

大数据背景下IPD生产流程的改进机理研究

张 明

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2022年9月29日; 录用日期: 2022年10月26日; 发布日期: 2022年11月2日

摘 要

大数据背景下顾客需求多元化, 生产企业无法满足顾客不断碎片化的需求。针对此种现象, 部分企业提出了集成产品(IPD)的生产模式: IPD是一种以投资成功为目的, 以市场为导向, 通过跨部门团队及流程协同运作, 实施分层异步技术实现, 面向产品包(offering)交付的研发及产品管理体系。但是目前的IPD也存在着部分的问题: 无法精确定位客户需求、生产售后问题没有得到很好的解决以及生产流程多重中心化导致管理不当。对此, 笔者根据理论和实践研究, 提出相应的解决措施: 从客户需求出发生产产品, 将客户需求放在生产的第一位; 将售后放入集成产品开发(IPD)的流程中形成一个完整的产品生产生命周期流程; 进行组织流程改造, 确立以生产部门为中心的组织模式。根据宝洁公司的案例, 运用贝叶斯分析方法, 增加生产流程中的客户参与度, 有效地阻止了宝洁公司业务走向衰落。

关键词

集成产品, 大数据, 客户需求, 生产流程

Research on the Improvement Mechanism of IPD Production Process in the Context of Big Data

Ming Zhang

Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Sep. 29th, 2022; accepted: Oct. 26th, 2022; published: Nov. 2nd, 2022

Abstract

Under the background of big data, customer needs are diversified, and production enterprises cannot meet the needs of customers who are constantly fragmented. In view of this phenomenon, some enterprises have proposed the production mode of integrated products (IPD): IPD is an R&D

and product management system for the purpose of investment success, market-oriented, through cross-departmental team and process synergy, the implementation of hierarchical asynchronous technology, and the delivery of product packages (offerings). However, there are also some problems with the current IPD: the inability to accurately locate customer needs, the problem of production and after-sales service has not been well solved, and the multi-focus of the production process has led to improper management. In this regard, according to the theoretical and practical research, the author proposes corresponding solutions: starting from customer needs to produce products, and putting customer needs in the first place in production; Putting after-sales into the integrated product development (IPD) process to form a complete product production life cycle process; We will transform our organizational processes and establish an organizational model centered on the production department. According to the case of P&G, the use of Bayesian analysis methods to increase customer engagement in the production process effectively prevented the decline of P&G's business.

Keywords

Integrated Products, Big Data, Customer Needs, Production Process

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 正文

大数据时代背景下, 信息技术的不断发展成为高新技术企业发展的又一个经济增长点, 借助计算机与互联网技术进步成为企业市场创新重要的战略资源[1]。在此背景下, 高新技术企业通过搭建信息系统与信息平台, 高效精准获取数据并通过大数据挖掘、抓取与分析技术提升企业治理能力现代化[2]。“十四五规划”提出“企业数字化转型”这一概念, 明确“实体经济数字化转型”的大方向, 通过陆续出台各项政策、专项方案以及指导意见, 促进企业数字化转型高质量进行, 为中国经济由高速发展向高质量发展保驾护航。然而, 日新月异的技术进步和迅速变化的消费者需求使企业难以在资源的获取和技术的先进性方面取得完全的优势[3]。市场环境变化迅速, 顾客需求的多样性大大增强了高新技术企业的风险, 是大数据背景下企业失败率提升的重要因素[4]。针对这些问题, 德国弗劳恩霍夫研究所提出了工业 4.0 的概念, 认为工业 4.0 的逻辑起点是适应竞争环境的快速变化。数字化转型的初心就是如何应对变化, 市场变了、用户变了、产品变了、技术变了, 企业如何适应市场 + 用户 + 产品 + 技术的快速变化; 美国发布《工业数字化转型白皮书》, 指出: 企业数字化转型需要应对来自更广泛市场的压力和竞争。而由于多数高新技术企业都缺乏集成性的系统解决方案, 导致在项目实施过程中面对需要进行应用组合的零散技术工具缺乏系统性措施, 增加了项目失败的概率[5]。

为解决这一难题, 高新技术企业引入集成产品开发(IPd)概念。IPd 应用在新产品开发过程中的重叠部分和相互作用的活动中, 将各种职能的管理者和资源集成到一起, 产生新概念产品, 并将这些概念转化成设计、原型和产品投放市场[6]。IPd 的目的是通过流程重整和产品重整两个方面来达到缩短产品上市时间、提高产品利润、有效地进行产品开发、为顾客和股东提供更大价值的目标。IPD 强调产品创新一定是基于市场需求和竞争分析的创新。为此, IPD 把正确定义产品概念、市场需求作为流程的第一步, 开始就把事情做正确。通过采用跨部门的产品开发团队(PDT: Product Development Team), 通过有效的沟通、协调以及决策, 达到尽快将产品推向市场的目的。为了实现异步开发, IPd 企业通常选择建立可重用

的共用基础模块。由于不同产品、系统之间,存在许多可以共用的零部件、模块和技术,IPd 企业在产品在开发中会尽可能多地采用成熟的共用基础模块和技术,对于产品质量、进度和成本都能够得到很好的控制和保证。因此,IPd 企业通过产品重整,建立 CBB 数据库,实现技术、模块、子系统、零部件在不同产品之间的重用和共享,缩短了产品的开发周期、降低了产品的成本。然而,IPd 企业在面对市场模糊化和顾客需求多样化的风险,常常由于缺乏跨职能的合作以及团队的知识整合,导致生产产品出现缺陷——即与顾客需求不一致[6]。IPd 企业通常会选择建立共用基础模块和平台,由此产生应急管理多中心后的公共价值取向偏差,技术水平的升级不会完全根除风险,相反,技术异化会导致风险水平的相应升级。大数据背景下的区块链技术最终可能异化为在绝对理性主义支配下的牟利工具。于是,区块链为追求最大利益不断突破自身限域以谋求发展,进而催生更大风险[7]。集成产品开发(IPd)由于各部分的分散,因此跨部门的各方为保护自己利益会做出损害其他部门的举动,少数部门发生风险后,便会借助企业内部的跨部门协作触发企业其他部门的潜在风险发生,继而可能会引起 R&D 网络内其他企业发生风险,这种风险级联传播现象,可能导致研发活动无法按预期实现,甚至 R&D 网络的解体[4]。部分学者利用李克特量表法设计问卷,研究各个因素对于成功实施 IPD 的重要程度,发现:知识的共享能够降低新产品开发初期产品设计阶段所产生的缺陷,因此制定产品战略规划,要基于市场的原则,产品规划要有前瞻性、明确定位产品所要面向的客户群[6]。一部份学者在传染病模型的基础上建立了考虑时间延迟的风险传播模型,数值模拟结果表明,降低风险传播率以及网络中企业的异质程度,缩短风险显现的周期有利于网络中风险的最终消除[8]。此外,研究表明,和其他企业建立合作研发关系以缩短研发周期、分担研发风险、获取互补资源,通过正式或非正式的契约关系,建立以研发为目的合作关系网络可以较好的分散风险,增强企业的存活率[9]。

综上,相关研究已经意识到引入集成产品开发(IPd)概念对高新技术企业应对产品生产流程的重要性。然而,目前对于 IPd 的研究还停留在静态的产品生产的单个环节中,而实际上集成产品开发(IPd)是一个动态的生命周期过程,是一个政策制定者、议价者、顾客三方议价的过程。因此,本文在有限理性和信息不对称基础上,将运用演化博弈方法研究政策制定者、议价者、顾客三者行为的动态演化特性,以揭示多主体的协同机制和均衡策略选择,为降低 IPd 企业产品生产流程过程中的风险危害提供可参考的借鉴。

2. IPd 企业的全生命生产周期流程

集成产品开发(IPd)是一套产品研发的模式、理念和方法,其全生命生产周期流程如图 1 所示。从图 1 所示可见,基于 IPd 的产品研发体系将产品生产分为 6 个全过程,其中,对产品开发进行有效的投资组合分析贯穿整个产品的生命周期,在开发过程设置检查点,通过阶段性评审来决定项目是继续、暂停、终止还是改变方向。通常在各个阶段完成之后,要做一次 GO/NO GO 决策(行为学实验),以决定下一步是否继续,从而可以最大地减少资源浪费,避免后续资源的无谓投入,可以有效提高资金的运营效率。

基于 IPd 的产品研发生命全周期是一个动态的产品开发过程。其产品开发流程包括:1) 在初期,一旦认为新产品、新服务和新市场有价值,就会进行产品概念定义,精确定位产品市场。2) 搜集产品市场信息,综合考虑组织、资源、时间、费用等因素,形成一个总体、详细、具有较高正确性的业务计划,使用一种用于了解客户需求、确定产品市场定位的工具——\$APPEALS 进行需求分析。3) 未来市场的定位,对于政策、市场以及顾客导向进行评价分析,其中,政策分析是最重要的一环。4) 共建基础模块,跨部门跨系统协调。不同产品、系统之间,存在许多可以共用的零部件、模块和技术,如果产品在开发中尽可能多地采用了这些成熟的共用基础模块和技术,无疑这一产品的质量、进度和成本会得到很好的控制和保证,产品开发中的技术风险也将大为降低。因此,通过产品重整,建立 CBB 数据库,实现

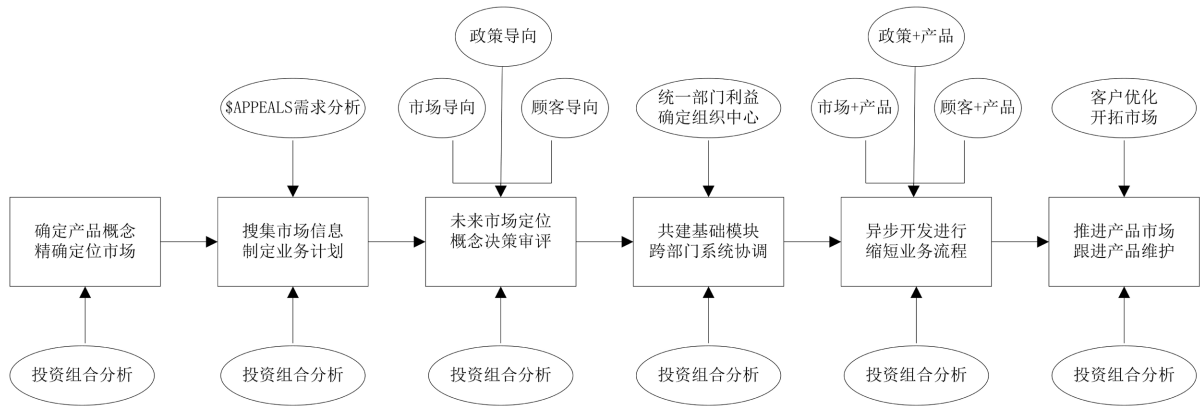


Figure 1. The whole life cycle of product development and production based on IPd
图 1. 基于 IPd 的产品研发生产生命全周期

技术、模块、子系统、零部件在不同产品之间的重用和共享，可以缩短产品开发周期、降低产品成本。

5) 进行异步开发，缩短业务流程。传统的产品开发流程，由于上层技术或系统通常依赖于下层的技术，因此，开发层次之间的工作具有相互依赖性，如果一个层次的工作延迟了，将会造成整个时间的延长，这是导致产品开发延误的主要原因。IPd 的异步开发模式基本思想是将产品开发在纵向分为不同的层次，如技术层、子系统层、平台层等。不同层次工作由不同的团队并行地异步开发完成，从而减少下层对上层工作的制约，每个层次都直接面向市场。通过减弱各开发层次间的依赖关系，可以实现所有层次任务的异步开发。且 IPd 是将客户的需求转化为对产品的需求，从而制定详细的计划。该计划中的各部分将具体划分为每个职能部门的工作，即这个计划不只是研发部门的计划，也是公司各个部门共同的计划。一个产品从概念形成到上市期间会涉及到许多不同的紧密相联的活动，就好像不同职能部门彼此之间是有关系的。同样在一个项目中他们彼此之间的活动也是有关联的，所有的活动加起来就是整个的产品开发。

6) 推进产品市场，实时进行产品维护。IPd 企业大多建立了售后服务代表扩展团队，如图 2。建立售后服务代表扩展团队的目的是获得“售后利润”，其核心含义是“依靠产品的售后服务来获利”。

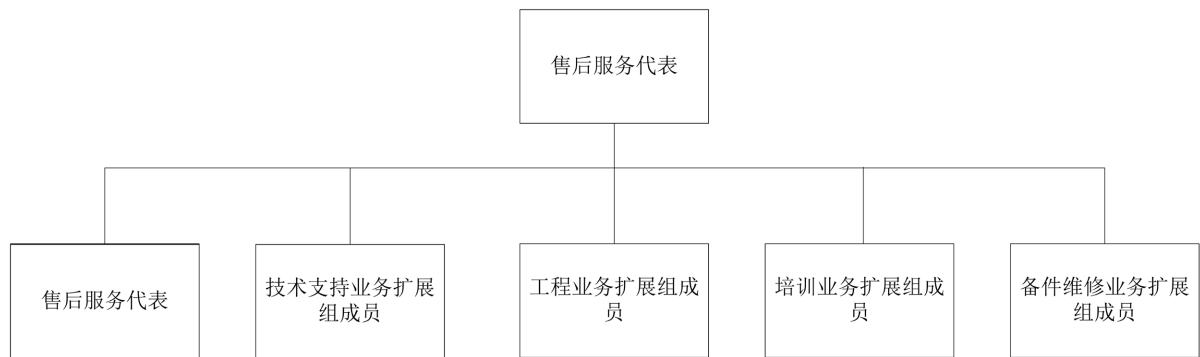


Figure 2. IPd after-sales service representative extension team
图 2. IPd 售后服务代表扩展团队

产品的可服务性是产品的特性之一，它描述了产品对其用户(包括企业内部用户和外部最终用户)在产品安装、维护及其它服务活动的效率与质量等方面的支撑能力；其主要目的是满足(内外部)用户对设备安装、维护的各方面需求，提高产品的竞争力，降低维护成本，提高客户满意度。可服务性需求中的内容既是对 PDT 其他领域(尤其研发领域)所提出的要求和建议，同时也是对售后服务领域自身技术能力提高

的要求。

3. IPd 企业产品生产过程的不足

传统的 IPd 企业采取的是线性过程，因此导致项目开发绩效低以及市场失败[9]。线性过程导致工作流程中缺乏反馈和循环等约束关系，因此整体过程无法突出重点，企业难以专注顾客的要求，这常常导致风险的增加[9] [10]。另外，IPd 企业过分注重项目管理导致项目管理和 workflow 模型之间的数据传输缺乏自动性和实时性，数据无法保证动态一致。而且交付给顾客的时间和组织内部安排的时间不一致，导致项目要么被推迟要么无法及时完成任务，经常无法满足客户的需求[9] [10]。缺乏企业内部的有效沟通也是增加 IPd 企业风险的一个重要原因。虽然 IPd 企业强调跨部门的合作，但是由于实行多头管理，各个角色在产品开发过程中有不同的想法和意见，可能出现多头指挥，让开发人员无所适从，沟通的成本也非常大。同时，这种复杂的管理结构对需要快速迭代的 IT 软件开发也会带来很大制约。开发团队缺乏统一的网络化项目组织和管理环境，协作伙伴缺乏必需的协同工具和协同环境，导致在产品开发过程中不得不采取低层次协同[11]。组织的复杂性是造成缺乏有效沟通的另一个重要原因，由于组织复杂，中间层较多，各种各样的任务从上面下来，落实的方法就是各种各样的会议，所以现在很多研发员工的不少时间都被各种各样的规划、研讨、问题回溯、客户支持等会议占用[11]。IPd 企业对“创意”的把握也是引起风险扩散的原因之一。在传统式的新产品开发系统中，创新的演化是收敛式的如图，新产品创意透过企业内部一层层的筛选机制，淘汰不合理的创意，渐次缩小创意数目，以找到最佳的发展创意[12]。这种方法大大减少了创意的来源，增加了项目初期的复杂程度，项目早期阶段的复杂性和不确定性会使得产品的生产与顾客预期不符，大大增加了目前的 IPd 的风险性[13]。

4. IPd 企业产品生产改进的建议

部分学者结合 CAS 理论，将设计人员作为智能主体，称为设计主体，而设计任务、设计资源等可组成设计主体活动的环境，从而将协同产品开发系统定义为一个由设计主体、设计任务、产品信息、设计资源等对象组成的复杂自适应系统，以多主体建模思想作为建模原理为基础，建立协同产品开发过程动态模型[14]。另一部分学者则从知识集成的角度出发，认为复杂产品研发过程中的知识集成不仅在成员个体层面上进行，而且在团队层面上也进行，并形成螺旋上升的知识集成趋势。知识的共享在组织内部进行，消除绝对壁垒可以有效的让顾客更好的进入组织内部进行交流[15]。由于各个层面内部以及层面之间形成了复杂产品研发团队内部的多层次知识集成系统。因此，对于研发团队来说，知识的流向是双向的，知识在多层介面间进行双向沟通，其知识集成过程更加复杂。这一部分的生产是非常关键的，因此必须需要专业才人来进行识别，不能利用统一的其他方法来识别风险[16]。IPd 企业应该引进顾客参与产品设计，将供应商、经销商以及用户全部参与到产品的研究开发工作中来，按照团队的工作方式展开全面合作在这种环境下合作企业成为整个产品开发中的一分子，其成败不仅影响制造商，而且影响供应商及经销商因此，整个供应链上的企业都会关心产品的开发工作，使得整个链上的产品、信息技术、人力资源得到最佳结合和最好利用[12]。此外，数字时代的来临使得“产品定制”概念越来越深入人心，“互联网+”理念的植入对构建多渠道交互平台和引导客户参与具有促进作用，IPd 企业可以借助互联网、大数据、物联网等技术，与客户之间建立多终端交互平台，引导客户通过多终端，比如 PC 端、平板端和移动手机端等，接入交互平台无时间无地域限制地参与供应链成员企业的互动，在产品设计和生产等阶段与产品制造商进行有效沟通，以便产品制造商更精准地获取客户定制化需求，更快速与服务集成向客户提供更符合需求的 PSS，满足个性化需求的同时提升客户满意度[17]。

5. IPd 企业产品生命周期全过程的构建

传统的集成方法由于过分专注于项目而忽视了活动，为解决这一问题，将产品生产过程进行层次化解构：项目层次 - 任务层次 - 活动层次，如图 3，克服了传统集成方法中项目管理无法对活动工作量、进度等指标进行统计的问题，将活动下沉到客户和市场，构建完整的项目 - 任务 - 活动一体化的体系[10]。针对 IPd 企业中多头管理以及低层次协同问题，部分 IPd 企业引进了柔性管理的方法。柔性管理(Soft Management)从本质上说是一种对“稳定和变化”进行管理的新方略。柔性管理理念的确立，以思维方式从线性到非线性的转变为前提。线性思维的特征是历时性，而非线性思维的特征是共时性，也就是同步转型。从表面混沌的繁杂现象中，看出事物发展和演化的自然秩序，洞悉下一步前进的方向，识别潜在的未知需要和开拓的市场，进而预见变化并自动应付变化，这就是柔性管理的任务。数字化时代的来临，使得顾客需求多样化和市场竞争模糊化，企业越来越难以寻找自身的定位，柔性管理以满足客服需求和偏好为经营导向，不仅为客户提供物品，而且丰富了客户的价值，使顾客在消费时能够获得超值的感受。柔性管理将顾客的需求和偏好放在生产的首位，认为利润蕴含在顾客对物品需求和满足客户偏好之中，只要能够将客户的需求与偏好转化成物品或服务，利润就会是这种转化的一种自然结果。因此，引入“柔性管理”就意味着丰富顾客价值，以客户偏好需求为导向。“柔性管理”以网络式组织取代层级组织，模糊企业间的部门界限，各部门之间是一种融合共生的关系，提高了传递信息的效率，有效加强了各部门之间的沟通，提高了企业对于市场变化的反应速度，使企业能够更快更好地抓住机会。

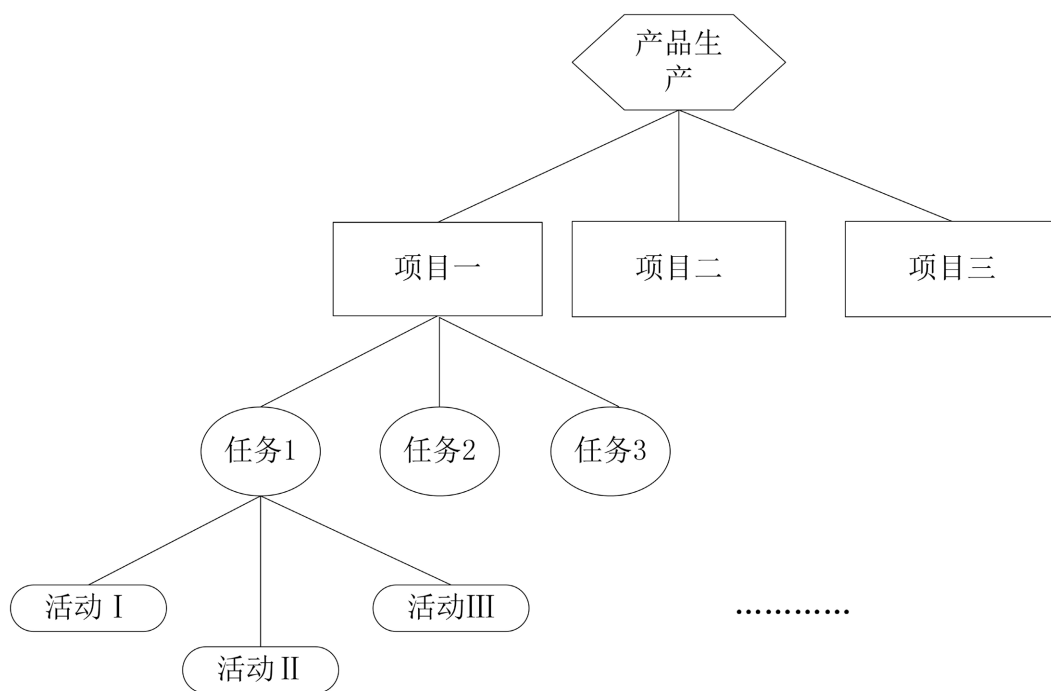


Figure 3. Project structure decomposition

图 3. 项目结构分解

案例：宝洁公司利用贝叶斯方法增加产品的顾客参与度

集成产品开发(IPd)的产品生产流程是由 IBM 推出的一套产品开发的模式、理念与方法，是基于市场和客户需求驱动的集成产品开发管理体系，包括战略流程、支撑体系和团队。目前已经有较多的实践案例。结合本文 IPd 企业目前遭遇的困境，本文选取宝洁公司的案例进行分析，目的是在实践中获取相关

企业在 IPd 实施过程中如何解决相关困境的经验和方法。

宝洁公司(Procter & Gamble)总部位于美国俄亥俄州辛辛那提市,是财富 500 强中第十大最受赞誉的公司。宝洁公司发现:有两个数据让宝洁公司寝食难安。其中一个库存,数据非常之大,在宝洁的分销体系中,有价值 38 亿美元的库存。另一个是脱销量。在零售店或折扣店中最重要的 2,000 种商品中,任何时刻都有 11%的商品脱销。宝洁的产品在其中占有相当的比重。有时没找到所需商品的客户会推迟购买,但很多客户会买别的品牌或干脆什么都不买。急剧变化的环境要求宝洁公司的管理层变得更加敏捷、快速和高效,传统的 IPd 流程已经不适用于当下。因此,宝洁公司建立了一个由全球事业部和区域市场组织构成基本的矩阵组织,在此基础上建立以市场部品牌管理小组为核心的多部门协作机构,实施多头管理的同时又有核心部门,有利于企业更好地进行决策。针对库存巨大且产品滞销的问题,宝洁开始建立消费者驱动的供应网络。“顾客驱动”这一称呼本身就反映了宝洁进行了重大的重新定位。现在供应链始于消费者而非供应者。宝洁的新流程并非围绕供应方,并且也非链状,宝洁打造出了一个能灵活改变、快速适应的网络。宝洁公司通过分析顾客购买习惯,利用贝叶斯分析方法计算出顾客购买各类产品的概率。通过一系列对 IPd 流程的改造、针对数字时代 IPd 企业的风险,宝洁公司成功的摆脱了库存堆积、产品滞销的困境,提升了企业的效率,大大增强了企业的竞争力。

宝洁公司采用了“懒惰训练”(lazy learning)的方法,先不对任何顾客样本进行训练,等到测试样本进入之后再依照测试样本的属性 x_j^* 和当前数据集情的状况计算了单点概率。再给定的测试样本 D 下,将概率分布 $P_\lambda(Y = y)$ 和概率分布 $P_\lambda(X_j = x_j | Y = y)$ 所有可能取值($y \in Y, x_j \in A_j, A_j$ 为第 j 个测试样本属性的取值集合)都计算好分布,然后在测试样本 x^* 来了之后,通过“查表”的方式进行检索,避免了对所有可能属性的单点概率计算,通过 python 语言实现了贝叶斯的分析方法,同时极大的提高了计算的准确率,达到了 0.9 (运行代码附在文章最后)。

训练方法

Input: 样本 $D = \left\{ \{x^{(1)}, y^{(1)}\}, \{x^{(2)}, y^{(2)}\}, \dots, \{x^{(m)}, y^{(m)}\} \right\}$, 样本测试实例 x^* , 其中 $x^{(i)} = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i)^T$, $A_j = \{a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jN_j}\}, x_j \in A_j, Y = \{c_1, c_2, \dots, c_K\}, y \in Y$ 。

Output: 样本测试实例 x^* 的分类

1: 对所有 $c_k \in Y$, 分别计算出单点概率 $P_\lambda(Y = c_k) = \frac{\sum_{i=1}^m I(y^{(i)} = c_k) + \lambda}{m + K\lambda}$, $\lambda > 0$, K 为标签 y 的可能取值数;

2: 对所有 $c_k \in Y, a_{jl} \in A_j$ 分别计算出大点概率

$$P_\lambda(X_j = a_{jl} | Y = c_k) = \frac{\sum_{i=1}^m I(x_j^{(i)} = a_{jl}, y^{(i)} = c_k) + \lambda}{\sum_{i=1}^m I(y^{(i)} = c_k) + N_j \lambda}, \lambda > 0, N_j \text{ 为属性 } x_j \text{ 可能取数值};$$

3: 避免对所有可能的单点进行概率计算

$$y = \arg \max_y P(Y = y | X = x^*) = \arg \max_y \prod_{j=1}^n P(X_j = x_j^* | Y = y) P(Y = y);$$

4: **return** y

综上,通过对集成产品(IPd)流程进行改造,IPd 企业可以降低企业风险,更好地适应顾客需求多样化和市场竞争模糊化的局面。

6. 结论与讨论

IPd (集成产品开发)是所有高科技企业,突破成长瓶颈,快速响应客户需求,提升公司竞争力的一整

套系统的工具和方法。在国外,通过 IBM 的实践,以及在宝洁和波音等大公司的应用,促使 IPD 成为高科技企业产品管理模式的一套标准。在国内,由于华为公司推行 IPD 取得了巨大的成功,吸引越来越多的国内企业竞相模仿华为推行 IPD。但是,这些企业在尚未体验 IPD 带来的好处之前,却因盲目推行带来了诸多问题:1) 过分注重 IPd 的流程,线性流程的复杂性导致生产周期的拉长,反而降低了企业的生产效率,导致客户需求无法跟进;2) 跨领域的人才数量不够,盲目的进行跨部门的合作,为跨部门而跨部门,无法协调多方面的工作,为管理而管理,导致流程制度和实施两张皮。很多工作为了应付流程制度而做市场和生产部门无法协调,导致库存堆积;3) 只关注研发流程,不关注市场和需求,导致产品开发脱离客户需求,为研发而研发,失去市场机会。因此,针对数字社会下的顾客需求多元化和市场竞争模糊化,更需要对 IPd 的流程进行改造,多元化的流程改造才能够落实 IPd 的异步开发需求和企业组织结构的重组。

参考文献

- [1] 王佐. 大数据时代企业竞争力重塑[J]. 中国流通经济, 2017, 31(12): 3-13.
- [2] 金华. 区块链架构下的应急管理: 可能图景、潜在风险与因应之道[J]. 宁夏社会科学, 2021(3): 118-125.
- [3] 孙彩虹, 于辉, 齐建国. 企业合作 R&D 中资源投入的机会主义行为[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(3): 447-455.
- [4] 刘慧, 杨乃定, 张延禄, 等. 考虑企业风险感知的 R&D 网络风险传播建模与仿真[J]. 系统管理学报, 2020(3): 494-501.
- [5] 滕佳颖, 吴贤国, 翟海周, 等. 基于 BIM 和多方合同的 IPD 协同管理框架[J]. 土木工程与管理学报, 2013, 30(2): 80-84.
- [6] 张连营, 索永庆, 刘威. 新产品开发 IPD 管理模式实施的关键因素分析[J]. 科技管理研究, 2015(15): 1-4.
- [7] 辛玉红, 孙延明. 风险传导下的供应链鲁棒性分析与仿真研究[J]. 科技管理研究, 2017, 37(14): 245-253.
- [8] 姚洪兴, 孔垂青, 周凤燕, 等. 基于复杂网络的企业间风险传播模型[J]. 统计与决策, 2015(15): 185-188.
- [9] Sommer, A.F., Dukovska-Popovska, I. and Steger-Jensen, K. (2014) Barriers towards Integrated Product Development—Challenges from a Holistic Project Management Perspective. *International Journal of Project Management*, **32**, 970-982. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.10.013>
- [10] 熊体凡, 田年, 刘清华, 等. 集成项目管理与工作流的层次化过程模型研究[J]. 中国机械工程, 2011(14): 51-55.
- [11] 李彩娟, 段爽月, 张涵, 等. 基于集成服务的协同产品开发按需服务平台[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2008, 31(4): 387-392.
- [12] 王发明. 基于供应链集成的网络式新产品开发研究[J]. 北京工业大学学报: 社会科学版, 2009(3): 18-23.
- [13] Rauniar, R., et al. (2008) Shared Knowledge and Product Design Glitches in Integrated Product Development. *International Journal of Production Economics*, **114**, 723-736. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.03.005>
- [14] 李英姿, 张硕, 张晓冬, 等. 面向主体的协同产品开发过程动态仿真[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(9): 2446-2456.
- [15] Kampker, A., Burggr, F.P., Deutskens, C., et al. (2014) Integrated Product and Process Development: Modular Production Architectures Based on Process Requirements. *Procedia CIRP*, **20**, 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.05.039>
- [16] Stürmlinger, T., Jost, D., Mandel, C., et al. (2020) Impact and Risk Analysis in the Integrated Development of Product and Production System. *Procedia CIRP*, **91**, 627-633. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.221>
- [17] 但斌, 刘墨林, 罗骁, 等. 面向产品与服务差异化集成的产品服务供应链模式与发展对策[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2017, 23(3): 45-51.