

(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
2016 年 12 月 22 日 (22.12.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/202209 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 17/30 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/085242

(22) 国际申请日: 2016 年 6 月 8 日 (08.06.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
2015103368645 2015 年 6 月 17 日 (17.06.2015) CN

(71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

(72) 发明人: 李荣华 (LI, Ronghua); 中国广东省深圳南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。蔡涛涛 (CAI, Taotao); 中国广东省深圳南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。毛睿 (MAO, Rui); 中国广东省深圳南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。邱宇轩 (QIU, Yuxuan); 中国广东省深圳南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。秦璐 (QIN, Lu); 中国广东省深圳南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市兴科达知识产权代理有限公司 (CHINA ZKD LAW FIRM); 中国广东省深圳市南山

区科技园高新南一道 008 号创维大厦 A602, Guangdong 518000 (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, 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))。
- 包括关于援引加入遗漏部分和/或项目的信息 (细则 20.6)。

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ESTIMATING USER INFLUENCE IN SOCIAL NETWORK USING GRAPH SIMPLIFICATION TECHNIQUE

(54) 发明名称: 基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算方法及装置

(57) Abstract: Provided are a method and device for estimating a user influence in a social network using a graph simplification technique. The method comprises: (1) acquiring a probability graph *G* of a social network having a user influence to be estimated, a preset number *N* of selected possible graphs and a node *u*, and parameters *r* and *t*; (2) estimating an influence of the node *u* in the probability graph *G* by using a recursive stratified sampling algorithm and a graph simplification technique. A recursive stratified sampling method using a graph simplification technique incorporates a technique of graph simplification, and thus nodes and edges irrelevant to estimation of a user influence can be trimmed more rapidly, thereby achieving rapid estimation of influence. Moreover, a graph simplification process can avoid selecting and stratifying edges irrelevant to calculation of a node influence during the recursive stratified sampling, thereby enhancing algorithm accuracy. The recursive stratified sampling method using the graph simplification technique is faster and has higher accuracy, as compared with the existing methods.

(57) 摘要: 一种基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算方法及装置, 其中的方法包括: (一) 获取待估算用户影响力的社交网络的概率图 *G*, 预设抽取可能图的个数 *N*、节点 *u*, 以及参数 *r* 和 *t*; (二) 利用递归分层抽样算法和图简化技术估算概率图 *G* 中节点 *u* 的影响力。基于图简化技术的递归分层抽样方法集成了图简化的技术, 一方面可以较快地剪枝掉那些对估计用户影响力无关的节点和边, 从而可以实现快速的影响力估计; 另一方面, 图简化的过程可以避免在递归分层抽样过程中选取与计算节点影响力无关的边进行分层, 从而提高算法的精度。基于图简化技术的递归分层抽样方法较现有方法具有更快的速度和更高的精度。



WO 2016/202209 A1

说明书

基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算方法及装置技术领域

本发明涉及社交网络的影响传播分析、图数据管理，以及图数据挖掘等相关技术领域，尤其涉及一种基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算方法及装置。

背景技术

近年来，在线社交网络的分析与挖掘引起了学术界和工业界的广泛兴趣。对于在线社交网络分析，其中的一个重要研究问题是分析和估计社交网络中用户的影响力（参考文献[1]：D. Kempe, J. Kleinberg, and E. Tardos. Maximizing the spread of influence through a social network. In KDD, 2003）。通过估计用户的影响力，我们可以评估该用户对社交网络中的其它用户的影响程度，从而可以用于社交网络推荐等相关的应用。例如，假设我们知道用户 A 对用户 B 具有较大的影响力，那么我们可以推荐 A 买过的物品给用户 B。

通常，我们可以用一个概率图的模型来对一个在线社交网络进行建模，其中图中的一个顶点对应一个用户，图中的一条边对应用户之间的朋友关系，边上的概率值对应朋友之间的相互影响的概率，并且边与边之间的概率是相互独立的。例如，在图 1 中，用户 v1 对用户 v2 的影响概率为 0.3。

在一个社交网络中，一个用户的影响力可以定义为该用户在概率图上所能到达的节点个数的期望值。基于这一定义，社交网络中的用户影响力估计问题即为：给定一个用户 u 和一个概率图 $G=(V, E, P)$ ，估计 u 在 G 中所能到达的节点个数的期望。由于这一问题被证明是 #P 完全的（参考文献[2]：W. Chen, Y.

说明书

Wang, and S. Yang. Efficient influence maximization in social networks. In KDD, 2009), 所以基本上不可能存在多项式时间的算法, 除非 $P=\#P$ 。为了计算节点的影响力, 现有的文献都是基于蒙特卡罗抽样算法[1,2]。蒙特卡罗抽样算法的具体流程如下: 首先, 对概率图上所有的边根据其概率值进行抽样, 独立重复这一过程 N 次, 从而生成 N 个“可能图”(possible graph), 也称为生产 N 个样本。接着, 我们分别在这 N 个“可能图”中计算 u 节点所能到达的节点的个数。然后, 我们取均值, 从而得到节点 u 的影响力的一个无偏估计。然而, 这种基于蒙特卡罗抽样的算法通常都会产生较大的方差, 因此会降低影响力估计的精度。为减少蒙特卡罗抽样算法的方差, 在文献[3](R.-H. Li, J. X. Yu, R. Mao, and T. Jin. Efficient and accurate query evaluation on uncertain graphs via recursive stratified sampling. In ICDE, 2014) 中, Li 等人提出了一种基于递归分层抽样的估计算法。Li 等人证明该算法能够显著降低基本的抽样算法的方差, 从而提高估计的精度。递归分层抽样的具体做法是, 从概率图中任意选取 r 条边, 然后根据这 r 条边的状态对整个可能图样本空间进行分层。第 0 层对应所有的 r 条边的状态都是 0; 也即在该层中, 所有可能图都不包含这 r 条边。第 1 层对应第 1 条边的状态为 1, 其它 $r-1$ 条边的状态不确定; 也即在该层中, 所有可能图都包含第 1 条边。第 2 层对应第 1 条边的状态为 0, 第 2 条边的状态为 1, 其它 $r-2$ 条边的状态不确定; 也即在该层中, 所有可能图都包含第 2 条边, 并且不包含第 1 条边。第 3 层对应第 1, 2 条边状态为 0, 第 3 条边的状态为 1, 其余 $r-3$ 条边的状态不确定; 也即在该层中, 所有可能图都包含第 3 条边, 并且不包含第 1, 2 条边。以此类推, 第 r 层对应第 1 至 $r-1$ 条的状态为 0, 第 r 条边的状态为 1, 其余边不确定; 在该层中, 所有可能图都包含第 r 条边, 并且不包含第 1 至 $r-1$ 条边。具体分层方法详见图 2。这种选取 r 条边进行分层的策略可以递归地运用到每一层, 从而得到

说明书

递归的分层抽样算法。Li 等人证明该算法较基本的蒙特卡罗抽样算法具有更小的方差，从而具有更高的精度。

在上述算法中，基本的蒙特卡罗抽样算法具有较大的方差。因此为了达到一定的估计精度，这一算法通常需要抽取很多可能图。抽取一个可能图通常需要 $O(m)$ 的时间复杂度，这里的 m 表示概率图中边的条数。因此，该算法在实践中并不高效。递归分层抽样算法通常能够显著地减少基本蒙特卡罗算法的大方差问题，但是这一算法仍然需要花费 $O(m)$ 的时间抽取一个可能图，并且该算法有可能会选到一些与计算节点影响力无关的边进行分层，从而降低算法的精度。

发明内容

本发明的目的在于提供一种基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算方法及装置，克服传统的递归分层抽样算法中存在的耗费较多估算时间以及估算精度低的缺陷。

本发明的目的是通过以下技术方案实现的。

一种基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算方法，包括：

（一）获取待估算用户影响力的社交网络的概率图 G ，预设抽取可能图的个数 N 、节点 u ，以及参数 r 和 t ；

（二）利用递归分层抽样算法和图简化技术估算概率图 G 中节点 u 的影响力。

其中，所述步骤（二）进一步包括：

判断所述概率图 G 中的边数是否小于 r 或者所述抽取可能图的个数 N 是否小于 t ，若否，则循环执行以下步骤：

（S1）从 G 中任意选取 r 条边，并对 G 按照 r 条边的状态分为 $r+1$ 层；

说明书

(S2) 从第 0 层至第 r 层, 循环执行以下步骤:

(S21) 对于第 i 层, 根据第 i 层所对应的 r 条边的状态简化图 G , 并令简化后的图为 G_i ;

(S22) 根据递归分层抽样算法计算第 i 层需要抽取的可能图的个数 N_i ;

(S23) 以参数 G_i, N_i, u, r, t 递归调用这一算法;

(S24) 根据递归分层抽样算法累计估计值。

其中, 所述步骤 (二) 还包括: 在判断所述概率图 G 中的边数小于 r 或者所述抽取可能图的个数 N 小于 t 时, 利用基本的蒙特卡罗抽样估算节点 u 的影响力。

一种基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算装置, 包括:

概率图获取单元, 用于获取待估算用户影响力的社交网络的概率图 G , 预设抽取可能图的个数 N 、节点 u , 以及参数 r 和 t ;

影响力估算单元, 用于利用递归分层抽样算法和图简化技术估算概率图 G 中节点 u 的影响力。

本发明实施例与现有技术相比, 本发明具有以下优点:

本发明实施例基于图简化技术的递归分层抽样方法可以用于估计社交网络中的用户的影响力, 该方法集成了图简化的技术, 一方面可以较快地剪枝掉那些对估计用户影响力无关的节点和边, 从而可以实现快速的影响力估计; 另一方面, 图简化的过程可以避免在递归分层抽样过程中选取与计算节点影响力无关的边进行分层, 从而可以提高算法的精度。总体上讲, 基于图简化技术的递归分层抽样方法较现有的递归分层抽样方法具有更快的速度和更高的精度。

说明书

附图说明

图 1 是一个社交网络的概率图；

图 2 是基本的递归分层方法示例图；

图 3 是本发明实施例提供的基于图简化的递归分层方法示例图；

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

为了解决上述背景技术的缺陷，本发明采用的技术方案是开发一种基于图简化技术的递归分层抽样方法。该方法的基本思路是基于递归分层抽样算法之上引入一种图简化的技术。具体地，在每次分层的过程中，由于选中的 r 条边中有些边是可以确定知道它们不会包含在该层所对应的所有可能图中。例如根据递归分层抽样的算法，在第 r 层中，前 $r-1$ 条边的状态为 0，也即这 $r-1$ 条边不会出现在该层所对应的所有可能图中。基于这一观察，本发明可以从概率图中删除这 $r-1$ 条边，然后再来对剩余的图进行抽样。注意到，当删除一些边后，剩余图中的某些边可能对计算节点的影响力不起作用，本发明称这些边为无关边。对于无关边，本发明可以一并删除，从而达到简化图的效果。而且，这种图简化的技术可以递归地应用于基本的递归分层抽样算法的每次分层过程中。具体的方法流程如下：

输入：图 $G = (V, E, P)$ ，抽取可能图的个数 N ，节点 u ，以及参数 r 和 t ；

输出：节点 u 的影响力的一个无偏估计

步骤 1、如果图 G 的边数小于 r ，或者 N 小于 t ，则调用基本的蒙特卡罗抽

说明书

样估计节点 u 的影响力;

步骤 2、否则执行以下步骤;

步骤 2.1、从 G 中任意选取 r 条边, 并对 G 按照 r 条边的状态分为 $r+1$ 层;

步骤 2.2、从第 0 层至第 r 层, 循环执行以下步骤:

步骤 2.2.1 对于第 i 层, 根据第 i 层所对应的 r 条边的状态简化图 G , 并令简化后的图为 G_i ;

步骤 2.2.2、根据递归分层抽样算法计算第 i 层需要抽取的可能图的个数 N_i ;

步骤 2.2.3、以参数 G_i, N_i, u, r, t 递归调用这一算法;

步骤 2.2.4、根据递归分层抽样算法累计估计值。

相对于递归分层抽样算法, 本发明中的算法多了 2.2.1 这一步骤。在整个算法中, 我们可以在 $O(m)$ 的时间复杂度内实现所有的图简化步骤。具体做法如下: 首先, 基于图简化的递归分层抽样算法将产生一个递归树。在递归树中的每一个节点都代表了一个分层, 也即代表一个可能图的子集。例如, 递归树的根节点代表了整个可能图的集合, 根节点的 $r+1$ 个孩子节点代表了第一次分层过程中的 $r+1$ 层。我们约定递归树中的每个内部节点的孩子节点从左至右分别代表了在该内部节点分层后所得到的第 0, $r, \dots, 1$ 层。具体示意图可以详见图 3。然后, 考虑简化递归树中的第 2 层的所有 $r+1$ 个内部节点所对应的分层。我们按照从左至右的顺序简化这 $r+1$ 个层。在简化第 0 层(也即递归树第 2 层中最左边的节点)时, 我们将第 0 层所对应的状态为 0 的边删除, 然后从 u 节点出发执行广度优先遍历 (BFS) 整个图。那些没有被 BFS 遍历到的节点以及其相连的边都是无用边, 可以一并删除。这是因为这些节点在第 0 层所对应的所有可能图中, 对

说明书

估计节点 u 的影响力无关。我们将该 BFS 所遍历到的边进行标记。在第 0 层中，简化后的图即为被 BFS 过程访问过的节点和边组成的图。接着，我们采用剪枝的 BFS 来简化第 r 层。具体地，我们首先删除第 r 层所对应的状态为 0 的边，然后运行剪枝的 BFS 来遍历整个图。在这个过程中，被之前的 BFS 访问过的边我们将不再遍历，并且我们同样标记被剪枝的 BFS 访问过的边。由于第 r 层比第 0 层多了一条状态为 1 的条边（详见图 2）。因此，这一剪枝的 BFS 过程等价于找到那些只能通过这条状态为 1 的边到达的节点。在第 r 层中，简化后的图即为被这 2 个 BFS 过程访问过的节点和边组成的图。依次类推，在简化第 $r-1$ 至第 1 层时，我们采用类似的剪枝的 BFS 过程。不难验证，由于我们采用了剪枝的 BFS 来简化所有的 $r+1$ 层，所以在整个过程中，算法最多访问图中的每条边一次。因此，在简化递归树的第二层的所有节点所对应的 $r+1$ 个分层的时间复杂度为 $O(m)$ 。同样，在简化递归树的第三层以及其它层时，我们采用类似的从左至右调用剪枝 BFS 算法来简化所有的内部节点所对应的分层。容易验证，在每一层中，算法所需的时间复杂度为 $O(m)$ 。由于在实践过程中， r 通常为一个相对不小的常数，例如 $r=50$ ，而样本大小 N 通常为 10000 左右，那样递归树的高度 d 最多为 $\log_{50}(10000) < 3$ 。因此，整个算法的时间复杂度为 $O(dm)=O(m)$ 。

由于图简化的过程与图的大小呈线性关系，所以整个基于图简化技术的递归分层抽样算法的时间复杂度与普通的递归分层抽样算法一致。但是由于我们集成了图简化的技术，因此在抽取可能图的计算过程中，可以省略那些被简化掉的边，因而可以提高算法的速度。此外，由于该算法能够避免选取无用边做分层，而且图简化的过程本身就是在降低概率图的不确定性，因而可以提高算法的估计精度。

下面，以图 1 为例来说明整个算法的运行过程。假设目前需要估计图 1

说明书

中节点 v_4 的影响力。另外，假设 $r=2$ 。下面将考虑一次分层算法的运行过程，多次分层的算法过程与一次分层算法的过程非常类似，因此不再赘述。假设选取 (v_4, v_5) , (v_4, v_1) 两条边来分层。其中第 0 层的所有可能图都不包含这两条边，第 1 层的所有可能图包含 (v_4, v_5) 这条边，以及第 2 层的所有可能图包含边 (v_4, v_1) ，但不包含边 (v_4, v_5) 。在第 0 层中，本实施例可以简化所有的节点。这是因为删除边 (v_4, v_5) 和边 (v_4, v_1) 后 v_4 不能到达任何其它节点。所以，第 0 层所对应的简化后的图为一个零图，即不包含任何节点和边的图。由于在零图中，节点 u 的影响力显然为 0，因此在第 0 层中，无需抽样即可计算节点 u 的影响力。然后，根据本发明的图简化方法，开始简化第 2 层。在第 2 层中，可以发现 (v_5, v_2) 这条边不会被剪枝的 BFS 过程访问，因此在这一过程中，这条边将会被简化。因此第 2 层所对应的简化后的图如图 1 减去边 (v_4, v_5) 和 (v_5, v_2) 。然后，根据递归分层抽样的算法对简化后的图进行抽样。接着，简化第 1 层。在简化第 1 层中，调用剪枝的 BFS 从 v_4 出发，遍历那些未被之前的 BFS 访问过的节点和边。容易发现，在此过程中，仅有 (v_4, v_5) 和 (v_5, v_2) 这 2 条边才会被本次剪枝的 BFS 访问。在第 1 层中，不能简化任何边，因此简化后的图即为原图。然后再根据递归分层抽样的算法对图 1 进行抽样。在这个过程中，不难发现，所有的 BFS 和剪枝 BFS 过程最多只会对图 1 中的边访问 1 次，因此整个图简化的过程的时间复杂度为 $O(m)$ 。

综上，由于图简化的过程与图的大小呈线性关系，所以整个基于图简化技术的递归分层抽样估算方法的时间复杂度与普通的递归分层抽样算法一致，但是由于本发明集成了图简化的技术，因此在抽取可能图的计算过程中，可以省略那些被简化掉的边，因而可以提高估算速度；此外，由于本发明能够避免选取无用边做分层，而且图简化的过程本身就是在降低概率图的不确定性，因而

说 明 书

还可以提高估计精度。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算方法，其特征在于，该方法包括：

（一）获取待估算用户影响力的社交网络的概率图 G ，预设抽取可能图的个数 N 、节点 u ，以及参数 r 和 t ；

（二）利用递归分层抽样算法和图简化技术估算概率图 G 中节点 u 的影响力。

2、如权利要求 1 所述的基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算方法，其特征在于，所述步骤（二）进一步包括：

判断所述概率图 G 中的边数是否小于 r 或者所述抽取可能图的个数 N 是否小于 t ，若否，则循环执行以下步骤：

（S1）从 G 中任意选取 r 条边，并对 G 按照 r 条边的状态分为 $r+1$ 层；

（S2）从第 0 层至第 r 层，循环执行以下步骤：

（S21）对于第 i 层，根据第 i 层所对应的 r 条边的状态简化图 G ，并令简化后的图为 G_i ；

（S22）根据递归分层抽样算法计算第 i 层需要抽取的可能图的个数 N_i ；

（S23）以参数 G_i, N_i, u, r, t 递归调用这一算法；

（S24）根据递归分层抽样算法累计估计值。

3、如权利要求 2 所述的基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算方法，其特征在于，所述步骤（二）还包括：在判断所述概率图 G 中的边数小于 r 或者所述抽取可能图的个数 N 小于 t 时，利用基本的蒙特卡罗抽样估算节点 u 的影响力。

4、一种基于图简化技术的社交网络中用户影响力估算装置，其特征在于，该装置包括：

权 利 要 求 书

概率图获取单元，用于获取待估算用户影响力的社交网络的概率图 G ，预设抽取可能图的个数 N 、节点 u ，以及参数 r 和 t ；

影响力估算单元，用于利用递归分层抽样算法和图简化技术估算概率图 G 中节点 u 的影响力。

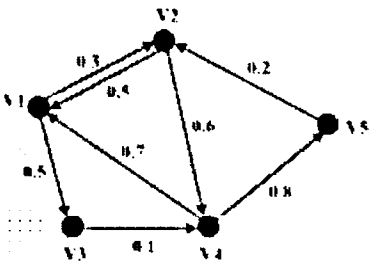


图 1

Edges	c_1	c_2	c_3	$\dots$	c_r	c_{r+1}	$\dots$	c_m
Stratum 0	0	0	0	$\dots$	0	*	$\dots$	*
Stratum 1	1	*	*	$\dots$	*	*	$\dots$	*
Stratum 2	0	1	*	$\dots$	*	*	$\dots$	*
Stratum 3	0	0	1	$\dots$	*	*	$\dots$	*
$\dots$				$\dots$				
Stratum r	0	0	0	$\dots$	1	*	$\dots$	*

图 2

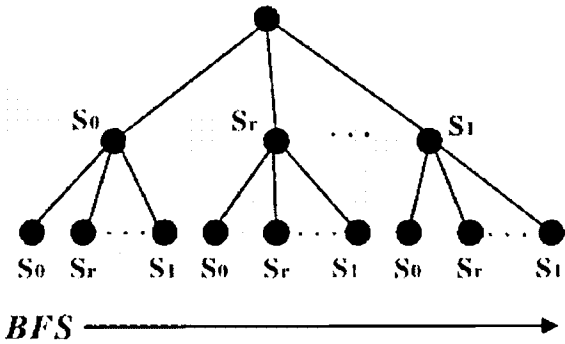


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/085242

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 17/30 (2006.01) 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, IEEE, CNKI: social, network, influence, pruning, graph, recursive, evaluation, calculate, simplify, lop, probability

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104951531 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 30 September 2015 (30.09.2015) claims 1 to 4	1-4
Y	LI, Ronghua et al. "Efficient and Accurate Query Evaluation on Uncertain Graphs via Recursive Stratified Sampling" 2014 ICDE, 31 December 2014 (31.12.2014) pages 892 to 894	1, 4
Y	CN 101551789 A (TIANJIN UNIVERSITY) 07 October 2012 (07.10.2012) description, page 8, the second paragraph to the sixth paragraph, and figure 3	1, 4
A	CN 102722566 A (SHANGHAI UNIVERSITY OF ELECTRIC POWER) 10 October 2012 (10.10.2012) the whole document	1-4
A	CN 104598605 A (FUZHOU UNIVERSITY) 06 May 2015 (06.05.2015) the whole document	1-4

☒ 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 01 September 2016	Date of mailing of the international search report 18 September 2016
Name and mailing address of the ISA 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 YAN, Miaoqing Telephone No. (86-10) 53311150

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/085242

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102799625 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 28 November 2012 (28.11.2012) the whole document	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/085242

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104951531 A	30 September 2015	None	
CN 101551789 A	07 October 2009	None	
CN 102722566 A	10 October 2012	CN 102722566 B	15 April 2015
CN 104598605 A	06 May 2015	None	
CN 102799625 A	28 November 2012	CN 102799625 B	24 December 2014
		US 2014324539 A1	30 October 2014
		WO 2014000435 A1	03 January 2014

A. 主题的分类 G06F 17/30 (2006.01) 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, IEEE, CNKI: 社交网络, 影响力, 算, 递归, 简化, 剪枝, 概率, social, network, influence, pruning, graph, recursive, evaluation		
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
PX	CN 104951531 A (深圳大学) 2015年 9月 30日 (2015 - 09 - 30) 权利要求1-4	1-4
Y	LI, Ronghua 等, "Efficient and Accurate Query Evaluation on Uncertain Graphs via Recursive Stratified Sampling," 2014 ICDE, 2014年 12月 31日 (2014 - 12 - 31), 第892-894页	1, 4
Y	CN 101551789 A (天津大学) 2009年 10月 7日 (2009 - 10 - 07) 说明书第8页第2段至第6段、附图3	1, 4
A	CN 102722566 A (上海电力学院) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 全文	1-4
A	CN 104598605 A (福州大学) 2015年 5月 6日 (2015 - 05 - 06) 全文	1-4
A	CN 102799625 A (华为技术有限公司) 2012年 11月 28日 (2012 - 11 - 28) 全文	1-4
☐ 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 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “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 “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 “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 “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 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2016年 9月 1日		国际检索报告邮寄日期 2016年 9月 18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 传真号 (86-10) 62019451		授权官员 颜庙青 电话号码 (86-10) 53311150

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/085242

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	104951531	A	2015年 9月 30日	无			
CN	101551789	A	2009年 10月 7日	无			
CN	102722566	A	2012年 10月 10日	CN	102722566	B	2015年 4月 15日
CN	104598605	A	2015年 5月 6日	无			
CN	102799625	A	2012年 11月 28日	CN	102799625	B	2014年 12月 24日
				US	2014324539	A1	2014年 10月 30日
				WO	2014000435	A1	2014年 1月 3日