

# 基于 BIM 的住宅项目策划系统研究与开发

林佳瑞<sup>1</sup>, 张建平<sup>1</sup>, 何田丰<sup>1</sup>, 贾卫东<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>清华大学土木工程系, 北京, 100084; <sup>2</sup>中国中建地产有限公司, 北京, 100037)

**【摘要】**本文针对住宅项目策划的实际需求, 综合应用 BIM 和 4D 技术, 研究并提出了基于既有标准户型的住宅方案 BIM 建模和方案分析与评价的方法。通过解决户型三维模型与各种经济及绿色性能指标信息的关联、存储、编辑与管理, 基于户型组装生成住宅标准层和建筑单体方案, 以及基于经济指标与绿色性能分析进行方案评价等关键技术, 以 Autodesk Revit 2012 和清华大学 4D 项目管理系统为平台, 开发了基于 BIM 的住宅项目策划系统。应用表明, 本研究为住宅项目策划的方案创建、分析评价、比选决策提供了新的途径和方法, 促进了 BIM 在住宅项目策划阶段的应用。

**【关键词】**建筑信息模型 (BIM); 标准户型; 住宅项目策划; 方案分析评价

## 1、引言

住宅项目策划是房地产商进行市场定位、投资组合分析等工作并制定策划方案的过程<sup>[1]</sup>。它反映了开发商的市场战略, 是项目预期目标和设计需求的表达, 是项目定位、产品功能建议、融资能力、开发规划、价格策略及投资机会选择的综合决策过程, 将极大影响项目未来的形态。住宅项目具有典型的标准层和户型, 标准化程度高, 其策划过程往往会参照已有标准住宅的户型、造价以及相关经济指标等既有信息, 通过不同户型的组合快速形成新的标准层和策划方案。然而, 当前对标准住宅信息的存储与管理仍处在二维图纸及文档管理阶段, 户型布局与造价、售价、节能、环保等信息“割裂”存储, 为既有信息在项目策划中的重用带来了很大的不便, 使得项目策划很大程度取决于策划者的经验, 直接影响项目决策的效率和质量。

建筑信息模型 (Building Information Model, 以下简称 BIM) 是以三维数字技术为基础, 集成建筑工程项目各类相关信息的工程数据模型<sup>[2]</sup>, 拥有完备性、关联性和一致性的特点<sup>[3]</sup>, 能够将户型布局等三维几何信息与相关经济、技术指标信息集成一体, 形成完整的标准住宅户型信息, 支持既有户型信息在项目策划过程中的重用。近年来, BIM 技术的应用越来越广泛。但是, 在建设项目前期策划中的 BIM 应用还未见发表, 当前的 BIM 设计软件也缺乏以户型为单元的建模功能, 无法直接支持项目策划的 BIM 应用。

本文针对住宅项目策划的实际需求, 通过综合应用 BIM 和 4D 技术, 研究并提出了基于既有标准户型的住宅方案 BIM 建模和方案分析与评价的方法。通过解决户型三维模型与各种经济技术指标信息的关联、存储、编辑与管理, 基于户型组装生成住宅标准层和建筑单体方案以及经济技术指标的信息获取、分析评价等关键技术, 以 Autodesk Revit 2012 和

**【基金项目】**清华大学自主科研计划 (No. 2011THZ03)

**【作者简介】**林佳瑞, 1987 年生, 男, 博士生, 主要研究领域为 BIM 和 4D 技术及其应用。

清华大学 4D 项目管理系统为平台，开发了基于 BIM 的住宅项目策划系统。应用表明，本研究为住宅项目策划的方案创建、分析评价、比选决策提供了新的途径和方法，促进了 BIM 在住宅项目策划阶段的应用。

## 2、研究基础

### 2.1 Autodesk Revit 二次开发现状

Autodesk Revit Architecture 软件是目前国内外最流行的 BIM 建筑设计软件之一。该软件可以快速创建和修改建筑模型，并导出建筑模型的 IFC 文件供模型信息的传递与重用。此外，Revit 还提供了强大的二次开发接口，为用户扩展功能提供了便利。

当前，Revit 插件越来越多，功能覆盖范围也愈加广泛，可分为以下几个用途<sup>[4]</sup>：

- (1) 辅助建模：简化建模过程，提高建模效率，如 ARUtils、Trelligence Affinity 等；
- (2) 性能分析：通过导出或直接利用 Revit 文件信息，进行温度与光照分析等功能，如 IES-VE 等；

通过对比分析可以看出，尽管当前 Revit 二次开发已涉及多个方面，但仍局限在对 Revit 系统原有族、构件的操作以及 Revit 模型信息的利用上，并不能将户型视为一个整体进行编辑、存储与管理，更不能对户型的成本、售价、节能、环保等信息进行关联、存储和管理，也无法利用这些信息辅助项目策划阶段的方案比选与决策。

### 2.2. BIM 和 4D 技术

BIM 集成了工程项目全生命期的各类相关信息，是工程项目全生命期数据的集成。当前 BIM 的应用主要集中在项目设计可视化展示、碰撞检测、施工模拟、施工深化设计和辅助项目管理等方面<sup>[5]</sup>，在项目策划阶段的应用实践还很少。

清华大学张建平教授及科研团队综合应用 BIM 和 4D-CAD 技术，开发的基于 BIM 的工程项目 4D 动态管理系统（简称 4DBIM-GCPSU）<sup>[6]</sup>，已成功应用于国家体育场等十几个大型工程项目。系统以工程构件为基础、WBS 为核心，可将施工进度、资源、安全、质量、场地的信息关联到工程构件三维模型上，对施工进度和过程进行 4D 模拟、优化和管理，并可进行人力、材料、机械、成本等施工资源的动态管理和分析。除此之外，4DBIM-GCPSU 具有基于 OpenGL 自主开发的图形平台及 IFC 数据交换接口，具有较强的 BIM 模型管理功能，能很好的支持住宅项目策划系统的设计与开发。

## 3、系统整体架构

基于 BIM 的住宅项目策划系统主要分为两个部分：基于 Revit 的方案建模子系统和方案 4D 模拟及分析评价子系统。其中方案建模功能包括：模型库管理、户型组装、建筑单体建模以及楼群建模。方案 4D 模拟及分析评价功能包括：方案的 4D 进度模拟、经济指标计算、融资方案对比、敏感性分析以及绿色效能分析等。二者之间通过 IFC 文件和自定义 XML 文件实现数据的交换和共享，系统整体架构如图 1 所示。

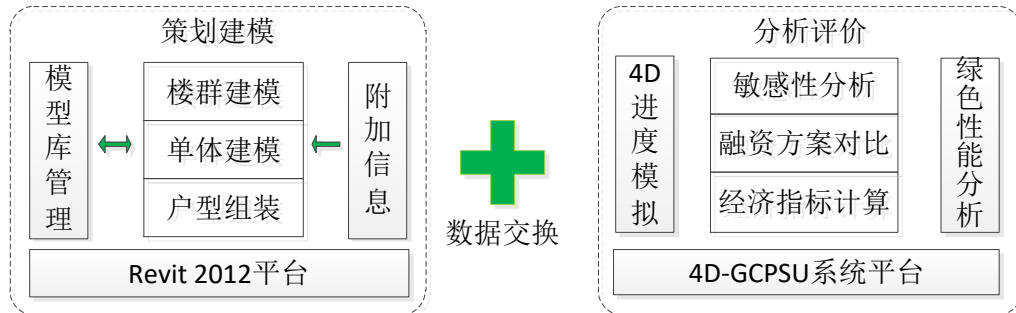


图 1 基于 BIM 的住宅项目策划系统整体架构

## 4、关键技术

### 4.1 方案 BIM 建模

#### 4.1.1. 建模流程

一般而言，住宅策划方案设计主要包括住宅小区规划设计、环境景观设计、建筑空间布局、户型布置及面积设计等内容<sup>[1]</sup>。本研究主要围绕建筑单体的 BIM 建模过程展开，开发的住宅项目策划系统 BIM 建模流程如图 2 所示。

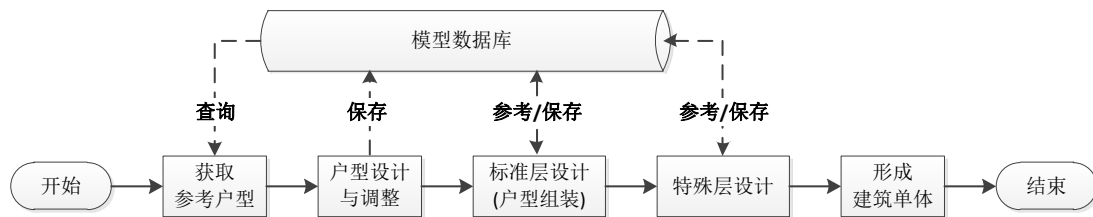


图 2 建筑单体 BIM 建模流程

用户首先可根据户型定位、用户或面积等信息查找类似户型，继而按照项目需要对户型进行设计和调整，并将新的户型信息保存下来供后续项目参考。接着，用户可以参考原有的标准层设计，将所设计的户型进行组装，形成新的标准层，再根据项目需求设计屋顶或底层商户等特殊层，从而可快速形成建筑单体 BIM 模型，重复上述步骤即可形成建筑楼群。

#### 4.1.2. 户型管理与组装

##### (1) 户型信息编辑管理

原有的户型管理方式主要依赖于图纸及文档，本研究通过建立户型数据库存储户型三维数据以及其关联的售价、室厅卫数量、定位等信息，从而方便用户检索相关户型。当用户完成户型的编辑与调整后，在系统建模部分中点击上传户型，系统会自动提取户型的室厅卫及三维数据信息，并提示用户输入户型的售价及定位信息，如图 3 所示。

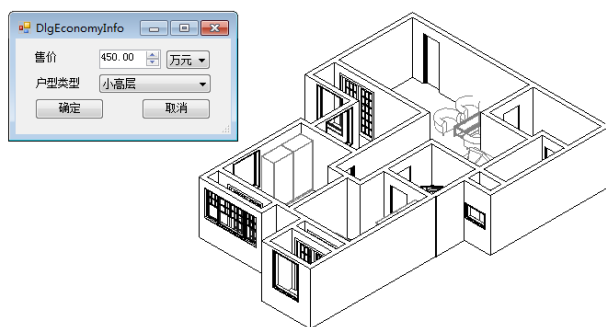


图 3 户型信息保存

## (2) 户型组装

用户在户型组装中主要关注标准层的平面布局，因而本研究采用了基于俯视图进行户型组织的方法。每个户型关联其包含的房间（如卧室、卫生间），房间则关联其内部包含的物体（如家具、卫浴等）、开洞及其定位等信息。户型组装开始时，系统会自动提取 Revit 中包含的房间、构件等信息形成户型数据。

在户型组装过程中，用户可以选择整个户型进行相对位置调整（如图 4 (a)），系统会自动捕捉户型各房间的边界以便与其他户型对齐；同时，也可对某几个房间进行位置的调整或者角点的调整（如图 4 (b)所示），在调整过程中系统能够自动捕捉房间的点及边缘。

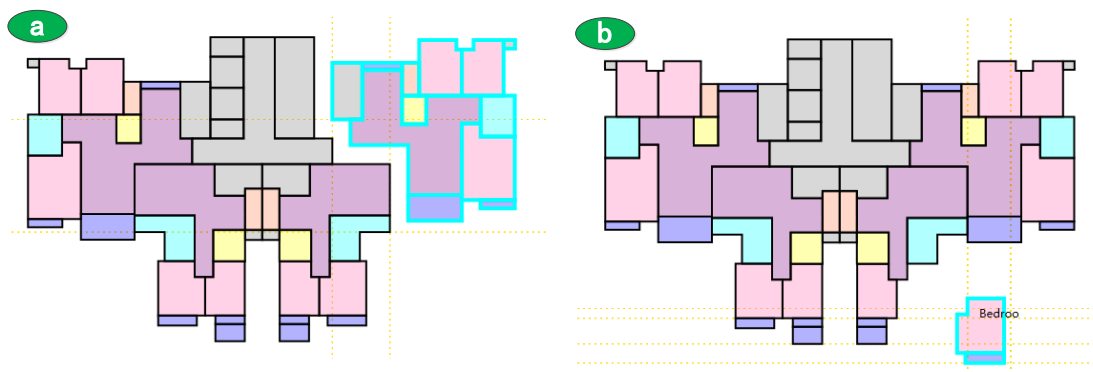


图 4 户型组装与编辑

### 4.1.3. 模型生成

当完成户型组装形成标准层后，系统能够依照各个户型数据调用 Revit API 自动生成标准层模型。在模型生成过程中，需要自动提取标准层的面积、户型数量等信息。同时，还需要考虑房间相对位置移动带来的墙重叠、墙附属门窗的位置改变，以及户型对应楼板的生成等问题，并需将相应的构件关联到对应的户型。

## 4.2. 数据交换

本研究方案建模与 4D 模拟及经济分析子系统基于不同的平台开发,因而需要在两大子系统之间实现信息的交换与共享。其中,基本几何数据信息的交换采用通用 IFC 接口进行导入导出。在方案建模子系统中完成建模后可直接导出为 IFC 文件,4D 模拟及分析评价子系统则可导入该 IFC 文件。而构件与户型之间、户型与标准层的关联关系以及户型售价、标准层成本等信息则利用自定义的 XML 文件格式进行导出;同时,在 4DBIM-GCPSU 系统中开发了 XML 文件导入接口,实现了关联信息、成本以及售价等资金信息的共享。

## 4.3. 方案分析评价

BIM 模型包含了项目方案的相关信息,提取 BIM 这些信息,可对方案进行 4D 进度模拟、技术经济评价以及绿色性能分析。限于篇幅,以经济分析为例,可通过提取构件的材料、成本、工期及售价等信息计算项目方案的资金流入流出情况,从而针对不同的融资计划分析其净利润、净现值以及内部收益率等经济指标,为项目方案可行性提供决策支持。

### 4.3.1. 经济分析数据获取

经济分析相关数据的来源分为 2 种:一种是基于方案 BIM 模型提取,分析评价模块可自动从 BIM 模型中提取各个户型的售价、类型,各标准层的成本、施工时长等信息,自动生成相应的资金流出流入数据记录。另一种是用户输入,用户可以通过录入等方式补充部分策划数据,这些包括不同融资方案的建立以及融资来源情况等。

### 4.3.2. 基本经济指标计算

住宅项目经济指标主要分为静态评价指标和动态评价指标两类,其中静态评价指标本文选择了净利润(Net Profit, NP),动态评价指标选择了净现值(Net Present Value)和内部收益率(Internal Rate of Return)。

净利润是项目所有收入减去所有支出所得的差值,反映了项目的盈利能力。净现值计算方法如式(1)所示,其中,CI表示现金流入,CO表示现金流出,t为期数, $i_s$ 为社会折现率。净现值是项目经济净贡献的绝对度量指标,它的大小反映了项目所带来的经济效益的大小。

$$NPV = \sum_{t=1}^n (CI - CO)_t (1 + i_s)^{-t}$$

内部收益率为净现值为 0 时折现率的大小,可由式 (2)计算得出,当 IRR 大于社会折现率时,表明项目对社会的经济净贡献超过了社会折现率的要求,它反映了项目占用资金的动态收益率以及资源配置的经济效率。

$$\sum_{t=1}^n (CI - CO)_t (1 + IRR)^{-t} = 0$$

### 4.3.3. 融资方案对比分析

为辅助项目决策，系统经济分析提供了经济指标对比和融资方案敏感性分析功能。用户可针对自有资金和全投资，对比不同融资方案的 NPV、IRR 和 NP，进而可根据用户关心的指标不同选择不同的融资方案。同时，住宅项目的盈利能力将极大地受到户型销售情况的影响，因而系统还提供了融资方案敏感性分析的功能，可以对比户型售价对不同融资方案经济指标的影响。

## 5、系统应用

基于 BIM 的住宅项目策划系统在实际项目中进行了应用测试，如图 5 所示。其中图 5 (a)是方案建模子系统中基于户型设计组装的项目方案模型，将模型通过 IFC 和 XML 文件导入方案 4D 模拟及分析评价子系统中，其结果如图 5 (b)所示。可以看到，模型及标准层的 4D 模拟过程以及户型的组织结构、成本和售价等信息，双击户型节点可在模型上显示户型及对应的构件。

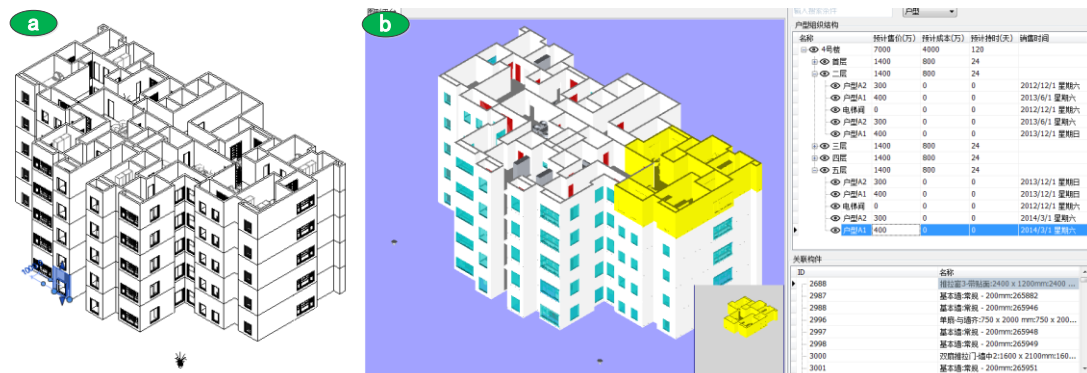


图 5 系统应用实例

基于上述 BIM 模型，通过录入资金来源等信息，可以对不同的融资方案进行对比分析和敏感性分析，辅助项目决策。图 6 显示了不同方案的经济指标对比（图 6 (a)）和售价敏感性分析（图 6 (b)）的结果。用户可以对比不同融资方案的净现值、净收益以及内部收益率等指标，并可通过雷达图直观的看出不同方案的优势和不足；同时用户还可选取特定融资方案分析其内部收益率等指标对售价的敏感性情况。

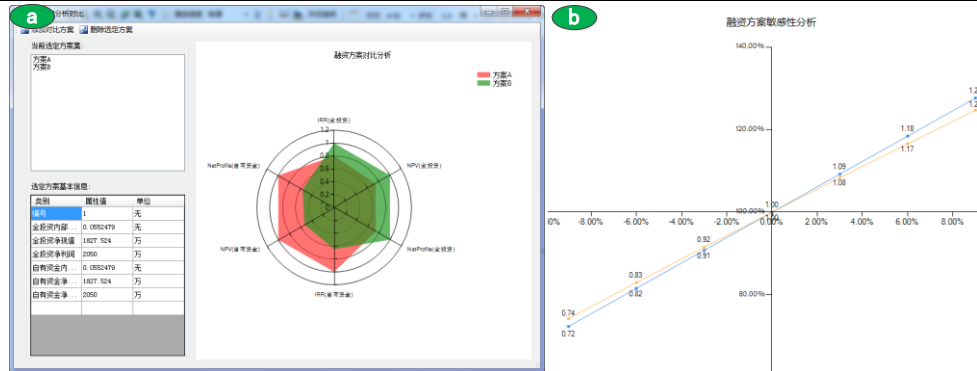


图 6 融资方案对比和敏感性分析

## 6、结论

本文针对住宅标准化程度高、具有大量户型历史数据的特点，结合住宅项目策划阶段方案建模、项目决策的实际需求，提出了基于既有标准户型的住宅方案 BIM 建模和方案分析评价方法，并通过解决一系列关键技术，开发了基于 BIM 的住宅项目策划系统。应用表明，系统可基于既有标准户型快速组装标准层、进而形成建筑单体方案及其 BIM 建模，并基于 BIM 进行 4D 进度模拟、经济技术及绿色性能分析评价。研究成果为住宅项目策划方案创建、分析评价、比选决策提供了新的途径和方法，促进了 BIM 在项目策划阶段的应用。

### 参考文献

- [1] 陈洪官. 房地产开发项目前期策划的应用研究[D]. 西安建筑科技大学, 2007.
- [2] Sciences NIOB. National Building Information Modeling Standard [S]. 1.0 ed. Sciences NIOB, 2007.
- [3] 张洋. 基于BIM的建筑工程信息集成与管理研究[D]. 清华大学, 2009.
- [4] Autodesk. 开发商的产品和服务-CAD[Z]. 2012: 2012/9/16.
- [5] 张建平, 李丁, 林佳瑞等. BIM在工程施工中的应用[J]. 施工技术. 2012(08): 10-17.
- [6] 张建平. 基于IFC的建筑工程4D施工管理系统的研究和应用[J]. 中国建设信息. 2010(04): 52-57.

## Research and Development of BIM-based Housing

### Project Planning System

Lin Jiarui<sup>1</sup>, Zhang Jianping<sup>1</sup>, He Tianfeng<sup>1</sup>, Jia Weidong<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Tsinghua University, Beijing 100084, China; <sup>2</sup> China State Construction Land Group Co., Ltd., Beijing 100037, China)

**Abstract:** According to the actual demand of housing project, by integrating BIM and 4D technology, the method of BIM modelling, program analysis and evaluation for housing program based on existing standard house type was put forward. Problems

including associating economic and green performance information with 3D model of house type, management of house type model database, assembling house types into typical floor, formation of building, program analysis and evaluation on the foundation of economic indexes calculation and green performance analysis were solved, thereby coming with the BIM-based Housing Project Planning System based on Autodesk Revit 2012 and 4D project management system. The result of practical application illustrates that the approach for BIM modelling, program analysis, and decision making of housing project proposed in this paper was effective, which will promote the application of BIM in housing project planning.

**Key Words:** Building Information Model (BIM); Standard House Type; Housing Project Planning; Program Analysis and Evaluation