

附录 1：数字金融发展对区域金融风险的直接和间接影响的相关理论依据

由于空间计量经济学模型能更好地解释各省份观测值之间的相关信息,在涉及相关变量空间滞后期的模型当中,本文使用 SDM 模型解释省份 i 的数字金融发展对本地区的直接影响和对其他省份 j 的间接影响。而解释变量的空间滞后系数 ρ 不等于 0 时,直接用自变量 Wy 的系数来表示各省份数字金融溢出效应对区域金融风险的影响将会产生偏差,因而本文利用空间回归偏微分方法,将 SDM 模型进行如下变换:

$$(I_n - \rho W)y = X\beta_1 + WX\beta_2 + \varepsilon$$

亦即

$$y = (I_n - \rho W)^{-1}X\beta_1 + (I_n - \rho W)^{-1}WX\beta_2 + (I_n - \rho W)^{-1}\varepsilon = \sum_{r=1}^k S_r(W)x_r + V(W)\varepsilon \quad (1)$$

$$S_r(W) = V(W)(I_n\beta_{1r} + W\beta_{2r})$$

$$V(W) = (I_n - \rho W)^{-1} = I_n + \rho W + \rho^2 W^2 + \rho^3 W^3 + \dots$$

其中, I_n 为 n 阶单位矩阵, x_r 为第 r 个自变量, $r = 1, 2, \dots, k$, β_{1r} 和 β_{2r} 分别表示 X 和 WX 的第 r 个分量的待估系数。进一步,可将式 (1) 写为

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \sum_{r=1}^k \begin{bmatrix} S_r(W)_{11} & S_r(W)_{12} & \dots & S_r(W)_{1n} \\ S_r(W)_{21} & S_r(W)_{22} & \dots & S_r(W)_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_r(W)_{n1} & S_r(W)_{n2} & \dots & S_r(W)_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1r} \\ x_{2r} \\ \vdots \\ x_{nr} \end{bmatrix} + V(W)\varepsilon$$

这时,某个省份 i 的因变量 y_i 为

$$y_i = \sum_{r=1}^k [S_r(W)_{i1}x_{1r} + S_r(W)_{i2}x_{2r} + \dots + S_r(W)_{in}x_{nr}] + V(W)\varepsilon \quad (2)$$

根据式 (2), 将 y_i 对本省份 i 及其他省份 j 的第 r 个自变量 x_{ir} 和 x_{jr} 求偏导得

$$\frac{\partial y_i}{\partial x_{ir}} = S_r(W)_{ii} \quad (3)$$

$$\frac{\partial y_i}{\partial x_{jr}} = S_r(W)_{ij} \quad (4)$$

其中, $S_r(W)_{ij}$ 和 $S_r(W)_{ii}$ 依次代表其他省份 j 和本省份 i 的第 r 个自变量对省份 i 因变量的冲击作用。式 (3) 和式 (4) 中的 j 与 r 通常不相等, y_i 对 x_{jr} 的偏导数不为 0。

此时, 矩阵 $S_r(W)_{ij}$ 中第 i 和 j 元素将起到关键作用, 且 y_i 对 x_{ir} 的偏导数一般不为 β_{1r} , 所以某省份 X 的变化对本地区和其他地区的 y 值均会产生影响。

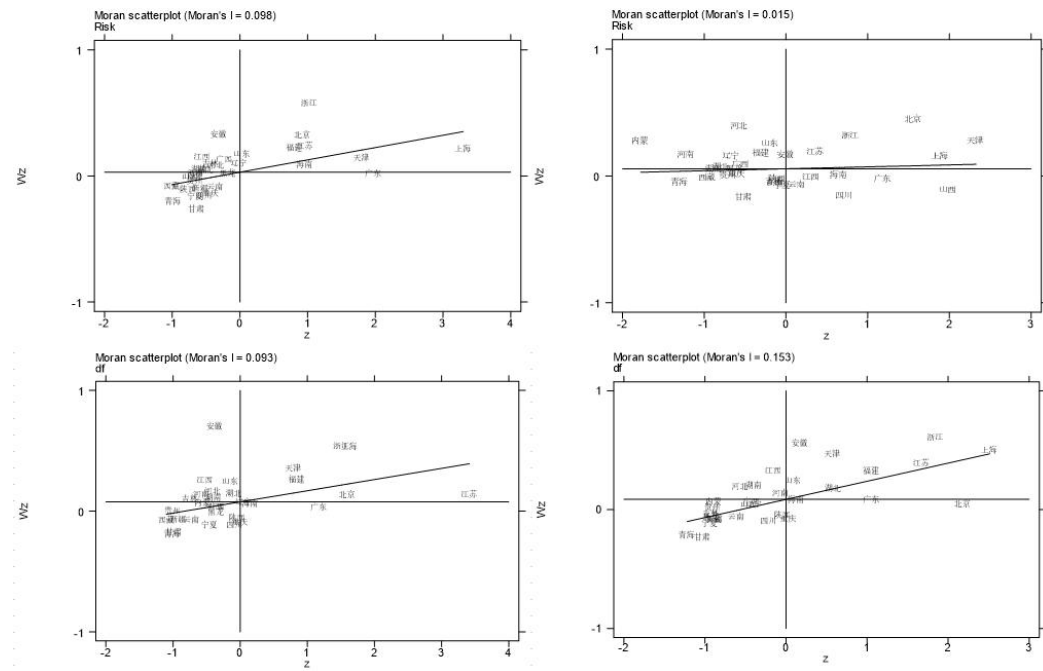
参考 Lesage 和 Pace(2009), 本文使用 $S_r(W)$ 这一 $n \times n$ 矩阵的对角线元素, 即 $\partial y_i / \partial x_{ir}$ 来表示直接效应, 用该矩阵的非对角线元素 ($\partial y_i / \partial x_{jr}$) 来表示间接效应, 非对

角线元素表明了其他省份对本省份的空间溢出效应。不难发现，若解释变量的空间滞后系数 ρ 取 0 时，空间杜宾模型将会简化为独立模型，此时反映空间溢出效应的交叉偏导数都为 0。由于数字金融的发展覆盖区域是全国范围内的，因而 ρ 取 0 的情况是不现实也不成立的。即两种效应（直接效应和间接效应）的总和代表了与解释变量变化有关的总效应（累计效应）。

附表 1		指标描述性统计			
变量名	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>risk</i>	279	0.174	0.728	0.066	0.404
<i>df</i>	279	203.490	91.885	16.223	410.282
<i>inflation</i>	279	2.542	1.228	0.571	6.341
<i>town</i>	279	2.236	1.425	-2.232	8.604
<i>loan</i>	279	24.121	36.257	-49.699	256.272
<i>asseted</i>	279	57.829	6.602	28.812	76.079
<i>edu</i>	279	0.019	0.005	0.008	0.035
<i>open</i>	279	9.109	22.798	-59.474	152.077
<i>science</i>	279	2.011	1.453	0.303	6.757
<i>density</i>	279	0.077	0.125	0.001	1.034

附表 2 数字金融和区域金融风险的 <i>Mornan's I</i> 值		
年份	<i>risk</i>	<i>df</i>
2011	0.098***	0.093***
2012	0.095***	0.125***
2013	0.091***	0.135***
2014	0.087***	0.135***
2015	0.071***	0.108***
2016	0.041***	0.125***
2017	0.049***	0.138***
2018	0.051***	0.149***
2019	0.015***	0.153***

注：*、**、***分别代表在 10%、5%和 1%的显著性水平下显著。



附图 1 2011 年、2019 年数字金融与区域金融风险 *Moran's I* 散点图

注：这里仅列出 2011 和 2019 年的散点图，其中 z 分别代表各地区的 *risk* 和 *df*， Wz 代表 z 的空间滞后项。

附表 3

稳健性检验

	Panel A	Panel B	Panel C
df	0.035** (-1.451)	0.130* (-1.911)	0.520* (13.534)
Wdf	-0.230** (-1.632)	-0.953*** (-2.802)	-0.041* (-0.583)
ρ	-0.894*** (-3.463)	-0.389* (-1.933)	0.256*** (-3.484)
σ^2	0.000*** (-11.624)	0.000*** (-11.984)	0.000*** (11.743)
省份固定效应	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制
Observations	279	279	279
R^2	0.362	0.303	0.521
直接效应	0.045* (-1.654)	0.151** (-2.123)	0.116*** (1.812)
间接效应	-0.152* (-1.823)	-0.761*** (-2.823)	-0.526* (-13.740)

总效应	-0.107 (-1.442)	-0.610** (-2.372)	-0.410*** (-9.901)
-----	--------------------	----------------------	-----------------------

注：Panel A、Panel B 和 Panel C 分别表示替换数字金融指标、权重矩阵和区域金融风险指标进行的稳健性检验结果。

附表 4	分地区异质性检验		
	东部地区 (1)	中部地区 (2)	西部地区 (3)
<i>df</i>	-0.056** (-2.212)	-0.044* (-1.823)	-0.083** (-2.272)
<i>Wdf</i>	-0.728*** (-6.321)	0.142** (-2.112)	-0.270 (-1.253)
<i>inflation</i>	-0.038 (-0.082)	-0.632 (-0.721)	-0.657* (-1.934)
<i>loan</i>	-0.003 (-0.263)	-0.012 (-0.643)	0.038*** (-4.582)
<i>asseted</i>	-0.279*** (-2.841)	0.109** (-2.042)	-0.130 (-1.591)
<i>edu</i>	-1284.612*** (-4.500)	411.023* (-1.952)	-131.521 (-0.752)
<i>open</i>	-0.042 (-1.480)	-0.033** (-2.152)	-0.001 (-0.164)
ρ	-0.418** (-2.141)	-1.076*** (-5.353)	-1.464*** (-4.522)
σ^2	1.821*** (-7.160)	1.849*** (-5.101)	1.481*** (-5.923)
<i>Observations</i>	99	72	99
R ²	0.229	0.703	0.493

附表 5		分地区效应分解		
		直接效应 (1)	间接效应 (2)	总效应 (3)
	<i>df</i>	-0.015 (-0.641)	-0.538*** (-5.833)	-0.553*** (-5.352)
	<i>inflation</i>	-0.048	0.052	0.004

东部地区		(-0.114)	(-0.041)	(-0.050)
	<i>loan</i>	-0.006	0.058*	0.053
		(-0.610)	(-1.683)	(-1.322)
	<i>asseted</i>	-0.248***	-0.554	-0.803
		(-2.850)	(-1.051)	(-1.453)
	<i>edu</i>	-1014.310***	-3350.013***	-4364.424***
		(-3.613)	(-3.421)	(-4.500)
中部地区	<i>open</i>	-0.0216	-0.264***	-0.286***
		(-0.794)	(-2.872)	(-2.971)
	<i>df</i>	-0.091**	0.138**	0.047
		(-2.394)	(-2.553)	(-1.352)
	<i>inflation</i>	-0.884	0.636	-0.248
		(-0.832)	(-0.421)	(-0.193)
	<i>loan</i>	-0.017	0.021	0.004
西部地区		(-0.842)	(-0.510)	(-0.090)
	<i>asseted</i>	0.201***	-0.267***	-0.066
		(-4.242)	(-2.582)	(-0.600)
	<i>edu</i>	372.500**	121.311	493.921
		(-2.442)	(-0.412)	(-1.301)
	<i>open</i>	-0.012	-0.057*	-0.069***
		(-0.591)	(-1.763)	(-2.794)
西部地区	<i>df</i>	-0.061	-0.084	-0.145
		(-1.253)	(-0.723)	(-1.513)
	<i>inflation</i>	-1.117**	1.808	0.691
		(-2.142)	(-1.601)	(-0.853)
	<i>loan</i>	0.027***	0.050**	0.076***
		(-3.882)	(-2.073)	(-3.152)
	<i>asseted</i>	-0.215**	0.346	0.131
西部地区		(-2.191)	(-1.153)	(-0.502)
	<i>edu</i>	-477.413*	1419.524**	942.023*
		(-1.963)	(-2.292)	(-1.812)
	<i>open</i>	0.004	-0.019	-0.015
		(-0.480)	(-1.021)	(-0.933)
	<i>Observations</i>	99	72	99
	<i>R²</i>	0.229	0.703	0.493