

基于 Petri 网的建筑市场监管 workflow 模型

徐沛东¹, 陈铁军¹, 罗勇¹, 李新和²

(1. 郑州大学 电气工程学院 河南 郑州 450001; 2. 河南省住房和城乡建设厅 河南 郑州 450001)

摘要: 由于建筑市场监管工作的复杂性, 基于 Petri 网建模技术, 建立了一套应用于建筑市场监管 workflow 的 Petri 网模型. 首先对建筑市场监管工作过程中的各个业务环节进行 Petri 网建模, 然后把各个业务环节的 Petri 网模型整合在一起构成一个完整的建筑市场监管 workflow Petri 网模型. 该模型将建筑市场的项目从报建开始到竣工备案的各个业务环节有效地整合在一起. 基于该模型, 利用 C# 语言, 结合 SQL2008 数据库技术, 构造了一套建筑市场监管信息系统, 并在河南省建筑市场监管中成功推广应用.

关键词: Petri 网; 建筑市场; 业务环节; 监管; workflow

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1671-6841(2016)02-0058-07

DOI: 10.13705/j.issn.1671-6841.2015282

0 引言

随着信息化技术的发展, 实际业务办理过程的电子化是目前发展的方向, 针对建筑市场这个庞大的行业, 为实现建筑市场与施工现场、动态监管等方面的联动管理, 从项目报建——施工图审查——招投标——合同备案——质量安全报监——施工许可证核发——竣工备案, 实现对整个项目流程的动态监管, 随时掌握建筑市场的动态信息, 以便对不当行为进行快速反应, 同时实现对主体企业和从业人员的监督管理, 规范企业市场和现场管理行为. 目前, 利用 Petri 网对工作流的分析建模研究^[1-7] 比较多, 而针对建筑市场监管业务这类应用性比较强的 workflow 进行建模的研究工作^[8-12] 比较少, 而且很多是针对其中一个业务环节进行建模, 没有一个完整的建筑市场监管 Petri 网模型. 本文利用 Petri 网在 workflow 上的建模优势对现实中建筑行业业务流程进行建模, 可以把建筑行业的业务流程电子信息化, 使其变成计算机实现的工作流. 建筑项目包括的环节多、参与角色多, 政府主管部门希望对各个建筑项目有一个宏观的了解. 因此, 最后将所有流程集中在一张 Petri 网上, 可以实现对所有建筑项目的业务流程进行总体监控, 使建筑市场监管 workflow 通畅, 且方便利用计算机编程技术对该模型进行编程实现, 把模型转化为实际应用的监管信息系统. 该信息系统改变传统的业务办理模式, 在提高建筑市场监管效率的同时, 也方便各个企业与监管部门之间业务办理, 节约了时间, 并在空间上实现了各个部门之间业务办理审批无缝对接. 使监管部门更为有效地对建筑市场 workflow 进行监督控制, 从而得以维持其秩序, 促使我国的建筑市场向一个健康有序的方向发展.

1 Petri 网及 workflow 概念

Petri 网^[13] 是一种经过严格定义的数学表达式, 既有丰富的系统描述手段和系统行为分析技术, 又为计算机科学提供坚实的概念基础. 适合于描述异步的、并发的计算机系统模型, 其系统行为表现为资源(物质资源和信息资源)的流动. Petri 网旨在描述变迁之间的因果关系, 并由此构造时序. Petri 网可以描述每一个

收稿日期: 2015-11-22

基金项目: 教育部高等学校博士学科专项科研项目(20114101110005).

作者简介: 徐沛东(1990—), 男, 河南周口人, 硕士研究生, 主要从事智能控制理论与应用研究, E-mail: 530091889@qq.com; 通讯作者: 陈铁军(1954—), 男, 河南信阳人, 教授, 博士, 主要从事复杂工业过程控制技术及控制系统研究, E-mail: tchen@zzu.edu.cn.

引用本文: 徐沛东, 陈铁军, 罗勇, 等. 基于 Petri 网的建筑市场监管 workflow 模型[J]. 郑州大学学报(理学版), 2016, 48(2): 58-64.

节点拥有自己的独立时序,只要条件满足,就可以发生.

经典的 Petri 网是简单的过程模型,由两种节点(库所和变迁)、有向弧、以及令牌等元素组成.图 1 为经典 Petri 网模型.图 1 中:库所为圆形节点,变迁为方形节点,有向弧是库所和变迁之间的有向弧,托肯是库所中的动态对象,可以从一个库所移动到另一个库所.

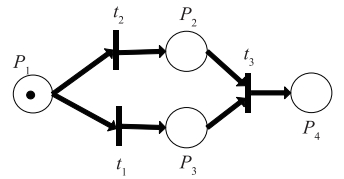


图 1 经典 Petri 网模型图

Fig.1 Diagram of classical Petri net model

工作流,是指“业务过程的部分或整体在计算机应用环境下的自动化”.是对工作流及其各操作步骤之间业务规则的抽象、概括描述.通常情况下,为了便于用户使用,工作流网构造了一些模块化组件^[13]来实现库所与变迁过程中的逻辑关系,其中包含 4 个组件:串行组件、并行组件、条件选择组件及循环组件,其 Petri 网模型如图 2 所示.

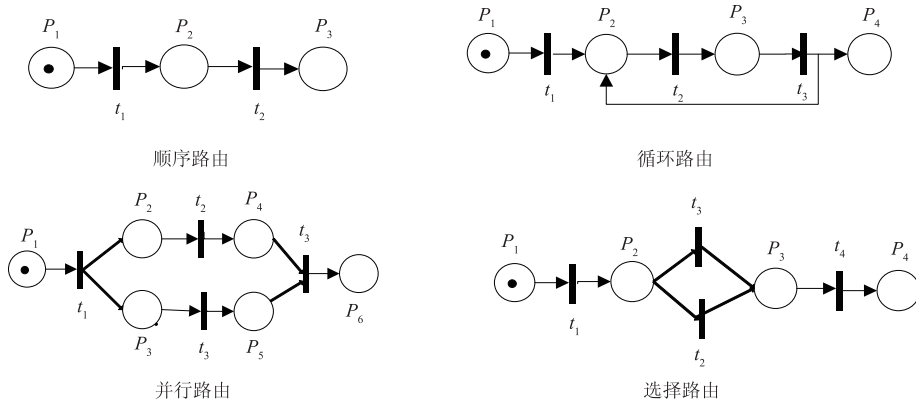


图 2 工作流组件 Petri 网模型

Fig.2 Petri net model of workflow components

通过对以上 4 个组件的灵活运用组合,可以对各种复杂的实际工作流程进行 Petri 网建模,把实际的东西模型化,从而利用计算机技术进行实际业务的电子化处理审批.

2 建筑市场监管 workflow Petri 网建模

2.1 建筑市场监管业务 workflow

一个项目从报建开始,要经过多个单位的相互协调及监管部门的审批,走完全部的业务环节流程后方可竣工备案,才算一个完整的工作流程.项目从报建开始到竣工备案需要进行的业务环节流程如图 3 所示.

在实际中,建筑市场这个行业的监管部门,需要对图 3 中的每一个业务环节进行有效监管控制,这样才能起到监管的作用.另外,对于施工图审查与备案这个很重要的环节,有些项目却是不需要进行施工图审查的,因此也就不存在所谓的勘察、设计这些业务环节,直接就进行了施工、监理的招标发包业务环节.通过对以上两点的分析,把各个业务环节细化,并把实际当中的监管部门的审批作用融入到业务流程中,以突显出监管部门对项目的整个业务流程的监管作用,依此对图 3 流程图进行细化可绘出整个建筑市场监管业务的详细业务流程图,如图 4 所示.

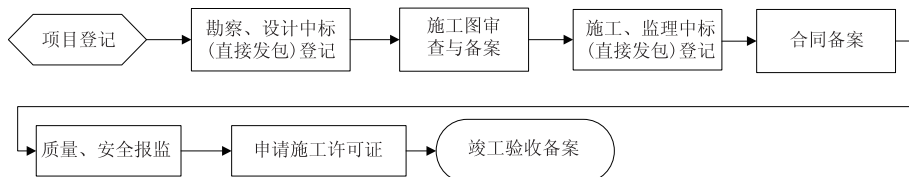


图 3 项目业务环节流程图

Fig.3 Flow chart of project business process

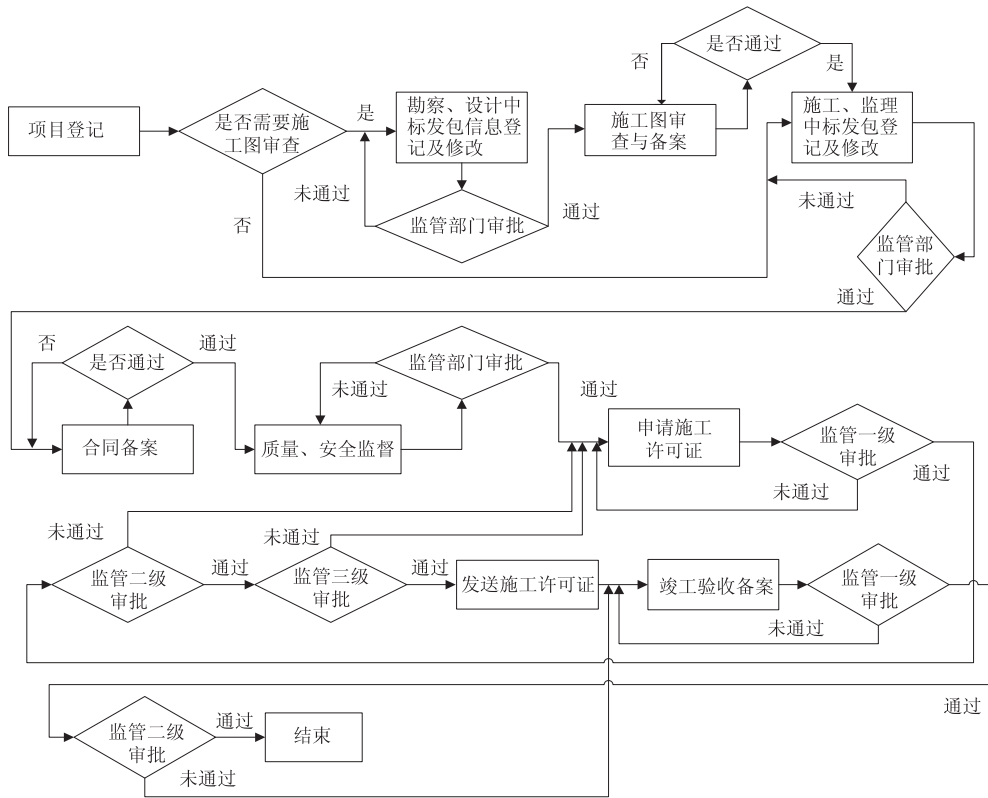


图4 建筑市场监管详细流程图

Fig. 4 The specific flow chart of construction market supervision

在图4中,建设单位即业主需要对其项目进行登记,完成后,根据该项目是否是土建类等进行施工图审查. 如果不需要进行图审,就直接进入施工、监理(直接发包)登记这个环节;如果是,下一步就需要进行勘察、设计的中标(直接发包)登记,然后监管部门审批. 该环节业务完成后,施工图审查机构开始对该项目进行施工图审查,然后由监管部门进行图审备案. 依此类推,直至工程项目施工完成,项目开始竣工验收并进行备案,在五方责任主体验收合格出具验收报告后,由监管部门进行备案,备案通过后,即代表一个工程项目结束.

2.2 Petri 网建模

在本建筑市场监管业务工作流的设计中,把实际建筑市场监管的每个实际业务环节作为 Petri 网中的一个库所,即每个业务环节可以执行的前提条件和后续条件作为 Petri 网的库所节点,利用 Petri 网的特有元素有向弧来表示建筑市场实际各个业务之间的逻辑联系及审批流程. 库所中的令牌则用来表示该业务环节的信息状态.

根据 Petri 网的基本原理、激发条件以及实际中的业务监管审批流程分块对图3所示的建筑市场业务流程图进行 Petri 网建模.

1) 项目信息流即主工作流程 Petri 网建模.

一个项目从报建开始到竣工备案的信息流向 Petri 网模型如图5所示.

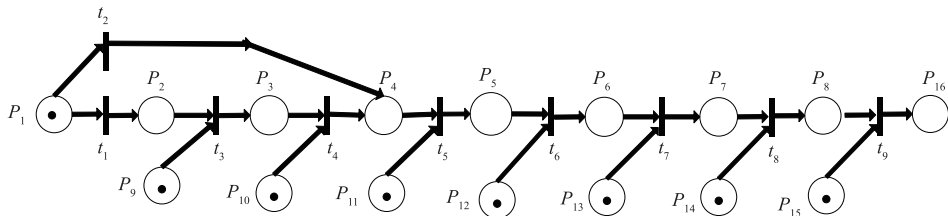


图5 项目信息流 Petri 网模型图

Fig. 5 Petri net model diagram for project information flow

$P = \{P_1, P_2, \dots, P_{16}\}$ 表示该项目信息流 Petri 网模型中的库所集,代表建筑市场所有的业务流程环节,库所 P_1 中的令牌表示该库所中的业务环节正在执行,即一个项目信息登记活动正在执行. 其中, P_1 代表项目登记环节, P_2 代表勘察、设计中标(直接发包)登记环节, P_3 代表施工图审查与备案业务环节, P_4 代表施工、监理的中标(直接发包)登记业务环节, P_5 代表合同备案业务环节, P_6 代表质量、安全报监业务环节, P_7 代表申请施工许可证业务环节, P_8 代表竣工备案业务环节. 其中,库所 $P_9 \sim P_{14}$ 分别表示推动项目信息往下一个环节流动所需要的信息条件库所; P_9 表示勘察设计中(直接发包)结果信息所在库所, P_{10} 表示施工图审查结果信息所在库所, P_{11} 表示施工、监理中标(直接发包)结果信息库所, P_{12} 表示合同备案信息所在库所, P_{13} 表示质量、安全报监信息所在库所, P_{14} 表示申请施工许可证所需附加信息库所, P_{15} 表示竣工验收备案所需信息库所.

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_9\}$ 表示该 Petri 网模型中的变迁集, t_1 代表项目信息登记完成后如果该项目需要施工图审查,那么勘察、设计招投标业务环节激活; t_2 表示如果该项目不需要施工图审查,那么施工、监理招投标业务环节激活; t_3 表示勘察、设计招投标完成,并录入招投标结果信息后施工图审查业务环节激活; t_4 表示施工图审查业务完成并录入施工图审查结果后施工、监理的招投标业务环节激活; t_5 表示施工及监理招投标业务完成并录入招投标结果信息后合同备案业务激活; t_6 表示合同备案环节业务完成并录入合同信息后质量安全报监业务环节激活; t_7 表示质量安全报监完成并录入质量安全报监信息后申请施工许可证业务环节激活; t_8 表示录入施工许可证申请信息且成功取得施工许可证后竣工备案业务环节激活; t_9 表示竣工验收备案完成并录入竣工备案信息后项目信息流进入终止库所的业务环节激活.

2) 各个业务环节 Petri 网建模.

在实际中,一个项目从报建到竣工备案,各个业务环节会有多个子业务流程组成,而且各个环节执行后还会有监管部门的审批业务,下面是根据建筑市场业务流程图中的细节进行分析,利用 Petri 网的扩展规则对中标(直接发包)登记、施工图审查与备案、合同备案、施工许可证申请、竣工备案分别建立 Petri 网模型,如图 6 所示.

图 6a 模型中的库所 P_2 、 P_3 分别表示勘察中标(直接发包)登记、设计中(直接发包)登记环节, P_4 、

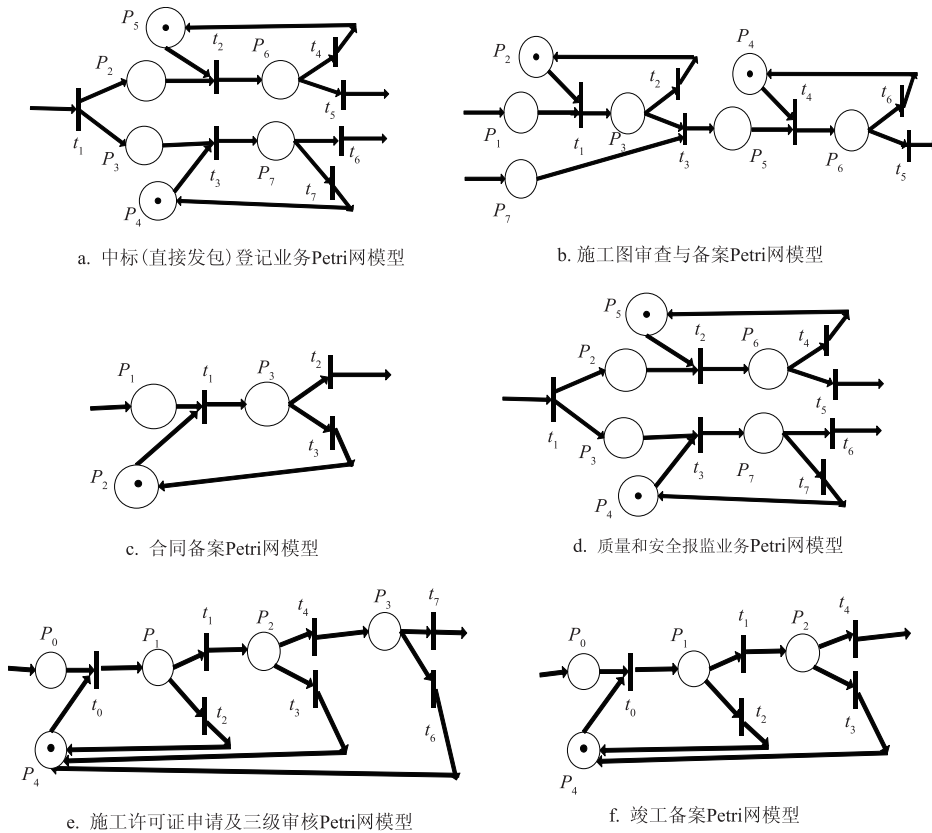


图 6 建筑市场业务子模块 Petri 网模型图

Fig. 6 Petri net model diagram for construction market supervision submodules

P_5 库所中的托肯分别表示这两种类型的中标(直接发包)信息,它们与库所 P_2 、 P_3 中从前面获得的托肯一起作为触发变迁 t_2 、 t_3 的条件, P_6 、 P_7 分别表示监管部门对勘察、设计中标(直接发包)登记的信息审批环节;变迁 t_4 、 t_7 则对应表示审批不通过,信息反馈给库所 P_5 进行修改,等待再次触发变迁 t_2 ;变迁 t_5 、 t_6 则对应表示审批通过激活下一个环节业务。

图 6b 中,施工图审查与备案是分两步进行的,先进行勘察审查,即库所 P_1 所代表的环节,然后进行勘察审查结果备案,备案通过后再进行设计施工图审查即 P_5 所代表的业务环节,然后再进行 P_6 所代表的施工图审查结果备案环节。 P_7 表示设计中标(直接发包)业务审批通过后的信息所在库所, P_2 和 P_4 分别表示勘察审查信息库所和设计施工图审查信息库所,库所中的托肯表示施工图审查机构对项目的施工图审查结果信息,其与 P_1 库所中的托肯一起作为触发变迁 t_1 ,即勘察审查结果备案环节(库所 P_3)被允许的条件, t_1 表示施工图审查机构录入或修改项目的施工图审查信息,当监管部门审批合格后备案通过即触发变迁 t_3 ,使下一个设计施工图审查业务环节被允许,如果监管部门审批不合格,不予备案,则触发变迁 t_2 ,把信息反馈回库所 P_2 ,即重新进行项目的勘察审查结果信息录入,变迁 t_6 表示设计施工图审查结果备案未通过,信息反馈给库所 P_4 过程激活;变迁 t_5 表示施工图审查结果备案通过,该业务的下一个环节激活。

图 6c 中,库所 P_2 中的托肯代表合同备案信息,当合同信息录入完毕时触发变迁 t_1 ,即提交给监管部门进行备案。备案未通过则触发变迁 t_3 回到 P_2 进行合同的修改,备案通过触发变迁 t_2 。

图 6d 为一个并行路由的 Petri 网模型, P_2 和 P_3 分别代表质量监督和安全监督业务环节, P_4 、 P_5 分别代表修改或录入质量安全监督信息, P_6 、 P_7 则代表对应的业务审批环节,该环节的 Petri 网模型和图 6a 的中标(直接发包)Petri 网模型完全一样,具体分析这里不再赘述。

图 6e 的模型中,库所 P_4 中的托肯表示申请施工许可证所需附加信息,变迁 t_1 、 t_4 、 t_7 分别表示申请施工许可证的三级审核,分别为施工许可经办人、部门负责人、审核负责人,三级审核必须依次全部通过才允许对该项目发放施工许可证,有其中任何一级不通过则直接反馈给库所 P_4 , t_2 、 t_3 、 t_6 则表示对应环节的审核不通过的变迁。

图 6f 的竣工备案 Petri 模型与施工许可申请环节的 Petri 网模型类似,只是该模型为两级审核, P_4 为竣工验收所需附加信息库所, t_1 、 t_4 分别表示一级审核通过后二级审核激活、二级审核通过后信息流进入终止库所激活。

3) 建筑市场监管 workflow Petri 网总图。

将图 6 中的各个子模块的 Petri 网模型与图 4 的项目信息流 Petri 网模型结合在一起,可得整个建筑市场监管信息 workflow Petri 网模型,如图 7 所示。

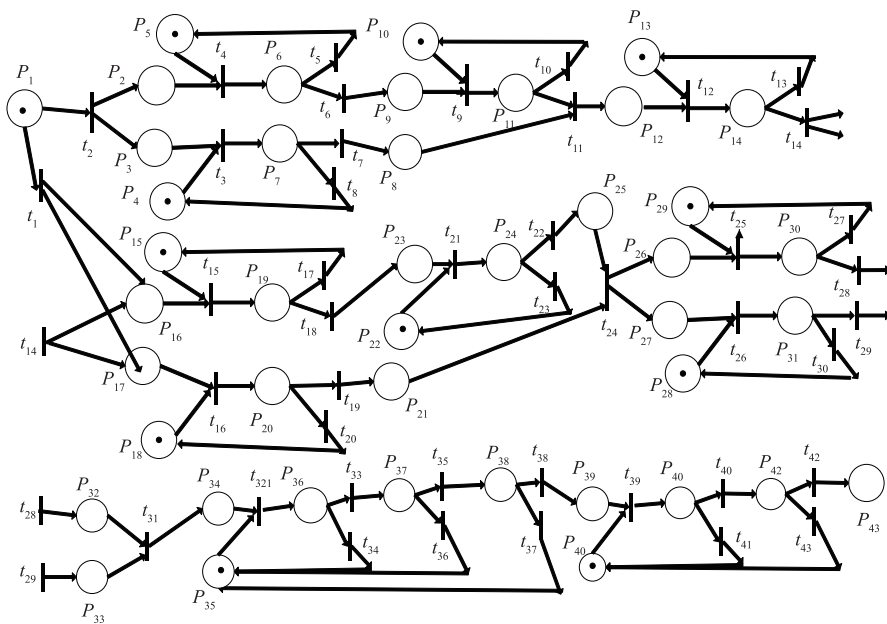


图 7 建筑市场监管 workflow Petri 网模型

Fig.7 Petri net model of construction market supervision workflow

图7中,当一个项目开始报建,即进入 Petri 网的库所集,项目信息位于输入库所 P_1 时,该库所拥有一个令牌,变迁 t_1 和 t_2 其中有一个将被允许,如果该项目不需要施工图审查,则触发变迁 t_1 ,进入 P_{16} 、 P_{17} 代表的施工、监理中标(直接发包)登记环节;如果需要施工图审查,则触发变迁 t_2 . 变迁 t_2 发生,进入 P_2 、 P_3 代表的勘察、设计中标(直接发包)登记环节. 上述两种变迁不管哪个发生,输入库所 P_1 的令牌都将被消耗,同时在对应的输出库所 P_2 、 P_3 或者 P_{16} 、 P_{17} 两个库所中各产生一个令牌,作为下一个变迁触发的条件,依此类推,直到项目信息流动到竣工备案库所 P_{43} ,代表一个项目的完成.

图7的流程图为建筑市场监管模型的一个整体工作流程演示,为一个宏观架构,表示建筑市场监管系统中一个项目从报建到竣工备案所经过的各个业务流程及监管部门的监督监管方式,直观地体现了建筑市场监管工作流程的复杂性及多部门参与性. 整个建筑市场监管工作流程变得可视化,更易观察理解,体现了各个子系统的重要性,借助于该模型的优势,使一个实际监管业务变成一个可以利用计算机实现的系统,为计算机编程实现建筑市场监管信息系统推广应用打下了坚实的基础.

3 workflow 模型的计算机软件实现

通过对建筑市场监管业务流程进行 Petri 网建模分析,可以很清楚地从模型中了解到各个业务环节直接的顺序关系及限制条件,为计算机编程实现对各个业务环节信息流控制监管提供了很好的帮助,缩短了编程周期,让电脑办公代替纸质办公成为可能.

在模型的计算机系统编程开发实现过程中,为了使用方便,该系统利用 B/S(浏览器/服务器)模式来实现. 该模式将系统功能实现的核心部分集中到了服务器上,简化了系统的开发、维护和使用,而且系统设计上把企业与监管部门分开,分别开发用户端系统与企业端系统,为企业及监管部门使用提供方便.

在系统开发过程中运用 C# 编程语言,以 Visual Studio 2010 为开发工具结合 Sql2008 数据库技术在 C#. net 框架环境下编写系统软件. 利用该建筑市场 Petri 网模型对建筑市场业务工作流程进行计算机编程实现,根据建筑市场实际情况,把系统用户角色分为两类,一类为用户端,为各种类型企业登录端,一类为监管端,为监管部门登录端. 系统又对监管信息进行提炼,分出 4 大类,即企业信息、工程信息、人员信息、信用信息,作为公共查询平台对外开放查询. 根据 Petri 网建立的模型编程实现的建筑市场监管信息系统总体结构如图 8 所示.

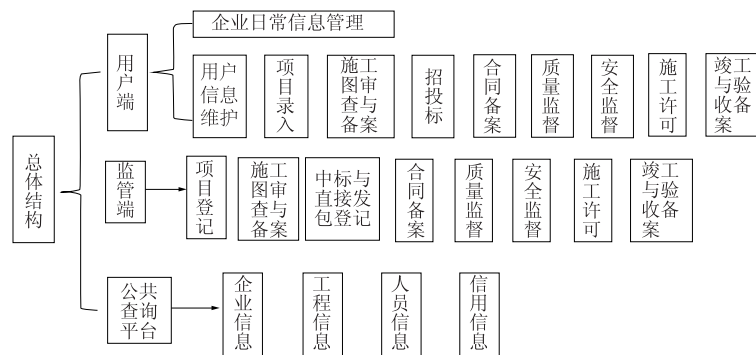


图8 建筑市场监管系统总体结构图

Fig. 8 The structure diagram of construction market supervision system

4 结语

基于 Petri 网的建筑市场监管业务 workflow 设计模型,利用计算机编写的河南省建筑市场监管暨一体化工作平台已于 2015 年 5 月正式开发完成并启用. 实际的推广应用表明,该系统极大地方便了企业办理相关手续、监管部门审批等工作,为建筑市场的信用评价体系完善起到了至关重要的作用,对规范建筑市场这个庞大而且复杂的行业具有很大的帮助,促使我国的建筑市场步入可持续发展的绿色道路.

参考文献:

- [1] 邹海, 储德新, 高顺利. 基于 Petri 网的工作流建模与分析[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2011, 35(2): 34-36.
- [2] 陈广智, 潘嵘, 李磊. 工作流建模技术及其研究趋势[J]. 计算机集成制造系统, 2014, 41(21): 11-15.
- [3] VAN DER ALST W M P, VAN HEE K M, TER HOFSTEDE A H M, et al. Soundness of workflow nets: classification, decidability, and analysis[J]. Formal aspects of computing, 2011, 23(3): 333-363.
- [4] 李海凌. 基于 Petri 网工作流技术的工程项目群管理研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2012.
- [5] 路秋琴, 李浩峥, 段文强. 基于模糊 Petri 网的招标方信用风险评价模型研究[J]. 郑州大学学报(理学版), 2014, 46(1): 115-120.
- [6] 刘继承, 张爱茹, 李征鸿, 等. 基于 petri 网的文件审批系统工作流建模[J]. 微型机与应用, 2013, 32(2): 77-80.
- [7] ABRAMSON D, BETHWAITE B, ENTICOTT C, et al. Embedding optimization in computational science workflows[J]. Journal of computational science, 2010, 1(1): 41-47.
- [8] 李晔, 王映辉, 于振华. 信息物理融合系统的面向对象 Petri 网建模[J]. 西安电子科技大学学报(自然科学版), 2014, 41(2): 166-170.
- [9] 刘宜轩, 李光耀, 刘晓静, 等. ASP.NET 环境下的网上审批流程的设计及实现[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(3): 525-528.
- [10] 张四平, 王梅. 基于 Petri 网的网上行政审批主控模块工作流建模[J]. 湘南学院学报, 2013, 34(5): 35-38.
- [11] 王晓玲. 强化建筑市场监管规范建筑市场行为[N]. 中国建设报, 2015(006).
- [12] 袁崇义. Petri 网原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005: 32-178.
- [13] 李瑞翔. 基于 Petri 网的工作流模型研究[D]. 北京: 中央民族大学, 2013.
- [14] CHEN Z Z, SHAN B S. The application of Petri nets to construction project management[J]. Affective computing and intelligent interaction, 2010, 137: 151-158.
- [15] 王佳慧, 王书锋. 随机 Petri 网可视化软件的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(5): 1845-1848.
- [16] ZHA H P, VAN DER ALST W M P, WANG J M, et al. Verifying workflow processes: a transformation based approach[J]. Software and systems modeling, 2011, 10(2): 253-264.
- [17] 李海凌, 史本山, 刘克剑. 基于 Petri 网的建设工程项目实施阶段工作流建模[J]. 计算机应用, 2011, 31(10): 2829-2830.

Workflow Design of Construction Market Supervision Based on Petri Net

XU Peidong¹, CHEN Tiejun¹, LUO Yong¹, LI Xinxhe²

(1. School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2. Henan Province Department of Housing and Urban Rural Construction, Zhengzhou 45001, China)

Abstract: Based on the modeling techniques of Petri net, a model applied to the workflow for supervising the construction market was established. Firstly, every business link in the process of the construction market was modeled by Petri net. Then, all the separate Petri net models were integrated to constitute the general Petri net model of the workflow for supervising the building market. Thus the complete workflow starting from the construction permission to the acceptance of the projects was integrated effectively. Based on the model and database technology of SQL2008, an information system for supervising construction market was developed by C#. The system was successfully applied in supervising construction market of Henan province.

Key words: Petri net; construction market; business links; supervision; workflow

(责任编辑: 王浩毅)