آمیزه‌ای جالب از مهندسی و علم پزشکی

دکتر سیدمحمّدرضا هاشمی گلپایگانی

دانشیار دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

یک مهندس عضو مؤثری در طب می‌تواند باشد، زیرا قادر است چیزی را که ناشی از طبیعت و خاصیت تکنولوژی است، عرضه نماید. مقدورات بشر ممکن است در دو جهت فیزیکی (توسط ابزار و مکانیزم‌ها) و فکری (به کمک کامپیوتر و ریاضیات کاربردی) توسعه یابد که در نتیجه آن می‌توان بیماران را با امکانات تقویت شده، زنده نگاه داشت، یا دوران حیات آنان را راحت‌تر و مؤثرتر نمود. در این راه استفاده از ابزار کمکی حیات (مشتمل بر قلب مصنوعی) و کمک‌های مختلف به معلولیت‌ها و معلولین (نظیر تعویض دریچه‌های قلب، ماشین دیالیز، وسائل کمکی دستگاه گردش خون، اندام‌های مصنوعی، پیوند باطری قلبی و تحریک کنندهٔ سیستم ادرار) نمونه‌هائی از کاربرد مهندسی در علوم پزشکی بوده است. مضافاً بر این که با شناخته شدن روشهای جدید اندازه گیریهای فیزیولوژیکی و توسعه مناسب دستگاههای مربوطه، این امکان برای پزشک ایجاد شده است که بتواند به میزان بسیار زیاد از شرایط و وضعیت حال مریض خود آگاهی صحیح داشته باشد. بتحقیق توسعه وسائل ثبت و ضبط وضعیت مریض، یا وسائل تشخیص کیفی و کمی ناراحتی آنها تاکنون از بارزترین کاربرد مهندسی برق در پزشکی بوده است.

۱ــ آمیزه‌ای جالب از مهندسی و علم پزشکی

اگر یکی از یونانیان باستان که زندگی اش به ترتیبی برای مدت بیست و پنج قرن به حالت تعلیق نگاه داشته شده بود در زمان ما بیدار می شد بی گمان بسیاری از روشهای کنونی، زندگی ما را گیج کننده می یافت.

شاید یکی از چیزهائی که بیشتر از همه او را مبهوت می ساخت اهمیت ظاهری یک نوع کهربا در تولید نور، گرما، نیرو، حمل ونقل و نیز در تعداد بی شماری وسائل مرموز دیگری بود که از هوا صدا و تصویر می گیرند، یا بدون خستگی ماشینهای مدرن و پیچیده را کنترل می کنند. واژه یونانی کهربا الکترون[1] است و اگرچه از زمانهای بسیار پیش معلوم شده بود که این ماده هرگاه مالش یابد دارای این خاصیت عجیب می شود و می تواند اجسام سبک را به خود جذب کند با اینهمه اهمیت واقعی این خاصیت هرگز به تصور فیلسوفان یونان در نیامد. تا آن که پس از قرنها، در سالهای پایان قرن نوزدهم، یک استاد کم حافظه و فراموشکار فیزیک دانشگاه کمبریج، الکترون را کشف کرد او جوزف جان‌تامسن[2] نام داشت و در منچستر به دنیا آمده بود و هنگامی که فقط بیست و هشت سال داشت به سمت استادی فیزیک دانشگاه کاوندیش[3] منصوب شد. به مسائل روزمره به ندرت توجه می کرد (حتی یک بار همسرش نگران شد که مبادا با پیژاما به آزمایشگاه رفته باشد.) اما کشف او نقطه اوج فیزیک قرن نوزدهم و سرچشمه جریان اصلی آن در قرن بیستم است. تامسن مردی فوق‌العاده و از بیشتر معاصرانش آینده‌نگرتر بود اما حتی او هم نمی‌توانست عمق اثری را که کشفش بر زندگی سیاره‌ها در قرن بیستم خواهد داشت، پیش‌بینی کند.

استفاده از این دانش جدید در کارها و بخصوص در الکترونیک عملی، تکنولوژی ما را چنان منقلب ساخته است که تمدن قرن بیستم که حاکم بر ما و تعیین کننده آینده ماست، به دنبال آن ناچار به کلی زیر و رو خواهد شد. این موضوع ممکن است برای کسی که با این علم و قدرت حیرت انگیز آن بیگانه است گزافه بنظر آید اما باید در نظر داشت: در این دو سوم قرنی که از کشف الکترون گذشته است کشفهای تکنولوژی با سرعت زیاد یکی پس از دیگری به دست آمده و تغییرات بسیار شدید اجتماعی و سیاسی در بسیاری از نقاط جهان روی داده است. سرانجام سلاحهای مرگباری ساخته شده‌اند که همه ما را به نابودی کامل تهدید می کنند، اما در مقابل نمی‌توان نقش زندگی بخش این علم را در علوم زیستی و درمانی از نظر دور داشت و این چیزی است که تفصیل آن در سطور بعدی مورد بررسی قرار گرفته و سرانجام به عنوان نمونه یکی از کاربردهای آن با دقت و موشکافی بیشتری در معرض دید قرار خواهد گرفت.

الکترونیک نوین همراه با روشهای قدیمی تلگراف و تلفن انقلابی در وسایل ارتباطی به مقیاس جهانی ایجاد کرده است. باید

گفت اگر کشف الکترون فقط منجر به اختراع رادیو وتلویزیون شده بود، باز در شکل گیری تمدن ما عامل موثری به شمار می رفت در حالی که این کشف ثمرات بسیار زیادتری داده است. علم الکترونیک، رادار و موشکهای هدایت شونده را به وجود آورد و منجر به علوم هسته ای و از آنجا به سلاحهای اتمی و استفاده از منابع عظیم انرژی محبوس در درون اتم گردید این علم حسابگرهای الکترونیکی[۴] را بوجود آورد که اثر آنها بر جامعه تازه محسوس شده است.

وسائل الکترونیکی حواس ما را تا اندازه عظیمی توسعه می دهند. ما اکنون می توانیم ساختمان هائی را آزمایش کنیم که از بس کوچکند حتی با قویترین میکروسکوپ های نوری هم دیده نمی شوند و نیز سیگنال هائی را از ستاره های رادیوئی بگیریم که قبل از پیدایش حیات در سیاره ما سفر طولانی خود را در فضا آغاز کرده اند. علم الکترونیک همراه با علم موشک سازی دانشمندان را قادر ساخته که از نزدیک عکسهائی از ماه بگیرند و حتی فرود انسان را بر ماه ممکن ساخته است و سرانجام کاربرد الکترونیک در پزشکی هم اکنون پیشرفتهای چشمگیری در تشخیص و درمان بیماریها پدید آورده است. به کار گرفتن الکترونیک در زیست شناسی و نخستین پیروزیهای آن در کمک به آشکار کردن ساختمان پروتئین ها، امید زیادی به وجود آورده که پیشرفتهای آینده معلومات ما را درباره ساختمان موجودات زنده و طرز کار مغز آدمی افزایش دهد.

البته تمام این مطالب جنبه خوب ندارند. مانند سایر علوم، الکترونیک نیز دارای امکانات ناخوشایند و مخرب است. همان گونه که می تواند در دست پزشکی توانا حیات عده بسیاری را نجات بخشد، می تواند سلاحهای جدید با قدرت کشتار دسته جمعی را به سوی هدفهای خود هدایت کند.

به هر صورت این علم چه به منظور خیر و چه به منظور شر مورد استفاده قرار گیرد ما را دربر گرفته و هر آن بر سرعت پیشرفتش افزوده می گردد و از آنجائی که نمی توانیم خود را از قید آن رها سازیم پس باید بکوشیم تا آن را درک و کنترل نمائیم و حتی المقدور رسالت خود را با بکار بردن آن در علوم و رشته های مفید و حیات بخش به انجام برسانیم.

یکی از دانشمندان بنام دکتر ولادیمیر زوریکین درباره نقش اخیر الکترونیک میگوید: «سرنوشت الکترونیک این است که نقش بشر دوستانه بسیار مهمی را بازی کند». امروزه الکترونیک در علوم حیاتی نیز مانند سایر رشته های دانش انسانی و فعالیتهای اجتماعی که در آنها بکار برده شده ابزار پرقدرتی به شمار می آید. به کمک آن پیشرفتهای انقلابی در پژوهشهای مربوط به تشریح اندازه گیری و مطالعه فعالیتهای زیستی و همه زمینه های مهم پزشکی به انجام رسیده است، شاید این پیشرفتها از پیشرفتهائی که در زمینه صنعتی و نظامی حاصل شده اند، ناآشناتر باشند اما دقیقاً به همان اندازه و شاید هم بیشتر اهمیت دارند.

برای آشنائی بیشتر با این شاخه از علم الکترونیک در درجه اول ضروری است که با پاره‌ای از دستگاههای الکترونیکی و کاربرد آنها در علوم حیاتی و پزشکی آشنا شویم. به عنوان نمونه ای از صدها دستگاه، اشاره مختصری به میکروسکوپ الکترونیکی می کنیم. می دانیم که میکروسکوپ نوری برای تقریباً سیصد سال اساس دانش ما درباره سازمان و ساختمان سلولهای زنده را تشکیل می داد. اما تعداد زیادی از جانوران بسیار کوچکی که با اشیاء زنده مربوط بودند مثل ویروسهای قابل عبور از صافی در ورای حد قدرت حتی قوی‌ترین میکروسکوپ های نوری قرار داشتند و تا قبل از اختراع میکروسکوپ الکترونی هرگز دیده نشده بودند. اگر به یاد بیاوریم که الکترونها مانند موجهای بسیار کوتاه و در عین حال مانند ذره های بسیار کوچک عمل می کنند، برای درک اساس میکروسکوپ الکترونی اشکالی نخواهیم داشت. ما موجهای الکترونی جایگزین امواج نوری و عدسیهای الکترونی جایگزین عدسیهای شیشه ای شده اند. عدسی الکترونی ممکن است تشکیل شده باشد از حلقه هائی از سیم حامل جریان الکتریکی برای ایجاد میدانهای مغناطیسی مشخص یا از صفحه های فلزی که با ولتاژ زیادی باردار شده اند برای ایجاد میدانهای الکترواستاتیکی مشخص، امّا در هر دو مورد شعاع الکترونی همان‌طور که شعاع نور در میکروسکوپ نوری هم دیده می شود شکسته می گردد. علاوه بر سیستم عدسی باید یک تفنگ الکترونی برای ایجاد جریان بسیار سریع الکترونها و یک پرده یک صفحه فلوئورسان که بر روی آن تصویر الکترونی بزرگ شده منعکس می شود، وجود داشته باشد.

برای مطالعه یک شیئی در یک میکروسکوپ الکترونیکی مقطعهای بسیار نازکی از آن در محفظه تخلیه شده‌ای قرار می گیرد که شعاع الکترونی تفنگ از آن عبور می کند. به همان روشی که یک فیلم شفاف در یک پروژکتور تولید تصویر نوری می کند، شیئی نیز بسته به روشی که قسمتهای مختلف آن الکترونها را کمابیش متوقف می سازند تصویری الکترونی بوجود می آورد و این تصویر توسط سیستم عدسی میزان و بزرگ می شود و بر روی پرده و در صورتیکه فوتوگراف لازم باشد بر صفحه عکاسی انداخته می شود. هرچه سرعت الکترونهای تفنگ بیشتر باشد طول موج موثر شعاع الکترونی کوتاه‌تر خواهد بود و امروزه با آخرین دستگاههای پرولتاژ الکترونها به سرعتهائی شتاب داده می شود که طول موج موثر آنها فقط در حدود یک صد هزارم طول موج نور عادی است. با میکروسکوپ نوری کوچکترین جزئیاتی که می توان دید به بزرگی یک طول موج نور عادی (در حدود پنجاه میلیونیم سانتیمتر) هستند.

بنابراین میزان گشایش نظری[5] ممکن با میکروسکوپ الکترونی صدهزارم این مقدار یعنی کمتر از دو بیلیونیم سانتی متر است. البته در عمل به علت نقصهای عدسیها و دشواری بسیار در بریدن و سوار کردن مقطعهای به اندازه کافی نازک نمی توان حدی نظیر این مقدار بدست آورد. اما حتی در مرحله کنونی تکامل مقداری دست کم ده برابر بهتر از گشایش بهترین میکروسکوپ نوری بدست آمده و اشیائی که توسط دوتا پنج میلیونیم سانتی متر از یکدیگر جدا شده اند، قابل تشخیص هستند.

اگرچه اطلاعات زیادی درباره ساختمان ظریف سلولهای زنده به کمک میکروسکوپ الکترونیکی بدست آمده اما امکان ندارد بتوان این جزئیات را بدون مداخله شدید در تعادل طبیعی سلولها مشاهده کرد چون باید این سلولها را قطع و سوار کرد، در خلاء نهاد و در معرض بمباران الکترونها قرار داد. یک دستگاه جدید که می توان به عنوان میکروسکوپ رادیوئی توصیف کرد اخیراً در دانشگاه وسترن ریزرو[6] در کلیولند[7] واقع در اوهایو[8] برای معاینه ملکولهای زنده بدون تغییر دادن آنها تکمیل شده است. هنگامی که ما می خواهیم دریابیم که اتمها در اورگانیسم چه می کنند، به طور عادی با استفاده از نور، الکتریسیته یا مواد شیمیائی با مدارهای خارجی الکترونهای اتمها تماس برقرار میکنیم، اما چون این الکترونهای خارجی خود در واکنش های شیمیائی و الکتریکی حیات دخالت دارند، ما به طور اجتناب ناپذیری این واکنشها را در جریان کسب اطلاعات از آنها از بین می بریم. اما این دستگاه نوین که بر اساس پدیده‌ای به نام همنوائی[9] مغناطیسی هسته‌ای ساخته شده موجهای رادیوئی می فرستد که از میان مدارهای الکترونی بیرون اتمها می گذرند، بی آن که آنها را دستخوش اختلال سازند اما بر هسته اثر می گذارند. هسته های اتمی متعددی در یک میدان مغناطیسی پایدار دارای چرخش[10] و حرکت تقدیمی[11] مخصوص به خود هستند و میزان حرکت تقدیمی یکی از مشخصات هر نوع هسته است. یک سیگنال رادیوئی که با حرکت تقدیمی هسته‌ای مشخص همگام باشند می توانند همه هسته های آن نوع را وادار به حرکت تقدیمی کند. و هسته ها با انجام این کار سیگنال رادیوئی مشخص مربوط به خود تشعشع می کنند که آشکارشدنی است. حرکت تقدیمی هسته ها یک نوع اصطکاک بوجود می آورد که همواره مقدار حرکت تقدیمی را کاهش می دهد و این موضوع سبب ضعیف شدن تدریجی سیگنال رادیوئی مربوط می شود.

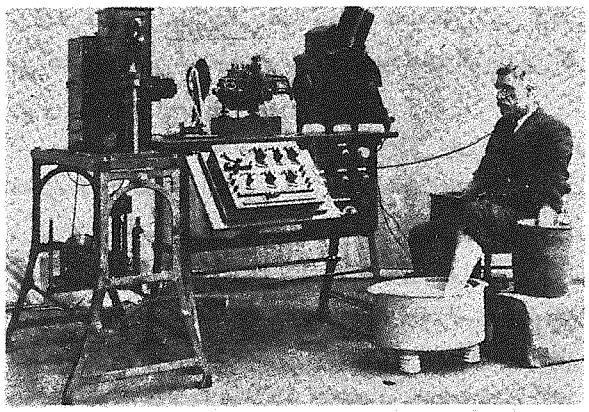
دستگاه الکترونیکی دیگری که بر مشکلات بزرگی در مشاهده سلولهای زنده و اشیاء دور و گرفتن تصویرهای مشکل فائق آمده است، استفاده از یک ویدیکون[12] است.

ویدیکون لامپ دوربینی است که در آن تصویر نوری بر روی سطح یک هادی نوری که از یکی از مواد نیمه‌رسانای جدید درست شده به الگوئی از بارهای الکتریکی با چگالی متغیر تبدیل می شود. سپس شعاعی از الکترونهای کم سرعت از روی این سطحها عبور داده می شود و الگو بارهای تصویر را به یک جریان متغیر تبدیل می کند. فیزیکدان ها و مهندسان تلویزیونی در امریکا، انگلستان، هلند و آلمان برای ایجاد یک سری از ویدیکون های اصلاح شده کمک مهمی کرده اند که اکنون به صورت لامپهای دوربینی بسیار فشرده، حساس و بسیار محکم در دسترس هستند. لامپهای ویدیکونی که شاید چهار سانتی متر قطر داشته باشند، همراه با تکنیکهای الکترونیکی و نیز تکنیکهای جدید مداری و ادوات حالت جامد[13] این امکان را ایجاد کرده اند تا بتوان دوربین های تلویزیونی تولید کرد که کمتر از چهار کیلوگرم وزن دارند و می توان آنها را کاملاً ضد آب کرد و در برابر شرایط بسیار شدید مقاومت می کنند. به کمک این ها چشم جهانی تلویزیون بوجود آمده است. آنها آن سوی ماه و تصویرهای شگفت انگیز بسیار نزدیکی از سطح ماه توسط فضانوردان آپولو ۱۱ به زمین فرستاده و به ما نشان داده اند. مهندسان هسته‌ای از آنها برای نگاه کردن بی خطر به مرکز رادیواکتیو راکتور استفاده می کنند و نیز برای نظارت کردن بر تمام دستگاههای پیچیده کارخانه بی آنکه میزشان را ترک کنند آن را بکار می برند. این دستگاهها می توانند برای نظارت بر عبور و مرور جاده ها از نقاط کنترل مرکزی مورد استفاده قرار گیرند یا برای مطالعه وضع جاده ها بر روی وسائل نقلیه سوار شوند آنها می توانند به درون گوشه ها، زیرزمینها، اعماق دریاها و بالاخره به داخل ساختمان سلولهای زنده یعنی همان چیزی که مورد نظر ما است بنگرند.

رفتار و مشخصات سلولهای انفرادی یکی از جنبه های اشیای زنده را تشکیل می دهد، که اسرار خود را به دستگاههای الکترونیکی فاش می سازند. یک جنبه دیگر که به همان اهمیت است، واکنش همگام بین ملیونها سلول از این گونه است که اعمال اندامهای زنده و جانوران را به انجام می رسانند، و در اینجا نیز الکترونیک روشهای عالی بررسی را در اختیار ما گذاشته است. فعالیتهای سلولهای زنده همیشه همراهند با سیگنالهای الکتریکی یا پدیده های مشابهی که به سهولت توسط مبدلهای مناسب به صورت الکتریکی درمی آیند. شدت جریان هائی که ایجاد می شود ممکن است فوق العاده کم باشد بنابراین یک دسته مخصوص از تقویت کننده ها برای تقویت آنها درست شده اند، به طوری که این جریانها به میزان کافی زیاد شوند تا به راحتی ثبت گردند. بنابراین الگوئی مشخص برای بسیاری از دستگاههائی که در زیست شناسی و پزشکی بکار برده می شوند عبارت است از: یک سوند[14] برای گرفتن سیگنال با یک مبدل برای تبدیل تغییرات جریانهای الکتریکی، سپس یک تقویت کننده زیست شناسی برای تقویت کردن سیگنال به همان صورت اصلی و بالاخره نوعی دستگاه ثبات. معروفترین مثالهای این گروه از

دستگاهها عبارتند از الکتروکاردیوگراف[15]، و الکتروانسفالوگراف[16]. الکتروکاردیوگراف امروزه کمکی ضروری در تشخیص و درمان بیماریهای قلبی به شمارمی رود. انواع باطری دار جدید این دستگاه از ترانزیستور بجای لامپ کاملاً قابل حمل و مستقل از منابع نیروی خارجی هستند، به طوری که پزشک برای بدست آوردن الکتروکاردیوگرام های دقیق و قابل اطمینان در هر شرایطی فقط کافی است دستگاهی را که بزرگتر از کیف دستی نیست حمل کنند. الکتروانسفالوگراف منحنی های قابل رؤیتی از فعالیت پیچیده مغز انسان تولید می کند، و نه فقط در کشف نابهنجاریهای مغز، بلکه در مطالعه رفتار مغزهای طبیعی ارزش خود را به اثبات رسانده است.

موجهای مغزی و ضربان قلب تولید جریانهای الکتریکی می کنند، که می توان آنها را با قراردادن الکترودهای مناسب بر سطح بدن و متصل کردن آنها توسط سیم به دستگاههائی از نوعی که در بالا توضیح داده شد آشکار و تفسیر کرد.



اما غالباً لازم می آید که کارهای اندامهای درونی بدن، که در سطح نیز تظاهر نمی کنند اندازه گیری و ثبت شود، و نیز ممکن است مهم باشد که این سنجشها هنگامی به عمل آیند که بدن در حال رفتن یا دویدن باشد، به طوری که استفاده از اتصالهای سیمی عملی نباشد.

پیشرفت الکترونیک این موضوع را امکان پذیر ساخته که سوندها[17] و مبدلهای الکترونیکی طرح شوند که بتوان آنها را تقریباً در تمام قسمتهای بدن وارد کرد، بدون این که از نظر مادی در اعمال آن اختلال ایجاد کند و اطلاعات را به طرف گیرنده هائی که در خارج بدن قرار دارند بفرستند. این گونه وسایل از راه تشابه با رادیوسوندها[18] که در هواشناسی بکار می روند، آندورادیوسوند[19] نامیده می شوند. انواع متنوعی از آندورادیوسوندها را می توان برای نظارت بر کارهای بدن، چون دما، فشار، جریان خون، هضم و تهویه و غیره بکار برد. قرص رادیوئی مثال خوبی است، این دستگاه، ایستگاه فرستنده کوچکی در خدود ۱/۵ سانتی متر مکعب است که به سهولت بلعیده می شود یا بدون ایجاد ناراحتی برای شخص وارد هر یک از حفره های بدن می گردد. برای تفتیش دستگاه گوارش، قرص رادیوئی به سهولت از راه دهان بلعیده می شود و اطلاعاتی که توسط مبدل های آن جمع آوری شده به شکل سیگنال رادیوئی مدوله شده پخش می کند. که به همان روش عادی گرفته می شوند، همچنین دستگاه الکترونیکی برای ردیابی خودکار قرص هنگام عبور آن در بدن ساخته شده به طوری که اطلاعات فرستاده شده را می توان با موقعیت دقیق آن در دستگاه گوارش مربوط ساخت و این موضوع معلومات بسیار جدید و زیادی را درباره دستگاه گوارشی بوجود آورده است.

روش دیگری که برای کسب اطلاع از قسمتهای داخلی بدن مورد استفاده قرار می گیرد روش خاصی می باشد که در آن یک الکترود بسیار باریک را در قسمتی از بدن که مورد نظر است در حقیقت می کارند و با کمک داروهای شیمیائی مانع از دفع آن توسط بدن و یا تولید چرک می گردند و پس از مدتی که اطراف آن جوش خورد از آن به عنوان یک سر خروجی از بدن یا از عضو خاص مورد توجه برای مطالعه و بررسی استفاده می کنند.

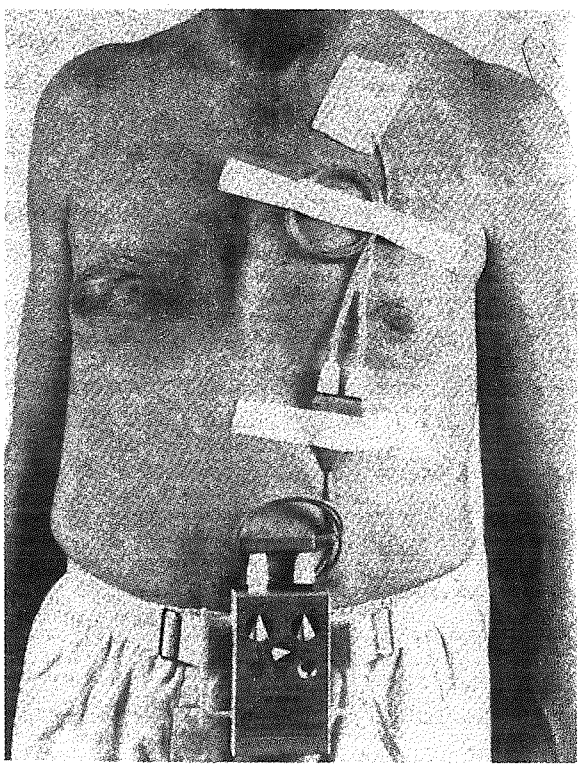
اطلاعاتی درباره اشیاء و ساختمانهای درونی بدن زنده را نیز می توان با استفاده از تکنیک های فراصوتی[20] بدست آورد.

این دستگاهها در اصل بر اساس رادار کار می کنند اما تپه هائی که بیرون می فرستند موجهای الکترومانیتیک نیستند، بلکه موجهای صوتی بسیار پرفرکانس هستند، این تپه ها را که توسط بلورهای پیزوالکتریک[21] تولید می شوند، می توان برای تولید پژواک (انعکاس صوت) از درون بدن بر صفحه لامپ کاتدی به روشی مشابه نقشه برداری از زیردریائیها در زیر دریا توسط تجهیزات اسدیک[22] یا سونار در کشتی هائی که در سطح آب قرار گرفته اند، مورد استفاده قرار داد. این تکنیک بخصوص در معاینه مغز زنده در درون جمجمه دست نخورده موفقیت آمیز بوده است و چون سریع و بی زبان است و می تواند هنگام عمل جراحی در بالین بیمار مورد استفاده قرار گیرد، از این رو ممکن است جایگزین استفاده از پرتو ایکس[23] برای این منظور گردد.

موضوع دیگری که در زمینه بحث ما قرار می گیرد و بحث درباره آن جالب و مفید بنظر می رسد، موضوع کاربرد ماشینهای حسابگر[24] در مطالعات زیست شناسی است. حسابگرهای قیاسی[25] و نیز حسابگرهای رقمی ناحیه های جدیدی در پژوهشهای پزشکی و زیست شناسی باز کرده اند. اگرچه هنوز اثر کامل آنها آن طوری که باید احساس نشده است.

بسیاری از سیستمهای زیست شناسی کاملاً پیچیده اند و نمی توان آنها را با روشهای متداول تجزیه و تحلیل کرد اما حسابگرهای قیاسی را می توان برای ایجاد مدلهای الکتریکی از این سیستمها که تجزیه و تحلیل کاملی را بدست می دهند مورد استفاده

قرار داد. کامپیوترهای آنالوگ برای تقلید عمل قلب و رگهای خونی، کبد، کلیه ها، و سایر اندامها مورد استفاده قرار گرفته اند و منجر به درک بسیار بهتری از چگونگی کار این اندامها شده اند. یک روش دیگر برای مطالعه پدیده های زیست شناسی آن است که نظریه هائی درباره مکانیزیم آنها اختراع گردد، معادله ها مطابقت می کنند یا نه. اگر مطابقت نداشته باشند، گروه جدیدی معادله نوشته می شود و به نوبت مورد آزمایش قرار می گیرند، و به همین ترتیب. حل معادلاتی از این نوع می تواند بسیار مشکل و پر دردسر یا حتی توسط روشهای متداول ناممکن باشد، ولی معمولاً می توان آنها را به طور رقمی با حسابگرهای دیجیتال حل کرد و به جواب رسید.



کامپیوترهای دیجیتال همچنین برای بررسی مقدار وسیع اطلاعاتی که در جریان تفتیش زیست شناسی شیمیائی بدست می آیند مورد استفاده قرار می گیرند. مثال برجسته ای از این موضوع، جمع آوری و تفسیر تعداد زیادی عکسهای اشعه ایکس از ملکولهای هموگلوبین و میوگلوبین توسط دکتر ام. پروتز[26] و دکتر جی. سی. کندرو[27] بود که آنها را قادر ساخت مدلهائی از این ملکولها درست کنند و یک گام عظیم در پرده برداری از ماهیت ملکول پروتئینی یا واحد شیمیائی اساسی ماده زنده به جلو بردارند. آنها برای این کار که بدون کمک کامپیوترهای دیجیتال بی نهایت مشکل تر می شد موفق به دریافت جایزه نوبل به خاطر اهمیت این اکتشاف گردیدند.

کامپیوترهای دیجیتال در بسیاری کشورها به طور موفقیت آمیزی برای کمک به پزشکان در تشخیص سریع بیماریها مورد استفاده قرار گرفته اند. نشانه های بیماری[28] به کامپیوتری خورانده می شوند تا چنان برنامه ریزی گردند که وقتی آنها را با تعداد زیادی از مجموعه نشانه های ممکنی که در حافظه آنها قرار داده شده مقایسه کند، حسابگر (کامپیوتر) به سرعت لیستی از حالت های ممکن را که امکان دارد سبب ایجاد آن گروه خاص از نشانه ها شوند چاپ کند و پزشک به جای در نظر گرفتن تعداد زیادی از حالت ها که ممکن بود محتمل تصور کند فقط باید بین تعداد کمی از بیماریها تصمیم بگیرد. توسعه منطقی این تکنیک آن است که دستگاههای مناسب، از نوعی که قبلاً شرح داده شد، به بیمار متصل گردد به طوری که اطلاعات[29] مربوط به وضعیت او چه توسط سیم و چه توسط موجهای رادیوئی به کامپیوتر منتقل گردد و توسط آن تجزیه و تحلیل[30] شود. این کار عملاً همان کاری است که اکنون برای اندازه گیری واکنش های فیزیولوژیکی فضانوردانی که به دور زمین گردش می کنند انجام می شود و هیچ دلیل فنی وجود ندارد که چرا این کار جزئی از یک سرویس بهداشت ملی نشود.

ایجاد یک شبکه کامپیوتری بهداشت ملی برای جمع آوری و ذخیره کردن تمام مدارک پزشکی و آمار حیاتی نمودار پیشرفت بزرگی در پزشکی پیشگیری و نیز در تشخیص بیماریها خواهد بود، چون هم حالتهای طبیعی و هم حالتهای غیرطبیعی برای هر گروه از افراد را می توان با دقت و سرعت بدست آورد. استفاده بسیار محدودی که از کامپیوترها برای این منظور به عمل آمده به خوبی مخارج خود را جبران کرده است و مسامحه در عرضه سیستمی کامل به طور عمده ناشی از کمبود اعتبارات مالی است و هنگامی که در گوشه ای از دنیا، دولتی به این نتیجه برسد: یک شبکه کامپیوتری برای این منظور به همان میزان هزینه یک کشتی هواپیمابر ارزش دارد، گام بزرگی در بهداشت عمومی به جلو برداشته خواهد شد.

یکی از راههای متعددی که الکترونیک می تواند در خدمت سرویسهای پزشکی درآید استفاده از پرستار الکترونیکی است. هنگامی که پرستار الکترونیکی در بیمارستان نصب می شود می تواند صدها بیمار را از یک قاب کنترل مرکزی تحت نظارت قرار دهد. به هر بیمار مبدل های[31] سبک وزن متصل می شود و برای هر اندازه گیری توسط خمیر چسبنده در نقاط مختلف بدن ثابت می گردد: غالباً می توان نرمه گوش را برای اندازه گیری نبض به کمک مبدل کوچک فتوالکتریسیته[31] و نیز دمای سطحی را به کمک مبدل های ترموالکتریکی مورد استفاده قرار داد. سایر انواع مبدل ها برای فشار خون، تعداد تنفس در دقیقه و غیره بکار برده می شوند، و تمام سیگنالها توسط سیمهای انعطاف پذیر به واحد کوچکی در بالای تخت بیمار منتقل و تقویت می شوند.

اندازه گیری ها به طور خودکار به گیرنده بخش که در قالب کنترل مرکزی نصب شده فرستاده می شوند. در یک دستگاه نمونه، هر گیرنده با در حدود بیست بیمار مربوط می شود. اندازه گیری ها به طور خودکار در زمانهای کمتر از یک دقیقه از مبدل ها گرفته می شود. این اطلاعات به طور خودکار بر روی کارتهای سوراخ شده ثبت می گردند. اگر هر اندازه گیری از حدودی که برای هر بیمار تعیین شده بالاتر یا پائین تر رود زنگ خطر در میز کنترل مرکزی به صدا درمی آید و شماره بیمار بر روی قاب روشن می شود. هرگاه پرستاری بخواهد وضعیت هر بیمار را بداند شماره تخت بیما را می گیرد و اطلاعات مربوطه با حروف درشت بر قاب نشان داده می شوند به این ترتیب پرستار الکترونیکی به پرستار انسانی اجازه می دهد تا بر بیماران متعددی نظارت کند.

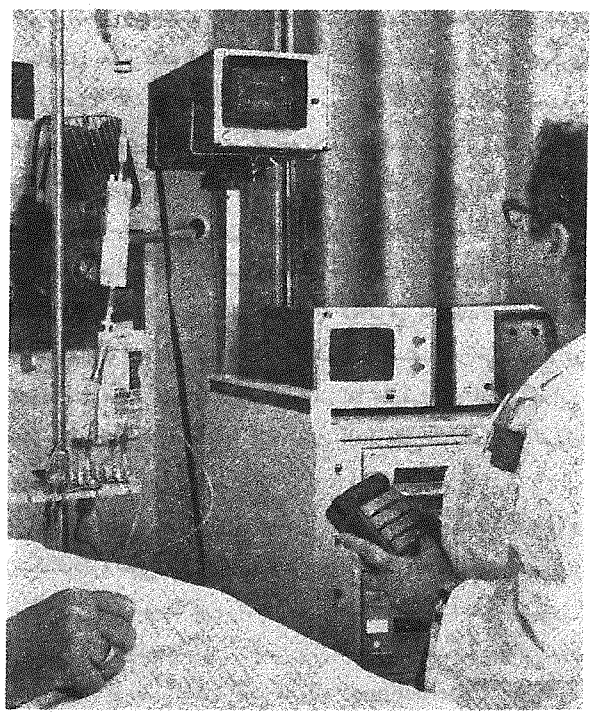
پزشکی که بیمار را معاینه می کند می تواند به وسیله واحد سیاری که می توان آن را به واحد بالای تخت هر بیمار اضافه کرد اعمالی را که تحت اندازه گیری هستند به سرعت بررسی کند. هرگاه کارت سوراخ شده مناسب در دستگاه قرار داده شود ارقام مربوطه بر روی واحد سیار نشان داده می شوند.

البته پرستار الکترونیکی برای مراقبت و پرستاری از هر بیماری جانشین پرستار انسانی نمی شود امّا به پرستار اجازه می دهد که دقت و مهارت خود را به بهترین نحو بکار ببرد، و با کمبود کنونی پرستاران در بیمارستانها، ارزش زیادی در نظارت بسیار دقیق بر بیمارانی که رویشان عمل جراحی می شود خواهد داشت. هزینه ابتدائی آن نسبتاً زیاد بنظر می آید ولی این موضوع تاحدودی مربود به مسأله عرضه و تقاضا است. و تصوّر می شود که پرستار الکترونیکی جزو تجهیزات استاندارد بخشهای بیمارستاهای آینده خواهد شد. همانطوری که ضبط کننده یا اندازه گیری[33] تلویزیونی و کنترل خودکار بیهوشی نیز در اطاقهای جراحی استاندارد خواهد شد.

کلیه عوامل و تجهیزاتی که بدان اشاره شد دست به دست هم داده و با سرعت ایجاد روشهای انقلابی در پزشکی نموده اند.

از سنجش و پائیدن[34] اندامهای انسانی تا کنترل خودکار این اندامها فقط یک گام فاصله است. بعضی از پیشرفتهای بسیار چشمگیر در کاربرد مهندسی در پزشکی در این زمینه انجام شده اند. یکی از نخستین اندامهائی که کمک الکترونیکی دریافت داشت قلب بود. ضربان ساز قلبی دستگاه کاملاً قابل حملی است که به طور خودکار تپه های الکتریکی[35] برای تحریک کردن یک قلب ضعیف یا تصحیح کردن ریتمهای غیرطبیعی تولید می کند و می فرستد. این دستگاه را می توان در جدار سینه کاشت و توسط اتصالهای سیمی به باطری کوچک خشکی متصل کرد. یک اندازه گیر[36] قلبی کوچک را نیزمی توان توام با ضربان ساز بکار برد. این اندازه گیر تعداد ضربان قلب را تعقیب کرده و در صورت لزوم ضربان ساز را فعال می کند و در مواقع اضطرار زنگ خطر بسیار ریزی را به صدا درمی آورد و سیگنال را تا چهارکیلومتری پخش می کند. به این ترتیب عملاً به بیمار قلبی عمر دوباره داده می شود و به او اطمینان می دهد که در صورت ایجاد بحران در کمترین زمان ممکن به او کمک خواهد شد. حدود بیست سال پیش از گرمای بدن به عنوان منبع انرژی ضربان ساز به صورت موفقیت آمیزی استفاده شده است، به طوری که دیگر احتیاجی نیست که باطری ها تعویض شوند.

گروهی تحت رهبری دکتر جی. لایمن[37] توسعه این اصل کنترل خودکار را در لوس آنجلس مورد مطالعه قرار داده است. آنها امیدوارند که درمان خودکار مبتلایان به مرض قند را با تعیین پیوسته میزان



گلوکز خون به انجام برسانند به طوری که انسولین بتواند بر طبق نیازهای فیزیولوژیکی فوری شخص و نه از روی ساعت به درون جریان خون آزاد شود.

آزمایشهای مربوط به طرح اندامهای مصنوعی که توسط سیگنالهای الکتریکی طبیعی اعصاب کنترل می شوند اکنون به خصوص در بیمارستان عمومی ماساچوست، و بیمارستان سنت تامس لندن به مرحله های پیشرفته رسیده اند. این سیگنالهای الکتریکی هنگامی که ما می خواهیم عضوی را به حرکت آوریم توسط مغز در طول عصبها فرستاده می شوند، و سبب انقباض ماهیچه ای می گردند. با تقویت این سیگنالهای کوچک به کمک ادوات الکترونیکی می توان آنها را برای کنترل سر و مکانیسمها که عضو مصنوعی را بکار می اندازند مورد استفاده قرار داد. بنابراین عضو

مصنوعی می‌تواند با کنترل ارادی شخص استعمال کننده مورد استفاده قرار گیرد.

ما می‌توانیم به طور موجه انتظار داشته باشیم که گسترش تکنیکهائی که شنوائی، سخن گفتن، قلب، ریه، کلیه و اندامهای مصنوعی را در اختیار ما گذاشته‌اند به زودی برای جبران تقریباً هرگونه نقص جدی کارهای طبیعی بدن انسان مورد استفاده قرار خواهند گرفت. به طوریکه انسان دیگر به طور کامل در معرض خطر بیماری یا بدبختی های طبیعی نخواهد بود.

و بالاخره آخرین زاده عصر الکترونیک دانش جدیدی بنام سیبرنتیک[38] است. این دانش نیرومند جدید نوعی افسانه های حاضر و آماده را به ارث برده است. سیبرنتیک در بسیاری لفافه های حیرت انگیز و عجیب ظاهر شده است، آدمهای مصنوعی سرکش، انسانهای تغییر داده شده با عضله های شگفت انگیز و هر چیز دیگری از این قبیل که بتوان تصورش کرد. نویسندگان داستانهای تخیلی علمی به نیروی تخیل خود هرچه توانسته‌اند درباره آن گفته‌اند این دانش در روزنامه های متداول به مضحکه گرفته شده و تهیه کنندگان فیلمهای ترسناک بدترین کارها را با آن انجام داده‌اند. عده‌ای از اعضای اتحادیه های تجاری با آن مخالف هستند، بسیاری از آموزگاران آموزشگاهها نسبت به آن بدگمان می باشند، تمام طبقات سیاستمداران اعلان داشته‌اند که از آن حسن استقبال را می کنند، در نتیجه بیشتر مردم گیج و گمراه شده‌اند. اما حقیقت این است که این علم به قدری برای آینده ما مهم است که ارزش آن را دارد تا اصول اولیه مربوط به آن را درک کنیم.

واژه سیبرنتیک از واژه یونانی [39] گرفته شده که (راننده) و (سکان‌دار) معنی می دهد، و منشاء واژه Governor «حکمران» است این واژه توسط نوربرت وینر، استاد ریاضیات انستیتوی تکنولوژی ماساچوست[40] کمی پس از پایان جنگ جهانی دوم اختراع شد. او بعداً کشف کرد که واژه Cybernetique در حدود یک قرن قبل توسط آمپر[41] به معنای «دانش اداره حکومت» استعمال شده است. پروفسور وینر دریافت که مطالعه ارسال پیامها از دیدگاه مهندسی برق او را به میدان بسیار وسیعتری رهنمون می شود که شامل موارد زیر است: مطالعه زبان، مطالعه پیامها به عنوان وسائل کنترل ماشین‌آلات و جامعه، تکامل کامپیوترها، بعضی جنبه های دستگاه عصبی انسان، و یک نظریه جدید برای روش علمی او در کتاب خود بنام «سیبرنتیک» که در سال ۱۹۴۸ منتشر شد، این واژه را برای دربر گرفتن تمام این مباحث بکار برد و آن را تحت عنوان: «دانش ارتباط و کنترل در حیوان و ماشین» توصیف کرد. این تعریف نشان داد که ژرفترین مفهومها را برای جامعه دارا است. بعضی از این مفاهیم در کتاب اصلی وینر مورد بررسی قرار گرفتند اما کتاب «سیبرنتیک» اگرچه سبب جنب‌وجوش چشمگیری در میان دانشمندان شد، اصولاً کتابی فنی بود که در آن بسیاری از اندیشه ها به زبان ریاضی بیان شده بودند. وینر برای اینکه این اندیشه ها را برای مردم عادی پذیرفتنی تر سازد، کتاب «استفاده انسانی از موجودات انسانی»[42] را نوشت که برای نخستین بار در سال ۱۹۵۰ منتشر شد. در این کتاب اندیشه های او به زبان عادی گسترش و توجیه شده‌اند و وینر تز اساسی خود را چنین بیان می کند که «جامعه را می توان فقط توسط مطالعه پیامها و تسهیلات ارتباطی که به آن تعلق دارند درک کرد و نیز در گسترش و تکامل آینده این پیامها و تسهیلات ارتباطی پیامهای بین انسان و ماشینها، بین ماشینها و انسان و بین ماشینها و ماشینها نقش دائمی روزافزونی را بازی خواهند کرد.» این سخنان در زمان نسبتاً کوتاهی که از نوشتنشان گذشته، الهام‌بخش برداشت تازه و روش آزمایشی نوی بوده‌اند که در بسیاری شعبه های علم بهره داده‌اند و منجر به پیشرفت های انقلابی در علوم اجتماعی شده‌اند.

از بین جنبه های مختلفی که در بالا بدانها اشاره شد برای روشنی بیشتر مسأله، یک کارخانه سیبرنتیکی را مورد بررسی قرار می دهیم. به این ترتیب روش سیبرنتیک هنگامی که ما آن را برای بررسی یک کارخانه خودکار فرضی بکار می بریم برایمان بسیار روشن می شود. و اظهار نظر وینر درباره نقش روزافزونی که توسط پیامها بین انسان‌وماشین و بین ماشین و انسان و ماشین و ماشین بازی خواهد شد به طور مشخصی نشان داده می شود.

ماده، انرژی و اطلاعات به درون کارخانه جریان می یابند و بر روی هر کدام از آنها به روشهای مخصوص عمل می شود و هر کدام در فرآورده هائی که از کارخانه خارج می شوند گنجانده می شود، اما ما در اینجا عامل اصلی را اطلاعات در نظر می گیریم. اطلاعات است که حالت و کارآئی کارخانه خودکار، هدفهائی که باید در نظر گرفته شوند و چگونگی رسیدن به این هدفها را تعیین می کند. تمام عملیات در کارخانه توسط یک کنترل کننده اصلی تولید، تحت نظارت هیأت مدیره تنظیم می شوند. اطلاعات درباره سفارشها، فروش، تمایلهای بازار و غیره به واحد حسابگر کنترل تولید تغذیه می شوند و در آنجا تجزیه و تحلیل شده با اطلاعات مربوط به خطی مشی از طرف هیئت مدیره توام می گردند.

فرآیندهای ساخت در مرحله های مختلف ناشی از پیامهای بین حسابگرهای فرعی و نیروگاه، نقاله ها، خطهای انتقال، ماشینهای ابزارشناسی، تجهیزات بازرسی، ماشین‌آلات سوار کردن قطعات و بسته‌بندی است. هرگونه تغییری در فعالیت طبق برنامه، از قبیل شکستن یک ابزار یا گیرکردن یک گربه در کانال بلافاصله به کنترل مرکزی گزارش داده می شود. کارخانه سیبرنتیک طبیعتاً شامل کنترل کننده های قابل تطبیق خواهد بود و تهیه گزارش فقط برای ثبت کردن در دفتر نیست بلکه یک قسمت اساسی عمل کننده

تطبیقی است که بنابراین سیستم به کمک آن مناسب‌ترین خط مشی را برای هرگونه شرایط معین بوجود می آورد.

نکته دیگری که در سیبرنتیک مورد توجه قرار می گیرد استفاده از انسان در تولید به بهترین نحو ممکن است. طوری که تا آخرین حد ممکن کار انجام دهد بدون این که به علت شرایط نامساعد کار احساس خستگی بکند. فی المثل در مورد کارهائی که کارگر مجبور به انجام یک سلسله عملیات تکراری است مثل بستن پیچ ها یا بالا و پائین آوردن یک اهرم. سیبرنتیک، بهترین فرکانس لازم برای حرکت دست و نیز بهترین حالت و شکل فیزیکی ابزار را برای راندمان بهتر تعیین می کند این عمل از تغییر شکل دادن در دسته انبردست برای تطبیق و بهتر جا گرفتن آن در دست یک کارگر شروع می شود و تا ساختن، و تطبیق کردن یک کارخانه با انسانهائی که روی آن کار می کنند به منظور گرفتن بهترین راندمان ادامه می یابد.

از آنچه که گذشت باین نتیجه می رسم که بهر اندازه که جمعیت جهان افزایش یابد نیاز بشر به مراقبت های طبی و بهداشتی اضافه‌تر شده و بنابراین پیوند مشترک بین دو علم مهندسی و پزشکی بایستی هرچه بیشتر توسعه و استحکام یابد. از طرفی گسترش نیاز به تهیه و ضبط اطلاعات و داده ها از سیستمهای موجود زنده خصوصاً انسان پیچیدگی و تکامل ابزارها و وسائل اندازه گیری مهندسی مورد نیاز در پزشکی را اضافه‌تر می نماید، لذا همکاری و آمیزهٔ مهندسی پزشکی با گذشت زمان منافع و ایده‌آلهای مهندس و و تکنیسین و پزشک را هرچه بهتر تأمین نموده و در نتیجه این پیوند متقابل، علوم مهندسی و علوم بیولوژیکی هرچه بهتر و بیشتر در جهت منفعت بشر بکار گرفته خواهد شد. رشته مهندسی بیومدیکال که زائیدهٔ پیوند و فضای علمی پزشکی و مهندسی بطور اخص می باشد و در قسمت بعد به معرفی و تشریح وجوده مختلف آن خواهیم پرداخت و در واقع به میزان زیادی به آرمانهای متصور از همکاری نزدیک دو علم پزشکی و مهندسی جامه عمل پوشانده و توسعه و گسترش روزافزون آن نشانگر نیاز جهان به استفاده از نتایج و فرآورده های این رشته جدید می باشد.

۲ ــ تاریخچه و معرفی وجوه مختلف رشته مهندسی بیومدیکال

مقدمه:

در سالهای اخیر پیشرفت در مراقبتهای پزشکی و خصوصاً در زمینه های اعصاب و قلب چشم گیر بوده است که علل اصلی آن پیوند دو فضای علمی مهندسی و پزشکی را میتوان ادعا نمود.

بین دو فضای علم پزشکی و مهندسی تفاوتها و وجوه اشتراک وجود دارد، امّا آنچه مسلم است اینست که، همکاری بین این دو علم منتج نتایجی بسیار مفید و عالی می تواند باشد. این حقیقت را می توان از انسانی که سالهای عمر خود را به کمک اندامهای مصنوعی یا دستگاههای اندازه گیری و ضبط عوامل و علائم مرض زندگی آسوده‌تر و مطمئن‌تری را سپری کرده است، دریافت.

فضای دو علم پزشکی و مهندسی بسیار وسیع و گسترده است که شامل ساختن یک وسیله کوچک تا انجام فعالیتهای بزرگ تحقیقاتی در حد مرزهای دانش می گردد. آنچه که بخش مشترک این دو فضای علمی به طور مسلم استنیاز به داشتن وسائل مناسب اندازه گیری بمنظور اندازه گرفتن دقیق پارامترهای موجود و مؤثر در دو فضای علمی است. افرادی که مایلند قادر به شناخت، طراحی، کاربرد و تعمیر وسائل بیومدیکال باشند می توانند از طریق هر دو زمینه علمی پزشکی و مهندسی به این هدف نائل آیند. یک فرد تعلیم دیده در زمینه پزشکی بامعلومات کافی در قسمتهای علوم حیاتی مشتمل بر آناتومی و فیزیولوژی با فراگرفتن مقداری مدار الکتریکی، الکترونیک و وسائل اندازه گیری به قابلیت و توانائی فوق الذکر دسترسی می یابد و عکس آن نیز برای افراد تعلیم دیده در فضای مهندسی صادق می باشد که آنان با فراگیری مقداری فیزیولوژی منظور مطلوب را عملی می سازند.

۱ ــ ۲: دوران حیات رشته مهندسی بیومدیکال

از زمان جنگ جهانی دوم علوم با زمینه های مشترک مانند مهندسی هسته ای و مهندسی فضائی وجود داشته است. دوران عمر مهندسی کامپیوتر با تمام جذر و مدهایش مشتمل بر پیشرفت سریع و چشمگیری بوده که کماکان ادامه دارد. دوران مهندسی بیومدیکال اکنون فرا رسیده است و از مزایای عمدهٔ این رشته آن است که دارای وجه مشترک زیادی با رشته های مختلفی که قبلاً رشد و توسعه یافته اند، می باشد.

عده‌ای بر این اعتقادند که اصولاً تکنولوژی و پیشرفت آن اثرات مخرب و شیطانی برای زندگی بشر بهمراه داشته است، که از آن جمله موضوع آلودگی محیط زیست، مرگ در اثر سوانح رانندگی و حمل و نقل، تولید سلاحهای مرگبار از قبیل موشکهای هدایت شونده و بمب اتم را می توان نام برد. رشته بیومدیکال اگرچه از این جهات بدین شدت مورد انتقاد وحمله نمی باشد اما از جهاتی نظیر خطرات برق گرفتگی و وارد آمدن شوک در بیمارستانها مورد ایراد واقع شده است که البته این ضایعه جنبی در مقابل اثرات مفید این رشته بسیار کوچک و ناچیز جلوه می کند.

از جمله مسائل رشته مهندسی بیومدیکال تعریف صحیح دادن از این رشته است. کلمه Bio معمولاً به چیزی اطلاق می شود که بنحوی با حیات و زندگی در ارتباط باشد بیوفیزیک و بیوشیمی از رشته های باسابقه و مختلف می باشند و بنا به تفسیری عبارتند از

استفاده و کاربرد علوم پایه در موجودات زنده.

نوعی نگرش و طرز تفکر رشته بیومدیکال را به زمینه های متفاوتی از قبیل بیومکانیک، بیوالکترونیک، بیومواد[۴۳] و غیره تقسیم می نماید که معنی آن کاربرد و استفاده آن قسمت از علوم مهندسی در موجودات زنده در مقایسه با کاربرد این اطلاعات در مورد اجزاء فیزیکی و مصنوعات دست بشر است.

بیوابزار[۴۴] عبارت است از وسائل اندازه گیری متغیرهای بیولوژیکی که بنام بیومتریک[۴۵] نیزنامیده می شود، گرچه این اسم به روشهای ریاضی و آماری مورد استفاده در بیولوژیکی نیز اطلاق می گردد.

در رابطه با رشته بیومدیکال گروههای علمی و نشریاتی تاکنون بوجود آمده است که پاره‌ای از آنها عبارتند از:

1 - Engineering in Medicine and Biology Group IEEE, Trans.

2 - ASME Biomechanical and Human Factors Division.

3 - The Instrument Society of America.

چند سال قبل یک کمیته علمی مهندسی مأمور مشخص نمودن تعریف صحیح مهندسی بیومدیکال گردید که نتیجه پیشنهاد آنها به صورت زیر ارائه شد:

«بیومهندسی عبارت است از کاربرد اطلاعات بدست آمده در نتیجه پیوند متقابل علوم مهندسی و علوم بیولوژیکی آن چنان که مواد و ابزار هر دو فضای علمی هرچه بهتر و بیشتر در جهت منفعت بشر به کار گرفته شود»

رشته بیومهندسی حداقل مشتمل بر شش زمینه مختلف کاربرد می باشد که عبارتند از:

۱ــ مهندسی پزشکی[۴۷]: عبارت است از کاربرد مهندسی در طب در جهت جایگزین نمودن اسکلت بندیهای صدمه دیدهٔ موجود زنده خصوصاً انسان.

۲ــ مهندسی سلامت محیط زیست[۴۸]: عبارت است از کاربرد اصول مهندسی آن چنان که بتواند محیط زیست را در حد سلامت و امنیت بشر کنترل نماید.

۳ــ مهندسی زراعی[۴۹]: عبارت است از کاربرد اصول مهندسی در مسائل تولیدات بیولوژیکی و فعل و انفعالات خارجی و محیط اطراف موثر در این قبیل تولیدات.

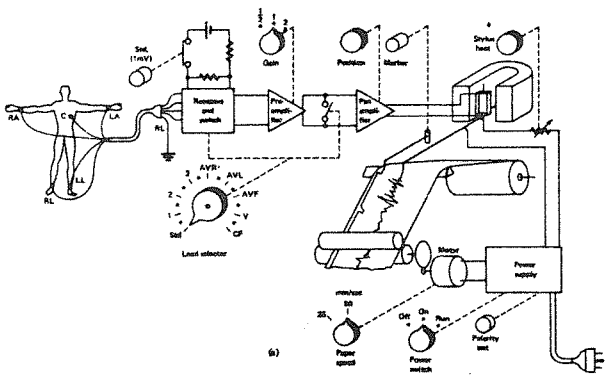
٤ــ بیونیک[۵۰]: عبارت است از مطالعه اصول و عملکرد رفتار سیستمهای زنده و بکارگرفتن اطلاعات و نتایج حاصله در طراحی سیستمهای فیزیکی.

۵ــ مهندسی تخمیر[۵۱]: عبارت است از مهندسی مربوط به سیستمهای میکروسکپی بیولوژیکی که در ایجاد تولیدات جدید از طریق سنتز مورد استفاده قرار می گیرد.

٦ــ مهندسی فاکتورهای انسانی[۵۶]: عبارت است از به کار گرفتن مهندسی، فیزیولوژی و روانشناسی بمنظور بهینه ساختن روابط انسان و ماشین.

باید در نظر داشت که در واقع نام رشته آن چنان تعیین کننده نبوده بلکه آنچه که از این رشته حاصل شده و به عنوان فرآورده رشته ارائه می شود مهم است. لذا از این به بعد ما نام این رشته جدید را در حالتکلی مهندسی بیومدیکال[۵۳] نامگذاری نموده و اصطلاح ابزار بیومدیکال[۵۴] را به روشهای اندازه گیری موجود در این رشته اطلاق می نمائیم.

از مشکلات مهم دیگر در رشته مهندسی بیومدیکال موضوع ارتباط صحیح و داشتن زبان مشترک باحرفهٔ پزشکی است. اصطلاحات و زبان علمی مورد استفادهٔ پزشکان کاملاً با آنچه که در مهندسی بکار می رود متفاوت است. گاهی اوقات لغت مشابهی در دو زمینه علمی مهندسی و پزشکی به کار می رود که دارای مفهوم و معنی کاملاً متفاوت ازهم می باشد. اگرچه برای یک پزشک



ضروری است که به اندازهٔ کافی اصطلاحات مهندسی را بداند تا قادر باشد با مهندسین مسائل را به بحث بگذارد، اما مشکل اصلی ارتباط برقرار کردن مهندسین با پزشکان است که ایجاب می نماید تا مهندس یا تکنیسین زبان دکترها و مقداری آناتومی و فیزیولوژی را یاد بگیرد تا زمینهٔ لازم جهت همکاری مؤثر بین دو زمینهٔ علمی ایجاد شود.

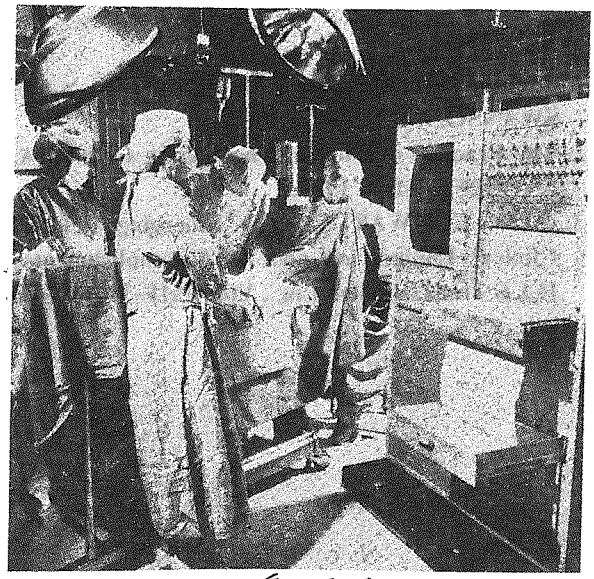
مشکلات دیگری نیز وجود دارد که موجب عدم تسهیل در امر ارتباط بین مهندسی و پزشکی می گردد که از آن جمله مشکل اداری و استخدامی است که پزشکان عموماً شغل شخصی یا مطب خصوصی داشته و در استخدام ارگان بخصوصی نیستند در حالی که اکثر مهندسان معمولاً در استخدام ارگانی بوده و شغل خصوصی ندارند. بدین دلیل تعدادی از پزشکان اکراه دارند که مهندسی را به عنوان یک حرفه قبول کنند و به نظر آنها یک مهندسی نمی تواند در موقعیت شغلی همردیف با پزشکی قرار گیرد، بلکه لازم است زیر

نظر و در ردهٔ پائین‌تر از پزشکی باشد از طرف دیگر برای مهندسین که عموماً با اندازه‌گیری و محاسبات دقیق بر مبنای اصول محکم تئوری سر و کار دارند مشکل است روشهای غیردقیق، آمپریک و کیفی که معمولاً مورد استفاده و استعمال پزشکان است را پذیرفته و خود را تسلیم چنین روشهائی بنماید

به این امید و با توجه به این اصل مسلم که بهرحال به لحاظ ضرورت زیاد همکاری بین مهندسین و پزشکان لازم است موانع ارتباط برقرار کردن، زبان و احساس مشترک بین این دو زمینه علمی هرچه بیشتر و بهتر از میان برداشته شده و بشر بتواند از فرآورده‌های پیوند مشترک این دو زمینه علمی بیش از پیش بهره‌برداری نماید.

۲ ــ ۲: توسعه ابزار بیومدیکال

موضوع وسائل اندازه‌گیری پزشکی مسأله جدیدی نبوده بلکه از اوائل قرن نوزدهم ابزار پزشکی زیادی تهیه و مورد استفاده واقع شده



است. به عنوان مثال الکتروکاردیوگرام از اواخر قرن نوزدهم توسط Einthoven بـــرای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت. پیشرفت و توسعه این ابزار نسبتاً کند بود تا پس از جنگ جهانی دوم که مقدار زیادی از وسائل الکترونیک از قبیل تقویت کننده و ضبط کننده در دسترس قرار گرفت. مهندسین و تکنیسین‌ها شروع به انجام آزمایش‌هایی در جهت تغییر و اصلاح وسائل پزشکی نمودند. در دههٔ پس از سال ۱۹۵۰ میلادی بسیاری از کمپانیهای تولید کننده وسائل اندازه‌گیری به تولید لوازم پزشکی روی آوردند. امّا بزودی دریافتند که مخارج تولید و توسعه این وسائل بالا بوده و متخصصین حرفه پزشکی و دست‌اندرکاران بیمارستانها با حالت شک و ابهام به این وسائل نگاه کرده و عموماً در زمینه کاربرد این ابزار همکاری لازم را نمی‌نمایند. از این به بعد بود که تولید کنندگان وسائل پزشکی تصمیم گرفتند به عوض تغییر و اصلاح وسائل موجود اصولاً آنالیز و طراحی‌های جدیدی در وسائل مخصوص حرفه پزشکی بنمایند، اگرچه مقداری از قطعات بکارگرفته شده نظیر آنچه که در گذشته بکار میرفت باشد.

سهم عمده‌ای از پیشرفت رشته مهندسی بیومدیکال مربوط به تحقیقات دولتی امریکا خصوصاً در رابطه با NASA[55] است پروژه‌های Gemini ، Apollo و Mercury نیاز شدیدی به ضبط و اندازه‌گیری دقیق شرایط فیزیولوژیکی فضانوردان داشت، لذا طب فضائی[56] توسعه قابل ملاحظه‌ای نموده و با امکانات NASA و بودجه تحقیقاتی که دولت به دانشگاهها و بیمارستانها در این زمینه داد موجبات پیشرفت و توسعه این رشته را به سرعت بوجود آورد. بدین ترتیب بود که در دهه ۱۹۶۰ میلادی تمام گروهها و دسته‌های مهندسی و تکنیکی نیاز به ایجاد و ارتباط نزدیک و همکاری با حرفه پزشکی را بیش از پیش احساس نموده و بنابراین زیرمجموعه‌ای تحت عنوان مهندسی در طب و بیولوژی[57] را بوجود آوردند. امروزه تقریباً تمام دانشگاههای اصلی و کالج‌ها دارای نوعی برنامه آموزشی در زمینه مهندسی بیومدیکال می‌باشند. اگرچه قسمت عمده این آموزش در زمینه وسائل بیومدیکال متمرکز نمی‌باشد.

زیرنویس:

1 - Electron
2. J. J. Thomson
3. Cavendish
4. Computers
5. Resolution
6. Western Reserve
7. Cleveland
8. Ohio
9. Resonance
10. Spin
11. Precession
12. Vidicon
13. Solid-State
14. Probe
15. Electrocardiagraph
16. Electroencephalograph
17. Probes
18. Radio Sondes
19. Endoradio Sonde
20. Ultrasonic
21. Piezoelectric
22. Asdic
23. X Ray
24. Computers
25. Analogue Computer
26. M. Perutz

27. J.C. Kendrew
28. Symptoms
29. Data
30. Process
31. Transducer
32. Photoelectricity
33. Monitor
34. Tomonitor
35. Pulses
36. Monitor
37. J. Lyman
38. Cybernetics
39. Kubernetes
40. M.I.T.
41. Ampere
42. The Human use of Human Beings
43. Bio-material
44. Bio-Instrumentation
45. Bio-Metrics
46. Bio-Engineering.
47. Medical-engineering.
48. Enviromental Heath Engineering.
49. Agricultural Engineering.
50. Bionics.
51. Fermentation Engineering.
52. Human Factors Engineering.
53. Biomedical Engineering.
54. Biomedical Instrumentation.
55. National Aeronautics Space Admins Tration.
56. Aerospace Medicine.
57. Engineering in medicine and Biology.

منابع:

1. Engineering in Medicine B.Mc.A. SAYERS. S.AV. SWANSON, B.W. WATSON.
2. The Practice of Clinical Engineering CESAR A. CACERES, M.D. 1977.
3. M.D. SCHWARTZ. «The Emerging field of Clinical Engineering and its Accomplishments» IEEE Trans. Biomed Eng., Vol. BME-31, pp 743-748, 1984.
4. W.B. JARZEMBSRI. «A Clobal View of Engineering in Hospital» IEEE Trans. Eng in Med and Biol., Vol 4, pp 13-16, 1985.
5. G.H. HARDING. «Design and Implementation of Medical Instrumentation» IEEE Trans. Eng in Med and Biol., Vol 4, No 1, pp 11-13, March 1985.