

北京市产业部门足迹家族分析研究

研究生：魏婧；导师：黄凯 副教授



研究背景

北京作为我国的首都，各产业部门对资源能源的需求量不断增加，经济快速增长的同时过度地消耗了自然资源，并不断地带来资源和环境危机。环境问题已经从区域性、局部性向复合性、全球性快速蔓延，资源短缺和环境问题已经对经济社会和人体健康造成严重影响。

研究内容

1. 利用投入产出法对北京市产业部门2000年-2010年生态足迹、水足迹和碳足迹进行核算分析，研究人类生产活动对生态环境自然资源的影响，综合分析为北京市制定建设低碳城市政策作出贡献；
2. 利用结构分解分析法从技术进步、部门联系、经济结构和经济规模四个角度分解各驱动因素，分析其演变趋势。

研究方法

投入产出法 (IO)

Leontief早在1936提出的

结合环境、经济、资源因素通过构建耦合足迹的投入产出模型，对产业部门的足迹进行定量核算。

列昂惕夫 (Leontief) 逆矩阵:

$$A = [a_{ij}], a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \quad B = [I - A]^{-1} = [b_{ij}]$$

可以通过投入产出的计算结果量化主要的决定因素的影响，揭示引发变化的潜在因素。可反映部门间联系，以及间接影响。

$$\Delta t = \frac{1}{2} \sum [(t_{j2} - t_{j1})(b_{j1} \times y_{j1} \times g_1) + (t_{j2} - t_{j1})(b_{j2} \times y_{j2} \times g_2)]$$

$$\Delta b = \frac{1}{2} \sum [(b_{j2} - b_{j1})(t_{j2} \times y_{j1} \times g_1) + (b_{j2} - b_{j1})(t_{j1} \times y_{j2} \times g_2)]$$

水足迹、碳足迹结构分解分析模型

$$\Delta y = \frac{1}{2} \sum [(y_{j2} - y_{j1})(t_{j2} \times b_{j2} \times g_1) + (y_{j2} - y_{j1})(t_{j1} \times b_{j1} \times g_2)]$$

$$\Delta g = \frac{1}{2} \sum [(g_2 - g_1)(t_{j2} \times b_{j2} \times y_{j2}) + (g_2 - g_1)(t_{j1} \times b_{j1} \times y_{j1})]$$

技术因素 (Δt)、部门间联系 (Δb)、经济结构 (Δy)、经济规模 (Δg)

表1 北京市投入产出表基本结构 (单位: 万元)

投入/产出	code	中间使用 Intermediate use				最终使用 Total use	进口 Import	总产出 Gross output	
code		1	2	...	N	Exports 合计			
中间投入 Intermediate input	1	X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1n}	EX ₁	Y ₁	IM ₁	X ₁
	2	X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2n}	EX ₂	Y ₂	IM ₂	X ₂
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	n	X _{n1}	X _{n2}	...	X _{nm}	EX _n	Y _n	IM _n	X _n
总投入 Total input		X ₁	X ₂	...	X _n				

列昂惕夫 (Leontief) 逆矩阵:

$$A = [a_{ij}], a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \quad B = [I - A]^{-1} = [b_{ij}]$$

可以通过投入产出的计算结果量化主要的决定因素的影响，揭示引发变化的潜在因素。可反映部门间联系，以及间接影响。

$$\Delta t = \frac{1}{2} \sum [(t_{j2} - t_{j1})(b_{j1} \times y_{j1} \times g_1) + (t_{j2} - t_{j1})(b_{j2} \times y_{j2} \times g_2)]$$

$$\Delta b = \frac{1}{2} \sum [(b_{j2} - b_{j1})(t_{j2} \times y_{j1} \times g_1) + (b_{j2} - b_{j1})(t_{j1} \times y_{j2} \times g_2)]$$

水足迹、碳足迹结构分解分析模型

$$\Delta y = \frac{1}{2} \sum [(y_{j2} - y_{j1})(t_{j2} \times b_{j2} \times g_1) + (y_{j2} - y_{j1})(t_{j1} \times b_{j1} \times g_2)]$$

$$\Delta g = \frac{1}{2} \sum [(g_2 - g_1)(t_{j2} \times b_{j2} \times y_{j2}) + (g_2 - g_1)(t_{j1} \times b_{j1} \times y_{j1})]$$

技术因素 (Δt)、部门间联系 (Δb)、经济结构 (Δy)、经济规模 (Δg)

结果分析

产业部门生态足迹

$$M_w = \bar{C} \times [I - A]^{-1}$$
$$C = [C_1, C_2, C_3], C_j = [L_j] \times [\bar{X}_j]^{-1}$$
$$D = [D_1, D_2, D_3] \quad E = [E_1, E_2, E_3]$$
$$D_j = M_w \times \bar{Y}_j \times [1, 1, \dots]^T \quad E_j = M_w \times e_j \times [1, 1, \dots]^T$$

最终需求总生态足迹

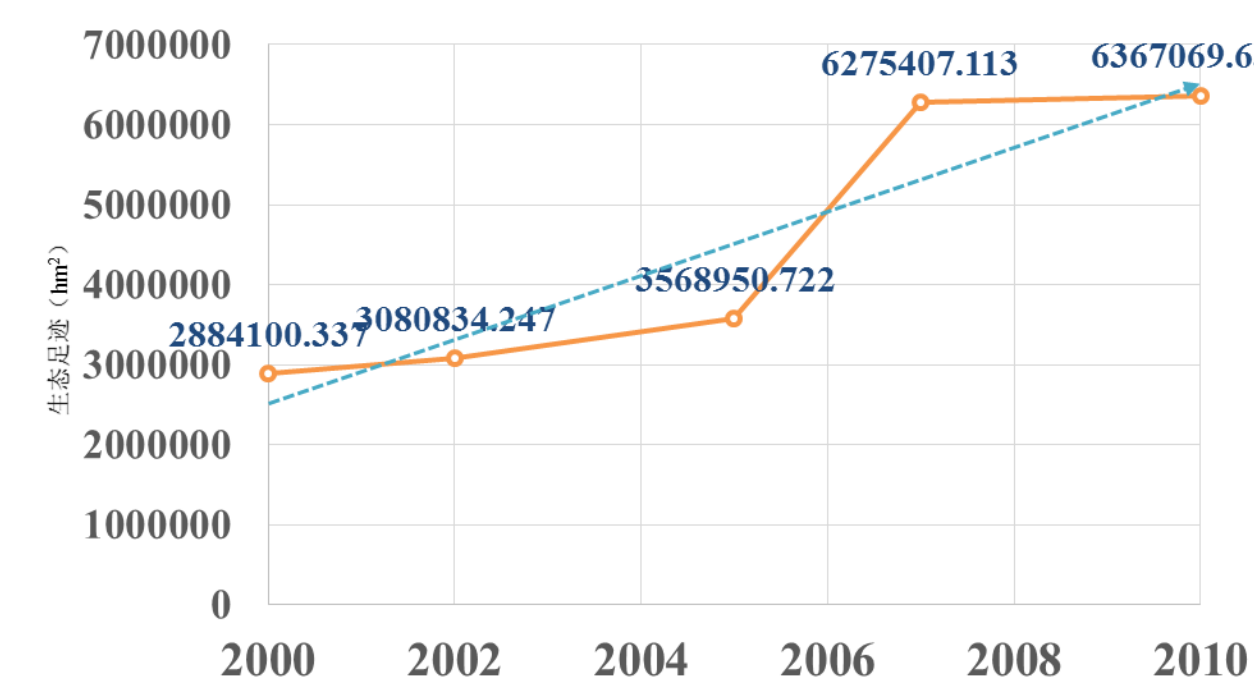


图2 2000-2010年北京市最终需求总生态足迹

- 北京各产业部门的土地投入系数与土地的生产能力呈反比关系
- 北京市超过一半的服务业的生态足迹，要靠外界输入

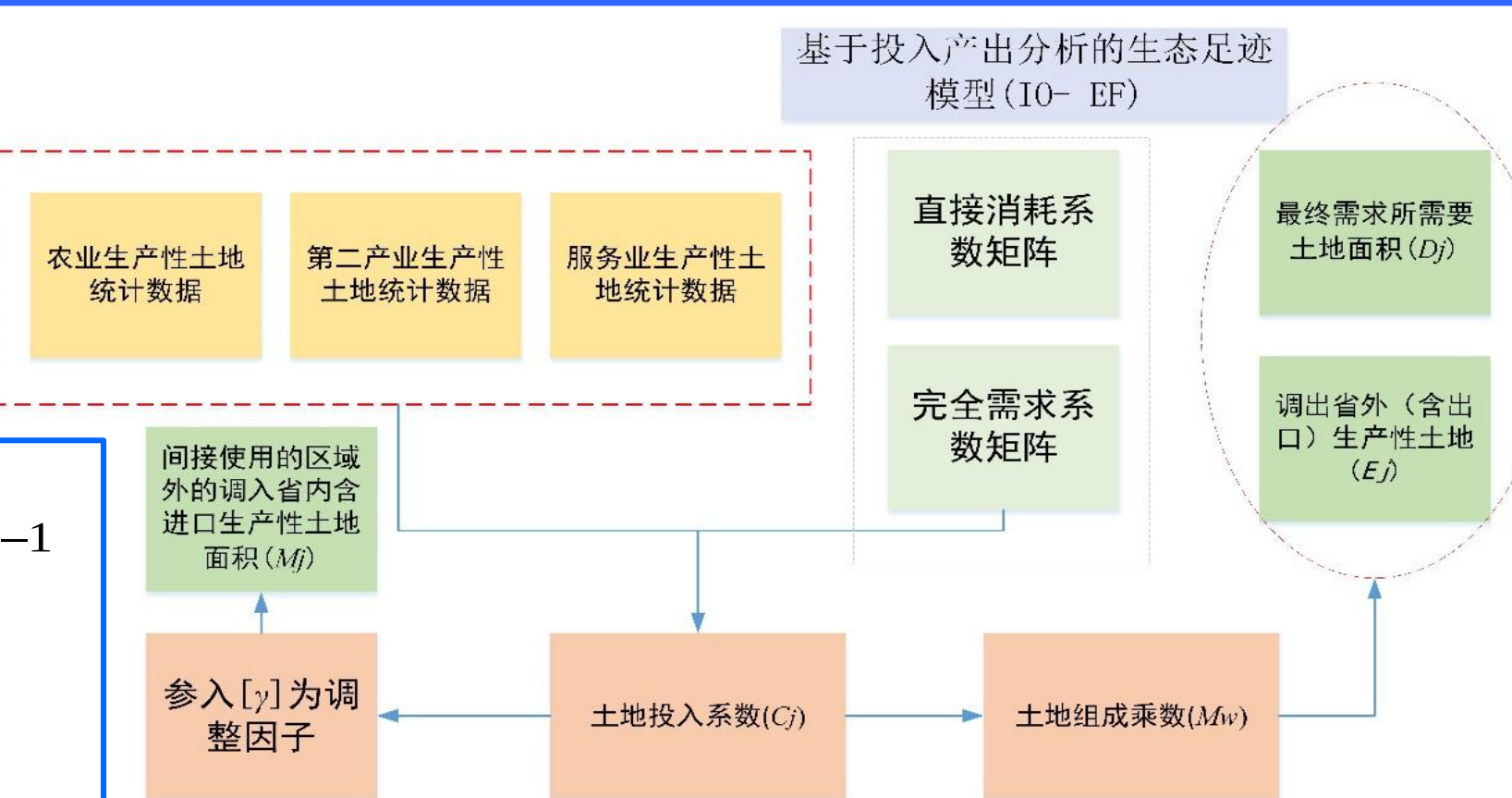


图1 部门尺度生态足迹核算框架图

土地系数核算结果

表2 北京市2000-2010年各产业部门土地投入系数

年份/部门	农业部门	第二产业	服务业
2000	0.619275	0.002274	0.002220
2002	0.486064	0.001996	0.001796
2005	0.440296	0.001076	0.000957
2007	0.434907	0.000952	0.000731
2010	0.391045	0.000645	0.000473

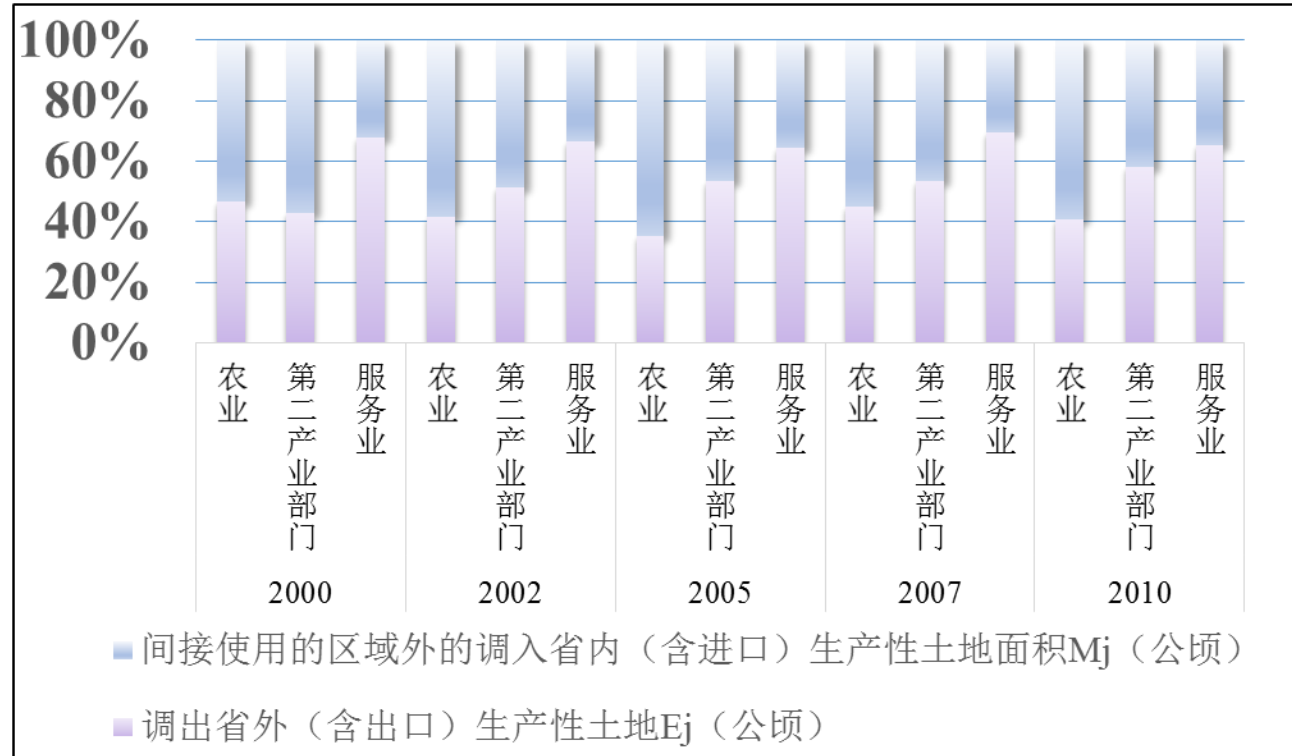


图3 2000-2010年北京市总生态足迹流入与流出量

水足迹演变分析

水足迹强度变化

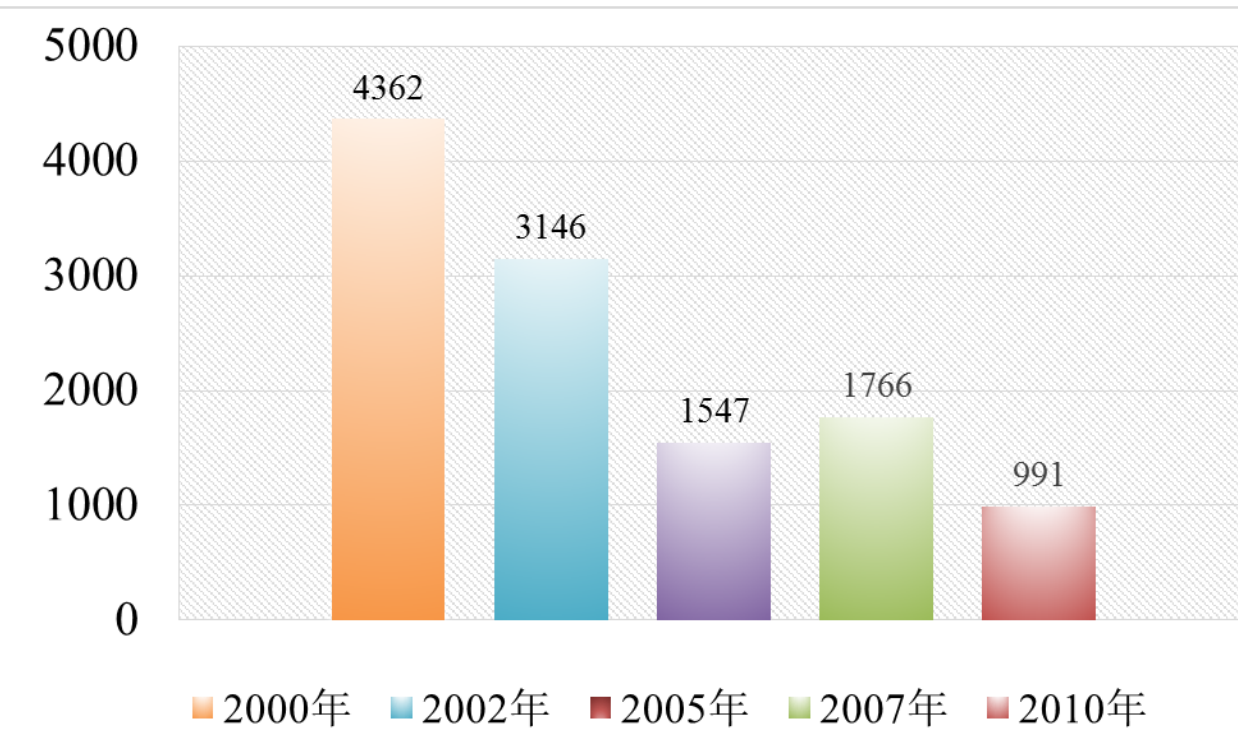


图5 2000-2010年北京市完全水足迹强度变化趋势(万吨/万元)

- 2000年-2010年北京市23个产业部门的完全水足迹强度除2007年有所增加，整体呈现下降趋势，年均下降率约为41%，2007年比2005年增加了约14%。

产业部门碳足迹变化趋势

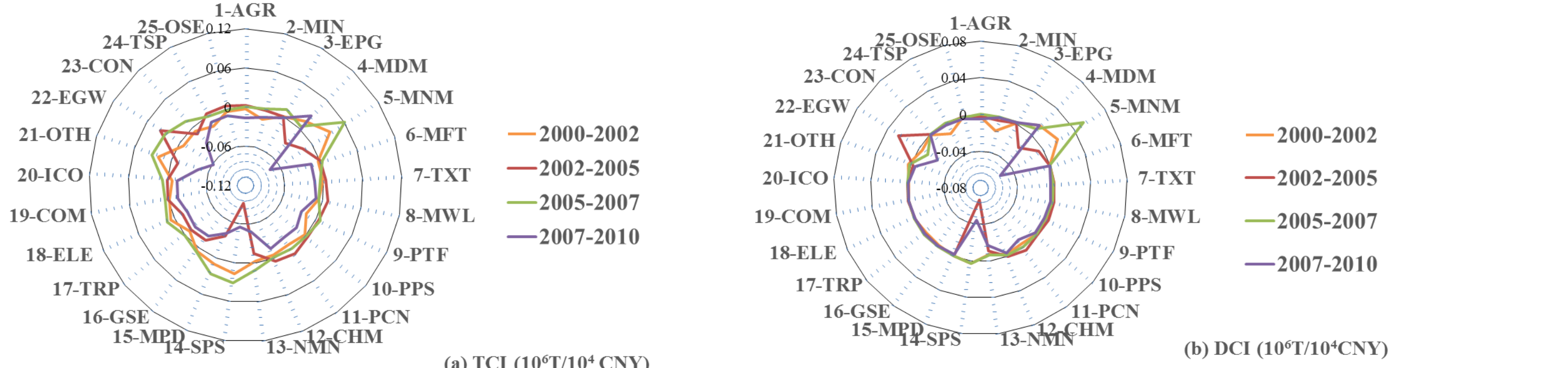


图6 北京市产业部门完全和直接碳足迹强度变化趋势

- 25个产业部门中，农业部门、金属矿采选业、非金属矿采选业、金属冶炼及压延加工业和电力、煤气及水的生产供应业的完全碳足迹强度最大

足迹演变驱动机制分析

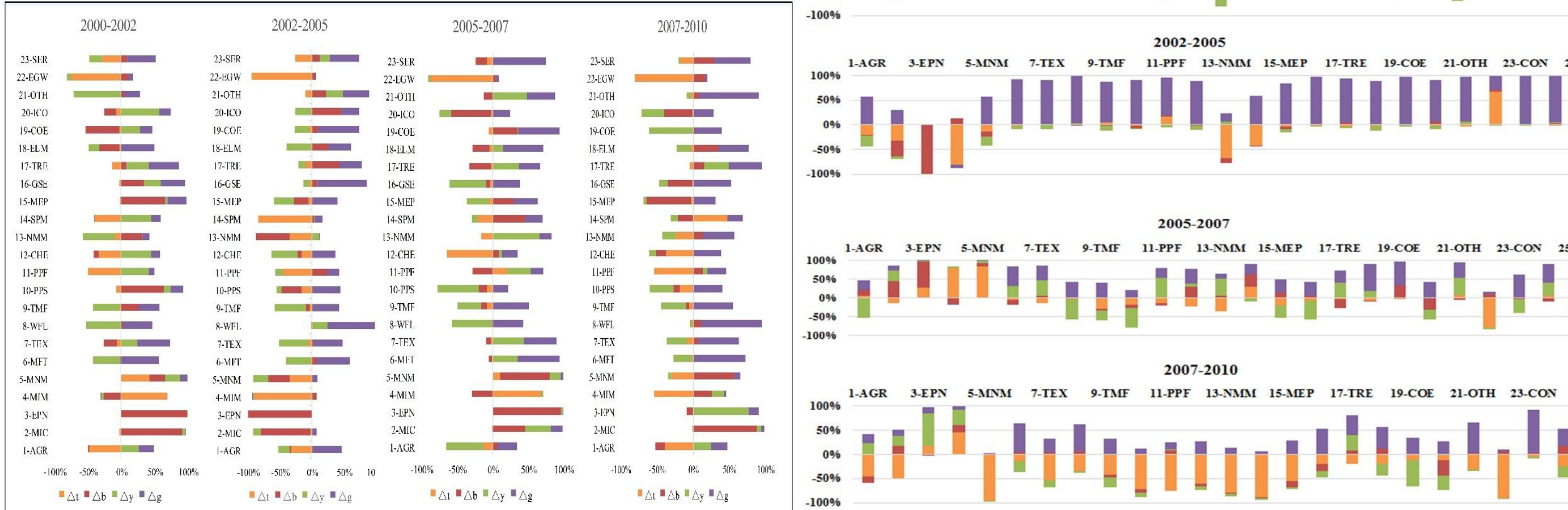


图7 部门尺度上的水足迹/碳足迹驱动因素贡献值百分比

- 技术因素在研究时间段内持续呈负值状态，相反，经济规模因素持续呈正值状态
- 水足迹研究方面，农业部门对技术因素和经济结构因素对都较为敏感，而第三产业部门对这两个驱动影响因素所占的比例最小

- 碳足迹研究方面，技术因素和经济规模因素的主要影响部门都为第三产业部门，农业部门对其所占比例较小；产业之间的联系因素的影响主要行业由第二产业逐步向服务行业部门转变

结论

- 1.北京市2000-2010年生态足迹呈持续上升趋势，2010年达到最高值，年平均增长率为25%；比较三个主要产业部门生态足迹，**农业生产部门**的生态足迹最高，占总生态足迹的比例超过85%；
- 2.北京市2000年-2010年部门完全水足迹强度整体呈现下降趋势，年均下降率约为41%；其中，对比三大产业部门完全水足迹：**第三产业>第二产业>第一产业**；
3. 2000年到2007年北京市完全碳足迹呈逐步上升趋势，年平均增长率为54%；2007-2010年呈现下降趋势；三大产业部门完全碳足迹：**第二产业>第三产业>第一产业**；
4. 影响北京市产业部门水资源环境的4个驱动指标中，抵消水足迹上升的主要因素为**技术因素**和**经济结构因素**。对北京市3个主要产业部门碳足迹变化的贡献值进行分析。技术因素在研究时间段内持续呈**负值状态**，相反，经济规模因素持续呈**正值状态**。
5. 全面掌握北京市产业部门的各项足迹指标现状，准确把握其影响因素与演变规律，这有利于科学提出产业之间合理利用资源、能源和降低污染排放的政策建议，对促进北京市产业的**经济、社会**和**生态环境**可持续发展具有重要的现实意义，同时也为我国其它城市地区的**生态环境**污染治理提供借鉴。

课题来源：（1）北京林业大学优秀青年教师科技支持专项计划项目“北京市产业部门水足迹时空演变特征及其驱动机制研究（YX2014-07）”

（2）北京市自然科学基金面上项目“基于投入产出分析的北京市产业发展水足迹评价研究（9122017）”

研究成果

- 1、**Jing Wei**, Kai Huang*, Shunshun Yang, Tingting Hu, Yue Zhang. Driving forces analysis of energy-related CO2 emission in Beijing: An input-output structural decomposition analysis. **Journal of Cleaner Production**, 2016, DOI:10.1016/j.jclepro.2016.05086. (SCI, 2015 IF=4.959)
- 2、Yue Zhang, Kai Huang*, Yajuan Yu, Tingting Hu, **Jing Wei**. Impact of climate change and drought regime on water footprint of crop production: the case of Lake Dianchi Basin, China. **Natural Hazards**, 2015, 79(1): 549-566. (SCI, 2015 IF=1.746)