

基于生成对抗网络算法的住宅群体排布生成方法

张彤

南京大学建筑与城市规划学院

DOI:10.32629/btr.v3i2.2910

[摘要] 计算机辅助设计是提升设计效率的重要途径。人工智能领域的深度学习(Deep Learning)算法可以通过对数据的学习实现对数据分布的拟合。为了提升住宅群体排布的效率,利用深度学习算法中的生成对抗网络(Generative Adversarial Networks,GAN)算法对大量住宅群体排布的方案进行学习,经过学习后的网络可以根据给定用地范围快速自动生成住宅群体排布方案,从而辅助设计者进行设计,节省设计者的时间和精力。

[关键词] 人工智能; 深度学习; 生成对抗网络; 住宅群体排布

在住宅设计中,住宅群体排布是设计前期比较耗费时间的部分。设计者凭借自身设计经验进行排布或者反复试错以寻找合适的排布方案。这个过程比较缺乏创意且重复性、计算性工作量较大。因此,利用计算机辅助技术对住宅群体进行排布,更为智能和快速地生成多种可行方案,节省设计者的时间和精力,是有必要和有意义的。近年来,越来越多的计算机技术被应用到建筑设计,促进了建筑设计方式的改变和设计效率的提升。人工智能领域的深度学习算法中的生成对抗网络是一种新兴的生成模型,被广泛应用于计算机视觉领域如图像翻译、风格转换等。由于其对于数据的强大的学习能力和生成能力,也有越来越多的建筑设计者利用生成对抗网络辅助建筑设计。与参数化设计等传统设计生成方法不同的是,生成对抗网络更为智能,它可以通过训练输入的数据从而自动学习到数据的内在分布规律,并生成相同分布的数据。这种方法不需要人为研究设计规律并编写特定算法,计算机智能可以取代人进行设计研究和学习,并根据给出的条件自动生成设计,设计师只需要为计算机提供类似设计的数据供计算机进行学习。

1 算法简介

生成对抗网络最早由Goodfellow等人于2014年提出,是一种在计算机视觉领域被广泛应用的生成模型。本文所运用的pix2pix算法是一种条件深度卷积生成对抗网络。2016年Isola等提出了这种算法。它可以实现从图像到图像的生成。生成对抗网络包括生成器和判别器两个网络。生成器负责生成数据,判别器负责打分,二者是对抗关系。Pix2pix的生成器和判别器都由卷积神经网络构成,卷积可以提取二维图像的特征,而神经网络可以拟合复杂的数据分布。生成器和判别器通过训练获得不同的参数来拟合不同的数据分布。它们的参数开始时是随机的,在输入数据进行训练后,生成器和判别器的参数会逐渐优化。在训练过程中,pix2pix的生成器将给定的条件图像映射成新的图像,生成器生成的新的图像和真实图像分别与条件图像对应并一起输入给判别器打分。判别器会将生成的图像判别为假,给出低分,将真实图像判别为真,给出高分(流程如图1)。而生成器会根据判别器打分的优化自身的参数,从而使生成的图像接近真是图像,这样的过程不断重复直到判别器无法判断图像是生成的还是真实的。通过这种博弈过程,pix2pix可以学习到复杂数据的分布并根据给定的条件生成符合同一数据分布的新的图像。生成过程是从图像到图像的转化。由于设计领域存在大量以图像等视觉方式表达的设计作品,所以这种算法在设计生成方面也被广泛应用。

2016年Isola等运用pix2pix算法实现自动生成建筑立面图。他们收集了大约400个真实立面图,并根据门窗等部位对立面图进行色彩填充。将填充的色块图和真实立面图输入pix2pix进行训练,训练好的网络就可以根据新的色彩图生成新的立面图。哈佛大学的Chaillou设计的archigan可以实现根据功能色彩分区图生成室内平面布局及家具布置。archigan基于

pix2pix算法,可以实现从图像到图像的生成。除了pix2pix网络,生成对抗网络的另一种算法CycleGAN能够实现图像风格迁移,可以用来改变建筑的立面风格。深度学习的其他算法如卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)也常被应用在建筑领域。Jennifer NG等利用卷积神经网络训练区分建筑平面图、剖面图的分类型器,准确率达到了80%以上。循环神经网络可以学习序列数据并进行预测。Karoji等利用循环神经网络研究商场中的视觉要素对行人在商场中的行进路径的影响,训练结果可以预测商场中的商铺的吸引力,进而指导商业建筑的设计。

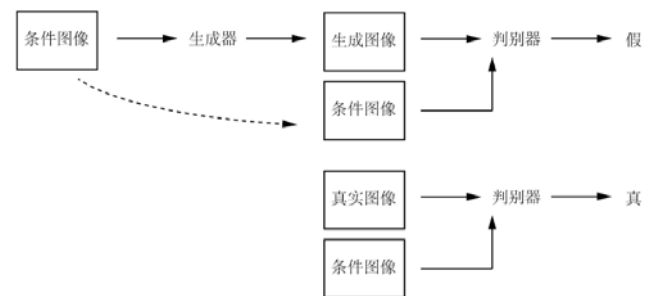


图1 pix2pix训练流程

2 生成过程

对于住宅群体排布来说,明确的用地范围是设计的必要条件。而传统的生成对抗网络生成的图像是随机的,训练者并不能控制生成结果,这种算法不满足住宅群体排布的需求。因此选用pix2pix算法作为训练生成住宅排布生成模型的算法。pix2pix算法是一种条件深度卷积生成对抗网络,可以将用地范围作为生成条件,在满足生成条件的情况下生成排布方案。生成过程主要分为以下几步:

(1)收集数据。以满足南京地区日照标准的六层住宅排布为例,选取了约1000个住宅排布方案,提取这些排布方案的用地范围边界和建筑信息,将建筑简化成红色的矩形色块,边界线用黑色折线表示,将这些信息以统一比例绘制在256*256像素的白色图像上,作为真实排布图像。(2)制作条件图像。训练生成模型需要的条件是住宅排布方案的用地范围信息,对于每个真实的排布方案,用黑色折线单独提取用地范围的边界并以同一比例绘制在256*256像素的白色图像上。绘制了边界信息的图像作为输入给pix2pix的条件图像。(3)输入数据进行训练。将排布方案的真实图像和条件图像匹配成对喂入pix2pix网络,进行8轮训练。训练轮数可以由训练者自行设定,能够达到比较好的生成效果即可。过少的训练轮数会导致生成结果不够清晰准确,而过多的训练轮数可能会导致过拟合。Pix2pix包括生成器和判别器。在进行生成时,先将绘制了边界信息的条件图像输入生成

器,条件图像经过卷积和反卷积的过程生成住宅排布图像。将生成的住宅排布图像和对应的真实住宅排布图像分别和对应用地边界条件图像匹配并输入给判别器,判别器会给生成的住宅排布图像低分,给真实的住宅排布图像高分。生成器根据给定的分数优化参数使生成的住宅排布图像能得到更高的分数,这样生成住宅排布图像的质量就会提高。从图2可以看出,从第1轮到第8轮训练,生成的排布方案越来越清晰和准确。在训练结束后,生成器可以学习到如何根据用地范围生成住宅群体排布。

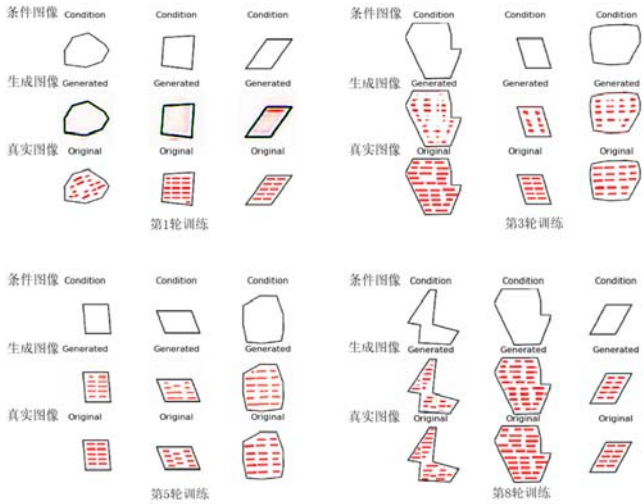


图2 不同训练轮次的生成结果

3 生成结果验证分析

在结束训练后,为了验证生成器的生成能力,用训练中未出现过的用地范围条件图像输入给训练过的生成器,得到生成的排布方案(图3)。可以看出,生成器可以生成与真实数据排布规则类似的排布方案。

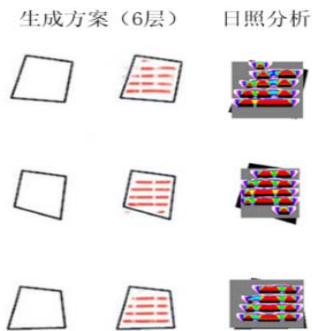


图3 生成方案(6层)及日照分析

对于住宅群体排布方案,一般需要满足日照间距和防火间距。因为得到的生成方案是图像,需要矢量化后进行分析,所以先利用OpenCV提取图像的边界顶点并导入Rhinceros绘制矢量图形。再对生成结果以南京地区的日照标准进行日照分析,得到的结果符合日照标准(图3),防火间距也符合防火规范。因此,这种方法生成的住宅群体排布方案可以作为设计师设计的参考。

除了训练六层的住宅群体排布生成模型,为了验证pix2pix算法的生成能力,运用同样的方法训练了十二层住宅群体排布生成模型以及六层和十二层混合排布生成模型,用训练数据集之外的条件图像对生成模型图2进行验证并进行了日照间距和防火间距分析(图4、图5),得到的结果除了少量生成的图像边缘模糊外,其他基本都是符合规范的。可见pix2pix具有

生成不同类型住宅排布方案的生成能力。

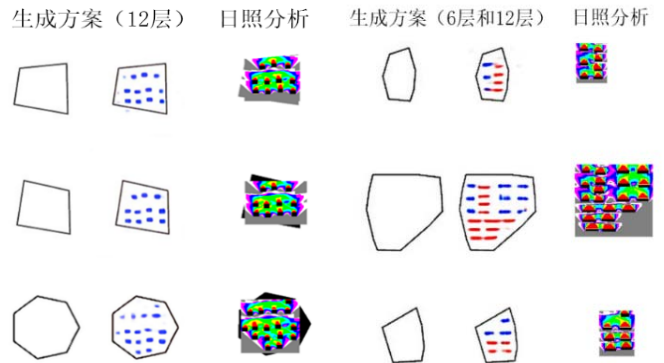


图4 生成方案(12层)及日照分析 图5 生成方案(6层和12层)及日照分析

4 总结

本文利用生成对抗网络中的pix2pix算法训练了可以自动生成住宅群体排布的生成模型。在生成过程中发现了这种算法的一些缺点:(1)生成模型生成的是图像,如果想要可以编辑的图形就需要通过别的软件转化成矢量图形。(2)训练需要收集大量数据,数据收集的方面可能有一定难度。(3)生成对抗网络的训练有一定的随机性,由于训练轮次和数据量的不同可能会导致过拟合或欠拟合,使得生成图像模糊或生成模型泛化性不强。网络本身的问题可能会导致模式坍塌造成生成结果缺乏多样性等。

除了这几个缺点外,生成对抗网络的优点也很明显:生成速度快,训练完的模型只要输入条件立刻就能生成方案;算法适用性高,无需设计师研究设计写算法,这种算法自身具有学习能力,计算机可以取代人去学习如何设计并生成合理的方案,这样可以节省设计师的时间和精力。相信未来随着算法的改进,生成对抗网络以及其他人工智能领域的算法会在设计领域展现出更大的潜力。

【参考文献】

[1]史丹青.生成对抗网络入门指南[M].北京:机械工业出版社,2018:46-85.
[2]唐贤伦,杜一铭,刘雨微,等.基于条件深度卷积生成对抗网络的图像识别方法[J].自动化学报,2018,44(05):855-864.
[3]华好,李旻,卢德格尔·霍夫施塔特.运算化住宅设计——从科研到教学[J].新建筑,2018,(04):34-38.
[4]魏力恺.计算机辅助建筑设计溯源:走出狭义参数化设计的误区[C].全国高等学校建筑学学科专业指导委员会.模拟·编码·协同——2012年全国建筑院系建筑数字技术教学研讨会论文集.全国高等学校建筑学学科专业指导委员会:全国高校建筑学学科专业指导委员会建筑数字技术教学工作委员会,2012:147-154.
[5]魏力恺,张颀,张静远,等.C-Sign:基于遗传算法的建筑布局进化[J].建筑学报,2013,(S1):28-33.
[6]伊索拉,朱俊彦,周廷辉,等.基于条件对抗网络的图像翻译[C].计算机视觉与模式识别会议论文集,2016.
[7]詹妮弗,凯恩,梅敦,等.优化图像分类:卷积神经网络算法实现建筑平面图和剖面图分类[J].工程与建筑(AEC)产业,2019,(2):193.
[8]卡罗吉,根,肯苏克霍塔,等.行人动态行为建模——RNN框架在商业环境中的应用[C].第24届CAADRIA会议论文集,2019.

作者简介:
张彤(1993--),女,吉林省人,汉族,南京大学建筑硕士在读,研究方向:数字建筑。