

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017年5月4日 (04.05.2017)



(10) 国际公布号

WO 2017/071127 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 19/00 (2011.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/071042

(22) 国际申请日: 2016年1月15日 (15.01.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权: 201510728724.2 2015年10月30日 (30.10.2015) CN

(71) 申请人: 同济大学 (TONGJI UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200092 (CN).

(72) 发明人: 蒋昌俊 (JIANG, Changjun); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200092 (CN)。陈国中 (CHEN, Hongzhong); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200092 (CN)。闫春钢 (YAN, Chungang); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号,

Shanghai 200092 (CN)。丁志军 (DING, Zhijun); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200092 (CN)。王咪咪 (WANG, Mimi); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200092 (CN)。赵培海 (ZHAO, Peihai); 中国上海市杨浦区四平路 1239 号, Shanghai 200092 (CN)。

(74) 代理人: 上海光华专利事务所 (J.Z.M.C. PATENT AND TRADEMARK LAW OFFICE); 中国上海市杨浦区国定路 335 号 5022 室余明伟, Shanghai 200433 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[见续页]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR BRANCH PROCESS-BASED MODEL CONSISTENCY ANALYSIS

(54) 发明名称: 一种基于分支进程的模型一致性分析方法及系统

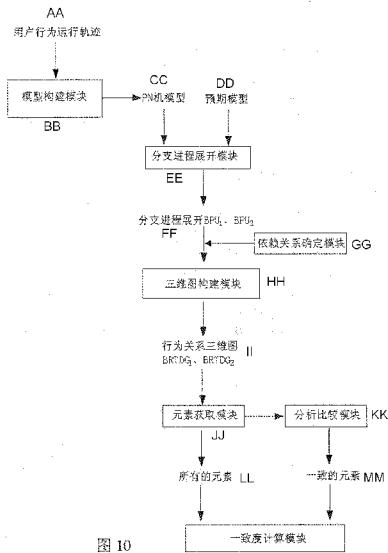


图 10
 AA 用户行为运行轨迹
 BB MODEL CONSTRUCTION MODULE
 CC PN MACHINE MODEL
 DD EXPECTATION MODEL
 EE BRANCH PROCESS EXPANSION MODULE
 FF BRANCH PROCESS EXPANSIONS BPU1, BPU2
 GG DEPENDENCY DETERMINATION MODULE
 HH THREE-DIMENSIONAL DIAGRAM CONSTRUCTION MODULE
 II BEHAVIOR RELATIONSHIP THREE-DIMENSIONAL DIAGRAMS BRTDG1, BRTDG2
 JJ ELEMENT ACQUIRING MODULE
 KK ANALYSIS AND COMPARISON MODULE
 LL ALL ELEMENTS
 MM CONSISTENT ELEMENTS
 NN CONSISTENCY DEGREE CALCULATION MODULE

(57) Abstract: A method and a system for branch process-based model consistency analysis, the system thereof comprising a model construction module, a branch process expansion module, a dependency determination module, and a three-dimensional diagram construction module and a consistency analysis module. The analysis method comprises: constructing, according to a user behavior development track, a user transaction PN machine model; respectively constructing branch process expansions BPU₁, BPU₂ of the user transaction PN machine model and of an expectation model; analyzing, from the view of behavior development, a behavior dependency between the transitions in the branch process expansions, and determining its behavior dependency R_i; respectively constructing, according to the determined behavior dependency, behavior relationship three-dimensional diagrams of the two models; comparing and analyzing the two behavior relationship three-dimensional diagrams, calculating consistency degree of the user behaviors, and measuring the degree of consistency of the user behavior and of an expected behavior. The present analysis method and system perform determination of behavior consistency in the process of a user transaction, so as to determine the user validity.

(57) 摘要: 一种基于分支进程的模型一致性分析方法及系统, 其系统包括模型构建模块、分支进程展开模块、依赖关系确定模块、三维图构建模块以及一致性分析模块。分析方法为: 根据用户行为运行轨迹构建用户交易 PN 机模型; 分别建立用户交易 PN 机模型以及预期模型的分支进程展开 BPU₁、BPU₂; 从行为运行角度对分支进程展开中的变迁间行为依赖关系进行分析, 确定其行为依赖关系 R_i; 根据确定的行为依赖关系分别构建两个模型的行为关系三维图; 比较分析两行为关系三维图, 计算用户行为一致性度, 测量用户行为与预期行为的一致程度。本分析方法及系统能对用户交易过程中的行为一致进行判定, 以判定用户的合法性。

WO 2017/071127 A1



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,

HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO,
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,
SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种基于分支进程的模型一致性分析方法及系统

技术领域

本发明涉及一种一致性分析方法及系统，特别是涉及一种基于分支进程的模型一致性分析方法及系统。

背景技术

随着互联网的飞速发展以及计算机科学技术的不断进步，网上支付平台的应用越来越广泛，越来越多的人通过网络交易和支付方式开展业务活动，网络交易的发展前景十分广阔。

在网络交易过程中，为了实时对交易行为进行监控和分析，针对每个捕捉到的用户交易行为的踪迹，我们构建基于 PN 机的动态交易行为模型，以此来分析交易行为模型与预期的交易流程行为的一致性。计算其行为一致性度，我们认为行为一致性度较小的行为为非正常行为，为此需要解决基于一致性度分析的交易流程行为实时监控技术。

现有技术中就两个模型之间的行为一致性有过一些研究，一类是只研究一致性质，即研究一致、非一致，不涉及度量的概念；一类从度量角度研究一致性，如仅仅从结构角度研究网模型间相似度。行为轮廓虽然结合了网的结构和动态行为关系，但是仅仅从模型的大致轮廓出发研究一致性度，对于模型的一致性检测不够精确，且对于含有环结构的模型，并未涉及。而且仅仅通过分析两个网的变迁之间的行为关系，又不能从整体角度进行网的一致性分析。

为此，本专利研究基于分支进程展开的模型一致性分析方法及系统。从而对用户交易过程中的行为一致进行判定，以此来判定用户的合法性。

发明内容

鉴于以上所述现有技术的缺点，本发明的目的在于提供一种基于分支进程的模型一致性分析方法及系统，用于解决现有技术中环结构模型及重名活动对的行为一致性测度问题。

为实现上述目的及其他相关目的，本发明提供一种基于分支进程的模型一致性分析方法，其特征在于，包括如下步骤：S1，根据用户行为运行轨迹，构建用户交易 PN 机模型；S2，分别建立用户交易 PN 机模型的分支进程展开 BPU_1 、以及预期模型的分支进程展开 BPU_2 ；S3，从行为运行角度，对步骤 S2 中的分支进程展开中的变迁间的行为依赖关系进行分析，并确定其行为依赖关系 R_i ；S4，根据步骤 S3 确定的变迁间的所述行为依赖关系以及所述分支进程展开分别构建两个模型的行为关系三维图；S5，比较分析两模型的所述行为关系三维图，

计算用户行为一致性度，检测用户行为与预期行为的一致程度。。

优选地，所述行为依赖关系 R_i 分为四类：选择关系 SR、顺序关系 OR、并发关系 CR、逆顺关系 IOR。

优选地，步骤 S4 还具体包括如下步骤：步骤 S4 还具体包括如下步骤：S41，分别获取分支进程展开 BPU_1 、 BPU_2 的多重变迁集 $L_1 = \{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$ 、 $L_2 = \{t_{21}, t_{22}, \dots, t_{2m}\}$ ；S42，以 L_1 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴，以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴，输出行为关系三维图 $BRTDG_1$ ，同样以 L_2 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴，以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴，输出行为关系三维图 $BRTDG_2$ 。

优选地，步骤 S5 还具体包括如下步骤：步骤 S5 还具体包括如下步骤：S51，获取两关系三维图中的所有元素；S52，通过分析比较获取两关系三维图中相一致的元素；S53，采用

$$\text{一致性度} = \frac{\text{行为关系三维图中一致的元素}}{\text{行为关系三维图中所有的元素}} \quad \text{如下公式计算用户模型与预期模型的一致性度：}$$

优选地，步骤 S51 还具体包括如下步骤：S511，分析 L_1 中的变迁 $t_{11}, t_{12} \dots t_{1n}$ 变迁间的行为依赖关系，令 $t_i = t_{1i}$ ， $i=j=1$ ，执行步骤 S512；S512，若 t_i 和 t_j 只满足一种行为依赖关系，那么就形成一个新的点 $v_{ij} = (t_i, t_j, R_m)$ ，并输出 $BRTDG = BRTDG \cup v_{ij}$ ；否则执行步骤 S513；S513，若 t_i 和 t_j 先后满足关系 Rm 、 Rn ，则形成两个点 $v_{ij1} = (t_i, t_j, R_m)$ ， $v_{ij2} = (t_i, t_j, R_n)$ ，并形成向量 $e_{ij} = v_{ij1} \rightarrow v_{ij2}$ ，输出 $BRTDG = BRTDG \cup e_{ij}$ ；否则，执行步骤 S514；S514，执行 $i=i+1$ ，若 $i \leq n$ ，则返回步骤 S512；若 $i > n$ ，则执行步骤 S515；S515，执行 $i=1, j=j+1$ ，若 $j \leq n$ ，则返回步骤 S512；若 $j > n$ ，则执行步骤 S516；S516，根据步骤 S512 形成点集 $V_1 = \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n}\}$ ，根据步骤 S513 形成向量集 $E_1 = \{e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1n}\}$ ，执行步骤 S517；S517，令 $t_i = t_{2i}$ ， $i=j=1$ ，重复步骤 S512-S516，分析 L_2 中的变迁 $t_{21}, t_{22} \dots t_{2n}$ 变迁间的行为依赖关系，形成点集 $V_2 = \{v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2m}\}$ 以及向量集 $E_2 = \{e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2n}\}$ 。

优选地，步骤 S52 还具体包括如下步骤：S521，逐一将通过步骤 S516 得到的 $BRTDG_1$ 中的点与通过步骤 S517 得到的 $BRTDG_2$ 中的每一点进行比较，若对于两个图上的点 v_{1s}, v_{2s} ，其中 $v_{1s} = (x_{1s}, y_{1s}, z_{1s})$ 、 $v_{2s} = (x_{2s}, y_{2s}, z_{2s})$ 且 $v_{1s} \in V_1, v_{2s} \in V_2$ ，满足 $z_{1s} = z_{2s}$ ，则输出 $V_1 = V_1 \cup v_{1s}$ ， $V_2 = V_2 \cup v_{2s}$ ， $V_1' = V_1 \setminus \{v_{1s}\}$ ， $V_2' = V_2 \setminus \{v_{2s}\}$ ；S522，逐一将通过步骤 S516 得到的 $BRTDG_1$ 中的向量与通过步骤 S517 得到的 $BRTDG_2$ 中的每一向量进行比较，若对于两个图上的向量 e_{1s}, e_{2s} ，其中 $e_{1s} = v_{1s} \rightarrow v_{1s}$ 、 $e_{2s} = v_{2s} \rightarrow v_{2s}$ 且

$v_{1i} \in V_1, v_{1j} \in V_1, v_{2i} \in V_2, v_{2j} \in V_2$, 满足 $e_{1s} = e_{2s}$, 则输出 $E_1 = E_1 \cup e_{1s}$, $E_2 = E_2 \cup e_{2s}$, $E_1^{\sim} = E_1$, $E_2^{\sim} = E_2$, 否则, 输出 $E_1 = E_1 \setminus \{e_{1s}\}$, $E_2^{\sim} = E_2 \setminus \{e_{2s}\}$ 。

优选地, 步骤 S53 中通过公式 $D_b = \frac{|V_1^{\sim} \times V_2^{\sim}| + |E_1^{\sim} \times E_2^{\sim}|}{|V_1 \times V_2| + |E_1 \times E_2|}$ 计算行为一致性度,

其中: D_b -一致性度,

V_1^{\sim} 、 V_2^{\sim} -两个三维图中一致点的集合,

E_1^{\sim} 、 E_2^{\sim} -两个三维图中一致向量的集合,

V_1 、 V_2 -点集,

E_1 、 E_2 -向量集。

为实现上述目的及其他相关目的, 本发明提供一种基于分支进程的模型一致性分析系统, 其特征在于, 包括: 模型构建模块, 用于根据用户行为运行轨迹, 构建用户交易 PN 机模型;

分支进程展开模块, 用于建立用户交易 PN 机模型的分支进程展开 BPU_1 、以及预期模型的分支进程展开 BPU_2 ; 依赖关系确定模块, 用于从行为运行角度, 对所述分支进程展开模块所建立的分支进程展开中的变迁间的行为依赖关系进行分析, 并确定其行为依赖关系 R_i ; 三维图构建模块, 用于根据所述依赖关系确定模块所确定的变迁间的所述行为依赖关系以及所述分支进程展开模块所建立的所述分支进程展开分别构建两个模型的行为关系三维图; 一致性分析模块, 用于比较分析所述三维图构建模块所构建的两模型的所述行为关系三维图, 计算用户行为一致性度, 检测用户行为与预期行为的一致程度。

优选地, 所述行为依赖关系 R_i 分为四类: 选择关系 SR、顺序关系 OR、并发关系 CR、逆顺关系 IOR。

优选地, 三维图构建模块具体执行如下操作步骤: 分别获取分支进程展开 BPU_1 、 BPU_2 的多重变迁集 $L_1 = \{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$ 、 $L_2 = \{t_{21}, t_{22}, \dots, t_{2m}\}$; 以 L_1 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴, 以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴, 输出行为关系三维图 $BRTDG_1$, 同样以 L_2 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴, 以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴, 输出行为关系三维图 $BRTDG_2$ 。

优选地, 一致性分析模块还具体包括: 元素获取模块, 用于获取两关系三维图中的所有元素; 分析比较模块, 用于对所述元素获取模块中的元素进行分析比较获取两关系三维图中相一致的元素; 一致度计算模块, 用于接收所述元素获取模块以及所述分析比较模块的输出结果, 并采用如下公式计算用户模型与预期模型的一致性度:

$$\text{一致性度} = \frac{\text{行为关系三维图中一致的元素}}{\text{行为关系三维图中所有的元素}}。$$

优选地，元素获取模块具体执行如下操作步骤：步骤一，分析 L_1 中的变迁 $t_{11}、t_{12} \dots t_{1n}$ 变迁间的行为依赖关系，令 $t_i=t_{1i}, i=j=1$ ，执行步骤二；步骤二，若 t_i 和 t_j 只满足一种行为依赖关系，那么就形成一个新的点 $v_{ij}=(t_i, t_j, R_m)$ ，并输出 $\text{BRTDG}=\text{BRTDG} \cup v_{ij}$ ；否则执行步骤三；步骤三，若 t_i 和 t_j 先后满足关系 $Rm、Rn$ ，则形成两个点 $v_{j1}=(t_i, t_j, R_m), v_{j2}=(t_i, t_j, R_n)$ ，并形成向量 $e_{ij}=v_{j1} \rightarrow v_{j2}$ ，输出 $\text{BRTDG}=\text{BRTDG} \cup e_{ij}$ ；否则，执行步骤四；步骤四，执行 $i=i+1$ ，若 $i \leq n$ ，则返回步骤二；若 $i > n$ ，则执行步骤五；步骤五，执行 $i=1, j=j+1$ ，若 $j \leq n$ ，则返回步骤二；若 $j > n$ ，则执行步骤六；步骤六，根据步骤二形成点集 $V_1=\{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n}\}$ ，根据步骤三形成向量集 $E_1=\{e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1n}\}$ ，执行步骤七；步骤七，令 $t_i=t_{2i}, i=j=1$ ，重复前述步骤二至六，分析 L_2 中的变迁 $t_{21}、t_{22} \dots t_{2n}$ 变迁间的行为依赖关系，形成点集 $V_2=\{v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2n}\}$ 以及向量集 $E_2=\{e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2n}\}$ 。

优选地，分析比较模块具体执行如下操作步骤：步骤八，逐一将通过步骤六得到的 BRTDG_1 中的点与通过步骤七得到的 BRTDG_2 中的每一点进行比较，若对于两个图上的点 $v_{1s}、v_{2s}$ ，其中 $v_{1s}=(x_{1i}, y_{1j}, z_{1t})$ 、 $v_{2s}=(x_{2i}, y_{2j}, z_{2t})$ 且 $v_{1s} \in V_1, v_{2s} \in V_2$ ，满足 $z_{1t}=z_{2t}$ ，则输出 $V_1=V_1 \cup v_{1s}, V_2=V_2 \cup v_{2s}, V_1^-=V_1, V_2^-=V_2$ ，否则，输出 $V_1=V_1, V_2=V_2, V_1^-=V_1 \setminus \{v_{1s}\}, V_2^-=V_2 \setminus \{v_{2s}\}$ ；步骤九，逐一将通过步骤六得到的 BRTDG_1 中的向量与通过步骤七得到的 BRTDG_2 中的每一向量进行比较，若对于两个图上的向量 $e_{1s}、e_{2s}$ ，其中 $e_{1s}=v_{1i} \rightarrow v_{1j}$ 、 $e_{2s}=v_{2i} \rightarrow v_{2j}$ 且 $v_{1i} \in V_1, v_{1j} \in V_1, v_{2i} \in V_2, v_{2j} \in V_2$ ，满足 $e_{1s}=e_{2s}$ ，则输出 $E_1=E_1 \cup e_{1s}, E_2=E_2 \cup e_{2s}, E_1^-=E_1, E_2^-=E_2$ ，否则，输出 $E_1=E_1, E_2=E_2, E_1^-=E_1 \setminus \{e_{1s}\}, E_2^-=E_2 \setminus \{e_{2s}\}$ 。

优选地，一致度计算模块接收所述元素获取模块以及所述分析比较模块的输出结果后，

通过公式 $D_b=\frac{|V_1^- \times V_2^-| + |E_1^- \times E_2^-|}{|V_1 \times V_2| + |E_1 \times E_2|}$ 计算行为一致性度，

其中： D_b -一致性度，

$V_1^-、V_2^-$ -两个三维图中一致点的集合，

$E_1^-、E_2^-$ -两个三维图中一致向量的集合，

V_1 、 V_2 -点集，

E_1 、 E_2 -向量集。

如上所述，本发明的一种基于分支进程的模型一致性分析方法及系统，具有以下有益效果：

- 1.利用分支进程技术，更精确地获取用户行为模式一致性度；
- 2.提出行为关系三维图的方法，将模型对间的行为关系转化为三维空间中的点和向量，缩短了计算时间；
- 3.区别于以往只考虑结构的方法，从理论上给出了一种动态的一致性度测量方法；
- 4.区分了含有环结构的情况，提高了精确度，解决了存在环结构的用户模型一致性测量问题。

附图说明

图 1 显示为本发明的一致性分析方法流程示意图。

图 2 显示为本发明的用户交易 PN 机模型示意图。

图 3 显示为本发明的预期模型示意图。

图 4 显示为本发明的 PN 机模型的分支进程展开示意图。

图 5 显示为本发明的预期模型的分支进程展开示意图。

图 6 显示为本发明的三维图中的元素获取算法流程图。

图 7 显示为本发明的 PN 机模型的行为关系三维图。

图 8 显示为本发明的预期模型的行为关系三维图。

图 9 显示为本发明的一致度计算流程图。

图 10 显示为本发明的一致性分析系统结构示意图。

具体实施方式

以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用，在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

请参阅图 1-图 10。需要说明的是，本实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想，遂图式中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及

尺寸绘制，其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变，且其组件布局型态也可能更为复杂。

实施方式一：

如图 1 所示为基于分支进程的模型一致性分析方法流程图，包括如下步骤：根据用户行为运行轨迹，构建用户交易 PN 机模型；分别建立用户交易 PN 机模型的分支进程展开 BPU_1 、以及预期模型的分支进程展开 BPU_2 ；从行为运行角度，对上述分支进程展开中的变迁间的行为依赖关系进行分析，并确定其行为依赖关系 R_i ；根据确定的变迁间的所述行为依赖关系以及所述分支进程展开分别构建两个模型的行为关系三维图；比较分析两模型的所述行为关系三维图，计算用户行为一致性度，检测用户行为与预期行为的一致程度。具体分析方法如下：

根据用户行为运行轨迹，构建如图 2 所示的用户交易 PN 机模型 N_1 ，而预期模型如图 3 所示的 N_2 ；对这两个模型进行分支进程展开，分别获取如图 4、图 5 所示的分支进程展开 BPU_1 、 BPU_2 ，如图 2、图 4 所示，由于模型 N_1 含有环结构，其 BPU_1 中存在重名变迁，有可能在网中的两个变迁有不只一种行为关系，从图中 4 可看出 BPU_1 存在重名变迁 t_1 、 t_2 、 t_4 、 t_6 。设置了四类行为依赖关系：选择关系 SR、顺序关系 OR、并发关系 CR、逆顺关系 IOR，从行为运行角度，对上述所建立的分支进程展开中的变迁间的行为依赖关系进行分析，确定属于上述四类行为依赖关系中的哪一种。

分别获取分支进程展开 BPU_1 、 BPU_2 的多重变迁集 $L_1 = \{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$ 、 $L_2 = \{t_{21}, t_{22}, \dots, t_{2m}\}$ ；以 L_1 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴，以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴，输出行为关系三维图 $BRTDG_1$ ，同样以 L_2 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴，以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴，输出行为关系三维图 $BRTDG_2$ 。

采用如图 6 所示的算法来获取两关系三维图中的所有元素，以其中的一个三维图为例，对于变迁 t_i 和 t_j ，若只满足一种行为依赖关系，则判断满足何种行为依赖关系，确定后形成一个新的点 $v_{ij} = (t_i, t_j, R_m)$ ，并输出 $BRTDG = BRTDG \cup v_{ij}$ ；若不只满足一种行为依赖关系，则判断 t_i 和 t_j 先后满足哪两种关系，对于确定的先后关系 R_i 、 R_j ，则形成两个点 $v_{ij} = (t_i, t_j, R_m)$ ， $v_{ij2} = (t_i, t_j, R_n)$ ，并形成向量 $e_{ij} = v_{ij1} \rightarrow v_{ij2}$ ，输出 $BRTDG = BRTDG \cup e_{ij}$ 。

为实现不同变迁间关系的确定以及所有元素的获取，采用循环执行步骤，具体为：步骤一，分析 L_1 中的变迁 t_{11} 、 t_{12} … t_{1n} 变迁间的行为依赖关系，令 $t_i = t_{1i}$ ， $i=j=1$ ，执行步骤二；

步骤二，若 t_i 和 t_j 只满足一种行为依赖关系，那么就形成一个新的点 $v_{ij} = (t_i, t_j, R_m)$ ，

并输出 $BRTDG = BRTDG \cup v_{ij}$ ；否则执行步骤三；

步骤三，若 t_i 和 t_j 先后满足关系 Rm 、 Rn ，则形成两个点 $v_{ij1} = (t_i, t_j, R_m)$ ， $v_{ij2} = (t_i, t_j, R_n)$ ，

并形成向量 $e_{ij} = v_{ij1} \rightarrow v_{ij2}$ ，输出 $BRTDG = BRTDG \cup e_{ij}$ ；否则，执行步骤四；

步骤四，执行 $i=i+1$ ，若 $i \leq n$ ，则返回步骤二；若 $i > n$ ，则执行步骤五；

步骤五，执行 $i=1$ ， $j=j+1$ ，若 $j \leq n$ ，则返回步骤二；若 $j > n$ ，则执行步骤六；

步骤六，根据步骤二形成点集 $V_1 = \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n}\}$ ，根据步骤三形成向量集 $E_1 = \{e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1n}\}$ ，执行步骤七；

步骤七，令 $t_i = t_{2i}$ ， $i=j=1$ ，重复前述步骤二至六，分析 L_2 中的变迁 t_{21} 、 $t_{22} \dots t_{2n}$ 变迁间的行为依赖关系，形成点集 $V_2 = \{v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2n}\}$ 以及向量集 $E_2 = \{e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2n}\}$ 。

所获得的 PN 机模型的行为关系三维图如图 7 所示，图中的标出的点形成点集 V_1 ，带有箭头的向量形成向量集 E_1 ；预期模型的行为关系三维图如图 8 所示，图中的标出的点形成点集 V_2 ，带有箭头的向量形成向量集 E_2 。

对上述获得的点集以及向量集进行分析比较，并获取两关系三维图中相一致的元素，其具体的算法如图 9 所示：逐一将前述得到的 $BRTDG_1$ 中的点以及 $BRTDG_2$ 中的每一点进行比较，若对于两个图上的点 v_{1s} 、 v_{2s} ，其中 $v_{1s} = (x_{1i}, y_{1j}, z_{1t})$ 、 $v_{2s} = (x_{2i}, y_{2j}, z_{2t})$ 且 $v_{1s} \in V_1, v_{2s} \in V_2$ ，满足 $z_{1t} = z_{2t}$ ，则输出 $V_1 = V_1 \cup v_{1s}$ ， $V_2 = V_2 \cup v_{2s}$ ， $V_1^{\sim} = V_1$ ， $V_2^{\sim} = V_2$ ，否则，输出 $V_1 = V_1, V_2 = V_2$ ， $V_1^{\sim} = V_1 \setminus \{v_{1s}\}$ ， $V_2^{\sim} = V_2 \setminus \{v_{2s}\}$ ；逐一将前述得到的 $BRTDG_1$ 中的向量与 $BRTDG_2$ 中的每一个向量进行比较，若对于两个图上的向量 e_{1s} 、 e_{2s} ，其中 $e_{1s} = v_{1i} \rightarrow v_{1j}$ 、 $e_{2s} = v_{2i} \rightarrow v_{2j}$ 且 $v_{1i} \in V_1, v_{1j} \in V_1, v_{2i} \in V_2, v_{2j} \in V_2$ ，满足 $e_{1s} = e_{2s}$ ，则输出 $E_1 = E_1 \cup e_{1s}$ ， $E_2 = E_2 \cup e_{2s}$ ， $E_1^{\sim} = E_1$ ， $E_2^{\sim} = E_2$ ，否则，输出 $E_1 = E_1, E_2 = E_2, E_1^{\sim} = E_1 \setminus \{e_{1s}\}$ ， $E_2^{\sim} = E_2 \setminus \{e_{2s}\}$ 。

如图 9 所示，由上述获取的分析结果，通过公式 $D_b = \frac{|V_1^{\sim} \times V_2^{\sim}| + |E_1^{\sim} \times E_2^{\sim}|}{|V_1 \times V_2| + |E_1 \times E_2|}$ 计算行为一致性度。

对于本例中，根据以上算法，得出两个分支进程的行为关系三维图的总共元素个数为 98，

一致的元素个数为 90，不一致的元素如图 7、图 8 中加粗的点与向量，共 8 个，故可知模型 N_1 和 N_2 的一致性度为 $\frac{90}{98} \approx 0.918$ 。

实施方式二：

如图 8 所示为基于分支进程的模型一致性分析系统结构图，系统包括模型构建模块、分支进程展开模块、依赖关系确定模块、三维图构建模块、以及由元素获取模块、分析比较模块、一致度计算模块所构成的一致性分析模块。其中，模型构建模块，用于根据用户行为运行轨迹，构建用户交易 PN 机模型；分支进程展开模块，用于建立用户交易 PN 机模型的分支进程展开 BPU_1 、以及预期模型的分支进程展开 BPU_2 ；依赖关系确定模块，用于从行为运行角度，对所述分支进程展开模块所建立的分支进程展开中的变迁间的行为依赖关系进行分析，并确定其行为依赖关系 R_i ；三维图构建模块，用于根据所述依赖关系确定模块所确定的变迁间的行为依赖关系以及所述分支进程展开模块所建立的分支进程展开分别构建两个模型的行为关系三维图；一致性分析模块，用于比较分析所述三维图构建模块所构建的两模型的行为关系三维图，计算用户行为一致性度，检测用户行为与预期行为的一致程度，其又包括用于获取两关系三维图中的所有元素的元素获取模块、用于对元素获取模块中的元素进行分析比较获取两关系三维图中相一致的元素的分析比较模块、用于接收元素获取模块以及分析比较模块的输出结果计算一致度的一致度计算模块。基于分支进程一致性度计算公式：

$$\text{一致性度} = \frac{\text{行为关系三维图中一致的元素}}{\text{行为关系三维图中所有的元素。}}$$

其各模块的分析过程如下：

模型构建模块，根据用户行为运行轨迹，构建如图 2 所示的用户交易 PN 机模型 N_1 ，而预期模型如图 3 所示的 N_2 ；分支进程展开模块对这两个模型进行分支进程展开，分别获取如图 4、图 5 所示的分支进程展开 BPU_1 、 BPU_2 。如图 2、图 4 所示，由于模型 N_1 含有环结构，其 BPU_1 中存在重名变迁，有可能在网中的两个变迁有不只一种行为关系，从图 4 中可看出 BPU_1 存在重名变迁 t_1 、 t_2 、 t_4 、 t_6 。设置四类行为依赖关系：选择关系 SR、顺序关系 OR、并发关系 CR、逆顺关系 IOR，依赖关系确定模块，从行为运行角度，对上述所建立的分支进程展开中的变迁间的行为依赖关系进行分析，确定属于上述四类行为依赖关系中的哪一种。

在三维图构建模块中，分别获取分支进程展开 BPU_1 、 BPU_2 的多重变迁集 $L_1 = \{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$ 、 $L_2 = \{t_{21}, t_{22}, \dots, t_{2m}\}$ ，以 L_1 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴，以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴，输出行为关系三维图 $BRTDG_1$ ，同样以 L_2 中的变迁作

为坐标轴的 x 轴和 y 轴，以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴，输出行为关系三维图 $BRTDG_2$ 。

采用如图 6 所示的算法来获取两关系三维图中的所有元素，以其中的一个三维图为例，在元素获取模块中，对于变迁 t_i 和 t_j ，若只满足一种行为依赖关系，则判断满足何种行为依赖关系，确定后形成一个新的点 $v_{ij} = (t_i, t_j, R_m)$ ，并输出 $BRTDG = BRTDG \cup v_{ij}$ ；若不只满足一种行为依赖关系，则判断 t_i 和 t_j 先后满足哪两种关系，对于确定的先后关系 Rm 、 Rn ，则形成两个点 $v_{ij1} = (t_i, t_j, R_m)$ ， $v_{ij2} = (t_i, t_j, R_n)$ ，并形成向量 $e_{ij} = v_{ij1} \rightarrow v_{ij2}$ ，输出 $BRTDG = BRTDG \cup e_{ij}$ 。

在元素获取模块的执行操作中，为实现不同变迁间关系的确定以及所有元素的获取，采用循环执行步骤，具体为：步骤一，分析 L_1 中的变迁 $t_{11}、t_{12} \dots t_{1n}$ 变迁间的行为依赖关系，令 $t_i = t_{11}$ ， $i=j=1$ ；

步骤二，若 t_i 和 t_j 只满足一种行为依赖关系，那么就形成一个新的点 $v_{ij} = (t_i, t_j, R_m)$ ，并输出 $BRTDG = BRTDG \cup v_{ij}$ ；否则执行步骤三；

步骤三，若 t_i 和 t_j 先后满足关系 Rm 、 Rn ，则形成两个点 $v_{ij1} = (t_i, t_j, R_m)$ ， $v_{ij2} = (t_i, t_j, R_n)$ ，并形成向量 $e_{ij} = v_{ij1} \rightarrow v_{ij2}$ ，输出 $BRTDG = BRTDG \cup e_{ij}$ ；否则，执行步骤四；

步骤四，执行 $i=i+1$ ，若 $i \leq n$ ，则返回步骤二；若 $i > n$ ，则执行步骤五；

步骤五，执行 $i=1$ ， $j=j+1$ ，若 $j \leq n$ ，则返回步骤二；若 $j > n$ ，则执行步骤六；

步骤六，根据步骤二形成点集 $V_1 = \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n}\}$ ，根据步骤三形成向量集 $E_1 = \{e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1s}\}$ ，执行步骤七；

步骤七，令 $t_i = t_{2i}$ ， $i=j=1$ ，重复前述步骤二至六，分析 L_2 中的变迁 $t_{21}、t_{22} \dots t_{2n}$ 变迁间的行为依赖关系，形成点集 $V_2 = \{v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2m}\}$ 以及向量集 $E_2 = \{e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2t}\}$ 。

所获得的 PN 机模型的行为关系三维图如图 7 所示，图中的标出的点形成点集 V_1 ，带有箭头的向量形成向量集 E_1 ；预期模型的行为关系三维图如图 8 所示，图中的标出的点形成点集 V_2 ，带有箭头的向量形成向量集 E_2 。

将元素获取模块获得的点集以及向量集输入分析比较模块中，在分析比较模块中完成对

元素获取模块中的元素的分析比较，并获取两关系三维图中相一致的元素，其具体的算法如图 9 所示：逐一将前述元素获取模块得到的 BRTDG₁ 中的点以及 BRTDG₂ 中的每一点进行比较，若对于两个图上的点 v_{1s} 、 v_{2s} ，其中 $v_{1s} = (x_{1i}, y_{1j}, z_{1t})$ 、 $v_{2s} = (x_{2i}, y_{2j}, z_{2t})$ 且 $v_{1s} \in V_1, v_{2s} \in V_2$ ，满足 $z_{1t} = z_{2t}$ ，则输出 $V_1 = V_1 \cup v_{1s}$ ， $V_2 = V_2 \cup v_{2s}$ ， $V_1^{\sim} = V_1$ ， $V_2^{\sim} = V_2$ ，否则，输出 $V_1 = V_1, V_2 = V_2$ ， $V_1^{\sim} = V_1 \setminus \{v_{1s}\}$ ， $V_2^{\sim} = V_2 \setminus \{v_{2s}\}$ ；逐一将前述元素获取模块得到的 BRTDG₁ 中的向量与 BRTDG₂ 中的每一向量进行比较，若对于两个图上的向量 e_{1s} 、 e_{2s} ，其中 $e_{1s} = v_{1i} \rightarrow v_{1j}$ 、 $e_{2s} = v_{2i} \rightarrow v_{2j}$ 且 $v_{1i} \in V_1, v_{1j} \in V_1, v_{2i} \in V_2, v_{2j} \in V_2$ ，满足 $e_{1s} = e_{2s}$ ，则输出 $E_1 = E_1 \cup e_{1s}$ ， $E_2 = E_2 \cup e_{2s}$ ， $E_1^{\sim} = E_1$ ， $E_2^{\sim} = E_2$ ，否则，输出 $E_1 = E_1, E_2 = E_2$ ， $E_1^{\sim} = E_1 \setminus \{e_{1s}\}$ ， $E_2^{\sim} = E_2 \setminus \{e_{2s}\}$ 。

如图 9 所示，一致度计算模块接收元素获取模块以及分析比较模块的输出结果后，通过公式 $D_b = \frac{|V_1^{\sim} \times V_2^{\sim}| + |E_1^{\sim} \times E_2^{\sim}|}{|V_1 \times V_2| + |E_1 \times E_2|}$ 计算行为一致性度。

对于本例中，根据以上算法，得出两个分支进程的行为关系三维图的总共元素个数为 98，一致的元素个数为 90，不一致的元素如图 7、图 8 中加粗的点与向量，共 8 个，故可知模型 N₁ 和 N₂ 的一致性度为 $\frac{90}{98} \approx 0.918$ 。

一致度值越高代表该用户行为与预期行为越一致，一致度值越低代表该用户行为与预期行为越不一致，当一致度值特别低时，我们怀疑该用户行为为非法行为或者预期模型的构建存在问题。

该方法在用户交易模型过程出现循环结构的情况下，可以进行有效区分，从而大大增加了精度。

经过实验证明，该方法在准确率和计算时间上都优于先前的研究。

综上所述，本发明有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效，而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰或改变。因此，举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变，仍应由本发明的权利要求所涵盖。

权利要求书

- 1、一种基于分支进程的模型一致性分析方法，其特征在于，包括如下步骤：
 - S1，根据用户行为运行轨迹，构建用户交易 PN 机模型；
 - S2，分别建立用户交易 PN 机模型的分支进程展开 BPU_1 、以及预期模型的分支进程展开 BPU_2 ；
 - S3，从行为运行角度，对步骤 S2 中的分支进程展开中的变迁间的行为依赖关系进行分析，并确定其行为依赖关系 R_i ；
 - S4，根据步骤 S3 确定的变迁间的所述行为依赖关系以及所述分支进程展开分别构建两个模型的行为关系三维图；
 - S5，比较分析两模型的所述行为关系三维图，计算用户行为一致性度，检测用户行为与预期行为的一致程度。
- 2、根据权利要求 1 所述的基于分支进程的模型一致性分析方法，其特征在于：所述行为依赖关系 R_i 分为四类：选择关系 SR、顺序关系 OR、并发关系 CR、逆顺关系 IOR。
- 3、根据权利要求 1 或 2 所述的基于分支进程的模型一致性分析方法，其特征在于：步骤 S4 还具体包括如下步骤：
 - S41，分别获取分支进程展开 BPU_1 、 BPU_2 的多重变迁集 $L_1 = \{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$ 、 $L_2 = \{t_{21}, t_{22}, \dots, t_{2m}\}$ ；
 - S42，以 L_1 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴，以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴，输出行为关系三维图 $BRTDG_1$ ，同样以 L_2 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴，以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴，输出行为关系三维图 $BRTDG_2$ 。
- 4、根据权利要求 3 所述的基于分支进程的模型一致性分析方法，其特征在于：步骤 S5 还具体包括如下步骤：
 - S51，获取两关系三维图中的所有元素；
 - S52，通过分析比较获取两关系三维图中相一致的元素；
 - S53，采用如下公式计算用户模型与预期模型的一致性度：
$$\text{一致性度} = \frac{\text{行为关系三维图中一致的元素}}{\text{行为关系三维图中所有的元素}}。$$

5、根据权利要求 4 所述的基于分支进程的模型一致性分析方法，其特征在于：步骤 S51 还具体包括如下步骤：

S511，分析 L_1 中的变迁 $t_{11}、t_{12} \dots t_{1n}$ 变迁间的行为依赖关系，令 $t_i=t_{1i}$ ， $i=j=1$ ，执行步骤 S512；

S512，若 t_i 和 t_j 只满足一种行为依赖关系，那么就形成一个新的点 $v_{ij}=(t_i, t_j, R_m)$ ，并输出 $BRTDG=BRTDG \cup v_{ij}$ ；否则执行步骤 S513；

S513，若 t_i 和 t_j 先后满足关系 Rm 、 Rn ，则形成两个点 $v_{ij1}=(t_i, t_j, R_m)$ ， $v_{ij2}=(t_i, t_j, R_n)$ ，并形成向量 $e_{ij}=v_{ij1} \rightarrow v_{ij2}$ ，输出 $BRTDG=BRTDG \cup e_{ij}$ ；否则，执行步骤 S514；

S514，执行 $i=i+1$ ，若 $i \leq n$ ，则返回步骤 S512；若 $i > n$ ，则执行步骤 S515；

S515，执行 $i=1$ ， $j=j+1$ ，若 $j \leq n$ ，则返回步骤 S512；若 $j > n$ ，则执行步骤 S516；

S516，根据步骤 S512 形成点集 $V_1=\{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n}\}$ ，根据步骤 S513 形成向量集 $E_1=\{e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1s}\}$ ，执行步骤 S517；

S517，令 $t_i=t_{2i}$ ， $i=j=1$ ，重复步骤 S512-S516，分析 L_2 中的变迁 $t_{21}、t_{22} \dots t_{2n}$ 变迁间的行为依赖关系，形成点集 $V_2=\{v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2m}\}$ 以及向量集 $E_2=\{e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2t}\}$ 。

6、根据权利要求 5 所述的基于分支进程的模型一致性分析方法，其特征在于：步骤 S52 还具体包括如下步骤：

S521，逐一将通过步骤 S516 得到的 $BRTDG_1$ 中的点与通过步骤 S517 得到的 $BRTDG_2$ 中的每一点进行比较，若对于两个图上的点 $v_{1s}、v_{2s}$ ，其中 $v_{1s}=(x_{1i}, y_{1j}, z_{1t})$ 、 $v_{2s}=(x_{2i}, y_{2j}, z_{2t})$ 且 $v_{1s} \in V_1, v_{2s} \in V_2$ ，满足 $z_{1t}=z_{2t}$ ，则输出 $V_1=V_1 \cup v_{1s}$ ， $V_2=V_2 \cup v_{2s}$ ， $V_1^-=V_1$ ， $V_2^-=V_2$ ，否则，输出 $V_1=V_1, V_2=V_2, V_1^-=V_1 \setminus \{v_{1s}\}, V_2^-=V_2 \setminus \{v_{2s}\}$ ；

S522，逐一将通过步骤 S516 得到的 $BRTDG_1$ 中的向量与通过步骤 S517 得到的 $BRTDG_2$ 中的每一向量进行比较，若对于两个图上的向量 $e_{1s}、e_{2s}$ ，其中 $e_{1s}=v_{1i} \rightarrow v_{1j}$ 、 $e_{2s}=v_{2i} \rightarrow v_{2j}$ 且 $v_{1i} \in V_1, v_{1j} \in V_1, v_{2i} \in V_2, v_{2j} \in V_2$ ，满足 $e_{1s}=e_{2s}$ ，则输出 $E_1=E_1 \cup e_{1s}$ ， $E_2=E_2 \cup e_{2s}$ ，

$E_1^{\sim} = E_1$, $E_2^{\sim} = E_2$, 否则, 输出 $E_1 = E_1$, $E_2 = E_2$, $E_1^{\sim} = E_1 \setminus \{e_{1s}\}$, $E_2^{\sim} = E_2 \setminus \{e_{2s}\}$ 。

7、根据权利要求 6 所述的基于分支进程的模型一致性分析方法, 其特征在于: 步骤 S53 中通

$$\text{过公式 } D_b = \frac{|V_1^{\sim} \times V_2^{\sim}| + |E_1^{\sim} \times E_2^{\sim}|}{|V_1 \times V_2| + |E_1 \times E_2|} \text{ 计算行为一致性度,}$$

其中: D_b -一致性度,

V_1^{\sim} 、 V_2^{\sim} -两个三维图中一致点的集合,

E_1^{\sim} 、 E_2^{\sim} -两个三维图中一致向量的集合,

V_1 、 V_2 -点集,

E_1 、 E_2 -向量集。

8、一种基于分支进程的模型一致性分析系统, 其特征在于, 包括:

模型构建模块, 用于根据用户行为运行轨迹, 构建用户交易 PN 机模型;

分支进程展开模块, 用于建立用户交易 PN 机模型的分支进程展开 BPU_1 、以及预期模型的分支进程展开 BPU_2 ;

依赖关系确定模块, 用于从行为运行角度, 对所述分支进程展开模块所建立的分支进程展开中的变迁间的行为依赖关系进行分析, 并确定其行为依赖关系 R_i ;

三维图构建模块, 用于根据所述依赖关系确定模块所确定的变迁间的所述行为依赖关系以及所述分支进程展开模块所建立的所述分支进程展开分别构建两个模型的行为关系三维图;

一致性分析模块, 用于比较分析所述三维图构建模块所构建的两模型的所述行为关系三维图, 计算用户行为一致性度, 检测用户行为与预期行为的一致程度。

9、根据权利要求 8 所述的基于分支进程的模型一致性分析系统, 其特征在于: 所述行为依赖关系 R_i 分为四类: 选择关系 SR、顺序关系 OR、并发关系 CR、逆顺关系 IOR。

10、根据权利要求 8 或 9 所述的基于分支进程的模型一致性分析系统, 其特征在于: 三维图构建模块具体执行如下操作步骤:

分别获取分支进程展开 BPU_1 、 BPU_2 的多重变迁集 $L_1 = \{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$ 、

$$L_2 = \{t_{21}, t_{22}, \dots, t_{2n}\};$$

以 L_1 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴, 以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴, 输出行为关系三维图 BRTDG₁, 同样以 L_2 中的变迁作为坐标轴的 x 轴和 y 轴, 以变迁间的行为依赖关系 R_i 作为坐标轴的 z 轴, 输出行为关系三维图 BRTDG₂。

11、根据权利要求 10 所述的基于分支进程的模型一致性分析系统, 其特征在于: 一致性分析模块还具体包括:

元素获取模块, 用于获取两关系三维图中的所有元素;

分析比较模块, 用于对所述元素获取模块中的元素进行分析比较获取两关系三维图中相一致的元素;

一致度计算模块, 用于接收所述元素获取模块以及所述分析比较模块的输出结果, 并采用如下公式计算用户模型与预期模型的一致性度:

$$\text{一致性度} = \frac{\text{行为关系三维图中一致的元素}}{\text{行为关系三维图中所有的元素}}。$$

12、根据权利要求 11 所述的基于分支进程的模型一致性分析系统, 其特征在于: 元素获取模块具体执行如下操作步骤:

步骤一, 分析 L_1 中的变迁 $t_{11}、t_{12} \dots t_{1n}$ 变迁间的行为依赖关系, 令 $t_i=t_{1i}$, $i=j=1$, 执行步骤二;

步骤二, 若 t_i 和 t_j 只满足一种行为依赖关系, 那么就形成一个新的点 $v_{ij}=(t_i, t_j, R_m)$, 并输出 $\text{BRTDG}=\text{BRTDG} \cup v_{ij}$; 否则执行步骤三;

步骤三, 若 t_i 和 t_j 先后满足关系 $R_m、R_n$, 则形成两个点 $v_{ij1}=(t_i, t_j, R_m), v_{ij2}=(t_i, t_j, R_n)$,

并形成向量 $e_{ij}=v_{ij1} \rightarrow v_{ij2}$, 输出 $\text{BRTDG}=\text{BRTDG} \cup e_{ij}$; 否则, 执行步骤四;

步骤四, 执行 $i=i+1$, 若 $i \leq n$, 则返回步骤二; 若 $i > n$, 则执行步骤五;

步骤五, 执行 $i=1, j=j+1$, 若 $j \leq n$, 则返回步骤二; 若 $j > n$, 则执行步骤六;

步骤六, 根据步骤二形成点集 $V_1=\{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n}\}$, 根据步骤三形成向量集

$E_1=\{e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1n}\}$, 执行步骤七;

步骤七, 令 $t_i=t_{2i}$, $i=j=1$, 重复前述步骤二至六, 分析 L_2 中的变迁 $t_{21}、t_{22} \dots t_{2n}$ 变迁间

的行为依赖关系，形成点集 $V_2 = \{v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2m}\}$ 以及向量集 $E_2 = \{e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2t}\}$ 。

13、根据权利要求 12 所述的基于分支进程的模型一致性分析系统，其特征在于：分析比较模块具体执行如下操作步骤：

步骤八，逐一将通过步骤六得到的 BRTDG₁中的点与通过步骤七得到的 BRTDG₂中的每一点进行比较，若对于两个图上的点 v_{1s} 、 v_{2s} ，其中 $v_{1s} = (x_{1i}, y_{1j}, z_{1t})$ 、 $v_{2s} = (x_{2i}, y_{2j}, z_{2t})$ 且 $v_{1s} \in V_1, v_{2s} \in V_2$ ，满足 $z_{1t} = z_{2t}$ ，则输出 $V_1 = V_1 \cup v_{1s}$ ， $V_2 = V_2 \cup v_{2s}$ ， $V_1' = V_1$ ， $V_2' = V_2$ ，

否则，输出 $V_1 = V_1$ ， $V_2 = V_2$ ， $V_1' = V_1 \setminus \{v_{1s}\}$ ， $V_2' = V_2 \setminus \{v_{2s}\}$ ；

步骤九，逐一将通过步骤六得到的 BRTDG₁中的向量与通过步骤七得到的 BRTDG₂中的每一向量进行比较，若对于两个图上的向量 e_{1s} 、 e_{2s} ，其中 $e_{1s} = v_{1i} \rightarrow v_{1j}$ 、 $e_{2s} = v_{2i} \rightarrow v_{2j}$ 且 $v_{1i} \in V_1, v_{1j} \in V_1, v_{2i} \in V_2, v_{2j} \in V_2$ ，满足 $e_{1s} = e_{2s}$ ，则输出 $E_1 = E_1 \cup e_{1s}$ ， $E_2 = E_2 \cup e_{2s}$ ， $E_1' = E_1$ ， $E_2' = E_2$ ，否则，输出 $E_1 = E_1$ ， $E_2 = E_2$ ， $E_1' = E_1 \setminus \{e_{1s}\}$ ， $E_2' = E_2 \setminus \{e_{2s}\}$ 。

14、根据权利要求 13 所述的基于分支进程的模型一致性分析系统，其特征在于：一致度计算模块接收所述元素获取模块以及所述分析比较模块的输出结果后，通过公式

$$D_b = \frac{|V_1' \times V_2'| + |E_1' \times E_2'|}{|V_1 \times V_2| + |E_1 \times E_2|} \text{ 计算行为一致性度，}$$

其中： D_b -一致性度，

V_1' 、 V_2' -两个三维图中一致点的集合，

E_1' 、 E_2' -两个三维图中一致向量的集合，

V_1 、 V_2 -点集，

E_1 、 E_2 -向量集。

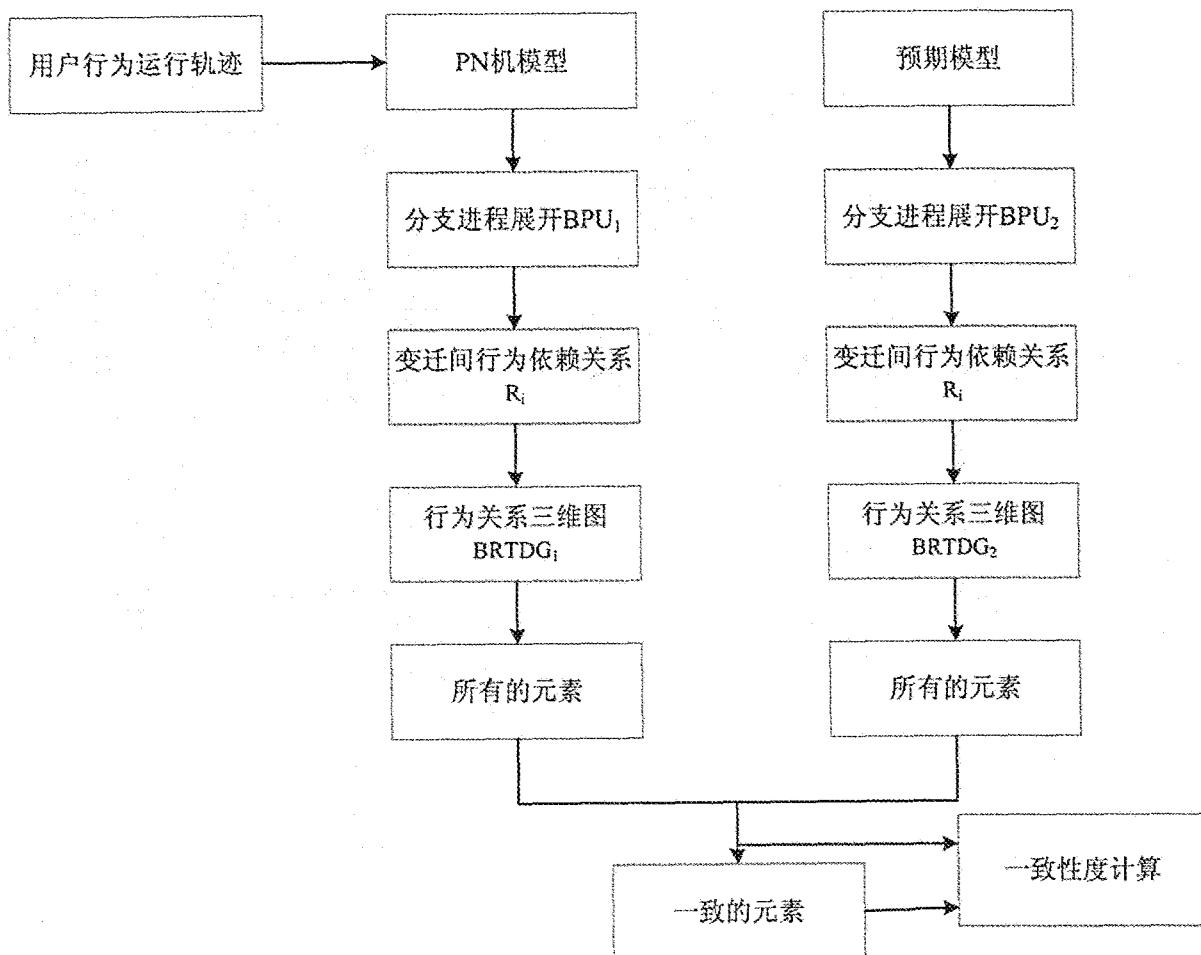


图 1

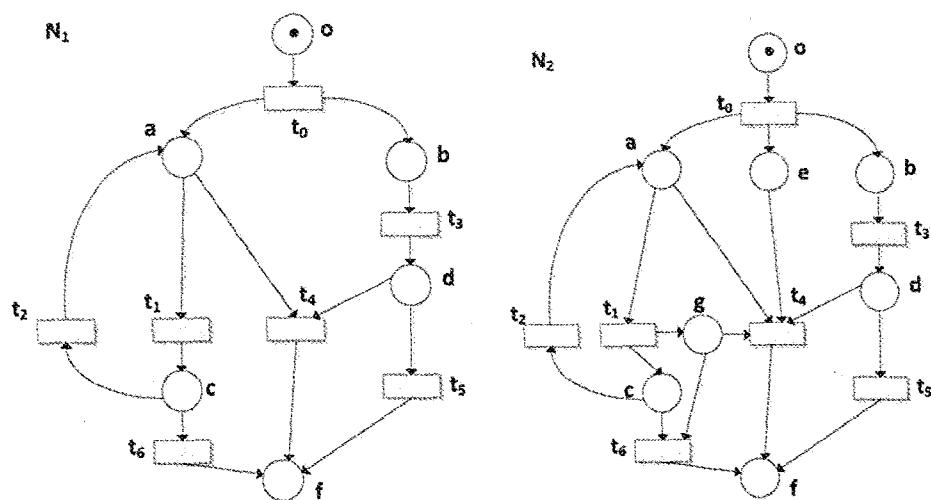


图 2

图 3

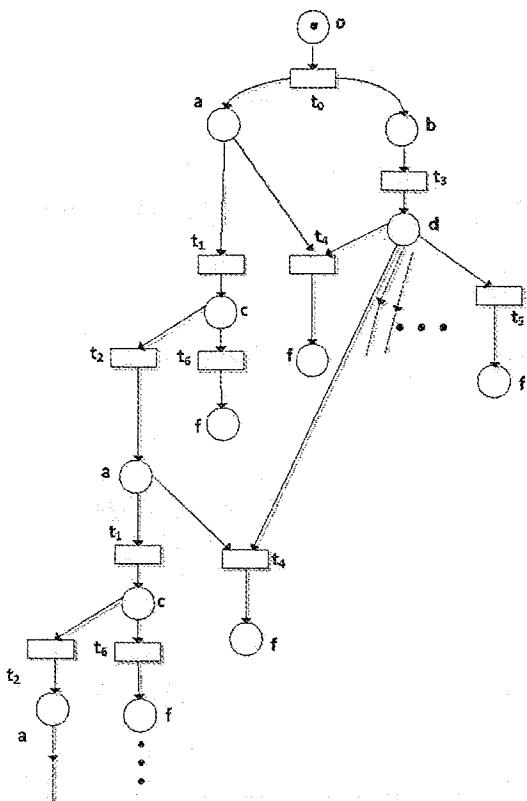


图 4

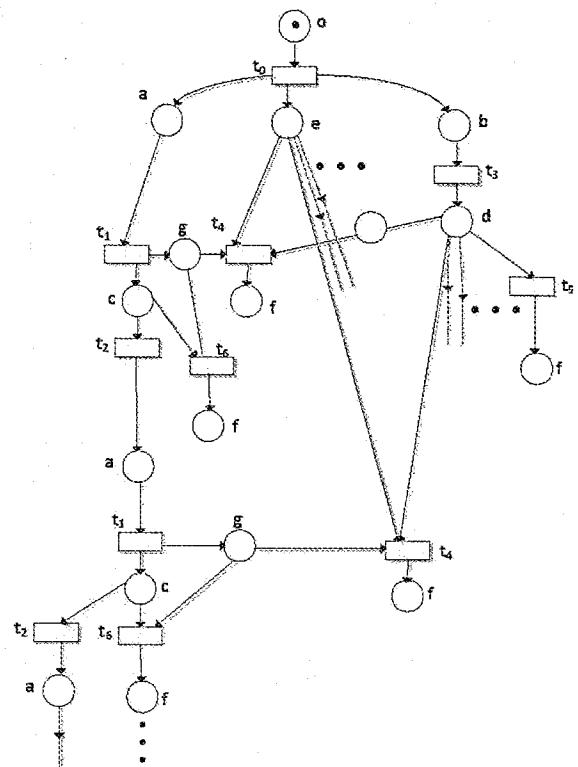


图 5

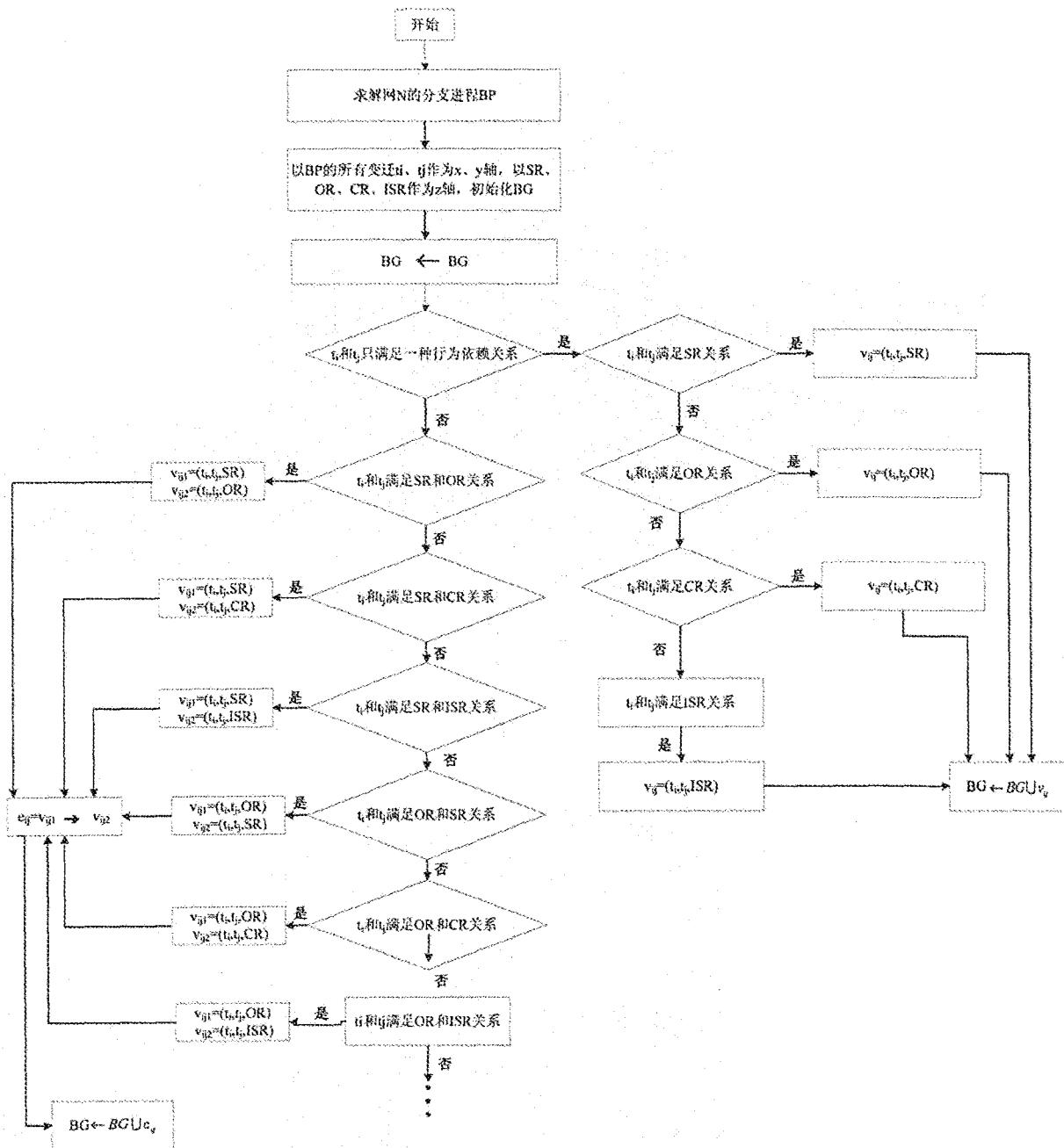


图 6

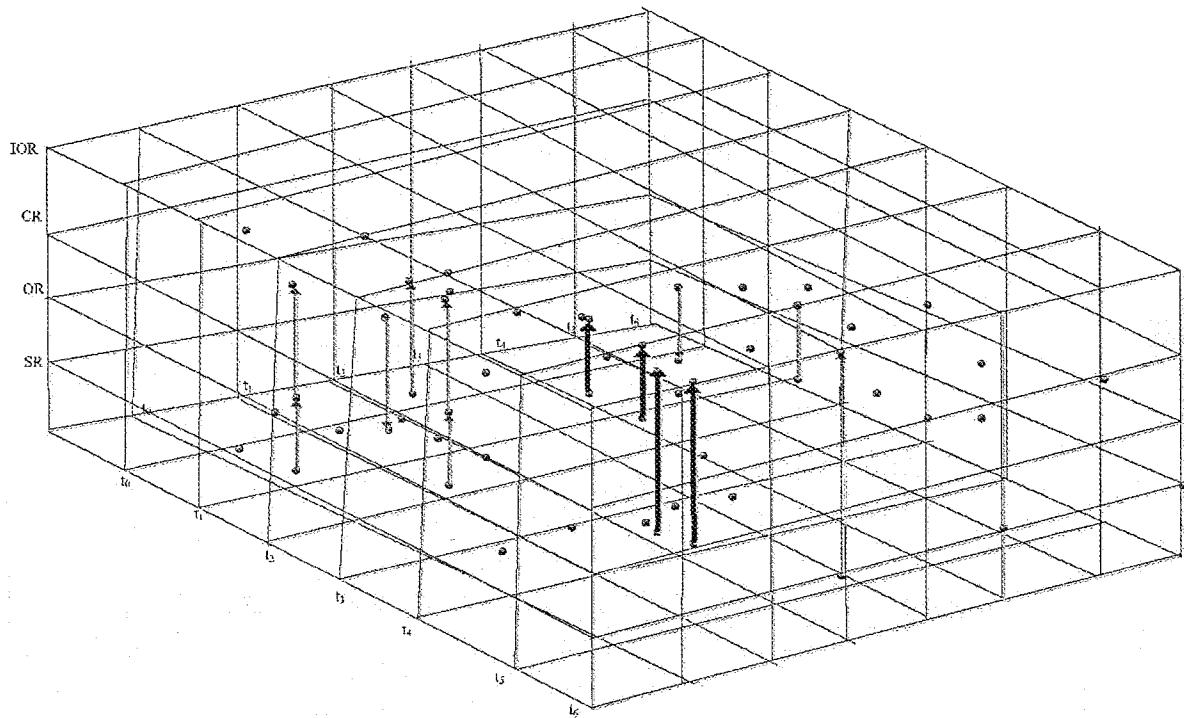


图 7

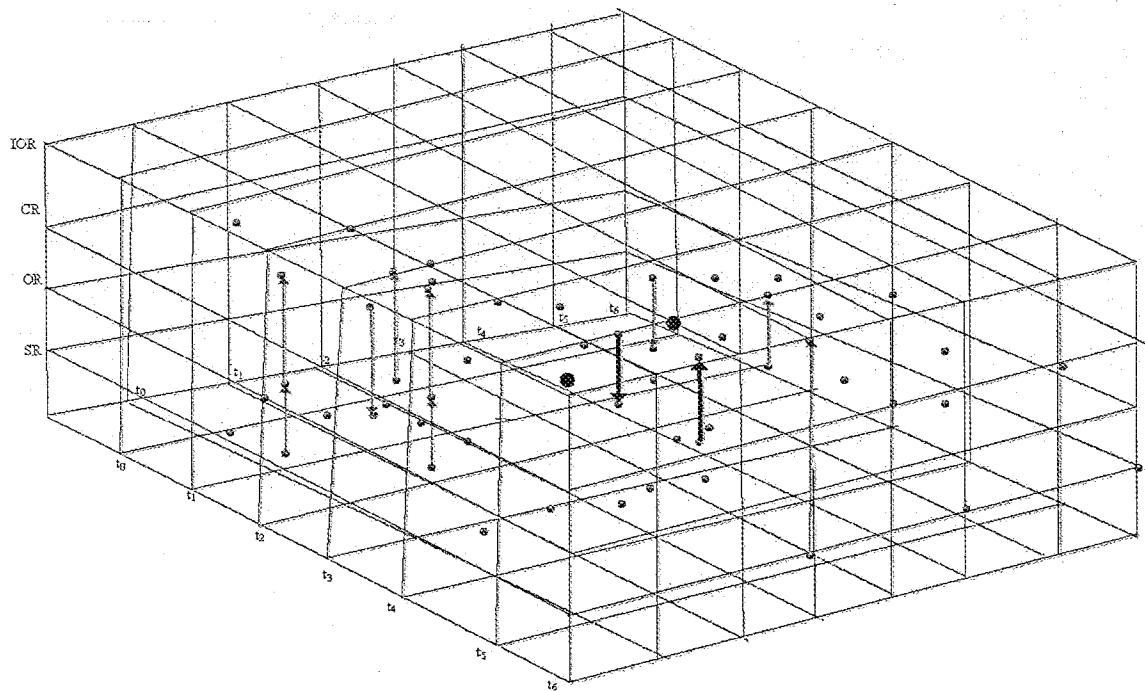


图 8

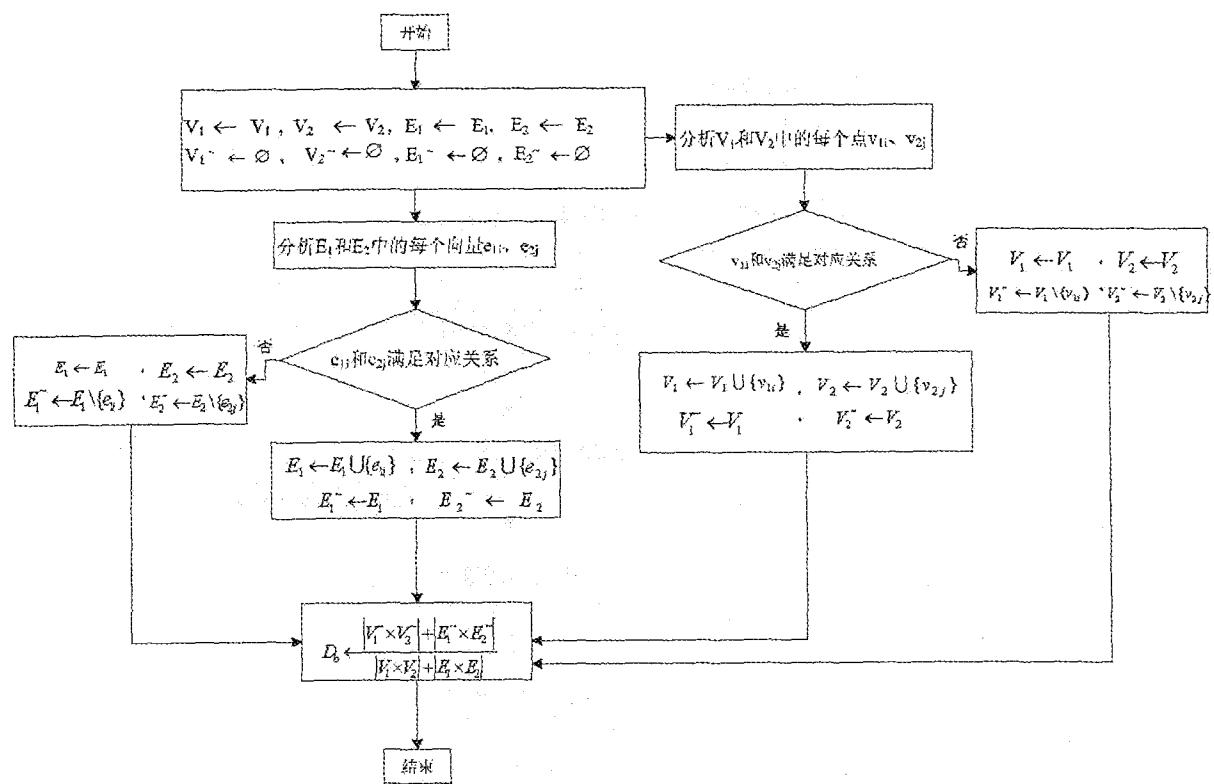


图 9

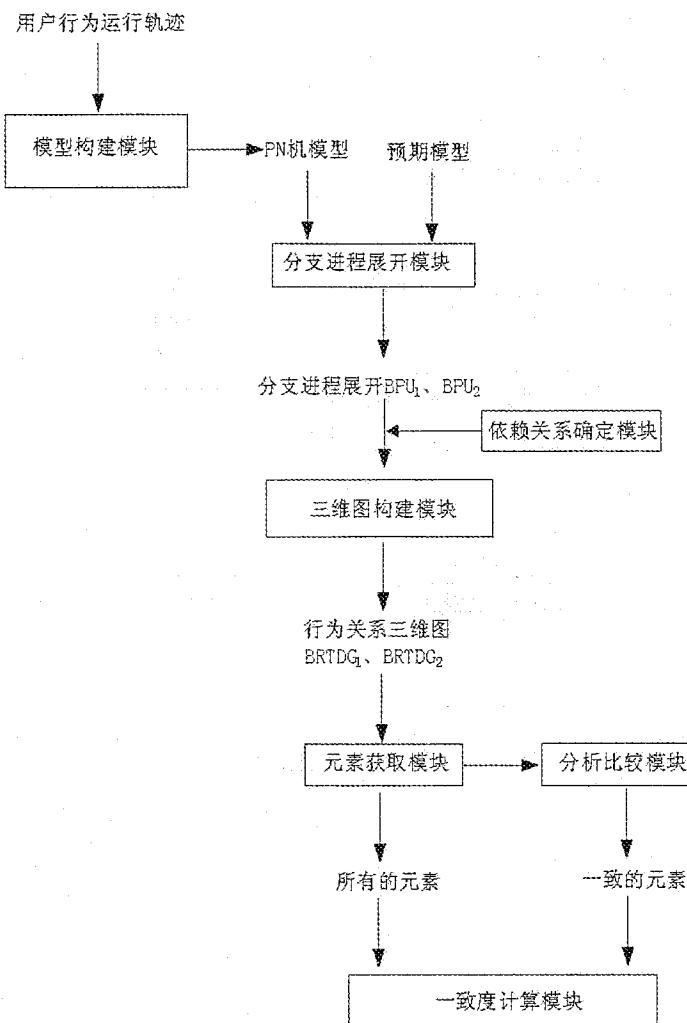


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/071042

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 19/00 (2011.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: TONGJI UNIVERSITY; branch, user, model; JIANG, Changjun; DING, Zhiyun; WANG, Mimi; ZHAO, Peihai; CHEN, Hongzhong; YAN, Chungang; behavior, coherence, consistency

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104133808 A (TONGJI UNIVERSITY), 05 November 2014 (05.11.2014), description, paragraphs [0041]-[0051] and [0056]-[0066]	1-14
A	CN 103336694 A (BEIJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS), 02 October 2013 (02.10.2013), the whole document	1-14
A	CN 102402484 A (BEIJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS), 04 April 2012 (04.04.2012), the whole document	1-14
A	US 2014344790 A1 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION), 20 November 2014 (20.11.2014), the whole document	1-14

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
12 July 2016 (12.07.2016)

Date of mailing of the international search report
26 July 2016 (26.07.2016)

Name and mailing address of the ISA/CN:
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer
TIAN, Jing
Telephone No.: (86-10) **62413701**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/071042

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104133808 A	05 November 2014	WO 2016004744 A1	14 January 2016
CN 103336694 A	02 October 2013	None	
CN 102402484 A	04 April 2012	None	
US 2014344790 A1	20 November 2014	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/071042

A. 主题的分类

G06F 19/00 (2011.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 分支, 模型, 行为, 一致性, 用户, 同济大学, 蒋昌俊, 陈闳中, 闫春钢, 丁志军, 王咪咪, 赵培海, branch, user, model, changjun jiang, zhijun ding, mimi wang, peihai zhao, hongzhong chen, chungang yan, behavior, coherence, consistency

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 104133808 A (同济大学) 2014年 11月 5日 (2014 - 11 - 05) 说明书第[0041]-[0051], [0056]-[0066]段	1-14
A	CN 103336694 A (北京航空航天大学) 2013年 10月 2日 (2013 - 10 - 02) 全文	1-14
A	CN 102402484 A (北京航空航天大学) 2012年 4月 4日 (2012 - 04 - 04) 全文	1-14
A	US 2014344790 A1 (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION) 2014年 11月 20日 (2014 - 11 - 20) 全文	1-14

 其余文件在C栏的续页中列出。 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“0” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“&” 同族专利的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

国际检索实际完成的日期

2016年 7月 12日

国际检索报告邮寄日期

2016年 7月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

田晶

传真号 (86-10) 62019451

电话号码 (86-10) 62413701

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/071042

检索报告引用的专利文件		公布日 (年/月/日)		同族专利		公布日 (年/月/日)	
CN	104133808	A	2014年 11月 5日	WO	2016004744	A1	2016年 1月 14日
CN	103336694	A	2013年 10月 2日		无		
CN	102402484	A	2012年 4月 4日		无		
US	2014344790	A1	2014年 11月 20日		无		

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)