**美国联邦储备委员会**

**美国货币监理署**

**模型风险管理监管指导**

**目录**

I.简介 1

II.目的和范围 2

III.模型风险管理综述 2

IV.模型开发、实施和使用 4

V.模型验证 7

VI.管理、政策、和控制 14

VII.总结 17

# I.简介

银行在做大部分的财务决策时都依赖量化分析和模型[[1]](#footnote-1)。他们在广泛的经营活动中例行使用模型，包括信用承付，敞口、金融工具以及头寸评估，风险测量，客户资产的管理和保护，资本和储备金充足性的确定，以及其他许多活动。在近几年里，银行将模型用在更复杂的产品和更有野心的目标上，比如对整个企业的风险衡量。与此同时模型应用的市场也在扩大和改变。监管制度上的变化激发了最近的一些发展变化，特别是美国在巴萨尔银行监管委员开发的框架基础上， 对市场风险、信用风险和操作风险的监管资本规则的改进。即便没有这些监管的考量，银行已持续好几年增加对这些数据导向的量化决策制定工具的使用。

银行在各个方面扩大模型的使用的反映了模型提升商务决策水平所达到的程度，但模型也带来成本开销。将资源致力于开发和执行模型是直接成本。依赖模型也有潜在的间接成本，比如基于不正确或是被错误使用模型做决策可能得到的不良后果（包括经济损失）。这些后果应该通过主动的模型风险管理来解决。

本指导描述了有效风险管理的关键环节。第II部分解释本指导的目的以及范围，第III部分概述模型风险管理，第IV部分讨论了鲁棒模型的开发、实施和使用，第V部分描述了有效模型验证框架的组成部分，第VI部分解释了在模型开发、实施和使用中健全的管理、政策和控制的显著特征。第VII部分进行结论。

# II.目的和范围

本文件的目的旨在为银行提供有效模型风险管理的全面指导。严格的模型验证在模型风险管理中起到了决定性的作用；当然，模型健全的开发、实施和使用也是至关重要的元素。此外，模型风险管理包含一系列的管控机制，如董事会和高级管理层监管、政策和程序、控制和合规，以及适当的激励机制和组织化的结构。

先前的指导，以及由美国货币监理署和美联储发行的关于模型使用的其它出版物都特别着重关注了模型验证[[2]](#footnote-2)。基于过去多年的监管和行业经验，本文件在现有的指导上加以扩展——最重要的是通过扩大目标范围以包含各个方面的模型风险管理。许多银行也许已经对很大部分的指导内容加以实践，但所有银行都必须确保内部政策和程序与本指导包含的风险管理原则和监管期望相一致。具体细节可能银行与银行间有所不同，正如实际运用时应对本指导加以定制，以与银行的风险敞口、商业活动和其所使用的模型的复杂性和程度大小相称。打个比方， 对于相对较少使用模型且只用中度复杂模型的社区银行来说，应用本指导所采取的步骤可能会显著的少于那些使用较多或较复杂模型的较大银行。

# III.模型风险管理综述

在本文件中，*模型*一词是指运用统计、经济、金融或数学理论、技术及假设来处理输入数据得到量化估计的一种量化的方法、系统或途径。一个*模型*包含了3个组成部分： 信息输入部分——将假设和数据投递到模型、 处理部分——将输入转换成估计值、以及报告部分——将估计值翻译成有用的商业信息。满足该定义的模型将可能可以用来分析商业策略，给出商业决策，识别并衡量风险，评估敞口、金融工具或头寸，引导压力测试，评估资本的充足性，管理客户资产，衡量内部限定的履行程度，维护银行正式控制框架，或满足金融或监管报告的要求并发布公开披露。*模型*的定义还涵盖了那些输入的部分、或全部是定性的，或是基于专家判断的量化途径，只要输出在本质上是定量的[[3]](#footnote-3)。

模型是通过观察到的特点、价值和事件来对真实世界关系的简化代表。因为这些关系的内在复杂性，简化是不可避免的；但同时简化也是故意为之的，以将关注点放到被认为是给定模型应用中最重要的特别方面上去。模型质量可以通过很多方法衡量：举例来说，有精确度、准确度、区分力、鲁棒性、稳定性、以及可靠性。没有模型是完美的，对模型质量的合适度量、以及为提升模型质量所应投入的努力都应依情况而定。比如，精确度和准确度与用来预测未来价值的模型相关，而区分力则适用于为风险排序的模型。在所有情况下，理解一个既定简化度和假设条件的模型的能力和局限很重要。

使用模型一定会引入模型风险。这是基于不正确、或被错误使用的模型的输出和报告而做出决策所可能带来的不良后果。模型风险可能导致经济损失、糟糕的经营和策略决定、或损害银行声誉。模型风险的产生主要有两方面原因：

* 模型可能有本质性错误，当背离设计本意和商业使用意图时，可能制造不准确的输出。任何模型背后的数学计算和量化使用都囊括了理论的应用、样本设计和数值方法惯例的选择、输入和估计值的挑选、以及在信息系统里的执行。从设计到执行中的任何一点都有可能出现错误。除此之外，使用捷径、简化或是近似法来管理复杂问题时，可能会折衷计算输出的完整性和可靠性。最后，模型输出的质量取决于输入数据和假设的质量，错误的输入或不正确的假设将导致不准确的输出。
* 模型可能被不正确或不恰当地使用。即使是一个本质健全、能得到与设计目的相一致的准确输出的模型，如果被错误应用或使用的话，也可能会呈现高模型风险 。模型的本质是对现实的简化，真实世界事件可能会证实这些简化的不恰当。倘若模型被用于其设计初衷之外的环境，这一点就更加值得担忧。银行可能是有意这样做，因为要将已有的模型应用于新产品或新市场；或是无意中为之，因为现有的市场条件或客户行为发生改变。决策制定者需要理解一个模型的局限性以避免将它用在与最初意图不一致的地方。局限性有部分来源于模型自身的弱点，归因于其各方面的短处、近似性和不确定性。局限性同时也是模型假设的结果，假设条件可能会将模型范围限制于有限的、特定的环境和情况之中。

模型风险应当像其他类型的风险一样被管理。银行应当识别风险的来源并评估风险的量级。模型风险随着模型复杂度、输入和假设的不确定性、使用范围、以及潜在的影响力的扩大而扩大。银行应当考虑由单个模型以及模型的叠加所带来的风险。影响叠加模型风险的因素有：模型间的交互影响和相互关联，对共同的假设、数据或方法论的依赖，以及其他可以同时给许多模型和模型输出带来不良影响的因素。有了对模型风险的来源和量级的适当理解，下一步就是恰当地管理模型风险。

管理模型风险的指导原则是“有效质疑”模型，也就是说，由客观的、知情的、可以识别模型局限和模型假设、并给出合适修改的其他方来进行批评分析。有效质疑取决于激励机制、能力和影响力的组合。质疑与模型开发过程越好得被隔离，以及质疑有设计良好的补偿机制和公司文化加以支持，提供给模型有效质疑的激励就越有力。能力是有效性的关键所在，因为技术知识和建模能力对引导合理分析和批评是必不可少的。最后，如果没有影响力以确保采取行动处理模型问题，质疑可能无效。这样的影响力来自机构里真正意义上的权利和高度的结合，以及更高管理层的担保和支持。

即便有成熟的建模技术和鲁棒的模型验证，模型风险也不能被消除，因此应当使用其他工具来有效管理模型风险。其中包括确立模型使用的限制条件、监控模型性能表现、随时间不断调整或修改模型、以及运用其他分析和信息来补充模型结论。在不论是在模型的输入或是设计，还是对输出的明确的调整，知情的保守主义都可以是很有效的工具。当然这并不是逃避改进模型的借口。

与其他风险一样，重要性是风险管理模型中一个很重要的考量。如果在某些银行里，模型使用并不那么普遍，且对它们的金融状况影响有限，那么这些银行可能并不需要复杂的途径去管理模型风险就可以符合监管预期。然而，鉴于模型和模型输出会对包括与风险管理、资本和流动性计划有关的决策在内的商业决策产生重要影响，并且模型的失败会对银行的经济状况产生特别有害的影响，银行的模型风险管理框架应该更为广泛和严格。

模型风险管理从鲁棒模型的开发、实施和使用开始。另一个关键元素是健全的模型验证过程。第三个要素是管控，设置有效的框架定义任务角色和责任，清楚阐释模型的局限和假设，以及限制模型使用的权限。以下章节将逐个阐述这三个要素。

# IV.模型开发、实施和使用

模型风险管理应当包含有规范的且博识的开发和实施过程，与模型使用者的情境和目标以及银行政策相一致。模型开发不是一个直接了当或例行公事般的技术过程。模型开发者的经验和判断，以及他们的技术知识，都很大地影响输入和处理组件的恰当选择。当开发者做出这类的判断时，他们的经验以及所受的训练的会影响模型风险的大小程度。此外，模型实践通常是利用经济、金融、统计、数学及其他领域的跨学科活动。由于模型被用于真实世界市场和事件，因此应当依据其商业用途及特定的应用而加以调整。并且，有相当大数量的主观判断被实践在模型开发、实施、使用和验证的不同阶段。这种主观性使得合理全面的模型风险管理过程更为重要，决策者能够意识到这点十分重要[[4]](#footnote-4)。

***模型开发和实施***

有效的开发过程由清晰的目的陈述开始，以确保模型开发与预期用途相匹配。模型的设计、理论和逻辑应被良好地文件化，并有发表的研究和合理的行业惯例加以支持。模型的方法学和实施该理论的处理组件，包括数学说明和数值技巧与近似，应当被详细说明并特别强调其中的优点和局限。开发者应当确保组件如预期运行，适用于预期的商业用途，有合理的概念并在数学及统计学上正确。与可替代的理论和途径进行比较，是合理健全的建模过程的一个基本组成部分。

数据及其他用来开发模型的信息是至关重要的。应当有严格的数据质量和相关性评估，并适当文件化。开发者应当有能力证明这些数据和信息是适用于该相应模型的，并且与该模型背后的理论及所选择的方法学相匹配。如使用替代数据，则应将它们小心确认、论证和记录。如果数据和信息相对银行业务组合和其他特征不具代表性，或是如果前提假设的提出是为了调整数据和信息，那么这些因素应该被合理捕捉和分析，以便使用者意识到潜在的局限。这点对（来自供应商或外部方）的外部数据和信息尤为重要，特别是当这些数据信息与新产品、金融工具或经营活动相关时。

模型开发中的一个组成部分是检验，即评估一个模型的各个组成部分及全部功能，以决定该模型表现是否如预期。模型检验包括检查模型的准确性，证实模型是鲁棒和稳定的，评估潜在的局限性，以及衡量模型在一系列输入值下的反应。模型检验还应当评估假设的影响并辨别在何种情境下模型的表现很差或变得不稳定。检验应在各种不同市场状况的真实情况下，包括不在正常预期范围内的情景，并应囊括模型预期应用于的各种产品或应用。应对输入的极限值进行衡量以识别模型有效性的临界点。当一个模型的结果作为另外模型的输入，该模型结果也应被衡量。检验活动应当包括：检验计划目的，检验计划设计，检验计划实施，包含评注和评价的结果总结，以及对有代表性信息的样本的详细分析。检验活动应当适当地文件化。

检验和分析的本质取决于模型的类型，根据所处背景的不同有不同的评判标准 。比如说，合理的统计学检验取决于模型特定的分布假设和用途。此外，在很多案例中，基于样本信息，统计学检验并不能明确地拒绝错误假设或接受正确假设。不同的检验在不同条件下有不同的优势和劣势。很难有一个检验是充分的，所以银行应当运用不同的检验来开发一个健全的模型。

银行应当确保模型在有更多评判性和定性的方面的开发也是健全合理的。在一些案例中，银行可能会从模型中得出统计输出，然后加以评判性或定性的调整，这也是模型开发的一部分。即使这样的做法是适当的，银行仍应当确保任何这一类作为开发过程一部分所做出的调整是以恰当和系统的方式进行的，并被很好的文件化。

模型通常被嵌入到更大的信息系统，将来自不同渠道的数据流汇入模型，处理所产生的累加，并报告模型输出。模型计算应与信息系统的能力和要求相协调。健全合理的模型风险管理依赖对支持系统的大量投资，以确保数据和报告的完整性。再加上控制和检验，来共同确保模型的恰当实施、系统的有效整合和合理使用。

***模型使用***

模型使用提供了额外的机会来检验一个模型是否有效运行，并评估其随时间推移，在条件和模型应用改变后的表现。模型使用可以算是富有成效的反馈的来源，和对模型有效运行、并反映经济和商业现实有着强烈兴趣的有知识的内部支持者的洞察。模型使用者可以在模型开发过程中提供有价值的商业洞察。还有，受模型输出影响的商业管理者可以质疑模型背后的方法或假设，特别是如果管理者受模型结果显著影响但又对之不认同的话。如果这样的质疑是建设性的，并引发模型开发者解释和论证模型的前提假设和设计，它可能就是健康的。

然而，从使用者处得到的质疑也可能是微弱的，如果模型不能在实质上影响他们得到的结果，如果相应得的模型改变被认为会对业务线产生不良影响，或是如果整体来说模型的改变被认为是代价高昂或困难重重的。使用者的质疑也倾向于不够全面，因为他们关注模型对衡量其商业表现或报酬有着最直接影响的方面，而可能忽略模型的其他要素和应用。最后，这样的质疑倾向于是不对称的，因为使用者较少可能去质疑一个会对他们有利的结果。确实，使用者不正确地相信模型风险低，可能仅仅因为基于模型的决策的结果看上去对机构有利。因此，应对模型使用者的反馈背后的本质和动机仔细衡量，银行也应当从其他独立于使用该模型的商业线的消息源征求有建设性的建议和批评。

被用来制定经营决策的报告在模型风险管理中起到至关重要的作用。这样的报告应当是清晰且全面的，并考虑到决策制定者和建模者通常来自非常不同的背景，而对内容可能有不同理解方式的事实。为不同输入值情景和假设值提供一系列估计的报告可以为决策制定者在模型的准确度、鲁棒性、稳定性、以及有关模型局限性的信息上提供重要指示 。

对模型不确定性和不准确性的理解，以及银行为之做出合理说明的证明，是有效的模型开发、实施和使用的重要结果。因为按照定义，模型是对现实不完美的代表。所有模型都有一定程度的不确定性和不准确性。这种不确定性和不准确性有时可以被量化，比如，通过评估不能被观测到、或是不能被完全植入模型的因素的潜在影响，或是通过统计模型的点估计所处的置信区间。确实，使用一系列的输出，而不是一个单一的点估计，可能是表达模型不确定性并避免假性精度的有效方式。其他时候，只有可能对模型不确定性和不准确性做定性评估。不论是哪种情况，对银行来说，为保守起见，可以明确调整模型输入或计算方式以得到更为严峻或不良的模型输出，来谨慎承担模型的不确定性。对模型不确定性的说明还可以包括在判断上的保守调整、降低对模型输出的关注度、或确保模型只在有其他模型或方法加以补充时才被使用[[5]](#footnote-5)。

虽然保守使用模型在整体来说是谨慎的，但银行在将保守主义广泛应用、或是申明要进行保守调整或附加来应对模型风险时应当小心，因为这样的保守主义对复杂模型的影响可能不是那么明显或直观的。一个模型中显得保守的方面，与可替代的方法相比较时，可能就不再是真的保守。比如，简单在一个给定模型分布中选取一个极值点，如果这个分布在最开始就是被错误估计或错误设定的，那么这个点就有可能不是保守的。此外，最初的保守假设随时间推移可能不再保守。因此，银行应当有关于保守的定义和衡量方式，并传达给模型使用者，来证明并证实其模型输出是保守的主张。在一些案例中，敏感性分析或其他类型的压力测可以被用来证明一个模型确实保守。另一个银行可以选择保守的办法是持有额外的缓冲资本，以保护模型风险可能带来的潜在损失。然而，如果保守主义被当作阻拦银行努力改进模型的办法，那么它就可能变成恰当的模型开发和应用的阻碍。此外，过度保守主义可能导致模型使用者低估模型输出。

正如本章节所述，鲁棒模型的开发、实施和使用对模型风险管理来说是重要的，但仅仅有模型开发者和使用者理解和接受模型并不够。因为模型风险最终会作为一个整体由银行承受，银行应当使用健全的模型验证过程来客观地评估模型风险以及相关的成本与收益。

# V.模型验证

模型验证是用来核实模型表现如预期，且符合其设计目标和商业使用的一整套过程和活动。有效的验证帮助确保模型是健全的，同时也帮助识别潜在的局限性和前提假设，并评估它们可能的影响。和其他方面的有效质疑一样，模型验证应当由有合适激励、能力和影响力的职员执行。

模型的所有组成部分，包括输入、加工和报告，都应当经过验证。这一点同样适用于内部开发的模型和从供应商或咨询顾问那里购买或开发的模型。验证的严格度和复杂度应与银行总体使用模型的情况、其模型和的复杂度和重要度、以及银行经营行为的大小和复杂度相称。

验证包含与模型开发和使用在一定程度上的相互独立。一般来说，验证应当被不负责开发或使用、且对模型是否被定为有效没有利害关系的人来做。独立性本身不是最终目的，而更算是帮助确保激励措施与模型验证的目标相匹配。尽管独立性可能可以通过分隔报告关系而获得，但还是应当通过活动和结果来评判独立性，因为可能会有额外方法来确保客观性并防止偏见。从实践上来说，一些验证工作若由模型开发者和使用者来进行的话可能最为直接；然而，将这样的验证工作拿去一个独立方，由他们进行额外的工作来确保合适的验证才是模型验证的本质所在。总体来说，这个过程的质量是通过让模型接受评论的方式而做出判断，可以通过评价证明文件的深度和清晰度、由客观的其他方识别的问题，以及管理者处理模型问题所采取的行动来决定。

除了独立性之外，银行可以支持模型验证的合适激励机制，将补偿机制和表现评价标准与模型验证质量、复审的重要和无偏程度紧密相连。此外，如果企业文化能建立对客观思考的支持，并鼓励对决定的质疑和挑战， 那么它也发挥了作用。

做模型验证的职员应当有必备的知识、技能和经验。鉴于很多模型在结构和应用上的双重复杂性，可能需要高级别的技术专业知识。这些职员同时也应当非常熟悉使用该模型的业务线以及模型的预期用途。模型开发者是重要的信息来源，但是不能依赖他们为客观的或唯一的来源来进行模型质量评估。

进行验证工作的职员应当有明确的授权来挑战开发者和使用者，并提出他们的发现，包括模型的问题或局限。这些职员所报告的个人或单位应当在银行里有足够的影响力或高度以确保任何的问题和不足都可以以及时的、有实质意义的方式被适当处理。这种影响力可以反映在汇报关系、职位、等级、或是被任命的职责上。影响力可以通过实际事例的一种模式来证实，即验证的结果是模型或模型的使用被适当修改。

第一次使用模型之前进行的验证活动的范围和严格度应当与使用该模型呈现的潜在风险相匹配。如果验证过程的结果记录了显著的模型缺陷，在这些问题被解决之前，模型应不允许被使用，或是只有在非常严格的限制条件下才允许使用。如果缺陷太严重而不能在模型的框架范围内被解决，该模型应被驳回。如果在模型使用之前由于缺少数据或有其他限制而无法实现必要的验证活动，则应该在报告中记录下这一情况并和使用者、高级管理者以及其他相关群体进行沟通。在这种情况下，应当有其他的修正控制来来中和模型结果的不确定性。这点特别适用于新模型，以及对已有模型的新应用。

验证活动在模型开始使用后仍应当持续进行，追踪已知的模型的缺陷并识别新缺陷。验证是在良好的经济金融环境下对模型使用的一项重要检查，因为经济良好时，对风险和潜在的损失的估计可能变得过于乐观，且手边的数据可能不能完全反映有更多压力的状况。持续的验证活动帮助确保市场、产品、敞口、经营活动、客户或行业惯例的改变不会造成新的模型缺陷。比方说，如果信用风险模型不能及时囊括承保变化，有缺陷的、代价高的经营决策可能在模型表现退化变得明显之前被制定。

银行应当对每个模型进行定期复审——至少每年一次，但如果被授权的话也可以更频繁——以测定模型工作是否与预期相符，并决定现有的验证活动是否足够。这样的测定可以简单地证实之前的验证工作、提出对之前验证工作的更新建议，或是要求额外的验证工作。模型的重大变化也应当被验证。对银行来说，确认所有模型在某些固定的间隔点都经过完整的验证过程、并对所有活动的文件进行更新是个好做法，这在下一章中将有所描述 。

有效的模型验证通过识别模型错误、给出纠正措施及合理的使用方法来帮助减少模型风险。同时，根据模型所基于的假设、理论以及方法，有效的模型验证还可以提供一个给定模型的可靠性评估。这样，它也提供了模型风险来源及程度的信息。通过分析在预期值或预测值周围的结果分布，验证还可以揭示随时间变化，模型表现的退化，并设立可接受的错误程度的界线。如果模型结果一致落在可接受范围之外，那么该模型应被重建。

***全面的模型预测的要素***

一个有效验证的框架应包含三个核心元素：

* 评估概念的合理性，包括模型开发的证据
* 持续监控，包括过程核实和基准测试
* 结果分析，包括回溯测试

1. 评估概念的合理性

该元素包含评估模型设计和结构的质量。它需要复审支持该模型所用方法和所选变量的文件和经验证据。文件和测试应当传达对模型局限和前提假设的理解。验证应当确保在模型设计和构建时所使用的判断力是深入的、仔细考量的，并与发表的研究和合理的行业实践相一致的。开发的证据应当在模型被使用前进行复审，并成为持续验证过程中的一部分，特别是当模型有重大改变的时候。

正如第IV部分中所述，一个合理健全的开发过程应当有文件化的证据来支持所有的模型选择，包括整体理论框架、主要假设条件、数据、以及详细的数学计算 。作为模型验证的一部分，这些模型部分应遵从批评分析，对开发证据的质量和程度进行双重评价，并在需要的时候引导额外的分析和测试。与可替代的理论方法的比较也应包含在内。主要的假设和变量的选择应被评估，分析它们对模型输出的影响，并特别关注任何潜在的缺陷。根据模型类型的不同，应对建立模型所使用数据的相关性进行评估，以确保它们合理代表银行资产组合或市场状况。这对使用外部数据的银行，或是要将模型应用在新产品或新经营活动的银行来说格外重要。

对适合的特定模型，银行应当在模型开发和验证中使用敏感性分析来检察输入值和系数上的细微变化对模型输出造成的影响，以确保它们仍落在预期范围之内。若细微的输入值变化造成输出值在预期之外的大变化，可能预示模型不稳定。作为敏感性分析的一部分，把一些输入值同时改变，可提供预期之外的相互作用的证据，特别是当相互作用复杂且在直觉上并不显而易见时。银行得益于对模型进行压力测试，检察在大范围的输入值和系数值包括极值上模型的表现，来核查模型的鲁棒性。这样的测试通过确认输入的可接受值域、以及模型可能变得不稳定或不准确的条件，来帮助确定模型性能表现的边界 。

管理层对敏感性分析和其他量化测试结果的使用应有清晰计划。如果测试表明模型在某些环境下可能是不准确或不稳定的，管理层应考虑修改模型的某些特性，减少对输出结果的依赖，对模型使用设置限制，或开发新途径。

在模型开发中使用的定性信息以及判断力应被评估，包括逻辑、判断力、使用信息的类型，来确立模型概念上的合理性，并设置模型使用的合适的条件。验证过程应当确认定性的、判断性评估是以合适的、系统的方式进行，被很好的支持和文件化。

2. 持续的监控

验证过程的第二个核心元素是持续的监控。这样的监控证实模型被恰当实施，并按预期被使用和表现。

持续的监控是非常必要的，它评估产品、敞口、经营活动、客户以及市场状况的改变是否需要模型的调整、重建、或替换，并查证模型超出其原本范围的所有延伸是否合理。作为持续监控的一部分，任何在模型开发阶段确立的模型局限都应随时间被定期评估。当模型在生产系统中被第一次实施于真实商业用途时，监控随之开始。监控应随时间定期持续进行，其频率应与模型的特性、新数据或建模方法的可用性、以及所包含风险的量级相匹配。银行应当设计可持续测试和评估模型表现的程序，以及应对任何可能出现的问题的程序。该程序应包含过程核实和基准测试。

过程核实检察是否所有模型组件如设计般运行。包括核实内部和外部数据输入始终准确、完整、与模型目的和设计相符、且是可得到的最高质量。执行模型的计算机代码应服从严格的质量和变化控制程序以确保代码正确，除被授权的有关方外，其他人均不能修改代码，并且所做的改动都应记录在案、以备审核。系统整合可能是个值得特别关注的挑战，因为模型处理组件常提取各种不同来源的数据，加工处理大批量的数据，然后将它们喂进多个数据存储器和报告系统。用户开发的应用，比如电子表格、或特别的用来产生量化估计的数据库应用，特别容易发生模型风险。随着信息的内容和构成随时间变化，系统可能需要更新以反映任何数据或数据使用上的变化。由模型输出得到的报告应被视为验证的一部分加以复审，以证明其准确性、完整性和信息性，以及报告中是否有恰当的指标反映模型的表现和缺陷。

许多在模型开发时做的测试应被持续、定期监控，以在额外的信息变得可用时将它们纳入其中。新的经验证据或理论研究可能建议有修改甚至替换原始方法的需要。分析包括有第三方供应商提供的信息在内的内部和外部信息来源的完整性和适用性，应定期进行。

敏感性分析和其他对鲁棒性和稳定性的检察也同样应被定期重复进行。它们在持续监控中可以和它们在模型开发中一样有用。如果模型只在特定范围的输入值域、市场状况、或其他因素里才表现良好，那么该模型应当被监测以识别当接近或超过这些约束条件时的状况。‘

持续的监测应当包含对重写的分析并加以恰当的文件化。事实上使用任何模型，根据模型使用者专业判断力的不同，都会有模型输出被忽视、修改、颠倒的情况发生。这样的重写表明，在某些方面模型没按预期运行或是有缺陷。银行应评估重写的原因并追踪和分析重写的表现。如果重写的比率高，或是重写的过程中模型性能不断被改进，这通常是一个迹象表明底层模型需要被修正或重新开发。

基准测试是可替代的内部或外部数据或模型，与给定模型的输入和输出的对照。基准测试可以被加入模型开发和持续监控中。对于信用风险模型，基准测试的例子包括来自供应商公司或行业合作的模型，以及来自信用零售处的数据。证券和衍生品的定价模型通常可以与可替代的模型进行比较。可替代模型通常更准确或更全面，但若每天运行过于耗时间。不论来源何处，基准模型应当是严格的，基准数据应当是精确且全面的，这样才能确保一个合理的比较。

模型输出和基准点间的差异应触发对差异来源和程度的调查，并检察给定对照的性质，它们是否在预期或合适的范围内。这些分析的结果可能建议对模型进行修正。但是，差异并不一定表明模型有错误。基准点本身是可替代的预测，差异可能是因为使用不同的数据或方法。如果模型和基准点匹配得很好，那就是支持模型的证据，但应注意小心解读以保证银行得到的不是假性安慰。

3. 结果分析

验证过程的第三个核心要素是结果分析，将模型输出和相应的真实结果进行比较。比较的准确性质取决于模型目标，并可能包括对模型估计或预测的精确度的评估、对排序能力的评估、或其他恰当的测试。在所有情况下，这种对照通过建立有关意图目标的实际结果的预期范围，并评估两者间被观察到的差异的原因，来帮助评估模型性能。如果结果分析证明模型表现不佳，银行应采取行动处理这些问题。结果分析通常依赖统计学测试或其他量化方法。结果分析还可以包含专家判断来检查所得结果背后的直觉，并确认结果是说得通的。当一个模型自身依赖专家判断时，定量结果分析可以帮助评估专家判断的质量。结果分析应持续进行，来测试模型是否始终与设计目标和商业使用相匹配。

在结果分析中可以使用各种定量和定性测试和分析技术。技术的选择应基于模型的方法论、复杂度、数据的可获得性、以及对银行来说潜在的模型风险量级。结果分析应包含一系列的测试，因为任何单个测试都会有不足。比如说，一些测试相对来说在检查模型的排序能力、或分隔观察值时表现较好，而其他测试则在检查预测的绝对准确性上表现良好。测试应依情况而设计，因为不是所有测试都会在每个环境下有效或可行，应注意对每个特定模型选择相适应的结果分析类型 。

考虑到新数据或新技术，或是因为模型性能的退化，模型是被定期调整的。类似的，结果分析通过用所实现的结果对比检测原始的和经过调整的模型预测，为模型调整提供了一个重要测试。如果经过调整的模型并不优于原始模型，开发者、使用者、以及复审人员应意识到，在经调整的模型取代原始模型之前，很有可能需要额外的改动——甚至是一个全新的重新设计。

回溯测试是结果分析的一种形式；具体来说，它包含在一个没有用于模型开发的样本时期，用与预测范围或模型性能窗相吻合的观测频率，将真实结果与模型预测的比较。这种比较通常借助预测值的预期范围或者模型预测值周围的统计置信区间来进行。当结果落在这些区间之外时，银行应分析有显著量级和频率的差异并调查原因。分析的目的是为了确定差异是否来源于模型要素的遗漏，或是模型设定其他方面的错误，如交互作用项、线性假设，抑或是这些差异仅仅是随机产生的，因而是可接受的模型表现。分析样本内匹配度和模型在保留样本（留出数据不用于估计原始模型）中的性能表现，是模型开发的重要部分，但并不能取代回溯测试。

回溯测试一个广为人知的例子是评估风险价值（VaR)，将真实盈亏与模型预测的损失分布进行比较。预期和真实表现的显著偏离，以及交易活动的盈亏中无法被解释的波动，可能表明给定的方法不能充分测量对冲与定价的关系。如果测量损失的频率超出一个单位风险价值（VaR）百分位估计量，银行应使用其他测试，比如评估异常值的聚集，并检查在其他估计量百分位的损失分布。

就算是高质量、精心设计的回溯测试，分析其结果仍可能是挑战，因为回溯测试不是直接、机械、总能给出清晰明了结果的过程。回溯测试的目的是为了测试模型，而不是单个的预测值。回溯测试可能需要分析某个时间点或多个时间段不同情况的大量预测值。统计学测试在这样的案例中是非常重要的，但是这样的测试对选取的恰当性、对结果的解读都会提出挑战；银行应支持并文件化测试的选择和对结果的解读。

有长预测期的模型应接受回溯测试，但考虑到积累测试所需数据所需要花费的大量时间，应加上对较短时间段的评估作为补充。银行的结果分析应包含“早期预警”度量以及随时间对模型表现的趋势分析，其中“早期预警”度量是设计来衡量引入模型不久之后模型开始的表现。这些结果分析工具不是回溯测试的替代品，而更像是非常重要的补充，回溯测试仍应在更长的时间周期里进行。

结果分析和其他验证过程的元素可能会揭示在模型开发中出现的显著错误或不准确，或是结果一致落出银行事先决定的可接受范围的界线。在这种情况下，模型调整、校准、和重建是理所当然的。调整和校准应遵循保守原则并经过独立复审。

模型结构或技术上的重大改变、以及所有模型的重建，应当在被实施之前经过恰当范围和严格度的验证。有时银行可能由于诸多原因，使用主要的模型验证工具如回溯测试或敏感性分析的能力有限。这种情况下，在考虑模型使用的合适性时，应更多地关注模型的缺陷，且高级管理层在使用模型制定决策时，应被充分告知这些缺陷。这种详细审查应该应用于单个模型和累加使用的模型。

***供应商及其他第三方产品验证***

被广泛使用的供应商和其他第三方产品———包括数据、系数值、和完整的模型———对验证和其他模型风险管理活动构成了特殊的威胁，因为建模的专业技术是来自使用者外部的，还因为一些组件被认为是有专利的。尽管如此，供应商产品还是应当被纳入银行更广义上的模型风险管理框架，遵照与内部模型相同的准则，虽然过程上可能有一定程度的改动。

第一步，银行应确保选择供应商模型的过程恰当。银行应要求供应商提供模型开发的证据，解释产品的构成、设计、和使用意图，以决定模型是否与银行的产品、敞口和风险相符。供应商应提供适当的测试结果，以显示他们的产品表现如预期。他们还应清楚表明模型的局限和假设，以及在什么情况下该产品的使用可能会出现问题。银行应预期供应商会进行持续的性能监控和结果分析并向客户披露，并随时间变化做出恰当的修改和更新。

银行被期望对自己使用供应商产品进行验证。外部模型可能不允许对计算机代码和执行细节的完整访问，因此银行可能需要更多依赖敏感性分析和基准测试。供应商模型通常被设计来提供一系列功能，因此可能需要由银行根据自身特定环境加以定制。银行的定制选择作为验证的一部分应被文件化并证明合理性。如果供应商提供输入数据或假设，或使用它们构建模型，数据与银行状况的相关性应加以调查。银行应获取被用来开发模型的有关数据的信息，并评估数据能在何种程度上代表银行的状况。银行还应使用自己的结果，对供应商模型的表现进行持续监控和结果分析。

系统性的验证程序可以帮助银行理解供应商产品，以及产品的功能、适用性和局限。如此详细了解对于银行业务经营的基本掌控来说是有必要的。同时银行在内部掌握尽可能多的知识也十分重要，可以防止供应商或银行因为任何原因终止合同，或是如果供应商退出市场。银行应有应急计划以应对发生比如供应商模型不再可用、或不再被供应商支持的可能事件。

# VI.管理、政策、和控制

在模型风险管理框架上发展并维持强有力的管控、政策法规和控制，对于模型风险管理的有效性十分重要。即使模型开发、执行、使用和验证符合要求，一个无力的管控功能会减少模型风险管理的整体有效性。一个强有力的管控框架，通过政策定义相关风险管理活动、执行这些政策的程序、资源的分配、以及用来评估是否这些政策和程序按规定颁布的机制，为风险管理职能提供明确支持和清晰架构。值得注意的是，银行管控职能的程度和精密度预计与模型使用的程度和精密度相匹配。

***董事会和高级管理层***

模型风险管控由最高级别的董事会和高级管理层提供，由他们建立用于整个银行的方法来管理模型风险。作为他们全部职责的一部分，银行的董事会和高级管理应当建立适用于机构广义上的风险管理的强有力的模型风险管理框架 。框架应以对模型风险的理解为基础——不仅是对单个模型，还有模型的叠加。框架应包含模型开发、实施、使用和验证的标准。

尽管董事会是最终的责任人，他们通常会委托高级管理层去执行并维护有效的模型管理框架。高级管理层的职责包括建立足够的政策和程序并确保合规、任命有能力的职员、监督模型开发和执行、评估模型结果、确保有效质疑、审核模型验证和内部审计的发现、并在需要的时候采取及时的补救措施。和对待其他风险主要领域一样，高级管理层负责直接、或通过相关委员会间接定期向董事会报告从单个模型到叠加模型的显著的模型风险，以及报告政策的合规情况。董事会成员应当确保模型风险的程度在他们的接受范围之内，并在恰当的地方直接做出改动。这些行为为整个机构关于模型风险的重要性、以及对积极的模型风险管理的需求定下基调。

***政策和程序***

为符合良好的行业惯例、以及现有的监管期望，银行应将模型风险管理活动规范化，有相应的政策和程序去执行它们。模型风险管理政策应当与本指导相吻合，并与银行相对的复杂度、商业活动、企业文化以及整体组织框架相称。董事会或董事会代表应批准模型风险管理政策，并每年复审以确保组织内连贯、严格的管理实务。这些政策应按需要加以更新以确保模型管理实务保持适当，并跟上市场状况、银行产品和策略、银行敞口和经营活动、以及行业惯例的变化。模型风险管理的所有方面都应有合适的政策覆盖，包括模型和模型风险定义、模型风险评估、可接受的模型开发、实施和使用实务、合适的模型验证活动、以及在模型风险管理过程中的管理控制。

政策应当强调测试和分析，并推动模型准确度目标、可接受差异的等级标准、以及复审和应对不可接受差异的程序的发展。政策应当包括如何选择并维持使用供应商模型的程序的描述，包括谁是参与做这些决定的人。

验证活动的优先次序、范围和频率应当在这些政策中加以解决。政策中应确立在模型投入使用前进行的验证的程度的标准，以及持续验证的范围。政策还应当详述对供应商模型和第三方产品验证的具体要求。最后，政策应要求对具体记录各个方面模型风险管理的框架的文件进行维护，包括在使用的模型的详细清单，建模和验证过程的结果，以及模型问题和相应的解决办法。

政策应当在模型风险管理架构内，确定任务角色、分配职责，清楚给出有关于职员专业水平、授权、报告关系、以及连续性的细节。政策同时还应概述对于使用外部资源进行验证、合规上的控制，并详述将如何把它们纳入模型风险管理框架中来。

***角色和职责***

从概念上来说，模型风险管理的角色可以通过所有者、控制者和合规者来划分。银行有许多方式来分配与这些角色相联系的职责，其中重要的是报告关系和激励机制要清楚，能识别并解决潜在的利益冲突。

业务单位通常负责与他们的商业策略相联系的模型风险。在银行政策和程序所设的框架内，模型所有者角色包含对模型使用和表现的终极归责。模型所有者有责任确保模型被恰当的开发、实施和使用。模型所有者还应确保使用的模型经过恰当的验证和批准过程，及时地识别新的或变化的模型，并提供验证活动所需信息。

业务单位承担的模型风险应被控制。风险控制的职责可以分配给个人、委员会、或是这两者的结合，包含有风险度量、风险范围及风险监控。其他的职责包括管理独立的验证和复审过程，以确保有效质疑的产生。应把适当的资源分配给模型验证，并划分指导验证工作的范围和优先次序。在验证以及其他形式的监管中发现的问题和难题应由风控职员传达给机构组织内包括高级管理层在内的相关个人和商业使用者，并给出纠正行动计划。风控职员应有限制模型使用的权利，并监控模型使用的一切极限。尽管他们可能会暂时给典型的模型验证程序授权例外，但授权仍应服从其它控制机制，比如完成验证工作的时间线以及模型使用的范围。

合规是模型所有者以及风控职员的义务，应有特定的适当的程序来确保这些任务角色被有效贯彻并与政策相符。围绕模型开发、实施、使用和验证的文件和追踪活动需要提供记录，以合乎政策透明性。

***内部审计***

银行的内部审计职责应评估模型风险管理框架的整体有效性，包括框架在处理第III部分描述的两种模型风险上的能力，即单个模型和叠加模型。内部审计得出的与模型相关的调查结果应被文件化并报告给董事会或相应的委托代理人。银行应确保内部审计的运行有合适的激励机制、得当的技术水平、以及在组织内有足够的等级高度以帮助模型风险管理。内部审计的任务不是为了重复模型风险管理活动。相反，它扮演的角色是评估模型风险管理是否全面、严格、有效。为实现这个评估，内部审计职员应在相关建模概念、以及它们在特定的业务线上的使用上掌握足够的专业知识。如果某些内部审计职员参与进行了特定的验证活动，那么他们就不应被包括在对整体模型风险管理的框架的评估内。

内部审计应核实可接受的政策是合适的，模型所有者和控制者遵守这些政策。内部审计还应核实模型使用和验证的记录以测试验证是否以及时方式进行，以及模型是否受到管制可以合理解释验证活动中的所有不足。模型目录的准确性和完整性应被评估。此外，确立并观测模型使用的界线的过程也应被评估。内部审计应决定更新模型的程序是否被清楚文件化，并测试那些程序是否按规定被执行。内部审计应检查模型所有者和控制者的包括风险报告在内的记录文件符合标准。此外，内部审计应对支持的操作系统进行评估，并评价模型所使用的数据的可靠性。

内部审计还扮演一个重要角色，就是确保验证工作恰当进行，以及合理的有效挑战的实施。内部审计应评估关键模型验证参与者的客观性、能力和在组织中的身份，终极目标是查明这些参与者是否有正确的激励措施来发现并报告不足。内部审计应以同样的严格度检查由内部和外部方面引导的验证活动，看这些活动是否遵照本指导进行。

***外部资源***

尽管模型风险管理是内部过程，银行仍可能决定利用外部资源来帮助执行特定的与模型风险管理框架相联系的活动。这些活动可包括模型检验与复审，合规职能，或其它支持内部审计的活动。这些资源可提供额外的知识，和另一层面的批评和有效质疑，可帮助改进内部模型开发和风险管理过程。但另一方面，这些资源也会增加成本，以及因为外部方面需要理解内部数据、系统、和其它相关的银行的特定环境而增加的时间，因此对外部资源可能带来的好处应加以权衡利弊。

不论外部资源何时被使用，银行应指定活动以明确写明的、双方商定的工作范围来进行 。银行内部指定的有关方面应能够理解并评估由外部资源进行的验证和风控活动的结果。内部方面的职责包括：核实双方商定的工作范围得到完成、评估并追踪被查出的问题并确保它们得到解决、确保完成的工作被纳入银行的整体模型风险管理框架。如果外部资源只在一部分验证或合规工作中被使用，银行应协调内部资源来完成所需的全部工作范围。银行应有应急措施以防外部资源不再可用或不令人满意。

***模型库存***

银行应对已实施准备使用的、已开发准备实施的、或新近退役的模型保有全方位信息。虽然每个业务线维护自己的库存，仍应有一个特定方负责维护整个公司的模型库存，以帮助银行评估总体上的模型风险。任何需要单独验证的模型变化都应以一个单独的模型被包括在内，并和其它变化相互参照。

由于不同模型的复杂度以及银行的整体模型使用水平，库存可能包含不同的信息水平， 以下是一般准则。库存应描述模型设计的初衷和所适用的产品、实际的或预期的使用、以及任何使用上的限制。在库存中列出给定模型及其构成（这可能包含其它模型）所使用的输入类型和来源，以及模型输出和它们的预期用途是有用的。库存还应指明模型是否运行正常，描述模型上一次是什么时候被更新，列出所有政策上的例外。其它还包括负责模型开发和验证不同方面的个人的名字、完成的和计划的验证活动的日期、以及模型预期保持有效的时间范围。

***记录文件***

没有足够的记录文件，模型风险评估和管理将是无效的。模型开发和验证的记录文件应足够具体，以便不熟悉模型的群体可以理解模型是如何运作的、局限是什么、以及模型的主要假设。文件规定操作的连续性、遵从政策的透明性，并帮助追踪建议、回应、和例外。有效的记录文件服务于所有开发者、使用者、控制和合规单位、以及监管人。银行可获益于在信息和知识管理系统以及电子记录文件上的进步，来改进组织、及时性、以及模型风险管理过程中产生的不同记录和报告的可获得性。

文件化需要时间和精力，很好了解模型的开发者和使用者可能并不重视文件化的价值。银行因此应当提供激励机制以制造有效和全面的模型记录文件。模型开发者在模型开发过程中有责任进行彻底的文件化，并随模型和其应用环境的改变而保持更新。此外，银行应确保其他的模型风险管理活动参与者文件化他们的工作，包括持续监控、过程核实、基准测试、以及结果分析。另外，业务线或其他决策制定者也应当文件化导致他们选择某个特定模型及模型后续的验证的相关信息。对于使用供应商或其他第三方模型的情况，银行应确保可获得第三方模型恰当的记录文件，从而模型可以被恰当的验证。

验证报告应清楚表达模型被复审的地方，突出这些地方在一系列金融经济条件下模型潜在的不足，并决定是否需要做相应的调整或其他补偿控制。有效的验证报告包含清楚的执行总结，有模型目的陈述和可获得的模型和验证结果纲要，其中包括模型的主要局限和关键假设。

# VII.总结

本文件提供了有关有效模型风险管理的全面指导。许多本文件中描述的活动是普适的行业惯例。但所有银行都应确认他们的践行遵从本指导在模型开发、执行、使用以及验证上的原则。银行还应确保他们维持强有力的管控来帮助管理模型风险，包括恰当的反映本指导描述的风险管理原则的内部政策和程序 。模型风险管理践行的具体细节可能银行与银行间有所差异，因为本指导的实际应用应与银行的风险敞口、商业活动以及其模型使用的程度和复杂度相称。

1. 除非有特别指明，*银行*指国家银行及其他所有由美国货币监理署作为首要监管方的机构，以及银行控股公司、州成员银行及其他所有由美联储作为首要监管方的机构。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 比如说，美国货币监理署在OCC 2000-16 (2000年五月30日)、其他公报以及“监管手册”这些特定主题的小册子里都提供了模型风险指导，聚焦模型验证。美联储发行的SR 09-01－－“银行控股公司和州成员银行的市场风险法则应用”，强调了有关模型风险管理的许多种不同观点和看法，包括验证和复审的标准，模型验证的文件化、以及回溯测试。美联储的“交易和资本市场行为指导”也讨论了模型验证和模型风险管理。此外，基于高级方法的风险资本管理规定（美国联邦法规第12款第3部分附录C、 美国联邦法规第12款第208部分附录F、以及美国联邦法规第12款第225部分附录G)包含了对服从管理的银行组织的明确的模型验证要求。 [↑](#footnote-ref-2)
3. 虽然超出本指导的讨论范围，更多的被银行机构使用的定性方法——比如那些不符合本指导定义的模型——也应当服从严格的管控程序。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 依赖供应商模型的小银行也许无需一个做技术量化模型开发的职员就可以满足本指导的标准。然而，即便依赖供应商做基本的模型开发，银行还是应当选择符合其自身大小、规模和业务范围的特定的模型和变量以确保模型适合预期用途。 [↑](#footnote-ref-4)
5. 如果模型产生的数额被包含在公开财务报表内，任何因模型不确定性做出的调整都必须遵从公认的会计准则。 [↑](#footnote-ref-5)