

# 2021 年秋季系统工程专业作业



S1217 任泽华

3121154002

2022-3-11

## 目录

第一讲作业 .....	3
1. 时政综合分析题.....	3
2. 文献查阅.....	3
3. 案例分析.....	4
4. 系统需求分析体验.....	5
5. 经营与商业模式思考.....	6
6. 举例阐述如何利用系统思想分析和解决问题。.....	6
第二讲作业.....	7
1. 综述题.....	7
2. 举例说明模型、开发工具在系统设计开发中的重要性。.....	8
3. 简述基于模型的系统工程---OPM 和 SysML。.....	9
4. 阐述自己认为在系统设计开发中会遇到的关键问题。.....	10
5. 结合目前国家的“自主可控”战略和典型案例，阐述开源开发社区的发展前景以及 COTS 技术特点与局限性。.....	10
6. 结合工程教育的要求阐述卓越工程师应该注重哪些方面能力培养。.....	11
第三讲作业.....	12
1. 需求分析与总体设计.....	12
2. 系统设计开发新模式分析与介绍.....	14
第四讲作业.....	16
1. 资料阅读：选读一篇有关系统集成的最新英文期刊论文阅读并概述其要点。.....	16
2. 举例说明业务集成、模型集成和算法集成在系统集成中的重要性。.....	17
3. 阐述“平行系统/数字孪生系统”和“信息与物理融合系统”概念及其应用。.....	18
4. 结合 80 年代末以及当前制造业全球格局的变革，论述“中国制造 2025”面临的挑战与机遇，结合文献阅读，探讨智能化制造系统的集成框架。.....	19
5. 结合案例，阐述商业模式概念及其科创企业成功的重要作用。.....	20
第五讲作业.....	21
1. 结合大数据分析例子，说明数据建模和原理建模的优缺点.....	21
2. 选读一篇建模分析文章（鼓励结合自己研究查阅一篇文章）.....	21
3. 结合物理学发展历史，阐述基于数据建模和基于原理建模方法的优缺点。.....	22
4. 围绕自己研究方向，选读一篇最新的有关系统建模分析的英文学术论文，写出总结分析。.....	23
第六讲作业.....	23
1. 给出一个系统优化模型在自己研究或机器学习算法中应用的例子。.....	23
第七讲作业.....	24
1. 比照本 PPT 中介绍的决策支持系统，结合当前人工智能发展，给出	

---

一种智能化（智慧）决策系统的设计。.....	24
2. 结合应用简述 Bayes 决策方法或马尔科夫决策方法的基本原理。.....	25
第八讲作业.....	26
1. 阅读钱学森等提出的综合研讨厅及其应用方面的文章，结合应用，撰写一篇利用群体智能进行评价和决策的综述。.....	26
2. 综述层次分析法近年的研究与应用，举例说明层次分析法在实际问题中的应用。.....	29
第九讲作业.....	31
1. 阅读下面文献并撰写综述.....	31
2. 结合上面的文献阅读（鼓励自己检索最新发表的相关学术文献），举例说明系统的系统的概念及其应用。.....	33

---

# 第一讲作业

## 1. 时政综合分析题

大事件对世界政治经济格局的影响——新冠疫情持续对世界政治格局的影响。

我认为新冠肺炎疫情将从三个方面影响国际格局：**1.** 使大国政治格局加快向更加均衡的多极化方向演进，促进国际权力由“一超”向“多强”转移；**2.** 增强非极化的发展动力，促进国际权力由大国向中小国家及非国家行为体转移；**3.** 加快国际政治地理中心由欧美向东亚转移。

新冠肺炎疫情将推动大国政治格局朝着既定的方向演进，多极化不仅加速，而且更加趋于均衡。不过，新冠肺炎疫情毕竟属于非传统安全和低级政治问题，病毒是世界各国共同的敌人，对“参战”国家来说，这场“世界大战”最终只有胜利者，没有失败者，只是胜利者的损失会有区别并可能因此导致实力地位的变化而已。因此，新冠肺炎疫情对大国政治格局的影响是相当有限的，远不能同两次世界大战相比拟。两次世界大战都使原有的国际格局终结并开启了一个新的格局，而新冠肺炎疫情不会产生这样的结果。

当今时代，主权国家虽然依然是基本的国际行为主体，但是随着全球化和国际体系的演进，非国家行为体的地位与作用呈强化趋势。虽然在现行国际体系下它们不可能超越主权国家，但是其存在并不断壮大的现实与趋势必将不断侵蚀主权国家特别是大国的地位与作用，从而推动非极化的演进。新冠肺炎疫情对非国家行为体实力地位的影响虽然呈两面性，但总体上是积极的。就目前世界各国应对疫情的情况来看，基本上是各国“各自为战”，采取什么措施防疫抗疫，是否“封城”“封国”，是否接受外援，都是国家内部事务，别国及国际组织都无权干涉。这使得国家主义和民族主义得到了一次强化的机会。不过，新冠肺炎疫情又从另一个方面强化了以国际组织为代表的非国家行为体的地位与作用。

在这次抗疫过程中，以中国、韩国、日本、新加坡为代表的东亚国家普遍表现较好。按常理，东亚国家先发生疫情，应当损失更重一些，因为抗疫行动、物资、技术、经验等同疫情发展相比都存在一定的滞后。然而现实情况却是，后发生疫情的欧美国家损失更为惨重。疫情造成的损失最终都会折射到经济发展上。所以，可以预见，在三个世界经济地理中心中，东亚经济受疫情冲击的程度要低于欧洲和北美，此消彼长，东亚地区的相对经济实力会有所增强。

## 2. 文献查阅

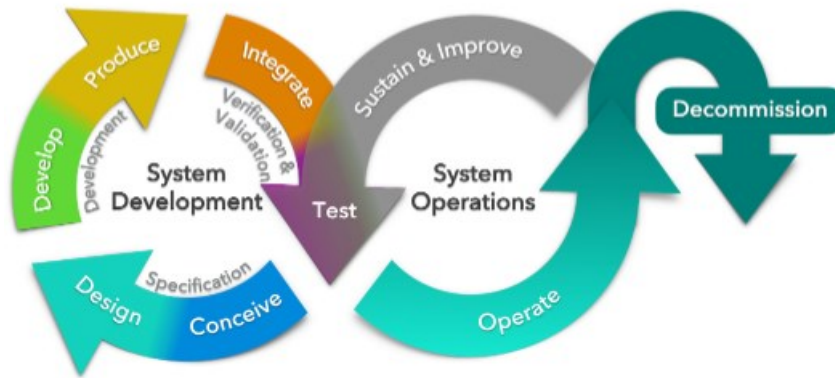
根据课程 PPT 所列出期刊中的最新发表的文章，选择其中感兴趣的 1 篇文章，或自己查阅一篇与课程内容相关的最新文章，阅读并写出简要的总结。

来自期刊《IEEE Systems Journal》的最新文章：The Systems Engineering DevOps Lemniscate and Model-Based System Operations<sup>1</sup>。

---

<sup>1</sup> J. T. J. Mathieson, T. Mazzuchi and S. Sarkani, "The Systems Engineering DevOps Lemniscate and Model-Based System Operations," in IEEE Systems Journal, vol. 15, no. 3, pp. 3980-3991, Sept. 2021

本文将软件工程领域 DevOps 概念（系统开发和运营的协作合并）中的原则改编为系统工程 DevOps (SEDevOps) 生命周期模型。这有助于将系统工程流程、工具和产品合并到一个替代作战环境中，在该环境中，系统的维持与系统模型的管理密切相关，系统模型扩展为包括操作和维持所需的使能系统元素（程序、脚本等）。系统工程思维的这种进步，专注于数字化改造和增强系统运营和维护，提高了生命周期后期阶段的敏捷性。



本文中提出的两项创新来解决所述的演进需求是 SEDevOps 生命周期方法和用于实施这种生命周期方法的基于模型的系统操作框架。SEDevOps 基于在软件领域实施的 DevOps 原则，将系统开发和系统运营的产品紧密联系在一起，重点是协作和持续测试。SEDevOps 在整个系统生命周期中规定了相互关联的系统工程流程，其中系统运营支持建立在并维护从系统开发开始的描述性模型，并根据维护任务的需要直接返回开发流程和工具。此外，开发团队可以向运营提供前馈，并能够以前瞻性的 LIAD 模拟方法验证生命周期的可行性。MBSO 建模框架建立在 MBSE 的势头之上，通过扩展 SysML 以包括运营支持产品，在系统运营和维护期间积极使用描述性系统模型。这种扩展提供了随着时间的推移适应和发展系统配置和可执行产品的能力。此外，这种方法固有地适用于模型构建/更新时的持续验证和回归测试，为系统工程团队在整个系统生命周期中开发和管理系统及其支持元素提供了进一步的实用性。

### 3. 案例分析

结合案例（产品/系统、企业、人物的成败）分析，阐述影响系统设计开发成功的关键因素，以及系统设计开发人员应该掌握的主要知识和具备的关键能力。

影响系统设计开发成功的关键因素有：系统的定位、产品创新、前期用户需求调研、团队配合、专业能力等等。

开发人员应掌握的关键能力有：市场洞察能力、创新能力、需求分析能力、组织协调能力和过硬的专业技能。

举例说明：苹果前 CEO 史蒂夫乔布斯开创性地推出 iPhone 系列产品，目标把触摸的宽屏 iPod ,革命性的新型移动电话,具有突破历史意义的网络通信设备融合在一起。说白了就是一个便捷的移动电脑一样的智能手机,即网络智能手机,换句话说就是人们移动时的帮手。因为 iPhone 里面有个 App Store,而 App Store 的程序总量也已经超过 50 万款,这么多应用可以帮助消费者做许多事情。正是有



了明确的市场需求洞察，iPhone 系列才会取得巨大成功。

而诺基亚从人尽皆知的著名手机品牌，到如今被收购难以重现当年风光。我们可以得出以下几点教训：**1. 行动迟缓，错失智能机时机。**诺基亚坐拥全球手机老大的位置，俯视众手机厂商。2007 年 iPhone 来了，紧接着 Android 手机来了，三星、HTC 都因 Android 起来了，触摸屏时代来了，诺基亚依然固守 Symbian，固守手机物理按键。如此一来，诺基亚市场占有率从 2008 年的 4 成以上，降到 2011 的 25%，随后被三星超越。**2. 战略摇摆不定，不断从零开始折腾。**Symbian 已经不适应智能手机时代的发展，除了苹果，几乎所有手机厂商都转向 Android 平台。诺基亚选择了和英特尔合作从零开始做 Meego，随后放弃。以前的投入都打了水漂。在基于 Meego 的 N9 发布不到一周内，艾洛普明确回应，尽管 N9 取得了巨大反响，但诺基亚仍要放弃 MeeGo，并把重点完全放在 Windows Phone 的开发上。2011 年初，诺基亚结盟微软，全面转向 Windows Phone 平台，几乎又是从零开始。再好的底子也经不起折腾。**3. 用人不力，美系人士掌管欧系风格公司本身是冒险。**诺基亚是芬兰公司，2010 年 9 月，美国职业经理人史蒂芬·艾洛普接掌诺基亚，成为第一位非芬兰裔的“掌门人”，这本身是一个华丽的冒险。在一个充满贵族气，稍微内秀的欧式风格团队中，更热情张扬的艾洛普在与团队的融合中本身需要时间。在当时，有业内人士预计，埃洛普的网络和软件经验会令诺基亚“雪上加霜”。果不其然。在他上任后，诺基亚公司市值从 2010 年的 300 亿欧元跌至今年春天的 100 亿欧元。自 2011 年 2 月份诺基亚宣布与微软合作以来，该公司股价累计跌幅已经超过了 50%。

## 4. 系统需求分析体验

构思一种产品，用某种方式把此产品描述出来。



我们在日常生活中常常会遇到扫描文稿的场景，虽然手机拍照扫描已经屡见不鲜，但是拍照扫描效果往往受限于光照、纸张质量和书本装订等因素的影响。人们往往很难携带左图所示的一般扫描仪。右边是目前最先进的高质量便携扫描仪，它也存在笨重、价格昂贵、耗电量高的问题。

我希望设计一种高分子折叠式发光屏扫描仪。它质量轻可折叠，需要使用时将其平铺在被扫描的文稿上，屏幕发出光来，点亮下方的纸张。此时屏幕内部感光材料读取识别文稿内容，将其传入终端。同时屏幕也可以显示扫描文稿的内容，

---

没有扫描任务时作为手机电脑等终端的扩展屏，展示书页文字作为电子书使用。

## 5. 经营与商业模式思考

从知识→产品（知识+技术）→市场（系统+“能力”）的思路，结合实例阐述卓越系统工程师应的“能力”。

2011年6月26日，在美国华人生物医学科技协会（CBA—USA）举办的第16届年会上，基因组研究和转化医学成为与会者谈论的新话题。在年会主题演讲中，人类基因组科学公司总裁兼首席执行官托马斯·沃特金斯介绍了公司耗时15年，经历了从发现生物标靶到临床开发、获准和市场进入等过程，推出治疗全身性红斑狼疮疾病新药贝利单抗(Benlysta)的情况。

新药贝利单抗的开发源于1996年人类基因组科学公司发现的自然形成的蛋白BLyS。该蛋白发现者、原公司研究人员、现任Epitomic公司总裁余国良博士介绍说，从基因组层面研究而言，就是要寻找与疾病有关的基因或蛋白，即那些由于增加或减少或坏死而导致疾病的基因或蛋白。通过研究，他发现了与B细胞的生长有关的SLyS，而B细胞增多能导致红斑狼疮。如果能对BLyS进行操作以抑制B细胞增长，就有望起到医治红斑狼疮的效果。

沃特金斯说，开发贝利单抗遭遇了许多的困难和阻碍。如当标靶SLyS发现后，却不知道它对红斑狼疮究竟有多大的影响；在过去50年里，人们没有推出治疗红斑狼疮的新药，因此很难设计有针对性的药物临床试验。此外，公司还要了解FDA等管理机构对药物效果的要求。总之，公司必须面对药物开发所涉及的方方面面，并依靠专家逐一化解。沃特金斯认为，人类基因组科学公司能够取得目前成绩，原因在于有前途的科学发现、能承担责任的领导团队以及优秀的科研队伍。

卓越的系统工程师拥有某个领域的专业知识，可以探索更多可能，提出全新的想法。同时，也应该有宏观的视角，对市场需求有精确的把控。在将知识转化为产品时，应拥有极强的动手能力和实验能力，拥有操作各种仪器设备工具的技能。在研发时应当有团队协作能力和沟通协调能力。

## 6. 举例阐述如何利用系统思想分析和解决问题。

所谓结构化思维，其本质是对解决问题的思维过程的分析归纳，并可用于指导个人以至组织解决问题的过程。它并不是一套特殊的，后天发明的产物，而是从始至终贯穿于人类文明的发展历程，比如古人合作狩猎、文字及数字的发明，到现代麦肯锡咨询服务中所提及的“ME SEE”原则，无一不是结构化思维的体现。就个人而言，其实每个人都多多少少有意识或无意识的经历过多次结构化思维过程，小到儿时打破玻璃后冥思苦想如何跟父母解释，大到购买住房、选择伴侣，其思维过程背后均有结构化的影子。

所以我们应该：

### 1. 明确所面对的问题

- a. 提取关键参数；b. 信息收集和整理。

## 2. 制定策略

- a. 首先选择表 2 中当前信息完备度最高的关联参数作为当前入手点；
- b. 对当前参数缺失部分可能的选择进行尝试，并利用已知条件与限制规则进行测试；
- c. 填充满足测试的参数内容；

## 3. 执行并验证

- 日常注意培养及训练结构化思维方式——明确目标信息、制定策略与计划、良好的执行；
- 不拘泥于方式，并不是所有问题都需要明确严谨的按照结构化思维与方法处理，能利用大脑与直觉就用，关键在于全面考虑问题的信息，避免过早下结论或采取代价较大的行动。<sup>2</sup>

# 第二讲作业

## 1. 综述题

### 系统需求分析、设计或开发的工具模型<sup>3</sup>

#### 1. NABCD 模型：

“NABCD”是由 Need、Approach、Benefit、Competitors、Delivery 五个单词的首字母组成，分别指需求、做法、好处、竞争、推广五部分。通过这五部分，可以清楚简明的把项目的特点概括出来。

#### 2. \$APPEALS 模型：

它是 IPD 体系中的一种业界实践，用于进行需求分析，明确收集客户需求应该从哪些方面着手，同时，利用这种工具，也可以进行竞争分析。各维度的说明如下：价格（\$ Price）、可获得性（Availability）、包装（Packaging）、性能（Performance）、易用性（Ease of Use）、保障性（Assurances）、生命周期成本（Life Cycle）、社会接受程度（Social Acceptance）。

#### 3. 莫斯科法则：MoSCoW

**Must have:** 必须有。如果不包含，则产品不可行。Must Have 的功能，通常就是最小可行产品（MVP）的功能。比如微信的聊天信息、通讯录、朋友圈。

**Should have:** 应该有。这些功能很重要，但不是必需的。虽然“应该有”的要求与“必须有”一样重要，但它们通常可以用另一种方式来代替，去满足客户要求。

**Could have:** 可以有。这些要求是客户期望的，但不是必需的。可以提高用户体验，或提高客户满意度。如果时间充足，资源允许，通常会包括这些功能。但如果交货时间紧张，通常现阶段不会做，会挪到下一阶段做。

**Won't have:** 这次不会有。最不重要，最低回报项目，或在当下是不适合的要求。不会被计划到当前交货计划中。总的来说，“这次不会有”在项目讨论阶段，就会被去除。

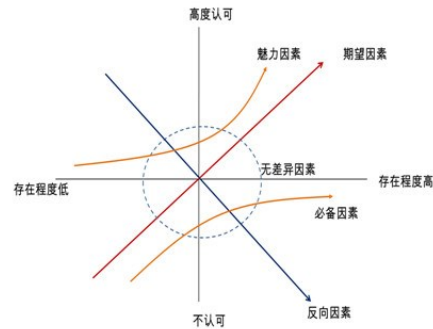
<sup>2</sup> 作者：时间 链接：<https://www.zhihu.com/question/29150111/answer/130141971> 来源：知乎

<sup>3</sup> <https://blog.csdn.net/carolzhang8406/article/details/100660434>



# MOSCOW

**Must be in the product/release** 必须放进产品 / 版本  
**Should be in the product/release** 应该放进产品 / 版本  
**Could be in the product/release** 可以放进产品 / 版本  
**Won't be in the product/release** 不会放进产品 / 版本



## 4. KANO 模型:

日本教授狩野纪昭(Noriaki Kano)在 1984 年首次提出满意度的二维模式，构建出 kano 模型。将影响因素划分为五个类型。

魅力因素：用户意想不到的，如果不提供此需求，用户满意度不会降低，但当提供此需求，用户满意度会有很大提升；

期望因素：当提供此需求，用户满意度会提升，当不提供此需求，用户满意度会降低；

必备因素：当优化此需求，用户满意度不会提升，当不提供此需求，用户满意度会大幅降低；

无差异因素：无论提供或不提供此需求，用户满意度都不会有改变，用户根本不在意；

反向因素：用户根本都没有此需求，提供后用户满意度反而会下降；

## 2. 举例说明模型、开发工具在系统设计开发中的重要性。

### 基于模型的开发方法

#### 1) 可执行、跟踪的技术规范

在基于模型的设计中，系统工程师先建立一个系统模型，即通过数学模型来精确描述用户需求，创建一个可执行、跟踪的技术规范。工程师可以通过这个系统模型，动态地确认系统性能。使每个工程师无歧义地理解并运行系统模型，专注开发模型各个部分，不会因理解不同造成需求丢失、冗余或冲突。

#### 2) 生成定点模型

系统模型与需求之间可建立双向链接，在整个开发过程中，软件工程师可对模型进行需求追踪和测试，将产品缺点暴露在开发初期。根据具体嵌入式器件和实现条件，对系统模型进行细化和功能分区，进行系统测试、设计测试和模型助手测试，验证是否满足需求与技术规范，判断是否还存在缺失的需求，验证是否符合行业标准（如 DO-178B、IEC-61508、MAAB 等），之后再对模型做定点转换，形成简洁、高效的定点模型。

#### 3) 嵌入式代码自动生成

MathWorks 的 Real-Time Workshop Embedded Coder 可以将 Simulink/Stateflow 中的模型自动转换为嵌入式 C 代码，大大降低嵌入式系统的开发门槛。开发人员可以在 Simulink/Stateflow、Embedded Matlab 中建立系统模型、构思解决方案，然后使用 RTW-EC 自动生成优化的、可移植的、自定义的产品级 C 代码，并根据特定目标配置自动生成嵌入式系统实时应用程序。缩短开发周期，避免人为引入的错误。

---

#### 4) 连续测试和验证

基于模型的设计在整个设计过程中都在不断进行测试和验证,工程师利用测试案例追踪系统级模型和需求,检测设计变更导致的系统输出变化,并快速追踪变更来源,通过测试案例还可以了解模型的功能覆盖度。

对于嵌入式系统,还需要测试其实时性,工程师可以使用硬件在环测试嵌入式代码的实时性。通过测试,收集实时数据,相应修改代码参数。硬件在环检测能确保在开发初期就完成嵌入式软件测试,这样在系统整合时,比传统方法检测得更彻底、更全面,从而及早发现问题,降低解决问题的成本。

开发工具以 CASE 工具为例,CASE 工具实际上是把原先由手工完成的开发过程转变为以自动化工具和支撑环境支持的自动化开发过程,为具体的开发方法提供了支持每一过程的专门工具,这不仅解决了从客观对象到软件系统的映射问题,支持系统开发的全过程;还提高了软件质量和软件重用性,加快了软件开发速度,降低了成本。

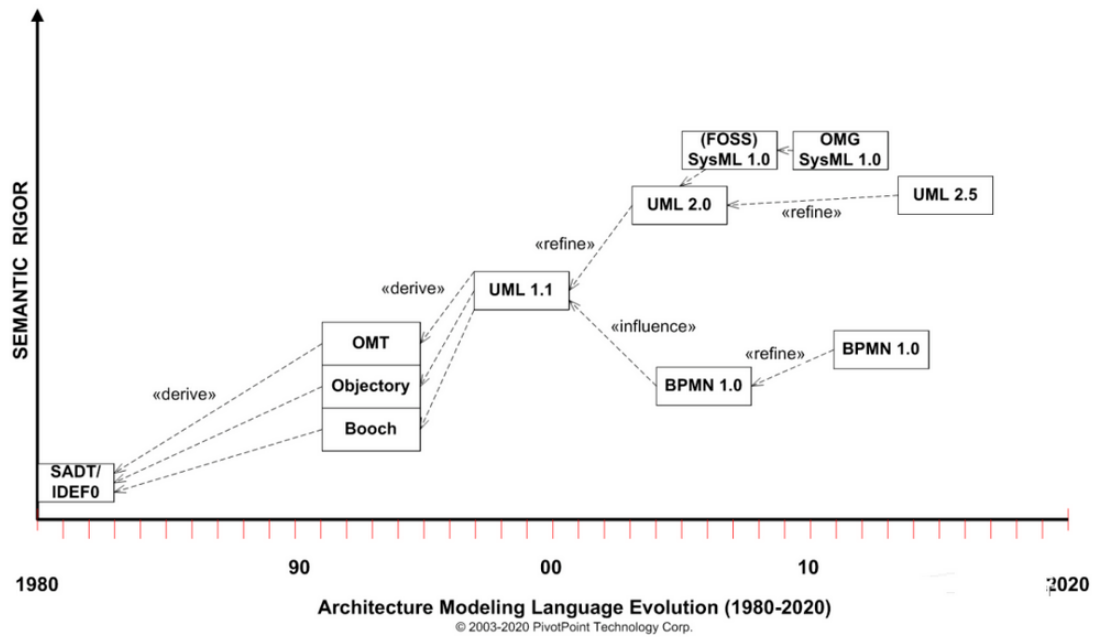
### 3. 简述基于模型的系统工程---OPM 和 SysML。

对象过程方法(OPM)<sup>4</sup>: object-process methodology,是一种用于开发复杂的社会技术系统和知识管理的整体,正式而直观的概念建模方法。OPM 既是一种语言,又是一种方法论。OPM 语言部分由其语法,语义和本体的规范定义。OPM 方法论部分是使用 OPM 语言对复杂系统进行建模的推荐方法的规范,因此适用于基于模型的系统工程(MBSE)以及捕获和管理科学,工程学以及任何其他种类的知识。

SysML(System Modeling Language)翻译过来叫“系统建模语言”。但是它的历史并不长,从下图可以看到它诞生于 2003 年,是由对象管理组和系统工程国际委员会联合开发的。它是从 UML(Unified Modeling Language)中演化而来的,而 UML 主要是用于软件系统工程,后来发现可以拓展到其它系统工程中,于是就从 UML 中选择了部分视图,再加入一些更加通用的视图,就形成了现在看到的 SysML。

---

<sup>4</sup> [https://www.sohu.com/a/398152142\\_653548](https://www.sohu.com/a/398152142_653548)



#### 4. 阐述自己认为在系统设计开发中会遇到的关键问题。

1. 新产品品质问题多；2. 新产品开发时间长；3. 新材料不能及时提供或者频繁更换供应商；4. 开发后设计变更更多；5. 设计的产品成本高；6. 设计的产品难制造；7. 设计错误多；8. 微小差异零部件太多；9. 因客户要求而频繁变更。10. 系统用户需求定义困难。11. 系统的维护复杂和困难。12. 系统设计开发的文档资料不完整和不一致。13. 系统设计开发过程中往往遇到非期望的风险。14. 缺少有效的系统开发成本与效益分析方法。

#### 5. 结合目前国家的“自主可控”战略和典型案例，阐述开源开发社区的发展前景以及 COTS 技术特点与局限性。

大多数开源软件开发都依赖于代码托管平台来进行代码管理和仓储，当前国际主流代码托管平台为美国的 GitHub，因此，国内的大多数开源项目都在该平台上进行代码托管。为了代码管理的安全性和便捷性，建立我国的代码托管平台是非常有必要的。同时为了更加便捷地实现代码的迁移和管理，弥补技术上和管理上的经验不足，国内的代码托管平台应该积极同国际平台接轨，使国外已有的技术和资源得到充分利用。

在这方面，开源中国社区也走在了前列。为了方便国内的开发者下载国外资源，其推出了 Maven 中央仓库，而就在近期，开源中国社区代码托管平台新增加从 GitHub 导入项目的功能，当前已有部分项目实现了双平台托管。互联网向移动互联网的发展趋势已是广泛共识，截至 2014 年 5 月，我国移动互联网用户已达 8.57 亿。随着互联网用户从 PC 平台向移动平台迁移，以开发用户为核心资源的开源软件社区也应该积极向移动平台进行战略转移，抢占先机。此外，还应该看到，移动终端带来的便捷性和及时性使得信息反馈的节奏加快，缩短了代码

---

更新周期，提高了开发效率，对开源软件的开发起到极大的推动作用。积极拥抱移动平台是我国软件产业把握移动互联网发展机遇的重要途径。开源社区的发展正是沿着这个方向不断向前推进，近期开源中国的客户端加快了更新速度，而其代码托管平台的安卓客户端也已经正式发布。

COTS(commercial off-the-shelf)一般译为商用成品产品（技术），COTS产品被理解为商用化产品，可以是材料、系统或子系统。这些产品有相对可以广泛被接受的价格，和固定的流通和销售渠道。最初该技术主要只用于军事领域硬件设备，即利用商业硬件设备去构建各种军事设备。但随着COTS技术的发展，COTS的概念渐渐地进入到了软件领域，出现了COTS软件，这里的COTS软件是指由商家开发的并不是针对某一特定领域的软件，例如：数据库。也可以是针对一些关联紧密的领域，例如：实时系统。

#### **COTS 技术的特点：**

COTS研发的规模经济。每天都有成千上万的工程师在商业技术公司努力工作，推动先进硬件、软件、网络、通信和信息技术安全领域的发展。此项研发投入大部分要通过商业销售来实现利益，通过COST可获得研发收益，主要是“免费”。

COTS为制造业带来规模经济。大型智能手机公司，如苹果将生产数亿台智能手机。因此，与COTS制造相关的成本降低可节省相应的成本。

COTS这种产品设计的原则就是安装简便，并且可以在现有系统部件的条件下运行。COTS软件的最大优点就是它的大量生产以及相对的低成本。

#### **COTS 技术的局限：**

1) 设备可能不够坚固，现场无法使用。这对于那些用在办公室和数据中心环境中的通信设备来说尤其如此。在这种环境中，通信设备被安装在固定位置，并且在空调环境中运行，免受灰尘、热气、雨淋的影响。

2) 设备可能不够节能，不能在现场使用。那些在办公室运行，且依赖公用设施供电的设备来说尤其如此。

3) 设备可能不会被设计成最小尺寸和重量。当某个设备在美国从制造商运送至客户手中时，通常尺寸和重量并不是最重要的，因为设备将一次运送完成。当设备进入战场，需要经常对其进行定位且位置易发生变化。

## **6. 结合工程教育的要求阐述卓越工程师应该注重哪些方面能力培养。**

1. **创新能力。**“历史和实践证明，创新是一个民族的灵魂，是一个国家和地区兴旺发达的不竭动力。只有勇于创新、善于创新，才能有效解决前进道路上遇到的各种新问题，才能推动改革开放和各项建设事业不断向前发展”。人们经过学习和训练会使创造力获得有效提高，创造潜能得到有效开发。

2. **动手执行能力。**我国的高校教育普遍存在重文轻工的现象，长期以来，高校教育往往重视知识的传承，而忽略了学生动手能力和实践创新能力的培养，导致学生缺乏实践锻炼，意志力薄弱，动手能力差。实践能力和动手能力是大学生综合素质的重要构成。

3. **工程审美能力。**世界离不开美，“工程美”的意识在培养学生对美的感受力和提高学生的审美能力中起着重要的引导作用。除了一些共性的“美”的含义，

在卓越工程师培养中，要培育灌输独特的工程视角。

4. **工艺计算能力**。成本控制是现代制造业的一个重要环节，结合专业实践设备的运行进行工艺计算、物料衡算，强调通过物料衡算培养学生对实际工程费用的管控能力，初步养成工程中各种量的概念，也加深学生对节能减排意义的认识。

5. **沟通协调能力**。实验过程中学生按小组工作，各组员相互协助，配合完成实验内容。学生选用相应的设备，设计合理的技术和工艺，实验结束做数据处理分析，写出实验报告，其中各个环节必须很好地沟通协调，学会优化个人的时间安排、实验安排，学习沟通协调能力和解决冲突的能力。

## 第三讲作业

### 1. 需求分析与总体设计

构思一种产品，对其进行需求分析与总体设计，鼓励面向创新创业构思新系统/新点子。

#### 基于大数据分析的网络安全预警平台的设计与研究

随着近些年来互联网的大力发展，网络上的各类攻击及互联网威胁变得越来越多，攻击事件数量急剧上升。从硬件到软件，从系统到网络，从服务器到移动终端，攻击逐渐深入到各个领域，简直无孔不入，同时高级持续性威胁对各类核心系统及网络都造成了非常大的威胁，企业的网络、信息系统、数据都面临严峻的挑战。



#### 功能需求

##### (1) 数据采集及存储

获取网内各类设备的数据信息，实现对结构化及非结构化信息的采集；支持多种类型的日志数据、流量数据的接入；日志采集方式支持 Syslog、ftp、snmp 等

---

协议；流量数据通过流量探针及镜像方式进行采集；系统自动对数据进行规范化处理及统一存储。

#### （2）日志分析

根据分析结果得出威胁事件；支持复杂模型的分析能力；对安全威胁事件可以自动化生成；具备对原始日志数据保存、综合查询能力。

#### （3）流量数据分析

通过流量数据分析发现可疑行为；支持流量数据的查询、统计能力，具备多种统计形式。

#### （4）安全态势展现

对网络安全情况的态势进行多个维度、多种图形方式的展示，如饼图、趋势图等；支持对安全事件、日志数据、设备资产等数据的多维查询及统计结果展现。

#### （5）实时监测

具备攻击威胁检测能力、攻击识别能力；可进行用户追踪调查，进行来源定位；具备机器学习分析检测模型。

#### （6）安全事件管理及关联分析

为用户推送安全事件，能够进行事件处理，并支持批量处理。

#### （7）预警管理功能

可发布预警信息、管理预警信息状态、分析所产生的影响。

### 功能设计

#### （1）数据采集

采集的数据源为网络系统全量数据，包括网络流量、日志数据、资产信息、组织架构、安全域等；数据支持采集方式包括镜像抓包、Syslog、ftp、snmptrap、文件、JDBC、webservice、agent等。

#### （2）数据预处理

1）安全日志过滤。采用ETL对数据统一清洗，ETL在数据清洗环节，根据校验规则，对数据的字段空值约束、字段值类型约束、数据的结构约束（是否字段缺失或者不对），均进行校验处理。在数据转换环节，对数据字段进行字段一致性、字段值转换。清洗和转换环节，对数据的正确性和有效性进行保障。同时通过日志等级对海量日志进行过滤，或根据自定义配置将用户不关心的日志过滤掉，收集到的重复的日志进行自动的聚合归并，减少日志量。

2）流量数据分析。通过流量探针对网络的流量文件进行旁路镜像采集、审计和还原，还原后的流量日志会加密传输至安全大数据中心。流量探针支持全协议审计，包含网络第2层至第7层数据流量，并支持特定的协议或IP进行自定义检测以及支持自定义IP地址、URL、域名与文件的访问监控。

#### （3）大数据分析

在很多安全应用场景中，数据的价值随着时间的流逝而降低，在平台中对正在发生的事件进行实时分析是十分必要的。因此，平台应具备高效低延迟数据处理特性，并内置丰富规则策略库及大量安全分析场景，以便平台更好地开展大数据分析工作，及时发现最可疑的安全威胁。

#### （4）深度感知智能引擎

深度感知智能引擎对多维度的信息和多源数据进行整合、关联、智能分析和预测，帮助安全人员做出最精准的判断和调查，从而提高用户对威胁攻击的发现、防御和调查能力。



### （5）大数据交互式分析系统

解决复杂业务场景的安全分析需求，满足持续威胁事件的分析和溯源，解决复杂数据的存储、查询、分析需求，对存储下来的数据进行交互式分析，通过多次查询分析，逐步逼近问题，最终解决分析问题。

### （6）多维度可视化展现

平台应具备多维度可视化展现模块，能够有效地从多个维度，使用各种可读性高、美观的可视化系统，展现安全态势，为研判、决策及保障网络安全提供有效的支撑。

### （7）攻击威胁预警

通过态势与预警平台，关联分析多维大数据，发现网络中存在的安全事件、安全风险点，并进行实时安全威胁预警。通过工单流程的机制落实威胁攻击预警，实现威胁和安全事件的快速通报预警。

### （8）资产管理

将所有入网的网络设备、安全设备、服务器及其之上承载的操作系统、数据库、应用系统、接口方式、硬件属性、使用维护人员等信息均作为资产管理的内容，提供资产录入、管理、变更等管理功能。

### （9）安全追踪溯源

实现基于安全告警和攻击者的追踪溯源功能，结合大数据关联技术实现对安全告警时间和攻击者的追踪与取证，并提供溯源报表的一键式智能下载。

### （10）威胁情报分析

威胁情报的应用是实现情报价值的关键，通过安全威胁分析与预警平台和威胁情报的集成，实现全网的基于威胁情报的协同联动，发挥平台与情报的最大价值。安全威胁情报管理用于支撑外部威胁的分析和定位，功能包括威胁情报获取、威胁情报输入与维护、外部资产发现和监控、情报关联分析。

## 2. 系统设计开发新模式分析与介绍

### （1）面向对象的方法

面向对象是一种认识客观世界的方法,它把客观世界的事物理解为具有不同属性和操作的对象,把具有某些相同属性和操作的对象抽象为一个对象类,每个具体对象则是此对象类中的一个实例。对象间可以互相通讯,通过继承可以形成新的对象。面向对象设计方法采取由底向上的设计方式,具有极强的可维护性、适应性和很好的重用性,是组织大型软件系统设计、开发和维护的有效方法。

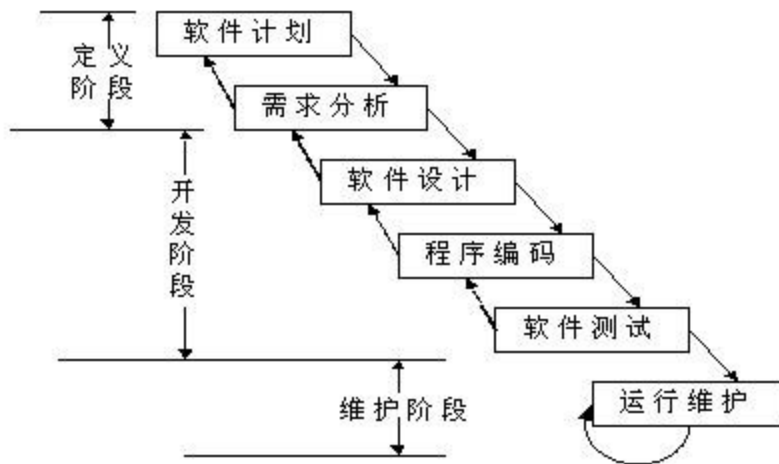
### （2）瀑布模型（Waterfall Model）

瀑布模型是一种比较老旧的软件开发模型，1970 年温斯顿·罗伊斯提出了著名的“瀑布模型”，直到 80 年代都还是一直被广泛采用的模型。瀑布模型将软件生命周期划分为制定计划、需求分析、软件设计、程序编写、软件测试和运行维护等六个基本活动，并且规定了它们自上而下、相互衔接的固定次序，如同瀑布流水，逐级下落。在瀑布模型中，软件开发的各项活动严格按照线性方式进行，当前活动接受上一项活动的工作结果，实施完成所需的工作内容。当前活动的工作结果需要进行验证，如验证通过，则该结果作为下一项活动的输入，继续进行下一项活动，否则返回修改。

瀑布模型优点是严格遵循预先计划的步骤顺序进行，一切按部就班比较严谨。瀑布模型强调文档的作用，并要求每个阶段都要仔细验证。但是，这种模型的线

性过程太理想化,已不再适合现代的软件开发模式,几乎被业界抛弃,其主要问题在于:

- 1) 各个阶段的划分完全固定,阶段之间产生大量的文档,极大地增加了工作量;
- 2) 由于开发模型是线性的,用户只有等到整个过程的末期才能见到开发成果,从而增加了开发的风险;
- 3) 早期的错误可能要等到开发后期的测试阶段才能发现,进而带来严重的后果。
- 4) 各个软件生命周期衔接花费时间较长,团队人员交流成本大。
- 5) 瀑布式方法在需求不明并且在项目进行过程中可能变化的情况下基本是不可行的。



### (3) 快速原型模型 (Rapid Prototype Model)

快速原型模型的第一步是建造一个快速原型,实现客户或未来的用户与系统的交互,用户或客户对原型进行评价,进一步细化待开发软件的需求。通过逐步调整原型使其满足客户的要求,开发人员可以确定客户的真正需求是什么;第二步则在第一步的基础上开发客户满意的软件产品。

显然,快速原型方法可以克服瀑布模型的缺点,减少由于软件需求不明确带来的开发风险,具有显著的效果。

快速原型的关键在于尽可能快速地建造出软件原型,一旦确定了客户的真正需求,所建造的原型将被丢弃。因此,原型系统的内部结构并不重要,重要的是必须迅速建立原型,随之迅速修改原型,以反映客户的需求。

快速原型模型有点整合“边做边改”与“瀑布模型”优点的意味。

### (4) 原型方法

原型方法将系统调查、分析和设计三者融为一体,在获得一组基本的需求初始模型之后,即快速的加以“实现”系统。随着对系统理解程度的加深,再不断地对这些需求进一步补充和细化,对修改补充后的模型再“实现”,依此类推,反复进行,直到用户满意为止。原型方法是一种动态定义技术。它符合人们的“实践—认识—再实践”的认识规律。信息系统的问题空间非常复杂、随机因素较多,用户要求描述通常是模糊的、二义的,甚至是矛盾的。因此,分析和设计过程不能一次完成,往往需要经过多次的反复,才能满足用户的需求。特别是在我国多数企业管理水平不高,规范化程度不强、信息意识薄弱、缺乏计算机应用知识的情况下,原型方法提供了“学习”机制,充分发挥用户的主动性和积极性。

### (5) 演化模型 (evolutionary model)

主要针对事先不能完整定义需求的软件开发。用户可以给出待开发系统的核心需求，并且当看到核心需求实现后，能够有效地提出反馈，以支持系统的最终设计和实现。软件开发人员根据用户的需求，首先开发核心系统。当该核心系统投入运行后，用户试用之，完成他们的工作，并提出精化系统、增强系统能力的需求。软件开发人员根据用户的反馈，实施开发的迭代过程。第一迭代过程均由需求、设计、编码、测试、集成等阶段组成，为整个系统增加一个可定义的、可管理的子集。

在开发模式上采取分批循环开发的办法，每循环开发一部分的功能，它们成为这个产品的原型的新增功能。于是，设计就不断地演化出新的系统。实际上，这个模型可看作是重复执行的多个“瀑布模型”。

“演化模型”要求开发人员有能力把项目的产品需求分解为不同组，以便分批循环开发。这种分组并不是绝对随意性的，而是要根据功能的重要性及对总体设计的基础结构的影响而作出判断。有经验指出，每个开发循环以六周到八周为适当的长度。

### (6) 喷泉模型 (fountain model, (面向对象的生存期模型, 面向对象 (Object Oriented, OO) 模型))

喷泉模型与传统的结构化生存期比较，具有更多的增量和迭代性质，生存期的各个阶段可以相互重叠和多次反复，而且在项目的整个生存期中还可以嵌入子生存期。就像水喷上去又可以落下来，可以落在中间，也可以落在最底部。

## 第四讲作业

### 1. 资料阅读：选读一篇有关系统集成的最新英文期刊论文阅读并概述其要点。

#### A Survey of Computational Intelligence Techniques for Wind Power Uncertainty Quantification in Smart Grids<sup>5</sup>

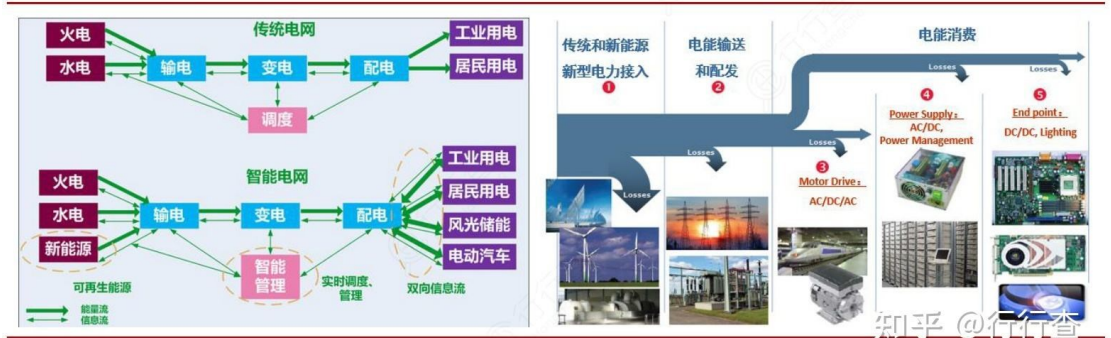
在智能电网风电的不确定性定量计算智能技术的调查

可再生能源的高渗透率被认为是未来智能电网的基本特征之一。风电作为增长最快的可再生能源之一，给电力系统带来了大量的不确定性。这些不确定性将要求系统运营商改变他们传统的决策方式。本文对智能电网中风电不确定性量化的计算智能技术进行了全面调查。首先，引入预测区间 (PI) 作为量化风电预测不确定性的一种手段。比较各种 PI 评价指标，包括综合评价技术的最新趋势。此外，基于计算智能的 PI 构建方法被总结并分为传统方法（参数）和直接 PI 构建方法（非参数）。在本文的第二部分，研究了将风电预测不确定性纳入电力系统决策过程的方法。回顾了三种技术，即随机模型、模糊逻辑模型和鲁棒优化，以及使用这些技术的不同电力系统应用。最后，讨论了未来的研究方向，例如时

<sup>5</sup> Quan H, Khosravi A, Yang D, Srinivasan D. A Survey of Computational Intelligence Techniques for Wind Power Uncertainty Quantification in Smart Grids. IEEE Trans Neural Netw Learn Syst. 2020 Nov;31(11):4582-4599. doi: 10.1109/TNNLS.2019.2956195. Epub 2020 Oct 30. PMID: 31870999.

空和分层预测、基于深度学习的方法以及将预测不确定性估计集成到决策过程中。本调查通过提供智能电网中风电不确定性量化和决策的完整技术总结,使读者受益。

图表 44: 智能电网结构图



来源: 公开资料整理、中泰证券研究所

不确定性量化在管理具有高可再生能源渗透率的智能电网中发挥着重要作用。本调查从 PI 的角度研究了基于计算智能的风电不确定性量化。本文首先介绍 PI 及其绩效评估,包括新提出的综合 PI 评估指标列表。随后,对使用计算智能技术的传统和直接 PI 构建方法进行了回顾,并总结了它们的优缺点。在获得构建的 PI 之后,下一个重要的问题是如何根据这些 PI 做出决策。介绍了使用 PI 的决策技术,例如随机模型、模糊逻辑模型和 RO。此外,还讨论了不同的电力系统应用示例,如 SPF、优化备用、发电调度、存储策略和风电优化招标。最后,对未来的研究方向进行了讨论。研究主题包括时空和分层预测、基于深度学习的不确定性量化方法,以及在决策过程中预测不确定性估计的整合。综上所述,PI 是量化风电不确定性的绝佳工具。计算智能技术在 PI 构建和决策过程中的应用是紧迫的研究方向。这项新颖的调查对于智能电网提高风电渗透率、降低系统规划和运营成本以及降低运营风险具有重要意义。

## 2. 举例说明业务集成、模型集成和算法集成在系统集成中的重要性。

系统集成通常是指将软件、硬件与通信技术组合起来为用户解决信息处理问题的业务,集成的各个分离部分原本就是一个独立的系统,集成后的整体的各部分之间能彼此有机地和协调地工作,以发挥整体效益,达到整体优化的目的。

**业务集成的重要性:** 业务集成是系统集成的最终目的。以图书馆数据库管理系统为例,我们要实现的业务是对图书馆的书籍的借入借出进行管理,对该系统进行集成的最终目的便是为了将图书管理的各项业务进行集成,最终完成图书管理的各项功能的综合与实现,以便于提高图书管理的效率和有序性。

**模型集成的重要性:** 复杂系统开发的主要问题在于模型,系统所有重要知识隐含在模型之中,而且模型提供了系统实现的描述,这种描述可以在不同的目标环境中实现,包括不同软硬件的混合。把精力放在系统模型的研究上,有助于分析系统总体的性能,以便确定系统总体是否满足设计要求。

**算法集成的重要性:** 算法集成是将实现系统各项功能的算法进行简化与集成,从而实现系统功能的集成。如何对系统的算法进行优化,使得算法逻辑在集成后逻辑清晰且功能完备,是系统的核心竞争力。

### 3. 阐述“平行系统/数字孪生系统”和“信息与物理融合系统”概念及其应用。

#### 平行系统：

以农业制造系统为例：通过建立植物生长的人工模型构造植物生长的平行系统，将控制方法用于植物栽培，在制造化受控环境下进行农业生产的制造化，并与市场需求相结合，进行生产的安排和调度。从上面的例子可以看出，平行系统（Parallel Systems），是指由某一个自然的现实系统和对应的一个或多个虚拟或理想的人工系统所组成的共同系统。人工系统是对实际系统的软件化定义，不仅是对实际系统的数字化“仿真”，也是为实际系统运行提供可替代版本（或其他可能的情形），从而实现对实际系统在线、动态、主动的控制与管理，为实际复杂系统管理运作提供高效、可靠、适用的科学决策和指导。



#### 信息物理融合系统（CPS）

作为计算进程与物理过程的结合体，是集传感、通信、计算与控制于一身的下一代智能系统。人们又将 CPS 称为“人-机-物”融合系统，其本质是实现人类在时间、空间方面的延伸控制。

（1）与嵌入式系统相比。CPS 作为物理设备与计算技术的融合体，使得计算对象经历了由数字到模拟、由离散到连续、由静态到动态、由分布到统一的转变，形同网络、控制与嵌入式系统的动态重组与整合。

（2）与物联网相比。CPS 在物理实体互联后实现感知的基础上，更注重对实体设备进行实时、动态的信息控制与信息服务。

（3）与软件系统相比。CPS 侧重的是对各个物理进程的实时控制与反馈。强调了信息处理与交互的动态响应。

Nemanja ZIVKOVIC, Andrija T. SARIC（塞尔维亚施耐德电气公司，塞尔维亚诺维萨德大学）的论文“Detection of false data injection attacks using unscented Kalman filter”指出，状态估计（SE）是现代能量管理系统（EMSs）中最重要的实时功能，容易受到虚假数据注入攻击，无法使用标准的不良数据检测技术对其进行检测。因此，本文提出了实时使用无迹卡尔曼滤波器（UKF）结合基于加权

最小二乘法（WLS）的 SE 算法，以检测状态变量估计之间的差异，借此识别虚假数据攻击。

Mohammad Hasan ANSARI, Vahid Tabataba VAKILI, Behnam BAHRAK, Parmiss TAVASSOLI（伊朗科技大学，伊朗德黑兰大学）的论文“Graph theoretical defense mechanisms against false data injection attacks in smart grids”使用基于图形理论公式的防御机制来减轻智能电网中的虚假数据注入攻击。文中首先讨论了典型智能电网图的特征，如平面性。然后，提出了三种不同的方法求解需要保护的最优测量集合：一种在实践中运行良好的快速有效的启发式算法，一种能保证保护测量集合质量的近似算法，以及一种可找到最优解的精确算法。

Efstathios KONTOURAS, Anthony TZES, Leonidas DRITSAS（希腊帕特雷大学，纽约大学阿布扎比分校，希腊教育学与技术教育学院）的论文“Set-theoretic detection of data corruption attacks on cyber physical power systems”提出了一种集合论方法，可用于在电网的负荷频率控制环路上监测数据损坏网络攻击。基于整体离散时间网络动力学，提取凸面的、紧凑的多面体鲁棒不变集，并将其用作集合诱导异常检测器。

## 4. 结合 80 年代末以及当前制造业全球格局的变革，论述“中国制造 2025”面临的挑战与机遇，结合文献阅读，探讨智能化制造系统的集成框架。

### 机遇：

1.企业经济增长乏力，出口订单下降。从国内大中小型企业发展来看，大型企业受益于国企改革释放红利，“中国制造 2025”等战略影响，经营预期回升，发展前景看好。

2.人口红利逐渐消失，高端制造对外依赖高。人口红利被认为是造就中国经济增长奇迹的重要源泉，十余年前受益于人口红利，“中国制造”迅速崛起。随着人口红利的消失，人工成本在运营成本中所占的比重已经越来越大，严重挤压了企业的利润空间，令企业的生存处境日益艰难。

3.高端制造业人才匮乏。中国进入工业 4.0 时代，将会遭遇相当程度的人才瓶颈，不仅要面临高级人才匮乏的挑战，还面对低端人力过剩的境地。

4.缩短新产品上市周期。由于 CIMS 是一个集成化的生产模式，覆盖了市场分析，经营决策，新产品研制，工程设计，加工制造，库存供应，质量保证，售后服务等整个制造业的活动，并力图三个流的集成。在这种环境的支持下，通过企业信息的快速流动，加快了产品的设计周期。同时，由于设计时参考了产品的可制造性等特征，极大地提高了产品的生产率及销售分配效率。

### 挑战：

1、基础网络设施需要改进要广泛推广 CPS，必须建立能够承载海量大数据交换的高质量宽带网络，而目前国内的宽带网络远远难以胜任，可靠性和覆盖范围对机械工程和自动化工程至关重要，国家需要投巨资将宽带网络大规模升级，从而大大降低网络的延迟时间，提高可靠性、服务质量、覆盖范围及性价比。

2、国内网络安全需要提升智能制造极度依赖 CPS、物联网和大数据，在这些数据中往往包含知识产权和商业机密等关键信息，如何在随时在线、随时可定



位的垂直网络和平行网络中，确保数据不被滥用是需要解决的技术难题。为确保数据安全，一方面国家需要完善相关网络安全的法令和法规，另一方面国家需要有较强的技术实力。目前国家关于数据安全的法令法规比较模糊，无法对未来智能制造所产生的海量大数据实现有效的安全监管。目前国内很多网络安全核心技术和关键设备、以及数据安全的核心设备，都被外国公司所垄断，网络安全前景令人担忧。



3、企业生产模式需要改变对大企业来说，智能制造重点是围绕设计、制造和营销等环节，深化信息技术的集成应用，提高生产设备、生产过程、制造工艺智能化水平，加快工业机器人等先进制造技术在生产过程中的应用，培育数字化车间、智能工厂，推广智能制造生产模式。对中小微企业，重点是进一步完善面向中小微企业的信息化服务体系，解决中小微企业在技术创新、投资融资、人才培养等方面存在的突出困难，降低中小微企业信息化应用门槛，提高中小微企业信息化应用能力和水平，增强中小微企业发展活力。

## 5. 结合案例，阐述商业模式概念及其科创企业成功的重要作用。

商业模式，简而言之就是公司通过什么样的方法或途径赚钱；或者说，是指为使利益各方实现最大化价值，把运行企业的各要素相结合，形成一个快速、高效、完整、有竞争力的系统，通过最大限度的满足客户的需求，实现各利益相关方（包括股东、债权人、员工、客户、供应商等利益相关者）的价值，同时能实现赢利的整体解决方案。

以拼多多为例，拼多多的商业模式就是一种网上团购的模式，以团购价来购买某件商品。比如一件衣服正价 58 元，通过拼团只要 39 元就可以购买。用户可以将拼团的商品链接发给好友，如果拼团不成功，那么就会退货。我们看到许多人会在朋友圈，各个微信群发带有拼多多团购的链接，通过社交网络实现了一次裂变。撇开拼多多平台上的产品质量这一点，单独瞅瞅它的商业模式和营销套

---

路，可能会吊打行业老司机了。

## 第五讲作业

### 1. 结合大数据分析例子，说明数据建模和原理建模的优缺点

#### 数据建模：

数据建模是很多快速开发平台中会有的概念，它主要指的是在物理数据库之上构建一层逻辑的、面向业务的“虚拟数据库”，在接下来的开发过程中全部引用虚拟数据库里的元素即可。

优点：一是可以降低开发的难度，因为不用要求开发人员了解数据结构就能开发，变相的也提高了开发效率，其二是将业务层与物理层，即需求和存储切分开来，使系统的架构更易读、合理。

缺点：因为多了一层，所以在系统运行时会多一层解析，理论上说会降低系统的速度，但实际上也影响不大，其二是这种手段适用于大中型系统的开发，对数据结构简单，就用到几张数据库表的小系统而言，难免会有画蛇添足之嫌。

#### 原理建模：

原理建模，亦称白箱模型。是根据对象、生产过程的内部机制或者物质流的传递机理建立起来的精确数学模型。它是基于质量平衡方程、能量平衡方程、动量平衡方程、相平衡方程以及某些物性方程、化学反应定律、电路基本定律等而获得对象或过程的数学模型。原理建模的优点是参数具有非常明确的物理意义，模型参数易于调整，所得的模型具有很强的适应性。缺点是对于某些对象，人们还难以写出它的数学表达式，或者表达式中的某些系数还难以确定时，就不能适用。机理模型往往需要大量的参数，这些参数如果不能很好地获取，也会影响到模型的模拟效果。

优点：直观，形式简单，准确。

缺点：在样本量较大时，要建模有一定困难。事物之间无任何内在联系，此时，如果根据原始数据的结果，显然是不适当的。

### 2. 选读一篇建模分析文章（鼓励结合自己研究查阅一篇文章）

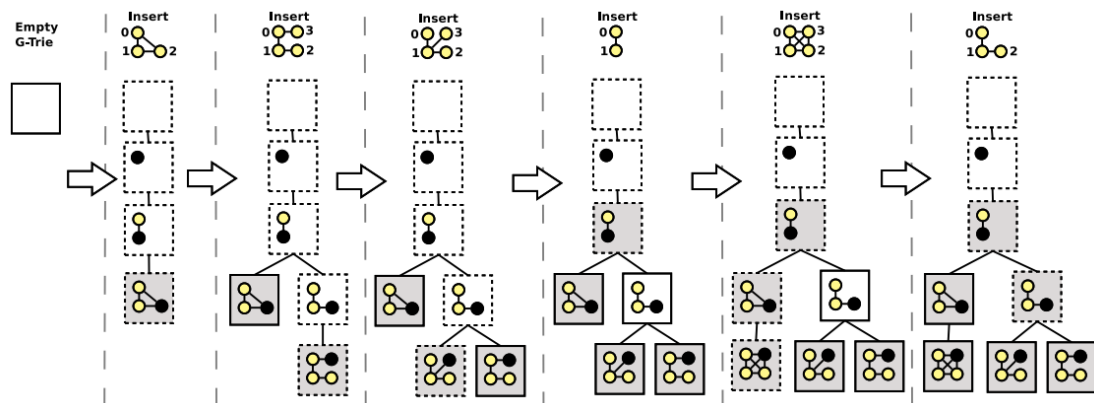
#### Querying Subgraph Sets with G-Tries<sup>6</sup>

使用 g-tries 查询子图集。

在本文中，我们提出了一种通用方法，用于在一个较大的图中查找给定子图集的所有出现。过去的方法要么枚举特定大小的所有可能子图，要么查询单个子图。我们使用 g-tries，一种专门处理子图集的数据结构。G-Tries 将拓扑信息存储在暴露公共子结构的树上。使用专门的规范形式和对称破坏条件，可以对整个子图集进行一次非冗余搜索。我们给出了将 g-tries 查询应用于不同社交网络的结果，表明我们可以有效地找到包含多种大小子图的集合的出现，优于以前的方法。

---

<sup>6</sup> Ribeiro P, Silva F. Querying subgraph sets with g-tries. ACM, 2012:25-30.



我们使用 **g-tries**，这是一种允许存储子图集合的数据结构，具有自定义的规范标签，有助于识别公共子结构。我们描述了如何添加对称破坏条件，以允许在更大的图上对整个子图集进行一次有效的搜索。获得的结果表明，我们的方法不仅是可行的，而且它也显著优于以前的算法。**G-Tries** 最适合我们有大量要查询的子图，以及该查询集中存在常见拓扑的情况。在不久的将来，我们计划将此策略应用于更复杂的网络，包括有向图和彩色图。我们还打算为采样版本、交易准确性以提供更好的执行时间以及所描述算法的并行版本提供全面支持。

### 3. 结合物理学发展历史，阐述基于数据建模和基于原理建模方法的优缺点。

#### 数据建模：

数据建模是很多快速开发平台中会有的概念，它主要指的是在物理数据库之上构建一层逻辑的、面向业务的“虚拟数据库”，在接下来的开发过程中全部引用虚拟数据库里的元素即可。

优点：一是可以降低开发的难度，因为不用要求开发人员了解数据结构就能开发，变相的也提高了开发效率，其二是将业务层与物理层，即需求和存储切分开来，使系统的架构更易读、合理。

缺点：因为多了一层，所以在系统运行时会多一层解析，理论上说会降低系统的速度，但实际上也影响不大，其二是这种手段适用于大中型系统的开发，对数据结构简单，就用到几张数据库表的小系统而言，难免会有画蛇添足之嫌。

#### 原理建模：

原理建模，亦称白箱模型。是根据对象、生产过程的内部机制或者物质流的传递机理建立起来的精确数学模型。它是基于质量平衡方程、能量平衡方程、动量平衡方程、相平衡方程以及某些物性方程、化学反应定律、电路基本定律等而获得对象或过程的数学模型。原理建模的优点是参数具有非常明确的物理意义，模型参数易于调整，所得的模型具有很强的适应性。缺点是对于某些对象，人们还难以写出它的数学表达式，或者表达式中的某些系数还难以确定时，就不能适用。机理模型往往需要大量的参数，这些参数如果不能很好地获取，也会影响到模型的模拟效果。

优点：直观，形式简单，准确。

缺点：在样本量较大时，要建模有一定困难。事物之间无任何内在联系，此

---

时，如果根据原始数据的结果，显然是不适当的。

## 4. 围绕自己研究方向，选读一篇最新的有关系统建模分析的英文学术论文，写出总结分析。

### Querying Subgraph Sets with G-Tries<sup>7</sup>

使用 g-tries 查询子图集。

在本文中，我们提出了一种通用方法，用于在一个较大的图中查找给定子图集的所有出现。过去的方法要么枚举特定大小的所有可能子图，要么查询单个子图。我们使用 g-tries，一种专门处理子图集的数据结构。G-Tries 将拓扑信息存储在暴露公共子结构的树上。使用专门的规范形式和对称破坏条件，可以对整个子图集进行一次非冗余搜索。我们给出了将 g-tries 查询应用于不同社交网络的结果，表明我们可以有效地找到包含多种大小子图的集合的出现，优于以前的方法。

我们使用 g-tries，这是一种允许存储子图集的数据结构，具有自定义的规范标签，有助于识别公共子结构。我们描述了如何添加对称破坏条件，以允许在更大的图上对整个子图集进行一次有效的搜索。获得的结果表明，我们的方法不仅是可行的，而且它也显著优于以前的算法。G-Tries 最适合我们有大量要查询的子图，以及该查询集中存在常见拓扑的情况。在不久的将来，我们计划将此策略应用于更复杂的网络，包括有向图和彩色图。我们还打算为采样版本、交易准确性以提供更好的执行时间以及所描述算法的并行版本提供全面支持。

## 第六讲作业

### 1. 给出一个系统优化模型在自己研究或机器学习算法中应用的例子。

(1) 梯度下降算法：梯度下降算法包括 mini-batch gradient descent、batch gradient descent、stochastic gradient descent。SGD 就是每一次迭代计算 mini-batch 的梯度，然后对参数进行更新，是最常见的优化方法了，即：

$$g_t = \Delta_{\theta_{t-1}} f(\theta_{t-1})$$

$$\Delta \theta_t = -\eta * g_t$$

其中  $\eta$  是学习率， $g_t$  是梯度，SGD 完全依赖于当前 batch 的梯度，所以  $\eta$  可理解为允许当前 batch 的梯度多大程度影响参数更新。

缺点：一、选择合适的 learning rate 比较困难 - 对所有的参数更新使用同样的 learning rate。对于稀疏数据或者特征，有时我们可能想更新快一些对于不经常出现的特征，对于常出现的特征更新慢。二、SGD 容易收敛到局部最优。

---

<sup>7</sup> Ribeiro P, Silva F. Querying subgraph sets with g-tries. ACM, 2012:25-30.

(2) 动量化优化算法: momentum 是模拟物理里动量的概念, 积累之前的动量来替代真正的梯度。公式如下:

$$m_t = \mu * m_{t-1} + g_t$$

$$\Delta\theta_t = -\eta * m_t$$

特点: 下降初期时, 使用上一次参数更新, 下降方向一致, 乘上较大的  $\mu$  能够进行很好的加速; 下降中后期时, 在局部最小值来回震荡的时候, 梯度趋于 0,  $\mu$  使得更新幅度增大, 跳出陷阱; 在梯度改变方向的时候,  $\mu$  能够减少更新总而言之, momentum 项能够在相关方向加速 SGD, 抑制振荡, 从而加快收敛。



(3) 自适应算法: Adam Optimizer 是对 SGD 的扩展, 可以代替经典的随机梯度下降法来更有效地更新网络权重。简而言之, Adam 使用动量和自适应学习率来加快收敛速度。

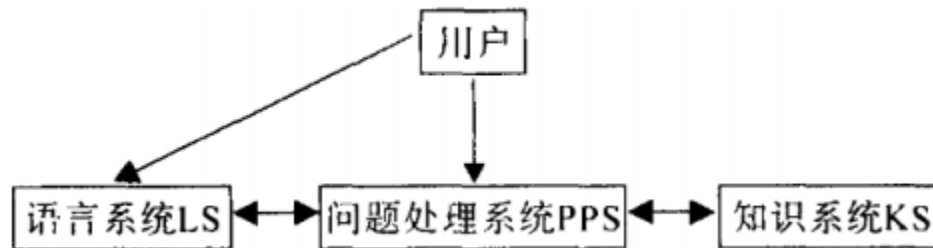
特点: 计算效率高、所需内存小、适合解决含大规模数据和参数的优化问题、适用于非稳态 (non-stationary) 目标、超参数可以很直观地解释, 并且基本上只需极少量的调参。

## 第七讲作业

1. 比照本 PPT 中介绍的决策支持系统, 结合当前人工智能发展, 给出一种智能化 (智慧) 决策系统的设计。

语言子系统是用户与系统联系的工具, 用户的问题通过语言子系统来描述和响应。知识库子系统是 DSS 能够解决用户问题的智囊。它主要包括一个综合性的知识库, 其中存放的是有关问题领域的各种知识(数据、模型等)。问题处理子系统是 DSS 的核心部分, 它完成系统的动态过程, 即接受用户的问题。运用知识子系统的知识, 实现用户问题的求解过程。基于知识的体系结构将专家系统的问题处理技术引入到 DSS 体系结构中来, 克服了 DSS 缺乏知识的弱点, 符合 DSS 智能化发展的趋势。较好地解决了对求解过程的控制。在这个系统结构中, 用户通过语言系统(LS)陈述要解决的问题; 在知识系统(KS)中存放领域知识, 这

些知识应该既包括表层知识和深层知识,也包括描述性知识和表示模型的过程性知识;问题处理系统(PPS)接受  $L_s$  表达的问题,利用  $K_S$  中的知识求解问题。该系统结构以  $K_S$  为核心,而如何构造一个具有广义知识表示和处理能力的  $K_S$  则是它的技术关键。



## 2. 结合应用简述 Bayes 决策方法或马尔科夫决策方法的基本原理。

贝叶斯决策就是在不完全信息下,对部分未知的状态用主观概率去估计,我们称之为先验概率,然后再利用贝叶斯公式对先验概率进行修正,得到后验概率,最后利用期望值和修正概率做出最优决策。贝叶斯决策是基于贝叶斯定理发展起来用于系统的阐述和解决统计问题的方法。一个完整的贝叶斯分析应该包括数据分析,概率模型的构造,先验信息和效应函数的假设以及最后的决策。贝叶斯理论能够有效地综合模型信息、数据信息和先验信息等三类信息,使决策者能够利用更多的信息做出最优决策。

利用贝叶斯决策方法讨论不同行动方案对于不同自然状态所产生的影响,先得到先验期望损失最小的决策方案,再通过追加新信息得到后验期望损失最小的决策方案,只有当收集到的新信息是有益的,决策者才会去增加成本进行新信息的采集,否则只需采用先验期望损失最小的决策方案即可。

MDPs 提供了一个数学框架来进行建模,适用于结果部分随机部分由决策者控制的决策情景。由于其在数学建模或学术发表中经常被用到,这里我们从实用的角度对其做一些归纳整理,案例涉及到大数据应用方面的最新研究成果,包括基本概念、模型、能解决的问题、基本算法(基于 MATLAB 或 R 工具箱)和应用场景。最后简单介绍了部分可观察马尔可夫决策过程(POMDP)。

### (1) 序贯决策(Sequential Decision):

用于随机性或不确定性动态系统的最优化决策方法。

### (2) 序贯决策的过程是:

从初始状态开始,每个时刻作出最优决策后,接着观察下一时刻实际出现的状态,即收集新的信息,然后再作出新的最优决策,反复进行直至最后。

### (3) 无后效性

无后效性是一个问题可以用动态规划求解的标志之一。

某阶段的状态一旦确定,则此后过程的演变不再受此前各种状态及决策的影响,简单的说,就是“未来与过去无关”,当前的状态是此前历史的一个完整总结,此前的历史只能通过当前的状态去影响过程未来的演变。

### (4) 马尔可夫决策过程



---

系统在每次作出决策后下一时刻可能出现的状态是不能确切预知的,存在两种情况:

①系统下一步可能出现的状态的概率分布是已知的,可用客观概率的条件分布来描述。对于这类系统的序贯决策研究得较完满的是状态转移律具有无后效性的系统,相应的序贯决策称为马尔可夫决策过程,它是将马尔可夫过程理论与决定性动态规划相结合的产物。

②系统下一步可能出现的状态的概率分布不知道,只能用主观概率的条件分布来描述。用于这类系统的序贯决策属于决策分析的内容。

注:在现实中,既无纯客观概率,又无纯主观概率。

客观概率是根据事件发展的客观性统计出来的一种概率。主观概率与客观概率的主要区别是,主观概率无法用试验或统计的方法来检验其正确性。

客观概率可以根据历史统计数据或是大量的试验来推定。

客观概率只能用于完全可重复事件,因而并不适用于大部分现实事件。

为什么引入主观概率:有的自然状态无法重复试验。如:明天是否下雨,新产品销路如何。

主观概率以概率估计人的个人信念为基础。主观概率可以定义为根据确凿有效的证据对个别事件设计的概率。这里所说的证据,可以是事件过去的相对频率的形式,也可以是根据丰富的经验进行的推测。比如有人说:“阴云密布,可能要下一场大雨!”这就是关于下雨的可能性的主观概率。主观概率具有最大的灵活性,决策者可以根据任何有效的证据并结合自己对情况的感觉对概率进行调整。

马尔可夫决策过程是一个离散时间随机控制过程。在每个时间步,决策过程处于某个状态  $S$ , 决策者可能选择在  $S$  状态下任何可能的动作  $a$ 。然后决策过程在下一个时间步随机地进入一个新的状态  $S'$ , 同时给决策者相应的 reward, 记为  $Ra(s,s')$ 。

进入新状态  $S'$  的概率会受到决策者选择的动作  $a$  的影响,可以用状态转换函数  $Pa(s,s')$  来表示。因此,下一个状态  $S'$  依赖于当前状态  $S$  和决策者的动作  $a$ 。在给定  $S$  和  $a$  时,  $S'$  和之前所有的状态或动作无关,换句话说具有无后效性。

马尔可夫决策过程是马尔可夫链的一个扩展,区别在于马尔可夫决策过程引入了动作和回馈,即允许决策者进行选择并给予决策者激励。极端情况下,当每个状态都只允许一种动作而且所有的 reward 都相同时,马尔可夫决策过程就变成了马尔可夫链。

MDP 的核心问题是找到每个状态  $S$  下决策者选择的动作去  $D(s)$ 。目标是找到一个函数  $D$ , 使得某些累积量最大化。

## 第八讲作业

### 1. 阅读钱学森等提出的综合研讨厅及其应用方面的文章,结合应用,撰写一篇利用群体智能进行评价和决策的综述。

智能群体决策是指在工程项目前期决策阶段,应用大数据、云计算、互联网等信息技术进行辅助决策,不同决策参与者基于个体偏好和规则判断提出自己的

决策方案,通过对多方案协同整合最终形成一致性或妥协性的方案排序智能群体决策支持系统是在决策支持系统的基础上集成人工智能的专家系统而形成的。郭建锋等应用集成数据挖掘技术与工程决策支持技术构建了智能工程决策平台辅助解决工程决策问题。陈连武提出了面向工程领域的群体决策支持系统,并研究其系统结构、决策方法、决策过程等。吴强围绕如何智能化解解决群体决策中决策问题求解、冲突消解和群体专家决策条件下的组合规则性能等问题展开研究。曾赛星总结现有重大工程研究领域及相关国际热点问题,如重大工程决策治理、智慧现场、社会责任及可持续发展等。

已有研究多数将智能决策与群体决策分开,且未能清晰阐述智能决策与群体决策方法应用于工程项目决策的具体流程及应用效果,现有关于重大工程决策的文献有限,缺乏深入系统的理论研究,智能群体决策如何应用于重大工程项目更有待进一步探究。

决策影响因素复杂性重大工程一般投资规模大, 复杂性高, 建筑体量巨大且建设周期较长, 多为大型公共工程因此较传统工程决策阶段需考虑工程的融资风险、环境生态、地域文化等更多因素, 且路因素对工程建设均具有很大影响因此, 在项目决策期应充分研究、推测并分析决策方案的实施结果。

群集智能优化算法源于对自然界的生物进化过程或觅食行为的模拟。它将搜索和优化过程模拟成个体的进化或觅食过程, 用搜索空间中的点模拟自然界中的个体; 将求解问题的目标函数度量成个体对环境的适应能力; 将个体的优胜劣汰过程或觅食过程类比为搜索和优化过程中用好的可行解取代较差可行解的迭代过程。从而, 形成了一种以“生成+检验”特征的迭代搜索算法, 是一种求解极值问题的自适应人工智能技术。各类优化算法实质上都是建立问题的目标函数, 求目标函数的最优解, 因而实际工程优化问题均可转化为函数优化问题。



## 蚁群算法基本原理

### 一、蚁群算法简述

#### 1、问题背景



计算智能领域有两种基于群智能的算法, 蚁群算法和粒子群算法, 前者模仿蚂蚁觅食, 后者模仿鸟类觅食。

蚁群算法, 又称蚂蚁算法, 是一种用来在图中寻找优化路径的概率型算法。它由Marco Dorigo于1992年在他的博士论文中提出, 其灵感来源于蚂蚁在寻找食物过程中发现路径的行为。

## （一）主要群智能算法

### a. 蚁群算法

蚁群算法(ant colony optimization, ACO)，又称蚂蚁算法，是一种用来寻找最优解决方案的机率型技术。它由 Marco Dorigo 于 1992 年在他的博士论文中引入，其灵感来源于蚂蚁在寻找食物过程中发现路径的行为。蚂蚁在路径上前进时会根据前边走过的蚂蚁所留下的分泌物选择其要走的路径。其选择一条路径的概率与该路径上分泌物的强度成正比。因此，由大量蚂蚁组成的群体的集体行为实际上构成一种学习信息的正反馈现象：某一条路径走过的蚂蚁越多，后面的蚂蚁选择该路径的可能性就越大。蚂蚁的个体间通过这种信息的交流寻求通向食物的最短路径。

但由于基本蚁群算法进化收敛速度慢，且易陷入局部最优或者出现停滞现象等缺陷，国内外学者开展了大量有意义的研究。研究成果主要涉及路径搜索策略、信息素更新策略和最优解保留策略等方面；研究行为主要是进行算法改进或验证。有些改进算法的性能相比基本蚁群算法而言有了较大水平的提高，如最大最小蚁群算法是目前求解 TSP 问题的最好方法之一；有些已成为主流的蚁群算法。

### b. 粒子群算法

粒子群算法源于复杂适应系统(Complex Adaptive System, CAS)。CAS 理论于 1994 年正式提出，CAS 中的成员称为主体。比如研究鸟群系统，每个鸟在这个系统中就称为主体。主体有适应性，它能够与环境及其他的主体进行交流，并且根据交流的过程“学习”或“积累经验”改变自身结构与行为。整个系统的演变或进化包括：新层次的产生（小鸟的出生）；分化和多样性的出现（鸟群中的鸟分成许多小的群）；新的主题的出现（鸟寻找食物过程中，不断发现新的食物）。所以 CAS 系统中的主体具有 4 个基本特点（这些特点是粒子群算法发展变化的依据）：首先，主体是主动的、活动的。主体与环境及其他主体是相互影响、相互作用的，这种影响是系统发展变化的主要动力。环境的影响是宏观的，主体之间的影响是微观的，宏观与微观要有机结合。最后，整个系统可能还要受一些随机因素的影响。粒子群算法就是对一个 CAS 系统——鸟群社会系统的研究得出的。粒子群算法(Particle Swarm Optimization, PSO)最早是由 Eberhart 和 Kennedy 于 1995 年提出，它的基本概念源于对鸟群觅食行为的研究。设想这样一个场景：一群鸟在随机搜寻食物，在这个区域里只有一块食物，所有的鸟都不知道食物在哪里，但是它们知道当前的位置离食物还有多远。那么找到食物的最优策略是什么呢？最简单有效的就是搜寻目前离食物最近的鸟的周围区域。

### c. 其他算法

人工鱼群算法(Artificial Fish Swarm Algorithm, 简称 AFSA)是受鱼群行为的启发，由国内李晓磊博士于 2002 年提出的一种基于动物行为的群体智能优化算法，是行为主义人工智能的一个典型应用，这种算法源于鱼群的觅食行为。

蛙跳算法(SFLA)是一种全新的后启发式群体进化算法，具有高效的计算性能和优良的全局搜索能力。对混合蛙跳算法的基本原理进行了阐述，针对算法局部更新策略引起的更新操作前后个体空间位置变化较大，降低收敛速度这一问题，提出了一种基于阈值选择策略的改进蛙跳算法。通过不满足阈值条件的个体分量不予更新的策略，减小了个体空间差异，从而改善了算法的性能。数值实验证明了该改进算法的有效性，并对改进算法的阈值参数进行了率定。

## （二）应用研究

随着群智能算法研究的不断发展,研究者已尝试着将其应用于各种工程优化问题,并取得了意想不到的收获。多种研究表明,群智能算法在离散和连续求解空间中均表现出良好的搜索效果,更在组合优化问题中有突出表现。蚁群算法最初用于解决旅行商问题。自从在著名的旅行商问题(TSP)和工件排序问题上取得成效以来,已经陆续渗透到其它领域中,如图着色问题、二次分配问题、大规模集成电路设计、通讯网络中的路由问题以及负载平衡问题、车辆调度问题、数据聚类问题、武器攻击目标分配和优化问题、区域性无线电频率自动分配问题等。

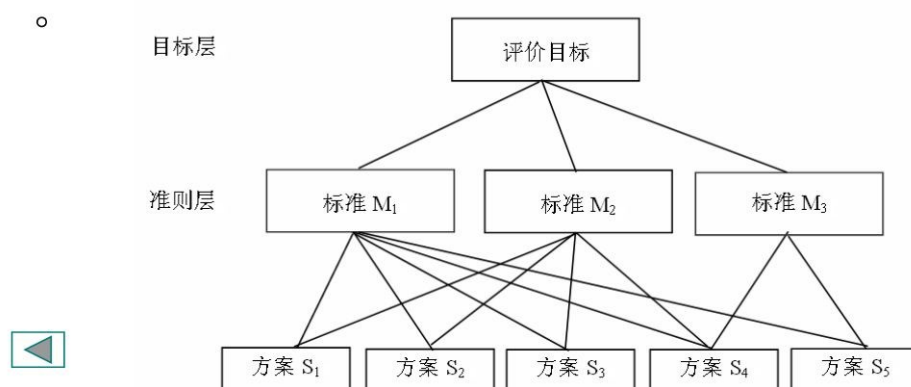
粒子群算法最早应用于训练人工神经网络,Kennedy 和 Eberhart 成功地将算法应用于分类 XOR 问题的神经网络训练。随后,微粒群算法被广泛地应用于函数优化、约束优化、模式分类、参数优化、组合优化、模糊系统控制、机器人路径规划、信号处理、模式识别、TSP、车间调度等工程领域。此外,算法在多目标优化、自动目标检测、生物信号识别、决策调度、系统辨识,以及游戏训练等方面也取得了一定的成果。

人工鱼群算法由于诞生时间不长,其性能、理论基础和应用范围还有待深入研究。目前已有学者将其应用于组合优化、神经网络训练、PID 控制器参数整定、约束优化、电力系统负荷预测、参数估计、数字滤波器设计、多目标优化等问题,并且取得了良好的效果。

## 2. 综述层次分析法近年的研究与应用,举例说明层次分析法在实际问题中的应用。

### 层次分析法 (AHP)

- ❖ 层次分析法(AHP)是美国著名运筹学家、匹兹堡大学的T. L. Saaty教授于20世纪70年代提出的一种评价方法。在解决问题时能对定性分析进行定量转换



层次分析法是美国著名运筹学家萨蒂(T. L. Saaty)作为一种定性和定量相结



---

合的决策工具提出来的, 简称 AHP 方法(The Analytical Hierarchy Process)。它不论在理论上还是在实际运用中, 都得到了迅速发展。AHP 是处理系统工程中一些难于用其他定量方法进行分析的复杂问题的有效方法, 也是一种分析和综合人们主观判断的客观方法。萨蒂的学生 H. Gnoiamnehad 于 1982 年在北京召开的“国际能源、资源与环境学术讨论会”上介绍了这个方法, 目前在国内已得到广泛的推广应用。它先应用于能源问题分析, 后又应用于科技成果评比、地区经济发展方案比较等方面。层次分析法的典型应用为投入产出分析、资源分配、方案选择及评比等, 是系统分析的好方法, 也是一种新的、简洁的、实用的决策方法。

### 层次分析法的基本原理

用层次分析法进行系统分析, 首先要把问题层次化。根据问题的性质和要达到的总目标, 将问题分解为不同的组成因素, 并按照因素间的相互关联影响以及隶属关系, 将因素按不同层次聚集组合, 形成一个多层次的分析结构模型, 并最终把系统分析归结为最底层(供决策的方案、措施)相对于最高层(总目标)的相对重要性权值的确定或相对优劣次序排序问题。在排序计算中, 每一层次的因素相对上一层次某一因素的单排序问题, 又可简化为一系列成对因素的判断比较。为了将比较判断定量化, 层次分析法引入 1~9 标度方法, 并写成矩阵形式, 即构成所谓的判断矩阵。形成判断矩阵后, 即可通过计算判断矩阵的最大特征根及其对应的特征向量, 计算出某一层元素相对于上一层次各个因素的单排序权值; 然后, 用上一层次因素本身的权值加权综合, 即可计算出某层因素相对于上一层整个层次的相对重要性权值, 即层次总排序权值。这样, 依次由上而下即可计算出最底层因素相对于最高层的相对重要性权值或相对优劣次序的排序值。决策者根据对系统的这种数量分析, 就可以进行决策, 或进行政策评价、制定和修改计划、分配资源、决定需求、预测结局, 找到解决冲突的方法等。

这种将思维过程数学化的方法, 不仅简化了系统分析的过程和计算, 而且还有助于决策者保持其思维过程的一致性。在一般的决策问题中, 决策者不可能给出精确的比较判断, 这种判断的不一致性, 可以由判断矩阵特征根的变化反映出来。因而, 这里引入了判断矩阵最大特征根以外的其余特征根的负平均值作为一致性指标, 用以检验和保持决策者判断思维过程的一致性。

### 实际应用:

我国地域辽阔, 地形地貌形态不一, 尤其针对近年来人类活动频次增加, 加剧灾害发生。开展地质灾害危险性评估, 是从本质层面降低灾害带来的不良影响, 地质灾害调查、估测及治理作为现下地学界关注焦点。层次分析法是一种实用性决策方式, 逐步应用于地质灾害危险性评估中, 获取良好的应用成效。

地质灾害危险性评估工作核心目的在于, 对工程活动形成一定的约束, 从源头减轻或杜绝地质灾害对工程建设和运营中不利影响, 以免其造成严重损失, 为工程有序开展提供保证, 确保人民生命安全, 为工程建设运营中防治地质灾害提供完整、可靠性基础数据信息。地质灾害危险性评估任务内容较多, 主要包含以下几方面: 一系统性勘察研究主体目标地形地貌、气象水文、地质构造等条件; 二是明确地质灾害实际类型以及分布状况, 并将其作为基础开展地质灾害危险性评估; 三是分析现下拟建工程可能受地质灾害危险性, 以及后续施工、运营中可能面临的地质灾害, 并掌握其危害程度。四是地质灾害现状评估基础上, 根据工程整体布局等条件, 展开地质灾害危险性分区评估, 并对拟建场地进行适宜性评价。五是依照被研究主体目标开展地质灾害类型、分布及危害性, 结合研究区域内地质环境条件, 提出行之有效的治理及预防相关对策及建议。

---

评估步骤：首先，建立层次结构。根据该项目实际状况，其评估最高目标为地质灾害发生危险性，针对该项目所处实际区域内地形地貌、地质条件等进行分析，加之人工活动频繁，增加地质灾害发生风险。选取该区域内出现频次较高的四种类型地质灾害，将其作为一级目标，最底层目标选取各类影响灾害因素，如岩体结构、降雨强度、人类活动影响。为保证层次结构明晰性，将该区域内实际路段进行划分，一共划分为 12 段。其次，构造判定矩阵。矩阵构建主要为明晰表达各层次要素实际相对重要程度。最后，一致性验证和危险性评估。根据该项目实际状况，为衡量其自身不一致性，需选取有效的一致性指标。当其指标不超过 0.1，矩阵具有较高的一致性，反之为不通过。危险性评估主要需构建完整的影响因素特征指数划分表，根据实际项目状况，完成模型计算权值，将各因素予以叠加，形成最终评估实际结果。

## 第九讲作业

### 1. 阅读下面文献并撰写综述

- ◆ A Declarative Approach for Transforming SysML Models to Executable Simulation Models

- ◆ A System-of-Systems Approach to the Strategic Feasibility of Modular Vehicle Fleets

- ◆ Conceptualization of a System-of-Systems in the Defense Domain - An Experience Report in the Brazilian Scenario

- ◆ Multilevel Modeling of System of Systems

(1)

系统建模语言 (SysML) 是系统工程系统的对象管理组标准。它可以描述复杂的系统模型；但是，它不能有效地支持所有系统工程活动。例如，系统性能评估通常通过仿真进行。在这种情况下，需要将 SysML 系统模型转换为特定仿真方法和工具的可执行仿真模型。模型转换是解决基于模型的系统工程中 SysML 模型仿真无缝集成挑战的关键组件。在本文中，我们探索了一种基于查询/视图/转换关系 (QVT-R) 标准的声明性方法，用于将 SysML 模型转换为可执行仿真模型，完全遵循模型驱动架构 (MDA) 概念。它由实现的框架支持，以提供可执行的仿真模型和代码生成。提供了有效使用 QVT-R 等声明性语言进行模型转换的方法指南，强调了现有特定领域 SysML 配置文件以及可执行仿真库组件的利用。基于对各自 QVT-R 转换的定量分析，讨论了从两个不同领域获得的经验，即企业信息和铁路运输系统，通过 SysML 建模为系统的系统。

事实证明，QVT-R 是一种可调整的支持基础架构，可以构建 SysML 到仿真模型的转换。无论特定领域的系统特性、仿真模型初始化要求和仿真库组件有何差异，这都是如此。因此，它支持框架的规范和开发，如本文介绍的框架，用于在模拟执行自动化、模拟方法整合、建模工具互操作性和与模拟无关的系统模型利用方面利用 MBSE。

考虑到 DSL 的复杂性，弥合映射的概念探索与 QVT-R 转换的开发之间的差距的需求变得明显和新兴。这种映射的渐进式可视化建模，例如，使用扩展的



UML 符号, 可以根据一致、典型和可用的模型实现概念映射的建立, 并导致 QVT-R 转换的自动生成。

## (2)

美国陆军和其他军种地面车辆模块化的价值主张一直是一个持续争论的话题。迄今为止的研究主要集中在制造或维护等单个系统元素上, 缺乏对模块化对整个车队运营和生命周期的影响的整体观点。美国陆军科技界已经证明了大规模、变革性地面车辆模块化的技术可行性, 但模块化的商业案例仍然不完整。模块化和特定任务(传统)车辆平台之间存在多种标准权衡, 例如总生命周期成本、任务效用、人员需求和车队适应性。本文提出了一个系统框架来解决这些权衡问题, 以支持关于地面车辆模块化战略可行性的高层决策。我们通过一个概念示例和对联合战术运输系统(JTTS)的应用来演示该框架, 该系统是美国陆军坦克汽车研究、开发和工程中心的演示项目。在关于模块化车队运营的某些建模假设下, JTTS 研究的结果表明, 模块化可以显著节省成本, 但会增加人员需求。

在合理的建模假设下, 我们在 JTTS 研究中表明, 模块化车队降低了总体运营成本, 但增加了人员需求。然后, 必须在总体成本的背景下考虑减少部队规模的目标。此外, 随着地形类型多样性的增加, 模块化车队在燃料消耗方面的表现往往会稍好一些。类似地, 可以在不同的操作场景和假设下探索其他模块化权衡。

SoS 评估可以扩展到包括生命周期的产品开发和处置部分作为未来的工作。然后, 此扩展可用于指导有关系统架构和产品种类的决策。它还可用于将车队动力学作为具有时间延迟的复杂非线性系统来研究, 以揭示最需要哪些新技术来最大限度地提高车队生命周期性能。

可以使用具有不同建模假设的相同集成方法来研究几种不同的模块化范例。示例包括: 1) 现场与制造设施的模块化; 2) 船队对不同环境状况的多年情景的适应性; 3) 通过模块化与新程序插入技术的机会; 4) 海基地面车队的模块化。对这些想法的继续研究将为模块化地面车队的战略成本效益分析提供进一步的见解。

## (3)

国家主权和保护需要多种相互依存的系统, 共同为国家安全提供庞大的基础设施, 使持续监控成为可能。这些系统确保了机密信息交换, 同时在协同工作并形成称为系统系统(SoS)的联盟时提供更复杂的功能。本文报告了在巴西国防情景中的经验, 将获得的知识以在执行名为 SisGAAz(蓝色亚马逊管理系统)的真正战略项目期间吸取的经验教训的形式外化, 该项目的主要目标是发展巴西海军管理苏氏。特别是, 我们专注于报告我们在此 SoS 架构设计方面的经验, 作为我们项目的质量驱动因素。我们还提出了已经克服的挑战, 以及仍然必须面对的其他挑战。此处传达的结果有助于提供巴西有关 SoS 工程实践的全景图。这些结果很重要, 因为它们报告了学术界和从业人员需要弥合的现状和差距, 不仅在巴西, 而且在全世界, 特别是在那些也正在经历和实施这种技术革命的发展中国家。

关于 SisGAAz 项目, 在概念化阶段之后, 开发阶段计划遵循进化过程模型(迭代和增量)。SisGAAz SoS 的规模要求适应传统的 V 模型。这种新的流程模型允许以迭代和增量的方式实施和部署 SisGAAz SoS。每次迭代都包括处理一个操作区域, 部署一个集成到先前部署的组成部分的组成部分(包含 SisGAAz 要求的一个子集)。每次迭代都根据当地需求考虑运营需求。例如, 里约热内卢和圣保罗这两个不同的地区对同一个运营区域的需求不同, 这就需要特

定的运营要求。

(4)

系统的系统 (SoS) 是一个大规模的集成系统。在 SoS 中, 许多复杂的独立系统为共同的任务共同工作。由于其组成系统的大规模和复杂性, SoS 的建模具有挑战性。在本文中, 基于键图建模方法提出了一类 SoS, 即机电一体化系统的通用建模。债券图建模能够开发一个统一的 SoS 模型, 它结合了 SoS 的行为和组织建模方法。所提出的 SoS 建模方法应用于智能交通系统, 其中考虑对智能自动驾驶车辆 (IAV) 排中的道路交通动态进行建模。最后, 为形成 SoS 的四个 IAV 排模拟了开发的键图模型。

由于 SoS 的大规模和其 CS 的复杂性, SoS 的建模变得具有挑战性, 但对于控制和监督的目的很重要。在本文中, 基于结合了组织和行为建模方法的统一键图建模方法, 提出了 SoS 的多级 (分层) 建模。感谢结合图, 它能够开发统一的 SoS 模型, 用于分析某个级别的 CS 的动态以及其动态对其他级别的影响。运输系统由于其庞大且复杂的独立车辆, 可以被视为 SoS。因此, ITS 被认为是 SoS 的一种应用, 并且基于所提出的键合图建模方法对 IAV 排中的交通动态进行建模。知道在键图建模方法中, 结构分析理论得到了很好的发展, 因此, 在 SoS 的键图模型的情况下, 可以分析结构属性以获得控制和监督利益。对于未来的工作, 通过实验验证所提出的方法很有趣。在所提出的建模的实际应用中涉及的可能挑战可能包括通信延迟和 CS 之间的通信干扰。此外, 对于未来的工作, 优化所提出的模型以计算优化的 CS 数量以实现 SoS 的特定任务是很有趣的。在本文中, 所提出的交通 SoS 模型适用于港口码头等有限空间内的自动驾驶车辆。因此, 使用所提出的方法对高速公路网络的交通流量进行建模对于未来的工作也很有趣。

## 2. 结合上面的文献阅读(鼓励自己检索最新发表的相关学术文献), 举例说明系统的系统的概念及其应用。

系统的系统 (System of System, SoS) 是最初被设计为用于特定且不同目的的独立系统的集合, 它们在 SoS 的框架下能够集成起来以具有解决新的特定问题的能力。

原理: SoS 中的每个子系统都是可以相互独立运行的, 被用以解决自身当初面向的问题。但是, 在其他的某些特定任务中, 这些系统之间存在某种依赖关系, 这种依赖关系使他们在新的任务中彼此协调配合, 组成了一个更大的系统。

应用: 综合防控体系, 互联网, 智能交通系统;

互联网是典型的“系统的系统”, 主要由计算机网络和主机节点构成。主机节点通过协议进行信息交互, 这些协议依靠自愿遵守, 仅有很小的强制性, 强制性仅体现在主要节点达成协议, 实现通信流量控制和观测异常站点。互联网运行的独立性。协调运行通过自愿采用技术标准实现, 标准确定的过程同样遵守自愿原则; 互联网管理的独立性。成员系统独立维护和管理, 大部分由企业按照市场要求开发建设和管理。基于互联网产生新的“系统的系统”, 即万维网(World Wide web, WWW), 最初目的是传输科学数据, 现在已经扩展到商业、政治等多种用途。

