قطب طراحی و شبیه سازی سامانه های فضایی
دانشکده مهندسی هوافضا
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

مقدمه و اصول مهندسی سیستم در سامانه های هوا فضایی

مهران میرشمس

چکیده :

در این بخش در ابتدا با مجموعه های صنعتی و اجزاء آن و در ادامه با مراحل طراحی و ساخت آن ها طبق استاندارد های جهانی آشنا می شویم. در بخش دوم روش های طراحی و مفاهیم اصلی بکارگرفته شده در این روش ها معرفی شده و بیان می گردند.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

فهرست مطالب

۱- سیستم و طراحی سیستمی (مهندسی سیستمی)

۲- مراحل طراحی و ساخت یک مجموعه

۳- روش های طراحی در طراحی مهندسی

۴- طراحی برای کیفیت

۵- طراحی برای بهینه سازی

۶- طراحی برای قابلیت اطمینان

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

مهندسی سیستمی چیست؟

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

اگر مهندس سیستم نباشد چه اتفاقی برای طرح خواهد افتاد؟

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

چرا بکار گیری نگرش سیستمی برای تولیدات فضایی از اهمیت برخوردار است؟

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

در واقع در صنعت فضایی ارزش افزوده کالا بسیار زیاد بوده و بخش عمده هزینه ها به فناوری و مهندسی سیستم اختصاص می یابد.

به عنوان مثال:

هزینه اجزاء یک ایستگاه زمینی طبق جدول زیر ۵۳۰ هزار دلار است،

در صورتیکه قیمت خرید یک چنین ایستگاهی در حدود ۴ تا ۵ میلیون دلار است

جدول (۱) برآورد هزینه یک ایستگاه زمینی سرویس مخابراتی

موارد	تجهيزات ايستگاه مخابراتي	قيمت (هزار دلار)	
۱	تجهيزات راديويي	۱۲۰	۵۳۰
۲	- multiplex - telephone exchange - no-break power supply - shelter and foundations - subscriber network	۲۴۰	
۳	مهندسي، نصب و راه‌اندازي	۴۵	
۴	گمرک و حمل و نقل	۳۰	
۵	لوازم يدكي، مراقبت و نگهداري سالیانه	۹۵	

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

مقدمه

موارد	تجهیزات ایستگاه سنجش از دور	قیمت (هزار دلار)
۱	تجهیزات RF	۶
۲	تجهیزات IF	۴
۳	سرور ذخیره سازي گیرنده	۱۴
۴	شبکه مسیریاب	۲
۵	نرم افزار پیش پردازش دیتاهاي خام	۴
	مجموع	**۳۰**

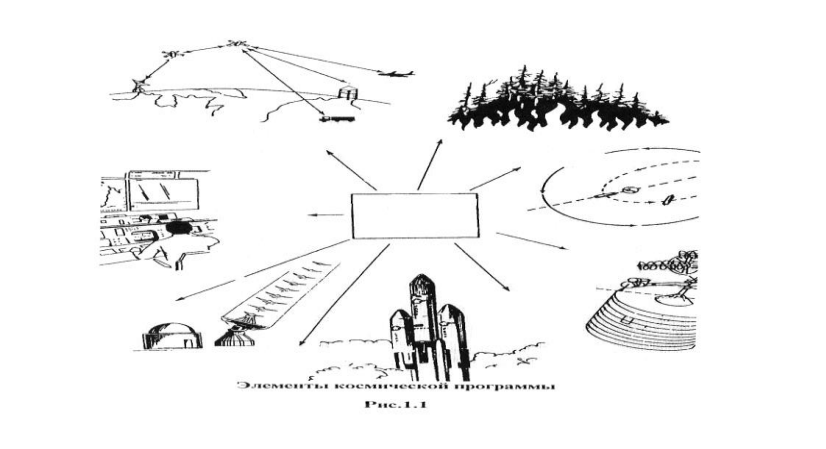
این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

تعریف مجموعه (System):

یک مجموعه ترکیبی از اجزا یا قطعات (Component) مرتبط با هم است که براي انجام هدف یا اهدافي خاص و مشترک طراحي شده اند. اجزا یک مجموعه ممکن است کاملا متنوع و یا حتي شامل افراد، سازمان ها، نرم‌افزارها و تجهیزات باشد. هدف یک مجموعه هم مي تواند به سادگي تامین انرژي لازم براي یک ماهواره و یا به پیچیدگي نشست بر روي مریخ باشد.

(NASA System Engineering Handbook)

System
- Segment
  - Element
    - Subsystem
      - Assembly
        - Subassembly
          - Part



این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

Systems Engineering Framework.

How does one simultaneously evaluate all concerns that need to be considered?

Given several alternative solutions, how is the "best" alternative selected?

How can one make sure that no critical aspects of the system are overlooked?

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

Systems Engineering Definition.

"Broadly defined, system engineering is 'the effective application of scientific and engineering efforts to transform an operational need into a defined system configuration through the top-down iterative process of requirements definition, functional analysis, synthesis, optimization, design, test, and evaluation.' The system engineering process, in its evolving of functional detail and design requirements, has at its goal the achievement of the proper balance between operational (i. e., performance), economic, and logistics factors. "

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

"Systems Engineering is an interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems. It focuses on defining customer needs and required functionality early in the development cycle, documenting requirements, then proceeding with design synthesis and system validation while considering the complete problem: operations; performance, test, manufacturing, cost and schedule, training and support, and disposal.

Systems Engineering integrates all the disciplines and specialty groups into a team effort forming a structured development process that proceeds from concept to production to operation.

Systems Engineering considers both the business and the technical needs of all customers with the goal of providing a quality product that meets the user needs. " (International Council on Systems Engineering)

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

"Systems engineers are, of necessity, technical generalists.
Systems engineering… is not intrinsically mathematical. Rather, it is organizational, judgmental, logical, goal-oriented, and admittedly must often be subjective."

"Systems engineering is the systematic application of proven standards, procedures, and tools to the technical organization, control, and establishment of:
system requirements, system design, system management, system fabrication, system integration, system testing, and system logistics support. "

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

"Systems engineering is a branch of engineering that 'concentrates on the design and application of the whole as distinct from the parts... looking at a problem in its entirety, taking into account all the facets and all the variables and relating the social to the technological aspects.' (Simon Ramo 1973)"

Systems engineering is not simply another engineering discipline, but a formal, multidisciplinary, iterative process to develop customer needs, possible solutions to those needs, and to determine which alternatives in that solution space would most effectively satisfy the customer."

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

System Design have the following aspects:

- ✓ **Transform an operational need into a defined system configuration**
- ✓ **Looking at a problem in its entirety**
- ✓ **Top-down,**
- ✓ **Interdisciplinary,**
- ✓ **Iterative**
- ✓ **Application of proven standards, procedures, and tools**
- ✓ **Considers both the business and the technical needs**

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

تعريف مهندسي سيستمي (System Engineering):

رهيافت سيستمي " نظريه اي براي حل مسئله به صورت روشمند و قوي ارائه مي كند كه گاه ممكن است، اين روش چند رشته اي باشد.

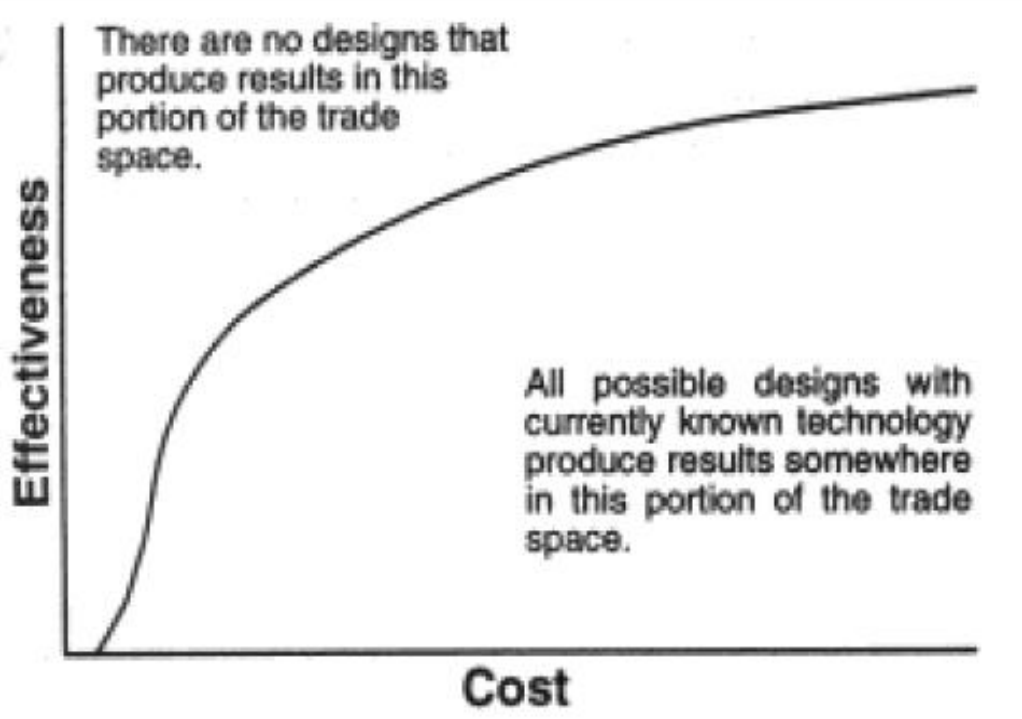
اين مطلب زماني مفيد خواهد بود كه مسائل پيچيده وتحت تاثير فاكتور هاي زيادي باشند و لزوم ايجاد مدلي كه بتواند به بهترين نحو ممكن به واقعيت مسئله نزديک باشد، حس شود.

كاربرد اين قضيه به صورت مستقيم با پيچيدگي مسائل افزايش مي يابد.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

"مهندسي سيستمي، روشي منظم، جامع، چند منظوره و مبتني برپروسه هاي مكرر براي شناسايي نيازهاي كاربر، راه حل هاي ممكن براي پاسخگويي به اين نيازها و اتخاذ تصميمات درست و صحيح است، به نحوي كه راه حل در نظر گرفته شده بتواند به مؤثرترين صورت ممكن نيازهاي كاربر را برآورده سازد."

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.



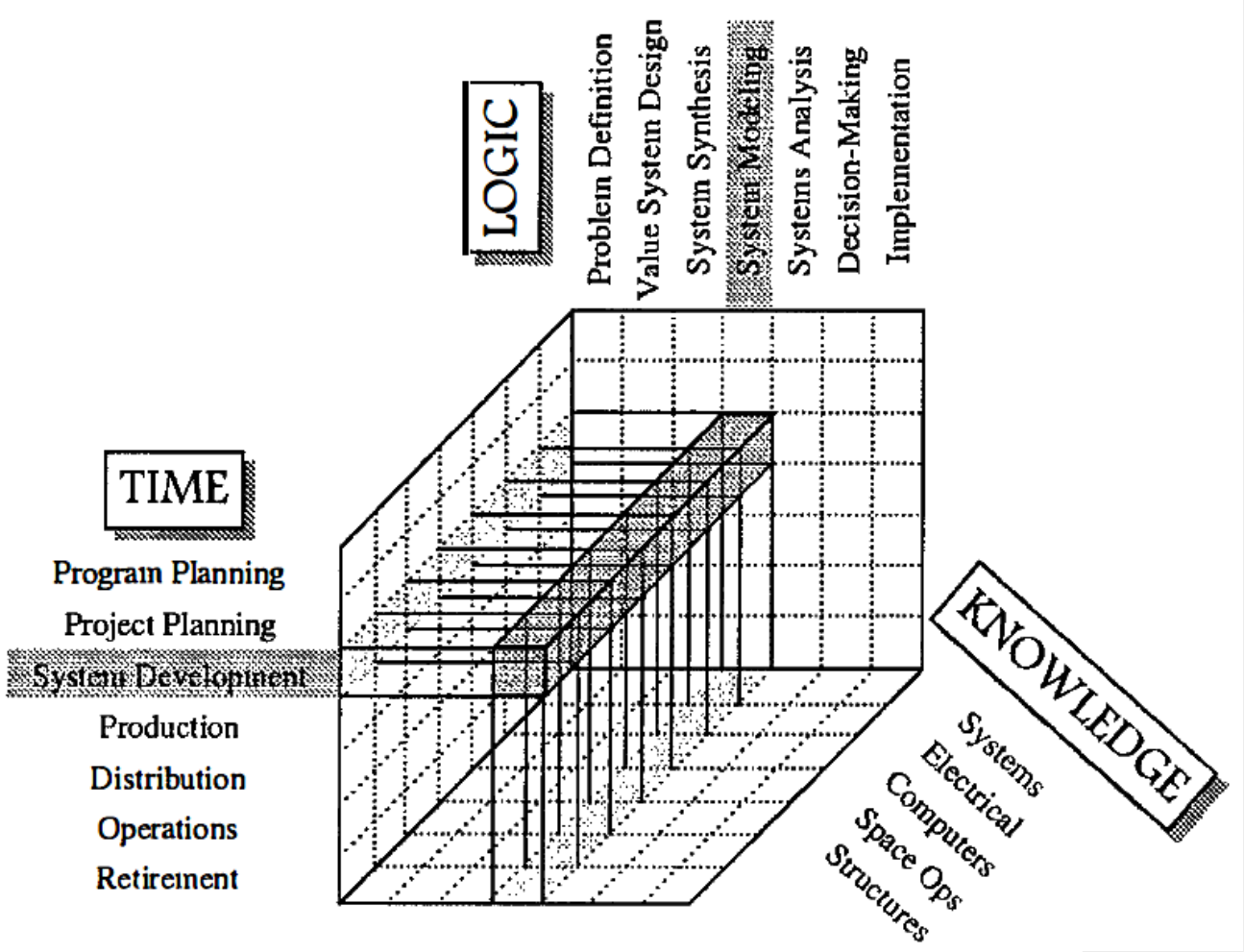
در نمودار بالا مي‌توان رابطه افزايش هزينه را در برابر افزايش عملكرد قابل قبول سيستم مشاهده نمود.

اهداف مهندسي سيستمي:

هدف در اين رهيافت بررسي تمامي مراحل طراحي، ساخت، كاركرد و تعميرات سيستم است، به گونه اي كه بتواند بهترين راه ممكن براي دستيابي به كاركرد بهينه (Optimum cost-effectiveness) را با ملاحظه بودجه، تقويم كاري و ريسک قابل قبول طرح ارائه نمايد.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

Systems Engineering Dimensions.



این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

Systems Engineering Dimensions.

The time dimension of systems engineering refers to the system lifecycle - the sequences or phases that extend from initial conceptualization through system retirement.

The logic dimension refers to the problem-solving process - the steps necessary to move the design from one lifecycle phase to the next.

Finally, the knowledge dimension refers to the specialized knowledge from various fields necessary to address and solve the problems at hand.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

ابعاد مهندسي سيستمي

اصولا مهندسي سيستمي دارای سه بعد است:

بعد زمان که بيان کننده فازهاي انجام پروژه از ابتدا تا انتها مي باشد.

بعد منطق که بيان کننده پروسه حل مسئله و مراحل لازم براي حرکت از يک فاز به فاز بعدي است.

بعد دانش که به علوم مختلف که لازمه حل مسائل موجود هستند، مي پردازد.

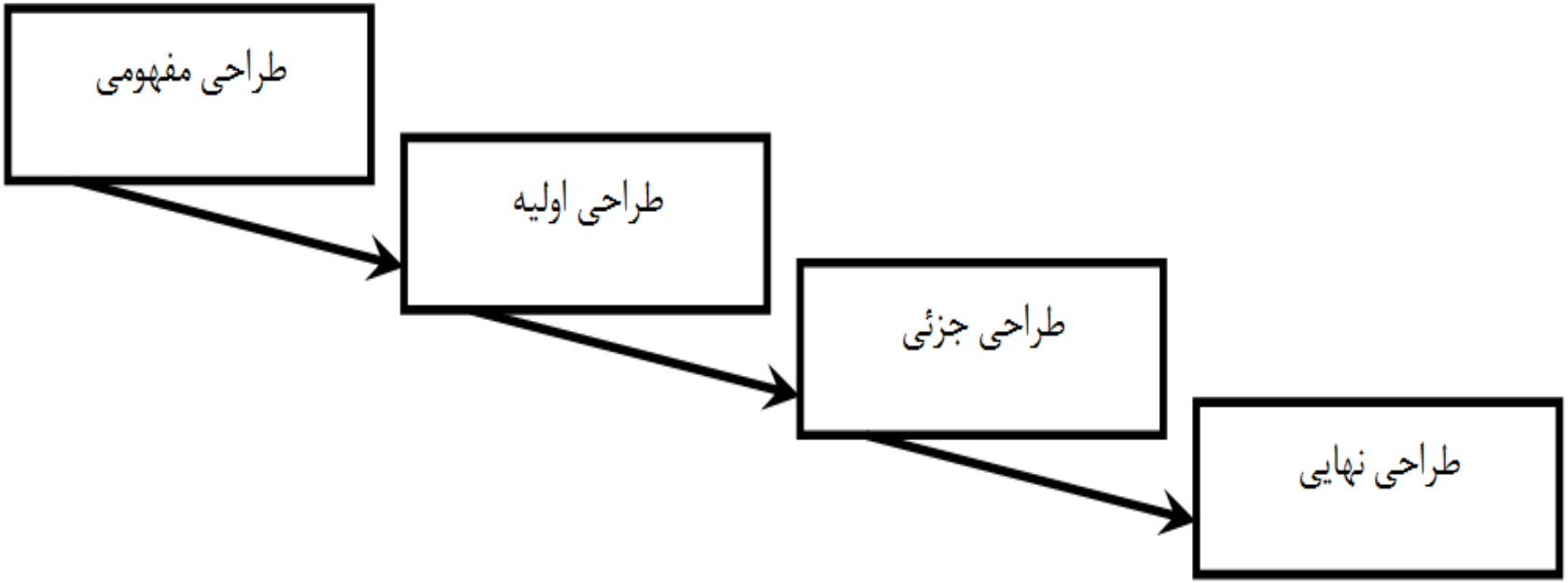
این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

پروسه مهندسي سيستمي

مراجع مختلف پروسه هاي مختلفي براي استخراج يک روند مناسب در مهندسي سيستمي ارئه نموده اند که گرچه در ظاهر با هم متفاوت هستند، ولي در باطن اشتراکات بسيار زيادي دارند .

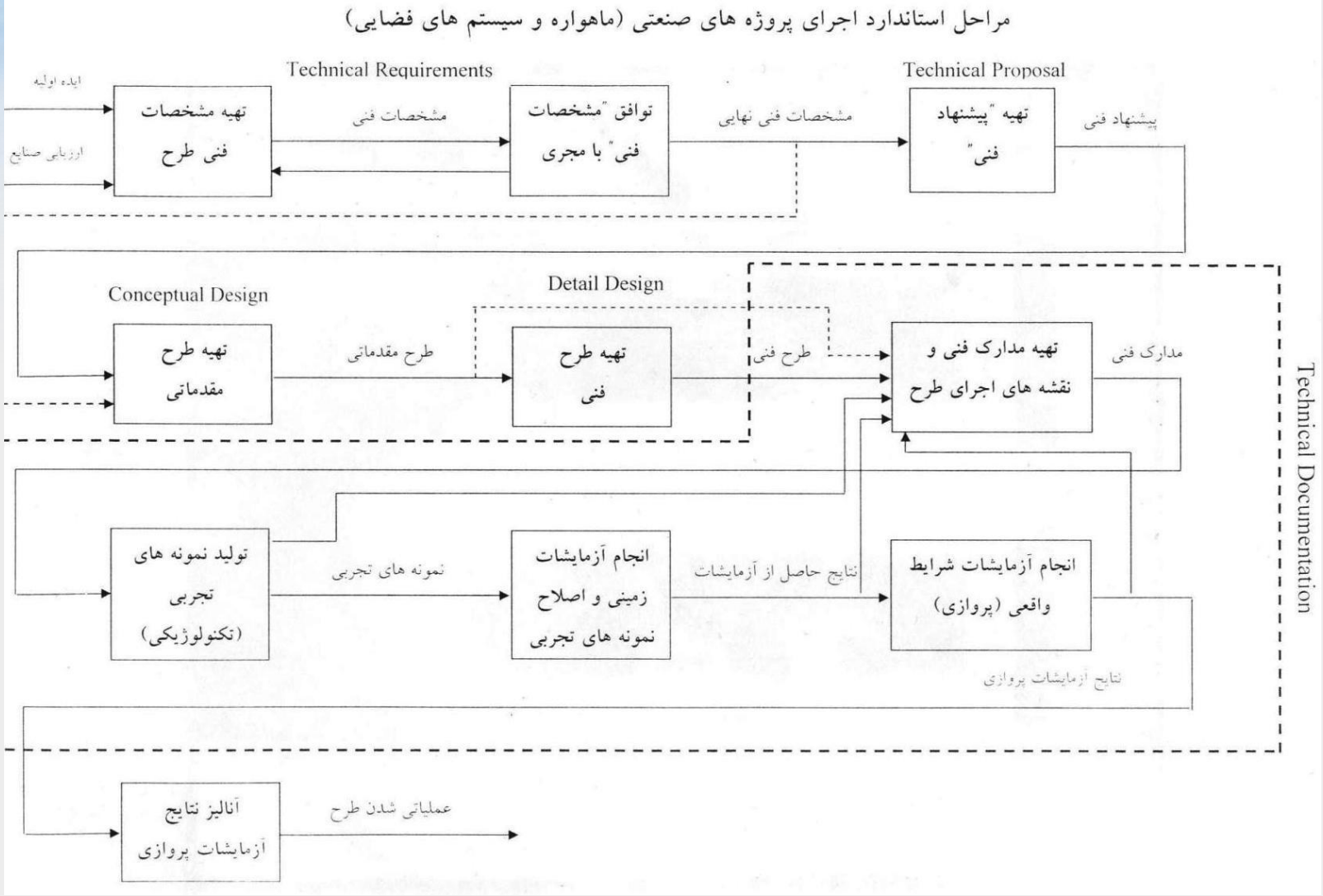
[1] Eisner
[2] Meredith
[3] Hall
[4] Sage

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.



فرایند پروسه طراحی سیستمی

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.



این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

جدول شماره ۱: مراحل طراحی، ساخت و بکار گیری ماهواره ها	
مراحل :	محتوی هر مرحله:
۱- مشخصات فنی	تعریف مسئله، مشخص نمودن خواسته ها و اهداف، تعیین محدودیتها و مشخصات کلی سیستم، تصویب صورت مسئله
۲- پیشنهاد فنی	بررسی روشهای عملی ممکن به منظور تحقق بخشیدن به خواستهای مطرح شده در مرحله قبل، مقایسه طرح های مختلف(از نظر اقتصادی و فنی و غیره) پیشنهاد طرح بهینه (یا طرح های بهینه) در قالب پیشنهاد فنی ، تایید پیشنهاد فنی
۳- طراحی مقدماتی	بررسی و تحلیل طرح های پیشنهادی مرحله قبل در سطح زیر سیستم ها و انتخاب تنها یک طرح به منظور ادامه کار، انجام محایبات، تنظیم مدارک و تایید طراحی جامع
۴- پروژه فنی	تکرار محاسبات مراحل قبلی با دقت بیشتر، طراحی تجهیزات تست و ماکت های مورد نیاز ماهوره برای انجام انها، تهیه مواد اولیه ، برنامه ریزی تولید و انجام آزمایشات، تنظیم مدارک و تایید نهایی پروؤه فنی
۵- آماده سازی نقشه های اجرایی ساخت ماهواره	آماده سازی نقشه های اجرایی برای ساخت وتست ماهواره نمونه ، ساخت و تست کارخانه ای ماهواره نمونه، تصحیح نقشه های اجرایی و ساختارهای سازه بر اساس نتایج تستهای انجام شده، انجام تست های پروازی، صدور مجوز تولید صنعتی و تولید.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

مفاهیم مورد نیاز در طراحی

به منظور ترجمه زبان مشتری به زبان فنی مهندسین، چهار ابزار اصلی طراحی زیر بایســتی از نیاز و خواسته های مشتری در ابتدای فرآیند طراحی ،استخراج شده و تعریف شوند:

۱- اهداف و محدودیت ها Objectives and Constraints

۲- عملکردها Functions

۳- متریک Metrics

۴- مشخصات عملکرد(معیارها) Performance specifications

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۱- اهداف و محدودیت های طراحی (DESIGN OBJECTIVES AND CONSTRAINTS)

اهداف: عبارتند از رفتارها و مشخصاتی که سفارش دهنده سامانه (مشتری) از محصول انتظار دارد.هدف جواب سؤال چه باید باشد است و نه جواب سؤال چه باید بکند؟

What the design should be?

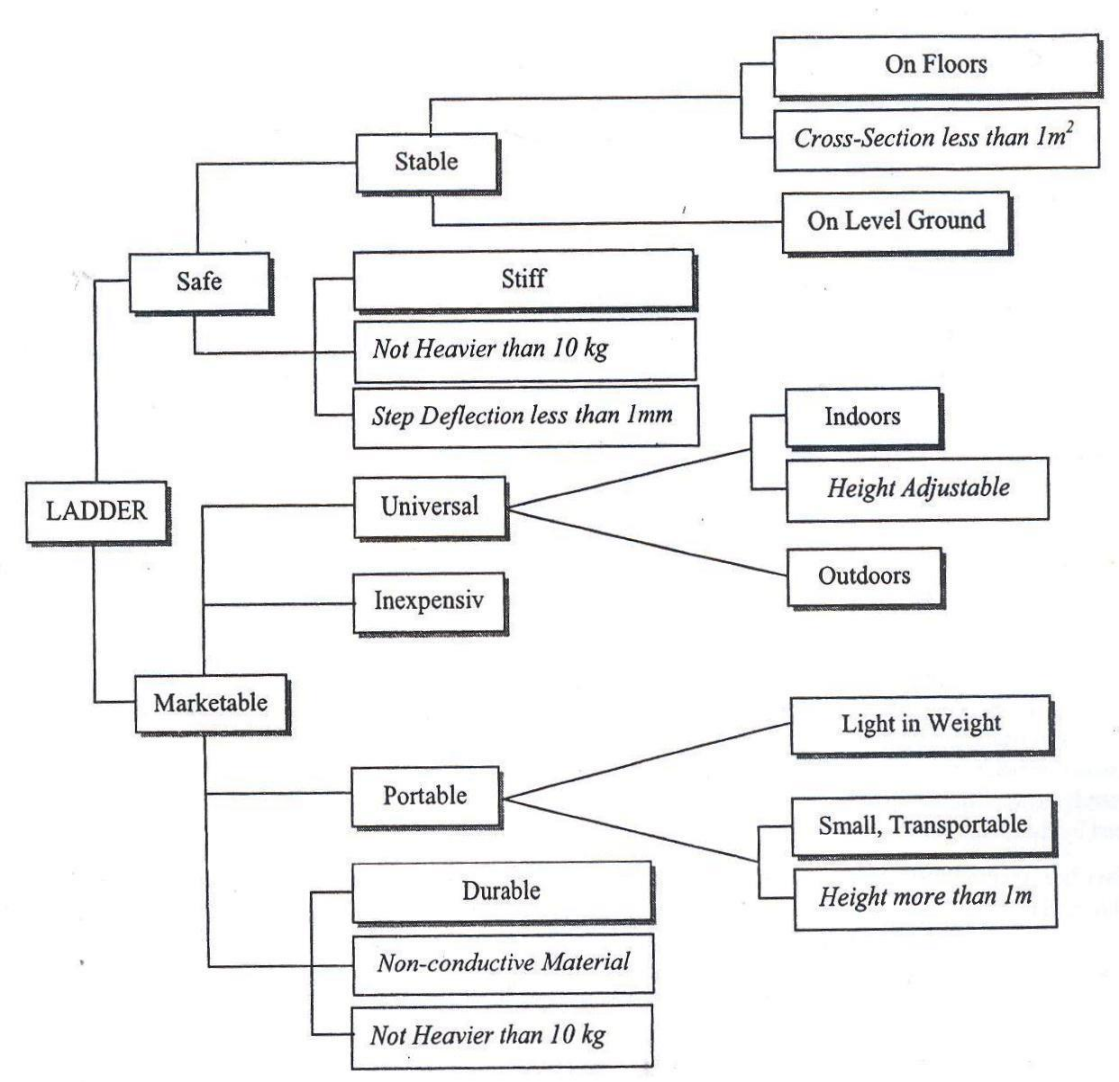
(not)What the design must do?

محدودیت ها عبارتند از: حدودی که برای رفتار سامانه و یا پارامترهای طراحی (و/یا) متغیرهای طراحی مشخص می شوند.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

- محدودیت ها به صورت حدود کاملاً معلوم تعریف می شوند و می توانند انتخاب ها و یا طراحی را به صورت مستقیم تحت تأثیر قرار دهند.به عنوان مثال برای طراحی یک ماهواره چند نوع محدودیت می تواند مطرح باشد، مثل وزن (بزرگ، کوچک، میکرو...) و یا محدودیت بر روی حداکثر تفکیک هندسی دوربین (مثلا کمتر از ۱ متر)
- محدودیت ها، محدود کننده ابعاد، فضایی طراحی هستند در مقابل اهداف امکان بررسی فضایی طراحی را به ما می دهد.به عبارت دیگر محدودیت ها را می توان به صورتی تبیین نمود که طراح به کمک آن ها بتواند طرح های غیرقابل پذیرش را کنار بگذارد. ولی اهداف این اجازه را به طراح خواهند داد که در میان طرح های متنوع آن هایی را که کف نیازهای (حداقل نیازها) مشتری را ارضاء می نمایند، انتخاب نماید.
- لازم به یادآوری است که اهداف و محدودیت ها هر دو به محصول مربوط می شوند و نه به فرآیند طراحی. بهتر است در ابتدای طراحی درخت اهداف- محدودیت ها برای محصول مورد نظر ساخته شود، تا مشخصات خروجی طراحی را بتوان از آن استخراج نمود.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.



درخت (اهداف- محدودیت ها) یک درخت، با سطوح مشخص بوده که در آن اهداف و محدودیت های اصلی به یک سری، اهداف ثانویه خرد می شوند.

نمونه این درخت در شکل روبرو برای طراحی یک نبردبان نشان داده شده است.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۲- وظایف یا عملکردهای طرح (DESIGN FUNCTIONS)

- وظایف و یا عملکردها معمولاً با افعال «Action» بیان می شوند. به عنوان مثال «بلند کردن»، «بالابردن»، «جابجا کردن»، «انتقال دادن «و یا «سبک کردن»
- به عنوان مثال وظایف لیست شده برای یک کتابخانه را می توان به شرح زیر نوشت:

۱- مقاومت در مقابل نیروی جاذبه برای اشیاء با وزن کمتر از یک وزن مشخص

۲- جداسازی اشیاء با ارتفاع های متفاوت

و غیره

- توجه داشته باشید در تعریف وظایف هیچ خط مشخصی نبایستی برای طراح تعیین شود تا ذهن طراح درگیر آن شده و ایده های نوآورانه از او گرفته شوند.
- به عنوان مثال در تعریف وظایف یک کتابخانه، ما اسمی از کتاب نیاوردیم چون در کتابخانه می توان لوازم تزئینی یا حتی ظروف و لوازم دیگر نیز گذاشت.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

یک طراح با سابقه همواره سعی دارد یک وظیفه را با راه حلی خاص گره نزند.

به عنوان مثال اگر هدف «طراحی یک فندک» می بود ممکن بود وظیفه آن را در مرحله اول «بکار بردن شعله برای تنباکو» مشخص می کردیم در صورتیکه این تعریف باعث می شود ذهن طراح تنها بر روی وسیله ای که شعله تولید می کند، متمرکز گردد، یا فقط مشخصات تنباکو برای شعله ور شدن در نظر گرفته شوند. در صورتیکه ما هم فندک های برقی داریم و هم با فندک چیزهای دیگری را نیز می سوزانیم یا حتی برای بوجود آوردن نور از آن ها استفاده می نماییم.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۱-۲: روش های تعریف وظایف

گرچه معمول ترین روش تعریف وظایف، لیست کردن آن ها می باشد، ولی از روش هـای زیـر می توان به عنوان روش های معمول برای تعریف وظایف استفاده نمود.

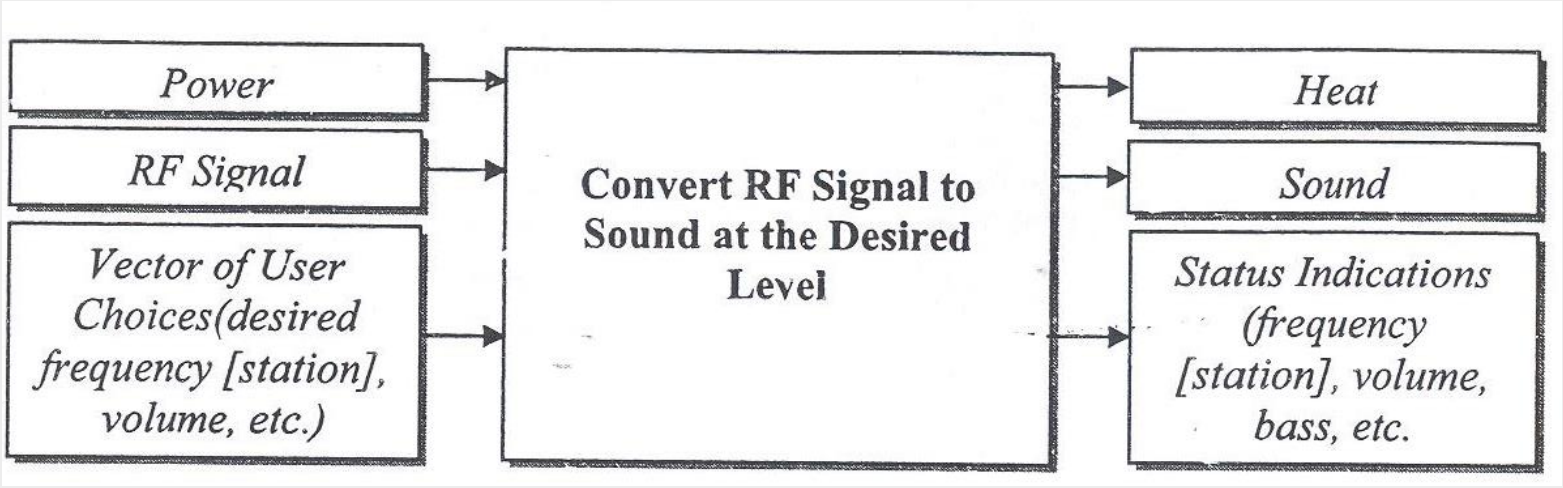
۱- روش جعبه شفاف (Glass Box Method)

۲- روش درخت وظیفه- معنی (Function-Means tree)

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

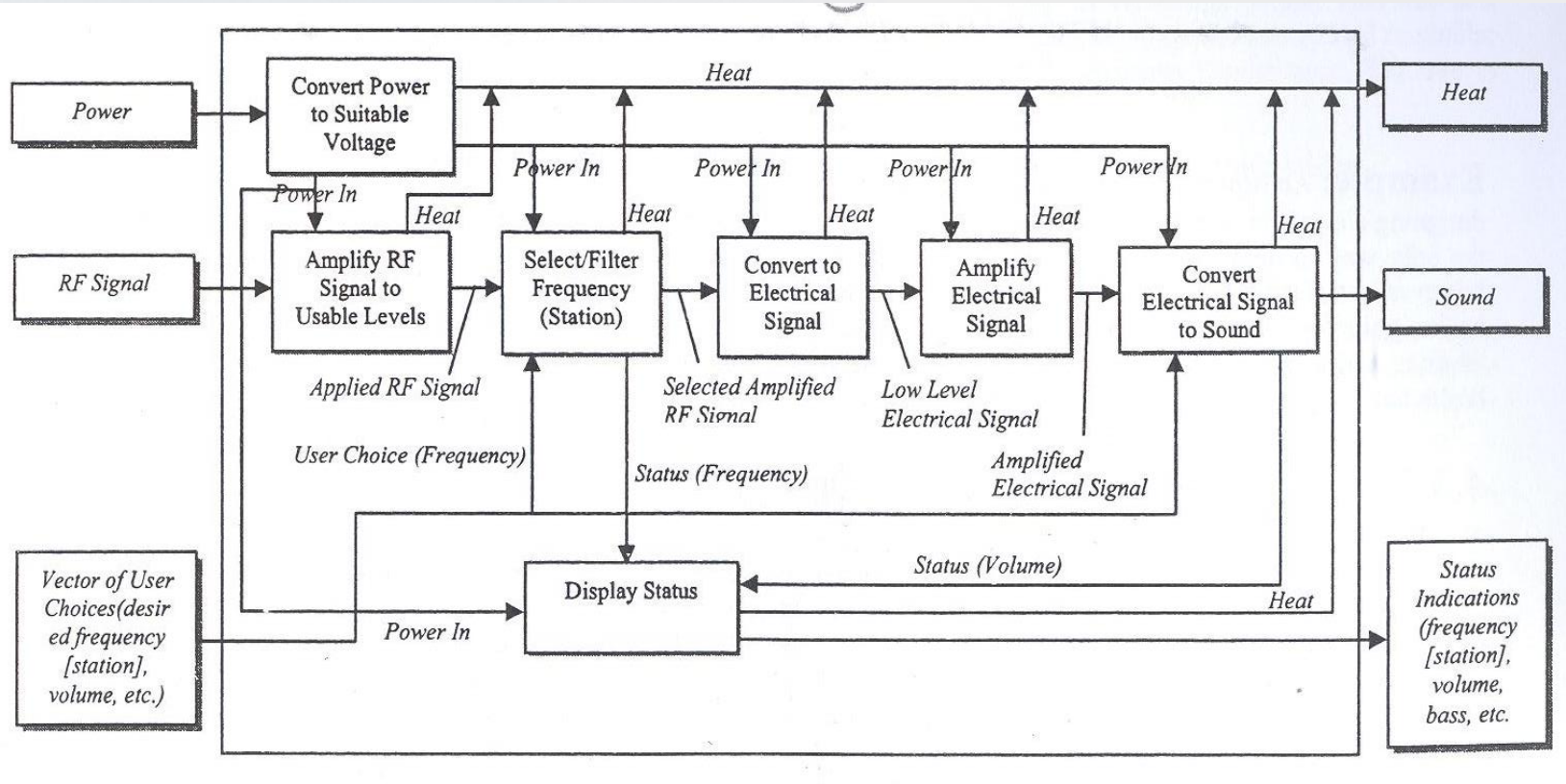
۱-۱-۲: روش جعبه شفاف

در این روش ابتدا جعبه سیاهی را در نظر گرفته و تمامی ورودی ها و خروجی های، سامانه مورد نظر را بر روی آن نشان می دهیم و در مرحله بعد از خود می پرسیم سر این ورودی ها چه می آید؟ و این خروجی ها چگونه بوجود می آیند؟



این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

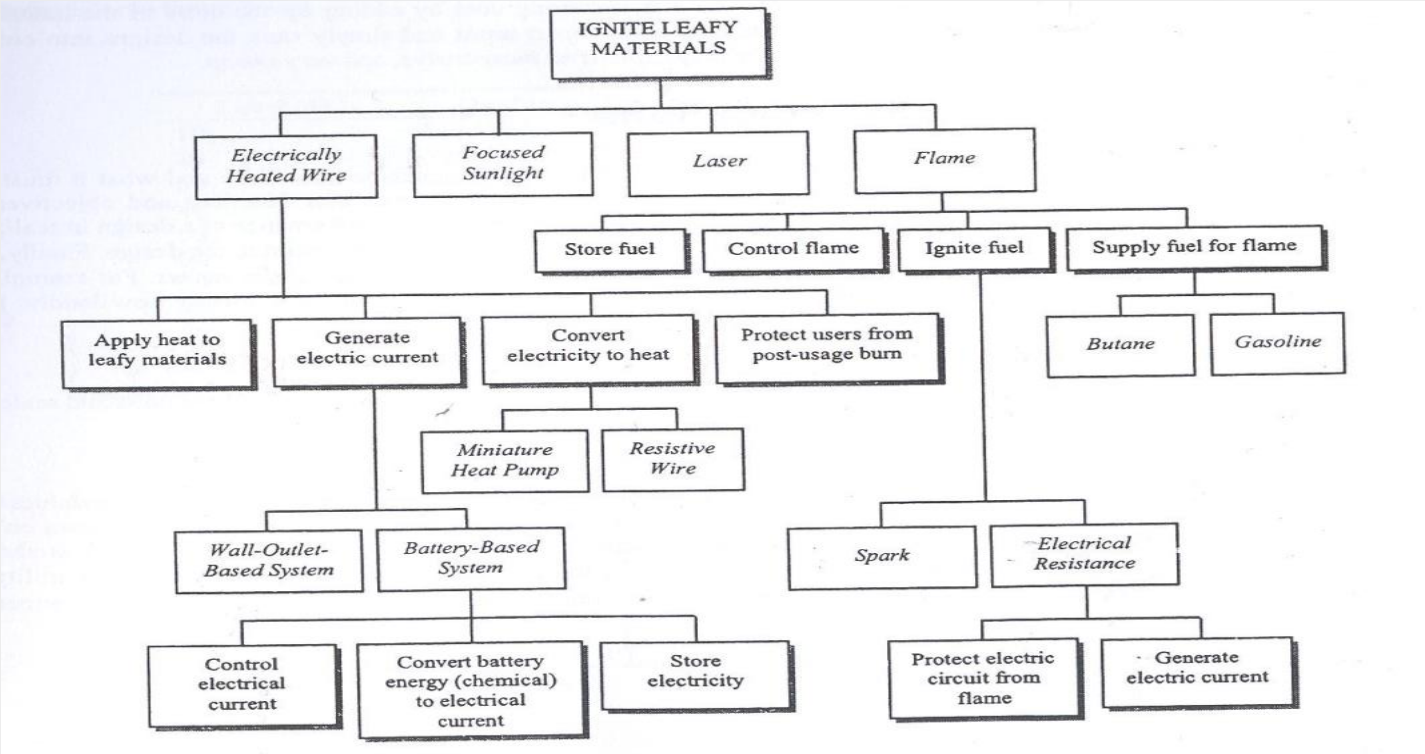
در مرحله بعد با جواب دادن به سؤال های بالا، جعبه سیاه را قدم به قدم شفاف می سازیم و ساختار آن را مشخص می کنیم.



این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۲-۱-۲: درخت وظیفه- معنی

درخت وظیفه – معنی، تصویر نقاشی شده از وظایف اصلی و ثانویه تأمین شده توسط طراحی است. وظایف از سطوح بالا تا سطوح ثانویه و سطح پایین تر رسم می شود. نمونه این درخت برای «فندک» در زیر آورده شده است.



این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۳- متریک (METRICS)

- متریک عبارت است از چگونگی ارزش گذاری میزان جوابگوی طراحی انجام شده در چهار چوب اهداف تعیین شده.
- در حقیقت متریک، ابزاری است، که به کمک آن طراح، میزان ارضا اهداف توسط طراحی انجام گرفته را، اندازه گیری می نماید.
- در عمل طراحان برای تعیین متریک مناسب با مشکلات زیادی روبرو هستند، این مشکلات هم در تعیین و هم در بکارگیری صحیح و هم در هزینه های انجام کار خود را نشان می دهند.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

معمولاً متریک را با انجام سه مرحله زیر انتخاب و نهایی می کنند:

۱- تعیین بعد و واحد آنچه که بایستی اهداف را با آنها ارزیابی کرد. به عنوان مثال:

انواع واحد ها

- عددی(کمی): کیلوگرم، پوند (برای وزن و جرم)
- توصیفی(کیفی): پیشرفته، متوسطه، ابتدایی (پیچیدگی مجموعه)

انواع بعد

- اسمی: رنگ، بو، مزه و ...
- ترتیبی: بلند، متوسط، کوتاه
- فاصله ای: درجه، سانتیگراد، سانتیمتر
- نسبی: نمره آزمون های دانشجویی (۲۰و۰)

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۲- آنتخاب روش ارزش گذاری طرح، (در قالب واحد و بعد انتخابی در مرحله اول)

- مسئله مهم در این قسمت آن است که مطمئن شویم برنامه اندازه گیری اهداف طراحی سازگار با نوع بعد و واحد انتخاب شده در مرحله اول می باشد.

- به عنوان مثال می توان روش هایی از قبیل تست های آزمایشگاهی، آزمون های میدانی و یا نظرسنجی مشتریان نام برد.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۳- ارزیابی اینکه آیا اندازه گیری انتخابی و مراحل بعدی آن امکان پذیر به لحاظ عملی هستند یا خیر. (امکان پذیری از نظر قیمت، زمان و انرژی مورد نیاز بررسی می گردد).

- به عنوان مثال در طراحی یک نوت بوک «قیمت ارزان» ممکن است یکی از اهداف طراحی باشد.
- اما برآورد هزینه تولید برای نوت بوک کار بسیار سختی بوده و احتیاج به انجام یک فعالیت مستقل و هزینه بر است.
- برای رفع این مشکل از برآورد تقریبی میتوان استفاده نمود (مثلاً با جمع هزینه تمامی اجزاء). در عین حال طراح می تواند از نظر نخبگان در قالب درجه بندی خیلی گران، نسبتاً گران، ارزان و خیلی ارزان استفاده نماید.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۴-معیارها، مشخصات عملکرد (Performance specifications)

- اهداف و محدودیت ها در کنار تعریف معیارها،تعیین کننده خروجی طراحی و کارآیی آن می باشند.اما لازم است تا اهداف و معیارها در قالب کمیت های قابل اندازه گیری ترجمه شوند.بنابراین طراح بایستی :
- در درجه اول راهی پیدا کند، که از آن طریق بتوان عملکرد طرح پیشنهادی در چهارچوب اهداف تعیین شده، را ارزیابی نمود. (تعیین معیارهای طراحی)
- در مرحله بعد طراح بایستی محدوده مناسب تغییرمعیارهای طراحی را تعیین نماید
- و نهایتاً مرزهای توسعه مورد نیاز معیارها را بیان نماید.
- به عنوان مثال: اگر هدف طراح ،تولید یک وسیله موسیقی است بایستی مشخص نماید صدای وسیله چقدر باید بلند، چقدر باید صاف و شفاف و با چه Tones باید باشد؟

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

فرآیند تعیین معیارهای یک طرح را می توان در سه مرحله زیر خلاصه نمود:

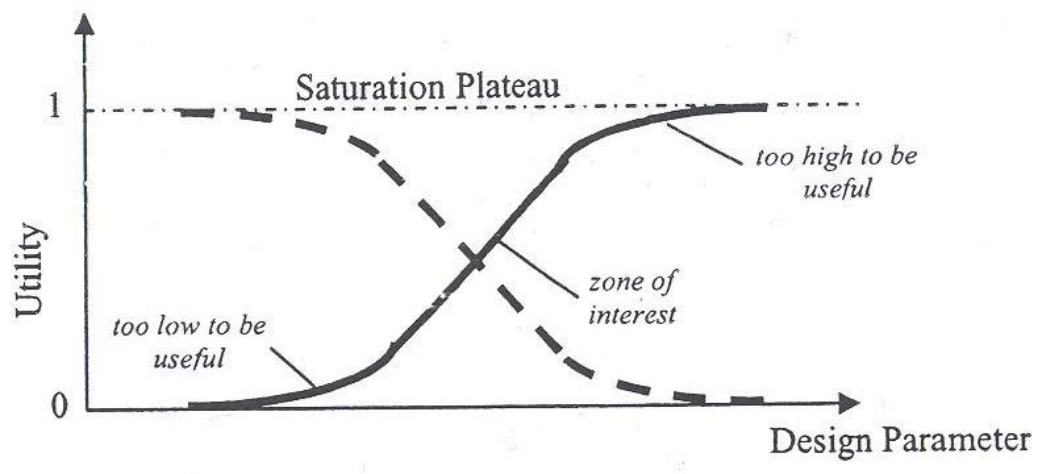
۱- تعیین پارامترهای طراحی ،منعکس کننده عملکردها (معیارهای) که بایستی اندازه گیری شوند و واحد و بعدی که این پارامترها بایستی به وسیله آن ها اندازه گیری شوند.

۲- مشخص کردن و ترسیم محدوده مجاز تغییر هریک از پارامترهای طراحی

۳- ترسیم – نمودار سودمندی برای هر پارامتر

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

- نمودار سودمندی پارامترهای طراحی به شکل زیر است:

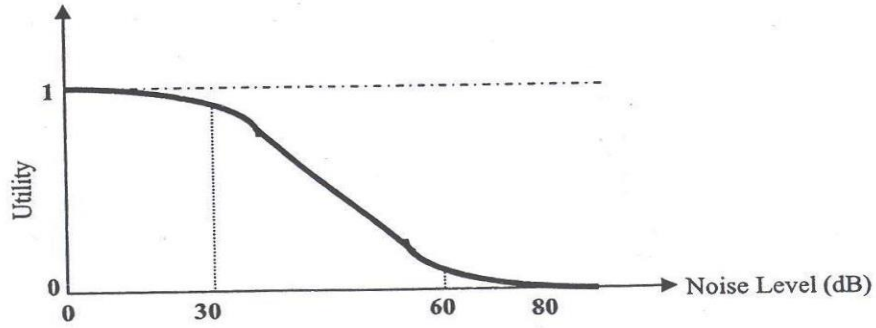


- بر روی محور عمودی ارزش (سودمندی) طرح به صورت نرمال شده بین ۰ تا ۱ آورده شده است.
- بر روی محور افقی مقدار پارامتر طراحی آورده شده است.
- نمودار S، نحوه تغییر ارزش طرح به صورت تابعی از پارامتر طراحی را نشان می دهد.
- محدوده وسط نمودار نشان دهنده محدوده مناسب برای انتخاب پارامتر طراحی است.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

❖ به عنوان مثال اگر موضوع طراحی، طراحی دستگاه پرینتر بی صدا باشد، طراح بایستی سطح بی صدا بودن، چاپگر را با توجه به سایر تجهیزات موجود مشخص کند. نمونه اطلاعات مرتب شده و نمودار سودمندی سطح بی صدا به شکل زیر است.

Level (dB)	Qualitative Description	Source / Environment
10	Very Faint	Hearing Threshold
20	Very Faint	Whisper, empty Theater
30	Faint	Quiet Conversation
40	Faint	Normal Private Office
50	Moderate	Normal Office Background noise
60	Moderate	Normal Private Conversation
70	Loud	Radio, Normal Street Noise
80	Loud	Electric Razor, Noisy Office
90	Very Loud	Band, Truck
100	Very Loud	Gas Lawn Mower, Boiler Factory



این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

روش های طراحی

در ادامه به مرور روش های اصلی در طراحی مهندسی خواهیم پرداخت. این روش ها را می توان در طراحی انواع تولیدات صنعتی از جمله سامانه های فضایی بکار گرفت. این روش ها عبارتند از:

۱- طراحی برای کیفیت — Design for Quality

۲- طراحی برای بهینه سازی — Design for Optimization

۳- طراحی برای قابلیت اطمینان — Design for Reliability

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۱- طراحی بر اساس کیفیت (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)

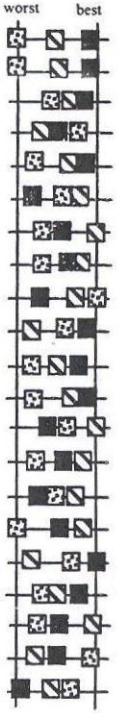
- این روش توسط شرکت های ژاپنی ابداع شده و در طول ۴۰ سال اخیر به صورت فزاینده ای توسط بسیاری از کمپانی های بزرگ دنیا مورد استفاده قرار گرفته است.
- تأکید روش QFD بر ارزیابی کیفیت محصول مستقیماً با استفاده از نظر مشتری می باشد.
- در این روش، طراحان با استعلام نظر مصرف کنندگان، با تشکیل جداول در لایه های مختلف طراحی، سعی می کنند تا نقطه نظرات مشتریان را به پارامترهای طراحی و مشخصات فنی محصول مرتبط سازند. این ارتباط به طراحان کمک می کند تا پارامترهای طراحی را در جهت تأمین خواسته های مشتریان تغییر دهند و بدین طریق ضمن بهینه نمودن طرح، مقبولیت محصول در نزد مشتریان نیز افزایش خواهد یافت.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

❖ مثال: نظر سنجی خریداران اتومبیل (با تأکید بر قسمت درب اتومبیل)

- مرحله اول ساخت جدول خواسته های مشتری (Customer Demands)

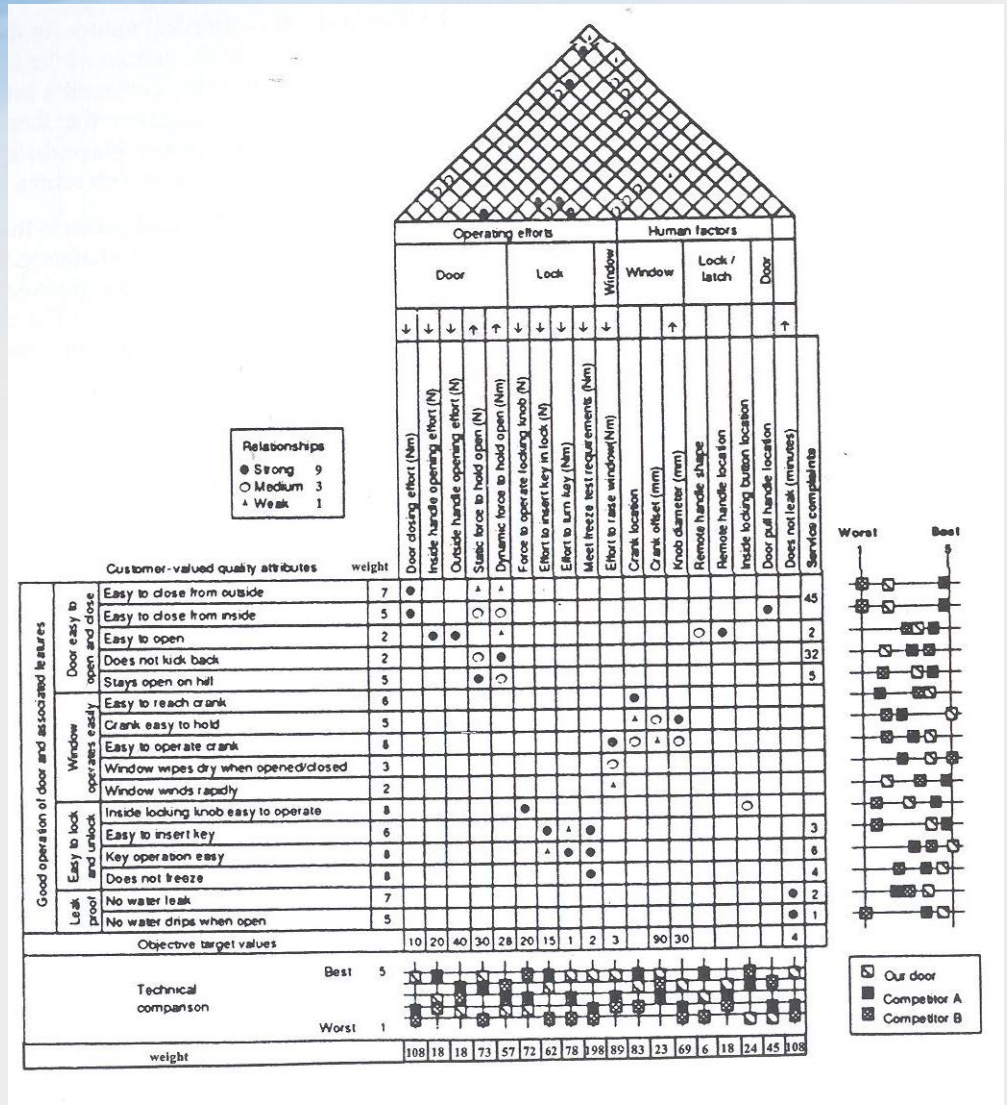
PRIMARY	SECONDARY	TERTIARY	WEIGHT
Good operation and use	Door easy to open and close	Easy to close from outside	7
		Easy to close from inside	5
		Easy to open	2
		Does not kick back	2
		Stay open on hill	5
	Window operates easily	Easy to reach crank	6
		Crank easy to hold	5
		Easy to operate crank	8
		Window wipes dry when opened/closed	3
		Window winds rapidly	2
	Easy to lock and unlock	Inside locking knob easy to operate	8
		Easy to insert key	6
		Key operation easy	8
		Does not freeze	8
	Leak proof	No water leak	7
		No water drips when open	5
Good appearance	Interior trim	Non-fade	5
		Attractive (non-plastic)	6
	Clean	Easy to clean	7
		No grease from door	8
	Fit	Uniform gaps	3



Our Door
Competitor A
Competitor B

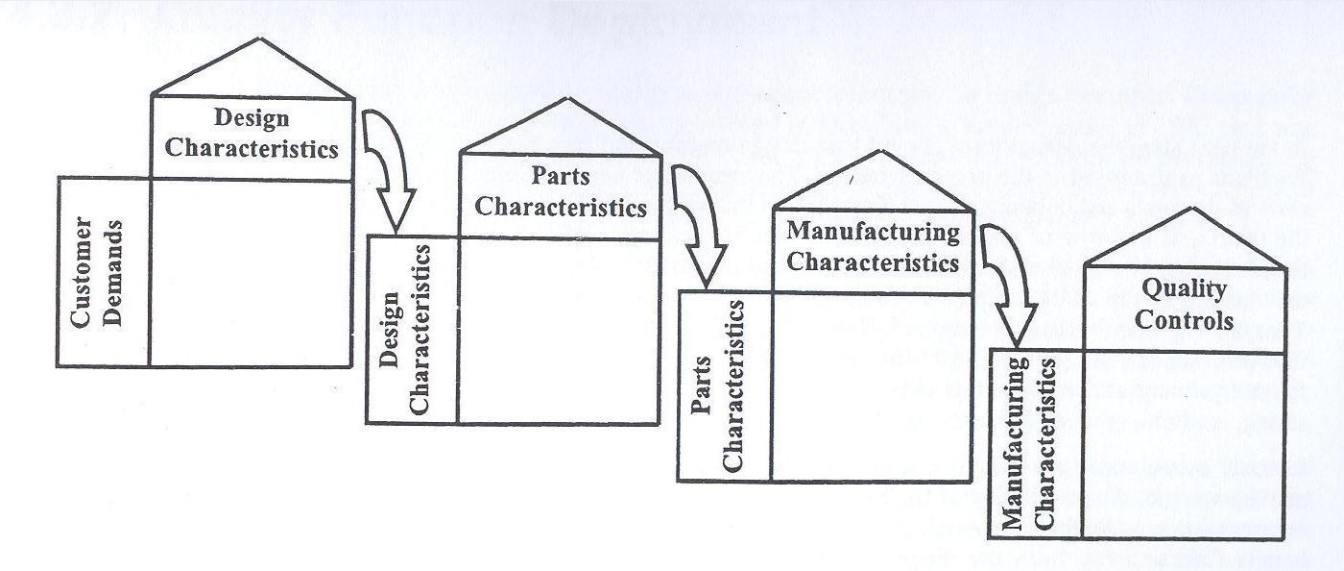
این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

مرحلــه دوم: یــافتن متریــک طراحــی و مشخصات معیارهای طراحی و عملکردهــا (همانگونه که در قسمت قبل به آن اشــاره گردید) توسط تیم طراحی



این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

- طراحی به روش QFD در همین مرحله متوقف نمی شود. در این روش طراحی، طراحان لایه به لایه از نیازها و نقطه نظرات مشتریان به مشخصات طرح (ماتریس قبلی) از مشخصات طرح به مشخصات زیرمجموعه ها، از زیرمجموعه ها به مشخصات تولید و ساخت و از مشخصات تولید و ساخت به روش های کنترل کیفیت می رسند.



این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۲- طراحی برای بهینه سازی (DESIGN FOR OPTIMIZATION)

- در مسائل طراحی همواره دو جنبه از تأثیرات روی مجموعه ها قابل بررسی می باشند:

الف- تأثیرات ناخواسته: مثل هزینه، وزن اضافی، حرارت، تغییر شکل های بزرگ، ارتعاشات

ب- تأثیرات مطلوب: مثل طول عمر زیاد، بازده بالا (انرژی خروجی بالا، انتقال قدرت زیاد، ظرفیت خنک کاری بالا و ...)

- مسئله طراحی بهینه را می توان به صورت زیر تعریف نمود:

حداقل نمودن حداکثری تأثیرات ناخواسته

ویا

حداکثر نمودن حداکثری تأثیرات مطلوب

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

- بکار بردن بهینه سازی در طراحی، مستلزم ساختن یک (یا چند) تابع هدف (مثل: وزن، هزینه، قدرت، شکل و غیره) و تشکیل و مدل سازی محدودیت های طراحی در قالب تساوی ها (یا نامساوی ها) است.
- تابع هدف U، به صورت تابع از متغیر های طراحی X تعریف می گردند.

$$U = U(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n)$$

- محدودیت های مسئله نیز به شکل تساوی یا نامساوی تعریف می گردند.

$$h_i = h_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) = 0$$
$$i = 1, 2, \ldots, m$$
$$g_i = g_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) \geq \leq 0$$
$$j = 1, 2, \ldots, p$$

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

- حل ریاضی مسائل طراحی بهینه به دو روش قابل انجام است:

۱- روش های تحلیلی (Analytical Methods)

(مانند روش لاگرانژ)

۲- روش های عددی

(مانند روش های حل عددی خطی و غیرخطی)

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

۳- طراحی برای قابلیت اطمینان (DESIGN FOR RELIABILITY)

- هزینه یک محصول صنعتی را دو مؤلفه تشکیل می دهند:

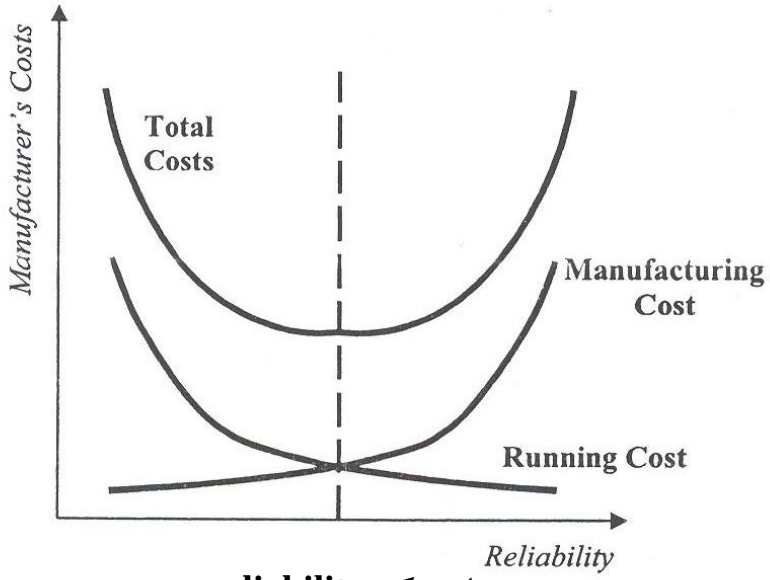
  ۱- هزینه تولید

  ۲- هزینه بهره برداری، سازماندهی، نگهداری و جایگزینی

- هزینه بند دوم را که به هزینه های جاری نیز می شناسیم در بسیاری از مواقع از هزینه تولید بیشتر شده و تابعی از reliabilityضریب اطمینان مجموعه می باشند.

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

- در حالت عمومی تامین ضریب اطمینان، باعث افزایش هزینه های یک مجموعه می شود و عدم توجه به آن نیز باعث پرداخت هزینه های سنگین شکست طرح خواهد شد. بنابراین ضریب اطمینان بهینه مقداری است بین دو مقدار حدی فوق.



وابستگی reliability و هزینه

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

تعریف قابلیت اطمینان

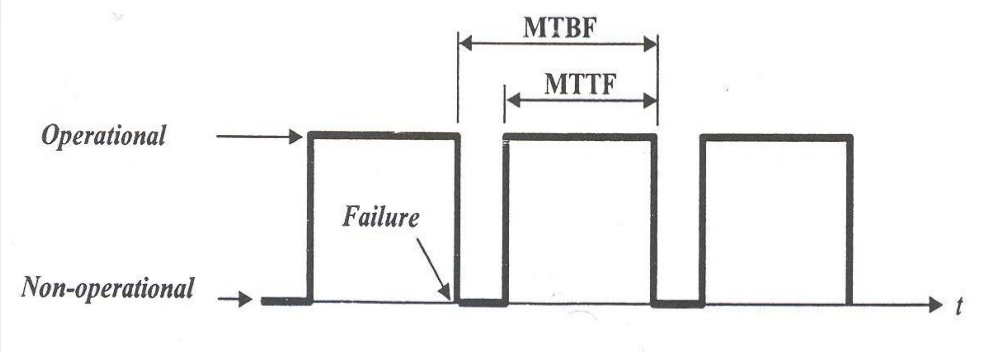
- قابلیت اطمینان عبارت است از احتمال انجام موفق مأموریت مجموعه (قطعه)
  - در محدوده مشخص شده از شرایط عملکرد (و/یا)
  - در شرایط مشخص محیطی (و/یا)
  - در مدت زمان مورد نیاز

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

قابلیت اطمینان اجزاء:

- بحث قابلیت اطمینان یعنی بررسی علل، چگونگی توزیع و پیش بینی از کار افتادگی (خرابی) مجموعه ها (اجزاء، قطعات) است.خرابی در مقابل توانائی مجموعه برای انجام وظیفه خود بکارگرفته می شود.
- تحلیل خرابی با بکارگیری دو مفهوم زیرمیسر است:

- MTBF متوسط زمان بین دو خرابی متوالی
- MTTF متوسط زمان وقوع خرابی



- اختلاف بین MTBF و MTTF متوسط زمان مورد نیاز برای تعمیر (بازنگری، نگهداری) را می دهد.

$$MTTF+MTTR(\text{mean time to repair})=MTBF$$

- اگر مجموعه یا قطعه به جای تعمیر، جایگزین شوند MTTR صفر شده و خواهیم داشت.

$$MTTF=MTBF$$

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

- ضریب اطمینان یک جزء (مجموعه) **R(t)**، چون تابعی از زمان به صورت احتمال عملکرد بدون خرابی در طول زمان **t** تعریف می گردد.

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt$$

F(t): تابع تراکم(توزیع) احتمال خرابی در هر لحظه از زمان

f(t): احتمال خرابی تا لحظه **t**

- خواص **f(t)** باعث می شود:

$$R(0) = 1 \quad , \quad R(\infty) = 0$$

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

- ریت(تعدد،نرخ) خرابی ناگهانی در هر لحظه به شکل زیر تعریف می گردد.

$$\lambda(t)=\frac{\frac{dF(t)}{dt}}{R(t)}=\frac{f(t)}{R(t)}$$

- اگر رابطه **R(t)** را در فرمول بالا جایگذاری می کنیم خواهیم داشت:

$$\lambda(t)=-\frac{1}{R(t)}\frac{dR(t)}{dt}=-\frac{d}{dt}\ln R(t)$$

- با انتگرال گیری از دو رابطه بالا خواهیم داشت:

$$\ln R(t)=-\int_0^t \lambda(t)dt \rightarrow R(t)=\exp\left[-\int_0^t \lambda(t)dt\right]$$

- برای ریت(تعدد،نرخ) خرابی ثابت، تابع ضریب اطمینان عبارت خواهد بود از:

$$R(t)=-e^{-\lambda t}$$

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

- نرخ خرابی ناگهانی λ، فرکانس خراب شدن مجموعه را مشخص می کند. بنـابراین عکـس MTBF است.

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

- به عنوان مثال یک تحقیق عملی بر روی ۱۰۰۰ هواپیمای مشابه، نشان داده عمر موتـور آن هـا ۱۴۰۰۰ ساعت پرواز است.
- بنا براین احتمال عملکرد صحیح یکی از این موتورها در پرواز بر روی اقیانوش آرام، با مداومت پروازی ۷ ساعت عبارت خواهد بود از:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} = 14000 hour \rightarrow \lambda = \frac{1}{14000}$$

- در نتیجه، ضریب اطمینان این نوع موتور در این مأموریت (احتمال عملکرد صحیح در طول ۷ ساعت) عبارت است از:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \rightarrow R(7) = e^{-7/14000} = 0.9995 \; or \; 99.95\%$$

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

- توابع متعدد و مختلفی برای تراکم (توزیع)احتمال خرابی **f(t)** پیشنهاد شده اند، یکی از معروفترین آن ها، تابع «وان حمام» است که به شکل زیر تعریف می گردد.

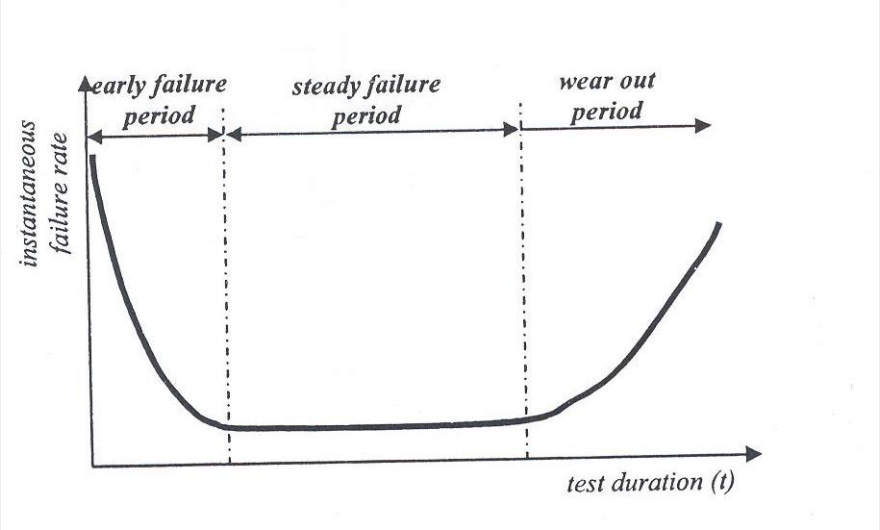
$$f(t) = bt^{b-1}\exp\left\{-(e^{t^b} - t^b - 1)\right\} \quad b > 0, t \geq 0$$

- بنابراین تابع ضریب اطمینان عبارت خواهد بود از:

$$R(t) = \exp\left\{-(e^{t^b} - 1)\right\}$$

- و نهایتاً نرخ خرابی ناگهانی $\lambda(t)$ از رابطه زیر محاسبه خواهد گردید:

$$\lambda(t) = be^{t^b}$$



این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

ضریب اطمینان مجموعه:

- عملکرد یک مجموعه به عملکرد هریک از اجزاء آن وابسته است، بنابراین می توان گفت ضریب اطمینان هر مجموعه نیز تابعی از ضریب اطمینان تک تک اجزاء آن و چگونگی ارتباط این اجزاء با هم می باشد.
- اتصال سری:

در مجموعه هایی که در صورت از کار افتادن هریک از اجزاء کل مجموعه از کار می افتد، به شکل حاصلضرب ضریب اطمینان های اجزاء محاسبه می گردد.

$$R_{System} = R_1.R_2...R_n = \prod_{k=1}^{n} R_k$$

- اتصال موازی:

در مجموعه هایی که خرابی مجموعه در صورتی اتفاق خواهد افتاد که تمامی اجزاء آن خراب شوند و نه یکی از آن ها، ضریب اطمینان کل مجموعه از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$R_{System} = 1-(1-R_1).(1-R_z)...(1-R_n) = 1-\prod_{k=1}^{n}(1-R_k)$$

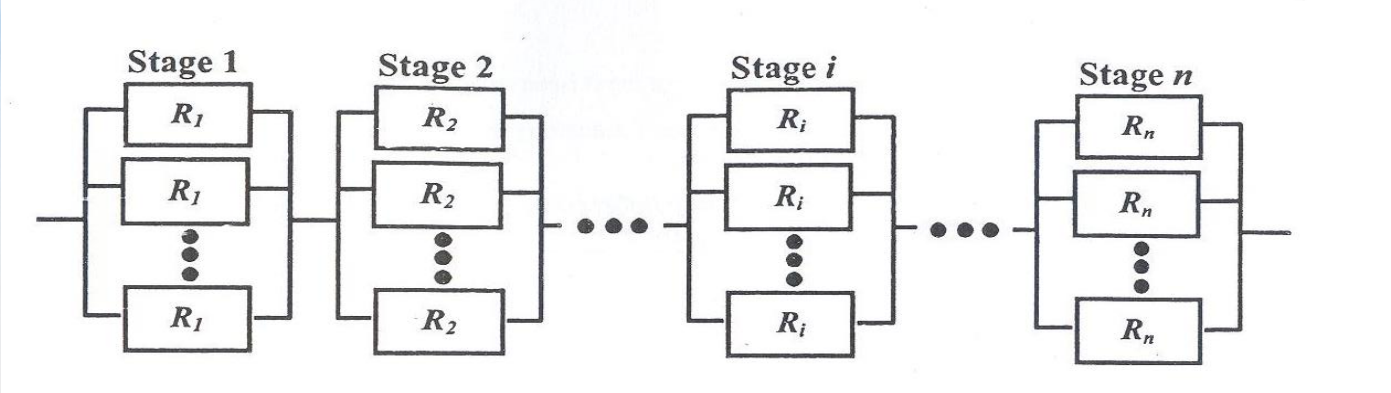
در این حالت مجموعه در صورت عملکرد یکی (یا همه) اجزاء، به عملکرد خود ادامه خواهد داد. در مجموعه های موازی ضریب اطمینان کل با افزایش تعداد اجزاء افزایش می یابد ولی به همان نسبت، هزینه، وزن، حجم و هزینه های نگهداری مجموعه نیز افزایش خواهد یافت!

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

اتصالات هیبرید با رزرو موازی

- به منظور بدست آوردن سطح ضریب اطمینان مورد نیاز، در برخی از موارد می توان از روش رزرو کردن اجزاء استفاده نمود به مثال ها
  - ارتفاع سنج در هواپیما (رزرو فعال Active redundancy)
  - ژنراتور بیمارستان ها (رزرو سرد Standby redundancy)
  - اسپوک چرخ دوچرخه (رزرو جزئی Partial redundancy)

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.



- این مجموعه دارای n مرحله بوده و در هر مرحله اجزاء با قابلیت اطمینان مشابه به صورت موازی رزرو شده اند.
- ضریب اطمینان این مجموعه را می توان با ضرب ضریب اطمینان مراحل در هم بدست آورد.

$$R_{System} = \prod_{k=1}^{n} \left[1 - (1 - R_k)^{Y_k} \right]$$

Y_k : تعداد اجزاء

R_k: ضریب اطمینان هر جزء

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

ارزیابی ضریب اطمینان به روش پارامتریک

- با استفاده از روش پارامتریک، می توان ضریب اطمینان یک مجموعه پیچیده را به سادگی محاسبه نمود. در این روش یک پارامتر جدید، (ϕ) به شکل زیر تعریف می گردد. $\phi = \frac{1-R}{R}$

R: ضریب اطمینان جزء است

- با جایگذاری این رابطه در رابطه بدست آمده برای ضریب اطمینان مجموعه ها خواهیم داشت: $(1+\phi_{system}) = \prod_{k=1}^{n}(1+\phi_k)$
- برای یک مجموعه دو المانی **n=2** داریم: $\phi_{system} = \phi_1 + \phi_2 + \phi_1\phi_2$
- با فرض اینکه $\phi << 1$ باشد می توان از جمله رتبه بالا $(\phi_1\phi_2)$ در رابطه فوق الذکر صرفنظر نمود بنابراین برای مجموعه با اتصال سری خواهیم داشت: $\phi_{system} = \sum_{k=1}^{n}\phi_k$
- و برای مجموعه با اتصالات موازی بین اجزاء داریم: $\frac{\phi_{system}}{1+\phi_{system}} = \prod_{k=1}^{n}\frac{\phi_k}{1+\phi_k}$
- می توان فرض کرد $1+\phi_k \cong 1$ و در نتیجه پارامتر ϕ برای یک مجموعه با اتصال موازی بین اجزاء داریم:

$$\phi_{system} = \prod_{k=1}^{n}\phi_k$$

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

اتصالات هیبرید با رزرو موازی

- پارامتر ϕ برای اینگونه مجموعه ها به شکل $\phi_k^{Y_k}$ تعریف می گردد. Y_k مشخص کننده تعداد و اجزاء در مرحله kام مجموعه است.
- برای مجموعه های هیبرید، از فرمول مجموعه های سری استفاده می کنیم. بنابراین خواهیم داشت:

$$\phi_{system} = \sum_{k=1}^{n} \phi_k^{Y_k}$$

- وقتی ϕ_{system} را داشته باشیم، مقدار ضریب اطمینان را می توان به راحتی مقدار R_{system} را از رابطه زیر بدست آورد:

$$R_{system} = \frac{1}{1+\phi_{system}}$$

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

بهینه سازی ضریب اطمینان مجموعه(طراحی برای ضریب اطمینان)

- همانگونه که اشاره گردید، می توان سطح ضریب اطمینان یک مجموعه را با رزرو کردن اجـزاء در هـر مرحله بالا برد. ولی از طرف دیگر رزرو سازی اجزاء باعث بالا رفتن هزینه و وزن مجموعه می گردد.
- اگر بخواهیم یک مجموعه با بهره وری بالا طراحی کنیم بایستی مصالحه ای بـین ضـریب اطمینـان از یک طرف و هزینه و وزن از طرف دیگر برقرار سازیم .
- این مسئله را برای مجموعه های چند مرحله ای با رزرو موازی می توان به ۳ شکل زیر بیان نمود.

- حداقل ضریب اطمینان برای هزینه مشخص
- حداقل هزینه برای ضریب اطمینان مشخص
- حداکثر ضریب اطمینان برای محدودیت هزینه و وزن مشخص شده

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

مراجع مناسب در بحث مهندسی سیستمی:

•Meredith, Dale D., et. al. "Design and Planning of Engineering Systems", Prentice Hall, 1985.
•Sage, Andrew P., "Systems Engineering. Wiley Series in Systems Engineering", John Wiley and Sons, 1992.
•"NASA System Engineering Handbook", June 1995.
•J. Colebank, R. Pollak, "A Satellite System Simulator and Experimental Test-bed for Air Force Research", Air Force Institute of Technology, 2000.
•Reilly, Norman B., "Successful Systems Engineering for Engineers and Managers", Van Nostrand Reinhold, 1993.
•Sage, Andrew P., "Methodology for Large-Scale Systems", McGraw-Hill, 1977.
•Rechtin, Eberhardt, "Systems Architecting: Creating and Building Complex Systems", Prentice Hall, 1991.
•Hall, Andrew D., "Three Dimensional Morphology of Systems Engineering," IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, vol. SSC-5 no. 2, pp. 156-160 1969.
•Eisner, Howard, "Computer-Aided Systems Engineering", Prentice Hall, 1988.
• M. Reza Emami "Multidisciplinary Engineering Design" 2012 Edition, Mc Graw-Hill Ryerson Limited

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.

با تشکر از توجه شما

این سند، صرفاً جهت استفاده شرکت کنندگان در دوره آموزشی می باشد. تکثیر، کپی برداری و هرگونه استفاده شخص ثالث از این سند، ممنوع بوده و موجب تضییع حق تألیف آن می گردد.