

The TRIZ Give Way to the Wind, and Give the Wind Away*

改进风力发电机的可重复创新流程

作者:

Isak Bukhman, TRIZ Master, 首席方法学专家, Invention Machine Corp.

Stephen Brown, 市场战略副总裁, Invention Machine Corp.

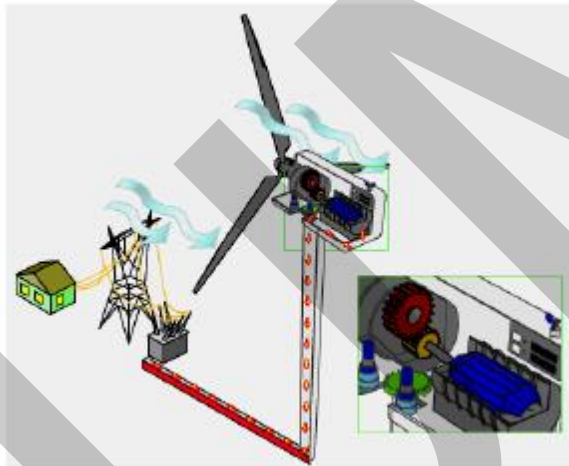
摘要

快速增长的人口以及日益增长的资源消耗,迫切要求我们突破创新以寻求商业上的可替代能源,风力发电就是其中一种很有吸引力的可持续的环保资源,在过去十年里,全世界风力装机容量以每三年翻一倍的速度增长,在过去的两年里甚至增长更快。但是这项技术仍然需要更高的普及度和更高的效率。

本次演示使用风力涡轮机的改进设计作为案例,利用美国发明机器公司的Goldfire Innovator为创新平台,说明了如何使用TRIZ开始对问题进行分析、如何使用TRIZ和价值工程结合来对问题进行确认,以及如何应用内部和外部的知识资源来加速概念的提出,集中介绍业已证明行之有效的可重复的创新流程。

引言——风力涡轮机的发展

风能发电的潜力还没被完全认识到,但是已被确定是一种很有前景可再生的和环保的资源。



- 风力预计每年20%的增长,截至到2004年,全世界所安装的容量总量大约40,000MW。
 - 根据最近的研究,到2020年,“风力10”的风力发电机能够产生全球电力的10%,同时创建1,70万个工作机会。
 - 到2020年世界安装1,20MW的风容量,将生产超过今天整个欧洲消费者使用的电量。
 - 世界上潜在的风能总量为53万亿千瓦时,是“风力10”目标的17倍。
 - 研究表明,与当前的每千瓦4.7美分相比,到2020年,使用风力涡轮机产生电的成本将下降到每千瓦时2.5美分。
- 实现风力发电量占全球总发电量的10%的预期计划所产生的环境效益是巨大的:2005年减少6900万吨二氧化碳的排放量,2010年减少2亿6千7百万吨,2020年减少17亿8千万吨。

作为具有较高价值的问题解决方法——TRIZ方法学,其巨大潜能还没有得到充分地认识,尤其是与价值工程和大量信息库的综合使用,但是通过使用有效的Roadmap指导操作者,这些分散的信息资源以及方法学的结合和展开所带来的好处很快就会明白。该篇文章描述了这样的Roadmap,提供了一个可重复的流程,不只是针对可持续风力发电的改善,它实质上还是一种可以改进所有技术系统的方法。

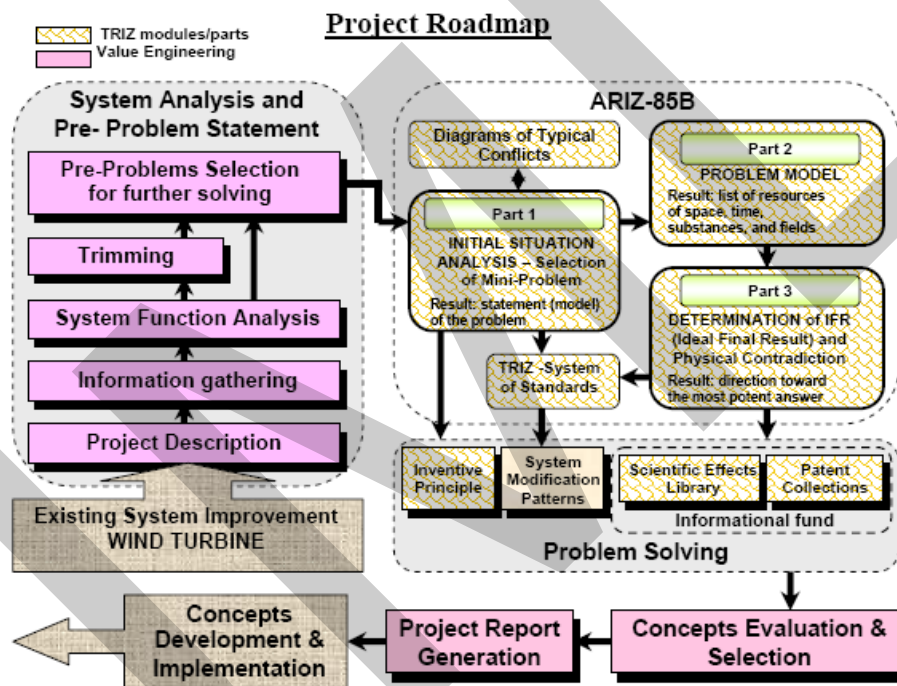
项目描述和初始状态



在我们的研发项目中，我们选择了三只叶片的涡轮机作为一个基础涡轮设计。三叶片的涡轮机是最普遍的，有时也被称之为“Danish Concept”。

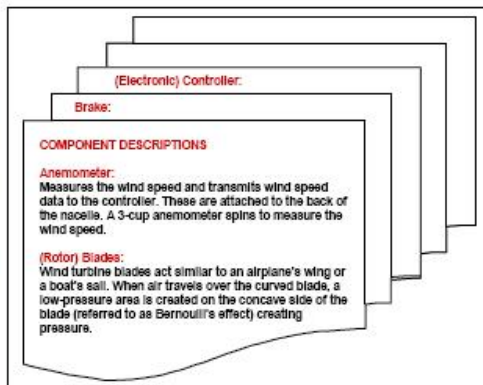
这些三叶片的涡轮机是“逆风”操作，叶片正对风向。风力涡轮机的工作方式正好与电风扇相反，代替了用电来产生风，涡轮是使用风来产生电。

风旋转叶片，叶片带动轴旋转，轴与发电机相连，从而产生电。产生的电通过输配电线路传送到变电所，然后输送到家庭、商业和学校。



信息收集

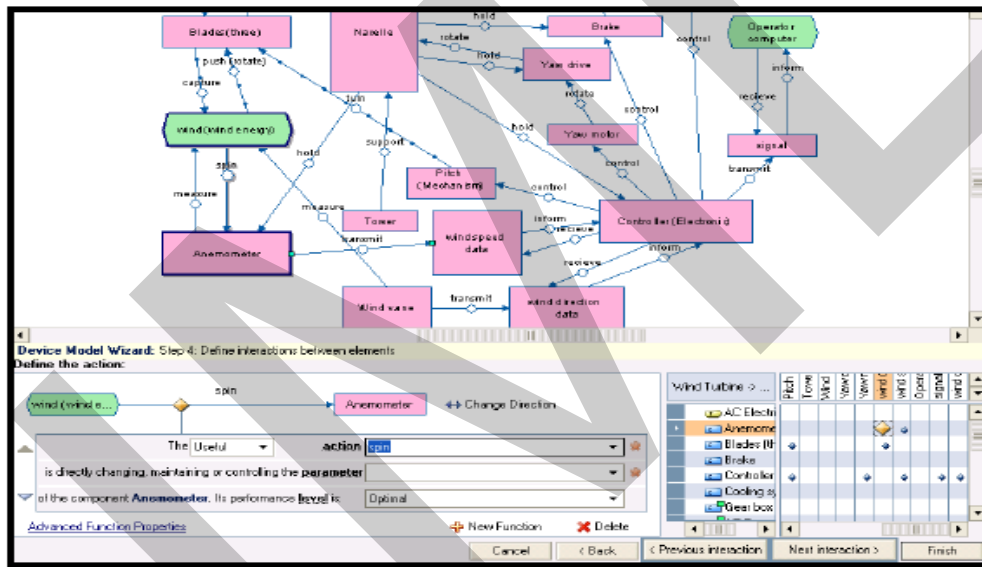
确定和定义风力涡轮机的组件结构



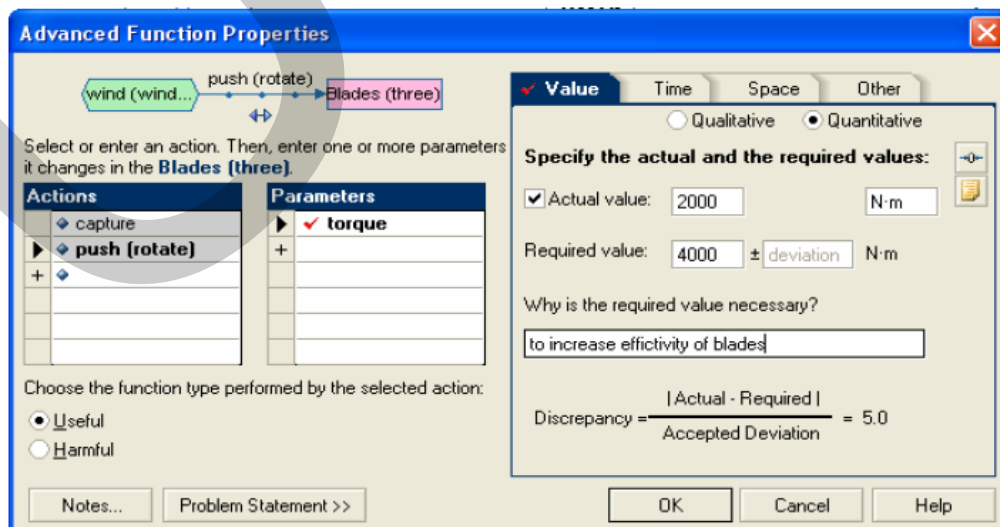
- 提升风力发电机叶片的气动性能，结果：提高单台风力发电机的装机容量，提高叶片扫过的每单位面积所产生的电能。
- 可变速度发电机的研发，来提高一定风速范围内风力到电的转化率。
- 无齿轮涡轮机的研发，减少涡轮机日益增长的操作成本
- 总体的设计趋势是让风力涡轮最大的能量输出达到1兆瓦或更多。欧洲的公司，如丹麦的Vestas和NEG Micon，现在有超过10种商用涡轮设计达到兆瓦级。
- 风力涡轮机制造商使机构达到最优化，以每千瓦时（kWh）尽可能达到最低成本供电。
- 质量更轻的塔结构的研发。空气动力特性和发电机设计的改进伴随的结果是风力涡轮机的应力和应变的降低或更合理的分配。更轻的塔结构，因为材料成本的节省，价格会较便宜些，所以更容易使用。
- 智能控制和动力驱动装置能够对风力涡轮机进行远程操作和实时监控。有些系统还具有远程修正操作，以响应系统操作中的问题。这些组件的成本降低了，维持电能质量需要的动力驱动装置同时也从组件成本降低上受益。

系统功能分析

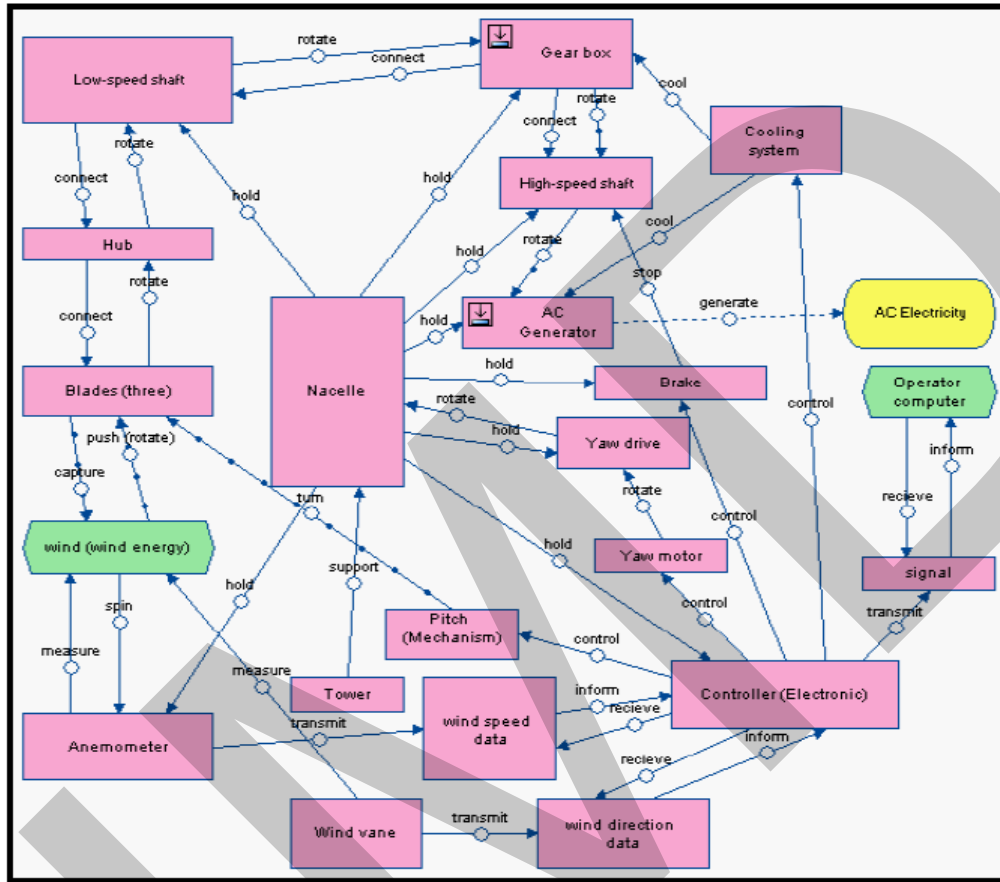
建立系统功能模型是对系统行为正确理解的必要方法，每个组件和功能都必须定义。



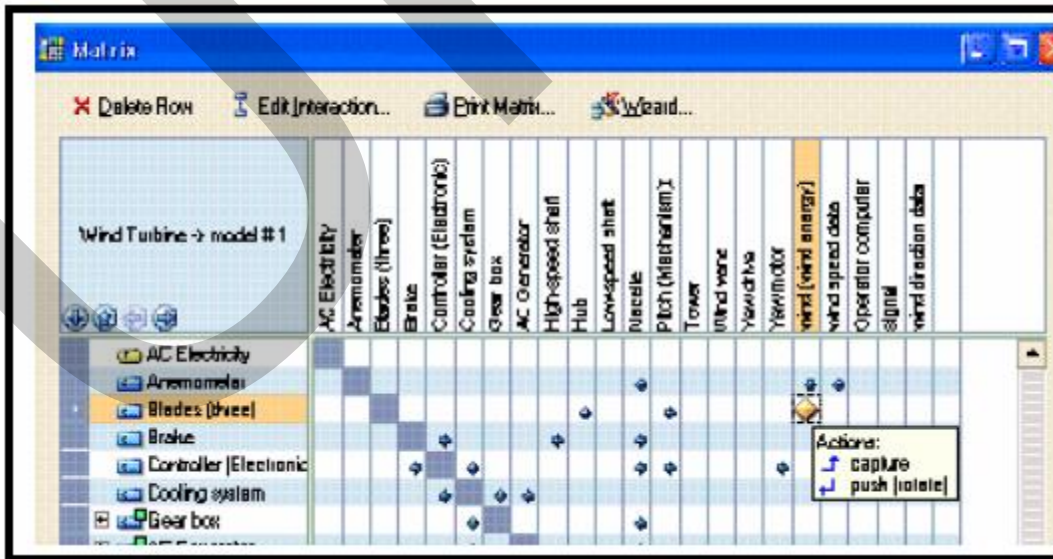
高级功能分析允许用户定义功能参数、实际值、期望值以及他们之间的相互关系。



完整的功能模型充分将系统建立成书面形式，以能够确认系统中的问题区域。另外，形成书面形式的模型允许从价值工程的角度进行深入的自动评估。



使用矩阵，提供对确定的所有功能进行检查确认。



模型数据诊断标准：组件参数和排序帮助用户定义系统结构，以有利于随后的改变或简化策略。为了选择与项目目标最一致的策略可以设置多个标准进行评估。

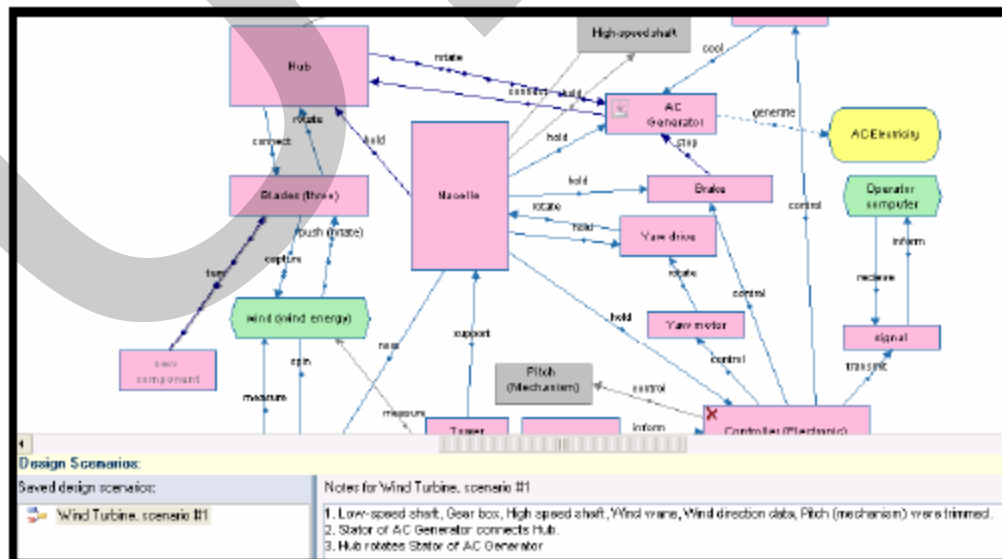
Model Data						
Diagnostic Criteria		Component parameters and rating:				
Maximum Value	Add...	Components	Function Rank (F)	Problem Rank (P)	Cost (C)	Rating
$V = \dots$		signal	2.79	0.00	1.00	545.16
$F * F$		Nacelle	10.00	0.00	130.00	53.85
$P * C$		Controller (Electro	6.74	0.00	100.00	31.84
		Wind vane	3.49	0.00	30.00	28.39
		Anemometer	3.49	0.00	50.00	17.04
		Cooling system	3.72	0.00	120.00	8.08
		Yaw drive	1.40	0.00	25.00	5.45
		AC Generator	6.98	9.64	200.00	3.83
		Hub	2.09	0.00	80.00	3.83
		Brake	1.40	0.00	40.00	3.41
		Low-speed shaft	1.86	0.00	90.00	2.69

设计简化策略——裁减方法

- 通过排除价值系数小的（或有问题的）组件，将该组件有用的功能重新分配到其他组件里去来改进产品和工艺。
- 简化和降低用户产品/流程的成本，同时保留必要的功能。
- 裁减产生的设计变量将产生不同的问题描述，如果这些问题得到解决，那么将得到一个高度创新的解决方案。

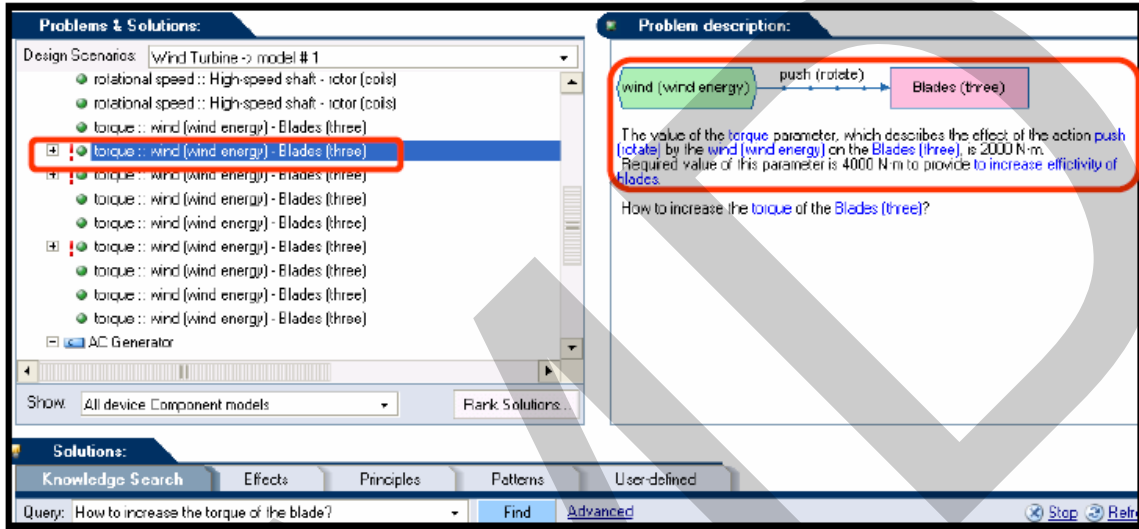
风力涡轮机—> 裁减结果:

1. 低速轴、齿轮箱、高速轴、风向标、风向数据、变桨机构被剪裁掉。
2. 交流发电机的定子直接连接到风机的轮毂。
3. 风机的轮毂直接旋转交流发电机定子。



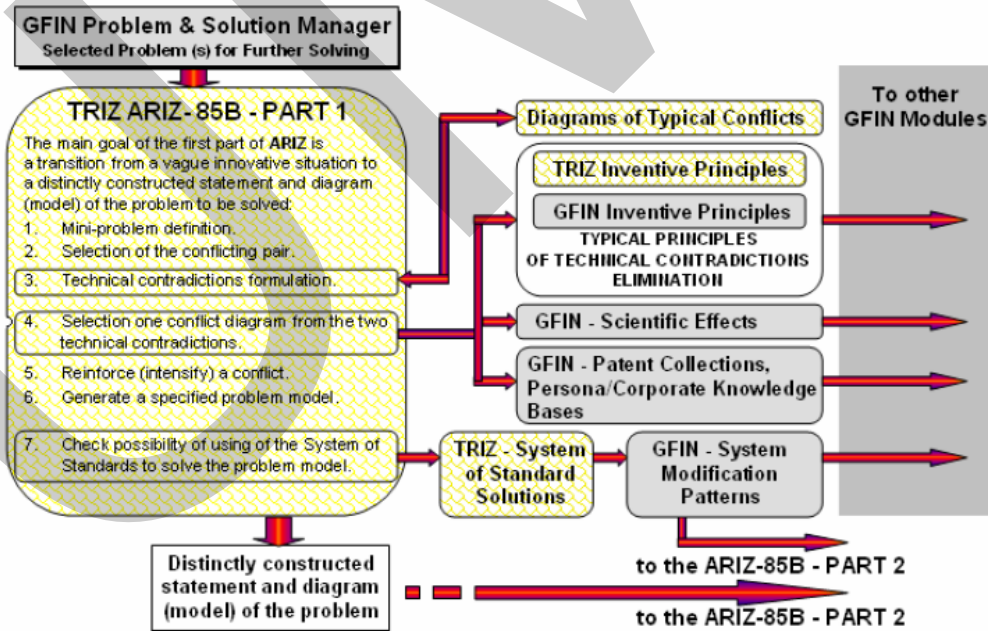
待解决问题的选择

我们选择其中的一个问题（Pre-problem）作为项目下个阶段的研究：扭矩参数值，用来描述风（风能）作用在叶片（三片）上的推动（旋转）效果，实际值为2000Nm。该参数要求的值为4000Nm，以增加叶片的效率。问题是：How to increase the torque of Blade（如何增加叶片的扭矩）？



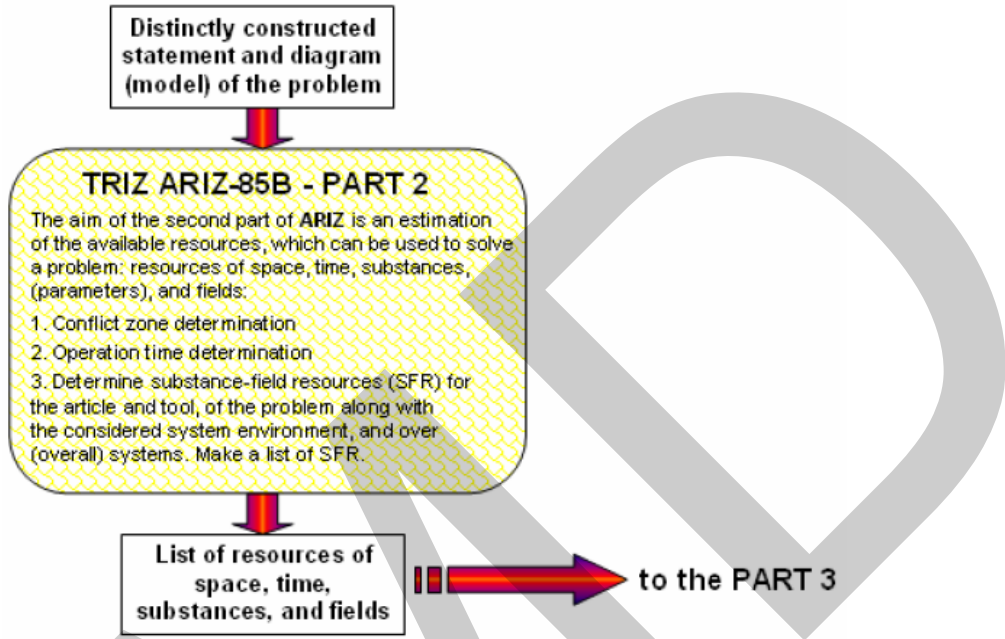
发明问题解决算法（ARIZ）——第一部分

初始状态分析——最小问题的选择



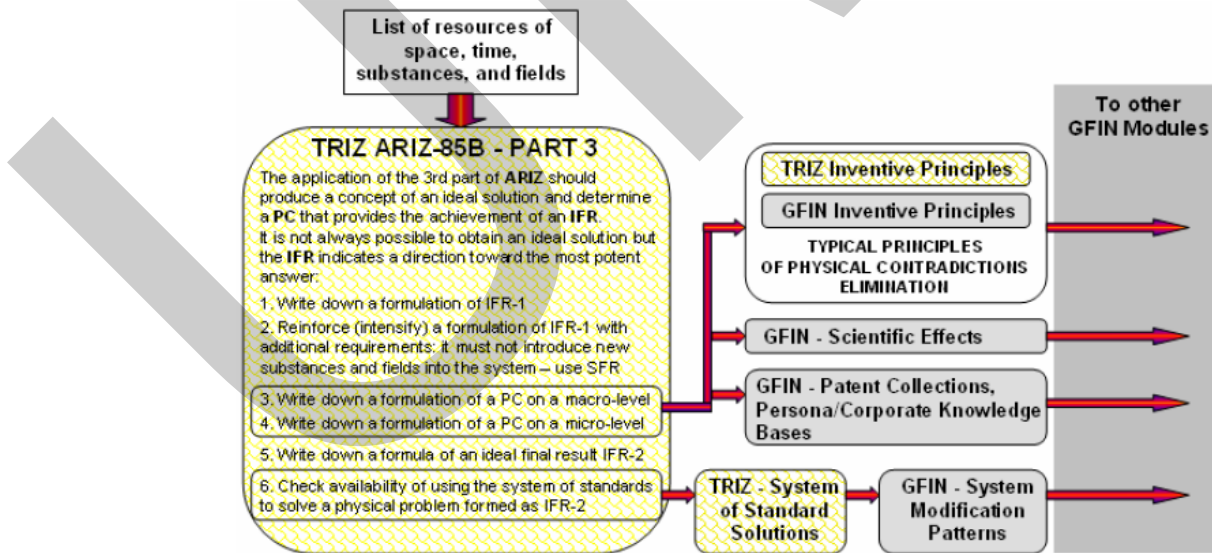
发明问题解决算法（ARIZ）——第二部分

问题模型分析——空间、时间、物质、（参数）和场等可用资源列表。



发明问题解决算法（ARIZ）——第三部分

IFR（理想解）和PC（物理冲突）的确定

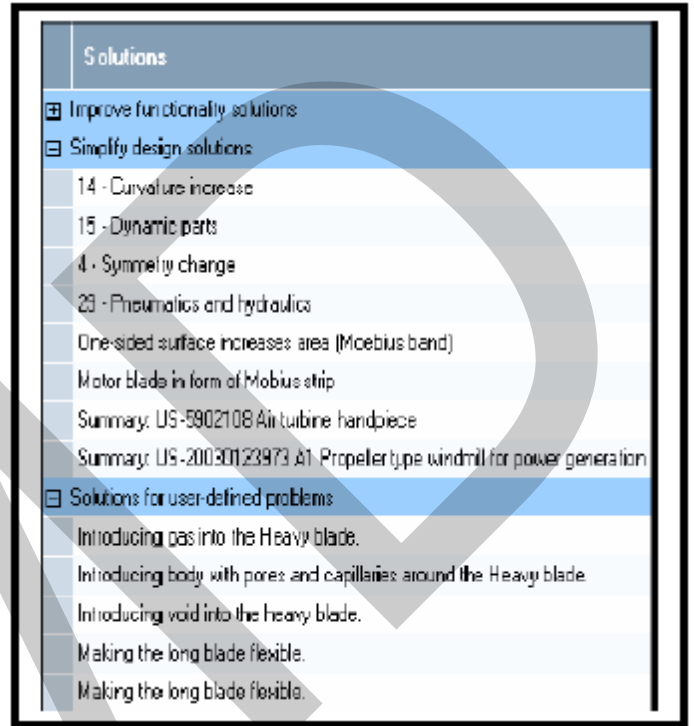


概念评估和选择

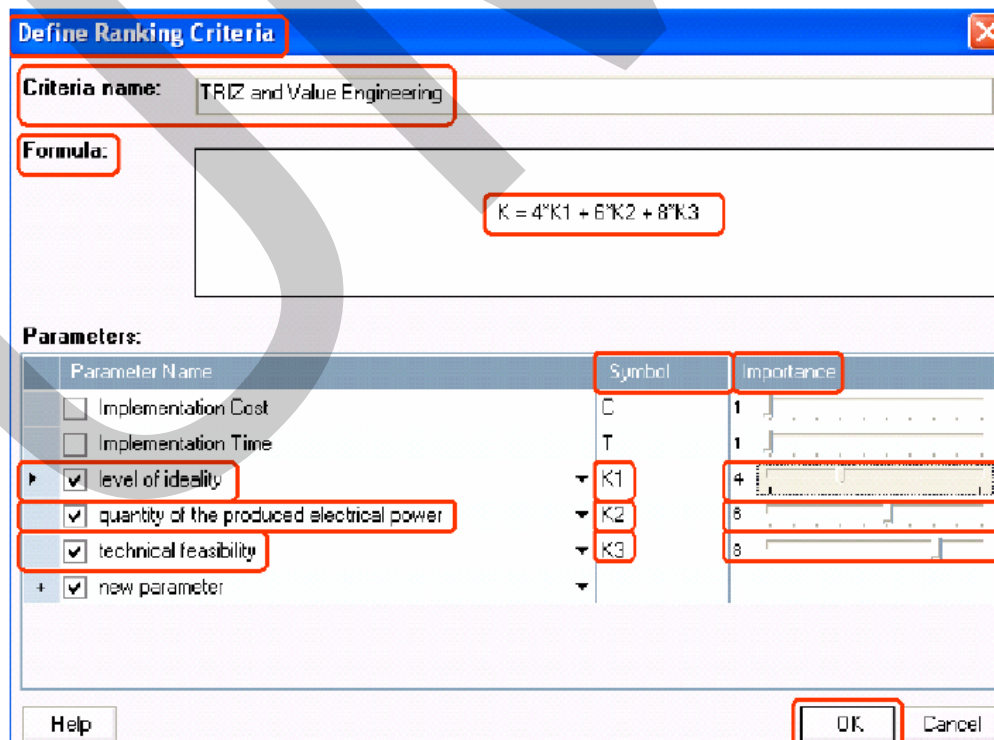
通过使用TRIZ、价值工程以及创新资源库（科学效应库、专利库、基于信息的WEB）进一步研发，我们创建了32个可用的方案，包括：

解决方案必须要排序以帮助确定哪个方案可以进一步研究和实施：

- 9个——来自发明原理
- 2个——来自科学效应库
- 12个——来自标准系统
- 9个——来自专利库以及基于信息的WEB

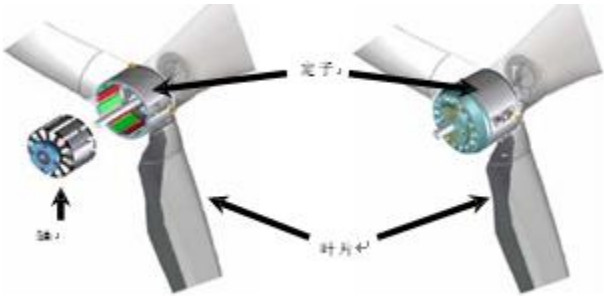

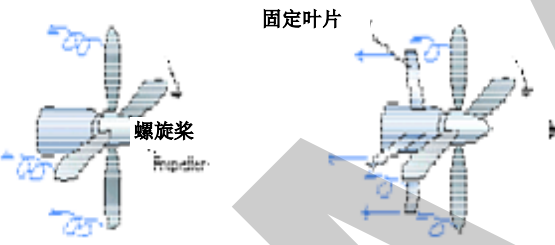

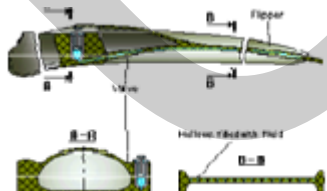
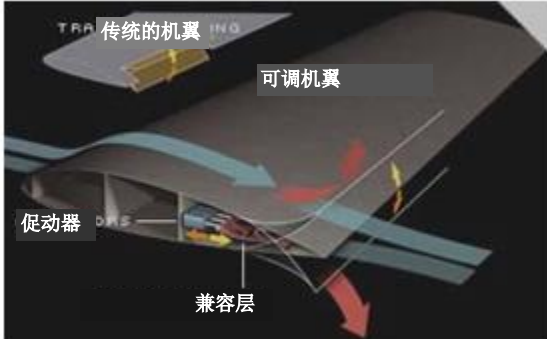


方案优化排序来帮助我们确定哪个方案值得进一步研究并实施。



结论——最好的解决方案

最后，6个概念被列为高水平的可用方案，价值系数大于或等于10，包括：

<p>1. 永磁同步发电机上的定子直接连接到叶片上。叶片直接带动永磁同步发电机上的定子转动。永磁同步发电机适用于不同的叶片。</p> 	<p>2. 双叶螺旋桨-双叶片 这种方向旋转布局的螺旋桨直径是4.5米（14英尺9英寸）。叶片是由先进的合成材料制成，叶片刀刃呈半月形。这种叶片可以增加在高速巡航下的效率，并且减少噪音。</p> 
<p>3. 高效螺旋桨-高效叶片 螺旋桨产生一个对空气的驱动力。 缺点：会导致气流倒流，造成强烈的振动，使得推力减小。</p> 	<p>4. 麦比乌斯带式的叶片 叶片由轮辐固定在轴上，叶片由弹性材料制成，形状像麦比乌斯带。 优点 1). 麦比乌斯带式的螺旋桨叶片设计简单。 2). 麦比乌斯带式的螺旋桨叶片容易制造。</p>  <p>The air stream rotates the blade made in the form of a Möbius strip</p>
<p>5. 可变刚度的鳍状叶片。 游泳者游泳时对鳍的刚度会有不同的要求，其刚度由不同的水环境决定（流速和停留的时间长度）。 建议： 用水压结构原理和动态性原理来改进鳍状肢设计。可以在弹性材料的鳍状肢中间做一个纵向空腔。空腔内填充可由活塞阀调节压力大小的液体。增大压力可使鳍状肢刚度增加。这样可以调节鳍的刚度以适应水流（风）的环境。</p> 	<p>6. 柔性叶片结构设计</p> 

通过本次演示如何使用TRIZ开始对问题进行分析、如何使用TRIZ和价值工程结合来对问题进行确认以及如何应用内部和外部的知识资源来加速概念的提出，说明了计算机辅助创新平台Goldfire Innovator™可在企业内部建立可重复的创新流程，加速企业创新。