**3 定价模型的构建**

**3.1 多归属行为的描述与基本假设**

**3.1.1 平台多归属行为的描述与特性**

在众包物流平台中，消费者和配送员的多归属行为显著影响了平台的运作效率与市场竞争力。消费者的需求决定了平台的订单量，而配送员的服务供给则保障了订单的及时履约。两者之间存在相互作用：一方面，平台需要通过合理定价吸引消费者并满足其需求；另一方面，平台也需激励配送员积极参与，为满足订单提供充足的供给。

消费者和配送员的多归属行为加剧了平台之间的竞争。消费者可以自由切换平台，根据价格和服务质量做出选择；配送员则根据报酬水平和工作稳定性在多个平台之间动态分配服务时间。因此，平台不仅要制定合理的定价策略以吸引消费者，还需要平衡供需，确保配送员的积极参与。

接下来，我们分别从消费者需求的非线性变化和配送员的多平台服务选择两个角度展开分析。

（1）消费者的多平台需求决策

消费者在选择平台时基于效用最大化原则，并在多个平台的定价和服务质量之间动态调整其选择策略。本研究的核心目标是探索平台定价与需求之间的相互关系，并分析竞争平台的价格如何影响本平台的需求。假设平台之间的定价策略互相独立，但价格存在间接影响；消费者的需求响应具有非线性弹性特征；随时间推移，需求会因市场饱和、消费者偏好变化等因素而自然衰减。

平台 i 的需求量  依赖于自身价格  及竞争平台 j 的价格 ，其模型表达为：

其中， 描述了消费者对平台 i 自身价格变化的响应， 表示竞争平台 j 的价格如何干扰平台 i 的需求。这两个因素的作用被假设是独立的，因此需求可以拆解为两部分进行分析。

价格与需求之间存在非线性关系。在实际市场中，当价格较低时，消费者对价格变化的敏感性较弱，即需求不会随价格小幅变动而剧烈变化；然而，当价格超过某个临界点后，需求会显著下降。这种现象可通过以下函数形式描述：



其中，a 是平台的初始需求规模，在无竞争情况下反映平台的最大市场份额；b 衡量消费者对价格变化的敏感度，值越大表示消费者对价格的变化更为敏感；$\alpha$ 为价格弹性参数，调节需求对价格变化的非线性响应。该模型揭示，当价格 $p\_i$ 较小时，分子项 $b p\_i$ 呈近似线性增长，需求随价格小幅变化而较为敏感；而随着价格上升，分母 $1 + \alpha p\_i$ 的增长放缓了需求减少的速度，体现出非线性弹性。

竞争平台的价格对本平台需求有显著影响。消费者在不同平台之间迁移时，会倾向于选择价格更低的平台。因此，竞争平台 j 的价格 $p\_j$ 通过以下模型描述其干扰效应：

$g(p\_j) = k \cdot \frac{p\_j}{1 + \alpha p\_j}$

其中，k 衡量价格迁移效应的强度，值越大表示竞争平台价格对本平台需求的干扰越强。该模型说明，当竞争平台价格 $p\_j$ 上升时，消费者更倾向于转向平台 i，从而使需求增加。

为了模拟需求随时间的自然衰减，引入指数衰减项 $e^{-a t}$，描述市场逐渐饱和、新竞争者进入或消费者偏好变化的影响。最终的时间相关需求模型表达为：

$n^d\_i(p\_i, p\_j, t) = a e^{-a t} \cdot \left( 1 - \frac{b p\_i(t)}{1 + \alpha p\_i(t)} \right) + k \cdot \frac{p\_j(t)}{1 + \alpha p\_j(t)} \tag{3-1}$

其中，$n^d\_i(p\_i, p\_j, t)$ 表示平台 i 在时刻 t 的需求量；a 表示平台的初始需求规模，反映其在无竞争情况下的最大市场份额；b 表示消费者对价格变动的敏感度，数值越大表示消费者对价格变化的响应越强烈；k 表示价格迁移效应系数，描述竞争平台价格变化对本平台需求的干扰强度；$\alpha$ 为价格弹性参数，调节需求对价格变化的非线性响应；$e^{-a t}$ 为指数衰减项，模拟需求随时间推移而减少的趋势。

1. 配送员的多平台服务选择

配送员的服务选择行为是平台供需管理中的一个关键因素。与消费者类似，配送员也根据自身利益最大化的原则，在多个平台之间灵活选择服务。这种动态选择行为使得配送员在平台间分配工作时间和精力，给平台的激励政策设计带来挑战。因此，建立配送员供给模型不仅能够刻画配送员的选择行为，还能帮助平台优化管理策略。

为描述配送员的供给行为，设定如下供给量模型：

$N^s\_i(p\_i, p\_j, t) = \epsilon \cdot \frac{W\_i(p\_i, t)}{1 + \lambda W\_i(p\_i, t)} + \beta \cdot \frac{n^d\_i(p\_i, p\_j, t)}{1 + \mu n^d\_i(p\_i, p\_j, t)} \tag{3-2}$

该模型的关键在于通过两个主要因素——报酬和需求——对供给行为进行分解。配送员会在报酬较高的平台提供更多服务，同时，消费者的需求上升也会吸引更多配送员进行响应。

首先，配送员对报酬的响应可以通过以下过程进行推导：

设$W\_i(p\_i, t)$表示平台$i$在时刻$t$的报酬水平，该报酬通常与平台定价正相关，即$W\_i(p\_i, t) = \gamma\_i p\_i(t)$，其中$\gamma\_i$为平台的报酬比例系数。报酬增加通常会吸引更多的配送员为平台提供服务，但边际效应递减现象意味着，随着报酬的持续增加，供给的增速会逐步放缓。这种递减效应可以用下述非线性函数进行描述：$\frac{W\_i(p\_i, t)}{1 + \lambda W\_i(p\_i, t)}$

其中，$\lambda$是报酬的非线性弹性参数，它调节报酬的边际效应。报酬初始增加时，配送员的供给量响应较快，但随着报酬水平的进一步提高，$\lambda$调节了递减效应，使得供给的增长变得缓慢。这种现象能够合理反映现实中的情况，即在报酬达到某一阈值后，继续增加报酬对供给的提升作用有限。

除了报酬，配送员的供给还受到平台需求的直接影响。消费者需求的上升通常会推动更多配送员为平台服务，特别是在市场需求旺盛时。然而，需求对供给的驱动效应同样存在非线性递减效应。假设平台的需求$n^d\_i(p\_i, p\_j, t)$对供给的影响可以描述为：$\frac{n^d\_i(p\_i, p\_j, t)}{1 + \mu n^d\_i(p\_i, p\_j, t)}$

其中，$\mu$为需求的非线性弹性参数，它调节需求对供给的边际效应。随着需求的增加，配送员的供给响应初期较为敏感，但当需求达到一定水平后，供给增长也逐渐放缓。这是由于在需求进一步增长时，平台可能已经吸引了足够的配送员，而需求的持续上升带来的供给增量有限。

为了更准确地刻画配送员供给行为的动态性，模型将报酬和需求两个因素进行了加权组合。$\epsilon$表示配送员对报酬的敏感度，数值越大表示配送员对报酬的变化响应越强；$\beta$表示需求对供给的驱动权重，值越大表明需求对供给的影响越显著。通过加权组合，可以更加灵活地描述在不同情境下，报酬和需求对配送员行为的不同影响。

最终，供给模型结合了报酬和需求的双重影响，得到了最终 3-2 所示的与时间相关的供给量表达式，该模型表明，平台的供给由报酬和需求两个因素共同驱动，且二者对供给的影响都表现为非线性弹性。随着报酬和需求的增加，供给响应的增长会逐渐放缓。通过这种描述，平台可以更清楚地理解配送员行为背后的驱动机制，从而在制定激励政策时更加精确地平衡需求与供给的关系。

平台在制定供给管理策略时，应当考虑到报酬的边际效应递减以及需求对供给的限制。综合分析这些因素，可以帮助平台优化激励政策，使得在确保配送员供给充足的前提下，避免过高的报酬投入。

**3.1.2 基于单归属的模型构建**

为了在平台多归属行为的背景下，全面刻画消费者和配送员的动态决策，我们基于多种单归属的研究角度进行模型构建，分别分析了消费者的多平台需求决策与配送员的多平台服务选择。

一方面，在前面的初步分析中，消费者的大致需求模型表明，其需求不仅受到本平台价格的影响，还受到其他竞争平台的价格干扰，同时具有非线性弹性特性。当价格较低时，需求对价格的变化较不敏感，但当价格超过某一临界点后，需求会迅速下降。这种需求波动给平台的定价策略带来了挑战，需要在竞争压力下保持价格优势。

另一方面，配送员的供给选择受平台报酬水平和消费者需求的双重驱动。配送员根据各平台的激励和订单需求在多个平台之间灵活分配工作时间。供给的非线性响应反映出随着报酬或需求的增长，供给的边际增速会逐渐递减。这意味着平台必须在报酬激励与利润控制之间取得平衡。

为了将上述需求与供给模型应用于实际的定价策略分析，我们必须对市场的关键因素——如需求、供给、报酬与成本——进行一系列合理的假设。这些假设有利于更准确地模拟市场环境下的多归属行为。下面提出的基本假设将为模型的构建提供理论支撑。

1. 假设 1：双平台竞争下的需求函数

在众包物流市场中，消费者的需求不仅取决于所选择平台的价格，还会受到其他竞争平台价格的影响。这种双重依赖性使得需求函数复杂化，因为消费者通常会比较多个平台的价格、服务质量以及配送时间，以便做出最优选择。因此，需求模型必须能够反映这些复杂的行为。

首先，平台的初始需求规模是需求模型中的一个关键因素。假设平台 $i$ 的初始需求规模用 $a$ 表示，这个参数反映了在没有竞争的情况下，平台能够在市场中获得的最大需求量。随着时间的推移，市场趋于饱和，需求也会逐渐减少。为了描述这种自然衰减现象，我们引入了指数衰减项 $e^{-a t}$，从而表示需求随着时间的推移而逐步减少。该项揭示了平台在市场早期阶段需求较高，而随着市场逐渐稳定，需求会逐步减少的情况。这种趋势在实际市场中非常普遍，尤其是在初期阶段，平台能够占据更大的市场份额，随着市场的成熟，需求趋于平稳。

其次，需求与价格之间的关系并不是线性的。消费者对价格变化的敏感性往往是不对称的，当价格较低时，需求对价格的变化反应较为迟缓；然而当价格较高时，需求可能会迅速下降。这种现象表明，价格和需求之间存在非线性关系。为了描述这一现象，引入了价格弹性系数 $\alpha(t)$，并假设需求对价格的响应可以通过以下项表示：$\frac{1}{1 + \alpha(t) p\_i(t)}$

这个表达式的分母 $1 + \alpha(t) p\_i(t)$ 中的 $\alpha(t)$ 是时间依赖的价格弹性系数。当平台 $i$ 的价格较低时，分母接近1，表示需求对价格的变化较为缓和，价格的小幅变动不会显著影响需求。然而，当价格上升时，分母迅速增大，需求随之显著下降，这表明平台在定价策略中需要特别注意定价过高带来的负面影响。通过这一非线性项，模型反映了价格上升时需求会变得更加敏感的特点。

除了自身价格的影响，竞争平台的价格同样会对需求产生重要的干扰。消费者通常会在多个平台之间选择最具性价比的服务。因此，当竞争平台 $j$ 的价格 $p\_j(t)$ 上升时，部分消费者会转向价格较为有利的平台 $i$。为了描述竞争平台价格对本平台需求的干扰效应，引入了以下项：$k \cdot \frac{p\_j(t)}{1 + \alpha(t) p\_j(t)}$

其中，$k$ 是竞争平台价格干扰系数，表示竞争价格变化对本平台需求的影响程度。当竞争平台 $j$ 的价格上升时，消费者会更倾向于选择平台 $i$ 的服务，从而使得平台 $i$ 的需求增加。干扰系数 $k$ 越大，表示竞争对手的价格变化对需求的干扰越强烈。这个表达式与平台 $i$ 自身的价格弹性相似，说明当竞争对手价格上升时，平台 $i$ 的需求会随之增加。

然而，市场中的需求变化并不总是可以通过价格和竞争因素完全预测。在现实中，市场还会受到许多外部因素的随机干扰，比如节假日、天气、促销活动等。这些不可控因素会引发需求的波动。因此，为了模拟这些不确定性，我们在需求模型中引入了随机波动项 $\delta\_i(t)$，其形式为 $\delta\_i(t) = \sigma\_d \cdot dB\_d^i(t)$，其中 $dB\_d^i(t)$ 是布朗运动，模拟了市场中的随机需求波动，$\sigma\_d$ 则表示波动的强度。通过加入这一随机波动项，模型能够更好地捕捉市场中的不确定性，使其更加贴近实际市场的动态变化。

为了使需求模型能够适应市场不同阶段的发展，价格弹性系数 $\alpha(t)$ 被设计为时间依赖的。具体来说，假设价格弹性系数随着时间线性增加，即：$\alpha(t) = \alpha\_0 + \alpha\_1 t$

其中，$\alpha\_0$ 是初始价格弹性系数，表示市场初期消费者对价格变化的敏感性较低；$\alpha\_1$ 则反映了随着时间推移，消费者对价格变化的敏感性逐渐增强。随着市场逐渐成熟和竞争的加剧，消费者对价格变化变得更加敏感，因此平台需要根据时间和市场状况调整定价策略。在市场的初期阶段，平台可以设定较高的价格以获取利润；但随着竞争压力的增加和市场的成熟，平台需要逐步降低价格以保持竞争力并吸引更多的消费者。

通过将所有这些因素整合在一起，平台 $i$ 的需求函数可以最终表示为：

$n^d\_i(p\_i, p\_j, t) = a e^{-a t} \left( \frac{1}{1 + \alpha(t) p\_i(t)} \right) + k \cdot \frac{p\_j(t)}{1 + \alpha(t) p\_j(t)} + \sigma\_d \cdot dB\_d^i(t) \tag{3-3}$

其中，①$p\_i(t)$ 表示平台 $i$ 在时间 $t$ 的定价策略。平台通过调整 $p\_i(t)$ 来影响消费者的需求。定价越高，需求会相应减少。②$a e^{-a t}$ 表示反映了需求随时间的衰减，表达了市场初期需求较高而随着时间推移逐渐减少的趋势。该衰减项使得模型能够更好地反映现实中市场需求变化的时间依赖特性。③$\frac{b p\_i(t)}{1 + \alpha p\_i(t)}$ 表示描述了价格对需求的非线性影响，引用自表达式 3-3 中的价格弹性部分。随着 $p\_i(t)$ 增加，需求递减，而该递减是通过非线性函数控制的。$\alpha$ 是价格弹性参数，控制需求对价格变化的敏感度。此表达式反映了现实市场中，价格的提升会带来需求的递减效应，尤其是价格超过某一临界点时，需求迅速下降。④$k \frac{p\_j(t)}{1 + \alpha p\_j(t)}$ 表示竞争对手的定价策略 $p\_j(t)$ 对平台 $i$ 需求的影响，引用了表达式 3-3 中竞争对手价格的干扰部分。$k$ 是竞争效应系数，描述了平台 $j$ 的定价如何通过分流消费者影响平台 $i$ 的需求。当竞争对手的价格 $p\_j(t)$ 上升时，消费者更可能选择平台 $i$，从而提升需求。⑤$\delta\_i(t)$ 表示随机扰动项，用于描述市场的不确定性和随机波动，假设服从布朗运动，表达为 $\delta\_i(t) = \sigma\_d \cdot dB\_d^i(t)$，其中 $\sigma\_d$ 是波动强度，⑥$B\_d^i(t)$ 是布朗运动。该项引入了市场随机性因素，引用自表达式 3-3 的市场波动项，反映了短期内不可预知的需求变化。

这一需求函数反映了消费者在多平台竞争环境下的复杂需求动态，平台的需求不仅取决于自身价格，还受到竞争对手价格的干扰，以及市场不确定性因素的影响。通过时间依赖的价格弹性设计，模型能够适应市场在不同阶段的变化，有助于平台制定更为灵活的定价策略。在市场的初期阶段，平台可以通过设定较高的价格来获取较大的利润空间；而在市场成熟之后，平台则需要逐步降低价格以应对竞争对手的压力，保持市场竞争力并吸引更多消费者。

1. 是

在众包物流市场中，消费者的需求不仅取决于所选择平台的价格，还会受到其他竞争平台价格的影响。这种双重依赖性使得需求函数复杂化，因为消费者通常会比较多个平台的价格、服务质量以及配送时间，以便做出最优选择。因此，需求模型必须能够反映这些复杂的行为。

1. 是

在众包物流市场中，消费者的需求不仅取决于所选择平台的价格，还会受到其他竞争平台价格的影响。这种双重依赖性使得需求函数复杂化，因为消费者通常会比较多个平台的价格、服务质量以及配送时间，以便做出最优选择。因此，需求模型必须能够反映这些复杂的行为。

1. 是

在众包物流市场中，消费者的需求不仅取决于所选择平台的价格，还会受到其他竞争平台价格的影响。这种双重依赖性使得需求函数复杂化，因为消费者通常会比较多个平台的价格、服务质量以及配送时间，以便做出最优选择。因此，需求模型必须能够反映这些复杂的行为。

1. 是
2. 是