

【风险管理】

中国地方政府债务持续期的空间生存分析

李方方 王周伟 赵海鹏

【摘要】区域经济异质关联框架中,用持续期测算地方政府债务的可持续性,对于地方政府债务风险的跨期审慎管理具有重要的现实意义。利用修正KMV模型和空间生产函数构建地方政府债务持续期估算框架,分析其影响因素,并基于中国省级地方政府债务相关数据,考虑各地方政府收支的个体异质性和空间相关性,利用具有个体异质性的空间生存分析模型,实证建模分析地方政府债务的持续期及其影响因素。研究表明,地方政府自2010年起不发生债务违约事件的概率已降至3.57%;省级地方政府债务持续期具有显著的较强个体异质性和较弱空间关联性;财政分权和城镇化率显著正向提升持续期,而借款融资利率、债务负担率、人均GDP增长率和固定资产投资对数负向减少持续期。

【关键词】区域经济异质关联;地方政府债务持续期;修正KMV模型;空间生存分析模型

【作者简介】李方方,女,河南固始人,上海师范大学商学院博士,讲师,研究方向:风险管理、保险精算;王周伟(通讯作者),男,山西闻喜人,上海师范大学商学院教授,硕士生导师,研究方向:金融风险管理、量化分析;赵海鹏,男,河南驻马店人,上海师范大学商学院硕士生,研究方向:金融管理、量化分析(上海 200234)。

【原文出处】《统计与信息论坛》(西安),2020.9.9~16

【基金项目】教育部人文社科规划基金项目“空间网络视域中的地方政府债务系统性风险评估研究”(17YJA790075);上海师范大学第十期重点学科数量经济学(310-AC7031-19-004221)。

一、引言

近十多年来,中国地方政府债务规模连续快速增长。截至2019年底,中国地方政府债务总余额为21.3万亿元,平均地方政府债务率(债务余额/综合财力)高达82.9%。虽然总体上可控,但个别地方政府的债务风险已经远超出警戒线,如青海的负债率(地方政府债务余额/GDP)已达70.88%,贵州、宁夏、内蒙古和海南也均超过40%。另一方面,地方政府的可偿债收入增幅锐减,融资能力受限。随着经济结构性调整不断深化,中国经济与区域经济步入中低速增长的新常态,中国地方政府的财政税收收入增长幅度收窄,使得土地财政依赖度很高。然而,“房住不炒”定位下的严格调控,致使土地拍卖收入持续减少,不稳定性剧增,地方政府的融资能力也因此受挫,“借新还旧”还债策略难以为继。在此背景下,亟需从可持续性视角对地方政府

债务规模与风险进行分析,掌握地方政府债务持续期的影响因素,利用地方政府债务持续期分布及其组合优化,做好逆周期审慎监管和跨期管理。

现有文献对中国地方政府债务风险测度做了一些有益的探讨。如利用综合评价法评估地方政府债务风险压力程度^[1],利用结构化建模法测度地方政府债务的预期违约风险^[2],或是利用logit模型等统计计量建模法估算地方政府债务违约率与限额^[3];利用BP神经网络、贝叶斯网络或支持向量机等机器学习方法,分类预警地方政府债务风险^[4-6],或从可持续性视角分析地方政府债务流动性风险^[7]。以上文献从不同视角评估了地方政府债务违约风险,但局限于静态视角,没有考虑未来经济行为的变化。从建模方法适用性来看,以上文献有两个局限性:一个是地方政府信用度较高,融资能力较强,违约样本占比很少,信贷记录数据长

度短而且不完整;二是地方政府债务期限都很长,很难获得具体债务违约时间数据,通常包含删失数据,因此很难用单一分布描述预测地方政府债务风险损失。另外,区域经济之间是相互关联的,这些关联促成了区域经济关联网,使得地方政府债务风险具有传染性^[8]。而现有文献多是在封闭经济中测度单一省市政府的债务风险,没有考虑地方政府债务风险之间的空间溢出关联作用。

为弥补上述研究的局限性,本文尝试在区域经济异质关联网中从时间维度估算地方政府债务可持续性风险。首先以修正的 KMV 模型为框架,推导出区域经济关联背景下地方政府债务持续期的理论分析方程,分析其影响因子;其次,考虑到地方政府债务风险数据删失特性,使用带有异质项的空间生存分析模型估算债务持续期,测度地方政府债务风险。

二、理论分析

(一) 地方政府债务可持续期估算分析

假设某经济体由区域 1 和区域 2 两个地区(地方)组成,不妨以区域 1 为研究对象,对于区域 2,同理可得类似结论。各区域的要素禀赋不变,要素在两个区域之间可以自由流动。区域经济关联主要是通过要素流动与商品贸易及共同联动而相互关联,其中商品贸易通过市场潜能反映。设在 t 时刻区域 1 的市场潜能为:

$$M_{t1} = \frac{y_{t1}}{d_{t1}} + \frac{y_{t2}}{d_{t2}} \quad (1)$$

其中, M_{t1} 为 t 时刻区域 1 的市场潜能; y_{t1} 和 y_{t2} 分别为时刻区域 1 和区域 2 的经济体系实际产出; d_{t1} 为区域 1 的内部直径距离; d_{t2} 为区域 1 中心和区域 2 中心之间的最短距离。

要素自由流动,则在 t 时刻区域 1 的修正 C-D 生产函数为:

$$y_{t1} = (a_1 A_{t1}) (b_1 K_{t1})^{\alpha_1} (c_1 L_{t1})^{\beta_1} M_{t1} \quad (2)$$

其中, y_{t1} 是在 t 时刻区域 1 的总产出; A_{t1} 、 L_{t1} 、 K_{t1} 分别是在 t 时刻区域 1 的技术水平、劳动力和资本禀赋; a_1 、 b_1 、 c_1 分别是在 t 时刻区域 1 的技术水平、劳动力和资本禀赋等生产要素的利用系数,如果大于 1,说明有从区域 2 流入区域 1 的生产要素; α_1 、 β_1

分别为资本与劳动力要素投入产出弹性。

定义本期的可偿债收入小于本期的债务还本付息额为地方政府违约事件^[2]。利用修正 KMV 模型,可知在 t 时刻区域 1 地方政府发生债务违约风险事件的理论预期违约率 $p_{t,1}$ 取决于违约距离 DD_{t1} ,而违约距离又决定于地方政府的可偿债收入、本期债务还本付息额、财政收入增长率及其标准差与持续期。即有:

$$DD_{t1} = \frac{\ln\left(\frac{y_{t1}^d}{B_{t1}}\right) + \left(g_{t1} - \frac{\sigma_{y_{t1}^d}^2}{2}\right)t}{\sigma_{y_{t1}^d}\sqrt{t}} = \frac{\ln(y_{t1}^d) - \ln B_{t1} + \left(\frac{g_{t1} - \sigma_{y_{t1}^d}^2}{2}\right)t}{\sigma_{y_{t1}^d}\sqrt{t}} \quad (3)$$

其中, y_{t1}^d 为地方政府的可偿债收入; B_{t1} 为本期债务还本付息额; g_{t1} 为在 t 时刻区域 1 地方政府财政收入的增长率; $\sigma_{y_{t1}^d}$ 为地方财政收入的标准差(即波动率)。由于区域经济增长相对稳定,将财政收入标准差设定为常数。

观察期内地方政府的生存时间为 T ,定义为首次违约时间,即从期初 $t=0$ 时刻至 $t=T-1$ 时刻违约距离大于 0,而在 $t=T$ 时刻违约距离小于 0。可用数学公式表示为:

$$T = \inf\{t | DD_t \leq 0, \text{且}, DD_{t-1} \geq 0\}, \\ t = 0, 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

由此可知,生存时间主要决定于生存时间期末时刻 T 的违约距离。由于 T 期之前的违约距离为先定变量,生存时间 T 与违约距离 DD 之间的因果关系可以简约地设定为:

$$T = aa_0 + aa_1 DD_T \quad (5)$$

式(5)说明,地方政府债务生存时间长短决定生存时间期末时刻 T 的违约距离。

(二) 地方政府债务可持续期的影响因素分析

由式(5)可知,地方政府债务持续期由式(3)中的各项因素决定,其中地方政府收入主要来自税收收入与土地拍卖收入, t 时刻区域 1 地方政府能够用于偿还债务的可偿债收入(即可支配财政收入)为:

$$y_{t1}^d = w_{t1} (\tau_{t1} + w_{t1}) y_{t1} P \quad (6)$$

三、变量指标选择与样本数据

(一) 变量指标选择

本文设定地方政府违约为兴趣事件,构建生存分析模型研究地方政府从样本初期至违约事件发生的动态过程。按前文的定义,违约事件定义为可偿债收入小于当期偿债规模。本文选取 40% 作为偿还比例^[2];偿债规模为各地方政府本期期末债务余额的利息支付额加上本期到期债务的本利和;地方政府债务的平均期限取各期限债务的加权平均年限;根据当年地方政府债务自发自还债券情况,债务利率选用对应平均期限的地方政府债券实际票面利率的上限。

为了得到回归结果的无偏估计,本文选取全国 31 个省市为研究对象来解决左删失数据问题,即保留在观测样本开始前(1998 年)没有违约的省份。值得注意的是,对于地方政府而言,即使发生违约,由于它们具有较强的资源支配与融资能力,以及财务预算的软约束,地方政府债务很难会破产,实际观测中它们会继续生存下去。反之,如果在样本期间,该样本区域的地方政府债务没有发生违约事件,则该样本数据为右删失数据,在整个分析期中就需要保留这些样本区域,由此得到地方政府最长的持续时间为 18 年。本文主要解释变量的定义及符号如表 2 所示。

(二) 样本与数据

2015 年之后中央政府对地方政府债务采取以

表 2 地方政府债务风险变量选择与说明

变量	表示符号	指标(对数)
相邻区域 GDP	SynGDP	当地人均 GDP × 标准化邻接矩阵(相邻为 1, 否则为 0)
事务分权	PerExpend	人均预算内的省级财政支出与中央财政支出之比
财政分权	PerIncome	人均预算内的省级财政收入与中央财政收入之比
借款融资利率	CityBond	本区域城投债年度收益率的平均值
债务负担率	dr	年末债务余额/GDP
通胀率	CPI	CPI 增长率
城镇化率	urb	常住人口城镇化率
固定资产投资对数	lnInv	年度固定资产投资与本地 GDP 之比
人均 GDP 增长率	g	各年各省的 GDP 平减数的增长率
人均 GDP 增长率的波动率	gv	各年各省的 GDP 平减数的增长率波动率
土地出让金对数	lnlrr	各年各省的土地出让金

预算和限额管理为主的防控体制。为控制经济环境变量,本文选取中国省级地方政府为样本,收集 1998 - 2015 年的相关变量原始数据,来源为《中国统计年鉴》《中国国土资源统计年鉴》《中国财政统计年鉴》《中国金融年鉴》和 Wind 数据库,缺失数据部分,根据相关公式和变化规律利用插值法推算补齐。为了消除异方差和量纲上的差异,本文在实证研究中对相关变量数据做了自然对数处理。

四、实证结果与分析

为进一步证实前文提出的命题假设,综合区域经济异质关联和数据左删失问题,本文使用空间生存分析模型进行实证检验。先给出地方政府生存时间的 Kaplan - Meier 非参数估计,使用 PH 生存分析模型进行基本验证;为避免遗漏变量对模型估计的影响,再进一步使用带有异质项的空间生存分析模型进行验证;最后对该实证结果做稳健性检验。

(一) 生存函数的 Kaplan - Meier 非参数估计

记地方政府连续存活时间 T 超过某一生存时间长度 t 的概率为生存函数 $S(t): S(t) = P(T > t) = 1 - F(t)$, 生存函数的非参数估计可由 Kaplan - Meier 估计量得到,表达式为:

$$\hat{S}(t) = \prod_{k=1}^t \left(\frac{n_k - m_k}{n_k} \right), t = 1, 2, 3, \dots, N \quad (10)$$

其中, n_k 为在区间 $[k - 1, k)$ 仍存活的地方政府数;

m_k 为在时点 k 违约的地方政府数; $\frac{n_k - m_k}{n_k}$ 为边际生存率,表示已经存活到 $k - 1$ 年的地方政府,持续生存到 k 期的概率; N 为样本观察期,本文中 $N = 18$ 。表 3 及图 2 给出了地方政府生存时间的 KM 估计结果及生存曲线。

从表 3 的 KM 估计量结果可知,地方政府在第 1 年的生存概率只有 0.6071,即在本文违约条件的设定下,第 1 年年末只有约 60% 的地方政府能够生存下来,另外 40% 的地方政府因可偿债收入少于债务还本付息额导致违约;仅约 35% 的地方政府生存

至第 5 年。观察期第 12 年末,地方政府债务不违约的概率仅为 0.0357。

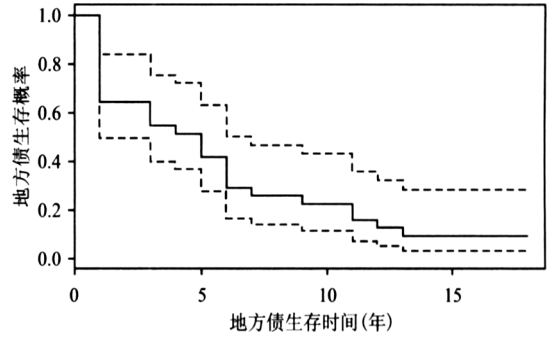


图 2 地方政府债务的生存曲线

表 3 Kaplan - Meier 估计结果及生存曲线

观察时期(年)	期初生存样本数	t 时刻违约样本数	活过 t 年的生存概率	生存概率的 95% 置信区间	
1	28	11	0.6071	0.45071	0.818
3	17	3	0.5000	0.34523	0.724
4	14	1	0.4643	0.31188	0.691
5	13	3	0.3571	0.21728	0.587
6	10	4	0.2143	0.10543	0.436
7	6	1	0.1786	0.08069	0.395
9	5	1	0.1429	0.05766	0.354
11	4	2	0.0714	0.01879	0.272
12	2	1	0.0357	0.00521	0.245
>12	1	0	0.0357	0.00521	0.245

图 2 给出了更为直观的 KM 生存曲线。容易看出,随着时间的推移,地方政府债务不违约事件的概率(即生存概率)逐渐降低。此外,随着持续期的增加,地方政府的生存概率趋于稳定;KM 曲线先陡峭后平稳,前期违约的个体较多,风险较大,后期违约概率较小,风险较低。

(二)模型形式的有效性识别

设地方政府的风险函数为 $\lambda(t)$,表示地方政府在 t 时刻之前未发生债务违约而在 t 时刻发生债务违约的概率:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow \infty} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (11)$$

其中, $f(t)$ 为生存时间 τ 的概率密度函数。由于真实的持续时间还依赖于某些解释变量,此时风险函数可表示为 $\lambda(t, x_i, \beta)$ 。其中, x_i 为个体 i 的解释变量向量; β 为待估参数。根据风险函数的设定不同,

可将常见的生存模型分为三类:比例风险模型(Proportional Hazard, PH),比例优势模型(Proportional Odds, PO)和加速失效时间模型(Accelerated Failure Time, AFT)。以上三种模型均属于半参数模型,参数估计时需要先给出 $x_i = 0$ 时的 $S_0(\cdot)$ 的参数分布或者非参数先验分布。本文中对每个模型选择非参数函数 TBP(Transformed Bernstein Polynomial)来近似 $S_0(\cdot)$ 的不同先验参数分布:log - logistic 分布、Weibull 分布和 log - normal 分布。为了比较不同参数分布的不同模型的有效性,本文使用 DIC、LPML 和 WAIC 三个信息准则指标评估模型选择的适当性。DIC 综合测量模型的拟合优度和有效参数数目,越小越好;LPML 和 WAIC 专注于评价模型的预测性能,L, PML 越大越好,而 WAIC 越小越好。评价结果如下页表 4 所示。

表 4 普通半参数生存模型的评价结果

模型	分布	DIC	LPML	WAIC
PH 模型	log logistic	2195.16	-1097.10	2193.89
	lognormal	2177.61	-1088.32	2176.43
	Weibull	2186.70	-1093.52	2186.72
AFT 模型	log logistic	2208.74	-1104.75	2209.44
	lognormal	2195.83	-1097.84	2195.47
	Weibull	2187.99	-1094.13	2187.98
PO 模型	log logistic	2208.43	-1104.56	2209.08
	lognormal	2191.99	-1096.31	2192.56
	Weibull	2195.27	-1098.19	2196.35

根据三个信息准则筛选标准,三个模型的回归结果高度一致,三种评价方法均显示 PH 模型优于 AFT 模型和 PO 模型。PH 模型应选择 lognormal 分布,AFT 模型选择 Weibull 分布,PO 模型选择 lognormal 分布。因此,空间生存分析模型的基本形式应当选用 lognormal 分布的 PH 模型,运用空间比例风险分析模型 (SPH) 验证估算区域异质关联框架中的地方政府债务的可持续期。

(三) 实证结果与分析

空间比例风险分析模型是在 PH 模型中引入空间异质性关联作用因素。

1. PH 模型。PH 模型假设个体风险函数为: $\lambda_{x_i}(t, x_i, \beta) = \lambda_0(t) h(x_i' \beta)$, 其中 $\lambda_0(t)$ 为“基准风险”, 仅依赖于时间而不依赖于解释变量 x_i , 而个体的风险函数则依据 $h(x_i' \beta)$ 与基准风险 $\lambda_0(t)$ 成正比, 故称该模型为比例风险模型。个体风险函数常假设为指数形式: $h(x_i' \beta) = \exp(x_i' \beta)$, 此时个体风险函数和生存函数可表示为:

$$\lambda_{x_i}(t, x_i, \beta) = \lambda_0(t) e^{x_i' \beta}$$

$$S_{x_i}(t, x_i, \beta) = \exp\left(-\int_0^t \lambda_0(u) e^{x_i' \beta} du\right) = S_0(t) e^{x_i' \beta} \quad (12)$$

对风险函数两边取对数可得:

$$\ln \lambda_{x_i}(t, x_i, \beta) = \ln \lambda_0(t) + x_i' \beta \quad (13)$$

其中, 系数 β 可解释为解释变量对风险函数的半弹性, e^β 为对应的“风险比率”; $S_0(t)$ 为解释变量为 0 时对应的基准生存函数。

2. 独立个体异质的空间比例风险分析模型。

上述非空间的 PH 模型假设影响地方政府生存时间的所有风险因素都包含在解释变量 x_{ij} 内, 但实际上样本个体在空间上可能存在“不可观测的异质性” (Unobserved Heterogeneity, 又称为脆弱性, Frailty)。空间生存分析中“不可观测的异质性”可划分为共享异质性 (Shared Frailty) 和个体异质性 (Individual Frailty) 两种, 前者将个体分组, 假设组内的个体具有同质性, 不同组的个体之间具有相互独立的异质性; 后者不对个体分组, 假设个体之间存在不相关联的异质性。由于地方政府之间不存在天然分组, 故本文只考虑第二种个体异质性。加入个体异质性得到个体异质的空间比例风险分析模型, 其个体风险函数为:

$$\lambda_{x_i}(t, x_i, \beta) = \lambda_0(t) e^{x_i' \beta + v_i}$$

$$S_{x_i}(t, x_i, \beta, v_i) = \exp\left(-\int_0^t \lambda_0(u) e^{x_i' \beta + v_i} du\right) = S_0(t) e^{x_i' \beta + v_i} \quad (14)$$

其中, v_i 为个体脆弱项, 其余参数设定与前文保持一致。 v_i 越大, 个体越脆弱, 对应的地方政府更容易违约。由于异质性不可观测, 故需要假设其先验的概率分布。通常的做法是假设样本间的脆弱项 v_i 是独立同分布的, 即 $v_1, v_2, \dots, v_m \stackrel{iid}{\sim} N(0, \tau^2)$, m 为个体总数, 由此得到独立个体异质的空间比例风险分析模型 (IID-SPH)。如果 $\tau = 0$, 则 ω_i 退化为常数, 不存在异质性。若未被计入模型中的因素表现出了显著的异质性, 则脆弱性的标准差 τ 会显著异于 0。

3. 异质相关的空间比例风险分析模型。前文的理论分析已经证明, 地方政府的债务风险之间具有空间关联性, 则个体脆弱项 v_i 不再相互独立而是表现出空间自相关性。考虑地方政府数据的“格栅数据”特征, 本文使用区域方法来研究地方政府债务风险的空间关联性。区域方法需要明确空间“邻接”的具体含义, “邻接”可以是字面意义上基于地理相邻关系的邻接, 也可以是经济意义上的邻接。地理相邻可用简单的 $m \times m$ 空间邻接矩阵表示相邻关系, 此时相邻矩阵 E 中的元素 e_{ij} 以是否在地理上一阶相邻为判断标准来进行赋值, 如果区域 i 与区域 j 相邻则为 1, 否则为 0, 同时设定 $e_{ii} = 0$ 。在研究经济问题时, 常用的空间权重矩阵为考虑到“逆

经济距离”指标后的空间经济权重矩阵 A^* , 定义为:

$$A^* = AE \quad (15)$$

$$A = (a_{ij})_{n \times n}, a_{ij} = \frac{1}{|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j|} \quad (i \neq j) \quad (16)$$

其中, \bar{Y}_i 为区域 i 在样本期间的人均 GDP。考虑到经济含义, 本文使用行标准化后的 $A^* = AE$ (15) 表示个体之间的空间相邻关系。其中, 邻接矩阵 E 为简单的空间邻接矩阵; 逆经济矩阵 A 的主对角线上元素为 0, 非主对角线上元素为经济距离的倒数。地方政府的竞争关系不局限于空间相邻, 使用经济加权后的相邻矩阵, 反映了经济发展水平相近的地方政府间的竞争关系。

确定空间相邻关系后, 个体脆弱项 v_i 具有了空间相关性, 确定 n 维随机变量 v 的联合密度函数成为研究的关键点。从贝叶斯估计的视角, 通常的做法是在 v_i 的先验分布中加入空间相关性, 给定包含邻接信息的条件自回归 (CAR) 先验分布^[10], 则脆弱项的条件分布为:

$$v_i | \{v_j\}_{j \neq i} \sim N\left(\sum_{j=1}^m a_{ij} v_j / a_{i+}, \tau^2 / a_{i+}\right), \quad i, j = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

其中, a_{ij} 为标准化 A^* 中的元素; $a_{i+} = \sum_{j=1}^m a_{ij}$; τ 为尺度参数; τ^2 / a_{i+} 为条件方差, 满足约束条件 $\sum_{i=1}^m v_i = 0$ 。由此得到异质相关的空间比例风险分析模型 (CAR - SPH)。

(四) 空间比例风险分析模型的实证结果与分析

表 5 列出了非空间 PH 模型、独立同分布异质的空间 PH 模型 (IID - SPH) 和网络关联个体异质的空间 PH 模型 (CAR - SPH) 的有效性评价结果。由此可知, 在 lognormal 分布假设下三个模型均得到较优的评价结果。IID 异质性和 CAR 异质性的空间 PH 模型均优于非空间的 PH 生存模型。三种参数假设下, IID 异质性的空间 PH 模型的评价结果最好, 且估计出的 v_i 的方差十分显著, 其中 lognormal 分布 (最优) 假设下估计出 v_i 方差的 95% 置信区间为 (0.0623, 0.7135), 显著不等于 0, 即认为各省份

债务风险之间存在解释变量以外的空间异质性。相比较于 IID 异质性的空间 PH 模型, CAR 异质性的空间 PH 模型评价结果略逊一筹。由于本文在考虑风险因素时, 已经将相邻区域 GDP 作为重要解释变量放在模型中, 因此地方政府个体异质项中的空间关联相对微弱。

表 6 (见下页) 列出了 lognormal 分布假设下三个模型的回归结果。由于事务分权与财政分权高度线性相关, 故下文的回归模型中仅考虑财政分权 (PerIncome)。从回归结果的整体上来看, 仅土地出让金对数 (lnlrr) 的符号发生了变化, 其余解释变量不仅符号一致, 系数大小也相差不大。

表 5 PH 模型与 SPH 模型的有效性比较

模型	分布	DIC	LPML	WAIC
PH 模型	log logistic	2195.16	-1097.10	2193.89
	lognormal	2177.61	-1088.32	2176.43
	Weibull	2186.70	-1093.52	2186.72
IID - SPH 模型	log logistic	2160.89	-1079.78	2158.57
	lognormal	2147.73	-1072.16	2143.32
	Weibull	2150.76	-1075.76	2150.19
CAR - SPH 模型	log logistic	2165.33	-1082.15	2163.03
	lognormal	2153.33	-1075.84	2150.49
	Weibull	2152.41	-1078.10	2154.32

从 IID 个体异质性的空间 PH 模型 (最优) 的回归结果可以看出, 财政分权的系数为 -0.6393, 对应的相对风险率为 0.5277, 且在 95% 的置信水平上显著。财政分权程度的加大对地方政府生存时间有显著的正向影响。虽然现有研究中部分学者认为本省份政府自主决定财政收支的权力越大, 本省的债务水平越高^[11]。但是, 从另一个角度来说, 财政分权自由度会加大地方政府对省内产业的扶持力度, 有助于促进省内产业发展, 增加可偿债收入, 有利于地方政府的持续生存。

借款融资利率的系数为 0.0694, 对应的相对风险率为 1.0719, 且在 95% 的置信水平上显著。这说明在其他不变的前提下, 借款融资利率每增加一单位, 地方政府违约的风险增加 9.5%。该结果与本文的假设保持一致, 说明限定其他条件下, 借款融资

表 6 lognormal 分布的 PH 模型与 SPH 模型的回归结果

变量	PH 模型		IID - SPH 模型		CAR - SPH 模型	
	系数	相对风险率	系数	相对风险率	系数	相对风险率
SynGDP	-0.0420	0.9588	-0.0456	0.9554	-0.0348	0.9658
PerIncome	-0.3064	0.7361	-0.6393**	0.5277	-0.5706**	0.5652
CityBond	0.0907**	1.0950	0.0694**	1.0719	0.0659	1.0681
dr	1.2987**	3.6646	1.5756**	4.8338	1.5742**	4.8271
CPI	2.2598	9.5813	0.2120	1.2362	0.8278	2.2883
urb	-2.8939**	0.0554	-3.0328**	0.0482	-3.1806**	0.0416
lnInv	0.2274	1.2553	0.3202**	1.3775	0.2959**	1.3443
g	3.5434**	34.5853	3.7988**	44.6491	3.8339**	46.2427
gv	0.5031	1.6538	0.8960	2.4499	0.8770	2.4037
lnlrr	-0.0654	0.9367	0.0688	1.0713	0.0516	1.0529

注:**表示在 95% 的置信水平上显著。

利率的提高会增加地方政府的短期偿债压力,缩短地方政府的生存时间。

债务负担率的系数为 1.5756,对应的相对风险率为 4.8338,且在 95% 的置信水平上显著。与前文假设一致,说明债务负担率的增加减少了地方政府的生存时间。债务负担率代表地方政府的债务存量,不仅短期内需要偿还债务产生的利息,长期还本付息的压力对于地方政府来说是较大的生存风险。

现有研究普遍认为,城镇化建设耗费地方政府巨大财力支持的同时扩大了地方政府的债务规模^[12]。而本文的回归结果中城镇化率的系数为 -3.0328,对地方政府的持续期有显著的正向影响,说明城镇化率的提高会同时促进经济水平的提升和税收水平的增加,长期来看,有利于地方政府的持续生存。

固定资产投资对数的回归系数为 0.3202,对地方政府生存期有显著的负向影响。地方政府举债主要是为了支援基础设施投资,因此固定资产投资会增加地方政府债务规模,不利于地方政府的持续发展。

人均 GDP 增长率的系数为 3.7899,在 95% 的置信水平下是显著的。这表明,经济发展速度较快地区的政府债务违约率高于经济发展速度较低的地区,在一个增长主要靠投资拉动的经济体里,经

济发展水平更强的地区面临更大的债务风险,地方政府存在靠债务促增长的体制性冲动,经济发展水平越高的地区借债融资越多,长期来看,并不利于地方政府的持续发展。

(五) 稳健性检验

在使用 PH 模型的过程中,可能存在个别变量无法满足等比例风险假设的情况,从而会对模型的整体估计造成一定影响。本文使用加速失效时间(AFT)模型进行稳健性检验。AFT 模型直接对 $\ln T$ 进行线性回归, $\ln T = -x_i' \beta + u$,其中 u 为扰动项,此时个体风险函数为:

$$\lambda_{x_i}(t, x_i, \beta) = \lambda_0(\exp(x_i' \beta)) \exp(x_i' \beta) \quad (18)$$

当 $\exp(x_i' \beta) > 1$ 时对基准风险加速,而如果 $\exp(x_i' \beta) < 1$,则对基准风险减速。当存在个体独立空间异质项和空间相关异质项时,处理办法和上文一致,此处不再赘述。

AFT 模型也是半参数模型,表 7 分别列出 loglogistic 分布、lognormal 分布和 Weibull 分布形态下非空间 AFT 生存模型、IID 异质项的空间 AFT 模型(IID - SAFT)和 CAR 异质项的空间 AFT 模型(CAR - SAFT)对应的 LPML 值、DIC 值和 WAIC 值。从评价结果来看,空间 AFT 模型(IID 异质项和 CAR 异质项)均优于非空间 AFT 生存模型。根据

选择标准,三个模型中拟合程度最好的分布形态分别是 Weibull 分布、Weibull 分布和 lognormal 分布。因此,选择对应三个分布对前面的分析做稳健性检验。

表 7 AFT 模型与 SAFT 模型的有效性结果

模型	分布	DIC	LPML	WAIC
AFT 模型	log logistic	2208.74	-1104.75	2209.44
	lognormal	2195.83	-1097.84	2195.47
	Weibull	2187.99	-1094.13	2187.98
IID - SAFT 模型	log logistic	2156.38	-1080.71	2160.91
	lognormal	2147.50	-1073.93	2147.02
	Weibull	2141.64	-1072.00	2141.93
CAR - SAFT 模型	log logistic	2177.34	-1090.43	2179.84
	lognormal	2168.28	-1089.68	2176.94
	Weibull	2175.00	-1091.46	2177.02

表 8 给出上述三个模型的回归结果。AFT 模型直接对生存时间建模,在本文的模型设定中,符号为正的参数表示该解释变量会减少生存时间,增加违约风险,即 x 增加一单位将导致新生存时间为原来的 $e^{-\beta}$ 倍。

对比表 6 和表 8 结果发现,95% 置信水平下,对地方政府持续期起正向促进的因素有财政分权 (PerIncome) 和城镇化率 (urb); 对地方政府持续期

有负向影响的因素有债务负担率 (dr)、固定资产投资对数 (lnInv) 和人均 GDP 增长率 (g)。所得到的结果与前文 PH 模型的回归结果基本一致,表明前文的分析结果是稳健的。

五、结论

本文在区域经济异质关联框架中,从理论角度证明地方政府债务存在空间关联性,并利用空间生存分析模型对影响地方政府持续期的各种因素进行检验。空间生存模型克服了中国地方政府债务数据短、数据删失多等困难,可计算出各地方政府在未来各时点的违约概率。

研究结果显示:首先,不考虑地方政府主观上不愿意偿还和政府的预算软约束现象,仅从地方政府的偿还能力出发的研究表明,中国地方政府自 2010 年起不发生债务违约的概率已降至 3.57%。这一结果也表明,地方政府以往举债不加控制及中国地方政府债务管理体系严重缺乏。其次,各省级地方政府的债务风险在空间上存在个体异质性。DIC、WAIC 和 LPML 准则显示 IID 个体异质的空间比例风险模型 (IID - SPH) 为最优模型,对将来时间地方政府的债务危机的发生可能性有较准确的预测,且模型结论具备较好的稳健性,可以用来对地方政府债务持续期进行预测。最后,最优空间生存

表 8 AFT 模型与 SAFT 模型的回归结果

变量	AFT 模型 - Weibull 分布		IID - SAFT 模型 - Weibull 分布		CAR - SAFT 模型 - lognormal 分布	
	系数	相对生存时间	系数	相对生存时间	系数	相对生存时间
SynGDP	-0.0001	0.9999	0.0000	1.0000	0.0001	1.0001
PerIncome	-0.0007	0.9993	-0.0028**	0.9972	-0.0020**	0.9980
CityBond	0.0002**	1.0002	0.0001	1.0001	0.0000	1.0000
dr	0.0028**	1.0028	0.0041**	1.0041	0.0035**	1.0035
CPI	0.0035	1.0035	-0.0044	0.9956	-0.0009	0.9991
urb	-0.0065**	0.9936	-0.0053**	0.9947	-0.0058**	0.9942
lnInv	0.0005	1.0005	0.0010**	1.0010	0.0010**	1.0010
g	0.0079**	1.0080	0.0079**	1.0080	0.0075**	1.0075
gv	0.0014	1.0014	0.0044**	1.0044	0.0020	1.0020
lnlrr	-0.0001	0.9999	0.0004**	1.0004	0.0003	1.0003

分析模型显示,排除个体异质项的影响后,财政分权程度和城镇化率的提高增加了地方政府生存概率,有利于地方政府持续生存;借款融资利率、债务负担率、固定资产投资和人均 GDP 增长率的增加不利于地方政府的持续生存。

参考文献:

- [1]梁丽萍,李新光.我国地方政府债务风险测度研究——基于资产负债表的视角[J].宏观经济研究,2016(12):102-111.
- [2]李腊生,耿晓媛,郑杰.我国地方政府债务风险评价[J].统计研究,2013,30(10):30-39.
- [3]王周伟,敬志勇,庞涛.城镇化进程中地方政府性债务限额设定研究[J].山西财经大学学报,2015,37(1):24-36.
- [4]洪源,刘兴琳.地方政府债务风险非线性仿真预警系统的构建——基于粗糙集-BP神经网络方法集成的研究[J].山西财经大学学报,2012(3):1-10.
- [5]徐占东,时欣,迟国泰.基于改进贝叶斯网络的省

级政府债务风险预警模型[J].统计与信息论坛,2017,32(8):87-95.

[6]李斌,郭剑桥,何万里.一种新的地方政府债务风险预警系统设计与应用[J].数量经济技术经济研究,2016(12):96-112.

[7]徐占东,王雪标. Ponzi 偿债策略、土地财政与省级政府债务可持续性[J].经济科学,2016(1):17-28.

[8]王周伟,赵启程,李方方.地方政府债务风险价值估算及其空间效应分解应用[J].中国软科学,2019(12):81-95.

[9]吕健.地方债务对经济增长的影响分析——基于流动性的视角[J].中国工业经济,2015(11):16-31.

[10]Besag J. Spatial Interaction and the Statistical Analysis of Lattice Systems[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1974, 36(2): 192-236.

[11]陈宝东,邓晓兰.财政分权、金融分权与地方政府债务增长[J].财政研究,2017(5):38-53.

[12]毛捷,刘潘,吕冰洋.地方公共债务增长的制度基础——兼顾财政和金融的视角[J].中国社会科学,2019(9):45-67.

The Spatial Survival Analysis on the Duration of Local Government Debt in China

Li Fangfang Wang Zhouwei Zhao Haipeng

Abstract: Using duration to measure the sustainability of local government debt in the framework of regional economic heterogeneous correlation has important practical significance for the inter-period prudent management of local government debt risk. The modified KMV model and the spatial production function are used to construct a framework for estimating the duration of local government debt. The influencing factors are analyzed which consider the individual heterogeneity and spatial correlation of local government revenues and expenditures based on the data of provincial government debt in China. Using the spatial survival analysis model with individual heterogeneity, analyzes the duration of local government debt and its influencing factors. The results show that the probability that local governments will not default has fallen to 3.57% since 2010. The duration of provincial-level local government debt has significant strong individual heterogeneity and weak spatial correlation. Fiscal decentralization and urbanization rate have significantly increased the duration, while the borrowing financing interest rate, debt burden rate, growth rate of GDP per capita, and logarithm of fixed asset investment have reduced the duration.

Key words: regional economic heterogeneity; duration of local government debt; modified KMV model; spatial survival analysis model