ـ نوشهر

۶۹٪ ـ ـ ـ ـ ـ مشهد

بنابراین نوشهر بالاترین درصد را دارا می‌باشد . آیا این بدان معنی است که اگر نوشهر را بعنوان مناسبترین شهر انتخاب نکنید اشتباه کرده‌اید ؟

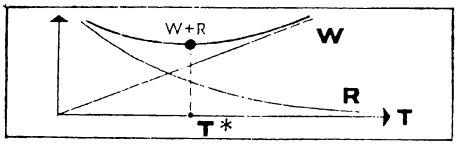
البته نه .

نکته در اینجاست که ، درصدهائی که ما اکنون بدست آوردیم ، تقریباتی هستند که نباید همه آنها را بیک دید نگریست . در حقیقت ، اهمییت و برتری هریک از نتایج ، بطور متوسط به تعداد عقایدی که میانگین از آنها نتیجه میشود بستگی دارد .

هر قدر تعداد عقاید و آراء جمع‌آوری شده ، بیشتر باشد ، نتیجه دقیقتر خواهد بود . بنابراین دقیقترین و متکاملترین نتیجه ، مربوط است به مشهد (۲۳ نظر مختلف) و بی‌دقت‌ترین آنها مربوط است به نوشهر (۷ نظر مختلف) . در نتیجه ، کاملا اشتباه می‌کنید اگر در شرایط فوق نوشهر را برگزینید ، زیرا امکان آن هست که با بدست آوردن اطلاعات بیشتر ، برای بالا بردن مجموع نظرات در مورد نوشهر (تا ۲۳) ، تعداد علائم مثبت برای آن تنزل کند ، و مثلا به ۶۷٪ برسد . و همین موضوع نظرشما را بسمت انتخاب مشهد سوق خواهد داد که درصدش ۶۹ است . در اینصورت چه خواهیدکرد ؟ اگر واقعا خواستار عقاید موثق و نتایج مطمئنی هستید باید آنقدر اطلاعات جمع‌آوری کنید و آنقدر دقت صرف حل این مساله بکنید که موضوع مسافرت بی‌لطف گردد ـ مگراینکه بخواهید مسافرت خود را تا سال آینده بتعویق بیندازید .

ولی آیا احتمالا ما میتوانیم تعداد مناسب اطلاعاتی را که بـرای حل مساله لازمند تعیین کنیم؟ همچنانکه خواهیم دید پاسخ مثبت است. در اولین مرحله باید میزان ضایعات را برآورد کنیم، و این ضایعات ازدو نوعند.

آنهائی که در حین جمع‌آوری اطلاعات (بعنـوان مثال با بکـار بردن روش اضافی) حاصل میشوند، و آنهائی که به یک تصمیم‌گیـری غلط ارتباط دارند. برای سهولت فرض می‌کنیم ضایعات دریافت شده (W) با زمانی که صـرف جمع‌آوری اطلاعـات شده است (T) متناسب باشد (بـا ضرب‌المثل "وقت طلاست" مقایسه کنید) این ضایعات درشکل ۲۹ بصورت خط موربی نشانداده شده است. این خط نشاندهنده این موضوع است که ضایعاتی که در حین جمع‌آوری اطلاعات متحمل آنها شده‌ایم، بـا زمـان منقضی متناسبند.



شکل ۳۹

حال به مطالعه ضایعاتی که بر اثر تصمیم‌گیری غلط ببارمی‌آینـد می‌پردازیم. احتمال اخذ یک تصمیم غلط بطور معکوس با مقدار اطلاعاتی که در اختیار داریم متناسب است. هـرچه میـزان اطلاعات کمتر بـاشد، احتمال خطا بیشتر است و میزان مخاطره نیز بیشتر میشود (بخاطر بیاورید که مخاطره برابر بود با میانگین ضایعات وارده براثرخطا). منحنی مخاطره R در شکل ۳۹ تابعی است نزولی. این منحنی نشان میدهد که احتمـال

خطا و برطبق آن ، میزان مخاطره ، با افزایش مقداراطلاعات کاهش میابند .

مجموع ضایعاتی که در ضمن حل مساله با آنهـا برخورد می‌کنیـم برابر مجموع ($R + W$) این دو نوع ضایعه خواهند بود .

منحنی نمایش دهنده این مجموع ، دارای حداقل مشخصی در T^* می‌باشد . بنابراین مقـدار زمان مناسب بـرای جمع‌آوری اطلاعـات بدین ترتیب بدست می‌آید .

اگر بر طبق قواعد فوق عمل نمائیم ، حتی در صورتیکه اشتباهاتی نیز بکنیم ، بطور متوسط ببار آمدن حداقل ضایعـات را برای خـود تضمین نموده‌ایم . اشتباهات فوق الذکر نیز در یک مدت طولانی ، دردسر کمـی را برای ما تولید خواهند کرد . درغیراینصورت باید با جمع‌آوری مقدارگزافی اطلاعات ، از بوجود آمـدن آنها جلوگیری میکـردیم . بنابراین می‌تـوان موضوع فوق را بصورت جایزالخطا بودن خود ، تلقی کنیم . اشتباه کـردن ، کاملا مجاز است ، ولی باید همیشه ارزیابی کوچکی را در مورد ضایعاتی کـه ممکن است در اثر این اشتباهات ببار آیند انجام دهیم . می‌توانیـم بحث را بدین ترتیب ادامه داده و حتی ادعا کنیم کـه اشتباه کردن امـری است لازم . اگر شخصی ــ یا بطور کلی هر دستگاه تصمیم‌گیری ــ هیچگاه مرتکب کوچکترین اشتباهی نشود ، می‌توانیم کاملا مطمئن باشیم که او ــ یا آن ــ با بازده نامناسبی عمل می‌کند . کار بدون خطا ، تنها یکی از دو معنای زیر را می‌تواند داشته باشد : یا میزان عمل بسیار کم است ، زیـرا مدت زمـان زیادی صرف تصفیه و خالص‌کردن اطلاعات میشود ، و یا اینکه مقدار زیادی از زوائد بطور غیر واقع‌بینانه‌ای برای تضمین صحت پاسخ بکارگرفته شده‌اند ــ بعنوان مثال ، حل یک مسئله را از راههای مختلف بطـور توام و گرفتـن

نتیجه واحدی را از تمام این راهها می‌توان نام برد . در هـر یـک از دو حالت فوق ضایعات وارده بسیار زیاد و کاملا بی‌مورد هستند .

در عین حال نباید جنبه دیگر موضوع را درنظـر گرفت . یعنـی اینکه خود را برای ارتکاب اشتباهات مختلف مجبورکنیـم . باید بخاطـر آوریم که مفهوم مخاطره ، بستگی خود را به دو عامل به‌ما یادآوری می‌کند: ارزش اشتباهی که مرتکب شده‌ایم ، و احتمال وقوع آن . اگر اشتباه ما جزئی باشد ، مخاطره کم است و می‌توانیم تعداد زیادی از این اشتباهات را تحمل نمائیم . از سوی دیگر هرگاه اشتباه برای ما گران تمام شود (مثلا اشتباهـی که منجر به یک تصادف رانندگی گردد) ، باید سعی کنیم احتمال وقوع آن را بوسیله بالا بردن میزان موثقیت سیستم حتی الامکان کم کنیم .

جای آن دارد که این بخش را با یکی از خطابه‌های ر ــ آش[1] بی ، دانشمند معروف ، خاتمه دهیم . او در یکی از کتابهایش خاطرنشان می‌کند که .

"ساختن ماشین سیبرنتیکی که دقت آن ۱۰۰٪ نبوده بلکـه ۹۰٪ باشد بسیار ساده است ، ولی باید خطـای عملی و محتمل آنـرا برطبـق نظریه احتمالات ارزیابی کنیم . نتایجی که بدین ترتیب بدست می‌آوریم ــ برحسب مخارج و سادگی ساختمان ماشین ــ بسیار چشمگیر خواهند بود .

"معمولا اشخاصی که سعی دارند دستگاههائی با دقت صددرصـد بسازند . متحمل زحمات و کوششهای زیادی برای نائل شدن به‌این مقصود می‌گردند . ولی رسیدن به این نتیجه بسیار دشوار است . ساختن دستگاهی که‌دقت‌آن‌کمتر باشد بمراتب ساده‌تر و رسیدن به نتیجه ، بسیار سریعترانجام میگیرد ــ و بهمان میزان نیز دستگاه حاصل قابل استفاده است . "

---

1) R. Ashby

قسمت دوم

قدوم مبارک شانس

" هیچگاه وقایع و رویدادهای بخصوص را نادیده نگیرید . چه بسا که این وقایع علائمی باشندکه حقایق بزرگی را درخود پنهان کرده باشند . "

"فلمینگ"[1]

۱- شرلوک هولمز[2] راجع به افکار خود سخن می گوید

هولمز در حالی که پاهای خود را بداخل پالتوی گرم جمع کرده بودو حلقه‌ای از دود سیگار را بطرف سقف فوت می‌کرد اظهار داشت " اوه ، آقای واتسون عزیز ، امروز بعداز ظهر بقدری زیبا و دوست‌داشتنیه ، که میل دارم تنوعی توی کارم بوجود بیارم . " و سپس به اخگرهای درخشان آتش بخاری چشم دوخت . شعله‌های کم سوی بخاری ، نور بسیار ضعیف و سردی

1)Flemming 2)Sherlock Holmes

را پراکنده و تصاویر کج و معوجی در روی دیوارهای اطـاق تولید می‌کـرد . خواه تاثیر شرابی بود که هولمز خورده بود و خواه اثرشام مجلل و مطلوبی که بوسیله دستهای مجذوب‌کننده خانم ن ، پخته شده بود ، و یا دلربـائی شعله‌های اجاق ــ بهـر صورت اخم همیشگـی که در صورت هولمـز بچشم میخورد ازبین رفته بود و صورت او بشکل ملایمی درآمده بود . دکترواتسن هیچگاه دوست خود را در چنین شرایطی ندیده بود . این موضوع مخـالف طبیعت سرسخت کارآگاه بود . هولمز با نگاهی که لبخند ملایمی نیز در آن نهفته بود شروع به صحبت در باره موفقیت‌های برادرزاده‌اش کرد .

ناگهان هولمز خنده خود را فرو خورد و گفت .

ــ دکتر عزیز من ، نمی‌تونی تصور بکنی تا چه حد کار یک کارآگاه می‌تونه به بخت و شانس مربوط باشه . خود من ، تنها بعد از اینکه آخرین مقالات‌رو راجع به سیبرنتیک خوندم به نتیجه قطعی در این مورد رسیدم .

"وقتی که به یکی از مقالات دانشمند برجسته سیبرنتیک ، آشبی ، برخوردم ، کاملا تحت تاثیر قرار گرفتم .

اون تا مرحله ساختن دستگاهی که خودش اسمش رو هـومـوستات[1] گذاشته بود پیش رفته . می‌توانی سر این موضوع فکر بکنی واتسن؟ "

ــ هولمز ، من هیچوقت موفق نمی‌شم قطار افکارتوروتعقیب بکنم ، چه ارتباطی ممکنه بین سیبرنتیک و کار یک کارآگاه وجود داشته بـاشه؟ در ضمن نمی‌دونم مقصود تو از گفتن چنین نکات ظریـف و حساسی در مـورد مادرسرنوشت‌چیه ،در حالیکه حقیقت اینه که شانس هیچگونه نقشی‌رو بجـز

1)Homeostat

یک مانع نمی‌تونه برسر راه یک کارآگاه ایفاء کنه . مطمئنا تصمیمات و نتایجی که یک کارآگاه می‌گیره ، باید بر اساس دلایل منطقی باشه تا اینکه برمبنای شانس پی‌ریزی بشه؟ ــ کاملا صحیحه واتسن ــ ولی یه کمی رسمیه . درسته که باید موقع تصمیم‌گیری در مورد یکنفر ، بر اساس منطق کار کرد ، ولی مساله اینجاست که . چطور باید به این نتایج رسید؟ منطق تنها به آدم اجازه میده کهاز حقیقت و درستی نتیجه آگاهی حاصل کنه ، ولی به کسی‌در رسیدن به نتیجه ، کمکی نمی‌کنه . اگه یادت باشه ، فیلسوفی گفته بود که منطق بما یاد نمی‌ده که منطقی فکر کنیم ، هیچوقت اطلاع داشتن از طرزکار دستگاه هاضمه باعث بهتر شدن وضع دستگاه نمی‌شه .

ــ هولمز ، تو باعث تعجب من می‌شی ، آیا از تو نبود که بارها و بارها راجع به لزوم وجود منطق در کارآگاهی چیزهائی شنیدم؟ آیا باید قبول کنم که در این مورد نظر تو تغییر کرده؟

دکتر واتسون در حالی که موضوعات را قاطی‌کرده بود ، بشکل فوق نتیجه گرفت .

هولمز نیز در حالیکه حلقه دیگری‌از دود سیگار را بطرف سقف می‌فرستاد ، با تفکر چنین پاسخ داد . "تغییر نکرده ، بلکه عمیق‌تر شده" و سپس ادامه داد . "تمام کوششهای ما برای کشف جنایت ، با استفاده از روشهای تحلیلی ، بهمون اندازه ارزش دارن که قاعده انگشت شست برای مبتدیهای مدرسه پلیس اسکاتلندیارد . "

دکتر با ناباوری گفت ــ واقعا میگی هولمز ! آیا این موضوع در مورد روش قیاسی مشهوری که همیشه بکار می‌بری هم صادقه؟ آیا حقیقت نداره که این روش بعلاوه نتیجه‌گیری‌های منطقی همیشه باعث شده که تومشکلتریــن

موضوعات رو بسادگی درک کنی ؟

هولمز با ناراحتی اظهار کرد که : " افسوس! روش قیاسی ابـزار خیلی قوی و مفیدیه ، ولی قبل از اینکه کسی بتونه از اون استفاده بکنـه ، باید اطلاعات دست اول و مقـدماتی رو دریافت کنـه . اطلاعاتی که هیچ کارآگاهی با وجود بازرسیها وفعالیتهای خودش ، دراختیارنداره . درچنین مواقعی او ناچار می‌شه در شرایطی کار کنه که هیچ چیز در اختیار نـداره . روش قیاسی در چنین مواقعی به چه درد می‌خوره ؟ اگـه بخوام رک صحبت کنم ــ و صدای او بصورت نجوا درآمد ــ مـن هیچوقت از روش قیـاسی استفاده نمی‌کنم . "

واتسون مبهوت شده بـود . درحالی که دهان خـود را از تعجب باز کرده بود اظهار داشت .

ــ ولی راجع به داستانهای متعددت چی میگی ؟ ــ داستانی‌کـه من نوشتم وبا اون اسم مستعارچاپ شد ــ یادت هست اسمش" کونان دویل " بود ؟ در اون داستانها تو توضیحات بسیار جالبی‌رو در مورد کشف جنایت مطرح میکردی ، و مسلما در اونها از روش قیاسی استفاده میشد .

هولمز با خستگی گفت : "بله ، این موضوع حقیقت داره ، اونهـا توضیحات بودند . توضیح یک جنایت کار خیلی ساده‌ایه ، ولی حل مساله ، . . . . اوه ، خیلی مشکلتره . در موقع حل ، روش قیاسی واقعا بدرد نخوره . در این مواقع باید از روش استقراء استفاده کرد ــ البته بشرطی‌که جنایت ، نوع مرتبه پائینی نباشه . در بین ماها هم اشتباه بیـن روش استنتـاجی و استقرائی حتی در مورد اشخاص تازه‌کار غیر قابل بخشودنه . در عین حال من اقرار می‌کنم که یکبار جدا " از روش قیاسی استفاده کردم ، ولی‌وقتیکـه

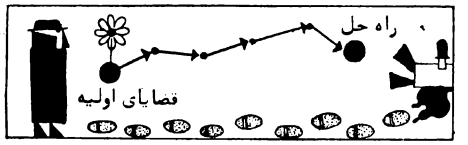
وضعیت‌رو از نزدیک مورد بررسی قرار دادم فهمیدم که اصل ماجرا بر عکس اون چیزی بوده که من نتیجه گرفتم . استنتاج و استقراء رویهمرفته درست نقطه مقابل هم بودند . استنتاج روشی هست که از استدلالهای پشت سرهم بوجود میاد و باعث می‌شه که از یک حالت کلی بـه حالت جزئی بـرسیم . استقراء برعکس این هست ــ رسیدن از حالت خاص به حالت کلی . به این ترتیب می‌بینی که . من در حالی که یک موضوع رو بخودم تلقین می‌کردم ، موضوع دیگه رو بکار می‌بردم ، و تنها بعد از اینکه طریقه کشف معماهارو بـا استفاده از روش حـل مسائل یاد گرفتم بـه این موضـوع پی بردم . بهـت یادآوری می‌کنم که این روش خیلی شبیه به روش استقراء هست . " .واتسون پرسید : "راجع به چی داری صحبت می‌کنی ؟ چطور ممکنه مردی با عقـل و فهم تو ، بوسیله چنین موضوعات جزئی افکارش مغشوش بشه؟ "

ــ تمام موضوع اینه که ، فقط بعـد از حل شدن موضوع جنـایت ، تونستم اون رو توضیح بدم ، نه در حین حل شدن .

ــ چه فرقی بین این دوتا می‌تونه وجود داشته باشه؟

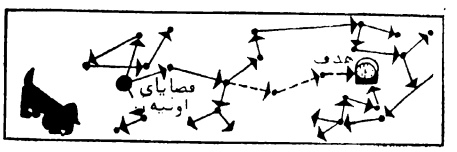
ــ تمام فرقهای دنیا . وقتی که مسائل حل بشه ، همـه چیز بنظـر طبیعی می‌رسـه . وقتی که شخصـی راجع به کـاری صحبت می‌کنـه ، تمـام شنونده‌ها در باره یک چیز متفق القول هستن . تمام جزئیات بحث ، درست و بجای خود صورت گرفته‌اند . اگـه دلت بخواد می‌شـه وضعیت‌رو بـه شکل زنجیری از استنتاج ها ردیف کرد . اینطور:

هولمز پس ازگفتن این حرف شروع به کشیدن شکلی کرد (شکل ۴۰)



شکل ۴۰

هولمز ادامه داد "واقعیت امر اینه که ، در حین بررسیهـا ــ در حین حل مساله جنایت ــ چیز عجیب و مخالفی اتفاق می‌افته . حل مساله بهیچوجه آشکار و واضح نیست و هیچکس هم نمی‌دونه که چطـورشروع بـه پیدا کردن جواب بکنه . زنجیر حقیقی استنتاج‌ها به رفتار توله سگ کـوری شباهت داره که بدنبال یک ظرف پر از شیرمی‌گرده ." و آنگاه طرح دیگـری روی کاغذ کشید ، (شکل ۴۱) . سپس ادامه داد :



شکل ۴۱

ــ در اینجا ، حدسهای بسیار متفاوتی‌رو مـی‌بینی که هیچکـدوم نتیجه اصلی‌رو بدست نمی‌دن و باید همه رو دور ریخت ، مسیر واقعی برای رسیدن به هدف ، مسیر بسیار پیچ در پیچ و فوق العاده مشکلیه . شانس در اینجا نقش اساسی و قطعی‌رو بازی می‌کنه . اگه بطور شانسی هدف پیدابشه ، هر کسی می‌تونه کوچکترین مسیر منطقی‌رو رسم کنه (من این مسیررو بوسیله خط شکسته نشون دادم) . ولی همونطور که می‌بینی ، این مسیری نبودکـه برای رسیدن به هدف انتخاب شد . ــ آیا در اینصورت کسی می‌تونه بگـه که شرح یک اتفاق همیشه استنتاجیه ولی کشف جریـان رویداد احتیاج بـه

کاربرد روش استقراء دارد ؟

ـ دکتر عزیز مـن ، کاملا صحیحه ، تـو همیشه مقصود مـن رو به بهترین وجهی درک می‌کنی ـ و سپس واتسون گفت .

ـ میزان دوراندیشی من رو ببین که داستان تورو با اسم مستعـار چاپ کردم .

هولمز نیز با خنده‌ای پاسخ داد . " آقای واتسون عزیز ، تعـریف و تمجید که تورو عـوض نمی‌کنه ، با اضافـه کردن یک عبـارت در غلطنامه کتاب هم مبنی بر اینکه تمام کلمات " استنتاج" به " استقراء " تغییر داده شوند ، به شهرت تو لطمه‌ای نمی‌زنه ، و همه چیز مثل سابق باقی می‌مونه . "

واتسون بحد زیـادی متاثر شده و گفت "هولمز عـزیز من ، فکـر می‌کردم که هیچ چیز برای تو لاینحل نمی‌مونه . "

* * *

مکالمات فـوق را بمنظور نشان دادن ایـن موضوع دراینجا نقـل کردیم که همواره و در همه حال نمی‌توان برای کشف واقعیت یک امـراز یک سری استنتاج های منطقی استفاده کرد . هر گونه روندی بصورت فوق ،تحت تاثیر یک عامل شانسی که ماهیت جستجوها را تغییر می‌دهد ، قرار دارد .

ما اکنون به بررسی طرق مختلف ، برای استفاده و بهره برداری از شانس و بعبارت دیگر ، روشهای کنترلی مختلفی که در آنهـا از یک عـامل شانسی کمک گرفته و استفاده شده است می‌پردازیم . یکی از روشهـا ، روش مونت کارلو[1] است .

---

1) Mont Carlo

۲- روش مونت کارلو

مونت کارلو؟ معمولا چنین اسمی هنگام صحبت درمورد قمارخانه‌های موناکو[1] بگوشمان می‌خورد: شاهزاده نشین کوچکی که در یکی از نقاط جنوبی فرانسه قرار دارد و می‌توان گفت قسمت عمده آنرا شهر مونت کارلو تشکیل میدهد. در این صورت، چگونه اخیرا این نام در صفحات کتب تکنیکی و ریاضی بچشم میخورد؟

بیائید نظر عمیق‌تری به یک چرخ رولت بیندازیم. این چرخ به صورت یک دیس مسطح دایره‌ای شکل، با لبه برآمده است، و قسمت داخلی آن دارای یکصد سوراخ کم عمق می‌باشد. توپ کوچک و سنگینی، با سرعت زیاد در داخل دیس رها می‌شود. این توپ بارها به کناره دیس برخورد می‌کند تا اینکه بالاخره در یکی از سوراخها جای بگیرد. آیا امکان اینکه دقیقا پیش بینی کنیم توپ در کدام سوراخ خواهد افتاد وجود دارد؟

البته که ممکن است. اگر جهت اولیه حرکت توپ را بدقت تعیین کنیم، و کوچکترین لرزش دست پرتاب‌کننده را نیز در نظر بگیریم، اگر جهت حرکت را بعد از هر برخورد با کناره دیس نیز دوباره تعیین کنیم، اگر.... بطور خلاصه، اگر دقیقا تمام شرایطی را که برحرکت توپ حکمفرماست در اختیار داشته باشیم ــ یعنی، نوع حرکت تمام ملکولهای آنرا بدانیم ــ پیش بینی محل ایست آن، برای ما ممکن خواهد بود.

ولی کاملا واضح است که هیچگاه نمی‌توان تمام عوامل فوق رابطور

---

1) Monaco

دقیق تعیین کرد . یکی از دلایل بنیادی این موضوع مربوط است به اصل عدم قطعیت که چندی قبل به مطالعه آن پرداختیم ، و بر طبق آن سنجش دقیق حرکات ملکولهای توپ غیرممکن است . بعلاوه عواملی که در حرکت دخالت دارند ، بسیار متعدد بوده و آنچنان بسرعت تغییر می‌کنندکه مسیر آنها غیر قابل تعیین است . در نتیجه ، حتی اگر می‌توانستیم اصل عدم قطعیت را نادیده بگیریم ، بازهم احتمال فروافتادن توپ در تمام سوراخها یکسان می‌بود .

در طبیعت و در تکنولوژی و همچنین در زندگی روزمره ، روندهای بیشماری وجود دارند که تنها می‌توان آنها را بر حسب احتمال وقوعشان تشریح کرد . بعنوان مثال ریزش صخره‌ها از یک کوه ، پرواز پرنده حشره‌خوار بدنبال یکدسته پشه ، تعداد اشخاصی که با قطار ، تراموا ، و هواپیما مسافرت می‌کنند ، ورشکستگی که بر اثر بحران جهان سرمایه‌داری بوجود می‌آید ، تعداد ماهیهای جوان و بالغ یک دریاچه ، و تعداد بچه‌هائی که دریک دوره ۵ یا ۱۰ ساله متولد میشوند . میلیونها مثال از این نوع می‌توان ذکر کرد . هر یک از این مثالها شامل عدم قطعیت و پرسشی که هیچگونه پاسخ کاملی برای آن‌ها وجود ندارد می‌باشند . ولی پرسشهای زیادی از این قبیل موجودند که باید به آنها پاسخ داده شود . بعنوان مثال : بازده سالیانه‌ما ازهواپیمائی ، راه آهن ، کشتیرانی وترامواها چقدراست ؟ تعداد کارخانه‌هائی که باید در سال آینده ساخته شوند چقدر است و وسعت آنها تا چه میزان باشد تا نیازمندیهای عمومی را در خود بپوشاند ، و این نیازمندیها ازچه چیزهائی تشکیل میشوند .

برای پاسخ دادن به چنین پرسشهائی ، ما از روش هائی استفاده

می‌کنیم که اساس آنها نظریه احتمالات است . ایـن روشها پاسخ دقیـق و کاملی به ما نمی‌دهند ، ولی در عوض این پاسخ را با دقت کافی که مـورد نظر ماست ، و یا احتمال وقوع رویداد بخصوصی را معین می‌کنند . یکی از روشها موسوم به روش مونت کارلو است .

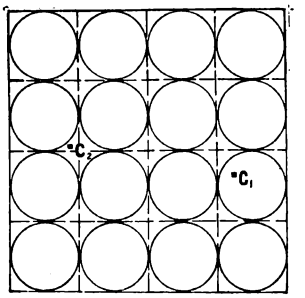
برای اینکه دید نسبتا واضحی از این روش بدست آوریم ، به شرح مثال آموزنده زیر می‌پردازیم .

یک مثال و قالب ریاضی آن

فرض کنید که میخواستیم مساحت سطح دایره‌ای بشعاع یک سانتیمتر را تعیین کنیم . برای انجام این عمل باید از فرمول آشنای πr^2 استفاده کنیم . با جانشین کردن شعاع ، خواهیم داشت : $\pi \times ۱^۲ = \pi$ که همان عدد π است .

ولی آیا تا کنون بفکر افتاده‌اید که روشی برای تعیین عدد π ولو بطور تقریبی بیابید ؟ انجام این عمل بسیار ساده است . در حقیقت ایـن عمل بوسیله روش مونت کارلو عملی میشود .

سنگریزه‌ای برداشته‌و آنرا بدفعات زیادی بر روی کاغذی که بر روی آن یک سری دوایر با شعاعهای مساوی یک سانتیمتر (شکل ۴۲) رسم شده‌انـد ، پرتاب می‌کنیم . این سنگریزه یا در روی دوایر و یا درفاصله بین آنها سقوط خواهد کرد (C_1 نشان دهنده نقطه‌ای داخل دوایر و C_2 نقطـه‌ای خـارج دوایر است) . هر چه سطحی که دوایر اشغال می‌کنند بزرگتر باشد ،احتمال فـرود شن در داخـل آن بیشتر است . فـرض کنید مربعـی بمساحت ۱۰۰ سانتیمتر مربع اختیار نمائیم و در داخل آن ، دوایر فـوق الذکر را محـاط

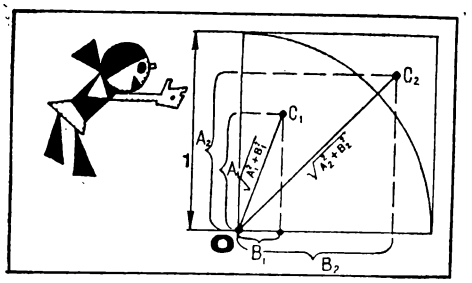


شکل ۴۲

کنیم (در این صورت ۲۵ دایره خواهیم داشت) . و همچنین فرض کنید که از ۱۰۰۰ پرتاب سنگریزه ، ۷۰۰ دفعه مربوط به داخل دوایر و ۳۰۰ دفعه مربوط به فاصله بین آنها باشد . دراینصورت طبیعی است که مساحت سطحی که دوایر اشغال نموده‌اند برابر است با نسبت تعداد ایست‌هائی که در داخل دوایر انجام شده است (n) به تعداد کل پرتابها (N) نسبت به کل سطح . یعنی .

$$\frac{n}{N} = \frac{۷۰۰}{۱۰۰۰} = ۰/۷ \qquad \text{مساحت} = ۰/۷ \times ۱۰۰ = ۷۰ \text{ سانتیمتر مربع}$$

با تقسیم کردن این نتیجه بر ۲۵ ، مساحت یکدایره بدست آمده و از حاصل می‌توان مقداری برای عدد π در نظر گرفت . با ازدیاد تعداد پرتابهای سنگریزه ، دقت مقدار π بیشتر خواهد شد . همچنین مشاهده می‌کنیم که انجام چنین آزمایشی وقت بسیار زیادی احتیاج دارد . فرض کنید بخواهیم سرعت عمل را در این آزمایش ، توسط ساختن قالب ریاضی آن افزایش دهیم . شکل ۴۳ منطقه‌ای را که سنگریزه را بداخل آن پرتاب می‌کنیم نشان میدهد . با در نظر گرفتن تقارن نقاط این منطقه ، تنهاکافی است ربع یک دایره را در نظر بگیریم . براحتی می‌توانید مشاهده کنیدکه کل کاغذ ، از یکصد دایره مشابه به این نوع پوشیده شده است . برای اینکه



شکل ۴۳

پرتابهای سنگریزه بدون نظم و دلخواه باشد ، دو عدد دلخواه A و B راکه بین ۰ و ۱ قرار داشته ولی مساوی آنها نباشد در نظر میگیریم .

$$0 < A < 1 \qquad 0 < B < 1$$

از مبداء شروع به حرکت کرده (شکل ۴۳) و طولی معادل A را در روی محور عرض ها و طولی معادل B را در روی محور طولها جدا می‌کنیم ، و نقطه برخورد عمودهای خارج شده از نقاط A و B را C می‌نامیم . باین ترتیب اعداد A_1 و B_1 تولید یک نقطه C_1 و اعداد A_2 و B_2 تولید یک نقطه C_2 خواهند نمود . نقاط C_1 و C_2 نشان دهنده دو نقطه برخورد سنگریزه در تجربه ما هستند . هرگاه $A^2+B^2 \leqslant 1$ (مساوی یا کوچکتر از واحد) باشد ، سنگریزه داخل دایره سقوط می‌کند ، و هرگاه $A^2+B^2>1$ باشد (بزرگتر از واحد) ، خارج دایره می‌افتد . بنابراین برای تعیین اینکه یک نقطه پرتاب C داخل دایره است ، تنها کافیست به بررسی نامساوی $A^2+B^2 \leqslant 1$ بپردازیم .

اکنون در وضعیتی قرار داریم که می‌توانیم بستگی بین تجربه و قالب ریاضی آنرا تعیین کنیم .

تجربه واقعی	قالب ریاضی آن
۱ ــ پرتاب سنگریزه‌ای در روی صفحه (شکل ۴۲) ۲ ــ تعیین اینکه آیا سنگریزه بداخل دایره و یا در اطراف آن سقوط میکند .	۱ ــ انتخاب دو عدد اختیاری A و B که بزرگتر از صفر و کوچکتر از یک باشند ۲ ــ تعیین اینکه آیا نامساوی $A^2+B^2 \leqslant 1$ برقرار است .

قالب ریاضی برای استفاده آماده است .

حال بجای انجام تجربه واقعی (پرتاب سنگریزه بداخل صفحه مخطط) می‌توانیم نتایج تجربه را مستقیما محاسبه کنیم . تنها چیزی‌که بدان احتیاج داریم ، جدولی از اعداد دلخواه ، یک قلم ، و یک برگ کاغذ است .

بنابراین جانشین کردن قالب ریاضی ، بجای تجربه فیزیکی ، کاملا امکان پذیر بوده و بوسیله محاسبه عملی می‌گردد .

حال بیائید به مقایسه نتایج این دو روش محاسبه π با در نظر گرفتن دو عامل ویژه بپردازیم : مداخله شانس ، و زمان تلف شده برای "پرتابهای" مساوی در هر حالت .

تجربه فیزیکی ، مانند هر روند دیگری ، بحد زیادی در معرض مداخله شانس قرار دارد . بعنوان مثال این تداخل آثار خود را در بی دقتیهای ناشی از تعیین محل سنگریزه ، همطراز نبودن سطح مورد آزمایش (سنگریزه ، همواره در سطح صفحه بسمتی متمایل میشود) بی دقتیهای

ناشی از رسم خود دوایر (دوایر غیر ایده‌آل و غیرو) ظاهر می‌کند .

تمام این بی‌دقتیها ازقالب ریاضی حذف میشوند . برای اطمینان ، می‌توان گفت کـه عوامل تداخلی در اینجـا نیز (بعنوان مثال ، خطاهای محاسبه و خطاهای ناشی از روند کردن نتایج) بطور اکید وجود دارنـد ، ولی می‌توان آنها را به حداقل ممکن تقلیل داد ، بطوریکه بتوان آنهـا را نادیده‌گرفت . در نتیجه ، از نقطه‌نظر خطا ، قالب ریاضی نسبت به‌نوع فیزیکی ارجحیت دارد. و کلامی چند در باره زمان . در این‌باره‌برد با تجربه‌فیزیکی است ، زیـرا در حقیقـت محاسبه مجـذورات و جمع کـردن آنها همیشـه طولانی‌تر از پرتاب ساده یک سنگریزه خواهد بود . در اینجا تجربه کننـده دست به چانه ، همیشه چالاک‌ترین ریاضیدانان را شکست خواهد داد .

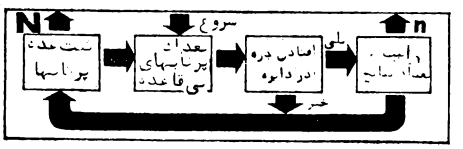
ولی کامپیوترهای سریع‌العملی که این اعمال جمع را در کسـری از ثانیه انجام میدهند چه؟ آیا می‌توانیم از آنها استفاده کنیم ؟ فرض کنید که سعی خود را بکنیم .

یک کـامپیوتر سریع‌العمل جدیـد ، که به همـه مقاصد بکـار رود ، می‌تواند چنین مساله‌ای را در مدت زمان کوتاهی تجزیه و تحلیل کند ،ولی . . . . ولی برای انجام چنین عملی ، بـاید برنامه‌نویسی کرد ، و شخصـی باید عهده‌دار این عمل گردد .

به کامپیوتر نیز باید مانند هر انسانی ، اطلاعاتی را در این مورد که کدام اعداد را در محاسبه دخالت دهد ، داد ، و بنابراین یک کامپیوتر نیز باید مانند هر انسانی ، اطلاعاتی را در این مورد که کدام اعداد را در محاسبه دخالت دهد ، داد ، و بنابراین یک کامپیوتر باید "بداند " چه چیز را و چگونه باید آنرا انجام دهد ، در غیر اینصورت قادر به انجام وظیفـه

نیست . این عملی است که برنامه کامپیوتر عهده‌دار آن است .

فرض کنید به طریقه نوشتن برنامه نظری بیفکنیم . در وهلـه اول طرح برنامه تجربه را تنظیم می‌کنیم . این طرح در شکل ۴۴ نشانداده شده است . هر یک از مستطیل‌ها در این شکل نمایانگر عمل مهمی دراین تجربه است . سهم‌هائی که از هر یک از مستطیل‌ها خـارج میشوند ، متوجه عملـی هستند که باید در مرحله بعد از مستطیل موردنظر ، انجام گیرد . درنقاطی

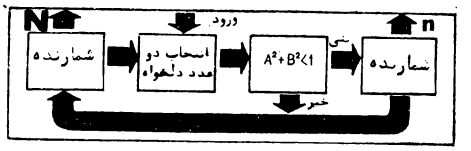


شکل ۴۴

که مستطیل ، دارای دو پیکان خروجی است ، شرایطی را که منجربـه تولید هر یک از پیکانها شده باشند باید مشخص کرد .

طرح قالب تجربه فوق شامل دو عامل اساسی است . ثبت تعـداد پرتابهای سنگریزه ، و ثبت تعداد پرتابهای موفقیت‌آمیز . این نکات به‌این دلیل باید ثبت شوند که برنامه بطور کامل متعلق به یک تجربه بـاشد . در واقع چنین نیـز هست . هنگامی کـه سنگریزه را پرتـاب می‌کنیم ، تعـداد پرتابها و تعداد فرودها را بر روی دوایر می‌شماریم . اگر این مطالب حذف شوند ، تجربه ، لطف خودرا ازدست میدهد ، زیرا اعداد N و n اطلاعاتی را که برای بدست آوردن آنها کوشش می‌کنیم ، در بر دارند .

برنامه کامپیوتـر نیز ، در روشی عینـا بهمین طریق طـرح‌ریـزی میشود . این طریقه در شکل ۴۵ نمایش داده شده است .



شکل ۴۵

در اینجا شمارگرهای مربوط به N و n ، متعلق به ثبت اعمال در تجربه فیزیکی می‌باشند .

اگر هر دو شکل را مورد مداقه قرار دهیم ، خواهیم دید که ازنظر کلی بسیار بهم شباهت دارند و ساختمان آنها یکسان است . هردو دارای تعداد مساوی مستطیل بوده و تعداد پیکانهای متوجه به جهت مشخص نیز مساوی است . همچنین بستگی یکسانی را بین دو عمل مختلف نشان میدهند . البته این موضوع تعجب‌آور نیست زیرا هر دو طرح نشان دهنده روند اطلاعاتی یکسانی در مورد تعیین اعداد N و n هستند .

بنابراین باید انتظار دریافت نتایج یکسانی را از هردو حالت داشته باشیم . خواه سنگریزه را پرتاب کرده و نقاط سقوط آنرا یادداشت کنیم (برطبق برنامه فیزیکی رفتار کنیم) و خواه همین تجربه را از طریق ریاضیات و بوسیله انجام یکسری عملیات انجام دهیم (برطبق برنامه قالب ریاضی رفتار کنیم) .

به این ترتیب برای بدست آوردن نتیجه دلخواه (عدد n) ، دو روش در اختیار داریم . از یکطرف تجربه فیزیکی و از طرف دیگر محاسبات کامپیوتری که بر اساس قالب ریاضی تجربه بنا شده است . حال فرض کنید جدولی را تنظیم کنیم که نقایص وفواید هریک از دو روش را در برداشته باشد .

	تجربه فیزیکی برای تعیین n	محاسبات کامپیوتری برای تعیین n
فایده	۱ ــ سادگی (احتیاج به کامپیوتر نیست) ۲ ــ قابل توضیح بودن	۱ ــ سرعت عمل ۲ ــ N بزرگ
نقص	۱ ــ انقضای مدت زمان زیاد ۲ ــ N کوچک .	۱ ــ لزوم وجود یک برنامه ۲ ــ لزوم وجود یک کامپیوتر

این جدول بما نشان میدهد ، در صورتیکه از کامپیوتر وحشتی نداشته و فرصت استفاده از یکی از آنها را داشته باشیم ــ وحقیقتا امروزه هر شخصی می‌تواند چنین موقعیت و فرصتی را داشته باشد ــ بدون شک محاسبه ، از انجام تجربه برتر است . ضمنا ، باید قبول ، و درک کنیم که قالب ریاضی تجربه ، شرط لازم برای انجام محاسبات است . تنها درصورت دسترسی به چنین قالبی ، انجام تجربه توسط کامپیوتر واستفاده ازسرعت عمل فوق‌العاده آن ، امکان‌پذیر خواهد بود .

انجام چنین تجربه‌های فیزیکی بوسیله کامپیوتربه روش مونت‌کارلو موسوم است .

عامل شانس در این روش دارای اهمیت بسیار زیادی است ، زیرا تنها همین عامل است که بی نظمی و عدم قطعیتی را که جزء لاینفک‌تجربه ما بوده و منظور وانمود سازی آن است ، تولید می‌کند . روی همین اصل معمولا روش مونت‌کارلو ، به‌روش وانمودسازی‌آماری (یا احتمالی) مشهوراست .

شانس ، در کامپیوترها بوسیله ابزارهای بخصوصی که اعداد دلخواهی تولید می‌کنند بوجود میاید . و همین ابزارها هستندکه تجربیات

فیزیکی شانسی را در کامپیوتر منعکس می‌کنند . این ابزارها ما را قادر می‌سازند که تجربیات کسل کننده و طولانی فیزیکی را بکمک یک قالب ریاضی که توسط آن می‌توان تجربه را صدها باربوسیله کامپیوترانجام‌داد ، عملی کنیم .

بی‌نظمی که بوسیله ماشین‌تولید و وانمود میشود مثالی است از لزوم و فایده وجود شانس. این عامل ، نقش احتمال را درتجربیات حقیقی ایفا می‌کند . این موضوع یا مفید است ویا بصورت تداخل بوده و مضراست . در تجربه فوق که بوسیله آن می‌توان عدد n را بوسیله پرتابهای بی‌نظم و شانسی تعیین کرد ، شانس مفید بود و بکمک ما شتافت . ولی دراکثرموارد ، شانس صورت زشت خود را ، بشکل مولد تداخل ، نمایان می‌کند .

مونت کارلو و مساله پرتابی

ما اکنون به کاربرد روش مونت‌کارلو در تعیین محل برخورد یک موشک پرتابی با زمین ، اشاره می‌کنیم .

مسیر و محل برخورد پرتابی را در صورتیکه تمام پارامتری‌های حاکم بر آن در پرواز ، بطور دقیق مشخص باشند می‌توان تعیین کرد . باید وزن کلی و میزان سوخت راکت ، قدرت وزش باد و جهت آن درلایه‌های مختلف جو در حین پرواز ، دما ، فشار و تغییرات چگالی هوا در نقاط مختلف مسیر پرتابی ، و بسیاری نکات دیگر بر ما معلوم باشند . ولی عملا تعیین مقادیر دقیق این پارامترها برای ما غیرممکن است . آنها تغییر می‌کنند ــ و بسرعت هم تغییر می‌کنند . مطالعات پردامنه ومشاهدات زیاد ، تنها به‌ما ،در مشخص کردن حدود تغییرات این عوامل و همچنین در تعیین

خواص آماری آنها کمک می‌کند .

از این مرحله چگونه و در کدام جهت باید جلوتر رفت ؟

برای تعیین دقت فرود پرتابی در روی خشکی ، می‌توانیم ازروشی که در تجربه سنگریزه بدان اشاره کردیم استفاده کنیم . می‌توانیم برنامه‌ای برای محاسبه مسیر پرتابی طرح و تنظیم نمائیم . این برنامه شامل پارامترهائی خواهد بود که مقادیرشان بر ما معلومند . کاری که ما باید انجام دهیم ، انتخاب مقادیر دلخواه و اختیاری در حدود تغییرات هریک از پارامترها است . سپس باید برای تعیین محل فرود پرتابی ، محاسبه‌ای بر اساس تغییرات این پارامترها انجام دهیم . آنگاه محاسبه دومی را با در نظر گرفتن سری دوم اعداد در حدود تغییراتشان آغاز کنیم ، و محاسبه سوم با در نظر گرفتن سری سوم اعداد ، و بهمین ترتیب هنگامیکه سری نسبتا کاملی از این محاسبات را انجام دادیم . یک سری نقاط فرود برای پرتابی بدست خواهیم آورد . این نقاط ، بدلیل آنکه محاسبات ما براساس بی‌نظمی قرار دارند ، خود نیز بدون نظم هستند . ولی عده زیادی از این نقاط ، سطحی را که موسوم به بیضی تفرق است می‌پوشاند . این بیضی اطلاعات مفید و پرارزشی را در مورد کیفیت و کارآئی پرتابی در بر دارد . مثلا ما را قادر می‌سازد سطحی را که پرتابی به احتمال زیاد در آن فرود میاید ، معین کنیم و همچنین معیار دقت ما برای عمل پرتاب بسوی هدف می‌باشد ، و غیرو .

به این ترتیب ، ملاحظه می‌کنیم که بکمک روش مونت‌کارلو ، می‌توان اطلاعات بسیار زیاد و پرارزشی را در مورد نقطه برخورد پرتابی و بدون لزوم انجام آزمایشهای پر خرج و متعدد ، تعیین کنیم . بنابراین ، هم از

لحاظ زمان و هم از لحاظ مواد اولیه بحد زیادی صرفه جوئی میشود .روش مونت‌کارلو در حل بسیاری از مسائل ریاضی فیزیکی که به هدایت حرارت مربوطند بکمک ما می‌شتابد . می‌توان این موضوع را بوسیله مثال ساده زیر تشریح کرد .

شخص مستی مساله را حل می‌کند

مست ؟ بله ، قطعا! و نه یک نیمه مست ، بلکه کور مستی که هنگام یافتن خود در یک تقاطع ، انتخاب هیچیک از راههـا برایش ابدا تفاوتی نمی‌کند ، و تنها در این بیهوشی الکلی است که شخص مست می‌تواند در حل یکی از پیچیده‌ترین مسائل ریاضی فیزیکی بما کمک کند ــ مساله هدایت حرارتی در یک محیط یکنواخت . تعجب می‌کنید ؟

زیاد عجله نکنید . مساله گرم کردن یک صفحه و یا همچنانکه در فیزیک گفته میشود . مساله دو بعدی مربوط به انتقال حرارت ، را در نظر می‌گیریم . این مساله‌ای است که مسلما هر شخصی که با ابزارهای مختلف‌الحراره (سشوار ، کلاهک‌موشک‌پرتابی ، کوره ذوب فلز و غیره) بر ــ خوردی داشته باشد ، خود را در گیر آن می‌بیند و درحل آن باشکال برمیخورد . کار کردن با هر ابزاری مستلزم تعیین فشارهای حرارتی که در آن بوجود می‌آید می‌باشد ، و این مساله بسیار مهمی است . مصیبت هنگامی بوجود میاید که این فشارها از حد معینی بالاتر روند .

بمنظور سهولت ، صفحه مستطیل شکل را که لبه‌های آن دردرجه حرارت ثابتی قرار دارند ، در نظر می‌گیریم . مساله عبارتست ازتعیین دمای هر یک از نقاط اختیاری صفحه .

خـوانـنده ممکن اسـت در این شرایط انـدکی گمراه شـود زیـرا کوچکترین اثری از شانس در این مساله بچشم نمیخـورد ـ در حالیکه مـا همواره روی این نکته تکیه می‌کردیم که روش مونت‌کارلو کلید معماهائی‌است که در آنها عامل شانس وجود داشته باشد . این گمراهی ، اگر وجود داشته باشد غیر ضروری و بی‌جهت است . قوانین انتقال حرارت بوسیله تـرمو ـ دینامیک یـافته می‌شوند و ترمـودینامیک نزدیکترین خـویشاوندیها را با روندهای آماری (بی‌نظم) دارد .

معلوم شده است که گرما بطور یکنواخت منتشر نمیشودبلکه انتشار آن بصورت مقادیر بسیار کمی که کوانتای گرما باشند انجام‌میگیرد .می‌توان حرکت کوانتای گرما را بصورت بی‌نظم و با هرج و مرج در نظر گرفت و بـه عبارت دیگر کوانتم‌ها در جهات دلخواهی در حرکت هستند . اگر مقـدار زیادی از ایـن کوانتم‌ها در یک نقطه گـرد هم آیند ، این نقطه از نقـاط دیگری که کوانتم‌های کمتری را شامل میباشند داغتر بنظر می‌رسد . بـرای تعیین دمای یک نقطه بخصوص از صفحه ، باید معیـن کنیم که کوانتم‌هـای انرژی هر چند وقت‌یکبـار از نقاط مختلف صفحـه به این سمت هجـوم میاورند . هر کوانتمی مسیر دلخواهی را در طول صفحه طی می‌کند ، که این مسیر از یکطرف صفحه شروع میشود و به طرف دیگر آن ختم میگردد .

راهی که یک کوانتم طی می‌کند ، مطلقا شانسی است . کاملا آشکار است که هر یک از نقاط صفحه باید تعداد زیادی از این مسیرها را از خود عبور دهند و دما در هـر نقطه برابر مقدار متوسط دمائی است که به ایـن نقطه منتقل میشود . بعنوان مثال اگر نقطه مورد نظر در محلی قـرار داشته باشد که کوانتمهای صادره از طرف ۵۰ درجـه‌ای صفحه ، مسیرشان از ایـن

نقطه میگذرد ،و قطعا درجه حرارت این نقطه نیز نزدیک به ۵۰ خواهدبود . همچنین هرگاه این نقطه محل تقاطع مسیر کوانتمهائی باشد که از دو گوشهٔ ۵۰ درجه‌ای و یک گوشه ۲۰ درجه‌ای صادر می‌شوند دما در این نقطه ، همچنان که شما نیز احتمالا حدس زده‌اید از عملیات ساده زیر بدست می‌آید .

$$t^\circ = \frac{۲ \times ۵۰ + ۲۰}{۳} = ۴۰^\circ C$$

ولی این پدیده جوابگوی مساله شخص الکلی (همچنانکه در اول بخش بدان اشاره کردیم) نیز می‌باشد . بدین ترتیب : شهری را که فرض می‌کنیم تمام ساکنین آن دائم‌الخمر باشند در نظر می‌گیریم (مولف از این که چنین پیشنهاد ننگ‌آوری را در مورد نوع بشر می‌کند قبلا پوزش میطلبد) و همچنین فرض می‌کنیم که این شهر براساس نقشه مستطیل شکلی که درست مطابق صفحه مستطیل شکل ما است ساخته شده است ، و همچنین اینکه تمام مغازه های مشروب فروشی آن در حومه شهر قرار دارند و هر یک تنها مشروبهائی با قدرت مشخص می‌فروشند . و در ضمن مغازه‌ها با درجه خلوص مشروبی که میفروشند شماره‌گذاری شده‌اند . به این ترتیب ، مشروب‌فروشی شماره ۴۰ ، تنها شراب سفید و شماره ۶۰ تنها رم و شماره ۱۲ فقط شراب گرجی می‌فروشد و غیره .

فرض دیگر این است که شماره مغازه‌ها نمایانگر دمای نقاط متشابهی از صفحه گرم‌شده ما هستند . بطوریکه نقطه به نقطه میزان دمای لبه های صفحه ، درجه خلوص مایعات مورد فروش در مغازه‌های نظیر و اعدادی که به عنوان شماره مغازه‌های حومه شهر فرضی ما تخصیص داده شده اند ، همگی یکسانند .

ساکنین این شهر نیمه مست ، همگی داخل مغازه‌ای می‌روند که در

دسترسشان قرار دارد و در آنجا خودرا با یک شیشه مشروب مجهزمی‌کنند و به ایـن ترتیب مستی خـود را آغاز می‌نمایند ، و البتـه پس از آن در خیابانها سرگردان میشوند . هر بار که آنها با همشهری‌های دیگری برخورد می‌کنند که خود ، شیشه مشروبی در دست دارد با یکدیگر کنار آمده و بـه وسیله مخلوط کردن محتویات بطری‌ها به نسبت مساوی برای خود کوکتلی ترتیب می‌دهند . قدرت کوکتل حاصل خود شامل اطلاعات است ، که این اطلاعات بستگی به این موضوع دارد که هر یک از شیشه‌ها از کدام مغـازه خریداری شده و دمای نقطه‌ای کـه کوکتل در آن درست شده است چقـدر می‌باشد . بعبارت دیگر برای تعیین دما در هر نقطه از صفحه تنها کافیست کوکتلی را که در نقطه مورد نظر شهر درست شده است بچشیم .

با در نظر گرفتن این موضوع که دوستان مست ما راههای بیشماری را طی می‌کنند و همچنین با دقت کمی در روی مساله متقاعد می‌شویم کـه نمونه ما در هر نقطه بوسیله دو عامل خنثی میشود .

اول اینکه ، هنگامیکه تقاطع بخصوصی را برای آزمایش برمی‌گزینیم ، ممکن است مدت مدیدی صرف انتظار برای برخورد دو الکلـی شود . علت موضوع نیز بسیـار ساده است و آن اینکـه ، اشخاص مست هنگـام تلو تلو خوردن در خیابانهای شهر ، بدون هدف جلو می‌روند و در نتیجه رسیدن آنها به نقطه‌ای که ما توجه خود را بدان معطوف داشته‌ایم عمـدی نیست . بعلاوه ، عده زیادی از آنان از نقطه موردنظر ما در یک آن عبور نمی‌کنند . در نتیجه ، هر گونه کوششی بمنظور تعیین دمای نقطه ، با استفاده از ایـن روش مستلزم ببار آمدن ضایعات زیادی است .

مشکل دوم این است که ، حتی مدت بیشتری باید صرف رسیـدن

چند همشهری در یک لحظه به تقاطع و مخلوط کردن مخلولها بکنیم . (در واقع این همان چیزی است که ما به انتظارش هستیم)هرچند می‌توان اشکال اخیر را بدین ترتیب رفع کرد که ، بجای نشستن و به انتظار رسیدن چند رهگذر در یک لحظه ، ماندن ، می‌توانیم از هر رهگذری مقداری از محلول را باج‌بگیریم و در شیشه‌ای که در اختیار داریم بریزیم . دراینصورت با خوردن یک جرعه از محلول شیشه فوق میتوان براحتی قدرت آن و یا دمای نقطه نظیر آن از صفحه را تعیین کرد .

ولی چه عملی می‌توان انجام داد تا دوستان خوشگذران ما هر چه بیشتر در تقاطع مورد نظر گرد آیند ؟ نمی‌توان آنها را صدا زده و یا به آنها اشاره کرد زیرا در آنصورت بی‌نظمی سرگردانی آنها مختل می‌شود . پس چه می‌توان کرد ؟

پاسخ مساله در ساختن ابزار حیله‌گری است که یکبار دیگر براساس طرق استفاده از شانس ساخته شده باشد . اگر به مسیری که بطور ناگهانی به گوشه‌های صفحه منتهی میشود توجه کنیم ، در خواهیم یافت که امکان گفتن اینکه مسیر از کجا آغاز شده و به کجا ختم میشود وجود ندارد . و علت نیز این است که جهت حرکت ، در طول یک مسیربدون نظم ،از قاعده‌ای پیروی نمی‌کند . در نتیجه ، تنها آزمایش مسیرهائی که از نقطه مورد نظر منحرف میشوند و به گوشه‌ای از ظرف منتهی میگردند کافی است . در چنین صورتی براحتی می‌توان حرکت را معکوس کرده و مسیر را مشاهده کرد ،گوئی جهت حرکت بالعکس بوده است . یعنی گوئی مسیرهای مار بر نقطه فوق ، دمای گوشه‌هائی را که بدانها منتهی میشوند (و یا از آنها شروع به حرکت می‌کنند ــ که این موضوع بستگی به وضعیتی دارد که آنرا مورد مطالعه قرار می‌دهیم)

به این نقطه منتقل می‌کنند .

همین روش را عینا می‌توان در مورد شهر نیمه مست اجـرا کـرد . طریقه عمل بدین ترتیب است که بطور اختیـاری شخصی را که کـاملا مست است برمی‌گزینیم و پس از برچسب زدن ، وی را در تقاطعی کـه متوجـه آن هستیم رها می‌کنیم . درعین حال از صـاحبان کلیه فروشگاهها درخـواست می‌کنیم که در صورت ورود این شخص به مغـازه‌شان تلفنا بما خبـر دهند . همین عمل را با عده زیادی از فدائیان شیشه مشروب انجام میدهیم . پس از این مرحله تنها کاری که باید بکنیم این است که به انتظارتلفـن نشسته و شماره مغازه‌ای را که صاحب آن بما تلفن می‌کند یاد داشت کنیم . بعنوان مثال ، فرض کنید از مغازه‌های شماره ۴۰ ، ۴۰ ، ۶۰ ، و ۲۰ بما تلفن بزنند . در این صورت قدرت کوکتل در نقطه مورد نظر عبارت خواهد بود از .

$$\frac{1}{4}(۴۰+۴۰+۶۰+۲۰) = ۴۰^{\circ}$$

و بخاطر قیاسی که قبلا کردیم ، این مقدار همـان درجه حـرارت مربوط به نقطه نظیر صفحه است (۴۰°)

بنابراین مساله تعیین دمای یک نقطه از صفحه براحتی به تعییـن مسیرهـائی که از این نقطـه گذشته و به نقـاط انتهائی صفحـه با درجـه حرارت‌های مشخص منتهی میشوند و در نظر گرفتن این دماها منجرمیشود .

باید این موضوع را نیز در نظر داشت که این دماهای انتهـائی ، باید در حل مساله بحساب آیند و معین فرض شوند . دمای نقطه مورد نظر برابر خواهد بود با میانگین عددی دمای نقاط انتهائی که مسیرهـا ، پس از ترک نقطه بدانها منتهی میشوند .

این موضوع اساس کاربرد روش مونت‌کارلو در مسائـل مربوط بـه

هدایت گرما است .

ولی کـدام مرحله از چنیـن قیاسی مناسبتـرین قالب پدیـده را تشکیل میدهد ؟

در واقع ، عملی که ما تا کنون به انجام آن مشغول بودیم ساختن یک قالب برای پدیده هدایت حرارت بود . چون کوانتم حرارت بطـوربی نظم حرکت می‌کند بنابراین اساس کار ما نیز برای ساختن قالب‌این پدیده باید بر عدم ترتیب استوار باشد ، یعنی . تعدادی شخص مست‌که‌مسیرهای بدون قاعده‌ای را در شهر دنبال میکنند ، و این قالب بود که ما را در حل مساله یاری کرد .

قالبی برای شخص مست

تا کنون بحث مـا ، در باره حرکت بیقاعده‌ای کـه بوسیله شخص مست انجام میشود و بعنوان قالب واقعی بکار برده میشود بود . مـا حتی در مورد مستی شخص و اینکه آیا حرکات او بی نظم و بی قاعده هست یـا نه ، تردید داشتیم .

ولی برای حل مساله بوسیله یک کامپیوتـر الکترونیکی ، می‌تـوان بدون توسل به عده زیادی افراد الکلی ، مساله تولید کردن مسیرهای بـی قاعده را حل کرد . این عمل چگونه میسر است ؟

یکی از راههـای بدست آوردن مسیرهای بی‌قـاعده بترتیب زیر است . شبکه مستطیلی بسیار ظریفی را که گره به گره آنرا مورد بررسی قرار خواهیم داد ، در نظر می‌گیریم . گره دلخواهی از شبکـه را بعنوان نقطـه شروع ، انتخاب کرده (این نقطه در واقع نقطه نظیر تقاطع درشهراشخاص

مست است) و یکی از چهار راه ممکن را برمی‌گزینیم ــ بالا ، پائین ، راست و چپ ــ و در جهت انتخاب شده بطرف گره بعدی حرکت می‌کنیم .

چون مسیر باید کاملا بی‌قاعده باشد ، انتخاب هـریک از راههـا دارای احتمال یکسان است . بمنظور بی‌قاعده کردن جهت حرکت ، می‌توان از پرتاب دو سکه بطور همزمان استفاده نمود . با هر پرتـاب چهار حـالت ممکن وجود دارد . HH ، HT ، TH ، و TT ، که H بمعنای خط و T به معنای شیر است . سپس به هر یک از این نتایج ، جهت بخصوصی را نظیـر می‌کنیم ، مثلا . بطـرف چپ = TH بطرف راست = HT پائیـن = TT بالا = HH .واضحست‌که‌پرتاب دو سکه ، یک سری نتایج کاملا بیقاعـده را بدست خـواهد داد . پس روش عمل عبـارتست از پرتاب سکه‌ها ، تعییـن جهت ، و حرکت بسمت گره بعدی در جهت مشخص شـده ، و سپس پرتـاب دوباره سکه‌ها ، تعیین جهت بعدی ، حرکت در جهت دوم ، پرتاب سکه‌هـا برای مرتبه سوم ــ و به همین ترتیب . مسیری که بالاخره عاید می‌شود ، از تعداد زیادی خطوط مستقیم کوچک کـه موازی محورهای شبکـه می‌باشنـد تشکیل میشوند ، که به حرکت بیقاعده‌ای بر یک سطح صاف شباهت دارد .

بطورخلاصه: اساس و پایه روش مونت‌کارلو عبارتست ازجایگزینی ریاضیات بجای تجربیات فیـزیکی که شامل عوامـل شانسی باشند . تکـرار تجربه فیزیکی را می‌توان با تکرار محاسبات در قالب ریاضی نظیر تجربـه ، به همان تعداد دفعات وانمود کـرد . تنها مساله‌ای کـه ممکن است تولیـد اشکال کند . یـافتن و طرح قالب است . در صورت انجام عمل اخیـر ، هر مساله‌ای را میتوان با دشواری و زحمت بسیـار کمی توسط روش مونت کارلو حل کـرد ، زیرا تنها مسالـه نوشتن برنامه و دادن آن بـه کامپیوتر باقـی

می‌ماند . بهمین جهت روش مونت‌کارلو را می‌توان روش تجربه بشکل ریاضی و یا روش آزمون آماری نامید . در اینجا یکبار دیگر روی طبیعت تکراری این روش تاکید می‌کنیم .

در خاتمه متذکر می‌شویم که روش مونت‌کارلو تنها پس از وارد شدن کامپیوترهای سریع‌العمل به صحنه عملیات ، شروع به پیشرفت و ترقی نمود . کاربرد این روش در کتابها کاملا بی ربط و خارج از موضوع است زیرا کلیه محاسباتی که در حین بکار بردن این روش در تکنیک انجام میگیرند معمولا بر اساس نوع بخصوص و منحصر بفردی استوار هستند .

همچنانکه هیچ بشری ، حال هر قدر هم قدرتمند بود ، نمی‌توانست به تنهائی وبدون‌کمک ، هرم بزرگ خئوپس را بنا نهد ، هیچ بشری هم با دست خالی و بدون استفاده از کامپیوتر نمی‌تواند از روش مونت کارلو بهره برگیرد . روش مونت‌کارلو تنها شایسته کاربرد بوسیله کامپیوتر عظیم‌الجثه و سریع العمل است .

۳ - شانس در بازیها

بازیها ، زمینه بسیار غنی را برای مطالعه شانس فراهم می‌کنند . مقصود ما از یک "بازی" حالتی است که در آن دو نقطه متقابل دارای خواست‌های متضادی بوده و بر اساس چهارچوب بخصوصی ، قوانین مشخصی را اجرا می‌کنند . نظریه بازیها در این اواخر توجه عده زیادی را بخود جلب کرده است و این بخاطر مفید بودن آن در حل بسیاری از مسائلی است که در آنها عامل برخورد بچشم می‌خورد ، و بویژه مسائلی که در عملیات نظامی مطرح میشوند . معلوم شده است که بازیهائی که معمولا اطفال به

انجام آنها مشغول میشوند از قبیل " از من داری " "قایم باشک بـازی" و غیره و همچنین بازیهای سالمندان ــ مثلا ورق بازی ــ قالبهای سادهای را از بستگی که ممکن است بین دو کشور و یا می‌توان گفت بین دو تجارتخانه و غیره ، وجود داشته باشد تشکیل میدهند .

مهمترین کیفیت هر بازیئی ، حالت تهاجمی دو طرفی استکه در آن شرکت می‌جویند .

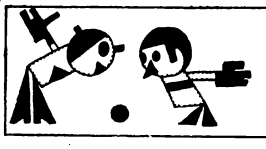
براحتی می‌توان رقیبی را که بی‌تجربه است در بازی شکست داد . کافی است یکی از اعمال او را که ناشی از سادگی و بی‌تجربگی اوست‌دنبال کنید . ولی فرض کنید که او وانمود به این بی‌تجربگی می‌کندو اینکه همواره در صدد انجام حرکت ظریفی است تا شما را درتله بیندازد .بعنوان مثال ، معمولا بازیگران بی‌تجربه شطرنج ، بـازی را می‌بازند زیرا در پی حرکـات نسنجیده و بیفایده‌ای هستند و گمان می‌کنندکه حریفشان متوجه بازی غلط آنها نیست . نتیجه نیـز معلوم است . تکیه بـر اشتباهات و بی توجهـی حریف ، کار صحیح و مفیدی نیست ، مهم این است که عملیات خود را بـر این فرض استوار کنید که حریفتان زیرک ، دقیق ، محتاط و تشنه بـردن از شما است . همچنانکه شما ، خود نیز چنین هستید .

ساده‌ترین حالتی که می‌توان نظریه بازیها را در مورد آن بکاربرد واقعا به تمام معنی ساده است . بازی مستلزم وجود دو نفر است کـه دارای خواست متضادی هستند . فرض کنید جدول مستطیل شکلی همچون صفحـه شطرنج در اختیار داریم که در داخل هر یک از مربعهای آن عددبخصوصی نوشته شده باشد . قانون بازی چنین دستور می‌دهد که بازیگر (A) هریک از ردیفهائی را که مایل است انتخاب می‌کند و بازیگر دوم (B) هریک از

ستونها را . نتیجه این حرکات بدست آمدن اعدادی است که در محل تقاطع سطر و ستون نامبرده واقع میشوند . البته فرض می‌کنیم که هر یک از بازیگران بازی خود را بدون توجه به بازی طرف مقابل انجام میدهد .

اگر در جلوی عددی که بدین ترتیب بدست میاید ، علامت مثبت باشد ، A برنده است ، و اگر علامت منفی باشد ، B برنده است . مقدار امتیازی که در هر حرکت بدست میاید برابر مقدار مطلق عددی است که در مربع بچشم میخورد . چنین بازی نشاندهنده عده زیادی از حالتهای تصادفی است که در هر روز با آنها مواجه میشویم .

مثلا جدول نشان داده شده در شکل ۴۶ را برای چگونگی انجام بازی در نظر بگیرید .



A \ B	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	-2	-1	4	-3
A_2	3	-2	-3	1
A_3	2	1	2	3
A_4	1	-4	-2	5

شکل ۴۶

بازیگر A با توجه به اعداد ، بزودی متوجه این موضوع میشودکه در صورتیکه بازیگر B چهارمین ستون مقابل خود را برگزیند ، با انتخاب چهارمین ردیف ، یعنی A_4 ، امکان برد بیشترین مقدار است . ولی او میداند که B آنقدرها احمق نیست و ممکن است بازی او را با B_2 پاسخ گوید و بدین ترتیب ۴ امتیاز برای خود کسب کند . بازی مشابهی برروی ردیف A_1 ، نتیجه بهتری را در مورد ۴ ردیف موجود بدست میدهد و منجربه دریافت نتیجه بدی از طرف بازیگر B میشود زیرا او بجز B_3 که بدترین نتایج را در بر خواهد داشت فقط یک راه چاره دارد .

بازیگر A این موضوع را که انتظار یافتن دو پرنده در یک بیشه و در یک زمان بیفایده است ، دریافته و به یک پرنده قناعت می‌کند . و بنا براین بدنبال حرکتی می‌گردد که ولو خیلی هم کوچک و بی ارزش باشد ، باز هم برد او را تضمین می‌کند . و چنین تصمیم میانه و متوسطی است که بزودی منجر به پاداشی برای او خواهد شد .

بازیگر A با مطالعه کامل جدول ، در می‌یابد که ردیف A_3 بهر صورت و بهر شکلی که حریفش بازی کند متضمن بردی برای او خواهد بود . بازیگر B نیز همین موضوع را حدس میزند . او می‌فهمد که هر بار بازیگر A ردیف A_3 را انتخاب کند هیچ چاره‌ای بجز هر چه کمتر کردن باخت خود بوسیله انتخاب ستون B_2 نخواهدداشت ، وبه‌این ترتیب درچنین بازی‌ئی مسلما یکی از بازیگران خواهد برد و دیگری (ناراحت کننده ولی حقیقت) خواهد باخت .

با این تجزیه و تحلیل مفصلی که بر روی بازی انجام گرفت ، یا بازیگرها تصمیم خواهند گرفت بازی نکنند زیرا نتیجه تقریبا واضح است .و یا بازیگر B قوانین بازی را مورد اعتراض قرارخواهد داد ، زیرا این قوانین تقریبا بر علیه او متمایل هستند .

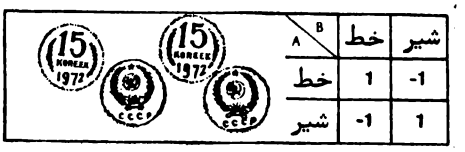
علت این نتیجه آنست که مناسبترین راه حل برای هر دو بازیگر مشخص است ، این بازی در مورد بازیگر A انتخاب ردیف A_3 و در مورد بازیگر B ردیف B_2 خواهد بود ، و همین بازی است که نتیجه عمل رابدون کوچکترین ابهامی مشخص میکند . در واقع مهمترین اصل در نظریه بازیها ، تعیین مناسبترین روش است .

نکته‌ای را که تا کنون مورد ملاحظه و دقت قرار دادیم ، مثال

واضحی بود که در آن هر بازیگر ۴ راه چاره‌داشت . ولی فرض کنید که این تعداد ، خیلی بیش از ۴ می‌بود ــ مثلا کلیه حرکاتی که یک بازیگر شطرنج در یک نوبت و بخصوص در اواسط بازی می‌تواند انجام دهد و یا تعداد تبدیلاتی که یک مهندس طراح باید حین توزیع انرژی بین چند کارخانه در نظر بگیرد . امروزه بوسیله کامپیوترهای سریع‌العمل ، کلیه راههای ممکن در یک حالت پیچیده را درنظرمی‌گیریم ومناسبترین‌روشرا انتخاب‌می‌کنیم . چنین کامپیوترهائی قادر به انجام صدها هزار عمل در هر ثانیه هستند . ولی قبل از اینکه بتوانیم کامپیوتر را آماده کار کنیم ، باید مطالعه دقیقی بر روی وضعیت مورد نظر انجام دهیم و جدولی نظیر آنچه که در بالابدان اشاره کردیم فراهم ، و در اینجاست که به مخمصه دیگری گرفتار می‌شویم . معمولا وضعیتی که مورد نظر ما است ، طوری است که نمی‌توانیم به آن دست یابیم ، حال هرچه می‌خواهیم کوشش کنیم . چنین وضعیتهائی بکرات در بازیها بچشم میخورند . در واقع ، در اکثریت قریب به اتفاق بازیها ، هیچگونه روشی که بتوان آنرا مناسبترین روش نامید وجود ندارد . دلیل این موضوع نیز آشکار است . اگر یک بازی دارای حرکت مناسبی‌باشد ، دلیلی برای انجام این بازی وجود ندارد (همچنانکه دوست بازیگر B ما در بازی فوق این موضوع را دریافت) . بمحض اینکه در یک بازی ، بهترین و مناسبترین حرکت یافته شود ، این بازی ، ارزش و جالب بودن خود را از دست خواهد داد . تنها بهمین دلیل است که در هیچ بازی با ارزشی ، حرکتی که بر دیگر حرکتها ارجحیت داشته باشد وجود ندارد . بازی ساده سکه مثال خوبی از این موضوع است .

بازی که اکنون به تحلیل آن می‌پردازیم به دو بازیگر که هر یک ، سکه‌ای در اختیار دارند محتاج است .

هر بازیگر ، بدون اینکه به سکه حریف خود توجهی داشته باشد سکه خود را در پشت دست قرار می‌دهد . سپس هر دو با هم سکه ها را رو کرده و مقایسه می‌کنند . اگر هر دو سکه یک رو را نشان دهند (هر دو شیر یا خط) بازیگر برده و بازیگر یک امتیاز به او می‌دهد . اگر سکه‌ها دو روی مختلف را نشان دهند (یک شیر و یک خط) بازیگر B برده وامتیازی از بازیگر A دریافت می‌کند . تا اینجا بازی بسیار ساده بنظر می‌رسد . جدول شکل ۴۷ دو امکانی را که برای هر بازیگر وجود دارد بطورکلی نشان میدهد .



A \ B	خط	شیر
خط	1	-1
شیر	-1	1

شکل ۴۷

ولی همچنانکه خواهیم دید ، این سادگی ، فریب‌آمیز است . اگر انتخاب مناسبترین راه حل در این بازی امکان پذیر بود بازیگران باید مدتی سر این مساله فکر می‌کردند .

فرض کنید بازیگر A از روش بخصوصی در این بازی پیروی کند ، بعنوان مثال . خط ــ خط ــ شیر ، خط ــ خط ــ شیر ، و بهمین ترتیب عمل خود را ادامه دهد واضحست که بمحض اینکه بازیگر B از موضوع آگاه شود فورا روش مخالفی را در پیش خواهدگرفت یعنی . شیر ــ شیر ــ خط ،

و بهمین ترتیب الی آخر. برنده مسلم این بازی در این شرایط بازیگر B خواهد بود. اگر A روش پیچیده‌تری را در پیش گیرد، پیدا کردن این روش برای B دشوارتر خواهد بود، ولی بمحض کشف این روش، باز هم او شروع به بردن خواهد نمود. بازیگر B در ضمن اینکه سعی می‌کند روش بازیگر A را بیابد، خود، روشی خواهد داشت که برد ویژه‌ای را در بر ندارد، و مقصود از انجام آن تنها برقرار کردن پیوستگی بازی است. در این مرحله، B تنها باید مطمئن شود که حرکات او بی قاعده است و این عمل را بوسیله پرتاب سکه درهوا انجام خواهد داد و بدین ترتیب انتخاب خود را به شانس محول خواهد کرد. در این صورت برد و باخت او با بی نظمی صورت گرفته و بطور متوسط یکدیگر را خنثی خواهند کرد. در عین حال، او باید توجه زیادی به بازی حریف خود داشته باشد تا روش او را بیابد، بمحض اینکه بازیگر B روش بازیگر A را یافت، خواهد توانست اقدامات مخالف را علیه اوطرح ریزی کندو همواره بردرا از آن خودنماید.

در نتیجه، با بکار بردن روش بخصوص و مشخص، بازیگر A همواره شکست می‌خورد. در حالیکه بازیگر B درحین کشف طریقه عمل A احتمال برد و باختش کمابیش یکسان است. اما در صورتیکه B از روش A آگاه شود، A تنها می‌تواند ببازد.

ولی چرا؟ چرا چنین است؟ چرا باید بازیگر A همیشه ببازد؟ مسلما هر دو بازیگر دارای فرصت‌های مساوی هستند، آیا اینطور نیست؟ نکته در اینجاست که A برای بدست آوردن پیروزی، روش معینی را در پیش گرفت. او بر طبق‌روش مشخصی عمل‌کرد که B توانست‌آنرا بیابد. تا زمانی که بازیگر B مشغول تعیین طریقه عمل بازیگر A بود، شانس هردو

مساوی بود ، ولی بمحض کشف این قاعده ، بازیگر A بازی را باخت .

بازیگر A می‌تواند روش عمل خود را گاه بگاه تغییر دهد و بدین ترتیب بازیگر B را مجبور به صرف وقت بیشتری برای تعیین روش خود بکند . ولی این موضوع نیز به وی کمکی نخواهد کرد . وضعیت ، درست مانند حالت قبل است . مادامیکه B منتظر فرصت است ، و به بازی بازیگر A دقیق شده است ، هر دو بازیگر شانس مساوی دارند ، ولی در صورتیکه B روش A را بیابد ، باز هم برنده مسلم بازی خواهد شد .

احتمالا خواننده به این موضوع توجه کرده است که دوره‌های زمانی بخصوصی وجود دارند که در طول آنها شانس هر دو بازیگر یکسان است . و همچنین اینکه این دوژها هنگامی فرا می‌رسند که برد و باخت ، بستگی به حرکت‌های کاملا شانسی دارد . و جالب‌توجه است اگر بگوئیم برای ناظری که بطور اتفاقی به بازی می‌نگرد . روشی که درحرکات بی‌قاعده دنبال میشود در چنین وضعیتی بهترین (مناسبترین) روش برای بازیگر است .

بازیگر A به این دلیل که با انتخاب روش بخصوص و مشخصی قانون مناسبترین روش را رعایت نمی‌کند موردتنبیه قرار می‌گیرد . بهترین شیوه در این بازی عبارتست از متکی بودن بر شانس ، زیرا هرچند این روش برد شما را تضمین نمی‌کند متضمن باختی نیز نخواهد بود ، و این بدان جهت است که بعلت بی‌قاعدگی روش شما ، حریف ، هیچگاه بازی بعدی شما را نخواهد توانست حدس بزند .

بنابراین در وضعیت‌هائی که در آنها عامل تصادف وجود داشته باشد ، شانس همچون پرده دوده‌ای رنگی عمل می‌کند که باعث گمراهی

حریف شده و کوششهای او برای درپیش گرفتن اعمالی که متضمن مقصودی باشند عقیم می‌ماند .

وانمود کردن رموز

از حالت رمز در آوردن موضوعات مثال خوبی است از حالتهای تصادفی که از آنها گفتگو کردیم . در این حالت نیز وضعیت عینا مانند مثالی است که هم اکنون آنرا تشریح کردیم ، هر گونه رمزی را می‌توان کشف کرد ، در صورتیکه بتوان قاعده و نظمی را در بین حروف پیغام یافت . یک قانون مبهم و پیچیده نیز مشابه پرده دوده‌ای رنگی است که به یکطرف کمک می‌کند تا در حالی که طرف دوم مشغول کشف رمز است ، مقصود خود را عملی کند . در اینجا نیز یکبار دیگر دو حریف وجود دارند . طراح قانون مورد نظر سعی می‌کند معنی پیغام خود را پنهان کند ، و حریف که کاشف رمز است ، سعی می‌کند معنی این پیغام را کشف نماید .

در بادی امر بنظر می‌رسد که این "بازی" بطور غیر منصفانه‌ای بر علیه طراح قانون انجام میگیرد زیرا بهر جهت او باید پیغامی را که دارای معنی است و حریفش مایل به کشف آن است ارسال کند . کاشف رمز نیز با در نظر گرفتن اصل مسلم زیر که مربوط به نظریه انفورماسیون[1] است ، در رسیدن به هدف خود اطمینان دارد .

" هر پیغام مرموزی را می‌توان بدو شرط زیر کشف کرد . ۱) طول آن بقدر کافی باشد . ۲) معنی داشته باشد " طراح نیز ، از چنین اصلی

---

1) Ihformation

آگاهی دارد و بنابراین سعی می‌کندرمز را بطریقی طرح کند که حریف ، هر چه بیشتر وقت خود را برای کشف آن صرف کند . هر گونه سرویس مخفی که عمل آن ارسال پیغامهای مهم است ، بر این اساس کار می‌کند .

موثرترین راه ارسال پیغامهای رمزی ، حذف خود پیغام از عامل انتقال است . البته دراین گفته تناقض بچشم میخورد . این عمل یا بوسیله انتخاب یک قانون بی قاعده و یا بوسیله ارسال تعدادی حروف و کلمات بی معنی صورت می‌پذیرد ، در حقیقت در پیش گرفتن چنین روشی باعث می‌شود پیغام به همان اندازه که از دشمن مخفی می‌شود بر گیرنده آن نیز پوشیده بماند . به همین جهت است که یک قانون بی قاعده را گاهگاه به وسیله حروف با قاعده و با معنی مختل می‌کنند . این روش باعث تولید بزرگترین اشکالات در سیستم کشف رمز دشمن میشود .

هنگامیکه کاشف رمز در یک قانون با پیغامی مواجه می‌شود ، اولین کاری که باید انجام دهد این ست که تعیین کند ، آیا این قانون با معنی است یا بی معنی ، و اگربا معنی بود ، کدامیک از نقاط پیغام ، دارای‌معنی ، و کدامیک بی‌معنی و درهم هستند . البته این مساله بسیارپیچیده‌ای است ، که حل آن مستلزم صرف وقت بسیار زیادی است . کشف رمز نقاط بامعنی در واقع چندان هم‌طول نمی‌کشد زیرا این عمل معمولا بوسیله یک کامپیوتر سریع‌العمل انجام میگیرد . پس می‌توانیم گفتار خود را بدین ترتیب پایان دهیم که ، در وضعیت‌های شامل برخورد ، که دو نقطه مقابل هم وجود دارند ، عامل شانس نقش مهمی را بازی می‌کند . این عامل ، باعث صلب هر گونه اقدامی از طرف دشمن شده و او را از بدست آوردن نتیجه مثبت باز می‌دارد . بنابراین درشرایطی که اعمال معین و مشخصی منجربه شکست

می‌شوند . وارد کردن یک عامل شانس امری ضروری است .

مهمترین و برجسته‌ترین نمونه کاربرد عامل شانس به این منظور، در رهبری یک نبرد بچشم میخورد . هرگونه برخوردی بین طرفین متخاصم مستلزم یافتن مناسبترین روش برای پیگیری نبرد است . و این همان است که انجامش تنها با اتکاء بر شانس میسر میشود . در اقتصاد ، وضعیتهای مختلفی بچشم میخورد ــ بویژه در شرایطی که رقابتی بین دول سرمایه‌دار وجود دارد ــ در آنها برد با کسی است که از بی‌قاعدگی پیروی می‌کند .

کاربرد شانس در شرایط تصادفی و برخورد از درک شرایط و همچنین ازاین موضوع‌که روش‌های بدون قاعده بهترین و مصلحت‌آمیزترین و متحمل‌ترین روش‌ها برای رسیدن به نتیجه مطلوب میباشند ، سرچشمه می‌گیرد .

آنان که شانس را بعنوان مطلوب‌ترین عامل برای رسیدن به مناسبترین نتیجه قبول ندارند همواره خواهند باخت .

٤-فراگیری، بازتاب های شرطی، وشانس

اکنون به مطالعه ، بر روی نحوه زندگی یک موجود زنده ، رشدآن ، تاثیرگذاری بر روی محیط ، و بازتاب‌های آن نسبت به محیط می‌پردازیم . این همان محیطی است که برای او حکم مادر ، پرستار ، آموزگار ، دوست ، دشمن ، و قاضی را خواهد داشت . " یک بشر فرزند مادر طبیعت و پدر شانس است " . این جمله‌ای است از " اس ــ لم " .[1] طبیعتا اگر قرار باشد

---

1)S.Lem

ارگانیسمی درمحیط بخصوصی زندگی‌کند ، بایدخود را با شرایط آن محیط وفق دهد ، این بدان معنی است که چنین ارگانیسمی باید عـاداتی را در خود تولید کند و مهارتهائی برای خود بوجود آورد کـه حیات را بـرایش قابل تحمل سازند .

ما ، نه بعنوان یک زیست‌شناس ، بلکه بعنوان فن شناسی‌که هدفش بکار بردن اصول حاکم بر طبیعت جاندار در ابزارهای مکانیکی است ، بـه مطالعه روندهای انطباق پذیری این ارگانیسم با محیط می‌پردازیم .

ساختن یک سیستم‌مکانیکی که انجام‌وظایف‌پیچیده‌ای را عهده‌دار باشد بسیـار دشوار است . بعنـوان مثال ، اگرچه بالا بردن میـزان تولید زنجیری[1] اتوموبیلهای ولگا ، عمل دشواری است ، ولی ازآن دشوارترانجام این عمل در مورد اتوموبیلهای چایکا است . ما باید روی کارآمدن هرنوع جدیدی از این ماشینها را که در عین حال پیچیده‌تر نیز هستند ، میـزان تولید زنجیری دیگـری را در نظر بگیریـم ، و در سالهـای بعدهنگامیکـه اتوموبیل چایکا از میدان عمل خارج شد و اتوموبیل کاملتری جـانشین آن گردید ، باز هم میزان تولید زنجیری تفاوت کرده و نوع متکاملتـری از آن لازم است .

ولی ما احتمالا می‌توانستیم از طریق دیگری واردعمل شویم . شاید می‌شد ایـن عمل را تنها بوسیلـه یک تولید زنجیـری ، و بطرزی کـه تمام تولیدات بعدی را نیز در بر داشته باشد انجام دهیم .

آیا این یک انتظار مسخره و بیجا است؟ نه ، ابدا اینطور نیست .

---

1) Production Line

از نظر تئوری ، انجام چنین عملی کاملا میسر است . پس در این صورت چرا چنین میزانی وجود ندارد؟

علت در این نکته نهفته است که تا کنون هیچکس طرز بدست آوردن آن را نیافته است ، و بهمین دلیل مهندسین در مطالعه رفتارهای ارگانیسمهائی که قادر به انجام اعمال مافوق تصور در مورد ماشینهای متکامل امروزی هستند ، اصرار می‌ورزند . قابلیت انطباق با محیط ، فراگیری ، و نوآموزی ، که صفت مشخصه تمام جانداران است باید اساس و زیربنای ساختمان ماشینهای آینده قرار گیرد .

منظور از "فراگیری" چیست؟ برای پاسخ به این پرسش باید به نکات متعددی توجه کنیم که در هر یک از آنها شانس نقش بسیار مهم و گاهی اوقات قطعی را ایفا می‌کند .

همچنانکه قبلا نیز اشاره کردیم ، فراگیری نیز مانند تطبیق ، بر اثر واکنش موجود زنده با محیط زندگیش ، و یا در اثر برخورد شاگرد با آموزگارش بوجود میاید . ما ، در مطالعه روند آموزش ، هنگام تعیین ارتباط بین شاگرد و آموزگار یکی از مهمترین و کاملترین سیستمهای آموزشی راکه تا کنون دراجتماع بشری وجودداشته است ، موردبررسی قرارخواهیم داد .

مرحله فوق به بحث اطاق درس مربوط میشود .

نوع دیگری از فراگیری ، بر اساس قابلیت تقلید شاگرد استوار است . در اینجا شاگرد سعی می‌کند کارهای آموزگار را عینا تکرار کند و آموزگار نیز بدون سهل‌انگاری ، اشکالات شاگرد را برطرف خواهد کرد .

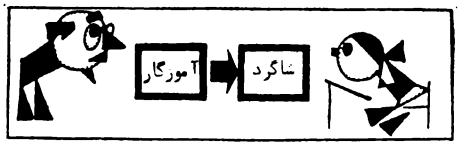
نوع سومی نیز در مورد عمل آموزش وجود دارد و آن آموزش تنها بوسیله محیط و بدون واسطه آموزگار بخصوصی است این نوع فراگیری را

را می‌توان خودآموزی نامید .

حال به بررسی هر یک از این روشها بطور مجزا می‌پردازیم .

آموزش در اطاق درس

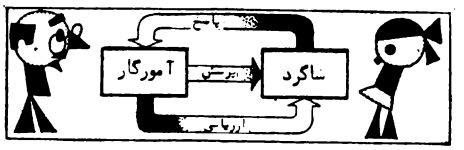
این عمل در دو مرحله انجام میگیرد . در طی اولین مرحله (شکل ۴۸) آموزگار درسی را که باید فرا گرفته شود برای شاگرد توضیح می‌دهد . شاگرد ، اطلاعات را دریافت می‌کند و پس از آنکه آنها را خوب درک کرد ،



شکل ۴۸

بخاطر می‌سپارد . در غیر اینصورت او چیزی نخواهد آموخت .

در این مرحله ، آموزگار از اینکه آیا واقعا شاگرد درس را می‌فهمد یا فقط وانمود به درک آن می‌کند ، اطلاعی ندارد . در نتیجه آموزش موثر مشروط بر آزمایش و ارزیابی میزان درک و ضبط اطلاعاتی که او به شاگرد می‌دهد ، می‌باشد . و این دومین مرحله در روند فراگیری تشکیل میی‌دهد . طرح این مرحله در شکل ۴۹ نشانداده شده است . آموزگار ، برای تعیین



شکل ۴۹

اینکه در مرحله اول شاگرد چه مقدار معلومات بخاطر سپرده است پرسشی

از او می‌کند . شاگرد پاسخی می‌دهد که معلم را قادر به ارزیابی معلومات وی می‌کند . سپس آموزگار ، شاگرد را از نتیجه ارزیابی خود آگاه می‌نماید . و بموجب آن شاگرد ، از میزان اطلاعاتی که کسب و درک کرده و بخاطر سپرده است ، آگاه میشود .

روند فراگیری با پایان یافتن درس و دادن پاداش و یا تنبیه شاگرد توسط معلم خاتمه می‌یابد . راههای بیشماری در تمام طول تاریخ تعلیم و تربیت مورد تجربه قرار گرفته‌اند و آموزگار می‌تواند با استفاده از این راهها ، شاگرد را تحت نفوذ خود درآورد . منظور از بوجود آمدن چنین نفوذی ، هدایت شاگرد در جهتی است که بتواند حداکثر استفاده را از توانائی خود برای کسب اطلاعات بطور صحیح ببرد .

رفتار و قدرت عمل ما بوسیله این سیستم بسیار محدود وسطحی است و مثلا نمی‌توانیم بکمک آن بسوالهای زیر پاسخ دهیم . شاگرد چگونه اطلاعات را دریافت می‌کند ؟ او چگونه این اطلاعات را بخاطر می‌سپارد و درست فهمیدن آنها مستلزم چه چیزی است ؟ این سئوالات به فیزیولوژی تعلیمی مربوط بوده و خارج از بحث ما هستند . ما تنها کافی است تاکید کنیم که چنین سیستم آموزشی مستلزم وجود معلوماتی است که قبلا مهیا شده و می‌توان آنها را به شاگرد منتقل کرد ، و بعدها بکار او خواهد آمد .

بهمین دلیل است که سیستم اطاق درس ، سیستمی است که بطور رسمی ، در مدارس ، کالجها ، و دانشگاهها مورد استفاده قرار می‌گیرد .

بطور خلاصه ، برای علمی بودن سیستم اطاق درس باید ــ قطع نظر از شاگردان ــ شروط زیر نیز برقرار باشد .

۱ ــ آموزگار درموردیک درس معلومات کافی داشته باشد و بتواند

مطالب خود را بخوبی تشریح کند .

۲ – روشی برای بررسی میزان پیشرفت شاگرد وجود داشته باشد ، و این بازخوری است که بین شاگرد و آموزگار برقرار است .

این سیستم هم دارای فوائد و هم دارای نقایصی است . از میان فوائد آن ، می‌توان این حقیقت را ذکر کرد که این سیستم باعث میشود فراگیری دروس مختلفی همچون ریاضیات و فیزیک درست مانند مفاهیم و موضوعات بسیار زیادی که از دروس تاریخ و جغرافی کسب می‌شود ، برای شاگرد امکان‌پذیر گردد .

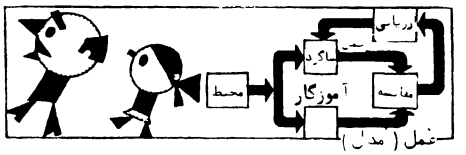
معهذا سیستم کلاس درس با سیستمی که در طی آن بتوان هر موضوعی را به شاگرد آموخت فاصله زیادی دارد . بعنوان مثال ، آگاهی از قوانین منطق باعث نمی‌شود که شخصی منطقی فکر کند ، یا تجزیه و تحلیل روندهای بازسازی ، کسی را خلق نمی‌کند ، و همچنین مطالعه برروی اعضاء ، و خصوصیات حس درک معمولا انسان را قادر به بالا بردن میزان درک خود نمی‌کند . این مقوله از علم بشر ، مستلزم پیدایش روند دیگری است ، که ما آنرا آموزش تقلیدی می‌نامیم .

آنچه من می‌کنم ، انجام بده

در شرایطی که آموزش در کلاس درس تنها سیستمی است که در جامعه بشری متداول است ، آموزش تقلیدی دامنه عمل بسیاروسیعتری دارد و بوسیله تمام حیوانات مورد استفاده قرار می‌گیرد .

آموزش تقلیدی بدینصورت انجام می‌گیرد . آموزگار و شاگرد ،خود را در شرایط ویژه‌ای می‌یابند ، و هر یک ، بدون توجه به دیگری و بطور

مستقل ، عملی انجام میدهند . سپس نتیجه اعمال آنان مقایسه شده و در صورتیکه شاگرد مرتکب خطائی شده باشد ، آموزگار وی را در مورد خطـایش نصیحت می‌کند . در حقیقت (و معمولا نیز واقعیت امر چنین است)آموزگار به شاگرد خود میگوید . " آنچـه من می‌کنم ، انجـام بده " و ایـن اساس آموزش تقلیدی است ، که طرح آن در شکل ۵۰ نمایش داده شده است .



شکل ۵۰

در اینجا ، وضعیت بخصوصی که در محیط موجود است ، بـر روی شاگرد و آموزگار اثر می‌گذارد . آموزگار هیچگـونه توضیحی مبنی بر اینکـه شاگرد چه روشی را اتخاذ می‌کند تا بهترین نتیجه را بگیـرد ، نمی‌دهـد . ولی در عوض قالبی برای رفتار مناسب در اختیار او میگذارد دراین شرایط رفتار شاگرد با آموزگارش مقایسه شده و هر گونه اختلافی تصحیح می‌شود .

خصوصیت این روش آن است که معلم ، خود ، باید بتواند عمـل صحیح را انجام دهد . حال ، اینکه او عمل را بخاطر سپرده و یـا نسپرده باشد مهم نیست . دستورالعمل نیز بیش از آن بصورت متنی باشد کـه در مورد طرز عمل ، در شرایط بخصوص طرح شده است ، بمنزله توضیحی است برای مناسبترین رفتار .

آموزش بوسیله توضیح دادن مطـالب ، اساس روش دستـور العمل است ، که پیشه وران و صنعتگران از آن استفاده می‌کنند . تقلید ازمثالهای بخصوص، بهترین و مناسبترین روش برای بـدست آوردن تخصص در یـک

پیشه بخصوص است .

مثال دیگری را در نظر می‌گیریم . آینه‌هائی که در ورزشگاهها نصب می‌شوند ، نه برای وقت گذرانی ورزشکاران ، بلکه بمنظور وارسی شخصی در حین انجام عملیات ورزشی نصب می‌شوند .

هواخواهان مسابقات ورزشی نیز ، نه برای ارضاء خود ، بلکه برای مشاهدهٔ ورزشکاران رتبه اول و در واقع برای تقلید از آنان به تماشای مسابقات می‌پردازند .

ادبیات خلاق نیز تنها بازتابی از محیط نبوده بلکه مثالهای بی شماری را برای آموزش خوانندگان خود ، در بر دارد ــ آشکار شده است که مطالعه نقش بسیار اساسی و موثری را در قالب ریزی شخصیت فرد ایفا می‌کند . قهرمانهای ادبی که ما به آنها علاقمندیم ، در واقع اشخاصی هستند که ما سعی می‌کنیم رفتار خود را برطبق رفتار آنان تنظیم کرده و از آنها تقلید کنیم .

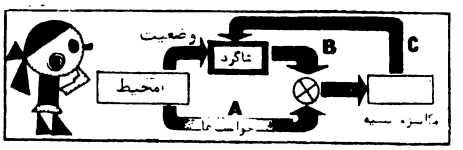
این روش فراگیری در بین تمام انواع جانوران ، و بویژه دربین پرندگان و پستانداران رایج است . پرورندگان قناری ، بخوبی از این نکته آگاهی دارند . برای اینکه پرنده جوان شروع به خواندن کند ، باید معلم کارآزموده‌ای را برای او در نظر گرفت . هر دو پرنده را در یک قفس قرار می‌دهند و شاگرد ، رفتار استاد خود را تقلید می‌کند . اگر شاگرد ، بنیه خوبی داشته باشدبزودی قفس از نظر نوع آوازخوانی پرندگان ، در رتبه‌های عالی قرار خواهد گرفت ، ولی اگر آموزگار مانند خروس آواز بخواند ، شاگردش نیز بزودی بانگ خروس را آغاز خواهد کرد .

"پرندگانی که همگی از یک تیره بخصوص هستند ، نمونه بسیار

خوبی برای روند فراگیری از طریق تقلید بشمار میآیند . "

خود آمـوزی

خودآموزی متداولترین نوع روند فراگیری است . این روش بسیـار سطحی و ساده است و طرح آن در شکل ۵۱ نشانداده شده است .



شکل ۵۱

در این روش، هم آموزش و هم ارزیابی نتایج، بطور توام وتوسط محیط انجام میگیرد . شاگرد بوسیله محیط ، مورد احاطه قرار گرفته است . وی با محیط در تماس است و نسبت به آن عکس العمل نشان میدهد . هـر محیطی دارای ویژگی مخصوص بخود است و نیازهای بخصوصی را بر تمـام اشیائی که آنهـا را فرا گرفته است ، اعمـال میکند . در شکل میبینیم کـه چگونه عوامل محیط از طریق مجرای A ، شاگرد را تحت تاثیر خود قـرار میدهند . رفتار شاگرد یا نیازهای محیط را بر میآورد و یا به انجام آنهـا منجر میشود، و این موضوع از طریق مجرای B بـه محیط " اطلاع " داده میشود . این بدان معنی است که هنگامیکه شاگرد بـا وصفیتهـای مختلفی مواجه میشود ، الگوهای مختلفی برای رفتار خود بوجود میاورد که بوسیلـه محیط ، تحت کنترل قرار میگیرند . لازم به تذکر است که مجراهای A و B و غیره، بستگیهای منطقی را که ارتباطی را بین شاگرد و محیطش بوجـود آورده و سیستم آموزشی واحدی را تولید میکنند نشان میدهند . البته در

اینجا مجراهای کاملا مشخصی را همچنانکه در سیستم کلاس درس داشتیم نمی‌توان در نظر گرفت ، معهذا ارتباطاتی وجود دارند که بعضی از آنها دارای قدرت زیادی میباشند .

با دقت دیگری بر روی شکل می‌توانیم بیفزائیم که محیط ، همچنانکه متذکر شدیم ، شاگرد را به یافتن قانون بخصوصی برای عمل ، رهنمون میشود . اگر شاگرد ، خواستهای محیط را بطول کامل ، برآورد ، یعنی هرگاه او برطبق قانون تکلیف شده ، رفتار کند (و این موضوع بوسیله مقایسه رفتار شاگرد ، با قانون مورد نظر مورد بررسی قرار می‌گیرد . این بررسی درشکل ، بوسیله خطوط متقاطع داخل دایره نشان داده شده است) ، مجرای تنبیه ($\bar{C}$) وارد عمل نمیشود . ولی اگر شاگرد در رفتار خود ، به مخالفت با محیط بپردازد . (بوسیله برنیاوردن نیازهای آن) مکانیزم بخصوصی برای تنبیه بکار می‌افتد و از طریق مجرای C اخطاری مبنی بر نقض شرایط قانون محیط ، به شاگرد می‌دهد . احتمال اینکه مکانیزم تنبیه عمل کند ، و همچنین شدت عمل آن ، هم به میزان تخلف شاگرد ، و هم به قوانین محیط بستگی دارد . نکته جالب و قابل توجه ، این است که وقوع عمل تنبیه ــ و بنابراین فراگیری ــ تا حد زیادی بستگی به شانس دارد . بعنوان مثال ، هرگاه شخصی قوانین رفت و آمد (ترافیک) را در خیابانها نقض کند ، انجام عمل تنبیه ، مسلم نیست . هر چه میزان نقض این قوانین بیشتر باشد ، احتمال جریمه و تنبیه شدن بیشتر است ، ولی همین تنبیه نیز بستگی به اقبال او دارد . از طرف دیگر هرگاه او در مورد پریدن از پنجره طبقه دهم یک آسمانخراش ، بی‌دقتی بخرج دهد ، تنبیه صددرصد و کاملا جدی خواهد بود .

نتیجه اینکه ، اگرچه کسی قالب صحیحی را برای رفتار ، به شاگرد تحویل نمیدهد ، ولی او بتدریج اعمالش با صحت انجام خواهد گرفت . شاگرد ، راه خودآموزی را بدون کوچکترین ارزیابی بخودهموار می‌کند ، ولی این عمل توام با مصائب و بدبختیهائی که بر او نازل میشوند و بوفور در محیط وجود دارند انجام میگیرد .

همچنانکه مشاهده می‌شود . شاگردی که خود آموزی کند ، از خطاهای خود درس خواهد گرفت . و تمایلات او در این روش ، چندان اهمیتی ندارند . هر قدر تعداد خطاهای او بیشتر باشد ، سرعت فراگیری او بیشتر خواهد بود . آشکار است که این روش که بر" فراگیری از روی اشتباهات مقدماتی‌تر" استوار است ، و مهمترین روشی است که برای فرا ـ گیری در طبیعت موجود است .

یادآوری می‌کنیم که خودآموزی بهیچوجه امکان فراگیری بکمک تنبیه را از بین نمی‌برد . ولی آموزش از روی تجارب صحیح و مثبت ، معمولا نتایجی بهتر از آموزش بوسیله تنبیه ، در بر دارد .

ولی اساس فراگیری چیست؟

پاسخ را می‌توان در این جمله یافت که "حافظه نقش اساسی را در روند فراگیری ایفا می‌کند" . ولی حافظه بخودی خود و به تنهائی منجربه فراگیری نمی‌شود .

یادداشتی بنام حافظه

فرض کنید ، شخص فراموشکاری را می‌شناسیم که بطور مطلق همه چیز را فراموش می‌کند . درعین حال ، اوقادراست چیزهائی راکه می‌خواند ،

بفهمد و درک کند . برای اینکه این شخص قادر به زندگی و کار در محیط خود باشد ، بایدشخص دیگری ، کلیه دستورالعمل‌ها را بطور مفصل جمع‌آوری کرده و طرز استفاده از آنها را به او دیکته کند . این دستورالعمل‌ها ، رفتار مخصوص به هر یک از جانوران را نیز شامل می‌باشند (برای یک لحظه فرض می‌کنیم که چنین عملی امکان‌پذیر است) . دراین صورت ، دوست کم‌حافظه ما ، دارای یادداشتی خواهد بود که قادر است آنرا در زیر بازوی خود نگهدارد . آیا می‌توان گفت چنین شخصی یک زندگی طبیعی را می‌گذراند ؟ البته نه . حیات ، پرسشهای متعدد ، و پی‌درپی‌را که بایدآنا " به آنها پاسخ گوید از او خواهد کرد ، و این چیزی است که او قادر به انجام آن نیست ، زیرا برای یافتن پاسخ هر پرسشی ، باید دفترچه خود را از اول ورق بزند ، بدون شروع دفترچه از اولین صفحه (و هر بار از اولین صفحه) او نخواهد توانست حتی یکقدم نیز بسوی هدف خود بردارد ــ حتی اگر این تحقیق برای برداشتن قدم بعدی باشد .

نتیجه اخلاقی که از این داستان می‌گیریم ، این است که حافظه محض، برای آموزش و پیشرفت رفتار کافی نیست . چگونگی استفاده از حافظه نیز دارای اهمیت شایان توجهی است ، و استفاده ازحافظه هیچ رابطی به آگاهی از ترتیب استفاده از دستورالعمل‌ها ندارد (و یا نگاه اجمالی به این دستورالعمل‌ها) ، بلکه چیزی که مهم است انگشت گذاردن بر روی نقطه مورد نظر از حافظه میباشد . بعنوان مثال ، هنگامیکه از عرض خیابان عبورمی‌کنیم ، باید از قوانین راهنمائی و رانندگی پیروی کنیم ، نه از قوانینی که دیروز در حین صرف ناهار رعایت می‌کردیم . ولی چگونه می‌توان قابلیت جالب توجه و مهم حافظه انسان را که نه تنها مقدار زیادی از اطلاعات را در خود ذخیره

میکند ، بلکه همچنین قادربه انتخاب فوری هر یک از محفوظات لازم‌است ، تشریح کرد ؟

برای پاسخ دادن به این پرسش باید به مساله بازتاب‌های شرطی توجه کنیم .

بازتاب شرطی چیست ؟

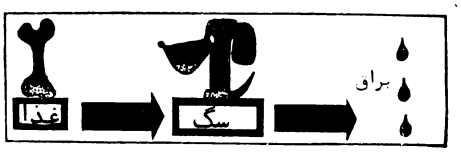
بازتاب شرطی ، عکس العمل عادی‌یک ارگانیسم نسبت به تحریکات ویژه است . این عادت در نتیجه اقامت مکرر ارگانیسم در یک وضعیت بوجود می‌آید . مثلا یک شخص بالغ هیچگاه به عضلات خود اجازه نزدیک شدن به آتش را علیرغم زیبائیش نمی‌دهد . از سوی دیگر ، اطفال ، اجسام شعله‌ور را با شوق لمس می‌کنند . زیرا آنها هنوز بازتاب شرطی حافظ خود را در این مورد تشکیل نداده‌اند . تنها پس از اینکه چند بار دچار سوزش و درد شدند ، از بازی با آتش خودداری خواهند کرد . همین قابلیت است که ما آنرا بازتاب شرطی مینامیم آیا بچه در این روند چیزی نیزمی‌آموزد ؟ بله ، در واقع او چیزهای زیادی می‌آموزد . او مکانیزم حفظ کننده‌ای بدست می‌آورد که از ترس از آتش تشکیل میشود . او همچنین فاصله گرفتن از آتش را نیز فرا می‌گیرد .

یک ارگانیسم حتی در شرایط غیر طبیعی نیز بازتاب شرطی را در خود بوجود می‌آورد . این عکس العمل‌ها را بطور مصنوعی نیز می‌توان تولید کرد . بدون شک خواننده راجع به تجربیات مشهوری که بوسیله فیزیولوژیست نامی روسی ایوان ، پ ، پاولوف انجام شد و در ضمن آنها او موفق به بوجود آوردن بازتاب‌های شرطی مصنوعی در حیوانات شد .

اطلاعاتی دارد . روشی که او در این تجربیات بکار برد بطور خلاصه بشرح زیر بود .

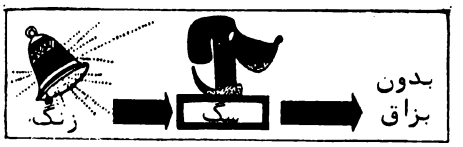
غذائی در مقابل سگی گذاشته شد و در نتیجه آن بزاق سگ شروع به ترشح کرد . (لازم بتذکر است که ترشح بزاق درمجاورت غذا ، بازتاب غیرشرطی است ــ خصوصیت ذاتی که بوسیله وراثت منتقل میشود .)

عمل این بازتاب در شکل ۵۲ تشریح شده است . ورودی یعنی همان "غذا" بر روی سیستم یعنی "سگ" اثر کرده است (سهم سمت چپ) و به ترشح بزاق که ما آنرا دشکل باخروجی "بزاق" نشان دادهایم منجرمیشود .



شکل ۵۲

درابتدای تجربه بزاق سگ تنهابواسطه غذا ترشح می‌شد ، تحریکات دیگر ــ مثلا تحریکات صوتی ــ منجر به ترشح بزاق نمی‌شدند ، شکل ۵۳



شکل ۵۳

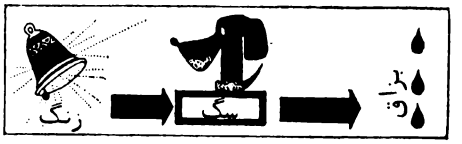
سپس، پاولوف به تحریک غذائی سگ ، یک تحریک صوتی را نیز افزود . در حالی که به سگ غذا داده می‌شد ، زنگی نیز بصدا درآمد ، بطوریکه هر دو تحریک زنگ و غذا ، بطور همزمان انجام میشدند . همچنانکه در شکل ۵۴ نشانداده شده است ، سیستم یعنی سگ ، اکنون دارای دو نوع ورودی بود .

"غذا" و "زنگ". یکی از این ورودیها، یعنی "غذا" بدون شک علت ترشح "بزاق" بود. ورودی دیگر، یعنی "زنگ" بخودی خودهیچگونه عکس العملی در سیستم تولید نمی‌کـرد. این ورودی، تنها همراه بـا ورودی "غذا" بـه سیستم اعمال می‌شد. به این ترتیب سگ، بر اثر تحریک همزمـان دو ورودی شروع به ترشح بزاق نمود.

شکل ۵۴

پس از اینکه تجربه فوق بطور مکرر انجام شد، عکس العملی کـه سگ نسبت بـه تحریک زنگ بعلاوه غذا نشـان داد، درست مـانند عکس العملش نسبت به تحریک غذا بعلاوه زنگ و یا تحریک غذا بتنهائی بود.

بنابراین بازتاب شرطی‌ئی که سگ قبلا قادر به انجام آن نبود بطور مصنوعی شروع به تشکیل نمود. (شکل ۵۵)



شکل ۵۵

چگونه چنین حالتی بوجود آمد؟

در سیستم عصبی سگ، حلقـه ارتباطی‌ئـی بین علائم غذا وزنـگ تشکیل می‌شد و آنچنان قـوی می‌گردید که یکی از علائم می‌تـوانست بـدون حضور علامت دیگر جانشین آن شود و این عمل بدون هیچگونه تغییـری در

عکس العمل ارگانیسم انجام می‌گرفت . اشتباه است اگر فکر کنیم کـه سگ قدرت تمیز دادن دو علامت را از دست داد ، و اینکه ، در مورد سگ ، این دو تحریک بصورت تحریک واحد و همجنسی برای ترشح بزاق در آمدنـد . این فکر کاملا اشتباه است .

سگ ارتباطی بین دو تحریک مختلف بوجود آورد ، و این ارتباط بدین صورت بود که علامت "غذا" که ترشح بزاق را موجب میشد ، همواره بوسیله علامت "زنگ" دنبال میگردید .

تذکر ایـن نکته لازم است کـه پاولوف بجای عـلامت "زنـگ" می‌توانست هرگونـه علامت دیگری را کـه مشخص بوده و باعث تـرس سگ نمی‌شد بکار برد ، مثلا علامت نوری ، یا نوازش ، و غیرو .

علیرغم این موضوع که تحریکات فوق دارای خصایص و ویژگیهای مختلفی هستند ، در صورت وجودشان بازتاب شرطی مربوط به آنها تشکیل میشد ، و این عمل بوسیله حسهای مختلف سگ مانند شنوائی ـ بینـائی ، لامسه و غیره انجام می‌گردید .

بزاق سگ در قبال کلیه تحریکات فوق عکس العمل نشان می‌داد و با اینکه تحریکات ارتباطی به عمل هاضمه و یا اعمـال فیزیولوژیکی دیگـر ندارند ، شروع به ترشح می‌کرد .

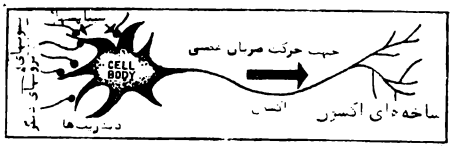
یکی از عوامل در روند فراگیری ، تشکیل بازتاب‌های شرطی‌است ، زیرا بین اعصاب مربوط به حسهای مختلف ، ارتباط بوجود می‌آیـد و در نتیجه عکس العمل‌های یکسانی نسبت به تحریکات نظیر این حسها ظاهـر میگردد .

ولی این بازتاب‌های شرطی چگونه تشکیل میشوند ؟

برای پاسخ دادن به این پرسش باید ساختمان دستگاه عصبی را مورد مطالعه و دقت قرار دهیم .

ساختمان دستگاه عصبی

دستگاه عصبی یک موجود زنده از تعدادزیادی سلولهای بخصوص بنام "نرون[1]" تشکیل میشود . هر چه ارگانیسم پیچیده‌تر باشد تعداد نرونهای متعلق بآن بیشتر است . بعنوان مثال ، دستگاه عصبی انسان ، در حدود ده هزار میلیون (یک و ده صفر در مقابل آن) نرون را شامل میباشد . طرح ساختمان یک نرون در شکل ۵۶ نشان داده شده است .



شکل ۵۶

نرون از یک جسم مرکزی که زوائد متعددی بنام دندریت[2] وزائده طویل و نخ مانندی که در انتها به درخت شباهت دارد و موسوم به آکسون[3] است و از آن منشعب شده است تشکیل می‌یابد .

تحریک عصبی از دندریت‌ها به جسم سلولی و از آنجا به آکسون انتقال میابد و در طول آن شروع به حرکت میکند ،تا به شاخه‌های انتهائی آن برسد . این شاخه‌ها معمولا در مجاورت دندریتهای نرونهای بعدی قرار دارند . هنگامیکه یک ضربان عصبی باعث تحریک یک نرون میشود ، این

---

1)Neuron 2)Dendrite 3)Axon

نرون آنرا به نرونهای دیگر منتقل می‌کند و این نرونها بنوبه خود همین عمل را در مورد نرونهای بعدی انجام میدهند و عمل بهمین ترتیب ادامه می‌یابد . آشکار است که تماس بین نرونها در فاصله بین آکسون یک نرون‌و دندریتهای نرون بعدی صورت میگیرد . اگر این دو ، باندازه کافی بیکدیگر نزدیک باشند ، اتصالی که آنرا سیناپس[1] می‌نامیم تشکیل میشود . این اتصال ، دو نرون را در یک نقطه به یکدیگر وصل می‌کند . سیناپس ، به مقاومت در مدار الکتریکی شباهت دارد . اگر مقاومت زیاد باشد . ارتباط بین دو نرون ضعیف است بطوریکه تحریک یکی از نرونها باعث تحریک نرون بعدی نمی‌شود و این بدان معنی است که علامت منتقل نمیگردد . از سوی دیگر هرگبوجودنرون اول تحریک میشود .

تحریک نرونها بصورت "همه یا هیچ" صورت می‌گیرد . بعبارت دیگر ، نرون ، یا مورد تحریک قرار میگیرد و یا تحریک نمیشود . یا ضربان عصبی را در طول آکسون خود بطرف اتصال سیناپس با نرونهای دیگرمنتقل می‌کند و یا نمی‌کند . حقیقت این است که برای حساسیت نرون ،آستانه‌ای وجود دارد . هرگاه مقاومت سیناپس از مقدار معینی بیشتر باشد . تحریک منتقل نمی‌شود .

ولی مقاومت اتصال سیناپسی قابل تغییر است ، و قانونی که در مورد تغییرات آن صادق است بوسیله د . او[2]. هب خلاصه شده است ومتن آن بصورت زیر میباشد .

"هنگامیکه دو نرون ، دارای اتصال سیناپسی باشند و بطور همزمان

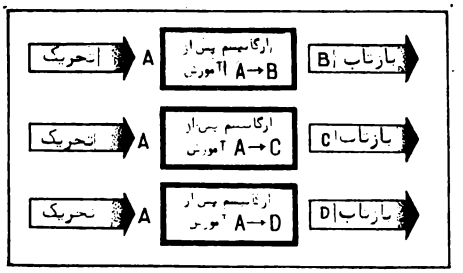
---

1) Synapse 2) D.O.Hebb

تحریک شوند . مقاومت سیناپس فوق کاهش می‌یابد " بعبارت دیگر ، اگر دو نرون مجاور هم ، بطور همزمان و بدفعات مختلف تحریک شوند ، مقاومت سیناپسی که آندو را بهم متصل می‌کند ، کم می‌شود و حتی ممکن است این تنزل ، مقاومت سیناپس را از مقدار بحرانی نیز کمتر کند . در اینصورت تحریک یک نرون منجر به تحریک نرون دیگر میشود . شرح مساله بدین ترتیب است . در حین تحریک ، ماده پایداری که از مقاومت سیناپس می‌کاهد ، در اتصال سیناپسی تشکیل میشود . ولی در صورتیکه تحریکی به وقوع نپیوندد این ماده تجزیه می‌گردد ، بطوریکه سیناپس ، حالت تحریک همزمان را "فراموش می‌کند" نتیجه این است که ، کاهش مقاومت سیناپس بصورت حامل در ارگانیسم عمل می‌کند . سلول مقدماتی حافظه نیز از سیناپس مجزا تشکیل میشود .

طبیعتا ، جهتی که بوسیله ضربان‌های عصبی در دستگاه عصبی دنبال میشود . بوسیله مقاومتهای سیناپسی که با آنها مواجه می‌شوند ،کاملا حساب شده و معین است . بطوریکه برای مقاومتهای سیناپسی مختلف ، یک تحریک بخصوص موجب پیدایش عکس العمل های مختلفی می‌گردد .

این موضوع در شکل ۵۷ بصورت طرحی نمایش داده شده است . در اینجا ، یک تحریک ، به ارگانیسم مشخصی اعمال می‌شود ، ولی این تحریک در مواقع مختلف و پس از فراگیری‌های بخصوصی انجام شده است . بعنوان مثال ، بصدا درآمدن زنگ ، ممکن است ترشح بزاق را در یک سگ موجب شود و این در صورتی است که قبلا این تحریک ، توام با تحریک غذا بوده باشد . همین زنگ ممکن است باعث برانگیخته شدن خشم سگ گردد ، و این در صورتی است که قبلا بهنگام صدا کردن زنگ ، با چوبی سگ را



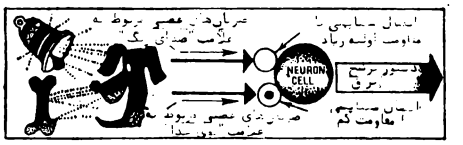
شکل ۵۷

اذیت کرده باشیم . در هر صورت ، زنگ تحریک را موجب می‌شود ولی پس از دومین جلسه فراگیری ، عکس العمل سگ ، در قبال این تحریک ، نسبت به گذشته کاملا تفاوت خواهد کرد . مثلا آنچه که در اولین مثال باعث خوش خلقی سگ شده بود ، در مثال دوم باعث خشم و بداخلاقی سگ میگردد .

چگونگی تشکیل بازتاب‌های شرطی

اکنون معلومات ما بقدری است که می‌توانیم به تشریح چگونگی تشکیل بازتاب‌های شرطی بپردازیم . تجربه "زنگ ـ غذا ـ بزاق" را که اندکی پیش از این ذکر کردیم دوباره یادآور می‌شویم .

ضربان‌های عصبی مربوط به "زنگ" و "غذا" هر یک راه بخصوصی را در سلسله اعصاب طی کرده و در دستگاهی که تنظیم میزان ترشح بزاق را تحت کنترل دارد ، به یکدیگر برخورد می‌کنند . چون واقعه "زنگ زدن" در



شکل ۵۸

ابتدا باعث ترشح بزاق نمی‌شد ، مقاومت سیناپس مربطه برای شروع عمل بسیار زیاد بوده است . (شکل ۵۸) .

پس از انجام تجربه "غذا و زنگ" این مقاومت بر طبق قانون هب ، کاهش یافت و نرون مربوط به ترشح بزاق ، بوسیله زنگ شروع به تحریک شدن نمود . بمحض وقوع چنین رویدادی ، بازتاب شرطی ، تشکیل گردید . از اینجا مشاهده می‌کنیم که تشکیل یک بازتاب شرطی به دو عامل بستگی دارد . یکی از این عوامل ، تعدد دفعات وقوع تحریک برای کم کردن مقاومت سیناپس مربوطه است . عامل دیگر عبارتست از نقاط تقاطعی که در سیستم عصبی وجود دارند و باعث ادغام دو تحریک میشوند (و به این ترتیب در تشکیل بازتاب شرطی دخالت می‌کنند)

اولین عامل ، تنها یک فراگیری ساده است ، درحالیکه دومی ، ساختمان بخصوصی را در مورد سیستم عصبی ایجاب می‌کند . از اینجا نتیجه مقدماتی زیرا را می‌گیریم که ، هر ارگانیسمی قادر به تشکیل هرگونه بازتاب شرطی در خود نیست . قابلیت بازتابی مشروط یک سیستم عصبی ، و یا بعبارت دیگر قابلیت آن برای تحصیل بازتاب شرطی وبنابراین قابلیت فراگیری آن ، بطور اساسی بوسیله تعداد سیناپسهائی که این سیستم شامل باشد مشخص میشود . این سیناپسها خود باید از نوع بخصوصی باشند . هر چه تعداد اتصالات سیناپسی بیشتر باشد ، تعداد بازتاب‌های شرطی ممکن ـ الوصول برای ارگانیسم بیشتر خواهد بود و بعبارت دیگر ، قابلیت ارگانیسم برای تطبیق با محیط ، بیشتر شده و ظرفیت آن بالاتر می‌رود و ارگانیسم باهوش تر خواهد شد .

در اینصورت مشاهده می‌کنیم چیزی که اهمیت دارد تعداد قشرهای

مغز نیست ، بلکه مهم ، ساختمان داخلی مغز است .

اکنون می‌توانیم مکانیزم یادآوری را ، که باعث بخاطرآوردن موضوعات ، در ارگانیسم میشود ، تشریح کنیم .

همین مکانیزم است که بدون تلاش فکری از طرف ارگانیسم ، موضوعات لازم به یادآوری را در وضعیت‌های مختلف زندگی به او یادآور می‌شود .

واضحست که یادآوری خود بخود ، به نوع پیچیده‌ای از بازتاب شرطی مربوط است . هنگامیکه ارگانیسم چندین بار با وضعیت بخصوصی مواجه میشود . بازتاب بخصوصی را که باعث پیوستگی علائم عصبی تعیین کننده شرایط برای ارگانیسم میشود ، تشکیل میدهد .

پیدایش بازتاب‌های ، ترس و اجتناب از آتش نمونه بسیار آشکاری است از اینکه چگونه وضعیت " آتش" بدون استفاده از شعور و یا فکر ، عکس العمل ترس و اجتناب را موجب میشود .

یادآوری خودبخود ، هیچگونه لزومی را برای رجوع به‌حافظه ایجاب نمی‌کند ، و احتیاجی به بازپرسی در یادداشت حافظه نیست ، زیرا این یادآوری ، صفحه مورد نظر را بخودی خود ورق می‌زند . درضمن ، متوقف شدن مکانیزم فوق ، بوسیله وضعیت خارجی تعیین میشود . تنها کاری که ارگانیسم باید انجام دهد ، انجام دستوراتی است که درصفحه نامبرده مربوط به حافظه درج شده است .

قبلا متذکر شدیم که کاستن مقاومت سیناپس به فراگیری مربوط است . پرسش این سئوال که ، در ارگانیسمی که تازه متولد شده است مقاومت‌های سیناپسی بچه چیز شباهت دارند ، کاملا طبیعی است . اگر کلیه

سیناپسهای آن ، دارای مقاومت‌های زیاد باشند ، ارگانیسم قادر به انجام هیچگونه کاری نخواهد بود ، و به آسانی می‌توان دریافت که در چنین صورتی ، قابلیت فراگیری هیچ موضوعی را نیز نخواهد داشت ، زیرا برای تشکیل هر بازتاب شرطی ، وجود حداقل چند سیناپس با مقاومتهای کم لازم است . معلوم شده است که سیستم عصبی یک نوزاد ، بطور ذاتی ، دارای تعدادی سیناپس کم مقاومت است که آنها را از پدر و مادر خود به ارث می‌برد . این سیناپس ها رفتار فوق العاده ساده کودک را معین می‌کنند . قابلیت بلع ، گریه ، و غیرو . و این اعمال به بازتاب‌های غیر ـ شرطی موسومند .

این بازتاب‌ها ، نوزاد را قادر به زندگی ، و در موقع خود ، قادر به تشکیل اتصالات سیناپسی کم‌مقاومتی که اساس تشکیل بازتاب‌های شرطی بعدی را (که مرتبا پیچیده‌تر خواهند شد) می‌دهند ، می‌نمایند .

فرضیه ساختمان بی قاعده (شانسی) مغز

قبلا ملاحظه کردیم که تشکیل بازتاب‌های شرطی به ساختمان سلسله اعصاب مربوط است و بوسیله تعداد ارتباطات حاصل بین نرونها معین میشود . تشریح (آناتومی) اینگونه اتصالات ، که بین هزاران میلیون نرون در سیستم عصبی بدن انسان موجود است کار بسیار دشوار و پرزحمتی است . معهذا در این جهت گامهای بزرگی برداشته شده است .

معلوم گردیده است که تغییرات بسیار زیادی درطول نرونهاوجود دارد . بعضی از نرونها تنها با نرونهائی که در فاصله بسیارکمی ازآنها قرار دارند می‌توانند تماس برقرار کنند . انواع دیگردر فواصل زیاد نیز

این تماس را برقرار میکنند (تا ۵۰ سانتیمتر) . نرونهائی وجود دارندکه با عده محدودی از نرونها در تماسند ، و عده دیگری با هزاران نرون مرتبطند . مغز ، هرگونه اتصالی را که بتصور برسد شامل میباشد .

مطالعه بر روی ساختمان مغز منجر به کشف بسیار بسیار جالب دیگری شد . دانشمندان نتوانستند یک نوع ارتباط را در دو نقطه مختلف مغز بیابند . بعلاوه ، اکنون معلوم شده است که موضوعاتی از قبیل ، قابلیت و نبوغ ــ و همچنین نقطه مقابل این موضوعات ــ ، بطور موروثی انتقال نمی‌یابند ، و همچنین اینکه ساختمان سیستم عصبی حتی در نزدیکترین خویشاوندی‌ها (پدر و مادر ــ فرزند) ثابت نمیماند .

گذشته از این موضوع ، واضح شده است که اطلاعات وراثتی نمی‌توانست بطور کامل ، دستورالعمل‌های مختلف را برای میلیاردها ارتباط نرونی ، در دستگاه عصبی پیچیده ارگانیسم شامل باشد . آشکار است که عاملین (حاملها) وراثت تنها عده محدودی از ارتباطات نرونی را که تکامل و پیشرفت دستگاه عصبی و بویژه مغز را موجب میشوند ، منتقل می‌نمایند . شبکه اصلی ارتباطات نرونی ، بعدها تشکیل می‌شوند و این تشکیل ، تا حد زیادی شانسی و بی‌قاعده است . در نتیجه ، شبکه واقعی نرونهای یک شخص ، اساسا شانسی و بنا براین منحصر بفرد است . تنها استثنائی که در مورد این قاعده وجود دارد سیناپسهائی هستند که عاملین پیدایش بازتاب‌های غیر شرطی هستند ، زیرا این بازتاب‌ها ارثی میباشند .

بنابراین مشاهده میشود که عده‌ای از سیناپس ها که از طریق شرایط مختلف بوجود آمده‌اند (شرطی) می‌توانند بوسیله وراثت منتقل گردند . این موضوع ، نوزاد را قادر می‌کند از تعدادی ازتجربیات پدر و

مادر خود استفاده نماید .

موضوعی که ذیلا آنرا تشریح می‌کنیم تحقیقی است بر این مدعا .

در طی یک آزمایش، مـوش سفیدی ، بر اثر شنیـدن صدای زنـگ بازتاب شرطی مربوطه را در خود بوجود آورده است . این زنگ هر بار قبل از غذا دادن به موش ، و بمدت ۵ ثانیه بصدا در می‌آمد . در ابتدای کـار ۲۹۸ بار تجربه ادغام تحریکهای زنگ و غـذا تکرار شد ، تا اینکه بازتـاب شرطی مربوطه در موش بوجود آمد .

همین آزمایش عینا بر روی فرزندان موش فوق الذکر تکرار گردید ، ولی در مورد این نسل ، ۱۴ بار تکرار تجربه غذا ــ زنگ برای تشکیل بازتاب شرطی کافی بود . نسل سوم به ۲۹ تجربه مکرر نیازمند بود . و بـرای نسل چهارم ۱۱ بار انجام تجربه کافی بود . در حالی که نسل پنجم ، تنها بـه ۶ تجربه نیاز داشت . این بدان معنی است که اگر بازتاب شرطی ، خود به وسیله وراثت منتقل نشود ، قابلیت تشکیل آن منتقل میشود . و این واقعیت که سیستم عصبی دارای ساختمان بی‌قاعده‌ای است ، دارای اهمیت بسیـار زیاد است . در حقیقت ، هنگام انتقال کیفیات به اطفال ، برای اینکه آنها از یک زندگی طبیعی برخوردار گردند ، باید پدر و مادر پیشامدهای غیـر طبیعی را که خودشان با آنها مواجه نشده‌اند ولی ممکن است فـرزندانشان دچار آنها شوند ، در نظر داشته باشند . درنتیجه ، این مساله که ساختمان اساسی ارگانیسم کودک از عوامل شانسی تشکیل میشوند و قابلیت تطابق با شرایط جدید و پیش بینی نشده‌ای را دارند که پدر و مـادر از آنها هیـچ نمی‌دانند ، بسیار مهم است .

بنابراین ، مشاهده می‌کنیم که بی‌نظمی در ساختمان مغز و دستگاه

عصبی ، تطبیق پذیری را از یک نسل به نسل بعدی افزایش می‌دهد و نامحدود بودن امکانات تکاملی آنرا تضمین می‌کند .

۵- شانس و شناسایی

در فصل پیش دیدیم که ساختمان بی‌نظم و بی قاعده سیستم عصبی ، از طریق عکس العمل نسبت به محیط ، برای تشکیل بازتاب‌های شرطی که نوع رفتار ارگانیسم را نسبت به محیط مشخص میکند امکان‌پذیر است .

ارتباط مستقیمی بین بازتاب‌های شرطی و این موضوع که ارگانیسم ، هرگونه وضعیتی را که با آن روبرو می‌شود ، درک می‌کند ، وجود دارد . حل این مساله قدم بزرگی در روند انطباق ارگانیسم با محیط است .

نکته در اینجاست که هیچ دو نوع وضعیتی همانند هم نیستند . حتی بیشترین کوششها برای تکرار یک تجربه با شکست مواجه می‌شود و اختلافاتی بین این تجربه با تجربه‌های دیگر وجود خواهد داشت . در شرایط طبیعی ، اختلاف بین حالات مشابه بسیار زیاد است . هر وضعیتی که ارگانیسم با آن مواجه می‌شود . وضعیتی جدید است . ولی همچنانکه قبلا دیدیم ، برای تشکیل یک بازتاب شرطی (بوسیله کم کردن مقاومت سیناپس، تا حد لازم) یک وضعیت مشخص بایدبدفعات متعددتکرار گردد . در اینجا ما به یک تناقض آشکار برمی‌خوریم . وصفیتهای مشابه موردلزومند ولی وجود ندارند .

ولی باز هم ، با تمام تقریباتی که در تکراریک وضعیت بطوریکسان وجود دارند ، بازتاب‌های شرطی به تشکیل و تکامل خود ادامه می‌دهند . و

به این ترتیب تحقیق میشود که " ارگانیسم مکانیزم بخصوصی برای درک وضعیت‌ها وجود دارد " ، و این مکانیزم است که به ارگانیسم اجازه میدهد وضعیتهای مشابه را به یکسان بشمار آورد و رفتار خـود را در قبال آنهـا تنظیم کند .

در روند شناسائی ، وضعیت‌ها بدون توجه به جزئیات و بـدون لزوم وجود تفاصیل ، درک میشوند . بعبارت دیگر ، ارگانیسم "تصور کلی" از شرایط محیط بدست می‌آورد و این تصور را با تصوراتی که درحافظه‌اش نقش بسته است، مقایسه میکند و بدین ترتیب آنرا درک می‌نماید .

نتایج این روند شناسائی ، باعث تشکیل الگوی بخصوصی بـرای ارگانیسم میگردد ، که بوسیله شرایط موجود ، در وضعیتهای مشابه بوجود آمده است . البته ، هرگاه ارگانیسمی خود را بـرای اولین بار در گیـر یک وضعیت ببیند ، باید الگوی جدیدی بسازد . بنابراین هـر عملی بوسیلـه شناسائی انجام می‌گیرد .

ولی بطور دقیق شناسائی چیست ؟

بمعنای وسیع کلمه ، منظـور از شناسائی ، روندی است کـه درآن پدیده‌هـای بخصوصی را (تصاویر) بـه دسته‌هائی بنام اشکـال تخصیص می‌دهیم . بعبارت دیگر ، شناسائی ، مستلزم دریافتن این موضوع است که یک پدیده مشخص بـه دسته معینی از پدیده‌هـا که در بعضی حـالات بـه یکدیگر شباهت دارند ، تعلق گیرد . مثلا روند دسته بندی و چیدن عکسهای مربوط به انسانها ، در دو دسته "مرد" و "زن" ، نوعی شناسائی است . هر عکسی بتنهائی تصویری است که بایدشناخته شود ، یعنی به یکی از دسته‌ها (یا اشکال) ارجاع شود .

در صورتیکه طرح زیر بنای شناسائی بطور واضح معین باشد (طرحهائی که بما ، در طبقه بندی اشیاء به دسته‌های مختلف کمک میکنند) عمل شناسائی بسهولت انجام می‌گیرد . بعنوان مثال ، براحتی می‌توان بین یک سروان و یک ستوان فرق گذاشت و این عمل بوسیله دیدن سردوشی‌آنها انجام میگیرد . در این حالت شناسائی تنها بستگی به مشاهده طرح دارد .

البته در عمل ، به مسائل شناسائی بسیار پیچیده‌تری برخورد می‌کنیم ، که در آنها تعداد طرحهای مورد تشخیص بسیار زیادند و چیزی‌که هست ، طرحها نیز ناشناخته هستند . در چنین شرایطی ، یافتن فرمول ساده‌ای برای شناسائی غیر ممکن است .

مرد ، یا زن ؟

ذکر چند مثال بحثهای ما را در این مورد روشن تر خواهند کرد . اولین مثال مربوط به تشخیص جنس اشخاص است .

تقسیم‌بندی کلیه انسانهای بالغ به دو دسته ــ مرد و زن ــ ، بوسیله صور خارجی ، مثالی است از شناسائی . یک نظر برای تشخیص اینکه یکنفر مرد است یا زن کافیست . ولی در واقع چگونه تعیین می‌کنیم کدام جنس مربوط به چه کسی است ؟ پاسخ به این پرسش چندان هم ساده نیست . بیائید به بررسی متحمل‌ترین پاسخها بپردازیم .

پاسخ شماره ۱) . "مردها شلوار بپا می‌کنند ، زنها دامن می‌پوشند . بنابراین هرگاه شخصی شلوار بپا کند مرد است و اگر دامن بپوشدزن است . " بی‌کفایتی و نقص این پاسخ را می‌توان با اشاره به این نکته یادآور شدکه بعضی از زنها شلوار را به دامن ترجیح میدهند (و معهذا زن می‌مانند) و

و البته مـردان اسکاتلندی نیز بـا دامن‌های کوتاهی کـه خودشان دامـن مردانه‌اش می‌نامند ، رفت و آمد می‌کنند . بهر صورت ، مشکل بتوان یک‌زن را با یک مرد اشتباه کرد حتی اگر او شلوار بپا کرده باشد .

پاسخ شماره ۲) . "مردها موی سر خود را کوتاه نگاه می‌دارنـد ، زنها موی خود را بلند می‌کنند . بنابراین . . . . " واضحست کـه هـرگـاه ملاک در نظر گرفتن این موضوع باشد ، هر زنی را با موی پسرانه باید مـرد انگاشت و هر مرد مو بلندی را باید به سلک زنان در آورد .

هرگـاه به تشریح نکـاتی چند از این قبیل بپـردازیم ، به نتیجه متناقضی بر می‌خوریم که حاکی از آنست کـه از روی خصوصیات ظاهـری ، نمی‌توان بین مرد و زن فرق گذاشت . معهذا ، هر شخصی عملا قـادر است بدون کوچکترین اشکالی این تفـاوت را قائل شود . چگونه می‌تـوان چنین نکته‌ای را توضیح داد ؟

نکته در اینجاست که ، در هر یک از این پاسخها ، مـا می‌خواستیم طرح کاملا قطعی را برای تمایز بین زن و مرد بدست آوریم . البته اگر تمدن ما را مجبور به پوشیدن لباس نمی‌کرد ، براحتی می‌شداین تشخیص را انجام داد . تمدن ، ما را از تعیین یک معیار قطعی ظاهری باز می‌دارد .

در واقع صورتهای ظاهری بسیارزیادی برای چنین تشخیصی وجود دارند ، ولی هیچیک از آنها بتنهائی برای حل مساله‌کافی نیستند . می‌توان مساله تشخیص اشکال صوری را بطور کلی مورد بررسی قرار داد . مثلا چگونه شخصی می‌تواند بدون توجه به اندازه ، تمایل ، ویا شکل حروف الفبا ، آنها را بشناسد ؟ آیا می‌توان دستگاهی نیز بدین منظور ساخت ؟

مثال دوم چندان روشن و برجسته نیست ، ولی اهمیت آن نیز در

کارهای روزانـــه بشر کمتر مثال اول نیست . در حقیقت چنیـــن مثالهائـــی بودندکه درابتدای کارباعث جلب‌توجه انسان به مساله شناسائی‌گردیدند .

مساله مربوط است به تشخیص ناخوشیها و امراض.

قبل از اینکه پزشکی ، به معالجه مریض بپردازد ، بـــاید شرایط او را تشخیص بدهد . ایـــن روند شناسائی بـــه معرفهای بخصوصی در مـــورد وضعیت مریض در هنگام سلامتی ، مثلا در مورد فشار خون ــ دمای بـــدن ، نوارتحریکات قلبی وغیرونیازمنداست . بابکاربردن این " عوامل ورودی " ، پزشک قادر به تشخیص بیماری است . او چگونه این عمل را انجام میدهد . واضح است که تشخیص یک بیمـــاری احتیاج به تجارب زیادی دارد ، زیـــرا تعیین شرایط در حالت مورد نظر دشوار است . هنگامیکه اطباء حـــاذق در شرایط بحرانی به تشخیص نـــاخوشی می‌پردازند ، از روشهـــای موجود در هیچیک از کتب علمی استفاده نمی‌کنند بلکه این عمل را با اتکاء به درکی که در طی تجارب چندین ساله خود از موضوعات بدست آورده‌اند انجـــام میدهند . ولی بطور دقیق "درک" چیست ؟ آیا می‌تـــوان بوسیله توجه بـــه خواهر ، بیماری را تشخیص داد ؟

آیا می‌توان دستگاهی بمنظور انجام این مهم ساخت ؟

این پرسشها ، مجازا " ، همان پرسشهائی هستند که در حین گفتگو در مورد شناسائی اشکال بآنها برخوردیم .

هر دو مساله حل شده‌اند .

ماشینهائی که حروف را بخوانند و ماشینی که بیمـــاری را تشخیص بدهد ساخته شده‌اند ــ و کار می‌کنند . و موضوع بدینجا خاتمه نمی‌یابـــد . ماشینهائی نیز ساخته شده‌اند که می‌توانند حروف ادا شده ازطرف انســـان

را درک کنند ، و حتـی ماشینهائی وجود دارند کـه رایحه‌هـای مختلف‌را تشخیص میدهند . مهندسین اکنون به کار کردن و طراحی سیستمهائی بـر اساس اعضاء حسی موجودات زنده پرداخته‌اند .

ولی ما هنوز هم میخواهیم بدانیم که طـرز شناسائی یک وضعیت چگونه است . به بررسی مثال ساده‌تری می‌پردازیم . رونـد شناسائی عـدد "۵" را نیز در نظر می‌گیریم .

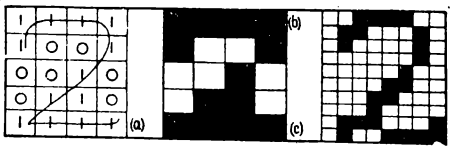
چون شناسائی لزوما به اشکال دیگری که در حین روند شناسـائی از بین می‌روند ، احتیاج دارد ، بهمین جهت بمنظور درنظـر گرفتن ایـن اشکال دیگر ، عدد "۲" را نیز در نظر می‌گیریم .

ما ، بندرت این دو عدد را با یکدیگر اشتباه می‌کنیم و مثلا یکی‌را بجای دیگری می‌نویسیم . چگونه چنین عملی را انجام می‌دهیم ؟ درحـال حاضر ، صرفا "می‌توان پاسخهائی به‌این سئوال داد . ولی روشهای مختلفی برای تشخیص اشکـال وجود دارند ــ روشهائی‌کـه اساس نظریه شناسـائی (خواندن) را در ماشینها تشکیل میدهند .

بقانون درآوردن یک تصویر

اولین عملی که باید انجام دهیم ، بقانون درآوردن تصویر مورد نظراست . این عمل رابشرح زیرانجام میدهیم . جسم مورد تجزیه و تحلیل را در روی شبکـه‌ای که به سلولهـای جداگـانه‌ای منقسم شـده است قـرار می‌دهیم . به هر سلولی که قسمتی از شیٔ آنرا بپوشاند ، عدد ۱ وبه سلولی که در این عمـل دخالتی نداشته بـاشد عدد صفر را اختصـاص می‌دهیم . مثالی از چگونگی انجام این عمل در مورد عدد "۲" ، در شکل ۵۹ (الف)

نمایش داده شده است .



شکل ۵۹

بنابراین ، نتیجه تصویری خواهد بود متشکل از صفرها و یک ها . این تصویر را بوسیله قانون عددی تصویر ، تبدیل می‌کنیم و با پشت سرهم نوشتن ردیف‌های شبکه آنرا چنین می‌نویسیم .

۱۱۱۱	۱۰۰۱	۰۰۱۰	۰۱۱۰	۱۱۱۱
۱	۲	۳	۴	۵

ردیف‌ها

تصاویر مختلف دارای قالبهای مختلفی خواهند بود . واضحست‌که تصاویر (ولی نه اشکال) یکسان دارای قالبهای یکسان هستند ، و بالعکس . بطور کلی قالب هر تصویری در روی این شبکه بشکل دنباله زیر نوشته خواهد شد .

$$a_1,\ a_2,\ \ldots,\ a_{20}$$

که در آن هر یک از حروف نشاندهنده صفر و یا واحد بوده و زیرنویس آنها نشاندهنده یک سلول از شبکه است (شکل ۵۹) . در اینجا ما شبکه‌ای‌را با ۲۰ سلول در نظر گرفتیم ، که همچنانکه در شکل ۵۹ (ب) نمایش داده شده است ، تصاویر را بشکل ناواضح و خشنی بقانون در میاورد . در این شکل سلولهای منقب بواحد برنگ سیاه نمایانند .

برای اینکه تصویر را بطور ظریفتر و دقیقتری بقانون در آوریم ، باید

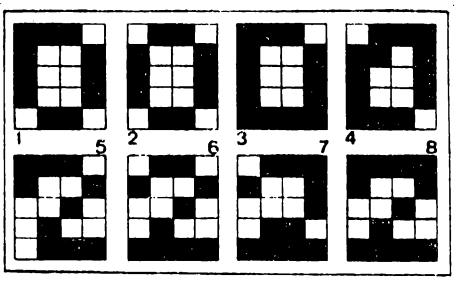
از شبکه‌ای که تعداد سلولهایش بمراتب بیشتر است استفاده بکنیم . شکل ۵۹ (ج) همان تصاویر را بر روی شبکه‌ای که ظرافتش دو برابر اولـی است نشان میدهد .

از اینجا این نتیجه آشکار عاید می‌شود که هر چه شبکه ظریفتـر باشد ، دقت نمایش تصویر بیشتر خواهد بود .

چگونه "۰" را از "۲" تمیز دهیم ؟

ما اکنون مساله اساسی را که درآن بین دوتصویر متعلق به صفرها و دوها ، باید تمایز قائل شد مورد بررسی قرار میدهیم .

چهار نماینده مختلف برای هر یک از دسته‌ها در شکل ۶۰ نشان داده شده است . قالبهای مربوطه در جدول شکل ۶۱ رسم شده‌اند .



شکل ۶۰

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
„0"	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0
	2	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0
	3	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
	4	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0
„2"	5	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
	6	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
	7	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
	8	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1

شکل ۶۱

درمورد طرحهای ۱ تا ۳ داریم . برای هریک از تصاویر "۰" ۱

$$a_9 = a_{13} = a_{16} = \begin{cases} 1 & \text{"۰"} \\ 0 & \text{"۲"} \end{cases}$$

درمورد طرح ۴ داریم .

$$a_{14} = \begin{cases} 0 & \text{"۰"} \\ 1 & \text{"۲"} \end{cases}$$

این بدان معنی است که سلولهای ۹ ، ۱۳ ، ۱۶ ، و ۱۴ دارای اطلاعات مجزائی در مورد دسته‌ها میباشند ، و حال آنکه سلولهای دیگر دارای چنین خاصیتی نیستند . چون توجه ما به طرحهای شامل اطلاعات معطوف است ، می‌توانیم سلولهای دیگر را حذف کنیم و تنها همین ۴ سلول را در نظر بگیریم . در اینصورت تصاویر شکل ۶۰ بصورت نمایش داده شده در شکل ۶۲ در می‌آیند .

شکل ۶۲

اکنون می‌توانیم مشاهده کنیم که هر یک از این طرحها ، برای تمیز دادن تصاویر از یکدیگر کفایت می‌کنند . قانون تصمیم گیری را برای تشخیص "صفر"ها از "دو"ها می‌توان بشکل زیر و برحسب طرح اولی نوشت .

تصویر متعلق به "صفر" است $a_9 = 1$ هرگاه

" " " " ۲ " است $a_9 = 0$ "

قوانین تصمیم گیری برای سه طرح دیگر را نیز می‌توان بهمین ترتیب بدست آورد .

هر یک از این قوانین تصمیم‌گیری ، تصاویر مربوطه را با دقت

مناسبی تعیین می‌کنند ــ تا کنون هیچگونه تداخلی در کار ما بچشم نمیخورد . در شرایط تداخل ، خطاهائی در بقانون درآوردن تصاویر بوجود خواهند آمد ، زیرا یک "۱" ممکن است بطورشانسی بجای یک "۰" ظاهر شود ، و یا بالعکس. هنگامیکه چنین اتفاقی بیفتد ، طبیعتا قانون تصمیم‌گیری نیز باید طوری باشد که در چنین مواردی دقت را بالا برد . قانونی که هر چهار طرح را شامل میشود بصورت زیر نوشته میشود .

تصویرمربوط است به "۰" $a_9 + a_{13} + a_{16} + \bar{a}_{14} > \delta$ هرگاه

" " "۲" " " " $a_9 + a_{13} + a_{16} + \bar{a}_{14} < \delta$ "

که δ مقدار آستانه را نشان می‌دهد و هنوز نامعین است

دراینجا علامت $\bar{a}$ را بدین ترتیب برگزیدیم

$$\bar{a} = \begin{cases} ۱ \text{ هرگاه } a = ۰ \\ ۰ \text{ " } a = ۱ \end{cases}$$

که موسوم است به خنثی سازی و یا بازگردانی

مقدار آستانه δ را نیز بدین ترتیب بدست میاوریم ، که هرگاه تداخل موجود نباشد ، خواهیم داشت .

$a_9 + a_{13} + a_{16} + \bar{a}_{14}$ برای یک "۰" ۴

" " "۲" ۰

و اگر تداخل وجود داشته باشد ، مجموع ، بین صفر و ۴ باقی خواهد ماند . طبیعی است که تعیین آستانه ، بعنوان نصف مجموع بصورت زیر انجام میگیرد . $\delta = \frac{۱}{۲}(۴+۰) = ۲$

بنابراین قانون تصمیم‌گیری ما ، درحالت نهائی بشکل زیردرمیاید .

$$a_0 + a_{13} + a_{16} + \bar{a}_{14}$$ بزرگتر است از ۲، تصویر مربوط است به یک "۰"
هرگاه کوچکتر " " " " " " "۲"

این قانون حتی در شرایط تداخلی که دو سلول بحرانی (قبلا دیدیم که سلولهای بدون اطلاعات در تعیین نوع تصویر دخالتی ندارند) پاسخ غلط بدهند، بدون هیچگونه اشتباه و اشکالی بکارخود ادامه میدهد.

حال فرض کنید بخواهیم با بکار بردن قانون فوق، بین تصاویری که قبلا با آنها برخوردی نداشته‌ایم، فرق بگذاریم. آیا می‌توانیم به موفقیت خود اطمینانی داشته باشیم؟

نه، البته که نمی‌توانیم در این مورد مطمئن باشیم. ممکن است یک تصویر آنچنان مختل شده باشد که قانون تصمیم‌گیری قادر به انجام عمل نباشد، ولی در واقع این یک حالت تصنعی است و عملا با آن مواجه نخواهیم شد. اگر تنها سعی کنیم که قانون را گول نزنیم (زیرا طبیعت هیچگاه بطور عمد، دست به فریبکاری نمی‌زند، اینشتین، این موضوع را با عبارت زیربیان کرد "خداوند (طبیعت) حیله‌گراست ولی غرض ورز نیست".) کاری را که باید، انجام داده‌ایم.

در شکل ۶۳ تصاویر جدیدی از "۰" و "۲" نشان داده شده است، که براحتی می‌توانید حدس بزنید که بطرز نمایانی توسط قانون تصمیم‌گیری ما قابل درک هستند. خواننده می‌تواند تصاویر متعددی از این قبیل بکشد

شکل ۶۳

و قانون فوق را در مورد آنها بکار برد .

این حقیقت که تشخیص تصاویر ناشناخته ، بوسیله قانونی که بر اساس تصاویر دیگری طرح ریزی شده است امکان پذیر است دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد . قدر مسلم این است که قانونی که براساس چند طرح ــ و یا ترکیباتی از این طرحها ــ بوجود آمده باشد ، اطلاعاتی را درمورد طرحهای دیگری از این دسته نیز در بر دارد[1] ، و همین موضوع است که ما را قادربه بکاربردن قانون تصمیم‌گیری بخصوصی برای طرحهای ناآشنا میکند .

ولی تذکر این نکته لازم است که ما با در نظر گرفتن این موضوع توانستیم قانون تصمیم گیری را بسازیم که طرحهای ما کاملا واضح بودند و بوسیله آزمایش ساده‌ای مشخص می‌شدند . ولی اگر تصاویر آنچنان پیچیده و مبهم می‌بودند که مشاهده ساده‌ای ، بتنهائی برای تعیین طرح آنها کافی نبود چه می‌کردیم ؟ در آنصورت چه می‌شد ؟

در چنین حالتهائی ، روندهای مربوط به فراگیری بکمک‌مامیایند ، و برای بحث در مورد آنها باید از دستگاههای آموزشی بخصوصی که برای تشخیص تصاویر نشان داده شده بکار می‌روند ، استفاده کرد .

حال به طرز کار این ماشینها توجه می‌کنیم . ماشین مورد نظر ما ، پرسپترونی[2] است که توسط دانشمند آمریکائی فرانک روز نبلات[3] ساخته

---

۱) بعنوان مثال حروف چاپی و حروف خط نستعلیق به دو دسته مختلف تعلق دارندکه می‌توان بین دودسته ، تمایزقائل شدو درعین حال شباهتی را بین حروف متعلق به هر دو دسته تشخیص داد . (م)

2)Perceptron 3)Frank Rosenblat

شده است . (نام پرسپترون از کلمه لاتین پرسپتو بمعنی "درک‌کردن "مشتق شده است) .

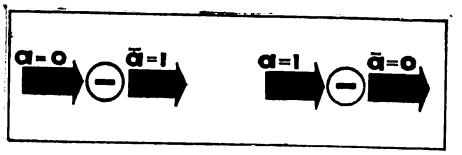
پـــرسپترون

پرسپترون بدنبال کوششهائی بوجود آمد که منظوراز آنها ساختن دستگاه مصنوعی بود که عمل سیستم چشم ــ مغز را همچنانکه در بدن یک موجود زنده انجام میگیرد ، انجام دهد . پرسپترون نیز دارای چشمـانی است که اشکال تصویری را دریـافت می‌کند ، این چشمهـا دارای اعصـاب هستند و ماشین ما نیز شامل مغزی است که از دستگـاهی بمنظور انتقـال نتیجه تجزیه و تحلیها تشکیل گردیده است .

مشاهده و درک یک شکل نیز برقراری ارتباط بین حالت‌ظاهری آن و تحریک بخصوصی است که در قسمتی از مغز بوجود میاید . "چشـم " (وَ یا صفحه بیننده) پرسپترون نیز مـانند چشم انسان (با شبکیه‌ای کـه شامل تعداد زیادی سلولهای حساس نسبت به نور است و به انواع مخروطی و میله‌ای تقسیم بندی میشوند) . از تعدادی عناصر حساس نسبت به نـور تشکیل گردیده است (به همین جهت گاهی اوقات‌آنرانیزشبکیه می‌نامند) . عناصر حساس نسبت بـه نور، برای انجـام عملی بشکل زیر طـرح ریـزی شده‌اند . هنگامیکه نور به آنها برخورد میکند ، ولتاژ خروجی (۱ = a)را ثبت می‌کنند ، و هنگامیکـه نوری وجود نداشتـه باشد ، ولتاژی نیزوجـود نخواهد داشت (۰ = a) .

هر عنصر حساس نسبت به نور، در واقع تبدیل کننده‌ای است که انرژی نورانی را به پتانسیل الکتریکی تبدیل می‌کند . هریک از این عناصر

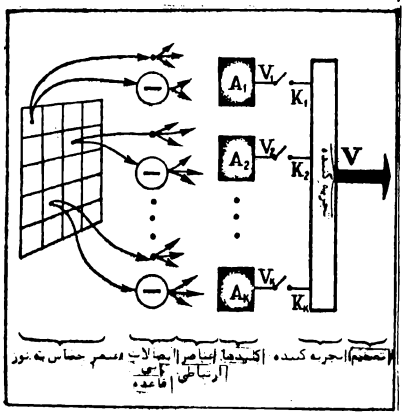
دو هـدایت کننده هستند . یکـی از آنها از میان دستگاهی مـوسوم بـه "معکوس کننده" (که قبلا از معنی آن آگاه شدیم) عبور می‌کند . هر گـاه عنصر نوری را مورد اصابت نور قرار دهیم ($a=1$) ، معکوس کننده مربوط به آن ، ولتاژ خروجی صفر را ثبت خواهد کرد ($\bar{a}=0$) ، و در صـورتیکـه نوری موجود نباشد ($a=0$) ، معکوس کننده ولتاژ خروجی معادل $\bar{a}=1$ را ثبت می‌کند . معکوس کننده را می‌توان بشکل خط فـاصله‌ای که داخـل دایره‌ای قرار گرفته است نشان داد . (شکل ۶۴) .



شکل ۶۴

هادی دیگری که از عنصر حساس خارج میشود ، حامل اطلاعاتـی در مورد محل سلول در صفحه شبکیه است . این دو هادی (خروجی سلول ، و خروجی معکوس کننده) بشکل رشته‌های سیم ، که انتهایشان به‌دستگاههائی بنام عناصر ارتباطی ($A_1, A_2, \ldots A_k$ در شکل ۵۶) مربوط است ، خاتمه می‌یابند . عمل این عناصر جمع کردن ولتاژهائی است که ازطریق هادیهـا ارسال شده‌اند . مابعدا خواهیم دیدکه چرا این عناصربه عناصر" ارتباطی" موسومند .

ارتباط بین عناصر نوری حساس ، و عناصر ارتباطی ، بسیار غیـر عادی است . این ارتباطها بدون قاعده انجام میگیرند . ایـن نظمی را بـه هنگام سیم‌کشی دستگاه ، و بطور عمدی بوجود می‌آورند . هادیهای منشعب از عناصر حساس نوری و عوامل معکوس کننده ، بسادگی و با بی‌قاعدگی هـر



شکل ۶۵

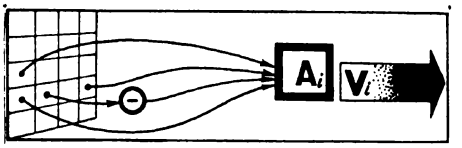
چه تمامتر به عناصر ارتباطی لحیم شده‌اند . (هر شخصی که خواسته باشد سیم‌کشی یک مدار الکتریکی پیچیده را لحیم کند ، حسن پرسپترون رادراین مورد درک خواهد کرد .) بنابراین عامل شانس بوسیله بی نظمی لحیم هادیها ، در دستگاه وارد میشود .

ولتاژهای خروجی عناصر ارتباطی به تحلیل کننده‌ای ارسال می‌شوند که به بررسی آنها می‌پردازد و بدین ترتیب در مورد دسته‌ای که تصویر بدان تعلق دارد تصمیم میگیرد .

حال بیائید نظری به طرز عمل پرسپترون بیفکنیم . تصاویری که باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند ــ مثلا "۰"ها و "۲"هائی که قبلا در موردشان بحث کردیم ــ بر روی شبکیه پرسپترون نقش می‌بندند و ولتاژهای خروجی V_1 ، V_2 ، . . . و V_k که مربوط به عناصر ارتباطی هستند بدست می‌آیند . این ولتاژها برای تصاویر مختلف ، متفاوت خواهند بود . ممکن است بطور شانسی خروجی یک عنصر ارتباطی برای تصویر "۲" یک مقدار و برای تصویر "۰" مقدار دیگری را اختیار کند . این موضوع تنها در صورتی به

وقوع خواهد پیوست که در نتیجه بی قاعدگی اتصالات ، عنصرارتباطی مربوطه به طرزی به شبکه متصل شده باشد که قانون تصمیم‌گیری را که‌قبلا مورد بحث قرار دادیم بر آورد . ارتباطهای لازم در شکل ۶۶ نمایش داده شده‌اند . در مورد تصویر شکل ۶۰ باید داشته باشیم .

$$V_i = \begin{cases} ۰ & \text{برای} \quad "۲" \\ ۱ & \text{برای} \quad "۰" \end{cases}$$



شکل ۶۶

در اینصورت عمل تحلیل کننده بسیار ساده خواهد بود .

V_i هرگاه $\begin{cases} \text{بزرگتر از ۲ باشد تصویر مربوط است به یک "۰"} \\ \text{کوچکتر " " " " " " " " "۲"} \end{cases}$ "

بنابراین تنها کافیست که تحلیل کننده از وضعیت (موقعیت) عنصر i ام آگاهی حاصل کند و بقیه عناصر را نادیده بگیرد . ولی بطور کلی نمی‌توان به شانسی که ممکن است در این ارتباطات وجود داشته باشد متکی بود . احتمال وقوع حالتی که در نظر گرفتیم ، با در نظر گرفتن این فرض که سیم‌ها بطور بی‌قاعده‌ای لحیم شده‌اند . درحدود یک صدمیلیونیم است .

بسیار خوب ، در اینصورت چگونه یک پرسپترون بین "۰" و "۲" فرق می‌گذارد ؟

پاسخ این است که در حال حاضر ، پرسپترون قادر به انجام این

عمل نیست . پرسپترونی که تا کنـــون به شرح دستگاه آن پرداختیـــم مانند نوزادی است که فقط قابلیت فراگیری برای قائل شـــدن تفاوت بین اشیـــاء مختلف را دارد .

بسیار خوب پس فرض کنید به آموزش آن می‌پردازیم

آموزش به پرسپترون

آموزش به یک پرسپترون به چه معنی است ؟

بطور خلاصه ، این مفهوم بدان معنی است که ما می‌خواهیم قانون تصمیم‌گیری برای تحلیل کننده بیابیم . اگر وجه تمایز بین طرحهای "٥" و "٢" را می‌دانستیم ، ساختن تحلیل کننده بسیار ساده بود . ولی ما هنـــوز نمی‌دانیم این طرحها بچه شکلی هستند ، و تنها در حیـــن روند فراگیـــری است که شکل آنها مشخص خواهد شد .

فرض کنید روند آموزش به یک پرسپترون براساس نظریه زیر استوار باشد .

ولتاژ عناصر ارتباطی برای "٥" زیاد و برای "٢" کم است .

روش عمل بدیـــن ترتیب است کـــه یکی از تصاویر "٢" را بـــرروی شبکیه حساس پرسپتـــرون می‌اندازیم و ولتـــاژ خروجی عنـــاصر ارتباطـــی را آزمایش می‌کنیم . برطبق قانون تصمیم‌گیری که در فوق ذکرشد ، باید عناصر ارتباطی را کـــه دارای خروجیهای حداکثـــر هستند (ولتاژهـــای زیاد) بکمک کلیدهای مربوطه ، از تحلیل کننده جدا کنیم . بالعکس ، هنگامی که تصویـــر "٥" را بـــر روی شبکیه می‌اندازیم ، بایـــد عناصری را کـــه دارای ولتاژهای خروجی حداقل هستند جدا کنیم . آشکـــار است که پس از انجـــام مکرر این عمل ، تنها عناصری باقی خواهند ماند که برای صفـــر ، ولتاژهای زیـــاد ، و

برای "۲" ولتاژهای کمی را تولید می‌کنند . با افـزودن خروجیهای ایـن گروه از عناصر بهم ، کمیتی مانند بدست میاید .

در اینصورت قانون تصمیم‌گیری را می‌توان بصورت زیر نوشت .

هرگاه کمتر از صفر باشد ، تصویر مربوط است به "۲"

" " " " " " " " " " " "۰"

و اکنون پرسپترون قادر به تمیز دادن دو شکل از یکدیگـر است . تعجب می‌کنید کـه چرا ولتاژهای خروجـی عناصر ارتباطی را بـا هم‌جمع کردیم . بطور کلی ، تنها عناصری که در مدارباقی می‌مانندآنهائی هستند که برای صفر تولید ولتاژهای زیاد و برای دو تولید ولتاژهای کمی‌می‌کنند . در اینصورت چه چیزی است که مانع می‌شود ، هر یک از عناصر را بتنهائی در نظر بگیریم . نکته در اینجاست که هر یک از عنـاصر ارتباطی ، ممکـن است در تعیین دسته‌ای که تصویری به آن تعلق دارد دچار اشتباه شونـد . ولی احتمال اینکه تمام آنها در مورد یک تصویر اشتباه کنندبسیارکم‌است . بنابراین هر عنصری تنها می‌تواند در مورد تصویر مربوط به خود ، مرتکب خطا بشود . واضحست که مجموع کلی ولتاژ تمام عناصر ارتباطی ، نتیجـه میانگین را در مورد آنها بدست می‌دهد ، و چون بیشتر آنها تصویر را بـه درستی تشخیص می‌دهند ، پرسپترون نیز مرتکب اشتباهی نخواهد شد .

با تشریح مثال زیر ، می‌تـوان این خصوصیت ماشین را بـا دقت بیشتری مورد بررسی قرار داد . فرض کنید که عده‌ای شاگرد تجدیدی را در بیابانی رها کنیم . هر یک از آنها دارای اطلاعات ناقصی در مورد جدول ضرب است و در عملیات آن اشتباه می‌کند . یکی از آنها معتقد است که دو ضربدر دو می‌شود پنج ، و دیگری می‌گوید سه ضربدر سه برابر است با ده ،

و غیرو. آیا این بچه‌ها قادر به تنظیم یک جدول ضرب صحیح خواهند بود؟ بله، البته ــ بطوریکه هر نتیجه‌ای را در معرض آرای عمومی قرارداده و آنکه رای بیشتری می‌آورد، انتخاب می‌گردد. پرسپترون نیز بر چنین اساسی کار می‌کند. ما دیدیم که چگونه پرسپترون بین اشکال هندسی، یعنی اعداد، حروف، و غیره تفاوت قائل میشود. ماشینهائی که قادربه خواندن باشند نیز بر همین اساس ساخته شده‌اند. این ماشینها هم می‌توانند نوشته‌های چاپی و هم دستنویس‌ها را بخوانند. ولی قبل از خواندن، باید ماشین را تحت تعلیم و آموزش قرار داد، و تنها پس از انجام تمرینات مکفی و فراگیری درسها ماشین خواهد توانست متنی را بخواند. روند فراگیری در این ماشینها درست از روی الگوی کلاس درس، بوسیله یک آموزگار انجام میشود (شکل ۵۰)

البته متذکر می‌شویم که ماشین مورد نظر ما حالت بسیارساده یک پرسپترون بود. واقعیت امر این است که روند آموزش به یک پرسپترون بسیار پیچیده‌تر است، بویژه اگر انواع جدیدتر آنرا که قادر به تمیز دادن بیش از دو شکل هستند در نظر بگیریم. بعنوان مثال، آموزگاران ماشین در یک زمان، تمام ۲۶ حرف الفبای انگلیسی را به ماشین می‌آموزند، به طوریکه ماشین خواهد توانست هرگونه دستخطی را بخواند.

تذکر این نکته نیز جالب است که می‌توان پرسپترون را در هر موردی و بهر منظوری تعمیم داد. همین خصوصیت، پرسپترون را از دیگر دستگاههائی که در این موارد دارای کاربردهای کمتری هستند مجزا نموده و دورنمای کاربردهای آنرا وسیعتر می‌کند.

این ماشین نه تنها تصاویری را که برای اولین بار مشاهده می‌کند

می‌تواند درک نماید بلکه همچنین قادر به تشخیص اشکال بسیار مبهم و مختل شده‌ای است .

در یک تجربه پرسپترونی توانست بین حالت افقی و قائم یک مستطیل بابعاد ۴×۲۰ ، و در حالیکه این مستطیل را در نقاط مختلف شبکیه تصویر می‌کردند ، تمایز قائل شود . سپس همین تجربه در مورد مستطیل‌هائی بابعاد مختلف انجام شد و نتایج زیر بدست آمد (درصد صحت شناسائی نیز قید شده است)

برای مستطیلی بابعاد	۲۰×۲	%۷۸
" " "	۲۰×۷	%۱۰۰
" " "	۲۰×۱۵	%۱۰۰
" " "	۱۵×۴	%۹۳

این موضوع نشان می‌دهد که پرسپترون آموزش کلی را در مورد شناسائی حالتهای افقی و قائم مستطیل‌ها بدست آورده است . جالبترین نکته ، این است که پرسپترون این قابلیت را پس از آموزش برای شناسائی اولین مستطیل ، کسب کرد . و این اولین قدم در راه فکر مجرد است .

پرسپترون بعنوان پزشک

جالبتر از تمام موضوعات فوق ، بکار بردن پرسپترون بعنوان دستگاه تشخیص ناخوشی است . فرض کنید که هر یک از سلولهای حساس نوری را به یکی از معرفهای شرایط بیمار وصل کنیم ، بعنوان مثال اگرمریض در ناحیه قلب خود احساس درد کند ، سلول شماره ۲۳ صفحه را روشن می‌کنیم ($a_{23} = 1$) ، و در غیر این صورت ، سلول فوق ، تاریک باقی خواهد

ماند ، و غیرو. بـه این ترتیب شرایط بیمار کـه بقانون درآمده‌انـد ، بـه پرسپترون ابلاغ میشود . در عین حال یک پزشک ، سعی می‌کند بـا درنظـر گرفتن تمام معلومات خود ، بیماری و علت رنج مریض را تشخیص دهـد . در این شرایط ، شماره‌های ۱ ، ۲ ، ۳ ، . . . را به امراض مربوطه اختصاص میدهیم .

آموزش به پرسپتـرون بمنظور تشخیص بیمـاریهای مختلف درسـت همانند آموزش آن برای تشخیص اشکال مختلف صورت می‌پذیرد . یعنی بـه وسیله خاموش کردن هر عنصری که در تشخیص نوع ناخوشی دخالتی ندارد . سپس بـا جمع کردن نتایج حـاصل از عناصر ارتباطی باقیمانـده ، می‌توان پرسپترون را بعنوان ماشین تشخیص بیماری بکار برد . حال اگر اطلاعـاتی را در مورد شخص مریضی به ماشین بدهیم و ماشین ، ولتاژ خروجی بیش از مقدار آستانه داشته باشد ، بیمار از مرض شماره ۱ رنج می‌برد . و هر گاه ولتاژ از مقدار آستانه کمتر باشد . مرض شماره ۲ است که بیمار را ناراحت می‌کند . در نتیجه ، پرسپترون به همان دقتی که آموزگارش در تشخیص ناخوشی‌ها عمـل می‌کند ، قادر به شناخت بیماری است . ولی لزومی ندارد که پرسپترون فقط بوسیله پـزشک تحت تعلیم قرار گیرد ، بلکه می‌توان این عمل را بوسیله یک نوشته نیز انجام داد ــ بطور دقیقتر ، بوسیله شرح ناخوشی برای پرسپترون . در این حال ، می‌توان حافظه ماشین را بـرای تشخیص بسیاری از بیماری‌هـا مستعد گرداند . اطلاعات چنین دستگاهی ، درمورد علائم ناخوشیها و تعداد ناخوشیهای شناخته شده ، از حاذق‌ترین پزشکها نیز بیشتر است .

با این تفاصیل ، چه چیز باعث می‌شود که پزشکها به کار خود ادامه دهند ؟ پاسخ این است : تجربه شخصی ، موفقیتها و شکستهای شخصی ، شبهای بی‌خوابی و کف زدنهائی که در کنفرانسها برای آنها انجام میشوند .

احتمالا ، این بـا ارزش‌ترین چیزی است کـه می‌تواند بـرای یک پزشک متخصص وجود داشته باشد ، و همین وجه تمایزی است بین او و یک نوآموز .

بعلاوه ، پزشک کارآزموده ، همیشه لطیفه‌هائی را که همدوره هـای او در مورد مداوای بیماران تعریف می‌کردند بخاطر می‌آورد و بالاخره یک متخصص می‌تواند از تمام نکاتی کـه در آخرین مجلات و نشریـات پزشکی مطالعه کرده است استفاده کند . این سه منبع ، همگی منجر به یک پایـان مطلوب میشوند: تشخیص صحیح ناخوشی . و هرچه میزان اطلاعات تجربی آنها بیشتر باشد تشخیص ناخوشی صحیحتر انجام خواهد گرفت . بهمیـن جهت است که هرباردکترها به مساله مبهم وناشناخته‌ای برخورد می‌کنند ، گرد هم جمع آمده و به بحث می‌پردازند . آنها این عمل را برای استفاده از عقاید سایر اطباء انجام میدهند . درعصر سیبرنتیک ، اینگونه مشورتهـا بطرز دیگر و در سطوح بالاتری انجام میگیرد ، زیرا هزاران پـزشک قادربه مبادله اطلاعات هستند و طریقه انجام این عمل بدین شرح است:

پرسپترون برای تشخیص ناخوشیهای مختلف براساس مطالبی کـه از مدارک مختلف گلچین شده‌اند ، تحت تعلیم قـرار می‌گیرد . اطلاعـات جمع‌آوری شده ، خیلی زیاد است . زیرا عـوارض یک ناخوشی در اشخـاص مختلف متفاوت است .

این بدان معنی است که هنگامیکه پرسپترون بیمـاری را تشخیص می‌دهد ، زیر نظر عده زیادی از اطباء قرار دارد ــ آنقدرزیادکه جمع‌آوری همگی آنها برای تشکیل یک میز گرد واقعا غیـرممکن است . ولی پرسپترون نه تنها اطلاعات اطباء فعلی ، بلکه همچنین اطلاعات اطباء دوره‌های قبل

و سرزمینهای مختلف را نیز در حافظه خود دارد ، و همین موضوع است که دقت تشخیص دستگاه را بالا می‌برد .

ولی بخاطر پیچیدگی مدارهـای دستگاه ، ساختن یک پـرسپترون فوق العاده دانشمند و متخصص عملی نیست . و تمام آنچه را که در مـورد تشخیص ناخوشیها ذکر کردیم ، می‌توان به یک کامپیوتر سریع العمل همـه فن حریف ، با حافظه بینهایت بـزرگش محول کرد . در چنین حافظـه ای است که تاریخ طب و تشخیص بیماریها را می‌توان گنجاند .

یکی از این سیستم‌های تشخیص ناخوشی ، برای تشخیص امـراض قلبی در انستیتوی داروئی پروفسور آ .آ . ویشنوسکی[1]، در اتحادجماهیـر شوروی تقریبا مشغول کار است . حافظه این ماشین ، شامل اطلاعاتی درمورد امراض قلبی و تاریخ پیدایش و نوع تشخیص این امراض در سرتاسر جهـان است . ماشین با چنین تبحری قادر است اطلاعات بـا ارزشی را در مـورد شرایط قلب ، برای پزشکان فراهم آورد .

پرسپترون ، تنها برای تشخیص امراض بکار نمی‌رود ، بلکه می‌توان آنرا بمنظور تجویز دارو نیز بکار برد . در مرحله اخیر ، تنها کافیست شرح انواع معالجات رابه پرسپترون تعلیم دهیم . بعبارت دیگر ، بایدنشانه‌های بیماری را بهمراه نوع مداوائی که منجر به بهبودی کامل ، بدون هیچگونـه آثار فرعی بیماری می‌شود ، به پرسپترون آموخت . با چنین تعلیمی ، نه ـ تنها پرسپترون مرض را تشخیص میدهد ، بلکه بهترین طرق معالجه را نیـز پیشنهاد می‌کند .

---

1) A.A.Vishnevsky

ارتباط بی‌قاعـده‌ای که بین عناصـر سلولهـای حساس عناصـر ارتباطی پرسپترون موجود است ، دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشدواین موضوع بخصوص در مورد تشخیص اشکال پیچیده دارای اهمیت فوق العاده است . در حقیقت ، مشکل عمده در شناسائی اشکال پیچیده این است که ، نمی‌توان چیزی در مورد ساختمان آنها ذکر کرد . در نتیجه ، معلوم میشود که باید درمورد روندشناسائی بر اساس ارتباطات بی‌نظم ارجحیت بیشتری قائل شد ، و ارتباطاتی را که بین دو تصویر تمایزی قائل نمی‌شوند باید از بین برد .

علت برقرار کردن ارتباطات بی‌نظم ، بین سلولهای حساس شبکیه پرسپترون و عناصر ارتباطی آن این است که ، همیشه باید درموردیک جفت تصویر ، یکدسته از عوامل ارتباطی ولتاژ زیادی را برای یکی از تصاویـر و ولتاژ کمی را برای تصویر دیگر تولید کنند . اگر این ارتباط براساس قانون معینی انجام میگرفت ، همیشه حداقـل یک جفت شکل برای پرسپترون غیر قابل تمایز می‌ماند .

در نتیجه ، بی نظمی مدار پرسپترون ، قدرت تشخیص تمام اشکال را برای آن تضمین می‌کند .

پرسپترون بعنوان ماشینی که قابلیت فراگیری دارد ، وضعیت مبهمی را از یکطرف در بین ابزارهای متداول مانند اتوموبیل ، رادیو ، و غیره و ازطرف دیگر در بین جانوران بیولوژیکی یعنی موجودات زنده اشغال کرده . ایـن ویژگی پرسپترون ، بعلاوه خصوصیات جالب توجه آن ، باعث جلب توجـه

طراحان و فن شناسان بسوی طبیعت گردید و نتیجه ، پیدایش علم‌جدیدی بود موسوم به بیونیک[1].

بیونیک

پیشرفت سریع سیبرنتیک ، از سال ۱۹۴۸ به بعد ، تحت الشعاع ایده "جامع و کلی بودن روند کنترل" قرار گرفت .

نوربرت وینر ، یابنده سیبرنتیک نشان داد که ، کنترل ، بدون در نظر گرفتن اینکه شیء مورد نظر یک ماشین ، یک ارگانیسم ، و یا یک جامعه است ، روندی جهانی و کلی است . این ایده و فکر بزرگ ، منجربه پیدایش ابزارهائی شد که از عهده انجام کارهای مختلف برمی‌آمدند و درحوزه‌های مختلفی بکار می‌رفتند .

اختراع کامپیوترهای همه فن حریف ، باتوانائی بینهایت‌زیادشان برای انجام اعمال نامحدود ، نه تنها انقلابی در صنعت ، بلکه همچنین انقلابی در فکر علمی بود . گوئی بشر از خواب بیدار شده و مرغ آتشی را بچنگ آورده بود که در حل تقریبا تمام مسائل علمی ، تکنولوژی ، و جامعه شناسی به او کمک کند .

ولی سالهای متمادی گذشت و مرغ آتش سیبرنتیک ، همچنان به از دست دادن بال و پر درخشان خود مشغول بود . مسلما اشکالی در کار وجود داشت . امیدهای واهی و خیالی ، بی نتیجه ماندند . هنوز عصر پیدایش ماشینهای هوشمند و آدمهای ماشینی نرسیده بود .

در بادی امر ، علت این عقب ماندگی بنظر ناچیز و جزئی می‌آمد

---

1) Bionics

ــ لوازم موجود ، بحد کافی موثق نبودند و بنابراین نمی‌توانستند در دوره‌های طولانی ، بدون تعمیر و تعویض در ماشینها بکار مشغول شوند ــ ، ماشینها نیز ، خود ، ظرفیت حل مسائلی را که به آنها داده می‌شدنداشتند . مسائل مقدماتی موجودبودندکه از پیشبردبرنامه ریزی‌های مختلف ممانعت می‌کردند .

بالاخره اهمیت این مسائل که در ابتدا جزئی بنظر می‌آمدند ، به آنچنان‌درجه‌ای‌رسید که به یک دیوار آهنین در مقابل پیشرفت و ترقی سیبرنتیک تبدیل شد . در اواخر سال ۱۹۵۰ معلوم شد که سیبرنتیک به افکار جدید و سازنده‌ای برای پیشرفت نیاز دارد . و این نظریات و عقاید نمی‌توانستند از طریق خود سیبرنتیک بوجود آیند . بشر باید منتظرمحل دیگری برای پیدایش این گونه افکار می‌ماند .

در این شرایط بود که ، طبیعت زنده همچون وحی آسمانی در این زمینه پیشقدم شد . زیرا در حقیقت برادران کوچکتر ما که در اطرافمان می‌جهند ، صعود می‌کنند ، قارقار می‌کنند و جیغ میزنند ، قابلیتشان‌در مورد حل مسائل ، از ظرفیت هر کامپیوتری بیشتر است .

چه چیزی می‌توانست ساده‌تر از الهام گرفتن از مادر طبیعت و از افکار عالی و برتر او ، باشد . روش‌هائی که سیبرنتیک بدانها نیازمند بود ، درست در زیر مژه‌های ما ، و در طبیعت زنده قرار داشتند ــ طبیعت ، در دستگاههای بیولوژیکی خود ، امکانات و خواص فوق العاده جالب خود را به نمایش گذارده بود .

و بدین ترتیب علم جدیدی بنام "بیونیک"[۱] پا به عرصه وجود

---

۱) درحال حاضر ، علامت اختصاری بیونیک ، از تقاطع اشکال یک چاقوی جراحی ، دستگاه هویه ، و علامت انتگرال تشکیل گردیده است . (م)

گذاشت و شعار خود را بدین سان عرضه کرد .

" از نخستین نمونه‌های حیات تا طرحهای مهندسی "

در واقع حقیقت وجـود بیونیک نیز جـزء اختراعات ثبت شـده طبیعت است ، و فکر می‌کنیم که شما نیز با این عقیده موافقیدکـه هیچکس نمی‌تواند نسبت به این لکه ننگ ، کوچکترین اعتراضی بکند .

یکبار دیگر نیز سیبرنتیک منظر گلگون خود را نمایان کرد ، و یک بار دیگـر بنظر رسید که نقطـه پایان کار نـزدیک است ــ در واقع اصـول ساختمانی و علمی سیستم‌هـای بیولوژیکی ،مشخص شده بـود و کلید حـل معماهای مربوط به ماشینهائی که به این سیستم‌ها شبـاهت داشته باشند ، بدست آمده بود . مهندسین ، و کارشناسان ، و بخصوص آنـان که در امـور نظامی فعالیت داشتند بناگاه توجهشان به علم بیونیک جلب شد . و آنان در ابتدای کار نتایج برانگیزاننده‌ای بدست آوردند .

تحقیقات پیگیر ، در مورد نحوه عمل سیستمهای بیولوژیکی ، نشان داد که اصول کار این سیستمها برای مقاصدفنی مناسب نبود .مثلا یک نرون مصنوعی ، در مقایسه با نرون زنده و بعنوان بدل آن کمتر از کامپیوترهـای موجود مورد استفاده داشت . مثالهای متعدد دیگری می‌توان ذکر کردکه در آنها اختراعات ثبت شده بنـام طبیعت ، یعنی مواد اولیه و عناصـر اساسی که امیدهای علم بیونیک بحسـاب می‌آمدند ، در واقع خـالی از هر گونـه نتیجه‌ای بودند . بحران دیگری بمنصه ظهور می‌رسید . پیدایش بیـونیک مورد تدقیق بیشتری قرار گرفته و آشکار شدکه همه مقدمات این علم بدرستی طرح ریزی نشده بودند . اگـر اندکی در این مـورد بیاندیشیـد ، خواهیـد دریافت که یک موجود زنده پیچیده‌ترین ابـزار شیمیائی است . سیستمهـای

بیولوژیکی که مخترعشان طبیعت بوده است ، بر اساس ترکیباتی از پروتئینها کار می‌کنند . در یک موجود زنده ، اطلاعات نه تنها بوسیله ضربان‌های الکتریکی بلکه همچنین توسط مواد شیمیائی منتقل و ارسال می‌گردند . واضحست که هرگونه کوششی برای بازآفرینی اصول علمی سیستمهای بیولوژیکی بوسیله مدارهای الکتریکی صنعتی ، یعنی آنچه که در حال حاضر بیونیک از ما انتظار آنرا دارد ، در واقع نقض قوانین فوق است .

و در اینجاست که موفقیت چشمگیر و در عین حال متوسط بیونیک آشکار میشود .

معهذا ، چگونه می‌توان وضعیت کارشناسی راکه توجهش به علم بیونیک جلب شده است تشریح کرد ؟ در اینجا ما آشکارا با یک واقعیت روانشناسی روبرو هستیم . هر دانشمندی که به مطالعه اجسام بیولوژیکی بپردازدکه برایش تازگی دارند ، آگاه است که مساله او قابل حل است (زیرا طبیعت قبلا یکبار آنرا حل نموده‌است) و بنابراین هیچگاه زحمت فکر کردن به مانع "عدم امکان" را بخود نمی‌دهد .

این حصار ، هیمشه ترس و وحشت و نگرانی را در کار دانشمند موجب می‌شود . او همیشه در ورای مغز خود با این فکر مواجه و دست به گریبان است که ، مسالهای که مقدار زیادی از انرژی خود را صرف حل آن می‌کند ، ممکن است اصولا بی جواب و لاینحل باشد . ولی نمونه‌های زنده ، چنین حصاری را ازمیان می‌برند . بهمین خاطر بود که پرسپترون ، که تنها مثالی از این موضوع است ، اختراع شد . پرسپترون بر اساس اولین افکاری که در صدد طرح ریزی آن بودند بمنظور جانشینی مغز ساخته می‌شد . در حقیقت ، هیچ رابطه‌ای در این میان به چشم نمیخورد ، ولی این مساله ، نمونه ابتدائی بود که موجب اختراعات

چشمگیری که سالهای متمادی باعث پیشرفت علوم ریاضی و فنی شدنـد ، گردید .

بیونیک از این پس در چـه جهتی پیشرفت میکند ؟ مسلما قـدم بعدی ، استفاده از امکانات موجودات زنده ــ و یا اعضاء جدا شده از بدن آنها ــ در صنعت خواهد بود .

طبیعت دارای ابزارهای بسیار گرانبهائیست که بطور باورنکردنی دقیق بوده و بی‌نهایت تطبیق پذیرند ، و عدم توجه در استفاده از آنها ، در واقع ولخرجی محض است . اگرمی‌توانستیم آنها رابعنوان اجزاء زنده‌ای در ماشینها بکار گیریم و خود موجودات زنده را بجای استفاده از اصـول کارشان مـورد استفاده قرار دهیم ، و همچنین آنها را درجهت پیشـرفت بشر و نفع او بکار گماریم ، امکانات بسیار وسیعی در راه پیشرفت و تـرقی سیبرنتیک بوجود می‌آمد . در آنصورت ، شعار بیونیک بدین شکل خواهـد بود : " از نخستین نمونه‌های حیات تا قطعات زنده "

حتی اگر مساله را بطور عمیقتری دنبال کنیم ، به نکات‌تعجب‌آور و محیرالعقولی برخورد خواهیم کرد که معمولا در داستانهای علمی تخیلی بچشم میخورند . می‌توان کامپیوترهائی را درتصورآوردکه نه بوسیله اجزاء زنده بلکه بوسیله اجزاء رشدکننده وبرقرارکننده ارتباط با یکدیگرتشکل یافته باشند . نظریه آموزش و فراگیری را می‌توان در مـورد چنین ماشینهائی بکـار برد . بعنوان مثال ، در شرایط فوق می‌توان مغـز هر حیوانی را برداشتـه ، ودر صورتیکه از عهده ما برآید ، بیـن ورودی و خروجی آن ارتباطاتی بوجـود بیاوریم و با اعتماد بر موثقیت مغز زنده حیوان در موردتشکیل بازتاب‌های شرطی ، طریقه حل مسائلی را که با آنها مواجهیم بدان بیاموزیم .

و بنابراین: " از نخستین نمونه‌های حیات ، تا اجزاء و قطعات زنده ، تا ماشینهای زنده ــ و این است شعار حقیقی بیونیک .

۶- شانس، گزینش، و تکامل

در پیگیری بحثهائی که در مورد پایه‌گذار علم سیبرنتیک بوجود آمد ، دیگـر نمی‌شد گفت که نوربرت وینـر اولین بانی ایـن علم بـود . دانشمندانی از قبیل ، اوستروگرادسکی[1] ، پولزانوف[2] ، وات[3] ، ولوموتـوسوف[4] بعنوان پدر سیبرنتیک پیشنهادشدند . مولف این کتاب نیزبعنوان شخصی که در این مشاجرات شرکت داشت بدون هیچ شکی ، کسی را بجـز کوزما پروتکف[5] نام نبرد . و علت این انتخاب نیـز جمله غیر عادی بود کـه از جانب کوزما نقل می‌شد . جمله " اگر به بینی مادیان ضربتی بزنی ، دم‌او خواهد پرید " ارتباط عملی را که بین ضربت زدن به بینی و پریـدن دم مادیان وجود دارد ، نشان میدهد .

تبدیلات منطقی مشابهی از قبیل "ضربه بینی ــ پریدن دم" یـا "ضربه بینی ــ چرخش دم " نیز اساس کار دستگاههای سیبرنتیکی امروز را تشکیل میدهند . حرفه‌ای‌ها عموما از این موضوع بخوبی آگاهند ولی معمولا ارتباطی را که از طریق ارگانیک با کوزما پروتکف دارند ، کتمـان می‌کنند . نویسنده این کتاب تصمیم دارد با ثابت قدمی از حق شاعر بنام و متفکـر بزرگ و همچنین رئیس اداره عیارگیری ، دفاع کند . اکنون دیگر زمانی‌است که تاریخ ، تصمیم خـود را گرفته و کوزما پـروتکف بعنوان پدر سیبـرنتیک

---

1)Ostrogrdsky 2)Polzunov 3)Watt
4)Lomonosov 5)Kozma Prutkov

شناخته شده است . البته خواننده درک می‌کند که می‌توان این بحث را در موردهرابداع و بنیانگذاری دیگری نیزبمیان کشید ، و حتی رادیوتلسکوپها نیز از این قاعده مستثنی نیستند .

نه تنها تعیین و تاثیر نقش فلان ، یا بهمان پدر در یک‌علم ، کار صحیح و درستی است بلکه همچنین عمل بسیار خطیر و مهمی نیـز هست . بعنوان مثال ، چارلز داروین[1] ، بانی نظریه تکامل ، تاثیر زیادی برپیشرفت سیبرنتیک جدید ، گذاشت . هیچ شخصی نمی‌تواند عنصری پیچیده‌تـر و طبیعی‌تر از یک موجود زنده بیابد .

ولی حیات چیست ؟ علم‌کنونی هنوزقادربه یافتن پاسخ صحیحی برای این پرسش نیست . ولی چون اکنون ، حیات را از نقطه نظرسیبرنتیک بررسی نمودیم ، می‌توانیم به ۳ خاصیت عمده حیات توجه کنیم .

سه ویژگی اصلی حیات

۱ ــ تولیدمثل: قابلیت تولید ارگانیسم مشابه و همنوع .

۲ ــ وراثت: قابلیت انتقال خصوصیات پـدر ومادر به فرزنـد . این خاصیت محفوظ ، باعث میشود که یک‌ارگانیسم ،خصوصیات پدر ومادر خود را حفظ‌کند . در صورت عدم وجود این خصوصیت ، اختلالاتی راکـه حاصل می‌شوند می‌توان بتصور آورد .

۳ ــ قابلیت پیدایش تغییرات (تحول یا جهش): این خاصیت ، باعث انفراد یک موجود شده و از همانند شدن فرزندان به پدر و مادر ، و

---

1)Charles Darwin

یا میانگین شدن او نسبت به آندو، جلوگیری می‌کند.

تعیین اهمیت بسیار زیادی که این سه عامل در ابقاء حیات دارند بسیار دشوار است.

بدون عمل تولید مثل ادامه حیات متوقف می‌شد. بدون وراثت هیچگونه انتقالی از یک نسل به نسل بعدی انجام نگرفته و خصوصیات پدر و مادر به فرزندان منتقل نمی‌شد. و بالاخره بدون جهش، انواع متکامل حیات بوجود نمی‌آمد و حیات از انواع بدوی خود پیشتر نمی‌رفت.

عامل شانس که یکی از عوامل مهم و اساسی در تکامل موجودات است، بوسیله جهش، با تکامل ارتباط پیدا می‌کند و جوابگوی پیدایش انواع مختلف جاندارانی است که دارای خصوصیات فردی مشخصی هستند.

جهش چیست؟

نسوج یک موجود زنده از سلولها تشکیل یافته‌اند. هر سلولی شامل یک هسته است. هسته نیز بنوبه خود شامل کروموزومهائی است ــ رشته‌های دراز و باریکی که تنها در زیرقویترین میکروسکپها قابل‌مشاهده‌اند. کروموزومها کلیه اطلاعات وراثتی ارگانیسم را منتقل می‌کنند. روند تقسیم سلول از کروموزومها آغازمی‌گردد. هر کروموزوم، به دو قسمت مشابه تقسیم میشود که بلافاصله از یکدیگر جدا می‌گردند و فاصله می‌گیرند، هنگامیکه تمام کروموزومها تقسیم شدند، یعنی هنگامیکه هسته تقسیم شد، بقیه قسمتهای سلول نیز منقسم میگردند. در این حال هر یک از باقیمانده‌ها، یک سلول نو را می‌سازند. بدین ترتیب، ابتدا یک سلول به دو سلول کامل تبدیل می‌شود و سپس، بعداز تقسیم مجدد، ۴ سلول، و پس از آن ۸ سلول

وآنگاه ۱۶ سلول و . . . تشکیل می‌گردند .

تقسیم کروموزومها با دقت بسیار زیادی انجام می‌شود . درحقیقت هیچ ابزار و دستگاهی را نمی‌توان در صنعت یافت که با چنین دقت و استادی وظیفه خود را بدون اشتباه انجام دهد . در حین تشکیل یک ارگانیسم جدید ، میلیونها سلول مجزا ، تنها از یک سلول بوجودمی‌آیند . تمام این سلولها نیز دارای تعداد کروموزومهای برابر می‌باشند .

ولی هیچ چیز در جهان ما مطلق نیست . حتی دقت عمل فوق نیز دارای حدی است . گاه بگاه در فواصل زمانی مختلف ــ احتمالا در هر میلیون تقسیم سلولی ــ عملی به اشتباهی انجام می‌شود . عامل شانسی در پیدائی کروموزومهای جدید دخالت می‌کند و اطلاعات وراثتی بطریقی در آنها تغییر می‌نماید . این حالت هنگامی اتفاق می‌افتد که یک عامل شانسی ، کروموزومها را تحت تاثیر قرار میدهد ، و باعث تغییر مختصری در آنها میگردد (کروموزومها نیز در یک دنیای شانسی بسرمی‌برند) . این روند تغییرات بی قاعده در کروموزومهاست که جهش نامیده میشود . هنگامی که کروموزم ، تحت تاثیر جهش واقع شد ، تقسیم میگردد ، و بازهم بدقت و همچون گذشته به تقسیم خود ادامه می‌دهد ، و حالت جهش یافته خود را تکثیر می‌کند . در نتیجه ، میراث یک کروموزوم ، که تحت تاثیرعمل جهش واقع شده نیز دارای خصوصیات آن کروموزوم میباشند .

پس نتیجه این جهش‌ها چیست ؟ آیا احتمالا آنها تاثیر واقعی و عمده‌ای بر روی ارگانیسم دارند ؟ چگونه یک تغییر مختصر در ساختمان کروموزوم ، ساختمان کلی ارگانیسم را تغییر می‌دهد ؟

هرگاه بخاطرآوریم که کروموزومها ، سیستمی برای ارائه پیشنهادات

در ارگانیسم هستند ، شکی در پاسخ این پرسشها نخواهد ماند . همین پیشنهادات هستند که به ارگانیسم شکل می‌دهند . واضح است که کمبود یکی از این پیشنهادات ، و یا جابجائی آن با نوع دیگر ، تکامل اعضاء مختلف را تحت تاثیر قرار می‌دهد و بنابراین شکل ارگانیسم بطور کلی تغییر می‌کند ، و چون جهشها بطور شانسی انجام می‌گیرند ، بنابراین منجر به پیدایش خصوصیات فردی در تکامل ارگانیسم میگردند . جهش ها باعث تمایز بین شکل یک ارگانیسم ، با پدر و مادر خود و همچنین با همنوعان خود در نسل مربوطه میشود . بعلت شانسی بودن طبیعت جهش ، این تفاوتها ، می‌توانند در هر قسمت ارگانیسم و یا در اعمال دیگر آن نیز شرکت و دخالت کنند .

جهش می‌تواند آثار مرگ‌آور و خطرناکی نیز داشته باشد ، و این در صورتی است که عمل یک عنصر حیاتی ، تحت تاثیرات مخرب جهش واقع شود و یا این عنصر بطور کلی امکان انطباق خود را با محیط از دست بدهد .

جهش در صورتی مفید است که ، ارگانیسم را قادر به انطباق بیشتری با محیط بکند .

بالاخره جهش ممکن است در ارگانیسم بی تاثیر بماند و بعبارت دیگر ، تا جائی که به ارگانیسم ارتباط دارد ، نه خطرناک باشد و نه مفید . (مثلا تغییر شکل بینی) .

مکانیزم انتخاب طبیعی . . .

اکنون تصدیق می‌کنیم که هر ارگانیسمی با ارگانیسم همنوع خود

بطور شانسی تفاوت دارد . هر بار که جهشی صورت میگیرد ، طبیعت بطور شانسی و در جهتی ناشناختـه قدمی برمی‌دارد . سپس ایـن قدم تـوسط حیات تحت تجربه و آزمایش قرار میگیرد . اگر ارگانیسمی که تحت تاثیـر جهش واقع شده است ، حـالت ناپایداری را بخـود بگیرد ، و مقـداری‌از تطبیق‌پذیری خود با محیط را از دست بدهد ، زودتر از انواع دیگرازبین می‌رود . این نتیجه‌ای است که براثربرداشتن قدمی درجهت غلط بدست می‌آید ــ اشتباه . ولی چون این ارگانیسم در جوانی از بین می‌رود ،امکان ادامه این خطا ، و ابدی شدن آن وجود نداشته و به نسل‌های بعدی منتقل نمی‌گردد . (زیرا مدتها قبل از شروع به تولید مثل ، از بین می‌رود) . از سوی دیگر هرگاه ارگانیسمی بر اثر جهش ، انطباق بیشتری با محیط حاصل کند ، برای تولیدمثل و انتقال این خصوصیات به نسل هـای بعدی زنـده خواهد ماند . این موضوع ، که چارلز داروین آنرا کشف کرد ، طریقه عمـل انتخاب طبیعی است . در نتیجه اگر بتوان جهش را عامل مولدانحرافات ، از حالت میانگین بخصوصی در مورد ارگانیسم‌هـا بحساب آورد (کـه این ارگانیسم‌ها همچون لحظه‌ای در مقـابل تاریخ مطول تکامل انـواع مختلف بشمار می‌آیند)، در اینـصورت انتخاب‌طبیعی ، نوعی ارزیابی برای تعیین نتایج این انحرافات خواهد بود .

انتخاب طبیعی برطبق اصل زیر انجام میگیرد: آنهائی تولیدمثل می‌کنند و تکثیر می‌یابند که تطبیق پذیرترین انواع باشند . جهش ها ، در واقع عواملی هستند کـه مواد اولیه چنین عملـی را فراهم می‌کنند . ایـن فراهم‌آوری بمنظـور برقراری فرمول فـوق ، توسط بوجود آوردن تطبیق ــ پذیری بیشتر و یا کمتر ، در مورد ارگانیسم‌ها انجام میگیرد . واضحست کـه

هرگاه جهشی وجـود نمی‌داشت ، نمی‌تـوانستیم دقت و زیرکی را کـه در ساختمان موجودات زنده بکار رفته است مشاهده کنیم . این زیرکی ، بشکل خصوصیت تطبیق پذیری با محیط تجلی می‌کندو باعث‌لذت هرچه بیشتر و تعجب ما از زندگی میگـردد . بنابراین جهش‌ها یکی از قدیمی تـریـن عوامل پیش برنده تکامل هستند ، و از آنجا که روند تکامل ، پایان ناپذیر است ، جهش ها نیز به لزوم وجود خود در روی زمین وبرای تکامل‌حیات ، ادامه میدهند .

این یک جنبه پدیده است .

جنبه دیگر ، این است‌که بیشترجهش‌ها مضرو حتی‌مرگ‌آورهستند .

علت این موضوع آن است که هر ارگانیسمی حاصل روند طولانـی تکامل بوده است . بنابـراین در کوچکترین جزئیـات نیز با محیط خـود انطباق حاصل کرده است . در نتیجه ، پیدایش هرتغییرشانسی درساختمان ، برای‌وی‌مفیدوحیاتی‌نیست . حتی‌می‌توان اظهار کردکه موضوع درست عکس این است . برای تکامل هـر چه بیشتر یک ارگانیسم متکـامل ، جهش‌هـای بخصوصی مورد نیازنـد . و همچنانکه باید انتظـار داشت ، این جهش هـا آنچنان نادرند کـه برای وقوع یکی ازآنها ، انقضای مدت مدیدی‌زمان‌لازم است . حتی ممکن است در حینی که ارگانیسم به انتظار جهش موردنظرخود است ، از بین برود ــ نه بخاطر احتیاج به پیدائی این جهش بلکه بخاطـر وفور جهش های غیر ضروری و مضر .

بنابراین بـه این نتیجه می‌رسیم کـه جهش ها بهمان اندازه کـه نافعند ، مضر نیز هستند . انواعی کـه به‌میزان بیشتری تحت تاثیـر جهش واقع میشوند ــ مثلا بر اثر قرار گرفتن تحت تشعشعات رادیو اکتیو ــ زودتر

از میان خواهند رفت ، زیرا عده زیادی از سلولهای منفـرد ، ضعیف و بی دوام می‌شوند و در نتیجه آن ، تحول غیر ضروری و مضری بوقوع خواهـد پیوست . از سوی دیگر ، گونه‌ای که تحت تاثیر جهش های لازم قرارنگیرد ، قادر به ابقاء نوع خود نخواهد بود و بـا تغییر شرایط محیط ، انطبـاق لازم در مورد او حاصل نمی‌شود و او از بین می‌رود . علت معـدوم شدن ماموت را دراین اواخر ، می‌توان همین موضوع قلمدادکرد . در طول دوران یخ ، این جانور نتوانست خود را با سرمای محیط وفق دهد .

اکنون به بررسی حالت نادر ولی درعیـن حال امکان‌پذیری کـه ذیلا شرح می‌دهیم ، می‌پردازیم .

فرض کنید جانوری ــ حیوان یا گیاه ــ هم‌آهنگی کاملی بـا محیط خود داشته باشد . این جانـور تقریبا هیچگونه رقابتی ، در مـورد بدست آوردن غذا و مامن با دیگران نداشته و همچنین دشمنی نیز ندارد . اعضاء و اجزاء تشکیل دهنده بـدن این جانور ، از سلامت کـامل بر خوردارند و نمونه یک ترکیب سالم هستند .

آنها بسرعت تکثیر میابند ولی در معرض خطر کثرت جمعیت قـرار ندارند . فساد و تباهی این نوع ، بر اثر جهش ، در سطح بسیار پائینی قرار دارد و در توازن و هماهنگی آن خللی وارد نمی‌کند .

سپس بطورناگهانی ، عصرطلائی این نوع ، بپایان‌می‌رسد . تغییرات دهشتناکی در شرایط خارجی محیط او حـاصل میشود . این شرایط در اثر پیدایش رقبای قدرتمندی درصحنه عملیات بوجودآمده‌اند . ناگهان مکانیزم خشن و بی‌رحم انتخاب طبیعی وارد عمل می‌شود . جهشی بوقوع می‌پیوند ، که اگر او را قادر به شکست رقبا نکند ، لااقل بوسیله امکان همزیستی ، شرایط

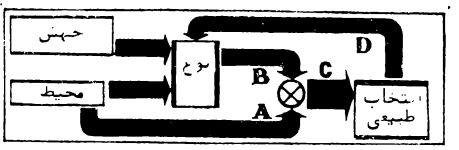
مساعدی را برای زندگی او فراهم خواهدکرد . و اگرجهش مربوطه ، اندکی دیر واقع شود ، نوع ذکر شده ، نابود خواهد شد .

. . . و نمودار آن

مسلما هدف مولف از رسم تصاویر اندوهبار فوق ، ناراحت کردن خواننده توسط نمایش بیرحمی وسنگدلی طبیعت نیست . وصدالبته ،که نه .

نکته در اینجاست که ، این مثال ، بیانگر بسیار مناسبی برای نشان دادن ارتباط بین جهشها و انتخاب طبیعی است .

این بستگی را میتوان بوسیله یک نموردار تصویری ، که در آن چگونگی بازتاب انواع و محیط نسبت به یکدیگر و در حین روند انتخاب طبیعی نمایان است ، نشان داد . (شکل ۶۷) . این طرح نشان میدهد که چگونه محیط بر انواع اثر می‌کند و نیازهای مختلفی را بر آن اعمال می‌نماید . این نیازمندیها بشکل مجرای A خلاصه شده‌اند . نوع موردنظر



شکل ۶۷

رفتار بخصوصی را در قبال محیط دنبال می‌کند ، و این نوع رفتار راتوسط مجرای B و بمنظور مقایسه با نیازمندیهای محیط ارسال می‌دارد . نتایج این مقایسه ، مکانیزم انتخاب طبیعی را از طریق مجرای C تحریک می‌کند . میزان این تحریک بستگی به عدم تطابقی دارد که انواع ، نسبت به نیازمندیها نشان میدهند . اگر نوع موردنظر ، تمام خواستها را برآورد و

رفتار او، قوانین محیط را نقض نکند، انتخاب طبیعی در عمل دخالتی نخواهد داشت. ولی چنین موردی بسیارکم اتفاق می‌افتد. انتخاب طبیعی، از طریق مجرای D عمل خود را انجام میدهد. در راس تمام این عوامل، تاثیر جهشهای شانسی و بی‌قاعده بر روی نوع مورد بحث قرار دارد.

عمل نمودار به شرح زیر است: تغییر شرایط خارجی ــ محیط ــ یا باعث پیدایش و یا باعث تشدید تناقضی بین رفتارنوع، و نیازمندیهای محیط (که نوع موردنظر در آن زندگی می‌کند) می‌گردد. این تناقض باعث تحریک و تشدید مکانیزم انتخاب طبیعی میشود، و نتیجه این عمل آنست که "تنها آنان که انطباق بیشتری با محیط حاصل کنند به بقاء خود ادامه میدهند." جهش‌ها انحرافاتی‌را از حالت متوسط اجزاء تشکیل دهنده ارگانیسم موجب می‌شوند. بخاطر شانسی بودن وقوع این انحرافات بعضی از اجزاء با خصوصیات جدیدی که کسب کرده‌اند، توافق و تطابق بیشتری را از دیگران نسبت به نیازمندیهای محیط نشان میدهند، و به این ترتیب اساس پیدایش انواع جدید را بنیان می‌گذارند. بقیه اجزاء در نتیجه مداخله و بی‌رحمی انتخاب طبیعی نابود میشوند.

هوموستات[1] ــ نمونه‌ای در مورد گزینش

در سال ۱۹۵۱ شخص انگلیسی بنام "آش بی" دستگاهی ساخت‌که عمل آن درست مانند عمل یک نوع، در حین تطبیق با محیط بود. او این ابزار را هوموستات نامید (مشتق از کلمه "هوموستاسیس" ــ ابقاء خصوصیات

1) Homostat

یک سیستم در شرایط محدود و موردنظر)

هوموستات سیستم پویائی است که میتواند در حالت پایدار و یا ناپایدار باشد. و این موضوع به تعیین عوامل آن بستگی دارد. اصطلاح "پویا" را برای تشریح سیستمی بکار می‌بریم که رفتارش به وضعیت گذشته نزدیکش بستگی دارد. مثلا یک قطعه سنگ مثال خوبی از یک سیستم پویا است. قانون اینرسی بستگی شرایط فعلی آنرا به شرایط قبلی معین می‌کند. اگر سنگ در جهت معینی در حرکت باشد، آن جهت را می‌توان تنها با اعمال نیروی معینی تغییر داد ــ مثلا نیروی جاذبه ــ و جهت جدید، به جهت تاثیر نیروی اخیر بستگی دارد. دراینجا بستگی بین سنگ و وضعیت گذشته آن مشخص میشود. از سوی دیگر، هرگاه سنگ بی‌حرکت بماند، و نیروئی وجود نداشته باشد سنگ به استقرار خود، در محل اولیه ادامه خواهد داد. حال لازم‌است بین دو حالت ممکن دریک سیستم پویا تفاوت قائل شویم. حالت پایدار (بدون تغییر) و حالت ناپایدار (که در آن حرکت تحت تغییراتی است). سنگی که در هوا پرتاب میشود، مثالی‌است از یک سیستم ناپایدار، و همین سنگ در حالی که در محلی بر روی زمین قرار دارد مثالی از یک سیستم پایدار است.

یک ساعت معمولی را در نظر بگیرید. اگر این ساعت، مشغول‌کار باشد، حالتی ناپایدار (تحریک خود بخود) دارد، و اگر ساعت خواب باشد، در حالت پایدار بسر می‌برد.

هر سیستم منفردی دارای حالات پایداری متعددی است. یک آنتن تلویزیون در حالت خوابیده، درست مانند آنتنی که بطور عمودی نصب شده باشد وضعیتی پایدار دارد. (اینکه حالت اول از حالت دوم

پایدارتر است ، بحث دیگری است . بهمین جهت است که بر اثرزمین لرزه آنتن ممکن است سقوط کند و به حالت اول بازگرددولی هیچگاه کسی ندیده است که یک آنتن خمیده ، بلند شده و راست و عمودی بایستد) .

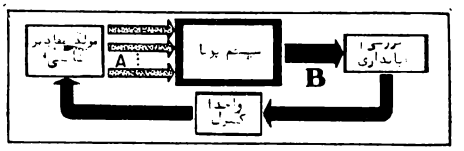
ولی باز هم به هوموستات بازگردیم . هوموستات نیز مانند هر سیستم پویای دیگری می‌توانست یکی از دو حالت را ــ پایدار و ناپایدار ــ بخود بگیرد . در حالت پایدار ، هوموستات بدون تغییر می‌ماند ، ولی در حالت ناپایدار تمرد کرده و رفتار آن از محدوده مورد نظر ما خارج میشد .

ما به اینکه کدام عمل هوموستات بی فایده و بی منظور بود ، توجهی نمی‌کنیم . زیرا این یک‌بحث فنی است (هوموستات ابزاری مکانیکی بود) نکته مهم آن است که ، یکی از حالات ــ حالت پایدار ــ مورد نظر و حالت دیگر ــ حالت ناپایدار ــ نامطلوب بود . دستگاه بر اثر عوامل غیر قابل کنترل ، ازیک حالت پایداربه حالت ناپایدارمی‌گرائید . مثلا ، اثرات محیط ، تنظیم نبودن دستگاه بطور دقیق ، و بسیاری عوامل دیگر . بعبارت دیگر هوموستات برطبق اصل دوم ترمودینامیک بسمت ناپایداری میل‌میکرد . در چنین شرایطی ، بازخوری بمنظور کنترل هوموستات ، بر روی آن نصب شد . طرز عمل این بازخور بدین ترتیب بود: بمحض ظهور ناپایداری‌در هوموستات ، تعداد زیادی از عواملی که وضعیت آنرا مشخص می‌کردندشروع به تغییرات شانسی می‌نمودند . بعبارت دیگر ، این عمل تا مرحله‌ای‌ادامه می‌یافت‌که‌دستگاه‌بطور شانسی‌تنظیم‌شده و بحالت‌پایدار بازگردد . و وقوع چنین چیزی بدان معنی بود که هوموستات ، بطور شانسی عواملی را که‌در پایداری آن دخیل بودند ، کنترل می‌کرد . به همین جهت این دستگاه تا تغییرات بعدی که بر اثر عوامل محیط ، باعث ناپایداری آن گردد خاموش

میماند .

در اینجا ، یک پیگـرد شانسی ، پیدایش جهشهای شانسی را در نوع مـورد بحث موجب میشود . ایـن پیگرد تا زمانی ادامـه می‌یابد کـه هوموستات به عوامل برقرار کننده پایداریش ، دست یابد . این واقعه نیـز هنگامی روی خواهد داد کـه یک جهش لازم ، بوقوع پیوندد . در چنـان شرایطی ، هوموستات بحالت موازنه در می‌آمد و مکانیزم تولیدجهش بطور خودکار خاموش می‌گردید ، و این خاموشی تا زمانی که به عللی ناپایداری هوموستات حادث شود . ادامـه می‌یـافت ــ تا زمانی که عوامل خارجی ، پیدایش جهشهای دیگری را ایجاب کنند .

نمودار عمـل هوموستات در شکـل ۶۸ نمایش داده شـده است . همچنانکه قبلا نیز مشاهده کردیم ،یک سیستم پویا می‌تواندعوامل مختلفی داشته باشد . مقادیر این عوامل از طریق مجرای A وارد سیستم میشونـد . انتخاب مقادیر این عوامل بوسیله یک مولد اعداد شانسی انجام میپذیرد وسپس مقادیرفوق بوسیله مجرای B به سیستم منتقل میشوند . اگرسیستم در حالت ناپایدار باشد ، قسمت کنترل باعث روشن شدن مولداعدادمیگردد . در این حال ، مولد مقادیری را برای عوامل سیستم تولید کرده و آنها رابه سیستم ارسال می‌دارد . این روند تا زمانی کـه سیستم دوباره به پایـداری برسد ادامه می‌یابد .



شکل ۶۸

هنگامی که قسمت کنترل ، اطلاعاتی را در مورد پایداری سیستم دریافت کند ، مولد قطع میشود ، بطوریکه عوامل اخیر ــ آنها . . . که باعث پایداری سیستم شدند ــ مقدار خود را حفظ می‌کنند .

مشاهده می‌کنیم که هوموستات ساخت اش بی ، مثال بسیار ارزنده‌ای از طریقه انطباق موجود زنده با محیط است و بنابر این نوعی از انتخاب طبیعی را وانمود می‌کند .

ما نشان دادیم ــ و دوباره تاکید می‌کنیم ــ که یک نوع منفردتنها بوسیله شانس، با محیط انطباق حاصل می‌کند . در اینجا عامل شانس ، شکل جهش را بخود گرفته و انحرافاتی را از حالت میانگین تولید میکند . در نتیجه انتخاب طبیعی ، انواعی که تحت تاثیر جهشهای نامطلوب قرارگیرند از بین خواهند رفت ، و حال آنکه ارگانیسم‌هائی که تغییرات مساعدی را به دست آوردند ، تولیدمثلشان بطور ابدی ادامه خواهد یافت . دراین صورت نوع مورد نظر به حالت پایداری نسبت به محیط می‌رسد . هرگاه شرایط خارجی تغییر کنند ، مکانیزم جهش + انتخاب طبیعی ، جستجوئی را آغاز می‌کند که تا زمان برگشت نوع ، به حالت پایدار ، ادامه می‌یابد .

هوموستات نیز بطریق مشابهی کار می‌کند . این دستگاه نیز بطور شانسی ، پایداری خود را جستجو می‌نماید و بالاخره به مقادیری که متضمن پایداری آن باشند دست می‌یابد . اگریک عامل خارجی ، پایداری هوموستات را بر هم زند ، مکانیزم انتخاب شانسی عوامل ، روشن شده و تا حصول پایداری ، به کار خود ادامه می‌دهد ، و سپس خودبخود قطع میگردد .

هوموستات درست مانند گربهٔ خوابیده است . اگر چنین گربه‌ای را اذیت کنید و باعث اختلالی در خواب او شوید ، برمی‌خیزد و نقطه راحت

دیگری را می‌یابد و در آنجا دوبـاره بخواب فرو می‌رود . هوموستات نیـز درست مانند گربـه برمی‌خیزد ، بطور شانسی باطراف می‌نگـرد و بدنبـال مقادیری که آنرا بحالت پایـدار برسانند می‌گردد ، و بمحض یافتـن آنها ، جستجوی شانسی خود را بپایان می‌رساند و دوباره بخواب می‌رود .

تقویت کننده هوش

فکر جستجوی شانسی ، که اش بی آنرا از مشاهدات خود بـر روی طبیعت بدست آورد ، دارای اهمیت بسیار زیادی ، هم در تئوری و هم در عمل است . مطالعـات اش بی در مورد نقـش شانس درطبیعت ، مـوجـب پیدایش عقیده وی در مورد بهره برداری از منابع غنی شانس شد .

چه چیزی را می‌توان از یک مولد اعداد بی قاعده ساده‌تر یافت ؟ "صدا ، . . . منبع پایان‌ناپذیری‌برای تولید شانس است . منبعی کـه بتواند تولید ضربه‌ای بکندو در واقع ، ساختن آن برای ما هیچگونه خرجی‌نخواهد داشت ما را بدین منظور می‌رساند . در نتیجه ، مواد اولیه بوفور در اطراف ما وجود دارند . ولی چه چیزی است که می‌توان از این مواد ،بدست‌آورد ؟ پاسخ این است: اگر نتوان همه چیز را بدست آورد ، لااقل مقدار زیـادی را می‌توان .

ترکیبات شانسی حروف نه تنها کلمات بـا معنی ، بلکه همچنیـن کلماتی را که تا کنون هیچکس با آنها برخوردی نداشته است تولیدمی‌کند . ترکیب شانسی کلمات نیز ممکن است هر جمله‌ای را ، و بعبارت دیگرهرگونه فکر و عقیده‌ای را که احتمالا از طرف انسان عـرضه شده است و یا بعـدها عرضه خواهدشد ، تولیدکند . ترکیب شانسی جملات باعث پیدایش کارهای

هنری (ادبی) ، و یا شرح بررسیهای علمی ، و یا گزارشی ازیک کشف انسانی که بوسیله بشر انجام شده است و یا در آینده انجام خواهد شد می‌گردد . بطور کلی ، شانس امکانات بسیار زیادی را در خود مستتر نموده است .

بوسیله الحاق شانسی حروف ، کلمات ، و عبارات ، می‌توانیم مفاهیم جدید ، نتایج جدیدو افکار جدیدی را بدست آوریم . بطورخلاصه ، می‌توانیم از مواد اولیه‌ای که شانس دراختیار ما می‌گذارد، اطلاعات تازه‌ای کسب کنیم . لازم به تذکراست که این فکربرای اولین بار در حدود دو قرن پیش توسط جاناتان سویفت [1] (که درضمن ، یکی دیگر از اشخاص پیشنهادی برای گرفتن لقب پدر سیبرنتیک بوده است) در داستان سفرهای گالیور مطرح شد ــ و بوسیله خود او مورد استهزاء قرار گرفت .

هنگامیکه گالیور به جزیره مشهور لاپوتا [2] قدم گذاشت ، مشاهده کرد که اهالی آنجا بوسیله دستگاه بخصوصی که هزاران حرف الفباء را بدلخواه با هم ترکیب می‌کرد ، علوم جدیدی را تدوین می‌نمودند .

لاپوتائی‌ها با در نظر گرفتن این نکته که هر کشف علمی را میتوان بصورت متنی شامل هزار حرف در آورد ، امیدوار بودندکه همه مفاهیم تمام علوم موجود را بیابند .

این نتیجه متناقض، عملی نیست ، زیرا هرچند بکار بردن این روش ، باعث فراهم شدن اطلاعات جدیدی میشود ، ولی مقدار زیادی اطلاعات نادرست نیز تولید میگردند که هیچیک حقیقت صوری ندارند ، و مسلما میزان اطلاعات نادرست بسیاربیشتر ازاطلاعات صحیح و درست است .

---

1)Jonathan Swift 2)Laputa

در نتیجه اگر خواسته باشیم از چنین فکری استفاده بکنیم ، باید تمام عبارات دور از واقعیت را ، از بقیه مطالب جدا بنمائیم ، و این عمل ، تنها بوسیله روند گزینش (انتخاب) انجام‌پذیر است .

تنها با دنبال کردن چنین فکری بودکه آش بی به فکر تسریع‌کننده انتخاب دست یافت .

طرز کار تسریع‌کننده انتخاب بدین ترتیب است: منبع تولید شانس ("صدا") به ابزاری مربوط است که جریانی از حروف الفبا را مرتبا ثبت می‌کند . هر حرفی بر اثر تولید صدای بخصوصی چاپ میشود .

این جریان حروف ، با ملاک‌هائی برای تطبیق با قواعد دستوری و املائی مقایسه شده وآنهائی که بدون معنی و مفهومی هستندکنار گذارده میشوند . بنابراین کلمه‌ای مانند "رزژد" از عملیات ما خارج خواهد شدزیرا بدون مفهوم و صدای بخصوصی است .

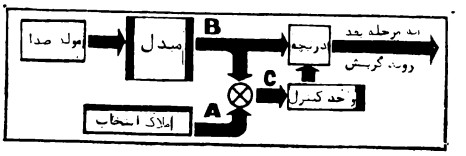
آزمایش بعدی بر روی جملاتی انجام میگیرد که دارای معنی بخصوص باشند . و پس از آن آزمایش دیگری برای حذف هر گونه عبارت غلط و نادرست لازم است . در آزمایش اخیر ، آنها که با تجربیات بشر مغایرتی نداشته باشند باقی می‌مانند . پس از این مرحله ، باید موضوعات جدید و بی‌سابقه را از مطالب جزئی و بی‌اهمیتی که تقریبا شناخته شده هستندو یا می‌توان آنها را براحتی از موضوعات شناخته شده‌نتیجه گرفت ، جدا کرد .

مرحله نهائی در روند انتخاب آنست که ، باید با در نظر گرفتن تمام ملاک‌ها و معیارها ، مطالب اساسی را جدا کرد ، و مسلما چنین عملی ، باید بوسیله انسان انجام گیرد . مقصود از مداخله انسان ، تعیین این

موضوع است که مطلب شایسته تحقیق تجربی هست یا نه .

به این ترتیب ، می‌توان اطلاعات جدیدی را از میان روندهای برگزیده ، دستچین کرد ، که هر یک از آنها ، بوسیله یک عمل انتخاب (گزینش) ، انجام گرفته‌اند .

طرح عمل تشدید کننده‌ای که آش بی آنرا ساخت و " تسریع کننده فکر مجرد" نامید ، در شکل ۶۹ نمایش داده شده است . در این طرح ، مبدل ، صدا را بطریقی تولید می‌کند که جریانی از مواد مورد انتخاب در خروجی B بوجود آید . مبدل ، بعنوان یک ورودی ، اطلاعات را بصورت صدا دریافت می‌کند . مانند گذشته این اطلاعات بدون معنی هستند .نتیجه این عمل تبدیل ، با معیاری که از طریق مجرای B وارد عمل میشود ،مقایسه میگردد . اگر این نتیجه ، با معیار موافق و مطابق باشد ، از طریق مجرای C به قسمت کنترل علامتی داده می‌شودو دریچه شروع عمل انتخاب ، ورهسپار شدن به عمل پیچیده‌تر بعدی ، باز میگردد.



شکل ۶۹

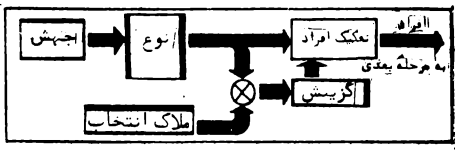
به این ترتیب می‌توان اطلاعاتی کسب کردکه قبلا بر ما نامعلوم بوده‌اند . بله ، البته انجام این عمل ، به مدت زمان بسیار زیادی وقت نیاز دارد ، ولی اگر عملیات انتخاب ، با سرعتهای فوق العاده زیادانجام‌گیرند ، می‌توان زمان لازم برای حصول نتیجه را تا حد زیادی کاهش داد .

انتخاب مصنوعی بعنوان تشدید کننده

این نکته لازم به یادآوری است که ، پیشنهاد اش بی ، در مورد بدست آوردن اطلاعات جدید توسط انتخابات پی‌درپی ، فکر نوبنیاد و بدیعی نیست . پرورندگان حیوانات و گیاهان ، نیز برای بدست آوردن انواع و نژادهای مختلف ، از این روش استفاده می‌کنند ــ روشی که موسوم به انتخاب مصنوعی است .

انتخاب مصنوعی اساسا بسیار ساده است و در فعالیتهای روزمره بشر، مورد استفاده قرار میگرفت . شخصی ملاحظه می‌کرد که یک ارگانیسم ، خصوصیت مفیدی را کسب کرده و آنرا در خود تکامل می‌بخشید (درنتیجه جهشهای شانسی) . ملاک عمل در اولین مرحله روند انتخاب ، وجود ــ و یا اطمینان در مورد ــ ویژگی و خصوصیت مورد نظر است . بعبارت دیگر، ارگانیسم‌هائی منتخب هستند که ویژگی فوق را در بر داشته باشند . در دومین مرحله ــ انتخاب فرزندان در اولین مرحله انجام گرفت ــ ملاک عمل شدیدتر و قوی‌تری بکار می‌رود ، و تنها انواعی در این مورد بکار می‌روند که طرح مورد نظر، در موردشان صادق باشد . و الی آخر . بالاخره به مرحله‌ای می‌رسیم که در آن مرحله ، طرحهای بدست آمده ، به درجه تکامل کافی و مناسبی رسیده‌اند . در این مرحله تنها از بین بردن ارگانیسم‌هائی که طرح، در مورد آنها صادق نیست باقی می‌ماند . حال ، نوع جدیدآماده پروراندن است . نمودارعمل انتخاب مصنوعی را می‌توانید در شکل ۷۰ مشاهده کنید . در اینجا ، جهشها بر روی انواع مختلف تاثیر می‌گذارند و انواعی که با نوع نمونه ، تفاوت دارند بوجود می‌آیند . اگر

اختلافاتی که ملاک انتخاب است ، در مورد نوعی ، بچشم بخورد ، این نوع ، بوسیله پرورنده ، برگزیده شده و به مرحله بعدی روند انتخاب ارسال میشود . ولی انواعی که دارای شرایط مطلوب نباشند ، از بین می‌روند .



شکل ۷۰

آشکار است که نمودار عمل انتخاب مصنوعی ، شباهت بسیارزیادی به نمودار طرز عمل تسریع کننده فکر مجرد (ساخت اش بی) دارد . درواقع تسریع کننده اش بی نمونه مجازی از روند انتخاب مصنوعی است .

برای خاتمه این فصل ، تائید می‌کنیم که ، شانس ، و تنها شانس بود که تطبیق پذیری با محیط و پیدایش اشکال پیچیده را برای ارگانیسم ممکن ساخت . تنها بخاطر وجود شانس بود که انواع متعدد حیوانات و گیاهان پا به عرصه حیات گذاردند . تنها بخاطر وجود شانس بودکه بشر ، خود ، بر روی زمین بوجود آمد . این صفت برجسته و قابل توجه طبیعت ، تنها پس از اینکه چارلز داروین ، طریقه انجام عمل انطباق را تشریح کرد ، واضح و قابل فهم شد . تا قبل از آن زمان ، تنها شرح ممکن برای این موضوع ، بر اساس عقاید مذهبی که تمام موضوعات فوق را نتیجه نیت قبلی و هوش و ادراک طبیعت می‌دانست استوار بود . اکنون ، آشکاراست که طبیعت ، هیچگونه فکر و اراده‌ای از خود ندارد . هرگاه بخواهیم هر یک از اصول اساسی طبیعت را مورد بحث قرار دهیم ، تنها به این نتیجه خواهیم رسید که شانس در آنها دخیل است . زیرا این شانس است که با همکاری

انتخاب ، پیدایش روندهای طبیعی را موجب میشود .

۷ ـ تنظیم خود بخود

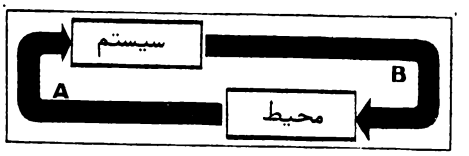
نکاتی چند در مورد ارتباط ها

بازی مشهوری به این ترتیب آغاز میشود کـه ، یکی از بازیگـران می‌پرسد . "چه ارتباطی هست بین . . . ؟" و آنگاه دو چیز کاملا متفاوت را نام می‌برد و از ما می‌خواهد که ارتباط بین آنها را بیابیم .

مثلا : چگونه تعداد سوراخهای پنیر سوئیسی روی حداکثر سرعت اتوموبیل مسکویچ تاثیر میگذارد ؟ و یا اینکه: اثر خسوف ماه بر طعم غذای ششلیک چگونه است ؟ هنگامی که پرسش به پایان می‌رسد ، اولین بازیگرباید ارتباط موجود را یافته و آنرا توضیح دهد .

مضحک‌ترین و جالبترین نکته این است که معمولا چنین ارتبـاطی وجود دارد: حداکثر سرعت اتوموبیل مسکویچ به تعـداد سوراخهای پنیـر سویسی بستگی دارد ، و طعم ششلیک نیز به خسوف ماه مربوط است . ولـی این ارتباطات بسیار ضعیف هستند . و حتی اگر می‌توانستیم آنها را برآورد و ارزیابی کنیم بسختی می‌شد مورد استفاده‌ای برای آنهـا یافت . و تنهـا بهمین دلیل است که صاحبـان اتوموبیلهای مسکویچ ، برای درجـات فشار روغن و اکتان بنزین بیش از تعداد سوراخهای پنیر سویسی اهمیت قائلند . و همچنین هنگامیکه شخصی ششلیک سفارش میدهد ،به خصوصیات و اطلاعات سرآشپز بیش از تاریخهای بغرنج و پیچیده تقویم قمری توجه می‌کند .

هنگامیکه شیء بخصوصی را از میان تعداد بیشمار اجسام و پدیده‌های محیطمان برای مطالعه برمی‌گزینیم ، باید پیوند آنرا با دنیای خارج محفوظ نگاهداریم ، در غیر اینصورت شیء مورد بحث عمل عادی خود را متوقف می‌کند و مطالعه آن نتایج مطلوب را بدست نمی‌دهد . منظور ما از "دنیای خارج" محیطی است که شیء نزدیکترین تماسهارا با آن دارد . در نتیجه "محیط" بدون اینکه خود ، قسمتی از شیء باشد ، شامل تمام عواملی است که رفتار شیء را تحت نفوذ خودقرار میدهند . بازتاب بین شیء و محیط را می‌توان با طرح نمایشی شکل ۷۱ نشان داد .



شکل ۷۱

در این نمودار ، سهم A نشان‌دهنده عمل محیط بر روی شیء مورد مطالعه و سهم B نماینده اثر محیط بر روی شیء است . با بکار بردن اصطلاحات مناسب فرضیه ارتباطات ، می‌توانیم A را مجرائی بنامیم که در طول آن ، محیط عملی را بر روی جسم مورد مطالعه اعمال می‌کند ، سپس سیستم (شیء) ، از طریق مجرای B بر روی محیط تاثیر می‌گذارد .

مثلا فرض کنید دماسنجی را بعنوان شیء مورد مطالعه برگزیده‌ایم . گرما ، از محیط خارج ، بوسیله مجرای A به دماسنج منتقل میشود . اطلاعات ، در مورد دما ، از طریق مجرای B بما منتقل میگردند . بنابراین مجرای A

منتقل کننده گرما و مجرای B منتقل کننده اطلاعات درمورد دمای محیط است (که ناظر، خود نیز جزئی از این محیط است) . عوامل دیگری نیز وجود دارندکه دماسنج را به محیط ربط می‌دهند ــ بعنوان مثال ، جاذبه . ولی تاثیر جاذبه بر دماسنج ضعیف است و در نتیجه نادیده گرفته میشود . مثال دیگر: مثلا یک ماشین تراش را در نظر می‌گیریم . قطعاتی که باید تراشکاری شوند ، بعلاوه انرژی و مایع لغزنده ، از طریق مجرای A به چرخ تراش منتقل می‌شوند . مجرای B ، نقطه پرداخت شده ، خرده‌های فنر ، و صداهای حاصل از تراش آنها را به دنیای خارج تحویل میدهد .

البته اثر نور و روشنائی خورشید در ارتباط ماشین تراش بامحیط بسیار ناچیز و جزئی است و بنابراین می‌توان از آن صرفنظر کرد .

و مثالی در مورد زیست‌شناسی : یک موجود زنده همیشه درشرایط بخصوصی از محیط ، قادر به فعالیت است . ممکن است این محیط یک صحرا ، آب ، ظرف شیمیائی ، و غیره باشد . ارگانیسم از طریق مجرای A غذا و هرگونه تحریک خارجی را دریافت می‌کند ، و بوسیله مجرای B ، ارگانیسم بر روی محیط اثر می‌گذارد ، وضعیت خود را با محیط تغییر می‌دهد ، و غیره . مثالهای متعددی را می‌توان برای تعیین رابطه اشیاء با محیط مطرح کرد .

انجام این اعمال برای بدست آوردن یک فرضیه مناسب ، چندان هم بیهوده نیست . مقصود ، رسیدن به نتایج ژرف و عمیقی در مورد رابطه بین اجسام موجود در دنیای واقعی با محیطشان است . چنین فرضیه‌ای نه تنها این ارتباط را روشن می‌کند بلکه همچنین علل پیدایش ارتباطاتی را که در جستجوی درکشان هستیم مشخص می‌کند . بعلاوه ، چون هر سیستم ،

دارای خصوصیات و ویژگیهائی است که ارتباط بین ورودی A و خروجی B آنرا معین می‌کند ، می‌توانیم هر شیء . . . را بطور ساده ، و تنها با مشاهده نقاط A و B مربوط به آن مطالعه کنیم .

سیستم‌های مختلف دارای ارتباطات مختلفی بین ورودی و خروجی خود هستند . اغلب ، این خصوصیات فردی را می‌توان بشکل دسته‌ای از اعداد ، که پارامترهای سیستم نامیده میشوند ، نشان داد . مثلا پارامترهای یک دماسنج عبارتند از مقدار جیوه موجود ، شعاع لوله موئین ، و فاصله بین درجات تقسیم‌بندی آن . این هر سه پارامتر ، ارتباط بین ورودی و خروجی دماسنج را تعیین می‌کنند . ولی در صورتیکه یکی از آنها تغییر کند ، ارتباط بین دمای جیوه ، و دمائی که درجه بندی نشان میدهد تغییر می‌کند و دماسنج معیوب خواهد شد .

ماشین تراش خودکار ، قطعات را از ورودی تحویل گرفته و قطعه پرداخت شده را به خروجی تحویل میدهد . پارامترهای ماشین تراش عبارتند از . چرخ تراش ، سرعت دهنده ، و درجه انحراف ابزارهای مختلف آن ، وضعیت و میزان انرژی تحویل داده شده به اجزاء مختلف ماشین ، جنس ابزارها و غیره . این پارامترها ، ابعاد و کیفیت محصول را تعیین میکنند . مقدار آنها بهیچوجه دلخواه و بی‌قاعده نیست ، بلکه به کالای ورودی وشکل کالای مطلوبی که باید از ماشین ، تحویل گرفته شود ، بستگی دارند ، و نحوه انتخاب آنها نیز به شرایط اقتصادی ، صیقل دادن کالای مورد نظر ، لزوم تنزل استهلاک ماشین ، و بسیاری عوامل دیگر بستگی دارد .

در هر صورت باید مقدار پارامترهای ماشین تراش قبل از شروع کار ، بوسیله تعیین مشخصات ماشین و کالای مورد نظر معین شوند . ما ، در حال

حاضر، به بررسی یکی از دو مورد فوق اکتفا می‌کنیم: کیفیت تراش قطعه.

تنها پس از برآوردن مقصود فوق است که می‌توانیم توجه خود را به فرسایش، استهلاک ماشین و غیره معطوف نمائیم. پس، تنها درخواست ما از چرخ یک چیز است و آن اینکه بهترین نتیجه را تولید کند، وبعبارت دیگر، نزدیکترین قطعات را نسبت به طرحهای رسم شده توسط مهندس طراح تولید کند.

در صورتیکه در طرح مورد نظر مقداری خطا در نظر گرفته و مشخص شده باشد، لزومی ندارد که سعی کنیم قطعه را با دقیقترین شرایط تولید کنیم. از سوی دیگر بایداین موضوع را درنظر داشت که عامل شانس، همیشه در کارهای ساختمانی و صنعتی وجود دارد و بچشم میخورد. بنابر این، کوشش ما باید در جهت حصول نتایج هر چه دقیق‌تر باشد بطوریکه حتی با وجودتداخل نیز، مقدار انحرافات، از حدتصریح شده بیشتر نباشد و درصد نقصی که در نقاط معیوب وجود دارد به حداقل ممکن تقلیل یابد.

نزدیکی به کمال مطلوب

طبیعتا، هرگاه بخواهیم ماشین تراشی را میزان کنیم، باید قادربه تعیین کیفیت خروجی آن، باشیم. برای این منظور، باید تخمین زنی در اختیار داشته باشیم که میزان نزدیکی قطعه حاصل رانسبت به حالت مرغوب آن معین کند. این تخمین زن، کیفیت عمل ماشین تراش را می‌سنجد.

بهتر است که چنین تخمین زنی را با دقت هرچه تمامتر ــ مثلا به دقت یک عدد در ریاضیات ــ بسازیم. چنین تخمین زنی در مورد یک‌ماشین تراش عبارتست از مقدار کلی تفاوتهائی که بین ابعاد قطعه تولیدشده و ابعاد

طرح مورد نظر وجود دارد . هنگامیکه ماشین تراش در بهترین شرایط خـود ، کار می‌کند ، مقدار تخمین زن برابر صفر خواهد بـود ، یعنی حالت مطلـوب بدست آمده است (یادآوری می‌کنیم که عملا هیچگاه چنیـن حالتی درمـورد تخمین زن پیش نخواهد آمد و این بخاطر عدم وجود امکان برای رسیدن بـه ابعاد مورد نظراست) .اگر مجموع تفاوتهای بین ابعادحقیقی و ابعاد موردنظر مثلا با خطای یک میلیمتر مساوی باشند . می‌گوئیم که فاصله ، از مقدار مطلوب یک میلیمتر است .

تخمین زن‌های دیگری را نیز می‌توان بکار برد ــ مثلا بدست آوردن نسبت اجزاء ناقص. گـاه ممکن است تخمین زن ، خود دارای خصوصیتهائـی باشد . ولی بهرصورت هنگامی که تخمین زن بخصوصی در اختیار داریم ، باید مقصود ما تنها بدست آوردن مقـدار حداقل در مورد ایـن تخمین زن باشد . هنگامیکه مردم از شرایط مطلوبی که موردنظرشان است صحبت می‌کنند ، معمولا عالیترین و بهترین صفـات را به آنها اختصـاص میدهند ــ " ارزان‌تـرین " ، "دقیقترین " ، "زیباترین" و غیرو ــ به این منظور که همیشه "بهترترین"ها را (!!) در مد نظر داشته باشند . مثلا هنگام خرید یک دوچرخه مشتری اصـرار می‌کند که دوچرخه مورد نظر او ،

۱) قابل اعتمادترین

۲) روان‌ترین

۳) ارزان‌ترین

۴) جذاب‌ترین

. . . . دوچرخـه موجود باشد. امـا پس از اینکه ، عمـل با دستگاهها و ابزارهای چندی را تجربه کرد ، خواهد دریافت که هیچ دوچرخه‌ای‌نمی‌تواند

تمام خصوصیات فوق را با هم دارا باشد (تمـام این شرایط در صـورتی می‌توانند برقـرار باشند کـه او ، نوع بخصوصی از دوچـرخه را بـا ایـن خصوصیات دیده و خواستار آن باشد ، و در غیر اینصورت عیبجوئی او از شرایط موجود بعیـد بنظر می‌رسـد) . این ، درست همان وضعی بـود که آگافی تیخونونا ،[1] عروس نمایشنامه "جشن عروسی" اثـر گوگول ،[2] خـود را گرفتار آن دید . او باید یکی از چهار خواستگار خود را انتخاب میکرد ، و حتی یک ملاک نیز برای اینکه کدامیک از این چهار خواستگار شوهردلخواه او خواهند بود ، در اختیار نداشت ، زیرا او سعی می‌کرد تمام خصوصیـات را ، با هم ، در نظر بگیرد . به همین جهت ، دختـرک بیچاره بالاخره بـا عذاب بی‌پایانی تصمیم خود را گرفت . آگافی تیخونونا با ناراحتی اظهار کرد .

" اوه ، عزیزم ، عزیزم ، گرفتن تصمیم خیلی مشکلـه ، اگـه فقط یکنفر ، یا حتی دو نفر بودند . . . . ولی چهار نفر! چطور می‌تونـم تصمیم بگیرم ؟ نیکانور ایوانویچ[3] خیلی جذابه ولی البته لاغره ـ ایوان کوزمیچ[4] هم جذابه . اگه بخوام حقیقت‌رو گفته باشم ایوان پاولویچ[5] هم قشنگه ـ البتـه ممکنه کمی چاق باشه ، ولی بهر صورت جذابه .

چه بایـد بکنم ؟ از شمـا می‌پرسم ؟ بالتزار بالتزارویچ[6] هم مرد ایده‌آلیه ، گرفتن تصمیم خیلی مشکله ، نمی‌تونم به شما بگم که چقدر مشکله . "

---

1) Agafya Tikhonovna 2) N.Gogol
3) Nikanor Ivanovich 4) Ivan Kuzmich
5) Ivan Pavlovich 6) Baltzar Baltzarovich

سپس آکافی تیخونونا عقاید خود را در مورد زیبائی و جـذابیت شرح داد .

" اگر می‌تونستیم لب نیکانور ایوانویچ و بینی ایوان کوزمیچ رو ــ بعلاوه کمی از اخلاق بالتزار بالتزارویچ و اندکی هم از هیکل ایوان پاولویچ برداریم در اون صورت من می‌گفتم بله ! "

ملاحظه می‌کنید که "عروس بعد از این" ما ، بخاطر درخواستهـای متعدد خود به چه دشواریها که گرفتـار نیامد . برداشتن بینی یکنفـر و لب دیگری لااقل بطور ذهنی برای رسیدن به مقصود ، ممکن است ، ولی این عمل در مورد یک متن ، در حالیکه بخواهیم با مطالب کم‌ارزش موضوع پرارزشـی را کسب کنیم غیرقابل تصور و امکان ناپذیر است .

این دو صفت کاملا ناسازگارند . آنها صفات انحصاری هستند .

ولی آیا این بدان معنی است که اگر در پی کیفیت عـالی هستیم ، نباید برای ما ارزش، مطرح باشد ؟ و یا اینکه . آیا اگر بخواهیم متنی را بـا حداقل ارزش بدست آوریم ، باید کیفیت آنرا نادیده بگیریم ؟ خوب ــ اگـر چنین کاری می‌کردیم ، باید تمام زندگی خود را صرف جمع‌آوری آشغال‌ها و زباله‌هائی که در اطرافمان بوجود می‌آمد ، می‌نمودیم .

واضحست کـه باید هر موضوعی را بحساب آورد ــ ولی بدرجات مختلف اهمیت . اگرمنظور مابدست آوردن کیفیت عالی است ، بایدحداکثر ارزشی را که این کار می‌تواند برای ما داشته باشد مشخص کنیم . ازسوی‌دیگر هرگاه بخواهیم چیزی را حتی‌الامکان ارزان بخریم ، مسلما طرحی را باقیمت مناسب در نظر خواهیم داشت ، و هرگاه ارزش نوعی از کالای مورد نظر مـا ، از قیمت فوق کمتر باشد ، حتی در صورت مجانی بودن هم آنرا نمی‌خریدیم

(زیرا در اینصورت کیفیت کالا از حداقل هم کمتر می‌بود)

بنابراین هنگامی که تخمین زنی را بـرای خود تدارک می‌بینیم ، که در شرایط مطلوب عمل می‌کند ، باید راههای مناسبی را کـه بمـا ، در رسیدن به هدف خود کمک می‌کنند در نظر داشته باشیم . جمله " انتهای کار همیشه نمایانگر مقصود است " ظاهرا متناقض بنظر میرسدزیرا در زندگی مقاصد زیادی وجـود دارند ، و هیچ وسیلـه‌ای که برای رسیدن به هـدف مشخصی بکار میرود ، نباید به اهداف دیگری برخورد کند . پس عبـارتی بصورت "بهرمنظور" و یا "برای هر مقصودی" وجود خارجی ندارد .وسائل و طرق رسیدن به اهداف بزرگ ، نباید با اهداف دیگر ، حال هر قـدر هم کوچک (ولی در عین حال مهم) باشند ، برخورد کنند .

متن فوق را می‌توان بدینصورت خلاصه کرد . " پایان کار ، همیشه میزان توانائی را توجیه می‌کند " . چنین عبارتی پس از اینکه بچاپ رسید و مورد مطالعه همگان قرار گرفت ، شکوه و جلال خود را از دست می‌دهد و تنها بصورت یک واقعیت قابل تشریح باقی می‌ماند .

حال ، به تنظیم خودبخود ، بازگردیم .

تنظیم خودبخود ، بعنوان نوعی کنترل

فرض کنید ماشین تراش خودکارما ، بدقت میزان است و مهره‌هائی را با بهترین کیفیت تولیدمی‌کند . این بدان معنی است که بایدپارامترهای ماشین تراش و همچنین پارامترهای قطعه فرسوده نیزهمچنان ثابت بمانند . حال فرض کنید یکدسته مهره در اختیار داریم ، که از لحاظ میزان سختی و یا از لحاظ ابعاد ، با مهره‌های فرسوده معمولی تفاوت دارند . طبیعتا ، این

موضوع برکیفیت قطعات تولیدشده اثرمیگذارد . درواقع ، این ، طبیعی‌ترین حالت تداخل است و بعید بنظر می‌رسد کـه ماشین تراش با همـان کیفیت عالی که قبلا داشت ، به کار ، ادامـه دهد . برعکس ، ما انتظار داریـم که کیفیت کار ماشین تنزل کند و در نتیجه ، مسئول آن ناچار از تنظیم دوباره ماشین باشد ــ بعبارت دیگر ، او باید وضعیتی را بیابدکه درشرایط موجود ، عالیترین کیفیت کار و تولیدرا دربر داشته باشد . پس مسئول ماشین ، سعی می‌کند حتی‌الامکان تفاوت بین طرح مطلوب ، و شکل حقیقی قطعـات را بـه حداقل برساند . و این چیزی نیست بجز ، کنتـرل

نتیجه کلی که از مثـال فوق گرفته میشود ، آن است کـه ، متصدی دستگاه ، در روند کنترل تمام عواملی را که براثر تغییرات پیش‌بینی نشده ، بوجود آمده‌اند ، و وضعیت سیستم را به حـداقل کیفیت تقلیل داده‌انـد ، حذف می‌کند ، و این عمل ، بمعنای تقلیل دادن مقدار تخمین‌زن به حداقل ممکن است . ما توجهی به چگونگـی این عمل در شرایط موجـود نمی‌کنیم . فقط تاکید این نکته مهم است که ، سیستم از حالت مطلوب خارج شد و پس از انقضای مدت زمان کوتاهی ، بوسیله سیستم دومی (متصـدی دستگـاه را ، می‌توان بطور کلی سیستمی محسوب داشت) به این حالت بازگردید . بادرک این مطلب ، قدم کوچکی در جهت درک مفهوم سیستمهای تنظیم خود بخود برداشتیم .

اگـر ماشین تراش را بانضمـام متصدی آن ، روبهمرفته یک سیستـم محسوب بداریم ، (کـه البته سیستم بسیـار پیچیده‌تـری است) می‌توانیـم مفهومی از یک دستگاه تنظیم خودکار بدست آوریم . در این حالت ، متصدی دستگاه ، جزء تنظیم کننده این سیستم پیچیده را تشکیل میدهد .

این پرسش برای خواننده پیش خواهد آمد که ، " آیا هر ماشینی را با متصدیش می‌توان یک سیستم تنظیم خودکار نامید ؟"

و پاسخ مـا ، در صورتیکه متصـدی بمنظور بهبـود بخشیدن بـه خصوصیات ماشین بر این کار گمارده شده باشد ، مثبت ، و در صورتیکه او در حین کار با مـاشین ، دخالتی در بهتر شـدن خصوصیات آن نداشتـه باشد ، منفی است .

اتوموبیلهای شخصی ، با راننده‌هایشان را می‌توان نـوعی از یک سیستم با تنظیم خودکار محسوب داشت . در این سیستم ، راننده مـاشین را بحرکت درآورده و گاه بگاه وضعیت آنرا کنترل و تثبیت می‌نماید . ولی یک راننده آماتور را نمی‌توان عنصر تنظیم‌کننده‌ای محسوب داشت . بنابر این ، در شرایط اخیر ، سیستم "ماشین ، راننده" سیستم تنظیم خودکـار ، نیست . پرسش ایـن سئوال کـاملا طبیعی است که" آیـا پس از تمام ایـن حرفها ، چیزی بنام سیستم تنظیم خودکار وجود داردیا آنچه که گفته شد ، تنها بازی با کلمات و سفسطه‌ای از واقعیت بیش نبود ؟"

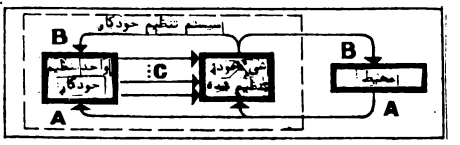
بطور کلی می‌توان گفت که اگر تمام مساله روی محور وجود متصدی بچرخد ، دستگاه خودکـار ما یک شاهی ارزش نخـواهد داشت . ولی فـورا خاطرنشان می‌کنیم که مطالعه سیستم‌های تنظیم خودکاری که درساختمانشان باید متصدی مربوطه را نیز منظور داشت ، دارای اهمیت بسیار زیادی‌است . زیرا اینگونه مطالعات ، در چگونگی عمل متصدی‌ها در تنظیم دستگاهها بما کمک می‌کنند . بمحض درک چنین مفهومی ، خواهیم توانست دستگاه‌مورد ـ نظر را بجای شخص متصدی ، جایگزین کنیم . هرگاه مقصود ما ساختن چنین دستگاهی باشد ، باید اطلاعات کاملی را در مورد موضوعات مهمی که ایـن

دستگاه باید در حین کار بخاطر آورد ، و تخصصهای لازم آن ، داشته باشیم ، و برای دریافتن چنین مطالبی ، باید در شرایط مشابهی ، به مطالعه رفتار و اعمالی که متصدی ماشین ، در حین کار انجام می‌دهد ، بپردازیم . در حین چنین مطالعاتی است که جانشینی را برای او در نظر خواهیم گرفت ــ بعبارت دیگر ، ماشین خودکاری را که باید جایگزین او کنیم در این حین ، طرح ریزی می‌نمائیم . ضمنا ، مطالعه اعمالی که یک مکانیک ، در حین تنظیم اعمال پیچیده دستگاه ، به انجام آنها مشغول است ، یکی از مهمترین مسائل موجود در زمینه کنترل است ، ولی تنها مطالعات ناچیزی بر روی این مطلب انجام گرفته است .

در اینجا لازم است منظور خود را از سیستم تنظیم خودکار ، بیان کنیم .

سیستم را تنظیم شونده خودبخود می‌نامیم ، در صورتیکه مستقل از عوامل خارجی و بدون مداخله آنها به سمت حالت مطلوب میل کند . یعنی ، هرگاه تخمین زننده کیفیت دستگاه ، بدون هیچگونه دخالتی ازطرف محیط ، در حداقل مقدار خود ، باقی بماند .

نمودار اعمالی که درحین بازتاب سیستم تنظیم شونده خود بخود نسبت به محیط انجام میگیرد ، در شکل ۷۲ نمایش داده شده است .



شکل ۷۲

در اینجا ، دستگاه تنظیم کننده ما شخصی است که کیفیت خروجی

ماشین تراش را از طریق مجرای B' بازدید کرده و در عین حال مجرای A' را در صورت وقوع هر گونه تغییری در خواص قطعه ورودی ، باز می‌کند .

در صورتیکه خواص قطعات ، تغییر کنند ، متصدی مربوطه ، بمنظور کنترل دستگاه ، پارامترهای جدید را تعیین می‌کند . او برای نائل شدن به چنین هدفی ، باید از ارزش عمل‌در هر حالت (یعنی برای هرگونه تغییر و انحرافی از حالت مطلوب و استاندارد) آگاهی داشته باشد . عمل او ، تنها به طریقه کار دستگاه ارتباط دارد . او در صورتیکه بخواهد از چگونگی تغییر پارامترهای دستگاه بمنظور کنترل اطلاع حاصل کند ، یا باید با تمام نکاتی که در ساختن قطعات موردنظر دخالت دارند آشنائی داشته باشد ، ویا اینکه باید یک دوره تعلیمی را پشت سر بگذارد . در این دوره ، چگونگی عمل ، در مقابل کوچکترین تغییر قطعات ورودی دستگاه ، به او آموخته می‌شود .

اشکالات موجود در عمل تنظیم . . .

هر شخصی که کوچکترین اطلاعی از ماشینهای تراش خودکار ، داشته باشد ، از این موضوع آگاه است که ، یک سری دستورالعمل درماشین وجود دارند که مانند دایرة المعارف بریتانیکا هستند و بکمک آنها می‌توان هرگونه خطائی را از میان برد .

از سوی دیگر ، متصدی دستگاه باید اطلاعات کامل و مفهوم کلی را از چگونگی انجام اعمال صنعتی در فکر خود داشته باشد ، تا بدان‌وسیله بتواند در حالت کلی هرگونه خطا و اشکالی را برطرف کند . این اطلاعات‌در حالت خاصی که زیردست اوست ، باید بحد اکمل و کافی زیادباشند . طبیعتا چنین شرایط و بدست آوردن چنین اطلاعاتی ، دلخواه هیچکس نیست واین

موضوع ، برای متصدی دستگاه ، بسیار شاق و غیر قابل تحمل است .

بطور کلی ، بخاطر سپردن تعداد بسیار زیاد از دستورالعمل‌ها ، برای هر شخصی ناخوش‌آیند است . اگر این نکته را برحقایق فوق بیفزائیم که قطعاتی که توسط ماشین‌های تراش ساخته میشوند معمولا مورد درخواست‌های فراوانی هستند ــ و بعبارت دیگر ، طرح نقشه‌ها بطور ماهیانه در تغییر است ــ بخوبی آشکار میشود که برای متصدی که در هرماه با تعداد زیادی دستورالعمل جدید مواجه است و همچنین برای مهندسی که ناچار است هرماه چنین دستورالعمل‌هائی را طرح کند ، زندگی بزودی غیرقابل تحمل خواهد شد . پیدایش مشکلات فوق به این خاطر است که ، در شرایط موجود ، طریقه انتخابی متصدی و مهندس برای تنظیم دستگاه ، از طریق بهترین روش ممکن ، یعنی "روش جبران" انجام نگرفته است . در روشی که توسط متصدی ماشین دنبال شد ، استفاده از مدار بازخور B' ،که تعیین کیفیت کالای تولید شده را موجب میشود ، برای متصدی غیرممکن است . کاربرد چنین روشی نه تنها برای متصدی ، بلکه همچنین برای مهندس طراح نیز اشکالاتی در بر خواهد داشت .

در حقیقت ، تنها مقصودی که از نصب مجرای B' منظور نظر بوده است ، تعیین کیفیت (خوبی یا بدی) کالای تولید شده میباشد . هنگامیکه قسمتی از کالای تولید شده ناقص باشد ، اخطاری بمتصدی داده می‌شود ، که او باید برطبق آن توجه خود را به ورودی سیستم (یعنی قطعات فرسوده ورودی) معطوف بدارد . زیرا در شرایطی که همه چیز بخوبی کار می‌کند ، تنها علت ناقص شدن محصول ، انحراف شیء ورودی از حالت استاندارد می‌تواند باشد .

حال فرض کنید که همه عوامل در حالت متعادل قرار نداشته باشند. فرض کنید، درست در لحظه‌ای که قطعه ورودی تغییر می‌کند، یکی از پارامترهای ماشین تراش نیز بعلل داخلی تغییر می‌کند ــ مثلا یکی از ابزارهای گیرنده شیء، هرز می‌شود.

چون تمام دستورالعمل‌های مربوط به نقص قسمت ورودی در دسترس قرار دارند نمی‌توان تعیین کرد که کدامیک باید بکار روند. تنها عملی که متصدی، در شرایط موجود قادر به انجام آن است مطالعه دقیق در مورد علت پیدایش این نقایص و کوشش برای حذف آنها، بوسیله تنظیم دوباره ماشین تراش می‌باشد. او برای انجام چنین عملی، باید به مجرای B' دقیق شود، زیرا این مجرا بطور مجازی، تمام اطلاعات را در مورد کیفیت عمل ماشین تراش در بر دارد.

متصدی ماشین، حتی اگر دستگاه تراش، برای او تازگی داشته باشد نیز، با دقت کردن بر روی مجرای B'، که بمنظور تعیین کیفیت خروجی، بر روی دستگاه تعبیه شده است، می‌تواند دوباره دستگاه را تنظیم کند.

... و چگونگی غالب آمدن بر آنها

فرض کنید متصدی ما حداقل معلومات لازم را برای عمل با ماشین تراش، در اختیار دارد ولی دارای معلومات عملی زیادی است. او، به معلومات معینی برای تولید قطعات موردنظر بوسیله ماشین، نیاز دارد. مثلا، اگر قطعات مورد نظر مهره هستند، او باید از طریق تنظیم و واداری دستگاه بمنظور تولید مهره، آگاه باشد، و نه تولید گلوله. (برای انجام

اینکار ، داشتن یک معلومات حداقل ، کافی است) . معلومات عملی او هنگامی بکار می‌آیند که باید چرخ تراش را طوری تنظیم کند که نقایص تولید شده از طرف دستگاه ، بحداقل برسد .

حال فرض کنید چرخ تراش از حالت تنظیم ، خارج شده است و مهره‌هائی را تولید میکند که ابعادشان با ابعاد نقشه تفاوت دارد ــ مثلا بجای اینکه مهره‌ها شش ضلعی باشند ، ۹ ضلعی از آب در آیند . متصدی در این شرایط هیچگونه معلوماتی برای رفع خطا ندارد ، ولی بخوبی از وجود تعدادی از کنترلهائی که در دستگاه موجودند و بوسیله آنها می‌توان بعضی از ابعاد مهره را تغییر داد آگاه است . مسلما اولین عملی که تراشکار باید انجام دهد تعیین کیفیت تغییر ابعاد مهره خروجی از دستگاه‌است . تراشکار با تغییر یکی از کنترلها (تغییر یکی از پارامترها) و ساختن یک مهره ، پس از انجام این تغییر می‌تواند از اثر آن کنترل ، بر مهره ، اطلاع حاصل کند . او با انجام چنین عملی ممکن است به سه نوع کنترل برخورد کند .

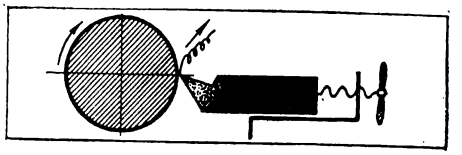
سه نوع کنترل

کنترلهای نوع اول ، آنهائی هستند که تنها یکی از ابعاد مهره‌را ، بدون در نظر گرفتن وضعیت کنترلهای دیگر ، تغییر می‌دهند . چرخاندن یک کنترل نوع اول به یک سمت ، مثلاسمت راست ، باعث افزایش بعد مورد نظر قطعه می‌شود و این چرخش در جهت عکس ، کاهش این بعد را موجب می‌گردد .

احتمالا تراشکار با یافتن چنین کنترلی ،از شادی در پوست نمی‌گنجد زیرا طرز کار با آن بسیار ساده است . بعنوان مثال هر گاه بعد بخصوصی

ناگهان افزایش یابد ، تنها کاری که او باید انجام دهد ، چرخاندن کنترل مربوطه در جهت لازم است . میزان این چرخش نیز بستگی به میزان خطای حاصل شده ، دارد .

مثال چنین کنترلی ، درشکل ۷۳ نمایش داده شده است . دراینجا ، وضعیت ابزار ، نسبت به قسمت گردان ، و در نتیجه نسبت به قطر قطعه‌مورد تراش ، بستگی بـه وضعیت چرخ دستـی دارد که ابزار را کنتـرل می‌نماید . هنگامیکه این دسته ، بطرف داخل پیچانده شود ، ابزار تراش بسمت داخل قطعه زیر کار فـرو می‌رود و قطر آن را کـاهش میدهد ، و هنگامی کـه دسته بطرف خارج گردانده شود قطر قطعه افزایش میابد .



شکل ۷۳

فرض کنید که یک چرخش کامل دسته ، ابـزار برش را بانـدازه یک میلیمتر ، بسمت داخل ، حرکت دهد . در این صورت ، هرگاه تراشکار دریابد که قطر ابزار باندازه ۰/۱ میلیمتر بیش از مقدار مورد لزوم است ، کافی است دسته را در جهت عقربه‌های ساعت و باندازه یک بیستم[۱] دور کامل بچرخاند تا قطر قطعـه مورد نظر ، ۰/۱ میلیمتر کـاهش یابد و در نتیجـه آن ، عمل تصحیح ، انجام شود .

---

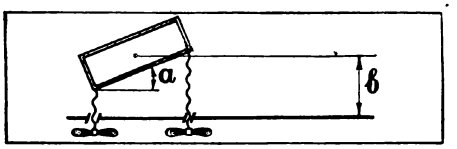
۱) چون در عمل تراش قطعه ، تراشه‌های اضافی بطور شعاعی از قطعه بر ـ داشته میشوند ، بنابراین برای اینکه قطعه قطرش ۰/۱ میلیمتر کاهش یابد باید از شعاع آن ۵٪ میلیمتر یا $\frac{۱}{۲۰}$ کاست . (م)

لازم به تذکر است که تراشکار چنین عملی را تنها با اتکاء بر تجربیاتی که قبلا بدست آورده است ، می‌تواند انجام دهد . این تجربیات عبارتند از: گرداندن دستگیره بسمت راست و چپ ، و مشاهده نتایج تغییراتی که در ابعاد تراشه‌های فلز حاصل میشود . تراشکار با انجام این عمل قادر خواهد بود هر گونه خطائی را که مربوط به کنترل نوع اول است رفع کند . او پس از سنجش ابعاد قطعه بدست آمده فورا کنترلها را برای قطعات بعدی میزان خواهد کرد .

حال بیایید از بحثهای فوق ، نتیجه‌ای بگیریم . برای بعدی از قطعه که ، باید توسط کنترل نوع اول رفع خطا گردد ، هر گونه انحرافی از حالت متعادل ، اطلاعاتی را در مورد جهت چرخش لازم بمنظور تقلیل انحرافات تا صفر ، شامل میباشد .

کنترل ابعاد یک قطعه پایان یافته توسط کنترل نوع اول بسیار ساده و خالی از هر گونه اشکالی است . این نوع کنترل به کنترل انحرافی موسوم است .

کنترلهای نوع دوم ، اشکالاتی را برای متصدی تولید خواهندکرد چرخش هر یک از این کنترلها ، تغییر همزمان ابعاد مختلف قطعه را موجب خواهد شد . در شکل ۷۴ یک مثال از دستگاهی که شامل دو کنترل از این نوع است (دستگیره) و وضعیت یک قطعه مکعب مستطیلی را تعیین می‌کند ، نمایش داده شده است .



شکل ۷۴

در این حال ، قطعه زیر کار باید وضعیت بخصوصی را نسبت بـه تیغه تراش اشغال کند . مقدار زاویه a و فاصله مرکزی b ، باید مقادیـر مشخصی باشند . کاملا آشکار است که با تغییر هـر یک از دو کنترل فـوق ، هر دو پارامتر تغییر می‌کنند . همچنین واضح است که برای تنظیم هـر یک از پارامترهای a و b ، باید هر دو کنترل را با هم تغییر داد .

برای تغییر b ، هر دو کنترل باید در یک جهت ، و به یک‌مقدار ، چرخانده شوند . با انجام این عمل ، زاویه a ثـابت خواهد ماند . بـرای تغییر زاویه a ، باید هر دو دستگیره را بیک میزان ولی در جهات‌مختلف چرخاند . در این حال ، فاصله b ثابت خواهدماند .پس از ذکراین مثال ، تصدیق می‌کنیم که برای تغییر هر یک از ابعاد باید کنترلهـای مختلفی را باشکال مختلف ، ولی بطور همزمان تغییر داد .

مشاهده این نکته بسیار ساده است که ، هر گونه انحرافی ازحالت متعادل ، شامل اطلاعات کاملی در مـورد وضعیت دو کنتـرل برای کـاهش انحراف تا مقدار صفر ، می‌باشد . در این مورد بستگی انـدکی پیچیده‌تـر است ، ولی چیزی نیست کـه کارگر تراشکار پس از انجـام تجربیـات لازم نتواند آنرا کسب کند . او ، پس از یکبار مشاهده آن ، هیچگونه اشکالی در مورد حرکت دادن کنترلهای مورد نظر ، نخواهد داشت .

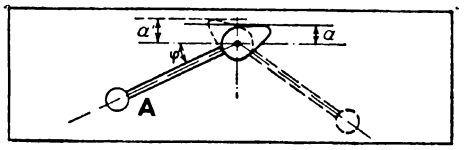
واضحست که کنترلهای نوع اول و دوم ، کنترل بسیار موثری را بر روی ابعاد قطعه ، اعمال می‌کنند . هرگونه انحراف از ابعادمطلوب رامی‌توان فورا توسط یک سنجش تصحیح کـرد ، و بعبارت دیگـر ، مشاهده انحـراف حاصل ، برای دریافتن از چگونگی تقلیل خطاتـا صفر ، کافی خواهد بود .

نتیجه دیگری نیز می‌توانیم بگیریم . کنترلهای نـوع اول و دوم ،

بهیچوجه باعث ترس تراشکار نمی‌شوند . او تنها با یکبار مشاهده چگونگی عمل ، و مقصود از تعبیه آنها ، با اطمینان کامل خواهد توانست هر گونه نقصی را در قطعه تولیدی (و بمحض ظهور آن) حذف کند ــ البته بشرطی که ، نقص مورد نظر با بکار بردن یکی از دو کنترل فوق ، قابل حذف باشد .

و بالاخره کنترلهائی وجود دارند ، که تراشکار در اولین مرتبه مشاهده آنها بر روی ماشین ، حیران و مبهوت میشود .

کنترلهای نوع سوم ، (نوعی که اکنون از آنها صحبت خواهیم‌کرد) از هر دو نوع اول پیچیده‌تر هستند . هر یک از آنها ، بطورهمزمان ابعاد متعددی از قطعه را کنترل می‌کنند . ولی تغییرات حقیقی که در ابعاد قطعه تولید می‌شود ، در وضعیت‌های مختلف یک کنترل بخصوص، مختلف است . مثلا ، در یک وضعیت ، چرخاندن کنترل بسمت راست باعث افزایش بعد می‌شود ، و حال آنکه در حالت دیگری عین همین حرکت ، باعث‌کاهش همان بعد میگردد . مثالی از یک کنترل نوع سوم را می‌توان در شکل ۷۵ مشاهده



شکل ۷۵

کرد . در این شکل اندازه a ، به زاویه φ ، که بازوی کوچک اهرم A تحت این زاویه ، اعمال اثر می‌کند ، بستگی دارد .

واضح است ، هنگامیکه اهرم در سمت چپ است و در جهت مثلثاتی (عکس جهت عقربه‌های ساعت) چرخانده میشود به اندازه a افزوده میشود ، ولی چرخش در همین جهت ، و در حالی که اهرم در سمت راست

قرار دارد ، باعث تقلیل اندازه a می‌گردد .

در این مثال مشاهده می‌کنیم که یک وضعیت برای اهرم کنترل وجود دارد که در آن ، تغییرات مختصر محل دسته هیچگونه تغییری در اندازه a تولید نمی‌کند ، یعنی زاویه φ برابر 90° است . این زاویه (90°) وضعیت بحرانی کنترل را نشان می‌دهد و در این مثال به وضعیت کنترلهای دیگر بستگی ندارد . ولی همیشه وضع بدینقرار نیست . اغلب اوقات ، وضعیت بحرانی یک کنترل بخصوص ، به وضعیت کنترلهای مشابه دیگری نیز بستگی دارد .

مثال برجسته دیگری ، از یک کنترل نوع سوم ، پیچ تنظیم صدای یک دستگاه رادیوئی است . فرض کنید فرستنده‌ای که ما برنامه آنرا گوش می‌کنیم ، موج خود را تغییر دهد ، و مقصود ما تنظیم رادیو بترتیبی است که دوباره صدای این فرستنده را بشنویم . چگونه باید پیچ را بچرخانیم ؟ هیچ راهی برای انجام این عمل وجود ندارد . مگر اینکه تجربه‌هائی انجام داده باشیم زیرا پیچ تنظیم موج ، از کنترلهای نوع سوم بوده و بنابراین در هر شرایطی احتیاج به مطالعات منظمی دارد . در یک موقعیت باید پیچ را در جهت عقربه‌های ساعت و در موقعیت دیگری در عکس این جهت چرخاند ، و این موضوع بستگی به وضعیت تغییرات موج فرستنده دارد .

آشکار است که کنترلهای نوع سوم ، میزان تاثیر خود را بر روی سیستم مورد کنترل تغییر می‌دهند ، و حال آنکه در مورد کنترلهای نوع اول و دوم تجربه اولیه و منفردی برای تعیین اثرآنهابر روی سیستم ، کافی بود . کنترلهای نوع سوم را باید همیشه تحت نظر قرار داد . همیشه باید بهنگام تنظیم یک دستگاه ، در مورد کنترلهای نوع سوم آن ، گوش بزنگ بود ، زیرا

ممکن است هر بار ، هر یک از آنها جهت تاثیر خود را تغییر دهنـد . در این صورت باید در مورد خصوصیات متغیر هر یک از کنترلها دقت کرد .

در نتیجه ، هر بار که با کنترل نوع سومی مواجه می‌شویم ، بایـد قانون زیر را مورد نظر قرار دهیم .

" هر بار کنترلها را با زاویه کوچکی بچرخانیم تا نقطه‌ای را کـه نقطه بحرانی هر یک از کنترلهای فوق بشمار می‌رود گم نکنیم . " .کارکردن با کنترل نوع سوم در واقع جنگی است که طرف متخاصم آن انسان نیست ، بلکه طبیعت است .

هر نبـردی مستلزم وجود تعدادی پیشقراول است ، کـه منظوراز بسیجشان ، جمع‌آوری اطلاعاتی درباره ترتیب و تعداد قوای طرف متخاصم است . سپس این اطلاعات اساس طرحریزی نقشه جنگی را تشکیل میدهند . در انتهای نبرد ، وضعیت نسبت به ابتدای آن تغییر می‌کند . دشمن هربار به مطالعه طرز دفاع خود می‌پردازد بطوریکه طریقه عملکرد او باید قبل از شروع نبرد بعدی کاملا مشخص شده باشد . و غیرو .

کارگر متصدی ابزار ماشینی نیز درست بهمین سان ، بـا کنترلهای نوع سوم "جنگ می‌کند" . او قبل از تنظیم دوباره کنترلها باید به ارزیابی شرایط قبلی بپردازد تا راهی را که بـرای رسیدن به‌نتایج مـطلـوب لازم است ، انتخاب کند . هنگامیکه ماشین تراش دوباره از حالت میزان ، خـارج شد ، قبل‌ازتنظیم‌آن ، به بررسی وضعیت آن بپـردازد ، و عمل را بهمیـن ترتیب ادامه دهد . نقشه کلی "تعیین نحوه عملکرد ــ جنگ ــ تعیین نحوه عملکرد" در این حالت نیز قابل استفاده است ، ولی باید فرم آنرا بشکل "تجربه ــ تنظیم ــ تجربه" تغییر داد . "تجربه" ، در ابتدا و انتهای این

عبارت بمعنای آنچنان دقت و زیرکی در شناخت ساختمـان شیٔ است کـه اطلاعات لازم را برای کنترل آن فراهم کند .

جستجو (راهها و گمراهیها)

تا کنون دقت ما روی این نکته بود که ، چگونه متصدی یک دستگاه در اولین وهله به تجزیه و تحلیل کنترلهای نوع سوم و سپس بکمک آنها به تنظیم سیستم میپردازد . این نوع کنترل بطور آشکاری یک طبیعت دوگانـه دارد ، و بهمین جهت موسوم به‌جستجواست .،در اینجا اصطلاح " جستجو" به روند موثری برای جمع‌آوری اطلاعات اطلاق می‌شود . معنای این مـوضوع چیزی بیش از یک مشاهده صرف است . این روند مستلزم انجام تجربیـات مختلفی بر روی شیٔ است که منظور از آنها تعیین وضعیتهـای مختلف ، در حین عمل تنظیم میباشد . اگر شیٔ در حین این عمل ، رفتار خود را تغییر ندهد ، انجام تجربه ، یکبار و برای همیشه کافی خواهد بود (همچنانکه در کنترلهای نوع اول و دوم مشاهده کردیم) .

به خواننده یادآوری می‌کنیم که تجربه متصدی بر روی این دو نوع کنترل هنگامی باید انجام گیرد که او نوع آنها را تشخیص داده باشد .وقتی که او از این موضوع آگاه شد ، تجربه مجددی لازم نخواهد بود ، زیرا کـاملا واضح است که در وضعیت‌های آینده نیز میزان چرخش کنترلها واینکه به چه صورت باید این تغییرات انجام گیرند کاملا معین است .

مساله در مورد کنترلها نوع سوم بکلی متفاوت است زیراخصوصیات آنها همیشه در حال تغییر است . اگر در حین تجربه‌ای که دیروزانجام‌داده بودید ، یکی از این کنترلها باعث افزایش انـدازه‌ای می‌شد ، امروز بـاعث

کاهش آن می‌گردد ، و بالعکس.

کنترلهای نوع سوم مستلزم تحقیق و پیگرد مداومی هستند ، زیرا هر بار که انحرافی در مورد اندازه عنصری بوجود می‌آید ، نمی‌توان معین کرد که چگونه و یا به چه اندازه‌ای باید این کنترلها را تغییر داد .

برای آغاز کار ، جستجوی ما با آزمون‌های مختلفی شروع میشود ــ و تنها در آن صورت تنظیم سیستم عملی می‌گردد . بنابراین کنترلهای نوع سوم نشان دهنده مشکلاتی که تراشکار در حین عمل با آنها مواجه است ، می‌باشند . درنتیجه اساسی‌ترین عامل درکار او ، روند جستجو است .

در اینصورت چگونه باید چنین جستجوئی را طرح ریزی کند ؟

تراشکار ، با کمی فکر کردن بر روی مساله ، ممکن است یکی از سه روش زیر را انتخاب کند .

روش شماره ۱

تراشکار ، تغییر مختصری را در تنظیم اولین کنترل نوع سوم ماشین بوجود میاورد و مهره‌ای را در شرایط موجود تولید می‌کند ، و سپس آنرا با مهره‌های قبلی مقایسه می‌نماید . برای انجام این منظور ، او یک تخمین زن کیفی را ، که شرحش قبلا گذشت ، بکمک می‌گیرد . هرگاه مقدار تخمین زن ، برای مهره‌های فعلی ، از مهره‌های قبلی مقدار کمتری را نشان دهد ، (که بمعنای مرغوبتر بودن مهره فعلی است) . متصدی به حرکت دادن کنترل در جهت مورد آزمایش ادامه خواهد داد .

از سوی دیگر ، هرگاه تخمین زن افزایشی را نشان دهد ، و کیفیت

مهره تنزل نماید ، کنترل باید در جهت عکس حرکت داده شود . بنابراین با تغییر تدریجی این کنترل بخصوص، می‌توان بهترین تولید را از نظر کیفیت بدست آورد . ولی هنوز فاصله زیادی تا حالت مطلوب وجود دارد . اما می‌توان گفت که شرایط ، از آغاز کار ، بهتر است . مهره‌های تولید شده هنوز غیر قابل استفاده‌اند ، و این بهترین مهره‌ای است که تراشکار با تغییر وضعیت اولین کنترل نوع سوم دستگاه (و بدون تغییر کنترلهای دیگر) می‌تواند تولید کند . سپس تراشکار به عمل با دومین کنترل می‌پردازد . او همچون گذشته وضعیتی را برای این کنترل می‌یابد که بهترین مهره‌ها را تولید کند . با یافتن چنین وضعیتی ، به سومین کنترل پرداخته و سپس چهارمی و بهمین ترتیب الی آخر .

هنگامیکه تراشکار ، این عمل را در مورد کلیه کنترلهای دستگاه انجام داد ، هرچند مهره تولید شده در شرایط اخیر ، فوق‌العاده مرغوب است ، ولی ممکن است که هنوز به ابعاد مطلوب نرسیده باشد . در آنصورت او باید باز هم به اولین کنترل ، دقت کرده و دوباره بهترین شرایط کارآنرا بیازماید ، زیرا هنگامیکه او وضعیت کنترلهای دیگر را تغییرمی‌داد وضعیت اصلی کنترل اول ، دیرزمانی در شرایط "بهترین" باقی نمانده بود (یاد ـ آوری می‌کنیم که بحث ما در مورد کنترلهای نوع سوم است ، که با یکدیگر در ارتباطند) . سپس همین عمل را با دومین کنترل و سپس سومی و الی آخر انجام میدهد .

ممکن است انجام این عمل ، تا رسیدن به ابعاد مطلوب مهره ، بدفعات متعددی نیاز داشته باشد .

آیا باید این روند را پایان ناپذیر انگاشت ؟

خیر، در حقیقت هیچگاه چنین نیست، و علت اینکه، با هر وضعیت جدیدی، تراشکار محصول را مرغوبتر می‌کند و هیچگاه از کیفیت آن نمی‌کاهد. بنابراین زمانی خواهد رسید که ماشین تراش شروع به تولید مهره‌های مطلوب بنماید. معهذا این روش برای تعیین وضعیت کنترلهای یک دستگاه (موسوم به روش دنباله‌ای تغییرپارامتر ویا روش سیدل[1] ـ گوس[2]) هرچند نتیجه دلخواه را بدست می‌دهد، ولی بسیار دشوار است. بنابر این ممکن است تراشکار از روش دیگری برای تنظیم ماشین تراش خود استفاده کند.

روش شماره ۲

دومین روش مستلزم صرف مقداری زمان، برای تجزیه و تحلیل اثرات کنترلها ـ یا احتمالا سازگار کردن آنها ـ روی سیستم است، که این عمل قبل از تنظیم انجام میگیرد.

متصدی دستگاه کاملا محق است که استدلال زیرا را با خود بکند: هر کنترلی، تخمین زن کیفی را بمیزان متفاوتی تحت‌تاثیر قرار میدهد. بنا براین با بیشتر چرخاندن کنترلهائی که تخمین زن را بمیزان بیشتری تغییر می‌دهند، و کمتر چرخاندن آنهائی که تاثیر محسوسی برکنترل نمی‌گذارند می‌توان در وقت، صرفه جوئی کرد. بنابراین او نتیجه می‌گیرد که، باید کنترلها را بتناسب تاثیرشان بر تخمین زن، حرکت داد. اگر تاثیر یکی از کنترلها بر تخمین زن دو برابر دیگری باشد، باید بهمان میزان نیز

---

1) Seidel 2) Gauss

چرخششش بیشتر باشد . مثال واقعی زیرا را در نظر می‌گیریم .

فرض کنید سه کنترل نوع سوم وجود دارند که تراشکار باید آنهارا بمنظور حداقل کردن مقدار تخمین زن در مورد کالای تولیدی تنظیم کند . قبل از اینکه وی از قانون تناسبی فوق استفاده کند ، باید میزان تاثیر هر یک از کنترلها را بر روی تخمین زن ، تعیین نماید . او این عمل را بدین طریق انجام میدهد . یکی از کنترلها را در جهتی ، مثلا جهت عقربه‌های ساعت و باندازه معینی مثلا ۱۰° می‌چرخاند . سپس مهره‌ای در این شرایط ساخته و میزان تخمین زن کیفی آنرا تعیین می‌کند . با دانستن مقدار تخمین زن برای مهره‌های قبلی ، او می‌تواندتفاوت بین دومهره را تشخیص دهد . فرض کنید این مقادیر عبارتند از ۲۰ . برای مهره قبلی و ۲۲ برای مهره فعلی .

بنابراین تغییر مقدار تخمین زن ۲+ است ،که نشان دهنده اثر اولین کنترل می‌باشد . به این ترتیب او به این نتیجه می‌رسد که اگر کنترل اول را ده درجه و در جهت خلاف می‌چرخاند (البته از وضعیت اولیه‌اش) مقدار۱۸ را برای تخمین‌زن بدست می‌آورد . (تغییری معادل ۲ ــ) .بعبارت دیگر با انجام این عمل مقدار تخمین زن کاهش یافته و کیفیت مهره بهتر می‌شد . ولی او نباید چنین تنظیمی راپیش از آزمایش کنترلهای دیگر انجام دهد .

پس او کنترل اول را بحالت اولیه خود بازمی‌گرداند و عین‌آزمایش فوق را در مورد کنترل دوم و سپس در مورد کنترل سوم تکرار میکند . بنا بر این او از اثر هر یک از کنترلها آگاهی‌حاصل‌می‌نماید .نتایج این تجربیات مثلا بشکل جدول زیر خواهند بود .

	وضعیت اصلی	تجزیه و تحلیل			اولین تنظیم
		اولین آزمایش	دومین آزمایش	سومین آزمایش	
کنترل اول	۰۴	+۱ ۰۴	۰۴	۰۴	-۱ ۰۴
کنترل دوم	۰۴	۰۴	+۱ ۰۴	۰۴	+۱ ۰۴
کنترل سوم	۰۴	۰۴	۰۴	+۱ ۰۴	-۵۴
مقدار تخمین زن کیفی	۲۰	۲۰۲۱	۱۸	۲۱	۱۵
تغییر مقدار تخمین زن کیفی	—	+۲	-۲	+۱	—

در این جدول علامت + بمعنای چرخش کنترل درجهت عقربه‌های ساعت و علامت منفی در جهت مخالف آن است . به این ترتیب تجزیه و تحلیل ما کامل میشود .

حال تراشکار ، اولین تنظیم را انجام میدهد . او وضعیت کنترلها را بتناسب تاثیرشان بر تخمین زن ، یعنی متناسب با تغییراتی که در حین تجربیات انجام شده مشاهده کرد تغییر می‌دهد . مقدار هر تنظیم برابر است با تغییرات تخمین زن بواسطه آن ، ضربدر عدد ثابتی (در مثال ما مقدار ۵ ــ برای این ثابت انتخاب شده است .) .

آخرین ستون جدول ، نشان دهنده زوایائی است که کنترلها باید تحت این زوایا بچرخند تا نتایج مطلوب بدست آید . همچنانکه ملاحظه می‌کنید ، این زوایا با نتایج آزمایشها متناسبند .

مشاهده می‌کنیم که مقدار ثابت عمل در این حالت ، دلخواه بود . ولی معمولا مقدار آن طوری انتخاب میشود که مقدار تخمین‌زن را به حداقل

ممکن ، برساند . طبیعتا اگر مقدار ثابت بسیار بزرگ یا بسیار کوچک باشد ، در هر صورت نتیجه تنظیم چندان دقیق نخواهد بود . بخصوص بایدمقدار ثابت را در هر حالتی تعیین کرد .

در ایـن مرحله تراشکـار باید دوبـاره اثر هر یک از کنترلهـا را بیازماید ، زیرا اکنون مسلما آنها تغییر کرده‌اند . پس از انجام این عمـل ، او دوباره عمل تنظیم را بکمک خواص جدید کنترلها انجام میدهد ، وایـن عمل را آنقدر ادامه می‌دهد تا مقدار تخمین زن بحداقل برسد ایـن روش تنظیم به روش تغییرات نسبی پارامتر و یا روش تدریجی موسوم است . این روش دارای دقت ویژه‌ای می‌باشد و معمولا نتایجی دقیقتر و بهتـر از روش گوس ــ سیدل ، بدست می‌دهد .

ولی ممکن است حتی این روش نیز چندان مناسب نباشد ، و این ، بخاطر لزوم تعیین خواص کنترلها بدفعات زیاد است . متصدی باید در هر مرحله از روند تنظیم ، به تعداد کنترلهای نوع سوم ، تجربه انجام دهد .

اگر تعداد چنین کنترلهائی در دستگاه صد باشد چه؟ یا هزار؟در این صورت چه؟ بنابراین باید نتیجه بگیریم که روش تدریجی ، تنهابـرای سیستمهائی که تعداد کنترلهای نوع سومشان کم باشد ، مناسب است ــ مثلا دو ، یا سه . ولی اگر تعداد این کنترلها بسیار زیاد باشد ، بایدبه جستجوی روش دیگری برای تنظیم ، بپردازیم . و اینجاست که دوباره شانس بـه کمک ما می‌شتابد .

روش شماره ۳
(جستجوی شانسی)

روش سوم نه تنها داشتن معلومات عملی را برای تراشکار ایجـاب

می‌نماید ، بلکه همچنین مستلزم داشتن افکار متقاعد کننـــده ای از طـرف اوست ، زیرا وی باید اعمالی را انجام دهد که در نظر اول ، کاملا بی‌همتا ، و بدون معنی و دلیل بنظر می‌رسند . تراشکار با استفاده ازاین روش ، باید تمامی کنترلها را به یکباره تحت زاویه کوچکی در جهات دلخواه بچرخاند (یکبار دیگر به خواننده یادآور می‌شویم که بحث مـا در موردکنترلهـای نوع سوم است) . ولی چگونه می‌تـواند مطمئن شود که انتخاب او شـانسی است؟ او می‌توانـد این عمل را بوسیلـه پرتاب یک سکـه برای هر یک از کنترل‌ها انجام دهد و مثلا برای خط ، کنترل را بسمت راست و برای شیر آنرا بسمت چپ بچرخاند . در ضمن ، او باید تمام نتایج را ثبت کند .

تراشکار با انجام این عمل بی نتیجه ولی "مناسب" مطمئن است که از خواص قابل توجه شانس ، که هر احتمالی را تولیـد می‌کند بهـره‌مند می‌گردد . از میان کلیه احتمـالات موجود ، آنهائی نیـز وجود دارند کـه کیفیت محصول را بالا برند ــ وایـن تعداد ، درصد زیادی را نیز از کـل احتمالات موجود تشکیل میدهد .

بنا بر ایـن روش عمل عبارت خواهـد بود از انجـام یک سـری تنظیم‌های بی‌قاعده . اگر یکدسته از تنظیم‌های انجام گرفته ، تباهی وبدی کیفیت محصول را موجب شود ، باید فورا هر یک از کنترلها را بـه وضعیت قبل از اعمال تنظیم اخیر باز گرداند .

سپس ، عمل ، بـا تغییر وضع دیگری کـه بر حسب تنظیم شانسی بعدی صورت می‌گیرد ، ادامه می‌یابد .

در بادی امـر بنظر می‌رسـد که عمل تراشکـار ، بی‌معنـی است . مادامیکه کاربرد روش تدریجی (روش شماره ۲) قطعا باعث تکـامل رونـد

می‌شد ، روش موجود نه تنها تضمینی در مورد پیشرفت بما نمی‌دهد ، بلکه ممکن است حقیقتا شرایط رابدتر نیز بکند .پس چگونه می‌توان مطمئن بود که تراشکار مدت زیادی وقت را صرف تنظیم آن نخواهد کرد ؟ آیا واقعا پایانی برای این عمل وجود دارد ؟

تمام این نگرانیها و دلواپسیها ، ازآنجا سرچشمه می‌گیرندکه روش شانسی در تنظیم ماشین تراش روشی است غیر معمولی . ولی تجربیات عملی و دقیق ، و نتایج مطلوبی که از آن حاصل میشوند ، میزان ارجحیت آنرا بر دستگاههای غیر شانسی (با قاعده) نشان میدهد .

در حقیقت یک دسته از این تنظیمات بی قاعده ، یا شرایط قطعه تولیدی را بهتر می‌کنند و یا بدتر ، و احتمال وقوع این هر دو نتیجه ، یکسان است . این بدان معنی است که ، بطور متوسط هر تکرار عمل کنترل ، باعث بهتر شدن کیفیت کالای تولیدی می‌گردد . همچنانکه محاسبات تئوریک و تجربیات عملی نشان داده است ، زمانی که صرف تنظیم دستگاه بروش شانسی میشود ، نسبت به روشهای دیگر ، مقدار زیادی صرفه جوئی را نشان میدهد . بعنوان مثال ، با بکار بردن روش شانس در مورد سیستمی که یکصد کنترل مختلف را دارا می‌باشد ، زمان متوسط برای تنظیم دستگاه ، بروش شانس یک دهم زمان لازم برای انجام‌این عمل بروش تدریجی است . هربار که متصدی دستگاه ، تنظیمش در جهت منفی انجام‌گیرد ، فورا دستگاه را بحالت اول بازگردانده و تنظیم شانسی دیگری را خواهد آزمود . کلیه تنظیمهائی که او انجام میدهد ، موفقیت‌آمیز نخواهند بود . تنظیمهای بدی وجود دارند که کیفیت محصول را تقلیل می‌دهند (که چنین شرایطی را تراشکار بسرعت حذف می‌کند) . همچنین تنظیمهای خوب نیزموجودند .

در شمار تنظیمهای اخیر تنظیمهائی یافت می‌شوند که صرفا خوب هستند و بسختی تغییر مفیدی در کیفیت تولید حاصل می‌کنند . ولی تنظیمهائی‌نیز وجود دارند که بسیار خوب می‌باشند و ایـن تنظیمها ، پیشرفت سریـع و بسیار زیادی را درکیفیت کالای تولیدی موجب میشوند . درچنین حالاتی ، جهات شانسی‌ئی که انتخاب شده‌اند و برطبق آنها کنترلها تغییر یافته‌اند جهات "صحیح" بوده‌اند ، که بدان معنی است که وضعیت منـاسب بـرای بدست آوردن کیفیت تولیدی عالی را تنها باید در این جهات جستجـو کرد . ولی چنین‌تنظیمات شانسی خیلی بندرت پیش می‌آیند و برتری روش شانسی هیچگونه ارتباطی به وجود آنها ندارد .

قدرت و کـارآئی زیاد روش شـانس ، تنها مربـوط به تنظیمـات "صرفا خوب" است ، زیرا چنین تنظیمهائی‌بیشتر و بکرات‌پیش‌می‌آیندودر نتیجه احتمال وقوع شانسی آنها بیشتر است .

یک بازی که شامل جستجوی شانسی است

بازی معـروف بچه‌ها بنام "سرد یا گرم" مثـال بسیار جـالب و آموزنده‌ای از روش تنظیمـی است که در بالا شرح دادیـم . بـدون شک ، خواننده نیز این بازی را در زمان بچگی انجام داده است . قـوانین ایـن بازی بسیار واضح است . شخصی که "آن" است ، بایدجسمی را که دیگران در اطاق مخفی کرده‌اند بیابد . هر بار که "آن" از محل شیٔ دور می‌شود دیگران فریاد می‌زنند "سرد!" و در صورتیکه او کمابیش به شیٔ نـزدیک شود به وی فریاد می‌زنند "گرم!" و هنگامیکه مستقیما بطرف محل اختفای جسم پیش می‌رود فریادهای "داغ!" او را همراهی می‌کنند .

بیائید به تجزیه و تحلیل روشی‌که بازیگردنبال می‌کندبپردازیم . اولین عملی که او انجام میدهد ، برداشتن قدمی در یک جهت کاملا بی قاعده است . در این صورت اگر کلمه "سرد" بگوشش برسد ، کوشش خواهد کرد که قدمش را در جهت بی قاعده دیگری بردارد . او آنقدربه انجام‌این عمل ادامه می‌دهد تا کلمه تائید کننده "گرم" را بشنود . از آنرو اوکوشش خود را صرف پیمودن جهت انتخاب شده می‌کند . و هنگامیکه کلمه "داغ" بگوش او برسد ، با اطمینان و جرات ، مستقیما به پیش خواهد رفت .

بسادگی می‌توان مشاهده کرد که بازیگر ، درست عمل یک سیستم تنظیم خود بخود را انجام میدهد . علائم "سرد" ، "گرم" ، و "داغ" او را از تغییرات "تخمین‌زن" خود ــ نزدیکی به شیئ مخفی شده ــ با خبر می‌سازند .

او بدان جهت روش جستجوی شانسی را برمی‌گزیند که از هیچ روش دیگری آگاهی ندارد . این فقدان معلومات ، بسوداو عمل می‌کند ، زیرا در حقیقت هر روش جستجوی دیگری کار او را پیچیده‌تر و دشوارتر میکرد و بازی بقدری طولانی و خسته کننده می‌شد که بسادگی حوصله همه اطرافیان را سر می‌برد .

شور و هیجانی که بواسطه روش شانس برخاست

بحث خود را در مورد تنظیم خود بخود توسط روش شانس ، ادامه می‌دهیم .

ده سال قبل ، هنگامیکه راه حل فوق در مورد مسائل مربوط به تنظیم خود بخود ، بوسیله عده‌ای مطرح شد (که مولف حقیر نیز جزو آن

عده بود)، هیچگونه عکس العملی بجز لاقیدی و بی‌علاقگی ازطرف دیگران نشان داده نشد . هر بار که شخصی و بهر صورتی به روش جستجوی شانس می‌رسید ، خود را با مصیبت بزرگی درگیر می‌یافت . عده‌ای ــ که درابتدا باید گفت اکثریت ــ عقیده فوق را مورداستهزاء قرارداده و مثلا برای نشان دادن برتری هوش خود ، وسیله نقلیه خود را ، بدون کنترل و بطور شانسی رها کردند . عده دیگری نیز آشکارا به جانبداری از این روش پرداختند ، زیرا آنرا راه حل بسیار خوب و مناسبی یافته بودند که درحل مسائل دشوار سیستمهای پیچیده ، دارای امکانات بسیار زیادی برای فائق آمدن بر "مشکلات ابعادی" بودند . (چنین اشکالاتی برای هر کسی که تنظیم یک دستگاه پیچیده را عهده‌دار شده باشد ، بوجود آمده است . در حال حاضر هیچکس پاسخ چنین مسائلی را نیافته است .)

بتدریج ، مباحثات بر سر "روش شانس" تقلیل یافت ، زیرا کم کم آشکار می‌شد که در بعضی از شرایط پیچیده ، که تعداد کنترلها زیاد بود ، پیگرد شانسی ، بهترین روش ممکن برای حل مساله بود . درضمن معلوم شد که در صورتیکه تعداد کنترلها کم و سیستم ساده باشد ، بهتر است ازیکی از روشهای با قاعده (روش‌های شماره ۱ و ۲) استفاده کرد . ولی باید متذکر شد که حتی در حال حاضر نیز اشخاصی وجود دارند که حاضر به قبول این موضوع نیستند که در بعضی از شرایط دشوار و پیچیده ، شانس ، نسبت به روشهای دیگر ، هم مطمئنتر و هم سریعتر است .

یکبار ، پس از یک مباحثه شدید در مورد روش شانس ، یکی از دوستانم به من التماس می‌کرد که اقرار کنم ، بکار بردن این روش بی معنی است . او گفت :

ـ "ببین ، من می‌دونم که تو باید یک موضوعی‌رو بـرای نوشتـن "تز" خودت پیدا کنی ـ و مطمئنم که هر چی که باشه ، مـورد قبول واقـع میشه . ولی با صداقت بمن بگو. پیگرد شانسی یا غیر شانسی ـ آیا در هر صورت ، آخر کار به یک نتیجه منتهی نمی‌شه؟ و آیا روش تدریجی بهترین روش نیست ؟ یاالله ، قبول کن! "

من چیزی را تصدیق نکردم .

در موقعیت دیگری ، تئوریسین برجسته و مشهوری می‌خواست در این مورد با من گفتگو کند . او تمام توانائی خود را بکار بست .

ـ "مرد جوان ، چرا وقت خودت‌رو با پیگردشانسی تلف می‌کنی؟ من هم موقعی که بسن تو بودم از این روش استفاده می‌کردم ، و بـه ایـن نتیجه رسیدم که روش شانس از روش‌های دیگه ، بخصوص از روش‌هـای بـا قاعده بدتره ، بتو نصیحت می‌کنم از اون دست برداری . "

ولی من از آن دست برنداشتم

و زمان دیگری ، شانس بر خود با یکی از هواداران روش شانس را پیدا کردم . او چنین می‌گفت .

ـ "من ، روی دستگاههای الکترونیکی ، که پیچیده‌ترین دستگاهها هستن ، کار می‌کنم . مواقع مطالعـه روی کامپیوترهای سریـع‌العمل ، بایـد اغـلب جستجوئی رو توی دستگاه انجام بدم . و حالا می‌فهمم‌که برنامه ـ نویس‌های ما با انتخاب روش جستجوی شانسی بهتریـن روش رو انتخـاب کردن . برای من مهم نیست که اونها از چه روشی استفاده می‌کنن ـ البته تا جائی که به شرایط کار متعادل ماشین مربوط باشه ـ ولی مطمئنـا ایـن روش شانسی بر خلاف همه منطق‌هاست؟ هر چی هم به اونها ایـن موضوع

رو تذکر می‌دم ، بخرجشون نمی‌ره . فقط کافیه که برنامه‌نـویس یکبار طعـم روش شانس رو بچشه ــ و می‌تونم بشما بگم که یک محاسبه برای تحقق ایـن موضوع کافیه ــ دیگه قویترین اسبها هم نمی‌تونه جلوی اون‌رو بگیره . ولـی برای زندگی من ، نمی‌تونم بفهمم که اونها چه چیزی روتوی این روش می‌بینن . "

پیگرد شانسی و فراگیری

هنگام کاربـرد روش شانس ، اگـر متصدی دستگاه ، هر بار قبل از اینکه عملی رابطور کاملا شانسی انجام دهد ، نتیجه قدمهای قبلی را بخاطر آورده و سپس به عمل بپردازد ، نتایج ، باز هم درخشان‌تر خواهند بـود . در اینصورت تراشکار بجای یادداشت کردن نتایج ، به عمل خواهد پرداخت . بعلاوه اگر او روش جستجوی شانسی را با خودآموزی ادغام کنـد ، بهتریـن شرایط را برای تنظیم ماشین تراش خود ، بدست خواهد آورد .

کاملا واضح است که هنگام کار یک ماشین تراش ، هم تیغه ، و هـم ابزارهای دیگر آن فرسوده میشوند . و فرسودگی کیفیت کالا رابدتر ونقایص آنرا زیادتر می‌کند . در نتیجه ، دستگاه باید بطور مداوم تنظیم شود تااین نقیصه به حداقل کاهش داده شود . این عمل معمولابشکل زیرانجام میگیرد . هر بار که تراشکار ، دستگاه تراش را تنظیم می‌کند ، به نتایج تجربیات قبلی خـود متکی است ، زیرا علت بهم خوردن تنظیم دستگـاه ، درست همـان علت حالت قبل است ــ مثلا سائیدگی . به این ترتیب ، او قـادراست پس از مدت کوتاهی دستگاه را تنظیم نماید زیرا از چگونگی تنظیم دستگاه ، در این حالت ویژه و از چگونگی حرکت دادن کنترلها و از جهت این حرکتهـا آگاهی دارد .

روند خودآموزی که در حین روند پیگرد شانسی انجام میگیـرد ، حاکی از طرق تعلیم حیوانات است .

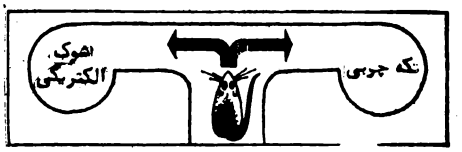
اگر حیوان ، بطور شانسی ، عملی را که معلمش خواهان انجام آن است ، انجام دهد ، معلم به امید اینکه احتمال این شانس را زیاد کند به حیوان پاداش میدهد .

اگر حیوان درخواست مربوطه را انجام ندهد ، مورد تنبیه قـرار می‌گیرد تا در آینده ، روش دیگـری را در پیش گیرد ، زیـرا از بین ایـن روشهای بعدی ، ممکن است روش مطلوب بکار رود .

باید بخاطر آوریم که تنبیه در صورتی موثر خواهد بود که تعداد روشهای موجود ، کم باشد . در اینصورت ، حیوان ، پس از مدت کوتاهی‌که از تنبیه شدن خود جلوگیری می‌کند ، به روش مطلوب ، برخواهد خورد .

در وضعیت پیچیده‌تری که حیوان با امکانات بسیار زیادی مواجه است ، تنبیه ، کمابیش بی نتیجه خواهد بود و روند فراگیری را کوتاهتر که نمی‌کند هیچ ، باعث دگرگونی حیوان نیز خواهد شد . این اساس تئوریکی است در مورد نتایج حاصله از پاداش ، بعنوان نقطه مقابل تنبیه .

بعنوان مثال ، تجربه آزمایشگاهی را که بر روی یک موش و بوسیله یک مسیر T شکل انجام گرفته شده است و طرح آنرا می‌توان در شکـل ۷۶ مشاهده نمود ، در نظر می‌گیریم .



شکل ۷۶

موش در مسیر رها می‌شود و پس از مدتی بر سر دو راهی قرار می‌گیرد ــ یکی بسمت راست و دیگری بسمت چپ . تجربه کننده ، مایل است موش را برای گردش بسمت راست تعلیم دهد و برای انجام چنین عملی ، قطعه پیه خوکی را بعنوان پاداش ، در سمت راست مسیر قرار داده است . در عین حال موش نباید به سمت چپ بپیچد ، زیرا در اینصورت با شوک الکتریکی مواجه خواهدشد . پس از چندبار تجربه ، موش بسمت راست می‌پیچد و بطرف پیه خوک پیش می‌رود . و حتی در انجام این عمل درنگ نیز نمی‌ورزد این بمعنای فراگیری موش است ، و این فراگیری بوسیله تنبیه و پاداش تسریع شده است .

می‌توانستیم با برداشتن پیه خوک از سمن راست مسیر ، و باقی گذاردن شوک الکتریکی در سمت چپ ، تنها تنبیه رابکار بریم .دراینصورت نیز موش ، تنها گردش براست را خواهد آموخت ، ولی فراگیری او کندتر خواهد شد .

اگر تنبیه را حذف کرده و تنها پاداش را ، باقی می‌گذاشتیم ، موش نیز تنها گردش به راست را می‌آموخت .

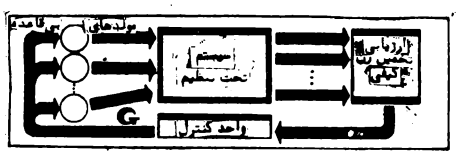
این مثال درموردآزمایش موش دریک مسیر ، بسادگی امکان رسیدن به مقصود ، بکمک پاداش و تنبیه را نشان میدهد . خود آموزی در حین جستجوی شانسی نیز شامل همین روش است . در این حالت ، پاداش (تمایل به سمت تنظیمهای موفقیت‌آمیز) می‌تواند با تنبیه (کم شدن احتمال وقوع تنظیم‌های موفقیت‌آمیز) یکجا اعمال شود ، تا رسیدن به نتیجه مطلوب حاصل از روند پیگرد ، تسریع گردد .

تا کنون بحثهای خود را ، به عمل یک متصدی ، یعنی انسانی که

خود ، کلیه تنظیمها را انجـام می‌دهد ، محدود کردیـم . حال فرض کنید بخواهیم سیستم تنظیم خودکار ، و بعبارت دیگر ماشینی را جانشین انسان کنیم . آشکار است که متصدی که از روش شانس استفاده می‌کند ، دارای یک برتری اساسی نسبت به دیگران است . بسادگی می‌توان او را تعویض‌کـرد . این بدان جهت است که ، برنامه کامپیوتر ، برای پیگرد شانسی بسیار ساده است و می‌توان آنرا در یک دستگاه ، درج کرد .

پیگرد شانسی ، بطور خودکار

طرح عمل چنین ابزاری در شکل ۷۷ نمایش داده شـده است . در این شکل ، سیستم تحت تنظیم ، دارای پارامترهای کنترل محدودی می‌باشد که بوسیله مولدهای شانس تغییر می‌کنند . خروجی سیستم به مبدلی منتقل میشود که مقدار تخمین زن سیستم را ارزیابی کرده و علامتی را کـه مختص تخمین زن است ، به قسمت کنترل می‌فرستد . (این علامت تنها درشرایطی



شکل ۷۷

که سیستم کاملا تنظیم است ، به صفر می‌رسد) . قسمت کنترل ، این علامت را به اخطاری تبدیل می‌کند و بـرحسب مقدار تخمین زن ، مولد شـانس را روشن و یا خاموش مینماید .

طرز کار چنین دستگاهی بسیارساده است .مولدهای شانس وضعیت کنترلها را در جهت‌های شانسی تغییـر می‌دهند . اگر شـرایط سیستم ، در

نتیجه آخرین دسته تغییرات بهتر نشود ، یعنی اگرتخمین‌زن کیفی کاهش نیابد ، قسمت کنترل ، علامتی را از طریق مجرای G ، ارسال می‌کند که باعث بازگرداندن کنترلها به وضعیت قبلی خود میگردد .

از سوی دیگر ، هرگاه تخمین زن کاهش یابد ، مولدهای شانس ، دسته دیگری از تنظیمهای شانسی را به دستگاه اعمال می‌کنند . و این ، تمام کاری است که باید انجام شود .

برای اینکه فراگیری را نیز در این روند ، داخل کنیم ، تنها کافی است دستورالعمل‌هائی را در مورد تنظیم دوباره برای مولدهای شانس تهیه کنیم . این عمل بدین شرح صورت میگیرد :

پس از اینکه بدنبال یک نتیجه نامطلوب ، کلیه کنترلها به وضعیت سابق خود بازگشتند ، قسمت کنترل علامت دیگری را از طریق مجرای G ارسال می‌دارد . این علامت ، خصوصیات خود مولدهای شانس را طوری تغییر می‌دهد که شرایط بوجود آورنده وضعیت نامطلوب ، حتی ـ الامکان در آینده تکرار نشوند . این بدان معنی است که ، هنگامیکه مولدها دوباره تنظیم شدند این دسته از تغییرات کنترلها ، بندرت درآینده اتفاق خواهد افتاد . نتیجه این عمل ، آن است که کنترلها بیشتر در جهاتی حرکت داده خواهند شد که کیفیت سیستم را بهتر نمایند .

می‌توان چگونگی این روند فراگیری را ، بوسیله بازی "سرد یا گرم" تشریح کرد . بدین ترتیب . بازیگر بخاطر می‌آورد که کدامیک از حرکات‌او ، منجر به فریادهای "سرد" شده بود ، و بنابراین بندرت‌آنهارا تکرارخواهد کرد . بعبارت دیگر ، او در جهت "سرد" حرکت نخواهد کرد یعنی حرکات خود را در جهات دیگری انجام خواهد داد . و چون او به این ترتیب مرتبا

جهات "سرد" را حذف می‌کند ، بنابر این شانس خـود را در مورد یافتـن جهات " گرم " و یا حتی جهت "داغ" افزایش میدهد . واضحست که ، عنصر فراگیری ، بازیگر را از تکرار برداشت قدمهای بعدی در جهـات "سرد" بـاز می‌دارد و در عین حال او را به جهات " گرم " رهنمون میشود .

احتمالا دریافتید که ، رونـدی که هم اکنون آنرا تـوضیح دادیم ، درست مانند "فراگیری ، از اشتباه شخص دیگر" است .

"تنبیه" بوسیله دستورالعمل‌هائی اجراء می‌شود کـه باعث کـاهش احتمال عمـل مولدهای شـانسی در جهت تنظیم‌هـای ناخواسته می‌شـود . همچنین می‌توان سیستم پاداشی را برای بالا بردن احتمال عمل مولدها ، در جهت تنظیم مطلوب ، یعنی کاهش مقدار تخمین زن کیفی بکار برد . در هـر صورت ، سیستم به فراگیری چگونگی تنظیم خـود خواهد پرداخت ، بطوریکه عمل تصحیح ، بسیار سریعتر از زمانی انجام میگیرد که فراگیری در کارنباشد .

همچنانکه نشان دادیم یک‌چنین سیستم تنظیم خودکاری ، مرتباکیفیت عمل خود را افـزایش خواهد داد . در هـر لحظه ممکن است چیـزی باعث دگرگونی تناسب عمل سیستم شود . در ایـن شرایط ، سیستم بایـد آمـاده جستجو در پی وضعیتهای کنتـرلی باشد که مقـدار تخمین زن کیفی را بـه حداقل برساند . ولی چون رسیدن به مقدار صفر تخمین زن ، افسوس ! امکان ناپذیر است ، سیستم ، اطلاعی از چگونگی از بین بردن این ناتوانی ، ودست یافتن به صفر تخمین زن ندارد . سیستم نمی‌داند که آیا رسیدن به شرایطی مطلوب‌تر از شرایط فعلی ، امکان‌پذیر است یا اینکه شانس ، از عمل کامل آن جلوگیری خواهد کرد . به این دلیل سیستم بطور ثابتی سعی می‌کند شـرایط خود را بهتر کند ، بدون وقفه کلیه راههای موجود ، برای تغییر پارامترهـارا

می‌آزماید ، جستجو می‌کند ، جستجو می‌کند ، جستجو می‌کند . . . . یکی از مسائلی که در مورد جستجوی شانسی مطرح است ، یافتن نقطه‌ای است که بتوان در آن نقطه ، سیستم را مطلوبا تنظیم شده انگاشت و جستجو را متوقف کرد .

سیستمهای تنظیم خودکار مرتبا کاربردهای مختلفی را در حوزه‌های مختلف ، بدست می‌آورند . بطور کلی داشتن سیستمی که خود را تنظیم کند و احتیاجی به مراقبت انسان نداشته باشد ، بسیارمناسب است . معهذامناسب بودن ، تنها ملاحظه مهم ما ، در این بحث نیست . چنین سیستمهائی در مواردی بکار می‌روند که انسان ، بعلت کمبود امکاناتش نمی‌تواند در آنها نقشی داشته باشد . او ارتباط کوچکی با دستگاهها داشته و نمی‌تواند مطمئن باشد که دستگاه در حالت عادی خود کار میکند . گاهی اوقات ، بکار بردن سیستم تنظیم خودکار ، کاملا ضروری است . بخصوص در وضعیتهائی که شرایط بسرعت زیادی تغییر کرده و انسان نمی‌تواند در جریان تغییرات آنها قرار گیرد . گذشته از این مطالب ، تنظیم یک دستگاه را نمی‌توان پیشه بخصوصی بشمار آورد . آزادی انسانها از یوغ چنین کار یکنواخت و کسل کننده‌ای ، عمل بسیار بزرگ و شریفی است! ولی در بسیاری ازحالات ، مساله تنظیم سیستمهای بزرگ مثلا ، یک تولید زنجیری کامل بسیار پیچیده است و مستلزم کوششهای پیگیر تعداد زیادی از متخصصین می‌باشد . در چنین حالاتی ، عمل تنظیم ، بمنظور دست یافتن به نتیجه بسیار سازنده و مهمی صورت می‌گیرد ، و هنگام انجام چنین تنظیمی ، باید کلیه جنبه‌های سازنده آنرا در نظر داشته باشیم . و این عمل را تنها هنگامی می‌توانیم انجام دهیم که از معنی آفرینندگی آگاه باشیم .

به این ترتیب ، مساله خودکارکردن تنظیم یک سیستم ، با مساله خلاقیت ارتباط دارد . بنابراین حل مساله اخیر اولین قدم در جهت خودکار کردن روندهای مفید و سازنده است .

برای پایان دادن این فصل لازم است متذکر شویم ، روشی راکه برای خودکار کردن تنظیم یک سیستم تشریح کردیم ، دارای محدودیت معینی است . سیستم تحت تنظیم ، بسمت وضعیت کارمطلوب میل می‌کند (هرچند ، عملا هیچگاه به چنین وضعیتی نمیرسد) و بنابراین هیچگاه نمی‌تواند از حالت کمال مطلوبش بهتر شود .

سال گذشته[1] ، شاهد پیدایش سیستم دیگری موسوم‌به سیستم‌تشکل خودکار بودیم ، که چنین محدودیتی را در مورد پیشرفت ندارد وتمام امکانات و ظرفیت‌های یک موجود زنده را برای تکامل نامحدود خواص خود ، دارا می‌باشد .

ولی این داستان دیگری است .

---

۱) تاریخ نشر کتاب ، بزبان اصلی سال ۱۹۶۹ است .

پایان سخن و نتیجه

و در اینجا به پایان سفر خود ، بدوراین دینای شانسی می‌رسیم . و اکنون پس از تکاندن گرد و خاکی که بر روی پایمان نشسته است ، قبول می‌کنیم که ساده‌ترین و راحت‌ترین سفرها نبود

نیمه اول مسافرت ما ، صرف غلبه بر اشکالاتی شد که شانس بر سر راه ما قرارمی‌دهدوانجام‌هرگونه عمل متضمن مقصودی را بتعویق می‌اندازد . این تمایل مخرب شانس ، نوعی تجلی از اصل دوم ترمودینامیک است ــ قانونی که جهت منفی را به دنیای ما می‌آموزد ،ما دیدیم‌که ، تنها دفاعی که می‌توان علیه بی‌نظمی ناشی از شانس کرد ، کنترل است . و سیبرنتیک ، یعنی علمی که قوانین کنترل را بررسی می‌کند ، علمی است که به تشریح تقلای ما بر علیه بی‌نظمی ، می‌پردازد

در ۲۵ سالی که سیبرنتیک پا به عرصه وجودگذاشت ، روشهای موثری را برای نبرد با شانس ارائه کرد . روشهائی که موانع موجود درراه شانس را خرد کرده و از میان می‌برند . ولی این تنها راه موجود برای ارزیابی شانس نیست . ما همچنین روشهائی را برای همزیستی مسالمت‌آمیز با شانس ، اندیشیدیم . روشهائی که ما را قادرمی‌ساختند ، علیرغم تداخل شانس به انجام کار خود بپردازیم .

در طول دومین مرحله سفر خود بدور دنیای شانسی ، افکار ، اندکی رنگ سستی بخود گرفتند . در آنجا شانس نقش جدید ، و بطور شانسی ، مثبتی را ایفاء کرد . ما آموختیم که چگونه بشر می‌تواند شانس را بنفع خود در اعمال بکار گیرد .

دیدیم که روش مونت‌کارلو ، که تنها ارتباطش ، صرفا با قمار ـ خانه‌های موناکو است ، ابزار قدرتمندی برای حل بسیاری ازمسائل علمی ما است . ما همچنین خود را متقاعد کردیم که در بازیها باید توجه خاصی به شانس مبذول داشت ، زیرا از حرکات راسخ و مطمئن حریف ، جلوگیری می‌کند و شانس او را برای برد ، کاهش میدهد .

ما با فرضیه آماری که مربوط به ساختمان مغز است آشنا شدیم ، فرضیه‌ای که با جسارت و قدرت هر چه تمامتر ، امکان بسیار زیادی را برای بی‌قاعدگی و بی‌ترتیب بودن ساختمان دستگاه عصبی قائل میشود ، و رفتارهای منطقی آنرا بر اساس تشکیل بازتاب‌های شرطی نسبت می‌دهد . این بازتاب‌ها در حین یک روند آموزش و خودآموزی ، که در آنها ، باردیگر عنصر شانس نقش مهمی را ایفا می‌کند ، تشکیل میگردند .

ما طرز عمل پرسپترون ـ دستگاه قابل توجهی که دارای "موهبت" درک اشکال تصویری است ـ را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم . عنصر شانس ، که بطور سنجیده‌ای در ساختمان این دستگاه دخالت دارد ، تا حد زیادی جوابگوی پیدایش امکانات آن است .

شانس ، درطبیعت زنده نیزاز اهمیت بسیارزیادی برخوردار است . روندهای تکامل و پیشرفت موجودات زنده ، که درارتباط با انتخاب طبیعی انجام می‌گیرند ، تنها بدین دلیل صورت می‌پذیرند که جهشهای شانسی

تولید شده در یک ارگانیسم ، باعث پیدایش تغییرات اتفاقی می‌شونـد ، که توسط وراثت تا ابد در نسلهای آینده محفوظ خواهد ماند .

ما با اولین ابزار مکانیکی که از روش پیگرد شانسی استفاده کرد ، یعنی با هوموستات ، آشنا شدیم و پذیرفتیم که این دستگاه نموداری‌است از انتخاب طبیعی . ماده اولیه برای ساختن تشدید کننده فکر مجرد که با آن نیز آشنا شدیم ، تداخل صوتی بود ، و طرح این تشدید کننده ، مجازا رونویسی بود از روند انتخـاب مصنوعی ، که بشر از مدتهـا پیش، از آن مستفیض می‌شد .

و بالاخره ، ما طرق مختلف ، برای تنظیم سیستم‌های پیچیده را مورد بررسی قرار دادیـم و دیدیم که در اینجـا نیز روش پیگرد شـانسی برتری‌های متعددی بر روش‌های با قاعده دارد .

مطالعه دنیای جالب توجه و برجسته شانس ، همین اواخر آغـاز گشته است . هنوز علوم مختلف ، بزحمت قادر به احاطه این دنیا و اشغال کلیه سطوح آن و بدست آوردن توانائی‌های موجود در آن می‌باشند .

ولی حفاری بی‌بهای گنجینه‌های شانس آغازگشته است و نمی‌توان از ثروتهائی که ممکن است از آنها بدست آید سخنی راند . هـر چند یک نکته مسلم است . ما ناچاریم خود را بـه فکر کردن درباره شانس عـادت دهیم . نه بعنوان یک مانع خشم‌آور، و نه بعنوان یک "عامل فرعی و غیر ضروری در پدیده‌ها" (همچنانکـه در فرهنگ فلسفی‌اش یافتیـم) . بلکـه بعنوان سرچشمه غنی از امکانات نامحدودی که حتی خیالپردازترین افکـار نیز قادر به پیشگوئی آنها نیست .

توضیحاتی در مورد بعضی از واژه‌ها و اسامی داخل کتاب

۱ ــ پانتئیسم ــ از مکاتب فلسفی که، برطبق آن خدا، اصلی است بدون صورت ظاهری، که از طبیعت خارج نیست، بلکه با آن همسان است. پانتئیسم، با یکسان شمردن، و انحلال خدا در طبیعت، وجود عناصر ماوراء الطبیعه را مردود می‌شمارد. این شرط، از طرف تولاند، در این فلسفه وارد گردید، و حال آنکه تا پیش از آن، پانتئیسم، دارای دیدگاههای مادی نیز نسبت به طبیعت بود (بعنوان مثال می‌توان از برولف و بخصوص اسپینوزا بعنوان دانشمندان پانتئیست نام برد) بتدریج پانتئیسم به یک دیدگاه انگار گرایانه تبدیل شد که سعی آن وفق دادن علم با مذهب بود.

۲ ــ بیونیک ــ علمی‌است که در استفاده و بهره برداری از تحولات بیولوژیکی و روشهای حل مسائل مهندسی بکمک آنهابحث می‌کند. همچنین می‌توان بیونیک را علمی پنداشت که روشهای خلق سیستمهای مکانیکی را که خصوصیاتشان بسمت خصوصیات موجودات زنده میل می‌کند، مورد بررسی قرار میدهد.

۳ ــ سیبرنتیک ــ علمی است که در مورد اصل کلی کنترل، شیوه‌های کنترل، و استفاده از کنترل در مهندسی، موجودات زنده، و اجتماع بشری بحث می‌نماید.

سیبرنتیک را می‌توان به اجزاء زیر تقسیم نمود.

سیبرنتیک تئوری (اساس و پایه ریاضی و منطقی و مسائل فلسفی آن)

سیبرنتیک فنی (طرح و اجرای کنترل در ابزار محاسبه)

سیبرنتیک علمی (استفاده از سیبرنتیک تئوری و فنی برای حل مسائل مربوط به کنترل در صنعت، تولید، انتقال، ارتباطات و غیرو)

۴ ــ کلمنت آرکادیویچ تیمیریازف ــ (۱۹۲۰ ــ ۱۸۴۳) ــ دانشمندروسی، پیرونظریات داروین و بانی‌علم فیزیولوژی‌گیاهی‌درروسیه.

چشم‌انداز جهان درنظر تیمیریازف، تحت‌تاثیر عقاید انقلابیون دموکرات روسی قرار داشت. در اولین مراحل، او دریافت که پیشرفتهای بعدی بیولوژی تنها در سایه موفقیت، در، یافتن بستگی‌های درونی فعالیت‌های حیاتی ارگانیسم (فیزیولوژی، بیوشیمی، و بیوفیزیک) امکان ــ

پذیر خواهد بود .

تجربیات عملی او در زمینه فتوسنتز گیاهی ، نقش عمده‌ای را در اثبات وحدت حیات ، و ماده بی روح ایفاء نمود . تیمیریازف جستجوهای خود را به چهارچوب کوچک روش‌های تجربی محدود نکرد . او ، بسیاری از مسائل را از نظر فلسفی تعمیم داده و "روش تاریخی" را ، که از بسیاری جهات با روش ماتریالیسم دیالکتیک تطبیق دارد ، بکار برد . تیمیریازف سعی کرد تا علم بیولوژی را بصورت یکی از خدمتگزاران انسان در آورد .

از کارهای عمده تیمیریازف ، باید مخالفت و ضدیت او را در مقابل نظریات انگار گرایانه بیولوژی ، خاطرنشان ساخت .

مجموعه آثار او ، تحت عنوان (علم و دموکراسی) در سال ۱۹۲۰ بطبع رسید .

۵ ــ ورنر هایزنبرگ ــ (۱۹۷۴ ــ ۱۹۰۱) ــ فیزیکدان آلمانی که در آلمان فدرال زندگی می‌کرد . او ، یکی از بنیانگذاران مکانیک کوانتیک بود . هایزنبرگ در سال ۱۹۲۷ روابط عدم قطعیت را یافت . او در سالهای ۱۹۳۰ تا ۱۹۴۰ ، مدت زیادی روی مسائل مکانیک کوانتیک و فیزیک هسته‌ای تأمل نمود و تا اوایل سال ۱۹۵۰ ، به تحقیق در مورد یکی از نظریه های جامع ذرات اولیه ، که دال بر اصلیت ذره اولیه بخاطر ترکیبات خودی (داخلی ذره) می‌باشد ، پرداخت .

وی در کتاب خود ، موسوم به گسترش مکانیک ذره‌ای می‌نویسد : "طرح مکانیک ذره‌ای . . . نشان میدهدکه مکانیک ذره‌ای بهیچوجه به تعریف عینی قضایای زمان و مکان ، نمی‌پردازد " نا متعین بودن پدیده‌های

ذره بینی به دستگاه سنجش بستگی دارد . و سرانجام او ضرورت "به هم آمیختن موضوع مشاهده ، دستگاه سنجش ، و فرد ناظر را در سیستم‌واحد مکانیک ذره‌ای" نتیجه می‌گیرد ، که بنا به گفته او ، قادر است تضادهای تئوری ذره‌ای را از میان بردارد .

هایزنبرگ ، با غوطه‌ور شدن در افکار انگار گرایانه فیزیکی سعی داشت موضوع شناخت را در فعالیت ذهنی انسان چیز باطلی اعلام‌نماید ، و ثابت کند که اشیاء جهان مادی به عنوان موضوع شناخت ، به هیچوجه بطور عینی وجود ندارند بلکه آنها چیزهائی هستند که توسط انسانها ، و به وسیله دستگاه ، خلق میشوند .

باید متذکر شد که هایزنبرگ در اواخر عمر خود ، با بیان برخی تزهای درست ، در مسائل متعدد فلسفی و علم فیزیک ، درمقیاس وسیعی این نوع برداشت‌های انگار گرایانه را ترک گفته است .

۶ ــ نوربرت وینر ــ (۱۹۶۴ ــ ۱۸۹۴) ــ ریاضیدان آمریکائی ، دکتر فلسفه ، بانی علم سیبرنتیک . اولین آثار او در زمینه ریاضیات بودند . همچنین او در زمینه فیزیک نظری ، مطالعاتی داشت و نتایج چشمگیری را در تحلیلهای ریاضی و نظریه احتمالات بدست آورد .

مطالعه عمل کنترل الکترونیکی ، و ماشینهای محاسبه و مطالعات (بهمراهی فیزیولوژیست مکزیکی ، دکتر آ . روزن بلوس) درعلم‌فیزیولوژی دستگاه عصبی ، وی را قادر به بفرمول درآوردن نظریات‌واصول سیبرنتیک نمود (سیبرنتیک یا کنترل و ارتباط در حیوان و ماشین ، ۱۹۴۸) .

دیدگاههای فلسفی او کلا گلچینی بوده و خود ، آنها را منوط به اگزیستانسیالیسم میشمارد .

۷ ــ میخائیل واسیلیویچ لومونوسوف (۱۷۶۵ ــ ۱۷۱۱) ــ دهقان زاده‌ای که بانی فلسفه مادی در روسیه بود . او در ۱۷۳۱ وارد آکادمی اسلاو ــ یونانی ــ لاتین مسکو گشت و در ۱۷۳۶ به آکادمی علوم سن ــ پترزبورگ راه یافت و آنگاه به دانشگاه ماربورگ فرستاده شد . او در ۱۷۴۱ به روسیه بازگشت . وی سهم بزرگی در پیشرفت علوم فیزیک و شیمی داشت . همچنین نقش عمده‌ای را در پیشرفت زبان‌شناسی ، تاریخ و شعر روسی ایفا نمود . او بعنوان یک ماده‌گرا ، بسیاری از نظریات انگاری را که در زمان او علوم موجود را تحت نفوذ خود قرار داده بودند ، مورد تردید قرار داد .

برعکس نظریات انگار گرایانه ، او مبدا ساده‌ای برای پیدایش موجودات قائل بود . او در کتاب "در طبقات زمین" خود ، (۱۷۶۳) نظریه تکاملی گیاهان و جانوران را پیش بینی نمود و همواره بر لزوم مطالعه علل تغییرات طبیعی تاکید می‌کرد . وی با قرار دادن تغییرات ماده (که خود ، آنرا متشکل از ذرات کوچک و یا " اولیه‌ای " (اتومها) که بصورت توده‌های متمرکز (ملکولها) اجتماع کرده‌اند می‌دانست) بعنوان اساس توجیحات خود ، همواره ماده را در حال حرکت تصور می‌کرد .

او ، این عقیده را دراصول بقاء ماده و حرکت ، که آنها را بصورت فرمول در ۵ ژوئیه سال ۱۷۴۸ در نامه‌ای به ایلر فرستاد ، تشریح نمود .

لومونوسوف ، همواره با دیدگاههای غیرعلمی که بر علوم قرن ۱۸ اعمال نفوذ می‌کردند مخالفت می‌کرد .

موءاخذ:

الفبای سیبرنتیک: و . پکلیس
فرهنگ فلسفه: روزنتال و یودین
شناخت و مقوله‌های فلسفی: ترجمه ب . کیوان

پروفسور لئونارد راستریژین، دانشمند برجستهٔ روس، در رشتهٔ طراحی هوا-
پیما از انستیتوی هوانوردی مسکو فارغ التحصیل شد و رسالهٔ PHD خود را
در رشتهٔ مکانیک نوشت. سپس با یک تغییر جهت ۱۷۹ درجه متوجه سیبر -
نتیک، که در طی آن پیگرد شانسی مورد مطالعه قرار می‌گیرد گشت - روشی
برای یافتن بهترین پاسخها برای مسائل پیچیده. وی درحال حاضر، ریاست
تنها آزمایشگاه "پیگردهای بیقاعده" موجود درجهان را بعهده دارد.
کتاب "شانس، قطعیت، و روندها" (دنیای شانسی شانسی)
اولین کتاب او برای آشنائی عموم باحوزهٔ مورد مطالعه اش می باشد.