问题阐述：

根据the Smart Growth Network提出的十条smart growth principle，我们需要寻求一个衡量城市发展成功度的metric，并选择两个不在同一个continent上的中型城市，利用我们的metric来实现以下的几个requirement：

Requirement 1 利用我们的metric来判断这两个城市的政府目前采取的growth plan是否遵循了smart growth principles，并衡量其成功度

Requirement 2 根据这两个城市的地理情况、发展预期和经济机遇，根据我们提出的metric制定一个适合它们的growth plan

Requirement 3 如果这两个城市直至2050年，人口增长了50%，对我们所提出的growth plan进行修正

metric选定：

由于不同城市的城市构成（包括道路网的建设、居民的生活工作习惯等）大相径庭，所以为了得到一个较为普适的城市发展评分标准，显然需要对城市进行一个适当的模型简化。在这里我们采用的是将城市划分为一个一个的square unit，同时对每个square unit定义其区域类别和发展程度。1933年的《雅典宪章》【加脚注或引用】提出城市应按居住、工作、游憩进行分区布置。在此基础上，我们将每个square unit的区域类别定义为如下五条之一：residential area、working area、recreation area、open space以及undeveloped。需要说明的是，working area主要包括了平时为居民提供生活服务的各类设施，如写字楼、加油站等；recreation则主要包括了可以为居民提供精神上的享受的设施，例如餐馆、图书馆、公园等；open space主要指的是开阔的自然景观（包括farmland），而undeveloped指的是可以在该区域进行开发改建。

根据对smart growth principles的分条解读【脚注http://smartgrowth.org/smart-growth-principles/】，我们将十条principle合并为如下的四条准则：

1）分区多样化

这条准则包含了smart growth principles的第1，4，5条（我们用Pr.1, Pr.4, Pr.5表示第1，4，5条principle；后面将利用类似的记号）。主要原因是分区多样化方便了居民的出行，在土地混合多样使用的同时也能够提升社区本身的文化魅力。

2）景观规划

这条准则包含了Pr.2与Pr.6。根据smartgrowth.org上的解读，compact building design的重要目的之一是给居民提供宽阔的open space以提升舒适度，而第六条对于自然环境的保护事实上也与城市的自然景观密不可分。

3）住房选择自由

这条准则指的是Pr.3。我们需要为不同工资收入的人群提供与收入相符的住房选择的权利，这要求了working area附近有与之发展程度相近的residential area。

4）交通便利

这条准则指的是Pr.8。给市民多样的交通选择权利，这势必包含了公共交通的发达程度。出于量化考虑的角度，我们主要考虑公共交通的便利程度。

对于Pr.7,Pr.9与Pr.10，由于它们的描述并不利于量化，我们将在之后制定growth plan中再对它们进行考虑，而不在metric的选择中对它们进行单独的考量。

assumptions

每个square unit的边长a为300米。

每个square unit的分区是单一的，同时发展程度也相同。这是为了处理方便，而且由于square unit的边长不太大，所以这个近似也是合理的。

发展程度都是正整数，一般来说都不大于3。

平均地来说，open space在城市中的分布率是10%。

在某个working area工作的人的工资收入与相同发展程度的residential area相对应。

在每个working area工作的人数是持平的。

metric的计算公式

我们利用类似于坐标平面的方式来记录每个square unit，也就是每个square unit都可以被表示成【G3】的形式。后面的所有【G3】都是代表一个square unit。同时我们用【G6】表示【G3】的区域类别，【G8】表示【G3】的发展程度。

需要指出的是，在下面的计算公式中都不考虑类别为unused area的square unit；unused area只是在之后的growth plan中有所涉及。

%公式1

首先我们对一个城市的分区多样化程度进行定量分析。由于Pr.4中鼓励create walkable neighborhoods，所以我们主要考量居民可以从residential area通过步行到达working area和recreation area。

对于某一个square unit，我们考虑与之横纵坐标之差均不大于2的所有square unit；这样的话，居民只需要步行至多【G1】就可以到达自己所想要去的功能分区。所以对于，定义其mix-metric为【G2】，其中【G4】指的是【G5】相对于【G3】而言为分区多样化提供的贡献。

容易看到，【G5】的发展程度越高，与【G3】的距离越近，多样化程度就越高。同时，两个区域类别对于分区多样化的贡献程度应该是不同的；这是因为对于一般的民众来说，working area靠近会更为重要一些。所以我们在metric中认为【G7】，这里【G9】表示不同的区域类别对于居民的重要程度。在我们的metric中，权值的取值可以见下表：

【G10】 residential area working area recreation area open space

【G9】 0 0.6 0.4 0

最终城市的分区多样性指数便取决于所有residential area的mix-metric的加权平均值：【G11】。对每个residential area加权的原因是residential area的发展程度越高，分区多样性越显著，但不如working area那样明显。

接下来我们需要将分区多样性指数换算成一个百分制的得分。

我们引入一个调分函数【G12】：【G13】。【G12】满足当x趋向于正无穷时，函数的值趋向于100。

我们通过如下的准则来确认参数r，k的值：由于根据assumption，大多数建筑的发展程度都不超过3，所以我们认为当所有建筑的发展程度都是1时，分区多样性指数的期望值的得分为60分；而所有建筑的发展程度都是2时，分区多样性指数的期望值的得分为85分。

当所有建筑的发展程度都是1时，分区多样性指数的期望值为【G14】；当所有建筑的发展程度都是1时，分区多样性指数的期望值为【G15】。

由此解得【G16】。

于是城市的分布多样性得分为【G17】。

%公式2

其次我们对一个城市的景观规划进行定量分析。注意到自然景观起到的主要作用事实上是改善了周边的城市分区的生活质量，所以对于每一个非open space的square unit【G3】，它所能受到自然景观的影响是【G18】（与之前确定【G7】时一样，自然景观的影响与自然景观的发展程度正相关，而与距离反相关）。

所以一个城市的自然景观指数也就是所有b(i,j)的平均值，即【G19】。

同样引入调分函数【G12】。与公式1完全类似，我们定义当所有open space的发展程度都是1时，景观指数的期望值的得分为60分；而所有open space的发展程度都是2时，景观指数的期望值的得分为85分。

当所有open space的发展程度都是1时，景观指数的期望值为【G20】；所有open space的发展程度都是2时，景观指数的期望值为【G21】。

由此解得【G22】。

于是城市的景观得分为【G23】。

%公式3

接下来我们对一个城市的住房选择自由进行定量分析。对于在某个working area工作的人，他需要在自己的工作地点附近（与上面的讨论类似，我们依然认为与之横纵坐标之差均不大于2的square unit算作其附近）寻找一个与收入水平相符合的居住地点，也就是发展程度尽量接近的residential area。那么对于某个working area【G3】，在此工作的人的住房选择符合指数【G24】。由于发展程度都是正整数，所以可能的住房选择符合指数基本是有限的；所以这里我们不再引入调分函数【G12】，而是直接给出城市的住房选择自由得分【G25】。

这里，住房选择自由得分并不是直接对于所有working area计算均分，而应该是对所有工作的人进行计算均分；只是根据我们的assumption，我们简化地认为所有人的工作地点平均分布在了working area中。

%公式4

一般来说，一个城市的公共交通线路的互相换行是较为容易的。所以，我们在考察交通便利程度的时候，仅考虑每个square unit附近是否有公交站点；所以如果一个square unit附近的square unit中有至少一个建有公交站点，那么称之为convenient。最终的交通便捷得分即等于convenient的square unit占square unit的总数的百分数。

在后面的评定之中，我们会对城市计算如上的四个得分的平均分，作为该城市的综合得分。但是需要指出的是，这个综合得分只能粗略地代表这个城市是否遵循了所有的smart growth principle。由于四项得分折合成百分制的标准不尽统一，所以这个综合得分只是作为评判的一个参考，而四项分别的得分才是我们分析城市并判断其发展侧重点的重要指标。