

# 众筹筑屋规划方案设计

## 摘要

本文在进行合理假设的前提下,对众筹筑房项目进行了适当简化。综合运用 Lingo 语言、MATLAB、C++、EXCEL、SPSS 等多种工具,求得了原题中方案 I 的成本、收益、容积率和增值税等相关信息;运用非线性规划得到了基于“房型平均满意比例”最高这一要求的方案 II;对方案 II 进行有效改进,运用双目标规划提高其投资回报率,形成方案 III。

问题一的关键在于增值税的计算。首先,我们将“其他”类型住宅按照普通宅和非普通宅的比例进行分摊;其次,解构了扣除项目金额的组成部分,逐项给出计算公式,形成 MATLAB 程序进行计算,并在此基础上得到增值额,按照四级超率累进税率的计算方法,得到最终增值税税额;最后,根据定义计算出方案 I 的成本、收益和容积率。具体结果如下:

方案 I 相关信息				
方案 I	成本	收益	容积率	增值税
	263097.5	61574.5	2.275	16182.5

问题二的求解分为两步。首先,仅以“房型平均满意比例”作为唯一目标,以套数限制和容积率的国家标准作为约束条件,建立规划,运用 LINGO 求解,得出预案;其次,在保证“房型平均满意比例”不降低的情况下,对约束条件进行调整,增加住宅套数,提高投资回报率,最终得出方案 II。投资回报率比方案 I 略高,“房型平均满意比例”较方案 I 具有明显优势。相关数据见下表:

方案 II 相关信息						
方案 II	成本	收益	容积率	增值税	满意比例	投资回报率
	255250.97	60970.15	2.279	11320.33	0.701	23.89%

按照问题三的要求,方案能被顺利执行的前提是投资回报率达到 25%。然而,方案 II 并未实现这一点,需要进行必要调整。首先,依据方案 II 中的数据,得出在方案 II 中每种房

型单套住宅的收益,在此基础上得到总收益函数  $\sum_{i=1}^{11} k_i x_i$ ;其次,优先考虑总收益,同时保

证房型平均满意比例尽量高,建立双目标规划,依据容积率、增值额、满意比例等因素,优化了房型套数的约束条件,得到最终方案 III。该方案牺牲了少许满意比例,换得较高的投资回报率,使得项目得以成功执行。

方案 III 相关信息						
方案 III	成本	收益	容积率	增值税	满意比例	投资回报率
	281018.9	78887.6	2.279	15030.7	0.57	28.10%

**关键词:** 土地增值税, 投资回报率, 满意比例, 双目标规划, MATLAB, LINGO

## 一 问题的重述

“众筹”顾名思义就是指向大众筹资，是指用团购+预购的形式，向网友募集项目资金的模式。具有低门槛、多样化、群体性、创新性的特征，在各行各业中都有很好的体现。其中众筹筑房是基于“互联网+”模式的一种新型房地产开发形式。众筹筑房一经推出，在市场中就引起了热烈反响，不少知名平台以各种形式推出了各类项目，获得潜在购房者的大力支持和积极关注。本题就是在这一背景下，对众筹筑房项目进行讨论。

现有占地面积为 102077.6 平方米的众筹筑屋项目。项目推出后，有上万户购房者登记参筹。项目规定参赛者每户只能认购一套住房。

在建房规划设计中，需考虑诸多因素，如容积率、开发成本、税率、预期收益等。根据国家相关政策，不同房型的容积率、开发成本、开发费用等在核算上要求均不同，相关条例与政策见附件 2 和附件 3。

问题一：为了信息公开及民主决策，需要将这个众筹筑房项目原方案（称作方案 I）的成本与收益、容积率和增值税等信息进行公布。建立数学模型对方案 I 进行全面的核算，帮助公布相关信息。

问题二：对参筹者对 11 种房型的购买意愿进行抽样调查，得到参筹者对于 11 种房型购买意愿的比例（见附件 1-4）。为了尽量满足参筹者的购买意愿，重新设计建设规划方案（称为方案 II），并对方案 II 进行核算。

问题三：一般而言，只有当投资回报率达到 25% 以上的众筹项目才会被成功执行。对于问题二中的方案 II 能不能被执行进行检验。如果能，说明理由，如果不能，需要作出怎样的调整才能是众筹筑房项目得以成功执行。

## 二 问题的分析

对于众筹筑屋规划方案的设计，需要考虑的因素很多，比如：房屋的建筑成本、建筑容积率、所应缴纳的增值税等，这些信息都会影响到项目的最终回报。同时，与其它房地产开发项目不同的是，这是一个“众筹资金”项目，项目成员的满意比例和项目的投资回报率也会影响到项目资金筹集情况，直接关系到项目能否顺利实施。因此，我们对本题提出的三个问题做出如下分析：

问题一：本题的主要目的是求出方案 I 的成本、容积率、增值税和收益。首先，对于成本，即投资总额，我们考虑其与项目的投入成本和土地增值税有关，其中投入成本主要包括：开发成本、取得土地支付的金额、开发费用和与转让房地产有关的税金等 4 项；其次，对于容积率，根据公式可知“容积率 = 总建筑面积 / 项目总用地面积”；再次，计算收益的关键在于计算项目的增值税，增值税的计算相对比较复杂，按照附件 2 中所述，将使用四级超率累进税率，与增值额、扣除项目金额两项数值有关。扣除项目金额共有 7 项，需按照附件 2 中 1.6 节逐项计算。但是，根据附件 1-1 中针对表 1 的相关说明可以看出，在计算增值税时，应将住宅类型分为普通宅和非普通宅两种情形考虑，这就需要在计算增值税前，先将“其他”类型住宅，按照已有普通宅和非普通宅建筑面积比，分摊后再进行计算；最后，收益则按照售房总收入减去投入成本和土地增值税进行计算。

问题二：在本问题中，“房型平均满意比例”最高是我们要实现的主要目标。首先，建立非线性规划，目标函数是“房型平均满意比例”，约束条件是容积率和房型套数限制；其次，在保持该房型平均满意比例不降低的前提下，修改部分约

束条件，尽可能提高项目的投资回报率。

问题三：与问题二相比，问题三更为注重项目的投资回报率。因此，可以通过双目标规划来实现。两个目标函数分别为：投资收益最大和房型平均满意比例最高，其中总收益函数可以根据已有的方案Ⅱ的相关信息得出。约束条件的选取，除了继续考虑容积率之外，需要根据具体情况对套数限制进行适当修改。

### 三 模型假设

为了使得模型能顺利建立，首先需要对模型进行必要的假设：

1. 该项目所列出的“开发成本”已经包含建设项目过程中的所有成本，如：人工成本、建筑材料成本、基础设施费、公共配套设施费等等一系列费用；
2. 所建房屋均能销售出去，不存在房屋积压的问题；
3. 不考虑建设周期内任何因素引起的房价波动；
4. 不考虑建设周期内房地产政策的改变；
5. 房屋售卖过程中，没有任何形式的折扣，所给售价即为真实售价。

### 四 符号的说明

符号说明	
$a_i$ ：每种房型面积； $i = 1, 2, \dots, 11$	$Z_5$ ：其他扣除项目；
$b_i$ ：每种房型的建房套数； $i = 1, 2, \dots, 11$	$R$ ：增值税税额；
$c_i$ ：每种房型的开发成本； $i = 1, 2, \dots, 11$	$F$ ：增值额；
$d_i$ ：每种房型的售价； $i = 1, 2, \dots, 11$	$M$ ：投资总额；
$P$ ：容积率；	$I$ ：收益；
$s_i$ ：代表第 <i>i</i> 类住宅类型的面积与总建筑面积的比率。 $i = 1, 2, 3$ ；	$\gamma$ ：参筹者对 11 种房型的满意比例；
$\xi$ ：取得土地支付的金额（元）	$h_i$ ：方案Ⅱ中第 <i>i</i> 种房型的单套面积在土地总面积中的比例；
$Z_1$ ：取得土地所有权所支配的金额；	$u_i$ ：方案Ⅱ中第 <i>i</i> 种房型的单套扣除项目金额；
$Z_2$ ：房地产开发成本；	$f_i$ ：方案Ⅱ中第 <i>i</i> 种房型所缴纳增值税税额；
$Z_3$ ：房地产开发费用；	$k_i$ ：方案Ⅱ中第 <i>i</i> 种房型增值额与扣除项目金额之比；
$Z_4$ ：与转让房地产有关的税金；	

## 五 问题解答

本文旨在根据题目所给条件，计算出方案 I 的相关信息，并根据题目假设，给出其他满足条件的方案类型，并使其达到一定的投资回报率，以使项目能够成功执行。

### 5.1 问题一的求解

问题一要求出方案 I 的成本、容积率、增值税和收益。为了得出计算公式，假设  $a_i$  为每种房型的面积， $b_i$  为每种房型的建房套数， $c_i$  为每种房型的开发成本， $d_i$  为每种房型的售价，其中  $i=1,2,\dots,11$ 。

#### 5.1.1 方案 I 的容积率

容积率，又称建筑面积毛密度，是指某土地的地上建筑的总面积与用地面积的比率，它的大小直接关系到住户居住的舒适程度，也关系到开发商地价成本在房屋中占得比例。考虑到小区人口密度、内部规划和安防等问题，国家规定的最大容积率要求为 2.28。对于本题：

$$\text{容积率 } P = \frac{\text{总建筑面积}}{\text{项目总用地面积}},$$

特别地，总建筑面积计算过程中，后三种房型明确指出不参与容积率计算，可能是由于该三种房型位于地下部分等因素。为了区分哪些房型不参与容积率的计算，我们设置 0-1 数组  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{11})$ ，其中

$$\alpha_i = \begin{cases} 1 & \text{第 } i \text{ 种房型参与容积率计算} \\ 0 & \text{第 } i \text{ 种房型不参与容积率计算} \end{cases}$$

因此总建筑面积  $= \sum_{i=1}^{11} \alpha_i a_i b_i$ ，可得容积率  $P$  约为 2.275，符合国家标准。

#### 5.1.2 方案 I 的增值税税额

该方案 I 增值税税额的计算，是整个问题的最复杂的部分，也关系到投资总额和利益的计算。由《中华人民共和国土地增值税暂行条例》（附件 2）知，其计算将遵循四级超率累进税率，与增值额和扣除项目金额两个因素有关。具体计算分为以下几个步骤。

##### (1) “其他”住宅类型的转换

根据附件 1-1 的说明可知，在计算增值税时有两类核算模式，分别是普通住宅计算模式和非普通住宅计算模式。因此，在正式计算以前，我们需要将“其他”类型住宅按照已有普通宅和非普通宅建筑面积比，分摊后再计算。假设  $s_1, s_2, s_3$  分别代表普通宅、非普通宅、其它类型住宅占总建筑面积的比例，经 C++ 编程计算，得  $s_1 \approx 0.2213$ ， $s_2 \approx 0.6531$ ， $s_3 \approx 0.1256$ ，然而  $\frac{s_1}{s_1 + s_2} \approx 0.253$ ， $\frac{s_2}{s_1 + s_2} \approx 0.747$ ，

即“其他”类型住宅中的 25.3% 分摊到普通住宅，74.7% 分摊到非普通住宅。按

照此比例分摊后，普通宅占总建筑面积比率为

$$s_1' = 0.2213 + 0.1256 \times 0.253 \approx 0.253,$$

$$s_2' = 1 - s_1' \approx 0.747。$$

## (2) 普通宅增值税税额计算

按照两类核算模式，我们在计算增值税税额时，需要将分摊后的普通宅和非普通宅分别计算。由附件 2 可知，

增值额  $F = \text{转让房地产取得的收入} - \text{规定的扣除项目金额}$

其中，转让房地产取得的收入

$$I_1 = \sum_{i=1}^3 a_i b_i d_i + 0.253 \sum_{i=9}^{10} a_i b_i d_i。$$

扣除项目金额则需分为以下几各方面逐项讨论：

① 取得土地所有权所支付的金额  $Z_1$ 。此部分费用需要按照普通宅和非普通宅的比例进行分割。因此

$$Z_1 = s_1' \times \xi \approx 19962.64。$$

② 房地产开发成本  $Z_2$ 。此部分计算过程中，必须注意的是“不允许扣除”的开发成本在计算时不能参加增值税核算，为了解决这个问题，我们设置了一个 0-1 数组  $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{11})$ ，其中

$$\beta_i = \begin{cases} 1 & \text{第 } i \text{ 项房型允许扣除开发成本} \\ 0 & \text{第 } i \text{ 项房型不允许扣除开发成本} \end{cases},$$

于是有

$$Z_2 = \sum_{i=1}^3 \beta_i a_i b_i c_i + 0.253 \sum_{i=9}^{10} \beta_i a_i b_i c_i。$$

③ 房地产开发费用  $Z_3$ 。由该项金额的组成情况可知，

$$Z_3 = (Z_1 + Z_2) \times 10\%。$$

④ 与转让房地产有关的税金  $Z_4$ 。由附件 1-2 中表 2 可知，与转让房地产有关的税金为收入的 5.65%。因此，

$$Z_4 = \left( \sum_{i=1}^3 a_i b_i d_i + 0.253 \sum_{i=9}^{10} a_i b_i d_i \right) \times 5.65\%。$$

⑤ 其他扣除项目  $Z_5$ 。按《实施细则》第七条得，该项可按取得土地使用权

支付的金额和房地产开发成本规定计算的金额之和，加计 20%扣除。即：

$$Z_3 = (Z_1 + Z_2) \times 20\%。$$

对于旧房及建筑物的评估价格，以及[2009]31 号文规定的其它扣除项目，本众筹筑房项目均未涉及。

综上所述，我们可得总扣除项目金额  $Z$  的表达式为：

$$Z = \left( s_1' \xi + \sum_{i=1}^3 \beta_i a_i b_i c_i + 0.253 \sum_{i=9}^{10} \beta_i a_i b_i c_i \right) \times 1.3 + \left( \sum_{i=1}^3 a_i b_i d_i + 0.253 \sum_{i=9}^{10} a_i b_i d_i \right) \times 0.0565$$

... (1)

该公式在后续计算中也将发挥重要作用。

根据上述计算方法，所有数据汇总后，可得表 1：

表 1 普通宅扣除项目金额

单位：万元

总收入	取得土地使用权 支付金额	房地产开发成本	房地产开发费用	与转让房地产有 关的税金
75046.64	19662.64	21204.90	4086.75	4240.14
其他扣除项目	增值额	扣除项目金额	增值额与 扣除金额比值	增值税
8173.5	17678.70	57367.94	0.31	5303.61

在表 1 中可见，增值额与扣除金额比值  $\geq 0.2$ ，不能享受相应的免征土地增值税政策。因此，普通宅转让产生的增值税税额  $R_1 = 5303.61$ （万元）。

### (3) 非普通宅增值税税额计算

非普通宅增值税税额计算方法与普通宅增值税税额计算方法基本一致，唯一区别仅在于，即使增值额与扣除金额比值  $\leq 0.2$ ，也不能享受免税政策。根据相应计算公式，汇总数据可得表 2。

表 2 非普通宅扣除项目金额

单位：万元

总收入	取得土地使用权 支付金额	房地产开发成本	房地产开发费用	与转让房地产有 关的税金
249625.36	58055.31	95220.37	15327.56	14103.83
其他扣除	增值额	扣除金额	增值额与 扣除金额比值	增值税
30655.13	36263.13	213362.23	0.17	10878.94

因此，非普通宅转让产生的增值税税额  $R_2 = 10878.94$ （万元）。

综上所述，总增值税税额  $R = R_1 + R_2 = 16182.55$ （万元）。

### 5.1.3 方案 I 的成本

据分析可知：投资总额 = 投入成本 + 土地增值税，而投入成本则由开发成本、取得土地支付的金额、开发费用和与转让房地产有关的税金四项构成。

因此，投资总额  $M$  计算公式为

$$M = \sum_{i=1}^{11} a_i b_i c_i + \xi + \left( \sum_{i=1}^{11} \beta_i a_i b_i c_i + \xi \right) \times 0.1 + 0.0565 \sum_{i=1}^{11} a_i b_i d_i + R,$$

经 MATLAB 编程计算得投资总额  $M = 263097.5$ （万元）。

### 5.1.4 方案 I 的收益

根据附件 3 中所述，企业的最终收益 = 售房总收入 - 投资总额。则最终收益

$$I = \sum_{i=1}^{11} a_i b_i d_i - M = 61574.5 \text{（万元）}。$$

综上所述，方案 I 的相关信息如下表所示：

表 3 方案 I 相关信息

方案 I 相关信息				
方案 I	成本	收益	容积率	增值税
	263097.5	61574.5	2.275	16182.5

## 5.2 问题二的求解

本题要求根据提供的参筹者对 11 种房型购买意愿的比例，在保证满意比例尽可能高的前提下，重新设计建设规划方案。为了计算方便，我们用向量  $\gamma$  表示参筹者对 11 种房型的满意比例，

$$\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{11}) = (0.4 \quad 0.6 \quad 0.5 \quad 0.6 \quad 0.7 \quad 0.8 \quad 0.9 \quad 0.6 \quad 0.2 \quad 0.3 \quad 0.4)$$

根据上述房型满意比例，我们得到参筹者对方案 I 的房型平均满意比例为

$$\frac{\sum_{i=1}^{11} b_i \gamma_i}{\sum_{i=1}^{11} a_i b_i} = 0.58。$$

仍有提高的空间，因此我们要对规划方案作一定的修改。

### 5.2.1 预案

为了得到最优的设计方案，我们首先给出预案，求出所能得到的最高满意比例。假设规划方案中每种房型有  $x_i$  套，其中  $i = 1, 2, \dots, 11$ 。我们以参筹者对“每套

住宅的平均满意比例”作为目标函数建立非线性规划，可得：

$$\begin{aligned} \max \quad & X = \frac{\sum_{i=1}^{11} \gamma_i x_i}{\sum_{i=1}^{11} x_i} \\ \text{s.t.} \quad & \left\{ \begin{aligned} & \frac{\sum_{i=1}^{11} \alpha_i a_i x_i}{102077.6} \leq 2.28 \\ & 50 \leq x_1 \leq 450 \\ & 50 \leq x_2 \leq 500 \\ & 50 \leq x_3 \leq 300 \\ & 150 \leq x_4 \leq 500 \\ & 150 \leq x_5 \leq 500 \\ & 150 \leq x_6 \leq 350 \\ & 50 \leq x_7 \leq 450 \\ & 100 \leq x_8 \leq 250 \\ & 50 \leq x_9 \leq 350 \\ & 50 \leq x_{10} \leq 400 \\ & 50 \leq x_{11} \leq 250 \\ & x_i \in \mathbb{Z}, x_i \geq 0, i=1,2,\dots,11 \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

运用 Lingo 编程可解得该预案的房型总体意为：0.707。同时，每种房型的建房套数见下表 3：

表 4 预案中每种房型开发套房数与总套数

预案中每种房型开发套房数与总套数												
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	总套数
套数	50	50	50	150	100	350	450	100	50	50	50	1450

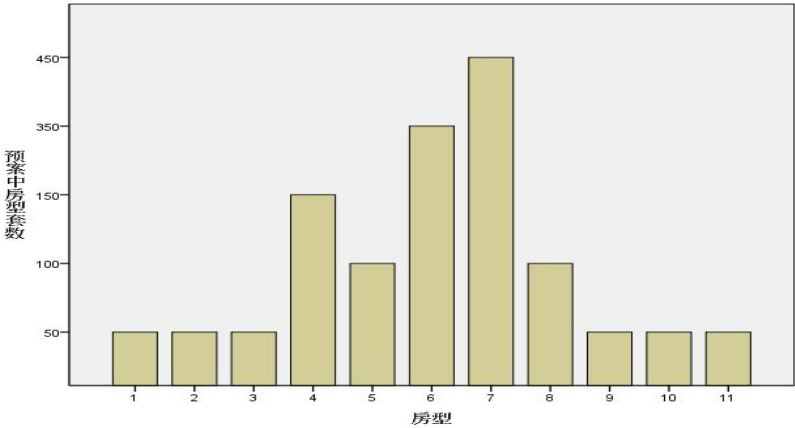


图 1 预案中每种房型开发套房数图



由上表可见，该预案共设计建设 1450 套住宅，由于是以对每套住宅的平均满意比例作为目标函数，则数据明显朝满意比例较好的几种户型倾斜，如第 6、7 两种。具体情形见图 1。

根据公式  $\text{投资回报率} = \frac{\text{收益} I}{\text{总成本} M}$ ，我们计算出此预案的投资回报率为

19.75%。然而，利用相同算法，我们得到方案 I 对每套住宅的平均满意比例为 0.58，投资回报率为 23.4%，可见，预案在平均满意比例这一指标上已经有了很大的提高，但是在投资回报率上却不尽如人意。

表 5 预案相关指标

预案	扣除项目金额		增值额		增值额与扣除资金比例		增值税		投资 回报	满 意 度
	普通宅	非普通宅	普通宅	非普通宅	普通宅	非普通宅	普通宅	非普通宅		
	13167.4	239655.7	3831.2	24823.6	0.29	0.1	1149.39	7447.07		

### 5.2.2 最终方案 II

为了解决投资回报率过低这一问题，我们对模型进行修改。一般而言，在其他条件不变的情况下，增加一定的住宅套数，将能够提高参筹者的回报。于是，我们在约束条件中加入了对住宅总套数的限制，以期能在保持平均满意比例的前提下，提高投资回报率。

$$\begin{aligned} \max X &= \frac{\sum_{i=1}^{11} \gamma_i x_i}{\sum_{i=1}^{11} x_i} \\ s.t. \quad &\left\{ \begin{array}{l} \frac{\sum_{i=1}^{11} \alpha_i a_i x_i}{102077.6} \leq 2.28 \\ 50 \leq x_1 \leq 450 \\ 50 \leq x_2 \leq 500 \\ 50 \leq x_3 \leq 300 \\ 150 \leq x_4 \leq 500 \\ 150 \leq x_5 \leq 500 \\ 150 \leq x_6 \leq 350 \\ 50 \leq x_7 \leq 450 \\ 100 \leq x_8 \leq 250 \\ 50 \leq x_9 \leq 350 \\ 50 \leq x_{10} \leq 400 \\ 50 \leq x_{11} \leq 250 \\ \sum_{i=1}^{11} x_i \geq 1700 \\ x_i \in \mathbb{Z}, x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, 11 \end{array} \right. \end{aligned}$$

Lingo 编程运行结果显示，该方案的平均满意比例为0.700，与预案的结果持平，房型对应的开发套数见表5。

表6 方案Ⅱ中每种房型开发套数与总套数

方案Ⅱ中每种房型开发套数与总套数												
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	总套数
套数	50	211	50	150	188	350	450	101	50	50	50	1700

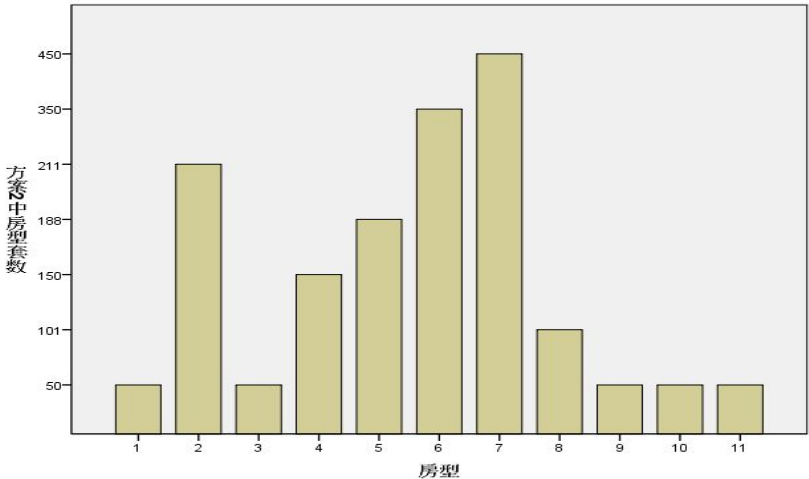


图2 方案Ⅱ中每种房型开发套数图

由图2可以看出，在要求“房型平均满意比例”最高的模型中，第2、5、6、7种房型的套数明显较高，甚至6、7两种房型的套数达到了上限，而这几种房型的满意比例也的确是较高的。另外，第8种房型虽然满意比例较高，但在本方案中的套数却达到套数要求的下限，究其原因主要是该种房型在计算增值额过程中不允许扣除其开发成本，这将必然导致该房型的收益不会很高，甚至可能出现亏本情况。

为了进一步对比预案与方案Ⅱ的优劣，我们给出表7。

表7 方案Ⅱ相关指标

方案Ⅱ	扣除项目金额		增值额		增值额与扣除资金比例		增值税		投资 回报	满意比 例
	普通宅	非普通宅	普通宅	非普通宅	普通宅	非普通宅	普通宅	非普通宅		
	29047.1	244007.6	5432.02	37734.4	0.187	0.155	0	11320.33	23.89%	0.701

比较方案Ⅱ与预案，两者在满意度上未见明显差异，但是由于方案Ⅱ中普通宅的增值额未超过扣除项目金额的20%，因此，免征土地增值税，这一改变使得投资回报率提高到23.89%。由此可见，方案2在投资回报率上具有绝对优势。

沿用5.1中的相关公式和程序，其容积率、增值税、成本和收益见下表：

表8 方案Ⅱ相关信息

方案Ⅱ相关信息					
成本	收益	容积率	增值税	满意比例	投资回报率
255250.97	60970.15	2.279	11320.33	0.701	23.89%

### 5.3 问题三的求解

#### 5.3.1 问题的分析

在问题二的解答过程中，我们始终都是以每套住宅的“平均满意比例”最高作为最重要的衡量标准。但是由表 8 可知，我们给出的方案 II 的投资回报率为 23.89%，不符合“达到 25%”的基本要求，因此要对方案作进一步的修改。

如果想提高投资回报率，则应在保证容积率的前提下，适当增加开发的住宅套数。通过对方案 II 的住宅套数进行分析可知，由于满意比例最高的房型 6 和房型 7 已经达到套数的上限，此时如若增加开发住宅的套数，势必会牺牲一定的房型平均满意比例。

因此，在问题三的处理中，我们将以双目标非线性规划的形式进行。两个目标分别是：投资总收益、房型平均满意比例，并且将以投资总收益作为首要考虑目标。

#### 5.3.2 方案 II 中每种房型单套住宅的收益

为了能够列出投资总收益这一目标函数，我们在方案 II 的基础上，计算出每种房型单套住宅的收益。虽然该收益只是用方案 II 的数据得出，但是方案 III 是对方案 II 的改进，因此方案 II 的数据对我们求解方案 III 有积极的参考意义，后面计算结果也很好的验证了这一点。具体步骤如下：

1) 求出第  $i$  种房型单套面积在规划设计总建筑面积的比例  $h_i$ 。计算该值主要是用于得到第  $i$  种房型的单套住宅分摊在“取得土地支付金额”时的比例。其中

$$h_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^{11} a_i b_i}。$$

2) 第  $i$  种房型单套住宅扣除项目金额  $u_i$ 。由公式(1)可知

$$u_i = (\xi h_i + \beta_i a_i c_i) * 1.3 + a_i d_i * 0.0565。$$

3) 第  $i$  种房型所缴纳的增值额  $f_i$ 。根据计算方法可知

$$f_i = \text{转让单套住宅收入} - \text{单套住宅扣除项目金额} = a_i d_i - u_i。$$

4) 第  $i$  种房型增值额与扣除项目金额之比  $k_i$ 。于是有  $k_i = \frac{f_i}{u_i}。$

5) 第  $i$  种房型缴纳增值税税额  $R_i$ 。对于普通宅来说，若  $k_i \leq 0.2$ ，按照规定，可以免于征收土地增值税；若  $k_i > 0.2$ ，则按照四级超率累进税率进行征税；对于非普通宅，则直接按照四级超率累进税率进行征税。通过对  $k_i$  的计算，我们发现所有的  $k_i$  均  $< 2$ ， $i = 1, 2, \dots, 11$ 。因此，第四级累进税率在本题计算过程中未出现。经过对增值税税额具体计算方法的总结，可给出计算公式如下：

- (1) 若  $k_i \leq 0.2$ ，且  $i \leq 3$ ，则  $R_i = 0$ ；
- (2) 若  $k_i \leq 0.2$ ，且  $i > 3$ ，则  $R_i = f_i * 0.3$ ；
- (3) 若  $0.2 < k_i \leq 0.5$ ，则  $R_i = f_i * 0.3$ ；
- (4) 若  $0.5 < k_i \leq 1$ ，则  $R_i = u_i * 0.3 * 0.5 + (f_i - u_i * 0.5) * 0.4 - u_i * 0.05$ ；
- (5) 若  $1 < k_i \leq 2$ ，则

$$R_i = u_i * 0.3 * 0.5 + u_i * 0.5 * 0.4 + (f_i - u_i) * 0.5 - u_i * 0.15。$$

6) 第  $i$  种房型单套住宅收益  $k_i$ 。单套住宅收益也是与转让收入、投入成本和增值税税额有关。其具体计算公式为

$$I_i = a_i d_i - a_i c_i - R_i - \xi h_i - (\beta_i a_i c_i + \xi h_i) * 0.1 - a_i d_i * 0.0565。$$

得出了每种房型单套住宅的收益后，用  $\sum_{i=1}^{11} k_i x_i$  作为设计方案的总收益。根据上述计算公式得出下表中的数据。

表 9 方案 II 每种类型单套住宅相关数据

房型	$h_i$	$f_i$	$u_i$	$r_i$	$g_i$	$k_i$	投资回报率
1	0.000307	788897.48	135102.52	0.1713	4.927	170926.9	0.2748
2	0.000390	1005050.94	53349.06	0.0531	0	676410.6	0.2312
3	0.000466	545023.65	765376.35	1.4043	37.82	-187878.1	-0.0511
4	0.000578	1685352.66	170647.34	0.1013	6.766	57025.6	0.2293
5	0.000622	1809151.00	187649.00	0.1037	7.401	3687998.6	0.2309
6	0.000665	2001799.24	269400.76	0.1346	9.978	1481008.1	0.2525
7	0.000709	2172849.88	319150.12	0.1469	11.595	2011081.9	0.2610
8	0.000502	581253.35	729146.65	1.2544	32.563	3694.4	-0.0460
9	0.000410	808449.25	-149249.25	-0.1846	-3.308	77096.9	0.0038
10	0.000514	1036904.81	-159704.81	-0.1540	-3.327	89116.9	0.0299
11	0.000530	589498.80	368101.20	0.6244	11.345	-34328.1	-0.0586

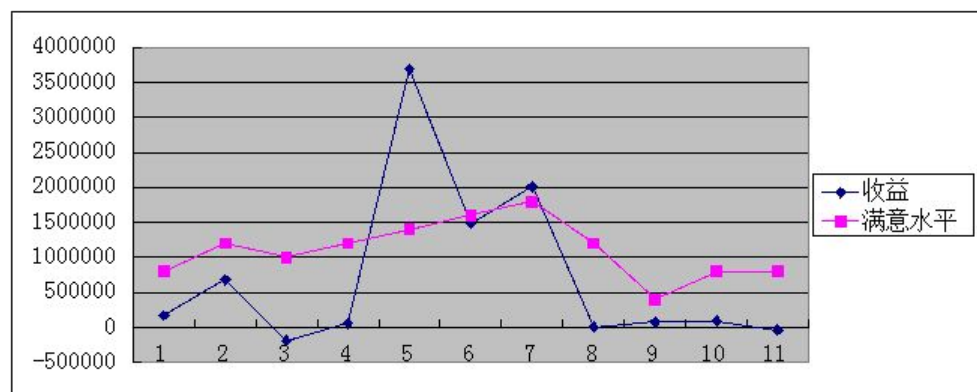


图 3 方案 2 收益与满意水平的关系

### 5.3.3 约束条件的优化

为了能同时兼顾投资收益和房型平均满意比例，我们要对约束条件进行优化。主要考虑以下几个方面：

第一，由图 3 可知，第 5、6、7 种房型既有较高的收益，又有较高的满意比例，在套数选择上应予以优先考虑，可以提高其套数限制的下限；

第二，根据规定，普通宅增值额未超过扣除项目金额的 20% 时，予以免征土地增值税。因此，我们在建立约束条件时，应将前三种房型对应的增值额与扣除项目金额比例控制在 0.2；

第三，3、8、11 三种房型的实际成本按规定不能参与增值税的核算，从表 9 也可以看出，这三中房型的收益的确是最低的，因此约束条件的建立过程中应降低其对应的套数上限；

第四，容积率也是一个重要的约束条件，而第 9、10 种房型不计入容积率的计算。为了在不影响容积率的基础上提高收益，可以适当提高该类房型的套数下限。虽然第 11 种房型也不参与容积率的计算，但是由于其属于“不允许扣除”的住宅类型，不建议提高其套数下限；

第五，前面分析可知，提高投资回报率势必会降低满意比例，且会提高房屋总套数。因此，在相同的投资回报率基础之上，提高满意比例较高的房型的套数下限。

综合以上各种因素，我们可得双目标规划：

$$\begin{aligned}
 \max \quad & X = \sum_{i=1}^{11} k_i x_i \\
 \max \quad & Y = \frac{\sum_{i=1}^{11} \gamma_i x_i}{\sum_{i=1}^{11} x_i} \\
 s.t. \quad & \left\{ \begin{aligned}
 & \frac{\sum_{i=1}^{11} \alpha_i a_i x_i}{102077.6} \leq 2.28 \\
 & x_1 = 50 \\
 & 450 \leq x_2 \leq 500 \\
 & 50 \leq x_3 \leq 100 \\
 & 150 \leq x_4 \leq 500 \\
 & 100 \leq x_5 \leq 550 \\
 & 150 \leq x_6 \leq 350 \\
 & 50 \leq x_7 \leq 450 \\
 & 100 \leq x_8 \leq 150 \\
 & 50 \leq x_9 \leq 330 \\
 & 50 \leq x_{10} \leq 400 \\
 & 50 \leq x_{11} \leq 150 \\
 & x_i \in \mathbb{Z}, x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, 11
 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

运用 Lingo 编程求解可得如下结果：

表 10 方案Ⅲ中每种房型开发套数与总套数

方案Ⅲ中每种房型开发套房数与总套数												
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	总套数
套数	50	451	50	150	100	292	450	100	330	400	50	2423

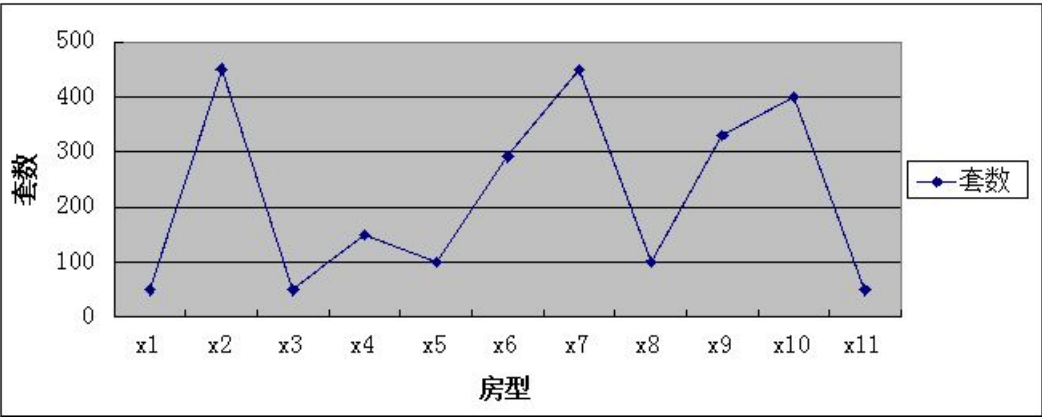


图 4 方案Ⅲ中每种房型开发套数

方案Ⅲ的相关数据指标如下：

表 11 方案Ⅲ相关信息

方案Ⅲ相关信息					
成本	收益	容积率	增值税	满意比例	投资回报率
281018.9	78887.6	2.279	15030.7	0.57	28.1%

对比方案Ⅱ和方案Ⅲ，可知方案Ⅱ在房型平均满意比例上具有明显优势，但其投资回报率较低；然而，方案Ⅲ牺牲了少许满意比例，换取了高额的投资回报率，使得项目被成功执行。

由题目条件可知，该众筹筑屋项目共有上万户购房者参加，每户只能认购一套住房。按照方案Ⅲ计算，共设计建造房屋 2423 套，最多只有 24.23% 的参与者能购买住宅。而我们的满意比例为 57%，因此，能保证整个众筹筑屋项目顺利完成。

## 六. 模型评价及推广

### 6.1 模型的评价

在整个模型的建立过程中，通过合理的假设，选择恰当的方法对模型进行了简化。综合运用 Lingo 语言、MATLAB、C++、EXCEL、SPSS 等多种工具，对模型进行求解。文中大量运用图、表、公式直观地展示计算过程和结果。

另外，本模型在细节处理中比较周到，在处理扣除项目金额和四级超率累进税率时，模型巧妙的对项目进行解构，总结计算公式，用 MATLAB 编程处理，大大降低了计算难度。

在处理问题三时，方案Ⅲ的房型平均满意比例低于方案Ⅱ。由于时间有限，我们并未对此进行修改。后续研究中可以考虑设置合适的约束条件，更好在投资回报率和房型平均满意比例两者之间取得平衡。

## 6.2 模型的推广

众筹筑房的核心就在于每个购房者都成为新成立“众筹开发商”的股东，而作为股东最关心的就是项目的可操作性和利润，只有让每个认筹购房者了解项目的实际运行，特别是通过定量的数据模型让其能清晰地看到项目的执行情况才会让众筹筑房项目成功的运行下去。房地产行业做为典型的资金密集型行业，在此模型下都能够成功众筹成功，无疑会对其它行业有很强的借鉴作用。

众所周知，国家正在大力提倡“大众创业、万众创新”，而所有创业、创新的基础一定是缜密的数据推断，没有详实的数据推断、模型建立的创新创业必将是空中楼阁。我们的模型对于新的创新创业项目的成功运行有着很强的指导作用。比如我们模型中对增值额、扣除项目金额的计算公式和程序，可以用于其他创新创业项目的成本、收益、投资回报率的计算。特别是，其中的四级超率累进税率，处理方法，也适用于其他设计分级计算的税务，比如：个人所得税等。

## 参考文献

- [1] 王舒. C 程序设计，四川：四川大学出版社，2001
- [2] 韩中庚. 数学建模实用教程，北京：高等教育出版社，2012
- [3] 安徽省地方税务局转发安徽省人民政府《关于开征土地增值税几个有关问题的批复》的通知 <http://www.ah-l-tax.gov.cn/portal/zwxxgk/zcfgn/gfxwj/tdzys/1205973900800232.htm>.2015.09.13.
- [4] (美)亨塞尔曼，(美)利特菲尔德. 精通 Matlab7，北京:清华大学出版社，2006

## 附录:

### 一、LINGO 程序

#### 1. 预案满意度程序

```
MODEL:
sets:
num_i/1..11/:l,x,a,b,k;
endsets
DATA:
l=0.4 0.6 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 0.6 0.2 0.3 0.4;
b=1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0;
a=77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133;
Enddata
[OBJ]max=@sum(num_i(i):l(i)*x(i))/@sum(num_i(i):x(i));
x(1)>=50;
x(1)<=450;
x(2)>=50;
x(2)<=500;
x(3)>=50;
x(3)<=300;
x(4)>=150;
x(4)<=500;
x(5)>=100;
x(5)<=550;
x(6)>=150;
x(6)<=350;
x(7)>=50;
x(7)<=450;
x(8)>=100;
x(8)<=250;
x(9)>=50;
x(9)<=350;
x(10)>=50;
x(10)<=400;
x(11)>=50;
x(11)<=250;
@sum(num_i(i):a(i)*b(i)*x(i))/102077.6<=2.28;
@for(num_i(i):@GIN(x(i)));
END
```

#### 2. 方案 2 满意度程序

```
MODEL:
sets:
num_i/1..11/:l,x,a,b,k;
endsets
```



```

DATA:
l=0.4 0.6 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 0.6 0.2 0.3 0.4;
b=1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0;
a=77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133;
Enddata
[OBJ]max=@sum(num_i(i):l(i)*x(i))/@sum(num_i(i):x(i));
@sum(num_i(i):x(i))>=1700;
x(1)>=50;
x(1)<=450;
x(2)>=50;
x(2)<=500;
x(3)>=50;
x(3)<=300;
x(4)>=150;
x(4)<=500;
x(5)>=100;
x(5)<=550;
x(6)>=150;
x(6)<=350;
x(7)>=50;
x(7)<=450;
x(8)>=100;
x(8)<=250;
x(9)>=50;
x(9)<=350;
x(10)>=50;
x(10)<=400;
x(11)>=50;
x(11)<=250;
@sum(num_i(i):a(i)*b(i)*x(i))/102077.6<=2.28;
@for(num_i(i):@GIN(x(i)));
END

```

### 3. 方案3程序

#### 3.1 方案3收益

```

MODEL:
sets:
num_i/1..11/:l,x,a,b,k;
endsets
DATA:
l=0.4 0.6 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 0.6 0.2 0.3 0.4;
b=1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0;
a=77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133;
k=170926.9 676410.6 -187878.1 537025.6 687998.6 1481008.1 2011081.9 3694.4

```

```

77096.9 89116.9 -34328.1;
Enddata
[OBJ] max=@sum(num_i(i):k(i)*x(i));
x(1)=50;
x(2)>=450;
x(2)<=500;
x(3)>=50;
x(3)<=100;
x(4)>=150;
x(4)<=500;
x(5)>=100;
x(5)<=550;
x(6)>=150;
x(6)<=350;
x(7)>=50;
x(7)<=450;
x(8)>=100;
x(8)<=150;
x(9)>=50;
x(9)<=330;
x(10)>=50;
x(10)<=400;
x(11)>=50;
x(11)<=150;
@sum(num_i(i):a(i)*b(i)*x(i))/102077.6<=2.28;
@for(num_i(i):@GIN(x(i)));
END

```

### 3.2 方案 3 满意度

```

MODEL:
sets:
num_i/1..11/:l,x,a,b,k;
endsets
DATA:
l=0.4 0.6 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 0.6 0.2 0.3 0.4;
b=1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0;
a=77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133;
k=170926.9 676410.6 -187878.1 537025.6 687998.6 1481008.1 2011081.9 3694.4
77096.9 89116.9 -34328.1;
Enddata
[OBJ]max=@sum(num_i(i):l(i)*x(i))/@sum(num_i(i):x(i));
@sum(num_i(i):k(i)*x(i))>=1850730000;
x(1)=50;
x(2)>=450;

```

```

x(2)<=500;
x(3)>=50;
x(3)<=100;
x(4)>=150;
x(4)<=500;
x(5)>=100;
x(5)<=550;
x(6)>=150;
x(6)<=350;
x(7)>=50;
x(7)<=450;
x(8)>=100;
x(8)<=150;
x(9)>=50;
x(9)<=330;
x(10)>=50;
x(10)<=400;
x(11)>=50;
x(11)<=150;
@sum(num_i(i):a(i)*b(i)*x(i))/102077.6<=2.28;
@for(num_i(i):@GIN(x(i)));
END

```

## 二、MATLAB 程序

每套房占规划总面积的比值 hi

```

>> A=[77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133];
>> B=[250 250 150 250 250 250 250 75 150 150 75];
>> C=[4263 4323 4532 5288 5268 5533 5685 4323 2663 2791 2982];
>> D=[12000 10800 11200 12800 12800 13600 14000 10400 6400 6800 7200];
P=[1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 0]; %允许扣除与不允许扣除的 1-0 数组
>> h=ones(1,11);
>> for i=1:11
h(i)=(A(i)*B(i))/277025 %每套房占规划总面积的比值
end

```

每套房扣除项目金额 ui

```

>> Y1=ones(1,11);
>> Y2=ones(1,11);
e=ones(1,11);
>> for i=1:11;
Y1(i)=(777179627*h(i)+P(i)*A(i)*B(i)*C(i))*1.3;%获得土地所支付的金额+开发成本+其他扣除
项目
Y2(i)=A(i)*B(i)*D(i)*0.0565; %转让房地产税金

```

```
>> e(i)=(Y1(i)+Y2(i))/B(i)    %每套房扣除项目金额
end
```

每套房所缴纳的增值税 fi

```
>> f=ones(1,11);
>> for i=1:11
f(i)=A(i)*D(i)-e(i)    %每套房所缴纳的增值税=每套房的收入-每套房的扣除扣除项目
end
```

每套房所缴纳的增值税与每套房扣除金额的比值 ri

```
>> r=ones(1,11);
>> for i=1:11
r(i)=f(i)/e(i)    %比值=每套房所缴纳的增值税/每套房扣除金额
end
```

投资回报

```
U=ones(1,11)
for i=1:11
U(i)=A(i)*C(i)+g(i)+777179627*(A(i)/277025)    %每套房的成本
end
E=ones(1,11)
for i=1:11
E(i)=k(i)/U(i)    %投资回报=每套房的收益/每套房的成本
end
```

方案 1 容积率 P

```
>> clear
>> A=[77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133];
>> B=[250 250 150 250 250 250 250 75 150 150 75];
>> C=[4263 4323 4532 5288 5268 5533 5685 4323 2663 2791 2982];
>> D=[12000 10800 11200 12800 12800 13600 14000 10400 6400 6800 7200];
P=0
for i=1:8
P=P+A(i)*B(i)/102077.6    &每套房面积*套房数量/总占地面积
end
```

开发成本 Q

```

>> clear
>> A=[77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133];
>> B=[250 250 150 250 250 250 250 75 150 150 75];
>> C=[4263 4323 4532 5288 5268 5533 5685 4323 2663 2791 2982];
>> D=[12000 10800 11200 12800 12800 13600 14000 10400 6400 6800 7200];
>> Q=0;
>> for i=1:11;
Q=Q+A(i)*B(i)*C(i)    &开发成本=套房面积+套房数量+套房的开发成本
end

```

前八个房型占土地总面积

```

>> A=[77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133];
>> B=[250 250 150 250 250 250 250 75 150 150 75];
>> s1=0;
>> for j=1:8
s1=s1+A(j)*B(j)          %前 8 个房型占地面积
end
s2=102077.6
s3=s1/s2                  %前 8 个房型占土地总占地面积的比例

```

三类房型各自面积与总面积的比值

```

>> A=[77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133];
>> B=[250 250 150 250 250 250 250 75 150 150 75];
>> C=[4263 4323 4532 5288 5268 5533 5685 4323 2663 2791 2982];
>> D=[12000 10800 11200 12800 12800 13600 14000 10400 6400 6800 7200];
>> S=0;
>> for j=1:11
S=S+A(j)*B(j);
end
>> S1=(A(1)*B(1)+A(2)*B(2)+A(3)*B(3))/S    %普通房型与总面积之比
>> S2=(A(4)*B(4)+A(5)*B(5)+A(6)*B(6)+A(7)*B(7)+A(8)*B(8)+A(11)*B(11))/S    %非普通
房型与总面积之比
>> S3=(A(9)*B(9)+A(10)*B(10))/S            %其他房型与总面积之比

```

普通房型扣除项目金额

```

>> A=[77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133];
B=[250 250 150 250 250 250 250 75 150 150 75];
C=[4263 4323 4532 5288 5268 5533 5685 4323 2663 2791 2982];
D=[12000 10800 11200 12800 12800 13600 14000 10400 6400 6800 7200];
S=0;
for j=1:11
S=S+A(j)*B(j);
end
S1=(A(1)*B(1)+A(2)*B(2)+A(3)*B(3))/S;

```

```

S2=(A(4)*B(4)+A(5)*B(5)+A(6)*B(6)+A(7)*B(7)+A(8)*B(8)+A(11)*B(11))/S;
S3=(A(9)*B(9)+A(10)*B(10))/S;
U1=0;
U2=0;
P=[1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 0];
for i=1:3
    U1=U1+P(i)*A(i)*B(i)*C(i);           %前两套房开发成本
    U2=U2+A(i)*B(i)*D(i);               %前三套房收入
end
>> Z=777179627*S1+U1+(777179627*S1+U1)*0.1+U2*0.0565+(777179627*S1+U1)*0.2    %

```

其他分摊到普通后的总扣除金额

```

>> A=[77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133];
B=[250 250 150 250 250 250 250 75 150 150 75];
C=[4263 4323 4532 5288 5268 5533 5685 4323 2663 2791 2982];
D=[12000 10800 11200 12800 12800 13600 14000 10400 6400 6800 7200];
S=0;
for j=1:11
    S=S+A(j)*B(j);           %房屋总面积
end
S1=(A(1)*B(1)+A(2)*B(2)+A(3)*B(3))/S;           %普通房型所占面积比例
S2=(A(4)*B(4)+A(5)*B(5)+A(6)*B(6)+A(7)*B(7)+A(8)*B(8)+A(11)*B(11))/S;
S3=(A(9)*B(9)+A(10)*B(10))/S;           %其他房型所占比例
U1=0;
U5=0;
P=[1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0];
U4=A(9)*B(9)*C(9)+A(10)*B(10)*C(10)           %其他房型开发成本
for i=1:3
    U1=U1+P(i)*A(i)*B(i)*C(i);           %普通房型的开发成本
    U5=U5+A(i)*B(i)*D(i);               %普通房型的总收入
end
Zp=777179627*0.253+U1+U4*0.253+(U5+(A(9)*B(9)*D(9)+A(10)*B(10)*D(10))*0.253)*0.056
5+((777179627*0.253)+(U1+U4*0.253))*0.3           %普通房型分摊后的扣除项目金额

```

分摊其他后的非普通的总扣除金额

```

>>
    A=[77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133];
    B=[250 250 150 250 250 250 250 75 150 150 75];
    C=[4263 4323 4532 5288 5268 5533 5685 4323 2663 2791 2982];
    D=[12000 10800 11200 12800 12800 13600 14000 10400 6400 6800 7200];

```

```

U1=0;
U2=0;
;P=[1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 0];
U4=A(9)*B(9)*C(9)+A(10)*B(10)*C(10);
for i=4:8
    U1=U1+P(i)*A(i)*B(i)*C(i);           %非普通房型的开发成本
    U2=U2+A(i)*B(i)*D(i);               %非普通房型的收入
end
Z1=777179627*0.747;                     %非普通房型使用土地的支付费用
Z2=U1+U4*0.747;                         %非普通房型的开发成本+分摊的开发成本
Z3=(Z1+Z2)*0.1;                         %非普通房型的房地产开发费用
Z4=(U2+A(11)*B(11)*D(11)+(A(9)*B(9)*D(9)+A(10)*B(10)*D(10))*0.747)*0.0565; %非
普通房地产和分摊的房地产转让的税金
Z5=(Z1+Z2)*0.2;                         %非普通房型与分摊房型的其他扣除项目
Z=Z1+Z2+Z3+Z4+Z5                       %分摊其他后非普通的总扣除金额

```

普通房型增值额

```

A=[77 98 117 145 156 167 178 126 103 129 133];
B=[250 250 150 250 250 250 250 75 150 150 75];
C=[4263 4323 4532 5288 5268 5533 5685 4323 2663 2791 2982];
D=[12000 10800 11200 12800 12800 13600 14000 10400 6400 6800 7200];
Zeng1=0;
u1=0
for i=1:3
    u1=u1+A(i)*B(i)*D(i);
end
u2=(A(9)*B(9)*D(9)+A(10)*B(10)*D(10))*0.253; %其他房分摊到普通房的收入
u=u1+u2- 5.7368e+08 % 5.7368e+08 前面所求的普通房型的扣除金额

```

四级超率累计税率

```

f=[1.6424 0.9044 8.0965 2.2552 2.4669 3.3260 3.8651 7.7683 -1.1027 -1.1089 4.1843];
e=[ 7.598 9.680 5.007 16.305 17.501 19.386 21.055 5.336 7.695 9.881 5.392];
for i=1:11
    I(i)=f(i)/e(i); %比值=增值额/扣除项目金额
end
for i=1:3
    if I(i)<=0.2
        g(i)=0; %如果比值小于等于 0.2，则增值税为 0
    elseif 0.2<I(i)<=0.5
        g(i)=f(i)*0.3; %如果比值大于 0.2 小于等于 0.5，。则增值税=增值额*0.3
    elseif 0.5<I(i)<=1
        %如果比值大于 0.5 小于等于 1
    end
end

```

```

        g(i)=e(i)*0.3*0.5+(f(i)-0.5*e(i))*0.4-e(i)*0.05;
    elseif 1<I(i)<=2
        g(i)=e(i)*0.3*0.5+(f(i)-0.5*e(i))*0.4+(f(i)-e(i))*0.5-e(i)*0.15;
    end
end
for i=4:11
    if I(i)<=0.5
        g(i)=f(i)*0.3;
    elseif 0.5<I(i)<=1
        g(i)=e(i)*0.3*0.5+(f(i)-0.5*e(i))*0.4-e(i)*0.05;
    elseif 1<I(i)<=2
        g(i)=e(i)*0.3*0.5+(f(i)-0.5*e(i))*0.4+(f(i)-e(i))*0.5-e(i)*0.15;
    end
end
end
g

```

### 三、C 语言程序

```

#include"stdio.h"
main()
{
    int a[11]={77,98,117,145,156,167,178,126,133,103,129};
    int b[11]={250,250,150,250,250,250,250,75,75,150,150};
    int i=11,n=0,s1,s2,s3,t,p;
    for(t=1;t<=i;t++)
    {
        n=n+a[t]*b[t];
    }
    for(p=1;p<=11;p++)
    {
        s1=(a[1]*b[1]+a[2]*b[2]+a[3]*b[3])/n;
        s2=(a[4]*b[4]+a[5]*b[5]+a[6]*b[6]+a[7]*b[7]+a[8]*b[8]+a[9]*b[9])/n;
        s3=(a[10]*b[10]+a[11]*b[11])/n;
    }
    printf("%d,%d,%d",s1,s2,s3);
};

```