



政策设计：调数据、模型还是规则？ 一个简单的贝叶斯框架及模拟

摘要：政策设计者可以通过调整数据、调整模型或调整政策规则来实现既定政策目标，但可能忽视未来政策实施时的不确定性。本文总结了政策设计的主要内容，提出一个定量的贝叶斯分析框架。以类似 GDP 的模拟数据表明，先验方差小、不调整数据、稳定政策的方案的贝叶斯预测效果最佳。政策含义上，政策设计应该基于给定信息集仔细比较调数据、模型、政策规则的不同未来效果以选取最优方案。

关键词：政策设计；贝叶斯分析；模拟分析

作者：中国人民银行金融研究所 蒋贤锋

声明：《中国金融论坛工作论文》旨在促进与经济金融学界的学术交流与研讨，推动社会力量加强对相关问题的研究。论文内容仅代表作者个人学术观点，不代表中国金融论坛、中国人民银行研究局及中国人民银行金融研究所的观点。任何公开报道或引用，请注明来源为《中国金融论坛工作论文》。来源网站：

<http://www.cff.org.cn>

调整数据、模型或政策规则实现既定政策目标是政策设计的常见方法，这在我国经济政策领域并不少见。譬如季度 GDP 核算改革（中国信息报，2015）可以视为调整数据以更好地服务宏观经济决策，财政、货币等经济改革措施可以视为调整政策规则来促进经济健康发展。各部门在决策时的不同意见可能源自使用了不同模型对未来进行预测。

这些常见方法也被国外政府、国际组织用来制定政策。美联储货币政策（Fed 2017）对真实 GDP 的使用、多种预测的均值报告、资产负债表行动方向的变化反映了对数据、模型、政策规则的调整，国际货币基金组织关于全球金融稳定评估和政策建议（IMF 2017）对这些方法也有所体现。

本文试图在总结政策设计主要内容基础上提出一个简单的贝叶斯框架对此进行量化分析，为进一步的学术和应用研究提供一种新的视角。政策设计已经在学术上被广泛讨论，但多从定性角度或基于某项具体政策（范英等，2015；Neyer, 2007），从系统框架内进行分析，尤其是量化一般规律的还不多。实践中的政策设计者则较少关注其中规律性的内容。

我们选择贝叶斯框架来分析政策设计主要是考虑到贝叶斯方法的一些特点（Ghosh, Delampady, and Samanta 2006）。贝叶斯框架可以清晰反映数据调整、模型调整或者政策规则调整的逻辑，并方便在给定决策者目标基础上从备选的多个政策方案选择最优的。在复杂决策环境中，贝叶斯框架还能很好地刻画决策者的信念（先验信息）。当然，非贝叶斯框架也可以捕捉到政策设

计的主要特点。

我们提供了一个近似我国 GDP 增长率的模拟数据，在一些假设的情景中，先验方差小、不调整数据的稳定政策方案最优。对实际政策设计的含义而言，设计者应该充分考虑到数据调整、模型调整、政策规则调整的因素以寻找最优方案。

一、政策设计的基本框架

政策设计有多个理解维度，我们试图从元素、工具和内容等方面提供一个认识角度。

政策设计中的基础元素是数据。宏观经济政策制定需要面对 GDP、CPI、汇率等数据，行业经济政策依赖于行业的现状数据和未来预测数据，微观经济政策需要微观经济主体的经营成本、效益、风险等方面的数据。

有的数据比较确定，有的数据不是那么确定，这和数据编制的时间、制度等一系列因素有关。GDP、CPI 等宏观数据编制时间长、制度完善，可靠性高；大多数上市公司财务报表中微观数据由于遵守严格规定可靠性也比较高。但一项新政策刚实施后的短期评估数据则由于统计制度不完善、统计遗漏等原因而需要小心对待，一些调查数据和个体经济披露数据可能由于工作失误、缺乏足够的监督等因素和实际情况相去甚远。

政策设计的主要工具是模型，即采用一定的方法对现有数据后进行加工并预测未来走势。给定当季或当年 GDP 增长率，一个简单的模型是预测未来 GDP 增长率固定在现在水平或加上一个随机扰动项，还可以考虑更多其他因素发展复杂模型。

实际的政策设计中对未来数据的预测采取“拍脑袋”或“上级”决定的模式也可以视为一种模型。这至少可以从两方面理解：一方面，这种模型的非线性程度非常高，而且有很多的因变量；另一方面，这种预测方法表现出外生预测特征，适合用外生预测模型刻画。给定政策设计者相关的足够多维度信息，“拍脑袋”或“上级”决定的方式应该也是有规律可循、可模型化。

政策设计的主要内容是基于数据和模型制定目标及实现目标的政策规则¹。一个可设想的目标是GDP增长率和CPI平稳运行在可控区域，可以表示为GDP增长率和目标增长率绝对偏差、CPI和目标CPI绝对偏差的加权平均。实现这个政策目标的规则可能包括不同的货币政策规则：利率设定的泰勒规则、货币供应量增长规则等等。

实际的政策规则可能更多地表现出相机抉择的特点。这可以从以下几个方面理解：第一，政策制定者面临的数据和公众面临的数据不一样；第二，政策制定者使用的模型和公众理解的不一样；第三，政策制定者的实际政策目标和公众的理解不相同。给出政策制定者使用的所有数据、模型、目标，相机抉择的政策规则可能也比较好理解。

政策设计方案的选择通常和其预估效果密切相关。不同的政策方案实施之后的事后效果不一样，它们在事前的效果预估也通常不一样。当两个或两个以上方案呈现在面前时，政策制定者一

¹ 一个政策规则可以对应多个政策行动，即按照某个政策规则实施多项具体的政策方案。因此，更详细的分析是同时制定政策规则和政策行动。假设一个政策规则对应一个政策行动可以简化分析、让政策设计的机制更清晰。

般基于其信息集从中选择至少在当时看起来预估效果最优的。

二、政策设计的基本方法

给定政策目标，不同的方法可以设计出不同的政策方案。总体上，可以通过调整数据、模型、政策规则设计出不同预估效果的政策方案。

如果是真实的，数据不应该被调整。真实数据是对客观情况的记录，调整真实数据可能使政策的基石偏离事实，从而产生较大的误差而不能实现既定的政策目标，还可能造成较大负面效果。

但数据由于可能存在测量误差（measurement error）等因而需要调整。宏观数据的原始 GDP 中季节性因素可能掩盖了 GDP 的长期趋势，行业基础数据中微观经济个体的采样误差甚至由于四舍五入也可能导致最终数据产生一定偏差。

数据调整方法不同使设计者面临的基础元素不同从而可能设计各种各样的政策方案。对原始季节 GDP 分别采用 X12-ARIMA 和 TRAMO/SEATS 方法调整的结果相差不大，但还存在一些差异 (Franses et al. 2005)；对微观经济主体数据采样误差做出不同假设可能导致最终调整的数据有所区别。

调整模型对政策设计是必要的，也是常用的调整政策方案的方法。模型通常在对数据估计或校准基础上对未来数据进行预测。由于估计或校准的设定、效果评价标准不一样，通常很难找到在各个指标、不同样本区间都最好的模型。

调整模型的主要方法有改变模型设定、调整参数等。模型设

定方式多，可以从中选择相对比较符合要求的一种。对于设定为线性的模型，如果模拟或预测效果不佳，可以尝试将其改变为非线性形式；对于随机扰动相互独立的设定，随机扰动相关的模型可能会提高估计或预测精度。调整参数对估计或预测也很重要。如果把某个参数限制在特定区间可能导致估计不可行，尝试扩展该参数的约束区间也许是一种解决办法；如果计算中需要对一个负参数开根号，在有的计算机代码中可能需要转变形式才能计算出想要的结果。

调整政策规则以实现政策目标是政策设计的主要内容，直接关系到政策方案的效果，通常包括微调和大调两种方法。微调是对某项既定政策规则进行小幅度的调整，譬如将货币政策泰勒规则中通货膨胀率的反应系数调高或降低 1%。大调是对某项既定政策规则的相关参数调整比较大，或者从多项既定政策规则中选择不同于目前政策规则的一项，譬如将货币政策规则由泰勒规则改为货币供应量增长规则。

调整政策规则主要是为了实现给定的政策目标。如果政策目标比较宏大并且政策规则的效果不是很明显，那么需要对政策规则进行大调；如果政策目标比较小并且政策规则的效果比较明显，对政策规则进行微调可能就满足政策制定者的要求。

三、政策设计的一个简单贝叶斯框架

上述的政策设计框架和主要方法可以在一个简单的贝叶斯框架内讨论。为了简化说明，我们假设决策变量为单变量。

假设真实数据为 x^0 ，但观测到或汇报的数据为 $x = x^0 + u$ ，其中

u 为随机误差或测量误差并与 x^0 相互独立。假设使用的模型有 $M_i, i = 1, \dots, I$, 每个模型的参数集为 $\theta_{i,j}, j = 1, \dots, J$ 。对于模型 M_i , 先验分布的密度函数 $f(M_i)$ 、 $f(\theta_{i,j}|M_i)$ 和先验似然函数 $f(x^0, u|M_i, \theta_{i,j})$ 给定。基于模型 M_i 和观测数据 x , 按照贝叶斯法则, 关于参数 $\theta_{i,j}$ 的后验分布密度函数为²

$$f(\theta_{i,j}|x, M_i) = \frac{f(x|\theta_{i,j}, M_i)f(\theta_{i,j}, M_i)}{\int_{\theta_{i,j}} f(x|\theta_{i,j}, M_i)f(\theta_{i,j}, M_i)d\theta_{i,j}}$$

对密度函数 $f(\tilde{x}|x, \theta_{i,j}, M_i)$ 做出合适假设后, 模型 M_i 中给定 x 条件下关于 \tilde{x}^0 的预测概率密度为 $f(\tilde{x}^0|x, M_i) = \int_{\theta_{i,j}} f(\tilde{x}^0|x, \theta_{i,j}, M_i)f(\theta_{i,j}|x, M_i)d\theta_{i,j}$ 。

给定模型 M_i 和参数集 $\theta_{i,j}$, 有 K 个政策规则, 政策效果为函数 $g_{i,j,k}(\tilde{x}^0)$ ($k = 1, \dots, K$)。所有模型的政策目标相同, 为 $h(\tilde{x}^0)$ 。政策设计的评价指标为政策效果和政策目标的偏离程度³, 由给定数据 x 条件下的偏离值函数的事后预期表示。通常, 我们考虑如下的事后预期:

$$E((g_{i,j,k}(\tilde{x}^0) - h(\tilde{x}^0))^2|x) = \int_{\tilde{x}} (g_{i,j,k}(\tilde{x}^0) - h(\tilde{x}^0))^2 f(\tilde{x}^0|x, M_i) d(\tilde{x}).$$

在政策设计中, 最优政策方案一般为上述的事后预期的偏离程度最小的那个方案⁴。

四、模拟分析

一个简单的模拟案例有助于理解上述的政策设计框架和方法。和前面的设定一样, 假设有 n 个观测数据 x_1, \dots, x_n 。每个观测数

² 如果参数有多个, 关于 $\theta_{i,j}$ 的积分是多元积分。

³ 也可以考虑别的评价指标。

⁴ 此外, 如果 $K = J = 1$ (一个模型只对应一个参数集、一个政策规则), 则另一种政策方案的选择标准可以采用最大事后概率, 即选择第 i^* 个方案使得 $f(M_{i^*}|x) = \max_i f(M_i|x)$

据可能存在测量误差，假设 $x_i = x_i^0 + u_i$ ，其中 x_i^0 为相互独立的真实数据、 u_i 为相互独立且与真实数据相互独立。给定参数 μ_x ， x_i^0 服从均值为 μ_x 、方差 0.25% 的正态分布。 μ_x 的先验分布是均值为 0.035、方差为 0.25% 的正态分布⁵。

假设考虑如下 4 个模型 M_1, M_2, M_3, M_4 进行贝叶斯分析：模型 M_1, M_2 关于 μ_x 先验的方差较小，为 0.01%；模型 M_3, M_4 关于 μ_x 先验的方差较大，为 0.09%。此外，模型 M_1, M_3 不考虑测量误差， $u = 0$ ；模型 M_2, M_4 考虑测量误差，假设 u 为标准正态分布的随机变量。因此，在贝叶斯分析中，模型 M_1, M_3 不调整数据，模型 M_2, M_4 调整数据。各模型之间的比较是模型的调整。

假设变量未来的真实值 $\tilde{x}_1^0, \dots, \tilde{x}_m^0$ 相互独立同分布（与先验分布 $x_i^0 | \mu_x$ 相同）且与已有观测值 X 相互独立，那么 m 维列向量 $\tilde{X}^0 | X$ 的分布为多元正态分布 $N(\mu_a \mathbf{1}_m, \sigma_a^2 I_m)$ ，其中 $\mu_a = \frac{n\sigma_\beta^2 \bar{x} + (\sigma_x^2 + \sigma_u^2)\beta_x}{\rho}$ ， $\sigma_a^2 = \frac{\sigma_\beta^2(\sigma_x^2 + \sigma_u^2)}{\rho} + \sigma_x^2$ ，相关参数由脚注⁶ 给出。

政策规则（或政策行动）为在未来第 j 期实施 $a_k \tilde{x}_j^0$ 的政策⁷。只考虑两种政策： $a_1 = 1$ （稳定政策）和 $a_2 = 1.1$ （刺激政策）⁸。假设

⁵ 实际分析中， μ_x 先验分布中的参数可采用经验贝叶斯（Empirical Bayes）或分层贝叶斯（Hierarchical Bayes）方法估计（Berger (1985) 第 4.5、4.6 节）。

⁶ 令 $\mathbf{1}_n$ 表示 n 维元素为 1 的列向量， I_n 表示 $n \times n$ 的单位矩阵， X^0 为 x_1^0, \dots, x_n^0 组成的 n 维列向量， U 为 u_1, \dots, u_n 组成的 n 维列向量， X 为 x_1, \dots, x_n 组成的 n 维列向量。由 Gelman et al. (2014) 第 2.5 节，如果先验信息是 $X^0 | \mu_x \sim N(\mu_x \mathbf{1}_n, \sigma_x^2 I_n)$ 、 $\mu_x \sim N(\beta_x, \sigma_\beta^2)$ 、 $U \sim N(0 \mathbf{1}_n, \sigma_u^2 I_n)$ 且 $\sigma_x, \sigma_\beta, \sigma_u$ 为已知常数，那么 μ_x 的事后分布分布为 $\mu_x | X \sim N(\frac{n\sigma_\beta^2 \bar{x} + (\sigma_x^2 + \sigma_u^2)\beta_x}{\rho}, \frac{\sigma_\beta^2(\sigma_x^2 + \sigma_u^2)}{\rho})$ ， x^0 的事后预测密度为 $\tilde{x}^0 | X \sim N(\frac{n\sigma_\beta^2 \bar{x} + (\sigma_x^2 + \sigma_u^2)\beta_x}{\rho}, \frac{\sigma_\beta^2(\sigma_x^2 + \sigma_u^2)}{\rho} + \sigma_x^2)$ ，其中 $\rho = \sigma_x^2 + \sigma_u^2 + n\sigma_\beta^2$ 、 $\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$ 。

⁷ $a_k > 1$ ($a_k < 1$) 可以理解为刺激（抑制） \tilde{x}^0 ， $a_k = 1$ 可以理解为稳定 \tilde{x}^0 。如果把 \tilde{x}^0 当作经济增长率会更容易理解。

⁸ 就本文的模拟环境而言，稳定政策显然优于刺激政策。这只是从模拟的角度展示一个应用，不具有普遍性。

政策效果函数为 $g(\tilde{X}^0) = \sum_{j=1}^m \tilde{x}_j^0 / m$ ，目标函数为 $h(\tilde{x}^0) = bench$ ， $bench$ 为常数，设定为 0.065。给定 X 对未来 m 期政策效果偏离平方的预期为 $E((g(\tilde{X}^0) - h(\tilde{X}^0))^2 | X) = a_k^2 \sigma_a^2 / m + (a_k * (\mu_a - bench))^2$ ⁹。

我们在计算机中生成 10 年（即 $n = 40$ ）的季度模拟数据近似我国过去经济的运行。基于 Chang et al. (2015) 和 Higgins and Zha (2015)¹⁰ 编制的 2006 年至 2015 年的季度实际 GDP 几何增长率的均值和方差，我们在 R(R Core Team 2017) 语言中用 `set.seed(1)` 设定随机种子，用 `rnorm` 函数产生 40 个伪随机数。我们把这些伪随机数视为观测数据 x_1, \dots, x_{40} 。表 1 列出了不同情境下的政策方案的比较。

表 1 各政策方案的模拟效果比较

模型	σ_β^2	u	政策规则	期限(1年)	期限(5年)	期限(10年)
M_1	1	0	稳定政策	26.08*	0.76*	0.71*
M_1	1	0	刺激政策	33.17	2.53	2.47
M_2	1	$N(0,10000)$	稳定政策	34.85	8.92	8.87
M_2	1	$N(0,10000)$	刺激政策	38.33	6.96	6.9
M_3	9	0	稳定政策	33.56	8.04	7.99
M_3	9	0	刺激政策	45.07	14.19	14.13
M_4	9	$N(0,10000)$	稳定政策	41.44	7.84	7.77
M_4	9	$N(0,10000)$	刺激政策	46.58	5.92	5.85

注：表 1 中各数字都扩大了 10000 倍。'*' 表示该政策方案的效果偏离值在所有方案中最小。

表 1 显示，先验方差小、不调整数据、稳定政策的方案在所

⁹ 在通常的贝叶斯分析中，对未来的预期通常没有显示解，需要采用数值方法计算。

¹⁰ 可在美国亚特兰大联储网站

<https://www.frbatlanta.org/cqer/research/china-macroeconomy.aspx> 下载。Chang et al. (2015) 和 Higgins and Zha (2015) 编制的数据库是我国国家统计局等部门公布的数据。

考虑的各方案中表现最佳。在表中，'期限(1年)'、'期限(5年)'、'期限(10年)'各列分别表示未来1年、5年、10年的政策效果对政策目标偏离值平方的预期（以下称“偏离值”）。在短期（1年），先验方差小、不调整数据、稳定政策的方案的偏离值为26.08，比所有其他方案的偏离值都小，比其他所有方案的平均偏离值（39）低33.13个百分点。在中期（5年）和长期（10年），先验方差小、不调整数据、稳定政策的方案的偏离值分别为0.76、0.71，远低于其他方案。

五、结论及政策含义

本文总结了政策设计的主要内容和方法，提出一个定量的贝叶斯分析框架，并给出近似GDP增长率的模拟数据案例。在模拟分析中，先验方差小、不调整数据、稳定政策的预期效果最好，这在中期、长期更加明显。

本文的探讨对政策设计的理论和实务有一定参考作用：

一是本文的模拟案例为将贝叶斯分析框架应用于具体的政策设计提供了一个参考。在此基础上的适当修改可以用于实际的政策设计或者政策制定者和公众的交流。

二是本文的模拟案例表明政策设计者应该在调整数据、调整模型、调整政策规则之间小心选择。给定其他的参数设置，调整数据、稳定政策的效果最佳，也可能是调整数据、刺激政策的效果最佳。政策设计者应该尽可能地将模拟情景逼近现实，同时可能还需要做好说服其他相关各方相信模拟情景合适性的准备。

三是尽管本文的模拟案例比较特殊，但我们提出的贝叶斯分

析框架具有广泛适用性，可以捕捉复杂数据分布程度、决策者信念等现实特征。实际的应用还需要依靠一些复杂的计算工作。

参考文献：

- [1] 范英、莫建雷、朱磊（等著），2015，《中国碳市场：政策设计与社会经济影响》，科学出版社。
- [2] 中国信息报，2015，《我国季度国内生产总值核算将与国际标准进一步接轨——国家统计局许宪春就实施季度 GDP 核算改革接受中国信息报记者专访》，9月10日第001版。
- [3] Berger, James O. 1985. *Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis*. 2nd ed. Springer.
- [4] Chang, Chun, Kaiji Chen, Daniel F. Waggoner, and Tao Zha. 2015. “Trends and Cycles in China’s Macroeconomy.” *NBER Macroeconomics Annual*, 1 – 84.
- [5] Fed. 2017. “Transcript of Chair Yellen’s Press Conference Opening Remarks September 20, 2017.” <https://www.federalreserve.gov/mediacenter/files/FOMCpresconf20170920.pdf>.
- [6] Franses, Philip Hans, Richard Paap, and Dennis Fok. 2005. “Performance of Seasonal Adjustment Procedures: Simulation and Empirical Results.” *Joint European Commission-OECD Workshop on International Development of Business and Consumer Tendency Surveys*. <http://www.oecd.org/std/leading-indicators/35525423.pdf>.
- [7] Gelman, Andrew, John B. Carlin, Hal S. Stern, David B. Dunson, Aki Vehtari, and Donald B. Rubin. 2014. *Bayesian Data Analysis*. 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- [8] Ghosh, Jayanta K., Mohan Delampady, and Tapas Samanta. 2006. *An Introduction to Bayesian Analysis: Theory and Methods*. New York: USA: Springer.
- [9] Higgins, Patrick, and Tao Zha. 2015. “China’s Macroeconomic Time Series: Methods and Implications.” Unpublished manuscript, Federal Reserve Bank of Atlanta.
- [10] IMF. 2017. “Global Financial Stability Report: Getting the Policy Mix Right.” <http://www.imf.org/en/Publications/GFSR/Issues/2017/03/30/global-financial-stability-report-april-2017>.
- [11] Neyer, Ulrike. 2007. *The Design of the Eurosystem’s Monetary Policy Instruments*. Heidelberg: Germany: Physica-Verlag.
- [12] R Core Team. 2017. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.

Policy Design: Adjustment on Data, Model or Rules?

A Simple Bayesian Framework and Simulation

Abstract: Policy designer adjust data, model or policy rule to achieve some policy object, but may consider too little about uncertainties in implementation in future. We summarize the major contents of policy design and provide a Bayesian framework for analysing it. We show it is optimal for a policy not adjusting data with small prior variance and stabilizing rule in a simulation case resembling GDP growth. The implication is that it should be careful to design optimal policy among options of adjustment of data, model, and policy rules.

Key words: Policy Design; Bayesian Analysis; Simulation Analysis