引文格式：张芳芳, 沈少青.建设项目合规性智能检测系统设计与实现[J]. 地理空间信息, 2023, 21(6): 72-74. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.06.018

建设项目合规性智能检测系统设计与实现

张芳芳[1,2]，沈少青[1,2]
（1. 深圳市规划和自然资源数据管理中心，广东 深圳 518034；
2. 自然资源部城市土地资源监测与仿真重点实验室，广东 深圳 518034）

摘　要：建设项目合规性审查是工程建设项目审批制度改革、强化空间规划引领作用、促进国土空间精细化管理的重要手段。当前全国各地市所采用的核查工具面临灵活性不高且规则较为简单等问题，为解决上述问题，采用“所见即所得”的编程思想，设计并研发了建设项目合规性智能审查系统。系统通过成果在线汇交模块收集各类空间规划成果，形成“一张蓝图”作为建设项目审查的依据；通过规则定义管理模块实现合规性检测规则的可视化配置及动态调整；通过合规性检测模块自动检测建设项目用地方案是否符合空间规划管控要求，强化空间规划对建设项目的统筹作用，为建设项目的智能审批提供支撑。

关键词：建设项目；合规性；智能检测；规则引擎
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）06-0072-03

Design and Implementation of Construction Project Compliance Intelligent Inspection System

ZHANG Fangfang[1,2], SHEN Shaoqing[1,2]
(1. Shenzhen Planning and Natural Resources Data Management Center, Shenzhen 518034, China;
2. Shenzhen Research Center of Digital City Engineering, Shenzhen 518034, China)

Abstract: The compliance inspection of construction projects is an important means to reform the approval system of construction projects, strengthen the leading role of spatial planning, and promote the fine management of territorial space. At present, the verification tools used by cities all over the country are not flexible and the rules are relatively simple. In order to solve the problems, we adopted the programming idea of “what you see is what you get” to design and develop an intelligent inspection system for the construction project compliance. The system collects all kinds of spatial planning results through the online convergence module, and forms “One Blueprint” as the basis of construction project review. The visual configuration and dynamic adjustment of compliance detection rules are realized by rule definition management module. The compliance detection module can automatically detect whether the land-use scheme of construction projects meets the requirements of spatial planning and control, strengthen the overall role of spatial planning for construction projects, and provide support for the intelligent approval of construction projects.

Key words: construction project, compliance, intelligent inspection, rule engine

城市是一个复杂巨大的系统，社会经济、空间结构等要素在不断发生变化，管控线、空间规划、标准规范等也将随之动态变化，因此迫切需要构建一套业务规则清晰、透明且能满足动态变化要求的智能审查方案。传统的规则构建方式以硬编码为主，即软件工程师在理解业务规则之后将其翻译成代码。同时，当业务规则发生变化的时候，需要软件工程师开展需求分析、设计、编码、测试、部署等一系列工作之后方能完成系统的更新，难以适应业务所要求快速变化的需求。基于上述问题，本文设计并研发了建设项目合规性智能检测系统，该系统将前端的业务规则与后台代码解耦，使得业务人员可根据业务规则的实际动态来配置系统中的规则，从而确保规则能够随着业务的变化而快速变化，并进一步支撑建设项目合规性审查工作从自动化向智能化方向发展。

1　合规性智能检测思路

形成全域覆盖、可层层叠加打开的国土空间规划“一张蓝图”，并以此作为建设项目实施策划阶段、审

收稿日期：2022-06-05；修回日期：2023-03-22。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（42171448）。
第一作者简介：张芳芳（1989—），硕士研究生，工程师，主要研究方向为规划信息化，E-mail：117651688@qq.com。

批阶段全过程管控的重要依据，是国土空间规划改革及工程建设项目审批制度改革所提出的明确要求。为更好地支撑规划对实施的统筹引领作用，合规性智能检测系统应着重围绕数据汇集、规则构建及工具赋能个方面开展。

一是数据汇集。在规划编制阶段，通过提供已批规划成果在线汇交模块，汇聚各类空间规划成果形成“一张蓝图”，作为开展建设项目合规性智能检测的管控依据数据；采集与空间规划成果配套的政策依据文件，通过数字化转译构建合规性智能审查规则库。

二是规则构建。合规性智能检测依据文件（如管控线、规划方案、政策文件等）以自然语言表述为主，为确保其能够转译成机器可自动识别的具有特定表达方式的规则，本文采用公式1所示的方法对规则进行标准化表达。标准化表达后的规则可由业务人员通过可视化的界面配置成一条条机器可识别的规则，存储于规则库中。当用户开展合规性智能检测时，通过分析不同的检测对象提取不同的检测规则进行推理从而得到结论。即：

$$\text{数字化规则}=(\text{检测对象})+(\text{检测对象指标})+(\text{判断词})+(\text{参照对象})+(\text{参照对象指标}) \quad (1)$$

三是工具赋能。在项目实施策划阶段，通过提供合规性智能检测工具提前发现拟建建设项目存在的空间问题，尽可能引导实施主体依照规划实施，充分发挥“一张蓝图”对建设项目的统筹牵引作用；对于确实无法依照规划实施的，也可提前根据指引启动规划调整程序。在项目审批过程中，合规性智能检测工具可提高行政审批人员的工作效率，确保建设项目依照规划实施。

2　合规性智能检测系统总体架构

合规性智能检测系统基于微服务架构设计，采用B/S架构进行搭建，主要服务于工程建设项目实施策划的近期规划、年度计划、空间论证以及建设项目审批的用地预审与选址、用地规划许可、工程规划许可等环节。为提高系统的灵活性，本系统引入“所见即所得”的编程思想，通过提供规则引擎、空间分析引擎支撑各类指标、规则的灵活搭建，包含了数据层、支撑层以及应用层3个方面[1]（如图1）。

2.1　应用层

应用层主要负责具体业务逻辑处理，也称为业务逻辑层。应用层主要包含成果在线汇交、合规性智能检测、规则定义管理3个方面。成果在线汇交主要用于汇聚各类空间规划编制成果及相应的管控依据文件。规则定义管理提供一个可视化的操作界面，能够支持拖拉拽等方式自定义配置审查规则。规则定义管理应用包括规则的创建、定义、删除等，用户基于可视化界面定义规则，系统自动存储于规则库中供规则引擎调用。合规性检测应用服务于建设项目实施主体或行政审批人员，可自动审查建设项目用地方案是否符合管控线、空间规划的要求，生成检测报告，辅助建设项目实施主体或行政审批人员快速做出决策。

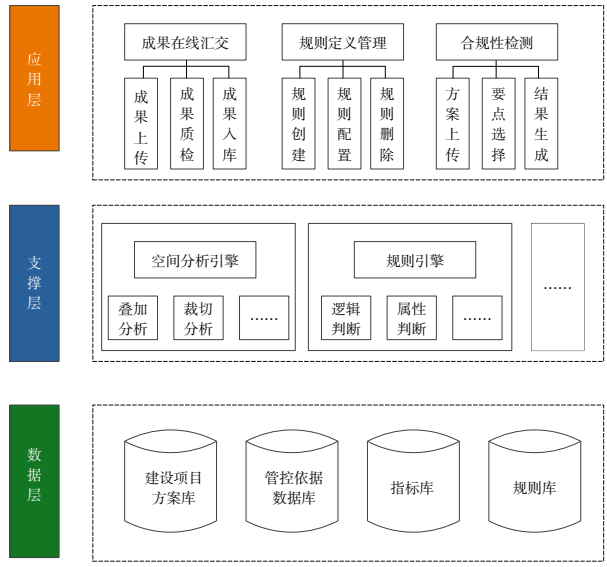


图1　合规性智能检测系统总体架构

2.2　支撑层

支撑层为应用层提供可复用的基础公共服务能力，是支撑业务灵活多变非常重要的工具，包括规则引擎、空间分析引擎等。

2.2.1　规则引擎

规则引擎源于基于规则的专家系统，使用人类能够理解的方式来推理或证明结论，属于人工智能的范畴[2]。规则引擎是一种嵌入复杂事件处理类型应用程序中的组件，其主要思想是将应用程序中随着时间、空间动态易变的业务决策部分从应用程序代码中分离出来，使用预定义的语义模块编写业务决策[3]，从而实现业务和代码的分离、架构的可复用移植[4-5]。因此，本文通过引入规则引擎技术实现合规性智能检测应用与后台规则的分离。

规则引擎主要包括工作存储区、规则集容器、模式匹配器、规则队列管理、规则执行五部分，其中模

式匹配器、规则队列管理形成推理区域。工作存储区用于接收合规性智能检测应用程序传递出来的事实信息，包括建设项目信息、合规性智能检测要点等，是模式匹配器查找相关规则的基本信息；规则集容器是从规则库中提取出的适应于合规性智能检测应用的规则集合；模式匹配器负责将合规性智能检测应用程序传入的应用对象与规则库中传入的规则集进行匹配，激活那些符合当前数据状态下的检测规则[6-7]；规则队列管理负责记录合规性检测规则的执行顺序；规则执行根据推理区域提供的顺序和逻辑执行合规性检测规则，并将检测结果反馈给应用程序。

2.2.2 空间分析引擎

判断检测对象图层与检测依据图层之间的空间关系是合规性智能检测过程中非常重要的步骤。为此，本文引入空间分析引擎为建设项目合规性检测提供空间分析能力，包括叠加分析、缓冲分析、裁切分析等。以建设项目是否符合生态保护红线为例，利用裁切算子判断建设项目范围是否落入生态保护红线范围内，若裁切后图层为空，建设项目不在生态保护红线范围内；若裁切后图层不为空，可根据裁切后的图层计算建设项目落入生态保护红线范围内的面积。

2.3 数据层

数据层负责数据的存储与访问。本文所涉及的数据主要包含建设项目方案数据、检测依据数据、指标库及规则库四大类。建设项目方案数据用于存储用户上传的建设项目方案成果数据；检测依据数据用于存储管控线、空间规划、标准规范等数据；指标库用于存储用户基于合规性智能检测需要所配置的指标计算公式及结果；规则库用于存储用户配置的合规性智能检测规则及结果。

3 系统功能设计与实现

建设项目合规性智能检测系统包括成果在线汇交、规则定义管理及合规性智能检测三大模块，分别用于汇聚空间规划成果形成“一张蓝图”、构建合规性审查规则并对其进行管理、辅助开展建设项目方案合规性审查工作。

3.1 成果在线汇交

为确保入库空间规划成果的准确性及可靠性，汇交部门在线提交空间规划成果之后需开展质量检查工作，质量检查通过后方可更新入库，质量检查不通过的需返回汇交部门重新修改。质量检查包括完整性、规范性、属性内容及几何要素检查4个方面：完整性检查主要分析成果文件、空间数据图层是否完整，命名及格式是否符合要求；规范性检查主要分析空间矢量数据是否采用CGCS2000坐标系及1985国家高程基准；属性内容检查包括属性结构、属性内容、表内逻辑一致性、图数一致性审查等；几何要素检查包括对面要素、线要素、点要素的空间拓扑检查。

3.2 规则定义管理

规则定义管理模块支持对定义好的规则进行统一管理，包括规则的新增、修改、删除等内容，使用户能够动态化的增加新的合规性智能检测规则，或根据实际的业务需求编辑、删除规则。规则定义是指通过系统的可视化界面进行规则结构、参数、元数据信息等内容的配置。规则定义不仅需要采用拖、拉、拽的方式对规则判断过程进行配置，同时需要对不同规则产生的结果显示规则进行配置。

3.3 合规性检测

合规性检测模块包括建设方案导入与绘制、检测要点选择、检测结果生成与查看3个功能。建设方案导入与绘制支持导入txt、dwg、shp、bim等不同格式的建设方案数据，同时允许在线绘制建设项目范围。检测要点选择允许管理人员基于不同场景选择需要检测的要点，包括永久基本农田、生态保护红线等。系统根据输入的建设项目方案、选择的检测要点开展合规性检测，管理人员可在检测结果生成与查看板块了解最终结果。系统自动产生的结果包含综合性结果及单项结果两部分内容。综合性结果基于单项检测结果生成，综合判断是否允许建设。单项检测结果包含检测结论、属性信息和法律依据三方面内容，检测结论就某一检测要点判断是否允许建设，属性信息供行政审批人员查看具体地块的属性详情及空间冲突情况，法律依据展示与该要点相关的核心法律条文辅助管理人员做出决策。

4 结 语

为强化空间规划的引领作用、支撑建设项目审批制度改革、提升国土空间开发利用的精细化管理，本文针对当前的核查工具存在灵活性不高且规则较为简单等问题，设计并研发了建设项目合规性智能审查系

（下转第78页）