

交易成本对开发商绿色建筑开发决策的影响

陈小龙, 刘小兵

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 采用交易成本经济学和博弈论的方法对开发商对具有投资潜力的绿色建筑开发持怀疑态度的原因进行了深入研究. 构建了 2 类开发商主体在 3 类市场情境下的博弈模型, 分析其决策均衡收益, 研究发现绿色建筑市场的交易成本(如有限理性、机会成本、信息不对称以及系统风险等)对开发商的决策有很大影响. 总结了模型研究的价值和政策意义, 提出减少交易成本、完善绿色建筑市场的政策建议.

关键词: 绿色建筑; 交易成本; 博弈论; 信息不对称

中图分类号: C939

文献标志码: A

Influence of Transaction Cost on Developer's Decision of Developing Green Building

CHEN Xiaolong, LIU Xiaobing

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: This paper analyzes why real estate developer is skeptical of developing green building that is with great investment potential in point of transaction cost economics and game theory. And establishes two kinds of developers' game models under three type market environment, analyzes their decisions' equilibrium income, research result finds that market transaction cost, such as opportunity cost, market information asymmetry, bounded rationality, contractual risk and *et al.*, have great influence on developers' decisions. This paper concludes three models' value and their policy significance, and gives suggestions on reducing transaction costs, optimizes green building market for reference.

Key words: green building; transaction cost; game theory; information asymmetry

相关^[1]. 中国建筑能耗已占社会总能耗近 30%, 提高建筑能效已成为实现节能减排、改善环境的重要途径. 目前研究主要集中在绿色建筑技术以及政策的作用与价值方面. Pivo 和 Fisher^[2] 研究发现获得“能源之星”标签的建筑销售量平均高出 5.9%, 售价平均高出 13.5%. Kats^[3] 发现绿色建筑在生命周期内可节约投资约 20%, 而建设成本只多出 2%. 这些研究表明似乎有足够的理由吸引开发商开发节能建筑, 然而现实中开发商普遍缺乏开发节能建筑的动力. Lee 和 Yik^[4] 指出开发商开发绿色建筑的热情不高的可能原因之一是交易成本过高. 本文基于静态古诺博弈模型, 通过构建 2 种开发商间的决策博弈过程, 将交易成本、不确定性(由信息不对称和财务风险引起)考虑进来, 分析 2 种非合作开发商的策略选择, 试图从理论上分析交易成本对开发商决策的影响.

1 相关文献

科斯首次提出交易成本的概念, 认为交易成本是获得准确市场信息所需要的费用以及谈判和经常性契约的费用. 威廉姆森通过交易成本经济学阐述了交易成本的不完全信息、有限理性和机会主义的系统风险. 交易成本的不对称和不完整信息、风险、不公平竞争等因素都会阻碍开发商开发绿色建筑. 目前关于绿色建筑市场发展障碍的研究主要集中在市场失灵、消费者行为、市场门槛和市场风险等方面^[5-6]. 这些研究都基于新制度经济学, 新制度经济学认为交易成本在市场运行中起到举足轻重的作用^[7]. 尤其对发展中国家来说, 绿色建筑市场的交易成本要高得多, 因此可能是交易成本而不是绿色建筑改造成本(相较于传统建筑只高出 2%~3%)才是

建筑行业是全球温室气体排放最大来源, 建筑能耗占全球能耗超过 1/3, 近 60% 能耗和建筑行业

收稿日期: 2013-11-01

第一作者: 陈小龙(1952—), 男, 教授, 博士生导师, 管理学硕士, 主要研究方向为绿色节能建筑、工程管理、可持续发展等.

E-mail: Chenxl@tongji.edu.cn

通讯作者: 刘小兵(1984—), 男, 博士生, 主要研究方向为绿色节能建筑、工程管理、可持续发展等. E-mail: csulxb2008@163.com

阻碍开发商进入绿色建筑市场的主要因素^[8]. 从交易成本经济学的角度看, 政策干预和制度变革可以降低交易成本, 提高社会净福利^[9].

自从冯·诺伊曼和摩根斯顿研究了合作博弈, 纳什研究了非合作博弈后, 博弈论成为研究人类行为的有效方法. 尚国和杜常华^[10]建立了地方政府和开发商之间的完全信息静态博弈模型, 表明土地交易机制的变化对绿色建筑发展有重要影响. 有些博弈模型分析了绿色建筑发展的关键影响因素, 旨在使政策制定更具针对性. 孙金额等^[11]建立了政府和投资者之间的两阶段市场增量投融资的 Stackelberg 博弈模型, 发现在绿色建筑市场发展阶段, 投资和政策都会影响投资市场效率. 一些学者还研究了绿色建筑市场的有限理性和信息不对称影响. 徐雯和刘幸^[12]基于演化博弈论分析了政府和开发商之间的相互博弈策略, 提出了政府实施绿色建筑激励政策的最优策略. 周杰^[13]建立了开发商之间的演化博弈模型, 分析声誉的形成和演化, 基于声誉假说理论解释了绿色建筑市场发展的结构.

相比传统建筑, 绿色建筑的开发需要更多成本, 且交易成本不尽相同, 如各开发商的开发成本、时间、规模、市场份额、技术、风险和资金等都不相同. 本文将建筑的开发成本分为 3 部分: 第 1 部分是开发普通建筑成本之和, 如资本、劳动力、土地和原材料成本之和. 第 2 部分为开发绿色功能所需要的附加成本, 如高效空调和照明系统、真空玻璃、绿色屋顶、节能控制系统等. 第 3 部分是交易成本, 如信息不对称、合同风险、延期风险、监管成本、市场营销以及资产管理费用等. 本文主要关注第 3 部分费用(即交易成本)的影响, 并假设随着开发技术的成熟和传播各开发商的开发成本趋同.

2 考虑交易成本的市场竞争决策模型

在静态古诺博弈模型基础上, 假设市场上只有 2 种开发商, 两者开发的绿色建筑质量没有差异. 因为开发商根据市场需求进行决策, 并考虑竞争对手策略, 因此这是一个非合作博弈过程. 设 $i = \{1, 2\}$ 为开发博弈模型中的 2 种开发商, 设 R_i 表示绿色建筑开发商 i 所获得的开发利润. 假设利润函数和销售建筑数量线性相关, 开发商确定开发绿色建筑数量时满足下面的最优化问题:

$$\begin{aligned} \max R_i &= p q_i - C_i(q_i) \\ \text{s. t. } q_i &= f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned}$$

式中: p 为绿色建筑单位面积市场价格; q_i 为开发商 i 的开发数量; $C_i(q_i)$ 为开发商 i 单位绿色建筑面积的开发成本; f_i 为开发商 i 的生产函数; $x_j (j=1, 2, \dots, n)$ 表示 j 类开发投入要素, 如土地、劳动力、融资、建造和原材料等. $C_i(q_i)$ 假定为一个线性函数, 表示为: $C_i(q_i) = \sum_{j=1}^n c_j q_i$, 这里 c_j 为 j 类开发投入要素的单位面积成本, 由绿色建筑市场经验确定.

2.1 情形 1: 没有市场交易成本情况下的博弈模型

假设 2 种开发商在交易成本为零的完美信息市场中. 因此, 绿色建筑的市场价格、每类开发商的开发数量和成本都被视为公开信息. 通常情况下, 绿色建筑的价格可以假定为其开发数量的减函数, 设 $P(Q)$ 表示价格函数. $p = P(Q)$, s. t. $Q = q_1 + q_2$, 这里 Q 是开发商 1 和开发商 2 的开发的绿色建筑数量之和. 在古诺博弈模型中, 每个开发商决定其绿色建筑的开发数量时, 同时考虑竞争对手的决策来确定最佳开发数量, 以实现利润最大化.

正如前面所述, 开发商 i 的利润可表示为: $\max R_i = q_i P(Q) - C_i(q_i)$. 因此, 将 R_i 对 q_i 求导, 并设导数为零, 求出 R_i 的最大值.

$$\frac{\partial R_i}{\partial q_i} = P(q_1 + q_2) + q_i \frac{\partial P(q_1 + q_2)}{\partial q_i} - \frac{\partial C_i(q_i)}{\partial q_i} = 0$$

满足方程的 q_i 值常被定义为最优策略, 设它们分别为 q_1^* 和 q_2^* , 则 $q_1^* = f_1(q_2)$, $q_2^* = f_2(q_1)$. 同时解上述方程, 纳什均衡 (q_1^*, q_2^*) , q_1^* 和 q_2^* 分别是 q_2^* 和 q_1^* 值的最优策略. 为使结果更能说明问题, 不失一般性, 假设绿色建筑价格为线性函数: $p = p(Q) = a - (q_1 + q_2)$. 式中, a 为价格因子, 并假设 2 种开发商绿色建筑的单位面积开发成本相同, 设 c_0 为开发传统建筑的单位面积成本, c 为开发单位绿色建筑的额外成本, 则开发商 i 开发绿色建筑的总费用为 $C_i(q_i) = (c_0 + c)q_i$.

推论 1 在没有交易成本情况下, 开发商间博弈模型的纳什均衡产量计算公式如下:

$$(q_1^*, q_2^*) = \left\{ \frac{1}{3}(a - c - c_0), \frac{1}{3}(a - c - c_0) \right\}$$

将上述纳什均衡解代入利润计算公式, 得到开发绿色建筑的利润为

$$(R_1^*, R_2^*) = \left\{ \frac{1}{9}(a - c - c_0)^2, \frac{1}{9}(a - c - c_0)^2 \right\}$$

证明 要求纳什均衡解需要解这种情境下的最优策略函数, 即 $q_1^* = \frac{1}{2}(a - q_2 - c - c_0)$, $q_2^* = \frac{1}{2}(a - q_1 - c - c_0)$. 同时解这 2 个方程得到开发商 1

和开发商 2 的纳什均衡: $(q_1^*, q_2^*): q_1^* = q_2^* = \frac{1}{3}(a - c - c_0)$, 代入利润算式, 求得每个开发商的最大利润为 $R_1^* = R_2^* = \frac{1}{9}(a - c - c_0)^2$.

进一步比较绿色建筑市场上只有一个垄断开发商时的情况. 假设垄断开发商开发的绿色建筑数量是 Q , 最大化利润函数为 $\max R_i = Q(a - Q - c - c_0)$.

令 R_i 对 Q 的一阶导数为零, 得到了垄断市场上的最佳绿色建筑数量 $Q^* = \frac{1}{2}(a - c - c_0)$, 因此有垄断市场的最大利润为 $R^* = \frac{1}{4}(a - c - c_0)^2$.

推论 2 垄断市场下的绿色建筑供应量小于完美信息市场(假设有 2 种开发商)下的供应量, 但在垄断市场利润更大.

证明 相较上面垄断情况下推导出的结论, 很显然有 $Q^* = \frac{1}{2}(a - c - c_0) < q_1^* + q_2^* = \frac{2}{3}(a - c - c_0)$, $R^* = \frac{1}{4}(a - c - c_0)^2 > R_1^* + R_2^* = \frac{2}{9}(a - c - c_0)^2$.

相关结论如下:

(1) 在完美信息市场假设条件下, 开发商开发绿色建筑的成本是相同的, 每个开发商都有相同的绿色建筑市场份额.

(2) 竞争市场的绿色建筑供应数量大于垄断市场, 因此政策应优先考虑打破垄断, 鼓励竞争(如土地市场), 从供给侧推动绿色建筑的发展.

(3) 增加绿色建筑市场竞争的激烈程度, 对消费者有两方面好处: 一是可使市场上有更多的绿色建筑; 二是增加市场的消费者剩余.

2.2 情形 2: 有市场交易成本情况下的开发商间博弈模型

将交易成本考虑进来, 开发商的成本函数改进为

$$C_i(q) = c_0 q_i + \sum_{j=1}^n c_j q_i + T_i$$

式中 T_i 为开发商 i 的总交易成本. 如前所述, 考虑到绿色建筑开发过程中的固有交易成本, 假设 T_i 是开发数量的单调递增凹函数, 也就是说, $dT/dq > 0$, $d^2 T/dq^2 < 0$, 即开发绿色建筑量增加时, 总交易成本随之增加, 单位绿色建筑面积的边际交易费用减少.

为简单起见, 仍假设绿色建筑的价格函数为线性的, 具体形式为: $p = p(Q) = a - (q_1 + q_2)$. 首先, 假

设 2 种开发商具有相同的单位面积开发成本和交易成本, 交易成本对双方来说都是公开的信息, 其函数形式为 $T_1 = T_2 = k\sqrt{q}$ ($k > 0$), 符合上述假设. 令

$\sum_{j=1}^n c_{j,1} = \sum_{j=1}^n c_{j,2} = c$, 开发商 i 的总成本函数为: $C_i(q_i) = c_0 q_i + c q_i + k\sqrt{q_i}$. 在利润最大化条件下最优策略函数为 $q_1^{**} = \frac{1}{2}(a - q_2 - c - c_0 - \frac{k}{2\sqrt{q_1}})$,

$q_2^{**} = \frac{1}{2}(a - q_1 - c - c_0 - \frac{k}{2\sqrt{q_2}})$, 式中 q_1^{**}, q_2^{**} 分别为开发商 1 和 2 开发真实绿色建筑的均衡数量. 但是, 这里很难从上面两式直接得到纳什均衡解, 因为涉及到可能有虚数解的复杂 3 次方程. 但通过中间解可得到新的纳什均衡. $q_1^{**} = q_2^{**} = \frac{1}{3}(a - c - c_0) -$

$\frac{k}{12\sqrt{q_1^{**}}} < q_1^* = q_2^* = \frac{1}{3}(a - c - c_0)$. 因此在考虑交易成本情况下, 相比于没有交易成本情况下, 2 种开发商都会减少绿色建筑的开发数量. 交易成本越高, 绿色建筑的开发数量会越少.

为了更详细了解交易成本的影响, 进一步假设开发商 1 和开发商 2 开发绿色建筑时具有相同的单位面积成本, 而交易成本不同, 其函数为: $T_i = k_i q_i$. 线性函数的假设突出了绿色建筑市场的特点: 一方面, 绿色建筑占整个建筑行业的市场份额相对较小, 总交易成本呈线性增加的假设是合理的; 另一方面, 由于绿色建筑具有初始投资较高的特点, 对每个项目而言, 开发商通常会计算每个绿色建筑项目的平均开发成本, 交易成本为线性或分段线性函数的假设是合理的. 在这种情况下有推论 3.

推论 3 存在交易成本情况下, 开发商之间开发数量的纳什均衡博弈模型为

$$(q_1^{**}, q_2^{**}) = \left\{ \frac{1}{3}(a - c - c_0 - k_1) - \frac{1}{3}(k_1 - k_2), \frac{1}{3}(a - c - c_0 - k_2) - \frac{1}{3}(k_2 - k_1) \right\}$$

证明 可以用类似推论 1 中的方法得出同样结果. 对于绿色建筑均衡市场有若 $k_1 = k_2$, 有 $q_1^{***} = q_2^{***} = \frac{1}{3}(a - c - c_0 - k_i)$; 若 $k_1 < k_2$, 有 $q_1^{***} > q_2^{***}$; 若 $k_1 > k_2$, 有 $q_1^{***} < q_2^{***}$. 式中 q_1^{***}, q_2^{***} 分别为开发商 1 和 2 的绿色建筑均衡产量.

在没有交易成本的情况下比较均衡解, 得到 $q_1^{***} + q_2^{***} \leq q_1^* + q_2^*$, 则有: ① $q_1^{***} > q_1^*$, 如果 $k_1 < \frac{1}{2}k_2$; ② $q_1^{***} \leq q_1^*$, 如果 $k_1 \geq \frac{1}{2}k_2$; ③ $q_2^{***} > q_2^*$, 如果

$$k_2 \geq \frac{1}{2}k_1; \textcircled{4} q_2^{***} \leq q_2^*, \text{如果 } k_2 \geq \frac{1}{2}k_1.$$

相关结论如下:

(1) 对开发商来说,有交易成本时开发数量比没有交易成本时少.交易成本越高,开发绿色建筑数量越小.

(2) 通过博弈模型的均衡解,拥有较低交易成本的开发商占有较高市场份额.证明在绿色建筑开发过程中,降低交易成本对开发商提高市场竞争力至关重要.

(3) 该模型也证明了政府干预的意义和价值,通过政策手段降低市场交易成本这不仅有利于绿色建筑的消费者,也有利于开发商.

3 考虑信息不对称情境下市场竞争的决策模型

由于信息不对称导致不确定性是交易成本的重要方面.如公众对绿色建筑标准知识的缺失,一些开发商可能会夸大其能效表现等,久而久之,会导致“柠檬市场”的发生.基于上述开发商间的博弈,本节从信息不对称的角度提出并研究了一个改进博弈模型.

根据约翰·C·海萨尼建立的贝叶斯博弈论,将不完全信息条件下的博弈模型扩展到贝叶斯古诺模型.假设 2 种开发商,开发商 1 开发和销售真实的绿色建筑产品,而开发商 2 可能有 2 种状态.一是开发和出售真的绿色建筑,二是开发普通建筑但虚假宣传为绿色建筑而进行销售.开发商 2 掌握的信息是完美信息:知道优先权、选择权以及开发商 1 的所有成本信息,而开发商 1 只是在初始阶段知道开发商 2 是否在开发真实绿色建筑产品.为不失一般性,假定开发商 2 开发真实绿色建筑服从两点式概率分布,即开发真实绿色建筑的概率为 μ ,开发冒牌绿色建筑(普通建筑)的概率为 $1-\mu$,这里 $0 \leq \mu \leq 1$.这里的概率可以解释为市场上开发绿色建筑的 i 类开发商的比例. i 类开发商的比例越低,开发商开发绿色建筑的投资风险越高,因为将面临很多不公平市场竞争.

市场的不确定性和风险将增加开发商的交易成本.虽然很难准确地估计开发绿色建筑的交易成本,但开发商已通过其他途径将交易成本考虑进来.在这种情况下,概率 μ 用来表示开发商 1 的交易成本.如果市场上有大量的假冒绿色建筑,表示市场上 I 类开发商比例较低. I 类开发商将处于一个不公平市场环境,且预期交易成本较高.

在考虑不确定性的情况下,每种开发商的策略都会发生相应变化.对于开发商 1 来说,竞争对手开发真实绿色建筑的概率服从两点式概率分布的随机变量 μ .对开发商 2 来说,他掌握了开发商 1 的完美信息,从而采取相应策略使自身利润最大化.为简单起见,假定绿色建筑的价格函数是线性的,其算式为: $p = P(Q) = a - (q_1 + q_2)$. 开发商 1 的成本函数为: $C_1(q_1) = (c_0 + c + k_1)q_1$. 对开发商 2 来说,如果开发真实绿色建筑,其成本函数为: $C_2(q_2) = (c_0 + c + k_2)q_2$. 如果开发商 2 决定开发普通建筑,其成本函数为: $C_2(q_2) = c_0q_2$. 这里假设开发成本信息是公开信息.

q_{2T}^{**} 表示开发商 2 开发真实绿色建筑的均衡数量, q_{2F}^{**} 表示开发商 2 开发假冒绿色建筑的均衡数量.因此,不完全信息市场下开发商间贝叶斯古诺博弈模型有以下推论.

推论 4 当开发商 1 和开发商 2 都开发真实绿色建筑时,有 2 个贝叶斯纳什均衡数量解,均衡解算式如下:

$$(q_1^{**}, q_{2T}^{**}) = \left\{ \frac{1}{3}a - \frac{1}{3}c_0 - \frac{2}{3}c - \frac{2}{3}k_1 + \frac{1}{3}\mu c + \frac{1}{3}\mu k_2, \frac{1}{3}a - \frac{1}{3}c_0 - \frac{1}{6}c - \frac{1}{2}k_2 + \frac{1}{3}k_1 - \frac{1}{6}\mu c - \frac{1}{6}\mu k_2 \right\}$$

当开发商 1 开发真实绿色建筑而开发商 2 开发普通建筑时,均衡解如下:

$$(q_1^{**}, q_{2F}^{**}) = \left\{ \frac{1}{3}a - \frac{1}{3}c_0 - \frac{2}{3}c - \frac{2}{3}k_1 + \frac{1}{3}\mu c + \frac{1}{3}\mu k_2, \frac{1}{3}a - \frac{1}{3}c_0 + \frac{1}{3}c + \frac{1}{3}k_2 - \frac{1}{6}\mu c - \frac{1}{6}\mu k_2 \right\}$$

证明 求解过程类似上面的古诺博弈模型.对开发商 2 来说,在考虑开发商 1 策略的情况下有 2 种选择:可以选择开发真实的绿色建筑,或者开发假冒的绿色建筑.在前一种情况下,开发的真实绿色建筑数量通过最大化利润函数得到 $\max R_2 = q_2(a - q_1 - q_2 - c - c_0 - k_2)$,在利润最大化的条件下,最优响应策略函数为: $q_{2T}^{**} = \frac{1}{2}(a - q_1 - c - c_0 - k_2)$.类似地,在后一种情况下,假冒的绿色建筑数量也是通过求解利润函数最大化得出 $\max R_2 = q_2(a - q_1 - q_2 - c_0)$,最优响应策略函数为: $q_{2F}^{**} = \frac{1}{2}(a - q_1 - c_0)$.

对开发商 1 来说,考虑到开发商 2 的决策概率,通过最大化利润函数得到真实的绿色建筑数量为

$$\max Q_1 = \mu q_1 (a - q_1 - q_2^* - c - c_0 - k_1) + (1 - \mu) q_1 (a - q_1 - q_2^{**} - c - c_0 - k_1)$$

最优响应策略函数为

$$q_1^* = \frac{1}{2} [a - \mu q_2^* - (1 - \mu) q_2^{**} - c - c_0 - k_1] = \frac{1}{2} (a - Q_2 - c - c_0 - k_1)$$

这样,通过同时求解最佳策略函数方程得到了贝叶斯纳什均衡解。

该推论的证明通过和推论 3 中的完全信息贝叶斯纳什均衡相比较,分析了不确定性的交易成本如何影响开发商的最佳开发策略。

推论 5 在不完全信息市场上,由于不确定性产生的交易成本,相比于完全信息市场,开发商 1 将会减少绿色建筑的开发数量。

证明 根据推论 4,对于开发商 1 来说,在贝叶斯古诺博弈模型中,其开发的真实绿色建筑数量由下式确定: $q_1^{**} = \frac{1}{3} a - \frac{1}{3} c_0 - \frac{2}{3} c - \frac{2}{3} k_1 + \frac{1}{3} \mu c + \frac{1}{3} \mu k_2$. 根据推论 3,开发商 1 将要开发的绿色建筑数量由古诺博弈模型给出,为 $q_1^* = \frac{1}{3} (a - c - c_0 - k_1) - \frac{1}{3} (k_1 - k_2)$. 前式减去后式,得: $q_1^{**} - q_1^* = \frac{1}{3} (\mu - 1) c + \frac{1}{3} (\mu - 1) k_2$. 正如前所述,开发商 2 开发绿色建筑的概率为 μ ,且 $0 \leq \mu \leq 1$,有 $q_1^{**} \leq q_1^*$.

就开发商 1 而言,在不确定情况下绿色建筑开发量比完全信息市场情况下小,即不确定性产生的交易成本对绿色建筑的市场供应量有负面影响. 综合来看,完全信息市场的交易成本将影响绿色建筑的供应量. 如前文提到的,概率 μ 可以被理解为绿色建筑市场的公平竞争程度,从交易成本经济学角度来看,概率 μ 可以用来表示不同的交易成本。

推论 6 如果市场上 I 类开发商的比例降低,市场上真实绿色建筑供应量将减少,意味着不正当竞争阻碍了绿色建筑市场的发展。

证明 在完全信息市场中,根据推论 3,真实绿色建筑数量由下式给出: $q_1^* + q_2^* = \frac{2}{3} (a - c - c_0) - \frac{1}{3} (k_1 + k_2)$. 在不完全信息市场,也只关注真实绿色建筑,而不包含假冒绿色建筑的总供应量. 根据推论 4,真实绿色建筑数量由下式给出: $q_1^{**} + q_2^{**} = \frac{2}{3} (a - c_0) - (\frac{5}{6} - \frac{1}{6} \mu) c - \frac{1}{3} k_1 - (\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \mu) k_2$. 前式

减去后式,得到: $(q_1^* + q_2^*) - (q_1^{**} + q_2^{**}) = \frac{1}{6} (1 - \mu) c + \frac{1}{6} (1 - \mu) k_2$. 显然,市场上 I 类开发商比例满足条件: $0 \leq \mu \leq 1$,得到: $q_1^* + q_2^* \geq q_1^{**} + q_2^{**}$. 不完全信息市场上真实的绿色建筑供应数量为 $q_1^{**} + q_2^{**}$,并随着比例 μ 的减少而减少。

通过推论 5 和推论 6 的研究,相关结论有:

(1) 在具有不确定性的绿色建筑市场上,相较于完全信息市场,开发商开发的绿色建筑相对较少. 就不确定性产生的交易成本而言,不确定性越严重,开发商开发的绿色建筑数量会越少。

(2) 从整个社会角度来看,如果不完全信息和不公平竞争使绿色建筑市场恶化,绿色建筑供应量也会减少,这意味着绿色建筑带给社会的福利也会减少。

若将消费者考虑到不完全信息动态博弈模型中,假设终端消费者知道市场上有假的绿色建筑产品. 在新的均衡下绿色建筑数量将进一步减少,不公平竞争和不完全信息会损害绿色建筑的声誉并且危害其长远健康发展. 该博弈模型可用来解释市场上的“搭便车”现象,因此需要绿色建筑开发商在设计、研发或广告营销上进行额外投资。

4 考虑收益风险的竞争市场决策模型

广义来看,绿色建筑的交易成本不仅来自于外部因素,也来自于内部因素,如产品设计、进入未知市场等. 开发商通常在财务分析中考虑贴现率以消解这些风险. 考虑有 2 种开发商的古诺博弈市场模型,假设 2 种开发商所需要的开发时间相同,均为 t 年,开发商在第零年投资,在第 t 年获得投资回报. 令 r_i 表示开发商 i 决定进行绿色建筑投资时所采取的折现率. 每个开发商决定开发规模时通过求解下面的最优约束方程得到:

$$\max R_i = \frac{1}{(1 + r_i)^t} q_i P(Q) - C_i(q_i)$$

式中: R_i 为开发商 i 获得的利润; $P(Q)$ 为市场上绿色建筑的价格函数; $C_i(q_i)$ 为开发商 i 开发绿色建筑的单位面积成本。

为简单起见,假设开发商 i 的开发成本为线性函数: $C_i(q_i) = (c_0 + c + k_i) q_i$. 这里假设 2 种开发商的成本信息都是公开的。

推论 7 考虑开发商投资折现率的古诺博弈模型,其唯一的纳什均衡解如下:

$$(q_1^{***}, q_2^{***}) = \left\{ \frac{1}{3} \left[a + \frac{1}{(1+r_2)^t} (c_0 + c + k_2) - \frac{2}{(1+r_1)^t} (c_0 + c + k_1) \right], \frac{1}{3} \left[a + \frac{1}{(1+r_1)^t} (c_0 + c + k_1) - \frac{2}{(1+r_2)^t} (c_0 + c + k_2) \right] \right\}$$

证明 为确定纳什均衡解, 得出这种情况下的最优策略函数, 即 $q_1^* = \frac{1}{2} \left[a - q_2 - \frac{1}{(1+r_1)^t} (c_0 + c + k_1) \right]$, $q_2^* = \frac{1}{2} \left[a - q_1 - \frac{1}{(1+r_2)^t} (c_0 + c + k_2) \right]$, 同时解这 2 个方程, 得到推论 3 中的纳什均衡解为 (q_1^{****}, q_2^{****}) .

如推论 3 中所示, 如果 $r_1 = r_2 = 0$, $(q_1^{***}, q_2^{***}) = (q_1^*, q_2^*)$. 实际上, 当折现率为零时, 意味着 2 种开发商都忽略了开发绿色建筑的时间风险, 绿色建筑的均衡产量和完全信息下的古诺博弈模型一致.

如果 $r_1 = r_2 > 0$, 并且 $k_1 > k_2$, 显然有: $q_1^* < q_2^*$. 这意味着, 如果 2 种开发商要求回报贴现率相同, 交易成本较低的开发商会开发更多的真实的绿色建筑, 并占有较大的市场份额.

如果 $r_1 > r_2 > 0$ 且 $k_1 = k_2$, 显然有 $q_1^* > q_2^*$. 这意味着如果 2 种开发商开发绿色建筑的交易成本相同, 有较高贴现率的开发商将开发更多的绿色建筑, 因而占有较大的市场份额, 并且立即进行绿色建筑投资.

此外, 考虑到特许情况, 如果 $k_1 > k_2$, 在 $q_1^{****} > q_2^{****}$ 条件下, 有 $r_1 > \left(\frac{c_0 + c + k_2}{c_0 + c + k_1} \right)^{\frac{1}{t}} (1+r_2) - 1$. 这意味着在绿色建筑开发中, 即使开发商 1 比开发商 2 有更高的交易成本, 只要开发商 1 的折现率满足上述均衡条件, 开发商 1 将会比开发商 2 开发更多的绿色建筑并占有更大的市场份额.

推论 7 结论如下:

(1) 开发商的折现率反映其绿色建筑投资的信心和期望. 更高的折现率意味着更高的预期资本回报率, 而这又意味着更高的不确定性, 包括收益状况和投资回收期.

(2) 交易成本对开发商有重要影响. 如果 2 种开发商的折现率相同, 交易成本较低的开发商将愿意开发更多的绿色建筑产品, 从而占有更大市场份额.

(3) 市场预期也是影响开发商决策的一个重要因素. 如果预期市场风险较低, 即使有较高的交易成

本, 开发商仍然会决定开发出更多的绿色建筑, 从而占有更大的市场份额, 获得长期竞争力.

(4) 对于政府来说, 关键是要有促进绿色建筑的长期发展战略和政策信号, 创造积极的投资环境, 提高市场信心和企业投资绿色建筑的期望. 例如, 政府在制定和实施政策时需要考虑交易成本对市场利益相关者的影响. 可能的政策包括征收能源税或碳税, 通过建立合理的能源价格, 确保未来绿色建筑的商业吸引力, 同时加强宣传和教育, 设立激励政策以降低开发商和消费者的成本.

5 研究结论和政策意义

从交易成本经济学角度来说, 本文模型结论可以解释交易成本对开发商是否进行绿色建筑投资决策的影响. 由于可能发生的交易成本(由于不完全信息、不确定性、不完全竞争、搭便车行为等因素引起), 理性的开发商会少量开发绿色建筑, 即不完全信息市场的交易成本会降低绿色建筑的优势. 研究结果证明了确保市场公平竞争的重要性, 政府的法规和激励政策在消除在市场不公平竞争方面扮演着重要作用. 绿色建筑有很多好的外部性, 政府通过政策干预以确保公平的市场环境是必不可少的. 对开发商间的 3 类情景下的决策博弈模型价值与政策意义总结如表 1 所示.

6 结语

就 3 种市场情景下的交易成本对绿色建筑开发决策影响进行了深入研究, 通过模型构建和推导论证了不同情形下的决策模型并给出了政策建议. 这种决策敏感性影响是在假定建设成本等显性成本相同的情况下不同市场环境下交易成本的差异性对开发商决策的影响. 实际上, 越是在欠发达和不成熟的市场环境下市场交易成本越是相对较大, 其对开发商的影响就很大, 甚至决定了绿色建筑市场的门槛高低. 研究得出的结论具有较强的参考意义, 尤其对发展中国家和转型中国家更有借鉴意义. 以中国为例, 作为一个发展中的国家, 经历了从计划经济向市场经济的转变, 但目前的市场、监管体系和相关法律法规还没有完全有效实施, 绿色建筑开发中的交易成本也较大. 统一、透明、公平、竞争充分的政策和市场环境有利于鼓励开发商对绿色建筑的投资, 因此, 政策的制定应该考虑到交易成本的不同影响.

表 1 不同情境下的决策博弈及其政策意义

Tab.1 Decision-making and policy significance of the game under different scenarios

推论类型	市场特征	作用与价值	市场和政策意义
推论 1 推论 2	无交易成本的完美信息市场	(1) 开发商将分享市场利润,各开发商的市场份额也趋于相同。 (2) 竞争促使绿色建筑市场供应的增长。	(1) 政府为发展绿色建筑提供公平的市场竞争环境,例如土地市场,从供给侧促进市场公平性。 (2) 通过增加市场竞争,使消费者受益:一是提供更多选择;二是增加总消费者剩余。
推论 3	有交易成本的市场	(1) 考虑交易成本,开发商将减少绿色建筑开发数量,即绿色建筑的市场份额将减少。 (2) 较高的交易成本,开发商将开发少量的绿色建筑。即交易成本较低的开发商将具有较高的市场占有率。	政府应通过适当的政策设计(如加强绿色星级认证的力度和信度)降低开发商的交易成本,减少市场利益相关者交易成本的不确定性。
推论 4 推论 5 推论 6	有交易成本的不确定性的市场	(1) 绿色建筑市场不确定性引起的交易成本对绿色建筑供应有负面影响。不确定性越大,绿色建筑供应数量越小。 (2) 市场上真实绿色建筑越多,开发商才会开发越多绿色建筑。 (3) 市场上不可信开发商越少,市场上将会开发越多绿色建筑。 (4) 如果开发商选择退出绿色建筑市场,最终会损害绿色建筑市场的健康发展。	(1) 由第三方或政府进行信息宣传和教育活动,提高绿色建筑开发商的意识和信誉。 (2) I类开发商应该和 II类开发商加以区分,并给予一定激励,II类开发商将面临相应惩罚。 (3) 政府通过政策设计(如第三方认证)消除市场不确定性和风险。
推论 7	有交易成本并考虑开发商折现率的市场	(1) 贴现率相同、交易成本较低的开发商愿意开发越多绿色建筑。 (2) 对相同折现率的开发商,开发商的折现率越高将开发越多的绿色建筑。 (3) 如果开发商预期市场风险较低,即使交易成本较高,也仍然会决定开发更多的绿色建筑,以获得长期竞争力。	政府需要提高开发商对市场投资环境的信心,政策的设计应该考虑到交易成本对市场投资环境的影响。

参考文献:

- [1] United Nations Environment Programme. Buildings: Investing in energy and resource efficiency[R]. New York: [S. n.], 2011.
- [2] Pivo G, Fisher J D. Investment returns from responsible property investments; Energy efficient, transit-oriented and urban regeneration office properties in the US from 1998—2008[R]. Boston: Responsible Property Investing Center, Boston College and University of Arizona, 2009.
- [3] Kats G H. Green building costs and financial benefits[R]. Boston: Massachusetts Technology Collaborative, 2003.
- [4] Lee W L, Yik F W H. Regulatory and voluntary approaches for enhancing energy efficiencies of buildings in Hong Kong[J]. Applied Energy, 2002, 71(5): 251.
- [5] Qian Q K, Chan E H W. Government measures needed to promote building energy efficiency in China[R]. Facilities, 2010.
- [6] Fisher A C R, Rothkopf M. Market failure and energy policy [J]. Energy Policy, 1989, 17(1): 397.
- [7] 罗纳德·哈里·科斯. 公司、市场和法律[M]. 芝加哥: 芝加哥大学出版社, 1988.
Ronald Harry Coase. Company, market and law[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1988.
- [8] Qian Q K. Government measures in China for promoting building energy efficiency (BEE): A comparative study with some developed countries [J]. The International Journal of Construction Management, 2010, 10(4): 119.
- [9] Golove W H, Eto J H. Market barriers to energy efficiency: A critical reappraisal of the rationale for public policies to promote energy efficiency [M]. San Francisco: Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, 1996.
- [10] 尚国, 杜常华. 房地产开发过程中土地交易的博弈分析[J]. 商场现代化, 2005, 24(7): 87.
SHAN Guo, DU Changhua. Game analysis of land transactions in real estate development process[J]. Market Modernization, 2005, 24(7): 87.
- [11] 孙金额, 武涌, 刘长滨, 等. 中国建筑节能市场的增量投融资模式分析和政策设计[C]. 管理科学与工程国际会议. 北京: [S. n.], 2009: 65-71.
SUN Jinyin, WU Rong, LIU Changbin, et al. Incremental building energy efficiency market China financing mode analysis and policy design [C]//International Conference on Management Science and Engineering. Beijing: [S. n.], 2009: 65-71.
- [12] 徐雯, 刘幸. 建筑节能激励政策的演化博弈分析[J]. 武汉理工大学学报, 2009, 33(1): 184.
XU Wen, LIU Xin. Evolutionary game analysis on incentive policy of building energy saving [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2009, 33(1): 184.
- [13] 周杰. 非对称信息下房地产市场博弈问题研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2006.
ZHOU Jie. Game theory research on real estate market under asymmetric information [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2006.