doi: 10.3969/j.issn.1007-7375.e17-2104

基于SNA的房地产开发项目风险关联网络分析

李彦勇[1]，王　磊[2]，钱　琛[2]，孙　涛[2]

(1. 天津大学 管理与经济学部，天津 300072；2. 山东大学 管理学院，山东 济南 250100)

摘要: 现有的风险关联研究主要分析风险因素系统对项目成本、质量等方面的整体影响。而对系统中不同类型风险的识别和分析不足，导致难以提出有效的风险管控措施。风险因素间交互影响关系形成关联网络。该网络可用于表达风险因素系统。根据风险因素的网络作用特点可将其分为汇聚风险、触发风险、路径风险和循环增长风险。社会网络分析(SNA)方法中的入度、出度和可达矩阵可用来识别上述风险，基于各类风险的网络作用特点提出相应的风险管控措施。最后以某房地产开发项目为例展示了风险关联网络分析的过程。

关键词: 风险关联；风险评价；社会网络分析(SNA)；房地产开发项目

中图分类号: C931.1　　**文献标志码:** A　　**文章编号:** 1007-7375(2017)06-0009-07

A Study of Project Risk Correlation Network of Real Estate Development Project Based on SNA

LI Yanyong[1], WANG Lei[2], QIAN Chen[2], SUN Tao[2]

(1. School of Management and Economy, Tianjin University, Tianjin 300072, China;
2. School of Management, Shandong University, Jinan 250100, China)

Abstract: The current research on risk correlation focuses on the overall impact of the risk factor system on project such as cost and quality. While the identification and analysis of different kinds of risks in the system is insufficient to support the development of control measures, the network formed by the risk factors and their relationships can be used to express the risk factor system. According to the network characteristics, risk factors can be divided into aggregation risk, trigger risk, path risk and cycle growth risk. First, based on the indexes such as in degree, out degree and reachability matrix in the social network analysis (SNA) method, the above risks are identified. Then, according to the characteristics of each kind of risks, corresponding control measures are put forward. Finally, a real estate development project is taken as an example to show the analysis process of risk correlation network.

Key words: risk correlation; risk assessment; social network analysis (SNA); real estate development project

项目任务过程的先后顺序和资源有限性等特点导致风险因素间具有复杂的交互影响关系，这些关系形成了风险关联网络[1-2]。如何分析评价网络中的风险因素以控制整个网络对项目的负面影响成为亟待解决的关键问题。

当前有关风险关联问题的研究以分析风险系统对项目的整体影响为主，而较少针对具体风险进行分析。Pfohl等[3]运用ISM方法识别风险因素间相关性并对其分级，从而实现对风险管理资源的合理分配。Aloini等[4]认为ERP项目存在技术、管理、心理和社会等风险，风险间的关联关系会直接影响项目交付。Fang等[5]利用网络理论构建了大型建设项目中的风险关联关系并识别关键风险，提出项目对策建议。Marle[6]提出了结构化的项目风险交互管理流程，从风险识别、评价和分析等过程确定风险间交互关系。Ackermann等[7]利用因果图和群体支持系统增强了管理者对风险的认识，并分析了风险间的关联关系。Nepal等[8]则利用贝叶斯网络对成本风险

收稿日期: 2017-04-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71572094)；山东省自然科学基金资助项目(ZR2015GM015)；山东省社会科学规划研究资助项目(16CGLJ13)；山东省社会科学基金资助项目(15CGLJ14)

作者简介: 李彦勇(1971-)，男，河南省人，博士研究生，主要研究方向为房地产项目、项目风险管理.

发生的概率进行计算，将风险间关联关系以决策树的形式表达。Hwang等[9]以台湾大学信息系统开发项目为例，利用网络理论和决策实验评价不同项目阶段的风险关联关系。Qazi等[10]构建风险管理—项目复杂性相关模型，分析了项目复杂性、风险和项目目标间的关联关系，利用风险间的关联关系预测项目质量、成本和工期。王淋等[11]以绿色建筑项目为例研究了风险之间的关联关系并指出需重点管控的风险。现有研究缺乏对风险系统中具体风险的分析。由于未对风险因素在风险关联条件下的产生机理和影响等方面进行深入的分析，从而影响了风险管控措施的针对性，无法达到预期的风险管控效果。

因此，本文根据工序顺序、资源的支持约束关系构建风险关联网络，用该网络来表达风险系统，然后根据风险因素的网络作用特点对其进行分类，并利用SNA网络指标对风险因素进行分析和识别，进而基于风险因素的网络作用特点提出相应的管控策略。最后，以某房地产开发项目为例，对其风险关联网络进行分析，并提出具体的风险管控措施。

1 风险关联网络分析

风险关联网络中将风险因素抽象为网络节点，将某风险发生时引起其他风险发生的影响关系抽象为该风险与其他风险间的网络连线。风险关联网络的分析包括网络构建、风险分类、识别方法和指标3个方面。

1.1 风险关联网络构建

网络要素包括节点和连线，因此风险关联网络的构建包括风险因素(网络节点)的识别和风险间影响关系(节点间连线)的量化两部分。

风险因素识别。识别过程主要基于对项目策划书、可行性分析报告、项目概预算、项目计划、WBS等项目资料的分析来实现，通过访谈、调查问卷等形式获得项目的具体风险及其含义。

风险因素间关系量化。风险关系的识别主要通过对房地产开发项目流程分析和计划体系分析来实现。任务间逻辑关系直接导致相应风险因素间的影响关系，任务完成过程中资源的支持约束关系导致与资源有关的风险因素与任务过程中风险因素间的影响关系。因此，项目范围说明书、工期计划、资源计划等可用于风险因素间影响关系的识别和分析。

风险因素间影响关系通过邻接矩阵来表达，其中若两个风险因素之间存在关系则将其相应变量(用 a_{ij} 表示)取值为1，否则为0，如图1所示。图1左图中箭头表示节点关系方向从行指向列；R表示风险因素，下同。

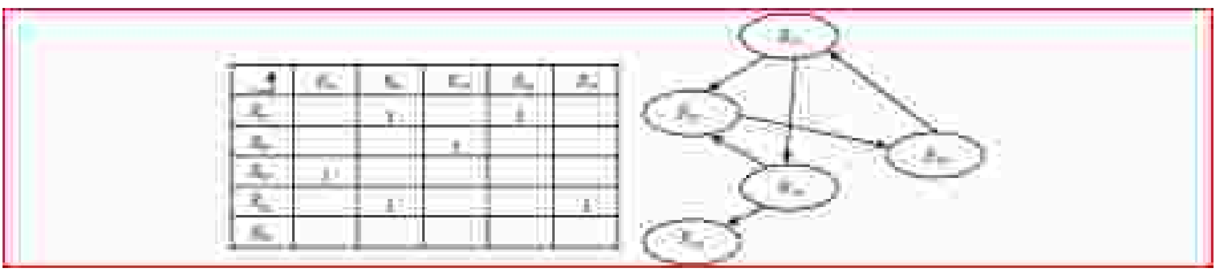

图 1 邻接矩阵表示风险关联关系

Fig.1 Risk correlation through reachability matrix

1.2 关联网络风险分类

风险因素的网络作用特征，即其在网络上对其他风险的影响和受到的影响，改变了其发生的可能性和影响程度。因此风险关联网络中具有不同的风险类型，包括触发风险、汇聚风险、路径风险及循环增长风险。

1) 触发风险。

在风险关联网络中，能够较为容易地引起其他风险而不被其他风险引起的因素称为触发风险，是风险作用过程的源头。在网络图中表现为关联关系箭头均指向其他风险，而没有其他风险指向该风险，如图2所示。

触发风险位于风险链的起始位置，是其他风险发生的原因；由于其发生后产生的影响较大，故应尽量避免此类风险的发生。其管控策略应侧重事前控制，构建风险预警机制：基于类似历史项目建立

风险数据库，分析风险产生的原因和时间节点，设置预警信号和事件；收集预警信息，定期组织风险分析会评定触发风险事件状态，出现风险信号立即采取预防措施。针对此类风险形成全面风险预控，力图从源头遏制风险发生。

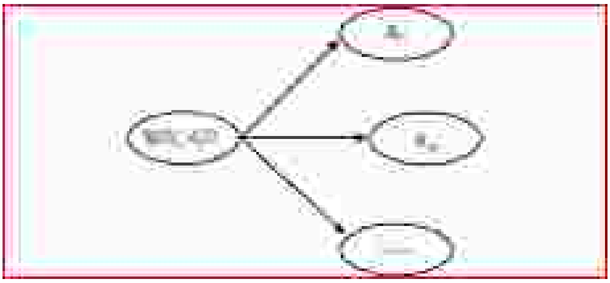

图 2　触发风险示意图

Fig.2　The diagram of trigger risk

2) 汇聚风险。

在风险链底端，容易被其他风险引起而对其他风险影响较小的因素称为汇聚风险。在风险关联网络中，表现为网络关系的箭头指向该风险，而该风险较少指向其他风险。如图3所示。

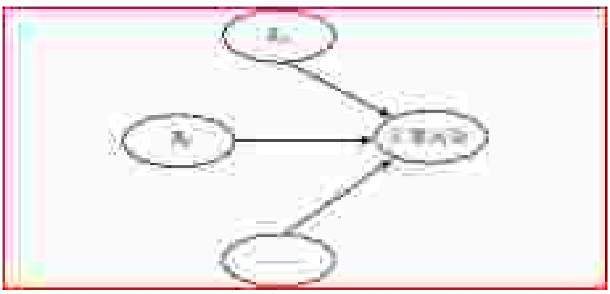

图 3　汇聚风险示意图

Fig.3　The diagram of aggregation risk

导致汇聚风险发生的风险因素较多，因此此类风险发生的可能性较大，难以提前预控，故应侧重事后控制，建立风险处置措施及应急预案。同时，从切断其他风险对汇聚风险影响的角度来降低汇聚风险发生的可能性。

3) 路径风险。

路径风险既受到其他风险的影响，又引起另外的风险，即在风险因素作用过程中处于重要的中间位置，起到承上启下的连接作用，如图4所示。

其中，路径风险可以进一步分为收敛路径风险和发散路径风险，前者受到多个风险链(多个风险层级作用过程)的影响，后者将引起多个风险链。相应的，前者发生的概率较大，但影响较小，故可对其采取类似汇聚风险的处置办法，重视事后控制；后者发生概率虽然较小，一旦发生，可能引起诸多风险，故可对其采取类似触发风险的处置办法，对其加强监控、强调事前控制。

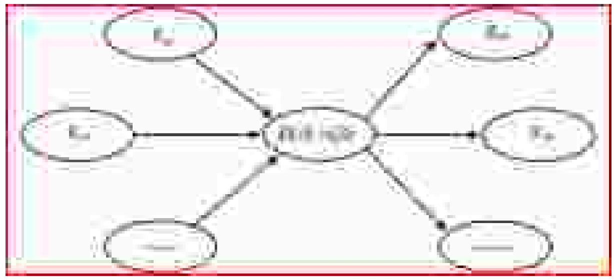

图 4　路径风险示意图

Fig.4　The diagram of path risk

4)循环增长风险。

在风险关联网络中，部分风险因素间形成闭合路径，路径中风险因素的影响将通过其他风险再次作用到该风险，因此此类风险具有“自增长”特点，如图5所示。

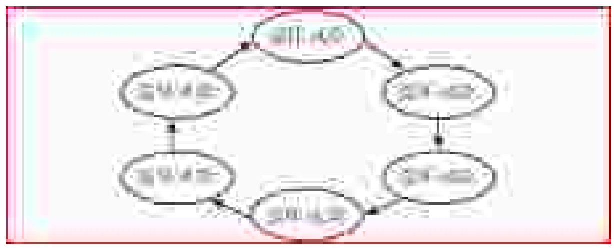

图 5　循环风险示意图

Fig.5　The diagram of cycle growth risk

因存在关联关系，处于循环增长中的风险一旦发生，将会不断强化其他风险和自身发生的可能性和影响，循环的关键是风险因素和关联关系，故从两方面解决循环增长问题。首先，在风险因素方面：重点把控所有循环风险，定期组织风险分析会判断风险状态，对达到预警状态的风险采取预防措施；对已发生的风险采取应急措施，及时降低风险因素水平。其次，在风险关系方面：风险间关联关系来源于工序的逻辑关系或资源有限性，通过工序顺序调整和资源计划调整改变风险因素间的影响关系；另外，当某风险发生时，及时消除该风险对其他风险的影响，切断风险传递的循环影响过程。

1.3　风险识别方法和指标

在基于风险网络作用特点对其进行分类之后，需要设计指标和方法来识别不同类型的风险。本文

通过SNA中的入度、出度等指标和可达矩阵来量化风险因素的网络作用特点，从而实现对不同风险因素的识别。

1) 触发风险和汇聚风险分析指标。

关联网络中风险间影响具有方向性，SNA的出度(out degree)和入度(in degree)可用于分析网络中节点关系的方向问题[12]。其中，出度表征了此节点引发其他节点的能力，若风险因素的出度较高，说明该风险是网络中的风险源。

$$\mathrm{OD}_i = \sum_{n}^{j=1} a_{ij}, i = 1,2,3,\ldots,n。\tag{1}$$

式(1)中 OD_i 表示风险i的出度。

SNA的入度(in degree)指标表征了该节点被其他节点引发的能力，该风险易被其风险触发[13]，在项目中发生可能性非常大。

$$\mathrm{ID}_i = \sum_{n}^{j=1} a_{ji}, i = 1,2,3,\ldots,n。\tag{2}$$

式(2)中 ID_i 表示风险i的入度。

出度和入度仅从二元的角度解释了与风险存在直接关联的上下游风险，SNA中的可达矩阵可系统表征处于同一条风险链上的风险因素间的二级及二级以上关联关系。利用可达矩阵可计算风险共引发的风险数C_i(cause)和被其他风险引发的风险数R_i (result)。

$$\begin{cases} C_i = \sum_{n}^{j=1} r_{ij}, i = 1,2,3,\ldots,n, \\ R_i = \sum_{n}^{j=1} r_{ji}, i = 1,2,3,\ldots,n。\end{cases}\tag{3}$$

式(3)中 r_{ij} 表示可达矩阵中风险i能否引发风险j，类似地，r_{ji} 表示风险j能否引发风险i，该值取0或1，0表示不能引发，1表示可以引发。

首先通过出度和入度指标识别触发风险和汇聚风险，然后通过C_i分析触发风险影响其他风险的情况，通过R_i分析汇聚风险被其他风险影响的程度。对于触发风险来说，C_i越大其影响越大；而汇聚风险的R_i越大，表明被其他风险影响的程度越高。

2) 路径风险分析指标。

处于连接位置的风险，无向图中可用SNA的中间中心度表示[14]，在有向图中，风险关联关系具有方向性，如图1，R_{04}位于$R_{02}\rightarrow R_{04}\rightarrow R_{01}$、$R_{02}\rightarrow R_{04}\rightarrow R_{03}$、$R_{02}\rightarrow R_{04}\rightarrow R_{05}$的路径中，而$R_{03}$和$R_{05}$不处于路径的中间位置。可利用节点的出度与入度之积BD表征风险因素的中间性，BD不为0说明属于路径风险。

$$\mathrm{BD}_i = \mathrm{ID}_i \times \mathrm{OD}_i, i = 1,2,3,\ldots,n。\tag{4}$$

式(4)中，BD_i 表示风险i的中间性。

4) 循环增长风险识别方法。

循环增长中的风险在网络上形成“圈”。本文设计了一种通过解释结构模型中的可达矩阵识别网络中“圈”的方法。首先通过邻接矩阵求得可达矩阵，可达矩阵中点与邻接矩阵相同，可达矩阵中变量数值为1表示某点可以直接或间接到达其他点，数值为0表示不能产生相应的影响[15]。然后，基于可达矩阵求解不同节点(风险因素)之间的作用层次，“圈”将出现在同一层次的节点中，通过观察同一层次的节点可识别网络中的“圈”。

2 案例应用

为更好地展示风险关联网络分析过程，本文选取鲁商置业房地产开发项目作为案例。房地产业在我国国民经济体系中属于先导性、基础性和支柱性产业。房地产开发项目的投资规模巨大、开发周期长、区位影响大等特点导致其在开发过程中面临各种不确定性[16]。房地产开发由项目投资决策、前期准备、项目建设及项目租售4个阶段构成[17]。各阶段技术、组织、自然环境等造成多样性的风险因素，工序间的先后顺序、资源有限性等决定了风险因素间具有复杂的关联关系，从而形成风险关系网络。通过资料分析和项目经理、公司高层、项目人员进行访谈来构建网络，通过网络指标和分析方法识别不同类型的风险，并提出具体的风险管控措施。

2.1 风险关联网络构建

在项目策划书、可行性分析报告、项目概预算、项目计划等项目资料的分析的基础上，结合项目关键利益相关方访谈识别房地产开发项目中的主要风险因素，如表1所示；并判断风险因素间影响关系的强弱，形成风险因素关联矩阵，如图6，并做出风险关联网络图，如图7所示。

2.2 网络指标计算

根据入度和出度等指标公式，利用Ucinet软件计算出度、入度数值，从而识别触发风险、汇聚风

表 1　风险编号及名称

Tab.1　Each risk’s number and name

编号	风险因素名称	编号	风险因素名称
R_{01}	土地获取手续办理延误	R_{22}	预算执行程度差
R_{02}	土地拆迁纠纷	R_{23}	成本信息数据库缺失
R_{03}	尽职调查缺失	R_{24}	原材料成本波动
R_{04}	对顾客需求的分析不充分	R_{25}	采购信息准确性不足
R_{05}	项目前期定位与策划不足	R_{26}	工程物资管理不当
R_{06}	可行性研究不完整	R_{27}	采购计划安排不合理
R_{07}	沟通及时性和准确性问题	R_{28}	成本预警机制缺失
R_{08}	核心人才激励不足	R_{29}	质量责任追责机制缺失
R_{09}	设计方案延误	R_{30}	监理方监管不到位
R_{10}	产品选型与配置不一致	R_{31}	承包商能力不足
R_{11}	设计变更监管缺失	R_{32}	施工质量不合格
R_{12}	产品定位与项目业主需求不符	R_{33}	资金到位不及时
R_{13}	现场施工安全隐患	R_{34}	现金流问题
R_{14}	安全防范意识薄弱	R_{35}	营销团队建设不规范
R_{15}	安全管理考核制度不规范	R_{36}	推盘节点与节奏控制不足
R_{16}	现场施工人员无证上岗	R_{37}	缺乏科学的产品定价策略
R_{17}	事故灾害预警应急机制缺乏	R_{38}	危机公关管理不当
R_{18}	设计变更过多	R_{39}	合同管理不善
R_{19}	现场签证管理不规范	R_{40}	社会形象受损
R_{20}	进度款支付不及时	R_{41}	施工进度延误
R_{21}	财务预算准确性低		

险；在Ucinet计算结果的基础上，通过BD的值识别路径风险；通过可达矩阵计算触发风险的C_i和汇聚风险的R_i，并基于可达矩阵识别网络中的循环增长风险。风险识别结果如表2所示。

2.3　风险管控策略

针对不同风险的具体含义和网络作用特点，提出具体的风险管控策略和措施。

1) 触发风险。

在41个风险因素中有15个属于触发风险，数量较多。其中对顾客需求分析不充分、安全防范意识薄弱引发的风险链最长。对顾客需求的分析是在项目投资决策阶段，影响项目定位、设计及最终的租售。故管理层应重视前期对顾客需求的准确把握，成立小组对顾客进行访谈。有时顾客并不明确自身需求，小组成员可将顾客需求与历史项目进行对比，从而逐步趋近顾客目标。安全问题贯穿于项目施工的整个阶段，提高项目成员的安全防范意识有助于减少安全事故发生，在施工前的项目启动会议中强调安全问题，将安全责任落实到人，建立项目事故一览表，重视施工现场物资的管理。

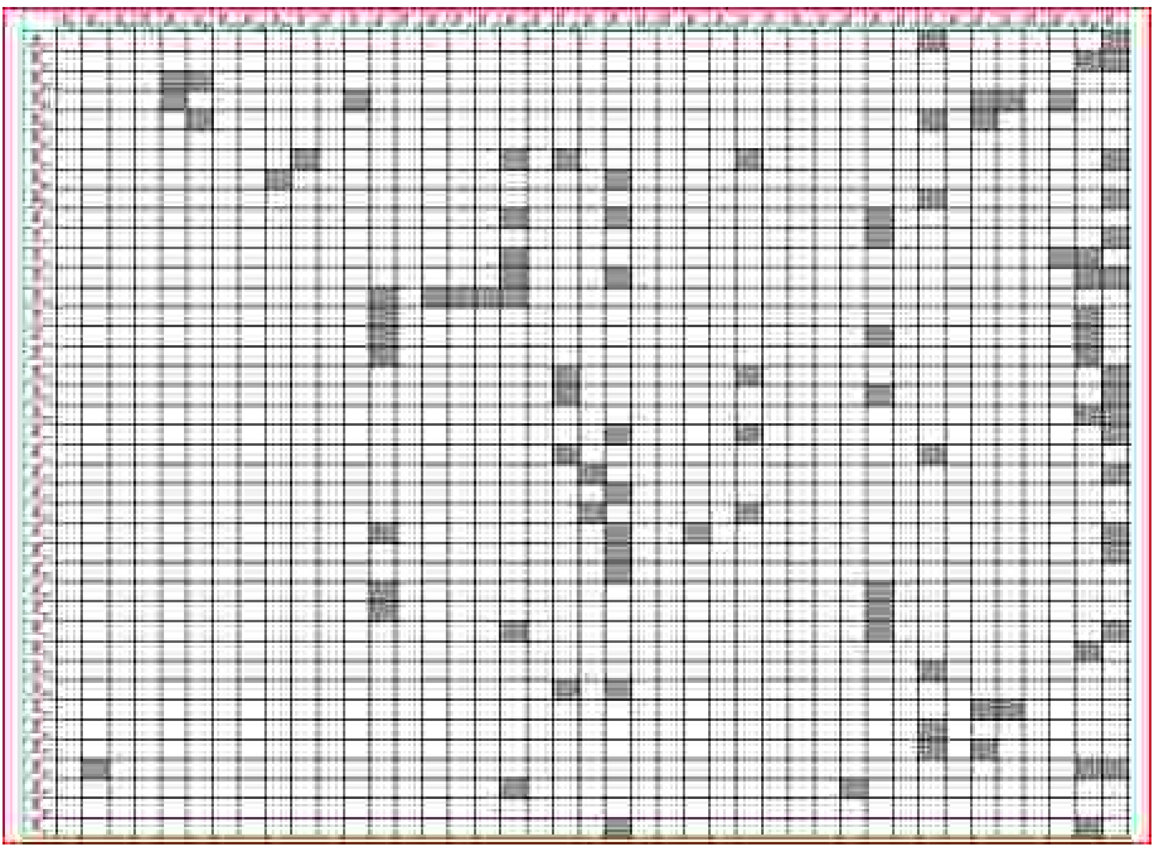

图 6　风险关联矩阵

Fig.6　The risk correlation matrix

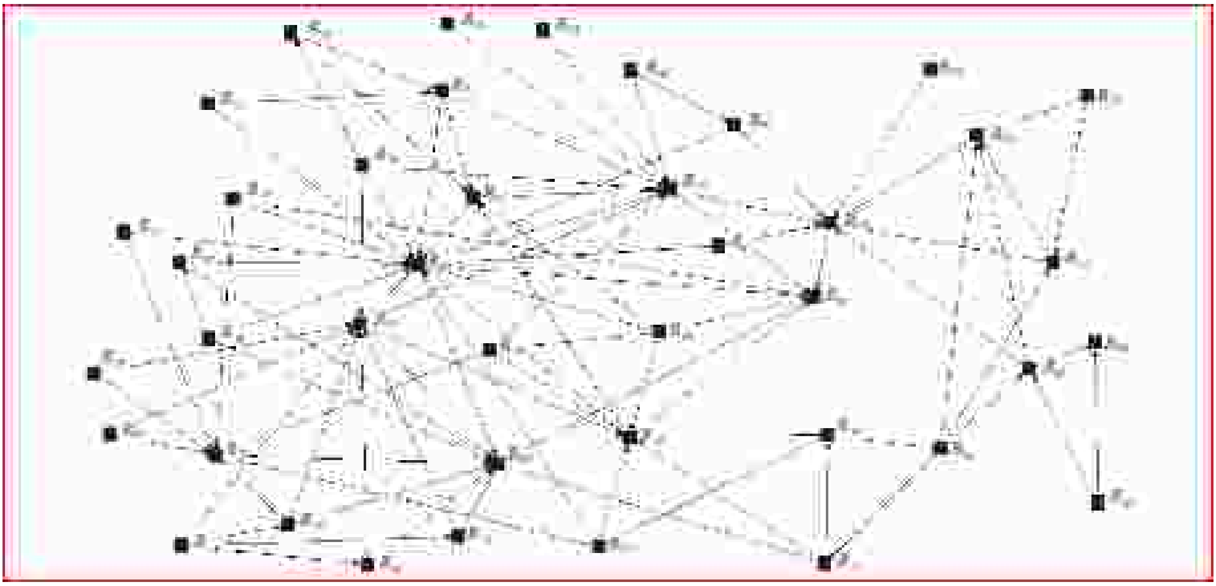

图 7　风险关联网络图

Fig.7　The diagram of risk correlation network

表 2　网络指标结果及风险分类

Tab.2　The result of network index and risk classification

编号	出度	入度	C_i	R_i	BD	类型[1]	编号	出度	入度	C_i	R_i	BD	类型
R_{01}	2	0	5	0	0	▲	R_{22}	2	10	4	37	20	●
R_{02}	2	1	5	1	2	●	R_{23}	2	0	7	0	0	▲
R_{03}	2	0	8	0	0	▲	R_{24}	1	0	5	0	0	▲
R_{04}	5	0	15	0	0	▲	R_{25}	2	1	7	1	2	●
R_{05}	3	2	7	2	6	●	R_{26}	4	0	10	0	0	■
R_{06}	0	2	0	3	0	■	R_{27}	2	4	5	18	8	●
R_{07}	5	0	9	0	0	▲	R_{28}	1	0	5	0	0	▲
R_{08}	2	0	6	0	0	▲	R_{29}	2	0	9	0	0	▲
R_{09}	2	1	5	1	2	●	R_{30}	2	0	9	0	0	▲
R_{10}	3	1	8	1	3	●	R_{31}	3	1	8	3	3	●
R_{11}	2	0	6	0	0	▲	R_{32}	1	7	1	12	7	●
R_{12}	3	1	10	1	3	●	R_{33}	1	0	5	0	0	▲
R_{13}	4	7	7	7	28	●	R_{34}	2	7	4	37	14	●
R_{14}	5	0	12	0	0	▲	R_{35}	2	0	7	0	0	■
R_{15}	2	1	8	1	2	●	R_{36}	1	4	5	5	4	●
R_{16}	3	1	9	1	3	●	R_{37}	2	2	6	2	4	●
R_{17}	2	1	8	1	2	●	R_{38}	3	0	6	0	0	▲
R_{18}	3	7	6	14	21	●	R_{39}	2	2	9	2	4	●
R_{19}	3	0	6	0	0	▲	R_{40}	0	10	0	39	0	■
R_{20}	2	5	4	37	10	●	R_{41}	2	15	4	37	30	●
R_{21}	3	2	6	3	6	●							

1) ▲表示触发风险，●表示路径风险，■表示汇聚风险。

2) 汇聚风险。

可行性研究不完整、工程物资管理不当、营销团队建设不规范、社会形象受损4个属于汇聚风险。社会形象受10个风险直接影响，处于多个风险

链的结束端，一旦发生，降低企业的名誉和社会地位，不利于房地产项目的租售和企业间合作。故一方面避免风险源发生，降低社会形象风险发生的概率；另一方面采取事后应急预案，积极挽回企业社会形象，主动处理安全事故、土地纠纷等。

3) 路径风险。

22个风险因素属于路径风险，说明大部分风险位于风险链的中间位置，起到承上启下的作用，从以下两种类型提出管控策略。

① 发散路径风险：入度较小、出度较大。例如产品选型与配置不一致将导致质量不合格、预算超支等问题，进而影响整个项目进度。在产品采购环节，项目经理应对采购型号、数量、人员进行挑选和审核，与设计师积极沟通，及时发现采购产品问题。

② 收敛路径风险：入度较大、出度较小。例如施工质量不合格风险(出度为1，入度为7)受诸多风险影响，难以降低其发生概率。故验收检验批和隐蔽工程时应详细检查、及时发现质量问题并进行处理，所有质量隐患必须尽快消灭在萌芽状态，否则将影响后续检验批和相关分项工程、分部工程的验收，及时通过增加人工、修改设计方案等措施解决。

4) 循环增长。

施工进度延误、预算执行程度差、现金流问题和进度款支付不及时风险构成循环增长关系，如图8所示。

图 8　循环增长风险

Fig.8　The cycle growth risk

预算执行程度差、现金流问题和进度款支付不及时是由于资金链问题导致。项目可增加贷款方式，避免现金流断裂进而打破循环增长关系。

3　结论

资源的有限性、工序的复杂性等导致风险之间具有交互影响关系，从而形成风险关联网络，该网络可用以表达项目风险系统。然而已有研究侧重风险关联网络对项目目标(时间、质量、成本等)的整体影响，较少关注单个风险因素的网络作用特征，影响了具体管控措施的提出。本文依据风险的网络作用特征将其分为触发风险、汇聚风险、路径风险、循环增长风险；基于SNA中入度、出度、可达矩阵识别不同类型的风险；根据网络作用特征从消除风险的可能性和影响等角度提出管控策略。本文的风险分类结果、风险应对策略、风险关联网络分析等内容为提高管控措施的有效性和针对性提供了具体思路和方法。

参考文献：

[1] BUYUKOZKAN G, RUAN D. Choquet integral based aggregation approach to software development risk assessment[J]. Information Sciences, 2010, 180(3): 441-451.

[2] KWAN T W, LEUNG H. A risk management methodology for project risk dependencies[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2011, 37(5): 635-648.

[3] PFOHL H, GALLUS P, THOMAS D. Interpretive structural modeling of supply chain risks[J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2011, 41(9): 839-859.

[4] ALOINI D, DULMIN R, MININNO V. Risk assessment in ERP projects[J]. Information Systems, 2012, 37(3): 183-199.

[5] FANG C, MARLE F, ZIO E, et al. Network theory-based analysis of risk interactions in large engineering projects[J]. Reliability Engineering & System Safety, 2012, 106: 1-10.

[6] MARLE F. A structured process to managing complex interactions between project risks[J]. International Journal of Project Organisation and Management, 2014, 6(1-2): 4.

[7] ACKERMANN F, HOWICK S, QUIGLEY J, et al. Systemic risk elicitation: using causal maps to engage stakeholders and build a comprehensive view of risks[J]. European Journal of Operational Research, 2014, 238(1): 290-299.

[8] NEPAL B, YADAV O P. Bayesian belief network-based framework for sourcing risk analysis during supplier selection[J]. International Journal of Production Research, 2015, 53(20): 1-22.

[9] HWANG W, HSIAO B, CHEN H, et al. Multiphase assessment of project risk interdependencies: Evidence from a university ISD project in Taiwan[J]. Project Management Journal, 2016, 47(1): 59-75.

[10] QAZI A J, QUIGLEY J, DICKSON A, et al. Project complexity and risk management (ProCRiM): towards modelling project complexity driven risk paths in construction projects[J]. International Journal of Project Management, 2016, 34(7): 1183-1198.

[11] 王淋, 马力, 张平. 基于SNA的我国绿色建筑项目风险关联关系研究[J]. 施工技术, 2016(4): 62-65.
WANG Lin, MA Li, ZHANG Ping. Risk and their correlation research of green building project in our country based on SNA[J]. Construction Technology, 2016(4): 62-65.

(下转第38页)