

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042339**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.06

(51) Int. Cl. **G06N 5/00** (2006.01)
G06Q 10/06 (2012.01)

(21) Номер заявки
202290826

(22) Дата подачи заявки
2022.03.30

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЕЧНЫХ ВЛАДЕЛЬЦЕВ КОМПАНИЙ ПО ДАННЫМ ВЛАДЕНИЯ**

(31) **2022106758**

(56) US-B2-11222073
US-B1-7783658
US-A1-20150317384
US-A1-20150220588
RU-C1-2690213

(32) **2022.03.15**

(33) **RU**

(43) **2023.02.02**

(96) **2022000020 (RU) 2022.03.30**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АВТОНОМНАЯ
НЕКОММЕРЧЕСКАЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "СКОЛКОВСКИЙ
ИНСТИТУТ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Половников Кирилл Евгеньевич,
Поспелов Никита Андреевич,
Скугаревский Дмитрий Анатольевич
(RU)**

(74) Представитель:
Котлов Д.В. (RU)

(57) Изобретение относится к способам теории графов (сетей) и предназначено для эффективного выявления, ранжирования и анализа конечных владельцев и поиска скрытых владений компаний в стране по записям владения для всей корпоративной сети. Предлагаемое решение осуществляет выявление всех существующих направленных путей владения между компанией и остальными узлами сети, вычисление доли владения на всех таких путях, выявление и ранжирование по итоговой доле всех конечных владельцев, т.е. узлов в графе владений, не имеющих входящих связей (физические лица и организации в реестре, по которым отсутствуют данные об участниках), определение скрытых владений над организациями в циклах из организаций, не имеющих конечных владельцев. Техническим результатом является автоматизация определения скрытых владений компаний по данным владения компаний посредством определения долей непрямого владения и ранжирования конечных владельцев за счет учета циклических владений. Дополнительным техническим результатом является увеличение производительности вычислительной системы при решении поставленной задачи.

B1**042339****042339****B1**

Заявка на выдачу патента на изобретение подготовлена в рамках выполнения мероприятия 2.2.1 Исследовательского центра в сфере искусственного интеллекта по направлению "Оптимизации управленческих решений в целях снижения углеродного следа" при поддержке АНО "Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации" (идентификатора соглашения о предоставлении субсидии - 000000D730321P5Q0002, соглашение № 70-2021-00145 от 02.11.2021).

Область техники

Настоящее техническое решение относится к области информационных технологий, а именно к способам теории графов (сетей) и предназначено для эффективного выявления, ранжирования и анализа конечных владельцев и поиска скрытых владений компаний в стране по записям владения для всей корпоративной сети.

Уровень техники

Несмотря на то, что доли участников (учредителей) компаний регистрируются в публичных реестрах, зачастую сложные транзитивные отношения между компаниями приводят к тому, что конечные владельцы (бенефициары) оказываются скрытыми в открытых данных. В научной литературе исходные отношения между компаниями и участниками получили название "прямых", а владения через промежуточные компании называются "косвенными". Хорошо известно, что анализ лишь прямых отношений недостаточен для выявления скрытых владельцев, а также конечных владельцев, которые могут реализовывать свой контроль над компанией через цепочку промежуточных владений.

Для анализа косвенных отношений в научной литературе по корпоративному контролю используется графовое (сетевое) представление данных по владению, в котором участники и компании моделируются вершинами (узлами) графа, а доли прямых владений задают веса ребер (связей) графа. В результате данные по корпоративному владению в стране могут быть представлены в виде ориентированного взвешенного графа. Такое представление полезно и широко используется для анализа структуры собственности компаний. Визуальный анализ таких структур в некоторых простых случаях позволяет увидеть конечных владельцев в цепочках владений.

Однако зачастую конечные владельцы организаций оказываются скрыты за сложной структурой взаимосвязей между компаниями. В некоторых юрисдикциях (например, в российской) распространены циклические владения, в этой ситуации компания X может косвенно владеть сама собой; возможно существование нескольких цепочек промежуточных компаний, ведущих от владельца до контролируемой компании; зачастую имеется несколько потенциальных конечных владельцев, от которых ведут пути владения; кроме того, распространены случаи, когда компании, объединенные в цикл (не имеющий конечного владельца), владеют другой компанией. Эти типичные особенности структуры сетей владения существенно осложняют их визуальный анализ на предмет определения главных конечных владельцев, а также их результирующих долей. В то же время эти особенности являются типичными для сложных сетей различной природы, и могут быть обработаны теоретико-сетевым алгоритмом.

Из уровня техники известен источник информации US 11222073 B2, опубликованный 11.01.2022 г. раскрывающий систему и способ определения степени владения целевым бизнесом путем заполнения структуры базы данных, в которой бизнесы и отношения собственности между бизнесами представлены узлами и связями. Шаги включают запрос к базе данных для установления соответствующих связей владения; анализ запроса для определения циклов владения; разрыв отношений собственности; и вычисление процентной доли владения каждого из владельцев целевого бизнеса на основе разорванных отношений собственности.

Предлагаемое решение отличается от известного из уровня техники тем, что находятся конечные циклы из компаний, владеющие организациями, и рассчитываются соответствующие доли владения этих циклов наравне с конечными владельцами; определение долей конечных владельцев для всех компаний в графе осуществляют одновременно; учитываются сложные циклические владения в корпоративной сети при расчете долей владения участниками.

Сущность изобретения

Технической задачей, на решение которой направлено заявленное техническое решение, является создание системы автоматизированного поиска конечных владельцев и скрытых владений с учетом циклических владений в данных, позволяющей быстро и точно решить задачу для всех организаций и их участников в стране. Для решения вышеуказанной задачи разработан способ определения конечных владельцев компании по данным владения, охарактеризованный в независимом пункте формулы. Дополнительные варианты реализации настоящего изобретения представлены в зависимых пунктах изобретения.

Техническим результатом, достигающимся при решении вышеуказанной технической проблемы, является автоматизация определения скрытых владений компаний по данным владения компаний посредством определения долей непрямого владения и ранжирования конечных владельцев за счет учета циклических владений. Дополнительным техническим результатом является увеличение производительности вычислительной системы при решении поставленной задачи. Дополнительным техническим результатом является ускорение процесса определения скрытых владений компаний по данным владения компаний посредством автоматического выполнения заявленного способа. Дополнительным техническим результатом является повышение эффективности (качества) определения скрытых владений компа-

ний по данным владения компаний посредством автоматического определения доли конечных владельцев компаний для всей корпоративной сети (включая сильно связанные компоненты). Дополнительным техническим результатом является определение оценки устойчивости владения организациями.

Заявленный результат достигается за счет осуществления компьютерно-реализуемого способа автоматического определения конечных владельцев с учетом циклических владений, выполняющегося на вычислительном устройстве, содержащем процессор и память, хранящую инструкции, исполняемые процессором и содержащие этапы, на которых:

на втором сервере осуществляют представление данных по меньшей мере одной компании в виде ориентированно взвешенного графа владения, где по меньшей мере одна компания является узлом графа, а веса ребер между узлами равны долям участия в компаниях;

осуществляют итеративное удаление узлов и все инцидентные с ними ребра, если узлы имеют только входящие или только исходящие ребра, причем на каждой итерации происходит одновременное удаление узлов во всех компонентах связности графа;

в результате итеративного удаления получают подграф - ядро корпоративной сети с циклическими владениями - в котором узлы имеют по меньшей мере одно входящее и по меньшей мере исходящее ребро;

в ядре корпоративной сети выделяют сильно-связанные компоненты, отвечающие группам компаний без конечных владельцев;

составляют гиперграф между сильно-связанными компонентами, отвечающим группам компаний без конечных владельцев, и исходными узлами, не входящими в эти группы компаний; граф ядра заменяется таким гиперграфом;

осуществляют поиск компоненты связности ядра, причем узлы, не вошедшие в компоненту связности ядра, принадлежат одной из древовидных компонент связности корпоративной сети;

найденная связная компонента раскладывается на три подграфа, 1) ядро корпоративной сети, 2) узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь из ядра (исходящая оболочка ядра) и 3) узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь до ядра, включая узлы, не имеющие путь из ядра (входящая оболочка ядра);

образуют матрицу смежности ядра корпоративной сети, матрицы входящей и исходящей оболочек, а также матрицы смежности древовидных компонент;

осуществляют расчет матрицы транзитивного владения для древовидных компонент, ядра и оболочек ядра;

получают итоговую матрицу транзитивного владения всей корпоративной сети и выделяют строки, соответствующие узлам без входящих ребер - конечные владельцы;

для каждой компании осуществляют ранжирование ее конечных владельцев по соответствующей доле владения.

Описание чертежей

Реализация изобретения будет описана в дальнейшем в соответствии с прилагаемыми чертежами, которые представлены для пояснения сути изобретения и никоим образом не ограничивают область применения изобретения. К заявке прилагаются следующие чертежи.

Фиг. 1 иллюстрирует блок-схему работы предлагаемого способа.

Фиг. 2 иллюстрирует разложение графа владения до ядра. Узлы графа черного цвета, находящиеся в треугольнике - участники, которые никому не принадлежат, узлы графа черного цвета, находящиеся в квадрате - компании, которые ничем не владеют, компании-посредники отмечены белым цветом, а компании в ядре отмечены узлами графа черного цвета, находящиеся в круге. Подписи узлов отвечают номеру шага итеративной процедуры удаления, на котором данный узел удаляется вместе со своими ребрами из графа. Узлы графа, находящиеся в круге (ядро) устойчивы к удалению за счет наличия циклов. Компоненты связности, не содержащие узлы ядра, являются деревьями, т.е. не содержат циклов.

Фиг. 3 иллюстрирует классификацию узлов сети на четыре структуры, которая используется для разложения матрицы транзитивного владения всей корпоративной сети. А именно, узлами графа черного цвета, находящимися в треугольнике, отмечена входящая оболочка ядра (узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь до ядра, включая узлы, не имеющие путь из ядра), узлами графа черного цвета, находящимися в квадрате, отмечена исходящая оболочка ядра (узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь из ядра), узлами графа черного цвета, находящимися в круге, отмечено ядро корпоративной сети, а узлы графа черного цвета, находящиеся в ромбе, принадлежат древовидным компонентам связности. Нумерация узлов отражает нумерацию узлов в сети для удобства.

Фиг. 4 иллюстрирует построение матрицы W_1 владений для входящей оболочки ядра. Матрица строится на узлах входящей оболочки ядра (узлы графа черного цвета, находящиеся в треугольнике), а также на узлах ядра и узлах исходящей оболочки, с которыми связываются напрямую узлы входящей оболочки. Связи, отраженные в матрице W_1 , выделены жирным. Ненулевые ячейки матрицы W_1 отмечены знаком "х", в них записаны веса прямого владения соответствующего участника сети (по строкам) соответствующей компанией (по столбцам).

Фиг. 5 иллюстрирует построение матрицы W_2 владений для исходящей оболочки ядра. Матрица строится на узлах исходящей оболочки ядра (узлы графа черного цвета, находящиеся в квадрате), а так-

же на узлах ядра, которые связываются напрямую с узлами исходящей оболочки. Связи, отраженные в матрице W_2 , выделены жирным. Ненулевые ячейки матрицы W_2 отмечены знаком "х", в них записаны веса прямого владения соответствующего участника сети (по строкам) соответствующей компанией (по столбцам).

Фиг. 6 иллюстрирует построение матрицы W_C владений для ядра. Матрица является матрицей смежности ядра. Связи, отраженные в матрице W_C , выделены жирным. Ненулевые ячейки матрицы W_C отмечены знаком "х", в них записаны веса прямого владения соответствующего участника сети (по строкам) соответствующей компанией (по столбцам).

Фиг. 7 иллюстрирует построение матрицы W_3 владений для древовидных компонент связности. Матрица W_3 является матрицей смежности всех древовидных компонент. Связи, отраженные в матрице W_3 , выделены жирным. Ненулевые ячейки матрицы W_3 отмечены знаком "х", в них записаны веса прямого владения соответствующего участника сети (по строкам) соответствующей компанией (по столбцам).

Фиг. 8 иллюстрирует пример анализа компоненты связности ядра. Узлы ядра отмечены черными узлами графа, находящиеся в круге; связи между ними выделены жирным. Узлы графа черного цвета, находящиеся в квадрате - организации из соответствующей исходящей оболочки. Сильно-связанные компоненты данного графа, не имеющие владельцев, обведены пунктирными линиями. Снизу приведен гипер-граф, в котором сильно-связанные компоненты без владельцев "склеены" в гипер-узлы (большие черные круглые узлы). Гипер-узлы отвечают конечным циклам, в которых скрыты владения над компаниями в компоненте связности ядра.

Детальное описание изобретения

В приведенном ниже подробном описании реализации изобретения приведены многочисленные детали реализации, призванные обеспечить отчетливое понимание настоящего изобретения. Однако квалифицированному в предметной области специалисту будет очевидно каким образом можно использовать настоящее изобретение, как с данными деталями реализации, так и без них. В других случаях хорошо известные методы, процедуры и компоненты не были описаны подробно, чтобы не затруднять понимание особенностей настоящего изобретения.

Кроме того, из приведенного изложения будет ясно, что изобретение не ограничивается приведенной реализацией. Многочисленные возможные модификации, изменения, вариации и замены, сохраняющие суть и форму настоящего изобретения, будут очевидными для квалифицированных в предметной области специалистов.

Термины и определения.

Ядро корпоративной сети - максимальный подграф сети, каждый узел которого имеет хотя бы одно входящее и хотя бы одно исходящее ребро.

Входящая оболочка - узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь до ядра, включая узлы, не имеющие путь из ядра.

Исходящая оболочка - узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь из ядра.

Древовидная компонента связности корпоративной сети - компонента связности сети, являющаяся деревом.

На фиг. 1 проиллюстрирована блок-схема работы предлагаемого решения. Компьютерно-реализуемый способ автоматического определения конечных владельцев с учетом циклических владений, выполняется на вычислительном устройстве, содержащем процессор и память, хранящую инструкции, исполняемые процессором.

Изобретение опирается на данные страновых реестров организаций и их учредителей. Так, в Российской Федерации используются сведения единого государственного реестра юридических лиц (ЕГРЮЛ) Федеральной налоговой службы Российской Федерации, которые содержат информацию о регистрации организаций и индивидуальных предпринимателей, учредителях, географическом местонахождении, экономической специализации, организационно-правовой форме, филиалах и правопреемниках организаций. В частности, для хозяйственных товариществ; обществ с ограниченной ответственностью; крестьянских (фермерских) хозяйств; хозяйственных партнерств; производственных кооперативов; жилищных накопительных кооперативов; унитарных предприятий; государственных и муниципальных учреждений; акционерных обществ с единственным акционером в публичном реестре имеются сведения об учредителях и участниках этих организаций и размере их участия в уставном капитале. Поскольку ЕГРЮЛ является правоустанавливающим реестром, эти сведения являются юридическими фактами. В других странах, существуют и отдельные реестры конечных владельцев организаций (так называемых бенефициаров). Так, в Великобритании организации обязаны раскрывать всех конечных владельцев более чем 25% своих акций или голосов в отдельном государственном реестре People with Significant Control (англ. лица со значимым контролем), который администрирует отдельный орган власти.

Данные о по меньшей мере одной компании передают с первого сервера на второй сервер, где осуществляют автоматическое определение конечных владельцев с учетом циклических владений. Передача данных может быть осуществлена любым средством телекоммуникационной связи, в том числе по API. Осуществляют очищение данных по меньшей мере одной компании (удаление записей самовладения, удаления записей с нулевым весом владения).

На втором сервере осуществляют представление полученных данных в виде ориентированно взвешенного графа владения, где по меньшей мере одна компания является узлом графа, а веса ребер между узлами равны долям участия в компании.

Данные по долевого участию (собственности) могут быть представлены как ориентированный взвешенный граф владения. В этом представлении организации и их участники образуют N узлов, а веса E ребер между ними равны соответствующим долям участия в компаниях. Ребра ориентированы в силу несимметричного отношения организация-участник: каждое ребро (i, k) ориентировано от участника i к организации k и имеет соответствующий вес $0 \leq W_{ik} \leq 1$. Веса W_{ik} где $i, k=1, 2, \dots, N$, образуют матрицу весов $N \times N$, являющуюся матрицей смежности графа владения. По построению, если в данных есть записи об участниках организации k (что за редким исключением верно для любой организации k), то хотя бы один из элементов столбца k матрицы W будет больше 0. Отсутствие отношений владения между участниками сети приводит к нулевому весу в соответствующей ячейке матрицы W . Поскольку каждая организация имеет единичную суммарную долю своих участников, сумма значений в столбцах k , соответствующих организациям, равна 1, т.е. $\sum_i W_{ik}=1$. Для столбцов j , соответствующих физлицам, сумма $\sum_i W_{ij}=0$, поскольку все значения в таких столбцах равны 0. По построению самовладения считаются артефактом в данных, поэтому мы считаем $W_{ii}=0$ для любого узла i в сети.

Хорошо известно, что учета долей прямого владения W_{ij} недостаточно для выявления конечных владельцев компаний. Таким образом, следует учитывать косвенное владение участником i организацией k через все остальные узлы сети. Участник может владеть компанией через несколько путей в графе, все они должны быть учтены для подсчета суммарной доли владения компанией. Этот подход хорошо известен как не прямое владение по транзитивности. С помощью аппарата теории графов матрицу итоговых долей с учетом транзитивного владения можно записать через матрицу прямых долей (матрицу смежности графа, W) следующим образом

$$T_{ij} = W_{ij} + \sum_{k=1}^N W_{ik} W_{kj} + \sum_{k=1}^N W_{ik} \sum_{l=1}^N W_{kl} W_{lj} + \dots \quad (1)$$

где первый член - вклад от прямого владения, второй член - вклад от непрямого владения по путям длины 2, третий член составляет вклад путей длины 3 и т.д. Подобный транзитивный подход был предложен в [Vitali S, Glattfelder J, Battiston S. The network of global corporate control. PloS One. 2011; 6(10): e25995] и известен также в литературе как network control. Существенно, однако, что в графе с циклическими владениями максимальная длина пути ничем не ограничена, поэтому необходимо ряд (1) становится бесконечным. Это вызывает известные проблемы, связанные с расходимостью (1). Действительно, ряд (1) представляет собой ряд из степеней матрицы W .

$$T = W + W^2 + W^3 + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} W^n \quad (2)$$

Сходимость ряда (2) контролируется условием на старшее собственное значение матрицы W . $|\lambda_1| < 1$. При этом для некоторых сильно-связанных компонент графа ("стохастических", т.е. в которых сумма входящих весов всех узлов равна 1, т.е. отсутствуют внешние владельцы снаружи компоненты) $|\lambda_1|=1$, поскольку соответствующие матрицы смежности являются стохастическими. Таким образом, ряд (1) и (2) расходится для некоторых компонент связности графа, а значит, не может быть применен для вычисления транзитивных долей во всей сети.

Раскрываемый способ подсчета результирующих долей участников компаний в графе использует введение вещественного параметра $\alpha=1-\epsilon$, $\epsilon \ll 1$ в ряд (2). Для решения расходимости представлена следующая модификация (2)

$$T_{\alpha} = W + \alpha W^2 + \alpha^2 W^3 + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^{n-1} W^n = W(I - \alpha W)^{-1} \quad (3)$$

Условие сходимости (3) может быть записано теперь как $\alpha|\lambda_1| < 1$. Как было отмечено выше, сумма в столбцах всей матрицы смежности сети W равна либо 0 (для физлиц), либо 1 (для организаций). Тогда, по теореме Гершгорина о кругах, старшее собственное значение матрицы W ограничено кругом радиуса $R=1$ с центром в начале координат [Gerschgorin, S. (1931), "Über die Abgrenzung der Eigenwerte einer Matrix", Izv. Akad. Nauk. USSR Otd. Fiz.-Mat. Nauk (in German), 6:749-754.]. Иными словами, для матриц смежности корпоративных графов справедлива следующая граница на старшее собственное значение

$$|\lambda_1| \leq 1 \quad (4)$$

Таким образом, для регуляризации расходимости в графе владений в раскрываемом техническом решении предлагается выбрать α , близкую к единице снизу, например, $\alpha=0.999$. Тогда условие сходимости $\alpha|\lambda_1| < 1$ будет заведомо выполнено, и мы сможем оценить веса участников T_{α} всех компаний внутри ядра по формуле (3), где $W=W_C$ - матрица смежности ядра, см. фиг. 6.

После того, как полученные данные были представлены в виде ориентированно взвешенного графа владений, осуществляют выделение ядра корпоративной сети.

Для выделения ядра в раскрываемом техническом решении применяется процедура, аналогичная известному в теории графов k -core разложению для неориентированных графов для случая $k=2$. А именно, осуществляют итеративное удаление узлов и всех инцидентных с ними ребер, если узел имеет только входящие или только исходящие ребра. Таким образом, на каждом шаге итеративной процедуры удаляют узлы i , у которых либо степень входящих ребер $k_{in}^i=0$, либо степень исходящих ребер $k_{out}^i=0$.

На первом шаге удаляют узлы, которые никому не принадлежат (т.е. у данных узлов нет участни-

ков), и организации, которые ничем не владеют (т.е. сами не принимают участие в организациях) см. фиг. 3. Такое удаление узлов на первом шаге приводит к образованию новых "висячих" вершин, а также к появлению изолированных вершин. Осуществляют их итеративное удаление на каждом последующем шаге процедуры. После нескольких итераций получают подграф, в котором удалить вершины невозможно, а значит, все узлы в нем имеют хотя бы одно входящее и одно исходящее ребро. Такой подграф, являющийся не чем иным как максимальным подграфом в корпоративной сети, имеющим хотя бы одно входящее и одно исходящее ребро в каждом узле, есть (1,1-core) - ядро корпоративной сети. Узлы в графе, которые были удалены на шаге 2 и далее, являются "компаниями-посредниками". Этот шаг способа представлен в виде блок-схемы на фиг. 1 и имеет вычислительную линейную сложность $O(E)$.

В качестве примера рассмотрим граф владения, состоящий из 50 узлов, на фиг. 2. На первом шаге итерации все узлы графа черного цвета, находящиеся в треугольнике (8 участников, которые никому не принадлежат) и узлы графа черного цвета, находящиеся в квадрате (13 организаций, которые ничем не владеют) удаляются из сети. Важно отметить, что удаление узлов происходит одновременно во всех компонентах связности графа. На втором шаге 13 белых "компаний-посредников" становятся либо участниками, которые никому не принадлежат, либо организациями, которые ничем не владеют, либо изолированными вершинами и подлежат удалению из графа. На третьем шаге удаляются новые 7 компаний, оказавшиеся на периферии в результате шага 2. Наконец, на последнем четвертом шаге подлежит удалению одна компания (отмеченная "4" на фиг. 2), оказавшаяся изолированной вершиной. После четвертого шага остается 8 узлов (узлы графа черного цвета, находящиеся в круге), каждый из которых имеет хотя бы одно входящее и одно исходящее ребро, и поэтому не может быть удален. Эти узлы образуют ядро корпоративной сети с циклическими владениями.

Полученное ядро корпоративной сети сохраняется и осуществляют поиск компоненты связности ядра, причем узлы, не вошедшие в компоненту связности, принадлежат одной из древовидных компонент связности.

Для выделения компоненты связности ядра корпоративной сети в раскрываемом техническом решении применяется алгоритм Breadth-first search (BFS, [Moore, Edward F. "The shortest path through a maze." Proc. Int. Symp. Switching Theory, 1959. 1959.]) для ненаправленного графа.

- (1) Определяется случайно выбранный узел, принадлежащий ядру.
- (2) В строящийся подграф включаются все его родительские и дочерние узлы.
- (3) Процедура повторяется рекурсивно до тех пор, пока не перестанет порождать новые узлы-кандидаты.

Затем определяются все узлы ядра, вошедшие в построенный подграф, они исключаются из списка стартовых узлов. После этого процесс повторяется заново, начиная с выбора случайного стартового узла в ядре. Эта операция алгоритма имеет вычислительную сложность $O(E_c)$, где E_c - количество связей в связной компоненте ядра. В реальных данных E_c обычно на порядок меньше общего числа связей в корпоративной сети, E .

Для выявления конечных циклов, владеющих организациями в корпоративной сети (скрытых владений), после выделения ядра мы находим такие сильно-связные компоненты ядра, у которых нет владельцев, см. фиг. 8. Важно отметить, что компоненты связности ядра могут состоять из нескольких сильно-связанных компонент. Каждая сильно-связная компонента без внешнего владельца представляет собой группу эквивалентных организаций, владеющих друг другом с долей 1. На фиг. 8 показаны шесть сильно-связанных компонент в одной из компонент связности ядра, но только три из них не имеют владельцев и являются конечными циклами (обозначены пунктирными линиями). Составляют гиперграф, в котором сильно-связанные компоненты без владельцев "склеены" в единые гипер-узлы (большие черные круглые узлы на фиг. 8). Чтобы отличить "гипер-узлы", соответствующие конечным циклам, от обычных исходных узлов, присваивают "гипер-узлам" отрицательный индекс (ИНН в данных).

Найденная связная компонента раскладывается на три подграфа, 1) ядро корпоративной сети, 2) узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь из ядра (исходящая оболочка) и 3) узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь до ядра, включая узлы, не имеющие путь из ядра (входящая оболочка).

Транзитивные веса участников и компаний в графе, не входящих в ядро корпоративной сети (т.е. в оболочках ядра и в древовидных компонентах связности, см. фиг. 3), могут быть рассчитаны перемножением соответствующих матриц смежности в конечных рядах за счет отсутствия в них циклов. Такой способ позволяет избежать инвертирования общей матрицы всей корпоративной сети при подсчете бесконечного геометрического ряда в формуле (3). На фиг. 3 изображены узлы, составляющие входящую (узлы графа черного цвета, находящиеся в треугольнике) и исходящую (узлы графа черного цвета, находящиеся в квадрате) оболочки ядра. Узлы исходящей оболочки определяются как узлы, в которые существует путь из ядра. Узлы входящей оболочки являются множеством (i) узлов компоненты связности ядра, не принадлежащих ядру и исходящей оболочке. Также на фиг. 3 изображены узлы, принадлежащие древовидным компонентам связности (узлы графа черного цвета, находящиеся в ромбе), и узлы ядра (узлы графа черного цвета, находящиеся в круге). Операции выделения входящей и исходящей оболочки имеют вычислительную сложность $O(E_c)$, где E_c - количество связей в компоненте связности ядра.

Для подсчета матрицы транзитивного владения всего графа T_0 в раскрываемом техническом реше-

нии применяется разложение T_0 на комбинацию матриц транзитивного владения для каждой из структур, определенных выше: входящей оболочки, исходящей оболочки, ядра и древовидных компонент связности. Процедура состоит из следующих этапов.

(1) Образуют матрицы смежности каждой из структур: входящей оболочки, исходящей оболочки, ядра и древовидных компонент связности (см. фиг. 3-7). При этом к матрице смежности входящей оболочки ядра добавляются связи с ядром и с исходящей оболочкой ядра, а также соответствующие узлы ядра и исходящей оболочки (матрица W_1 , см. фиг. 4). К исходящей оболочке ядра добавляются связи только с ядром и соответствующие узлы ядра (матрица W_2 , см. фиг. 5). Для простоты нотации в дальнейшем матрицы W_1 и W_2 будут называться "матрицами смежности оболочек". Все связи, отмеченные в соответствующих матрицах смежности оболочек, показаны жирными стрелками на фиг. 4-5. Для отношений прямого владения внутри ядра корпоративной сети (фиг. 6) используется матрица смежности ядра W_C без дополнительных связей с оболочками. Древовидные компоненты не связаны ни с ядром, ни с одной из оболочек, поэтому соответствующая матрица W_3 является матрицей смежности древовидных компонент, фиг. 7.

(2) Рассчитываются матрицы транзитивного владения для входящей и исходящей оболочек ядра корпоративной сети, а также для древовидных связанных компонент (матрицы T_1, T_2, T_3). При этом для всех трех структур рассчитывается сумма следующего конечного ряда

$$T = W + W^2 + W^3 + \dots = \sum_{k=1}^{d^*} W^k \quad (5)$$

Здесь W - матрица одной из структур (оболочек или древовидных компонент, см. фиг. 4, 5, 7), T - матрица транзитивности соответствующей структуры, d^* - оценка сверху на диаметр сети, W - матрица смежности соответствующей оболочки или древовидных компонент, k -й член в этой сумме добавляет в итоговую матрицу транзитивности информацию о путях длины k . Так как в способе существенно используется преимущество разреженности получаемых матриц смежности, расчет матриц транзитивности (5) требует многократного матричного умножения разреженных матриц. Эта операция в общем случае имеет вычислительную сложность $O(E_0^2/N_0)$, где E_0 и N_0 - число связей и узлов в рассматриваемой компоненте сети соответственно.

Для определения оценки сверху на степень, в которую необходимо возводить получаемые матрицы для учета всех длинных путей владения, необходимо знать диаметр соответствующих компонент, d^* (самый длинный из существующих в ней кратчайших путей между двумя узлами). Однако точное вычисление диаметра является задачей сложности $O(N^2)$, так как требует расчета всех существующих кратчайших путей. В связи с этим в раскрываемом техническом решении предлагается использовать единую для всей корпоративной сети оценку сверху на диаметр. Эта оценка определяется в процессе нахождения ядра корпоративной сети и равна удвоенному числу слоев, получившихся при итеративном удалении узлов графа до ядра. По построению архитектуры слоев очевидно, что более длинные кратчайшие пути в графе существовать не могут.

(3) Рассчитывается матрица транзитивного владения для ядра (матрица T_C).

Расчет проводится по формуле (3) с заменой матрицы W на матрицу смежности ядра W_C . А именно, для учета циклических владений считается сумма бесконечного ряда геометрической прогрессии с параметром α , регулирующим потенциальные расхожимости в стохастических компонентах ядра

$$T_C = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^{n-1} W_C^n = W_C(I - \alpha W_C)^{-1} \quad (6)$$

Так как формула (3) требует инверсии матрицы размером $C \times C$ (C - количество узлов в ядре), в общем случае сложность операции построения матрицы транзитивности ядра ограничена сверху как $O(C^3)$.

(4) Полученные матрицы транзитивности древовидных компонент, оболочек и ядра T_{CC} реиндексируются до размера $N \times N$ путем добавлением нулевых строк и столбцов. Это необходимо, чтобы иметь возможность складывать матрицы транзитивности, относящиеся к разным структурам.

(5) Отношения владения между компаниями и собственниками в оболочке и ядре могут быть учтены следующим матричным перемножением

$$T_{CC} = T_1 + T_2 + T_C + T_C T_1 + T_2 T_C + T_2 T_1 + T_2 T_C T_1, \quad (7)$$

где первые три слагаемых содержат веса транзитивного владения внутри каждой из структур (входящей оболочки, исходящей оболочки и ядра), вторые три слагаемых учитывают попарные отношения (пути) владения между структурами, а третье слагаемое учитывает вес на путях, идущих из входящей оболочки в исходящую через ядро.

(6) За счет отсутствия связей между оболочками и ядром с одной стороны, и древовидными компонентами с другой стороны, общая матрица транзитивного владения для всей сети является суммой матрицы транзитивного владения древовидных компонент T_3 и матрицы транзитивного владения оболочки и ядра:

$$T_0 = T_3 + T_{CC} = T_1 + T_2 + T_3 + T_C + T_C T_1 + T_2 T_C + T_2 T_1 + T_2 T_C T_1 \quad (8)$$

В частном случае реализации технического решения поиск владельцев может быть осуществлен для конкретной организации. Тогда в результате декомпозиции определяется структура, к которой относится конкретная компания, и рассчитывается только соответствующая матрица транзитивного владения.

(7) Для получения транзитивных долей владений конечных владельцев из рассчитанной матрицы

транзитивного владения T_0 между участниками сети выделяются строки, отвечающие участникам, которые никому не принадлежат, т.е. конечным участникам без входящих ребер. Конечные владельцы каждой компании в сети могут быть ранжированы по транзитивной доле владения (сначала крупные владельцы, затем владельцы с меньшим владением). Подсчет суммы долей владения конечными циклами (с отрицательных ИНН по построению) для конкретной компании позволяет оценить процент владения, спрятанный в циклах, а также идентифицировать конечные циклы (группы организаций), аккумулирующие на себе эти владения. Например, если, в результате работы предлагаемого способа, организацией ООО "Компания" владеют следующие конечные участники: Иванов Иван Иванович с долей 0.3 и два конечных цикла с долями 0.2 и 0.5, то определяется, что на 70% контроль над ООО "Компания" спрятан в циклах.

Для оценки устойчивости владения, можно получить серию ранжированных списков конечных владельцев (в том числе циклов); в частном случае реализации технического решения поиск владельцев может быть осуществлен для различных значений параметра $\alpha=0.999, 0.9, 0.8, \dots, 0.1$. Этот параметр регулирует вклад путей владения различной длины, приписывая больший вес коротким путям и меньший вес длинным. При этом параметр должен быть применен для подсчета матриц транзитивности во всех структурах сети (в зависимости от того, интересует ли устойчивость владения конкретной компанией, группой компаний или во всей сети матрица транзитивности может быть рассчитана с заданным параметром α для соответствующих структур). Вывод об устойчивости делается по изменениям в ранжировании конечных владельцев. В случае сложной корпоративной структуры с несколькими конечными владельцами на различном расстоянии до исследуемой компании в графе владения небольшое изменение параметра ожидаемо приведет к изменению ранжирования ее конечных владельцев. В то же время, для простых владений изменение α не приводит к изменению в ранжировании в широком диапазоне значений параметра. Таким образом, предлагаемый способ позволяет оценить устойчивость корпоративного владения и выявить потенциал к изменению структуры контроля над компанией.

Существенным преимуществом раскрываемого способа является его вычислительная эффективность при расчете долей конечных владельцев для всех компаний в графе одновременно, а также для конкретных компаний, связанных с сильно-связанными компонентами графа. Это удается благодаря разложению всего графа владения на несколько топологических структур и вычислению матрицы транзитивности для каждой структуры в отдельности, что позволяет локализовать высокзатратные вычисления, связанные с обработкой циклических владений, на соответствующей структуре с циклами (так называемое ядро). Для типичных корпоративных сетей (размером в несколько миллионов участников и несколько миллионов компаний) расчет по раскрываемому способу занимает около 20 минут. Это достигается раскрываемым в данном патенте техническим решением, состоящем в разложении графа владений на ядро, оболочку ядра и древовидные компоненты связности и представлением матрицы транзитивного владения всего графа через сумму матриц транзитивного владения для каждой из структур графа. Это разложение опирается на фундаментальную "луковичную" структуру корпоративных сетей. Такое решение позволяет значительно ускорить алгоритм, понизив его линейную сложность до $O(N)$ для типичных корпоративных сетей.

Пример работы предлагаемого способа.

Пусть требуется найти конечных владельцев российского общества ООО "Компания". От первого сервера получают данные по всем организациям и их участникам в РФ (сведения из ЕГРЮЛ), осуществляют предобработку полученных данных (удаление записей самовладения, удаления записей с нулевым весом владения). Предобработанные данные представляют в виде ориентированно взвешенного графа, как описано выше.

Осуществляют итеративное удаление узлов графа (участников владения), если узлы имеют только входящие или только исходящие ребра. Итеративное удаление проиллюстрировано на фиг. 2. В результате удаления остаются узлы графа, которые имеют по меньшей мере одно входящие и по меньшей мере одно исходящие ребро, так называемое ядро корпоративной сети.

Для определения скрытых владельцев, в ядре корпоративной сети выделяют сильносвязанные компоненты, отвечающие группам компаний без конечных владельцев (т.н. конечные циклы), и составляют гиперграф между сильно-связанными компонентами, отвечающим группам компаний без конечных владельцев, и исходными узлами, не входящими в эти группы компаний. Граф ранее полученного ядра заменяется таким гиперграфом.

После того как получили ядро корпоративной сети, осуществляют поиск компоненты связности ядра. Далее, найденную компоненту раскладывают на три подграфа: 1) ядро корпоративной сети, 2) узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь из ядра (исходящая оболочка) и 3) узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь до ядра, включая узлы, не имеющие путь из ядра (входящая оболочка). Образуют матрицу смежности ядра корпоративной сети, матрицу смежности входящей и исходящей оболочек. Узлы, не входящие в компоненту связности ядра, принадлежат деревянным компонентам корпоративной сети, для которых строится единая матрица смежности деревянных компонент.

Осуществляют расчет матриц транзитивного владения для древовидных компонент сети, ядра, а также для входящей и исходящей оболочек ядра.

Получают итоговую матрицу транзитивного владения всей корпоративной сети и выделяют столбец, соответствующий транзитивным владениям над интересующим нас обществом ООО "Компания". Ненулевые значения в этом столбце отвечают участникам, от которых имеется хотя бы один путь в графе владения; соответствующее значение равно весу владения участником в ООО "Компания". Поскольку в процессе расчета конечные циклы без владельцев были выделены в отдельные узлы (гипер-узлы), они также представлены в соответствующем столбце как владельцы ООО "Компания".

Далее из всех записей в столбце, соответствующем владельцам ООО "Компания", выделяются строки, отвечающие узлам без входящих ребер - конечные владельцы. В частности, конечные циклы будут выделены как конечные владельцы наравне с обычными узлами без входящих ребер. В итоге получают полный список всех конечных владельцев ООО "Компания" и соответствующие доли владения:

- (1) Иванов Иван Иванович с долей 0.3,
- (2) тройной цикл ООО "Ромашка" $\Rightarrow$ ООО "Одуванчик" $\Rightarrow$ ООО "Апельсин" $\Rightarrow$ ООО "Ромашка" с долей владения 0.2, и
- (3) цикл из двух организаций, владеющих друг другом, ООО "Рога" $\Rightarrow$ ООО "Копыта" $\Rightarrow$ ООО "Рога" с долей владения 0.5.

Осуществляют ранжирование конечных владельцев по доле владения (от большей доли к меньшей доли). Делают вывод о том, что 70% владения над компанией скрыто в циклах.

Вычислительная система, обеспечивающие обработку данных, необходимую для реализации заявленного решения, в общем случае содержат такие компоненты, как: один или более процессоров, по меньшей мере одну память, средство хранения данных, интерфейсы ввода/вывода, средство ввода, средства сетевого взаимодействия.

При исполнении машиночитаемых команд, содержащихся в оперативной памяти, конфигурируют процессор устройства для выполнения основных вычислительных операций, необходимых для функционирования устройства или функциональности одного, или более его компонентов.

Память, как правило, выполнена в виде ОЗУ и содержит необходимую программную логику, обеспечивающую требуемый функционал. При осуществлении работы предлагаемого решения выделяют объем памяти, необходимый для осуществления предлагаемого решения.

Средство хранения данных может выполняться в виде HDD, SSD дисков, рейд массива, сетевого хранилища, флэш-памяти, оптических накопителей информации (CD, DVD, MD, Blue-Ray дисков) и т.п. Средство позволяет выполнять долгосрочное хранение различного вида информации, например, вышеупомянутых файлов с наборами данных пользователей, базы данных, содержащих записи измеренных для каждого пользователя временных интервалов, идентификаторов пользователей и т.п.

Интерфейсы представляют собой стандартные средства для подключения и работы с серверной частью, например, USB, RS232, RJ45, LPT, COM, HDMI, PS/2, Lightning, FireWire и т.п.

Выбор интерфейсов зависит от конкретного исполнения устройства, которое может представлять собой персональный компьютер, мэйнфрейм, серверный кластер, тонкий клиент, смартфон, ноутбук и т.п.

В качестве средств ввода данных в любом воплощении системы, реализующей описываемый способ, может использоваться клавиатура. Аппаратное исполнение клавиатуры может быть любым известным: это может быть, как встроенная клавиатура, используемая на ноутбуке или нетбуке, так и обособленное устройство, подключенное к настольному компьютеру, серверу или иному компьютерному устройству. Подключение при этом может быть, как проводным, при котором соединительный кабель клавиатуры подключен к порту PS/2 или USB, расположенному на системном блоке настольного компьютера, так и беспроводным, при котором клавиатура осуществляет обмен данными по каналу беспроводной связи, например, радиоканалу, с базовой станцией, которая, в свою очередь, непосредственно подключена к системному блоку, например, к одному из USB-портов. Помимо клавиатуры, в составе средств ввода данных также может использоваться: джойстик, дисплей (сенсорный дисплей), проектор, тачпад, манипулятор мышь, трекбол, световое перо, динамики, микрофон и т.п.

Средства сетевого взаимодействия выбираются из устройства, обеспечивающий сетевой прием и передачу данных, например, Ethernet карту, WLAN/Wi-Fi модуль, Bluetooth модуль, BLE модуль, NFC модуль, IrDa, RFID модуль, GSM модем и т.п. С помощью средств обеспечивается организация обмена данными по проводному или беспроводному каналу передачи данных, например, WAN, PAN, ЛВС (LAN), Интранет, Интернет, WLAN, WMAN или GSM.

Компоненты устройства сопряжены посредством общей шины передачи данных.

В настоящих материалах заявки было представлено предпочтительное раскрытие осуществление заявленного технического решения, которое не должно использоваться как ограничивающее иные, частные воплощения его реализации, которые не выходят за рамки испрашиваемого объема правовой охраны и являются очевидными для специалистов в соответствующей области техники.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Компьютерно-реализуемый способ автоматического определения конечных владельцев компаний с учетом циклических владений, выполняющегося на вычислительном устройстве, содержащем процессор и память, хранящую инструкции, исполняемые процессором и содержащие этапы, на которых

на втором сервере осуществляют представление данных по меньшей мере одной компании в виде ориентированно взвешенного графа владения, где по меньшей мере одна компания является узлом графа, а веса ребер между узлами равны долям участия в компаниях;

осуществляют итеративное удаление узлов и все инцидентные с ними ребра, если узлы имеют только входящие или только исходящие ребра, причем на каждой итерации происходит одновременное удаление узлов во всех компонентах связности графа;

в результате итеративного удаления получают подграф - ядро корпоративной сети с циклическими владениями, в котором узлы имеют по меньшей мере одно входящее и по меньшей мере одно исходящее ребро;

в ядре корпоративной сети выделяют сильно-связанные компоненты, отвечающие группам компаний без конечных владельцев;

составляют гиперграф между сильно-связанными компонентами, отвечающими группам компаний без конечных владельцев, и исходными узлами, не входящими в эти группы компаний; граф ядра заменяется таким гиперграфом;

осуществляют поиск компоненты связности ядра, причем узлы, не вошедшие в компоненту связности ядра, принадлежат древовидным компонентам связности корпоративной сети;

найденная компонента связности ядра раскладывается на три подграфа: 1) ядро корпоративной сети, 2) узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь из ядра и 3) узлы ядра корпоративной сети, имеющие путь до ядра, включая узлы, не имеющие путь из ядра;

образуют матрицу смежности ядра корпоративной сети, узлов оболочек ядра и узлов древовидных компонент;

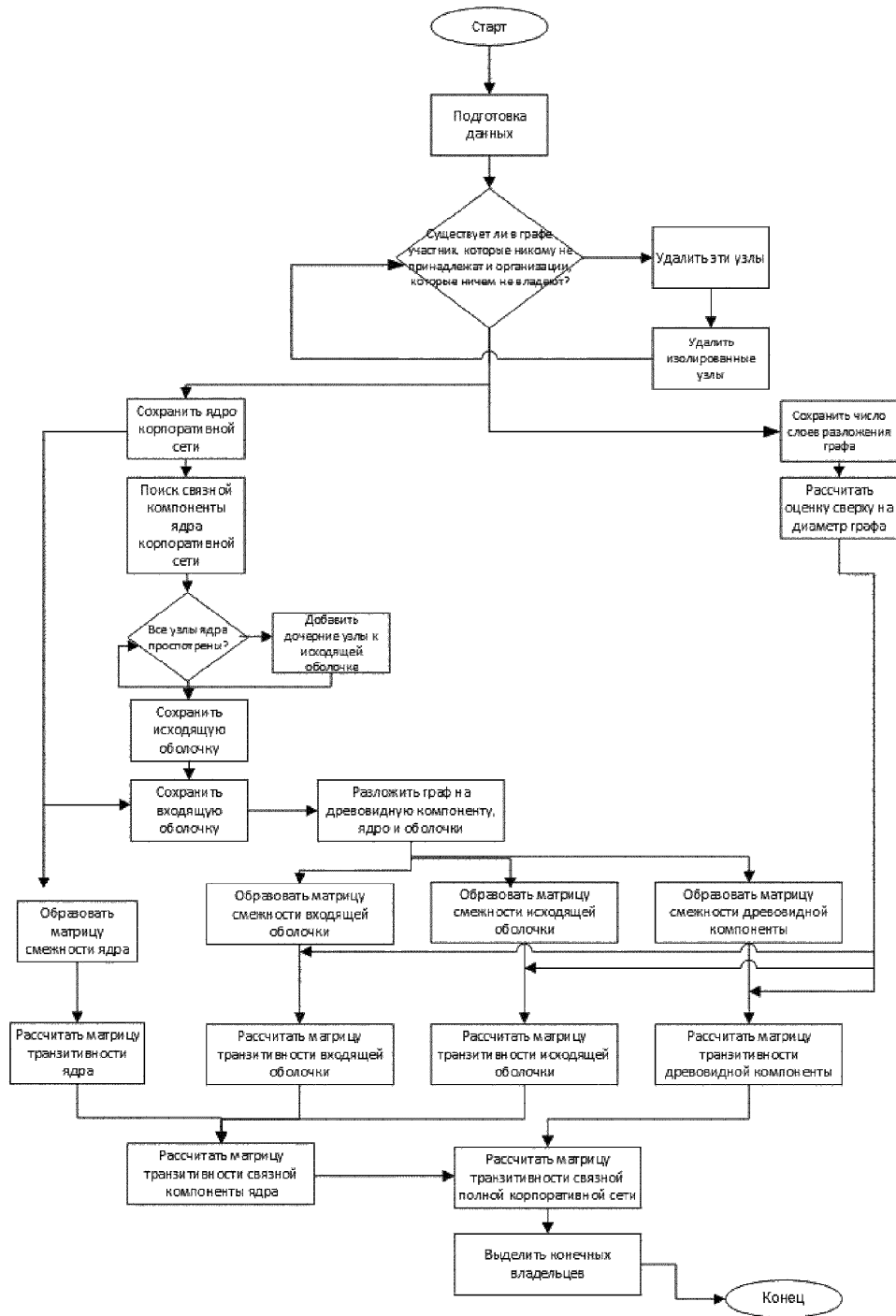
осуществляют расчет матрицы транзитивного владения для древовидной компоненты и оболочек ядра;

осуществляют расчет матрицы транзитивности для ядра корпоративной сети;

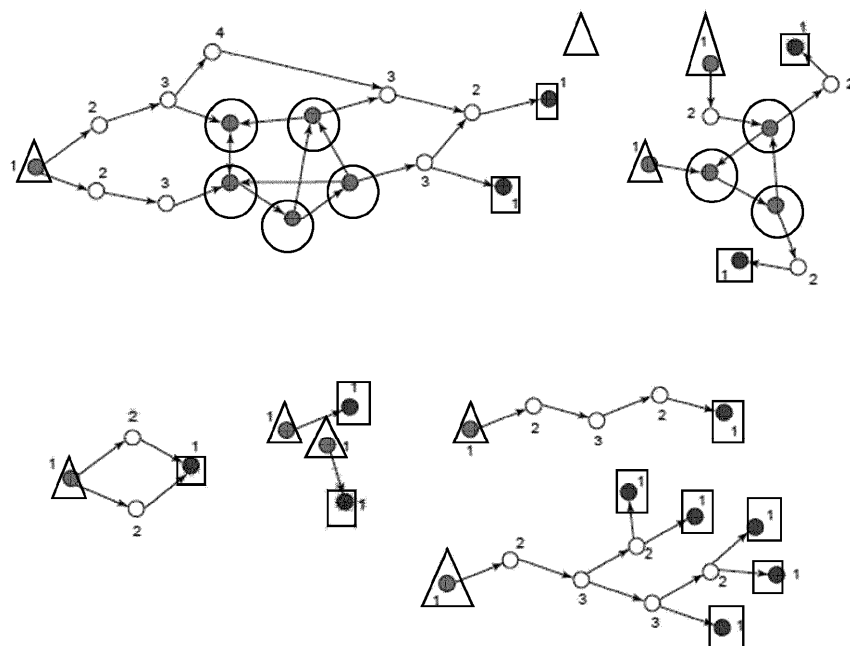
получают итоговую матрицу транзитивного владения всей корпоративной сети и выделяют строки, соответствующие узлам без входящих ребер - конечные владельцы;

осуществляют ранжирование конечных владельцев по доле владения по меньшей мере одной компании.

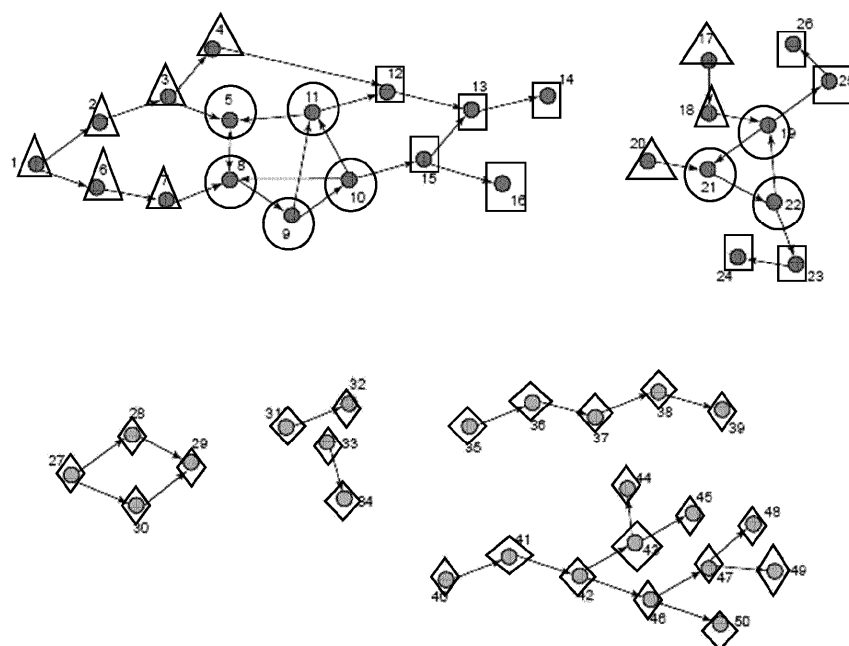
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что данные по меньшей мере одной компании передают от первого сервера на второй сервер.



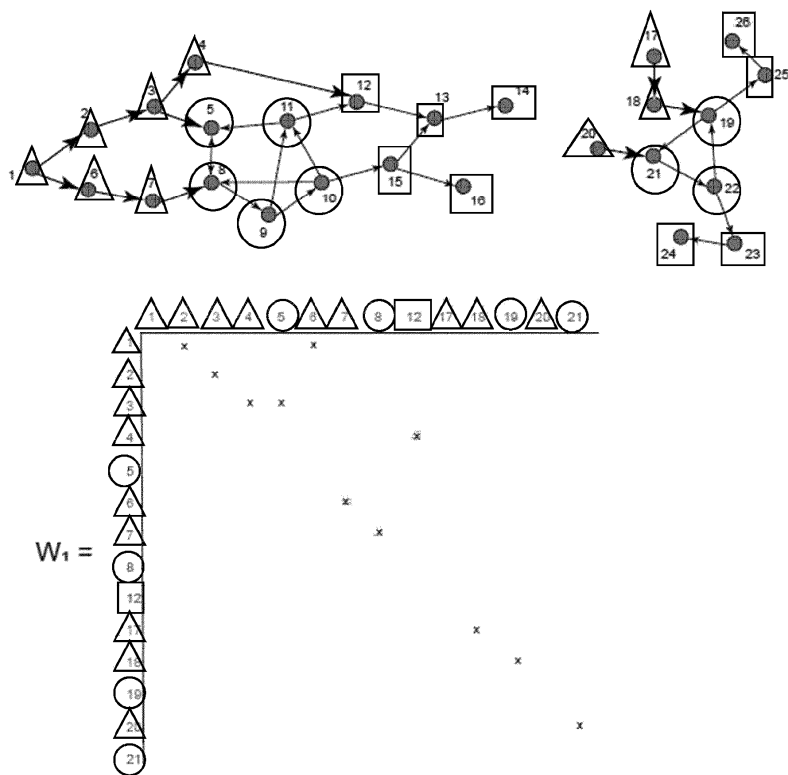
Фиг. 1



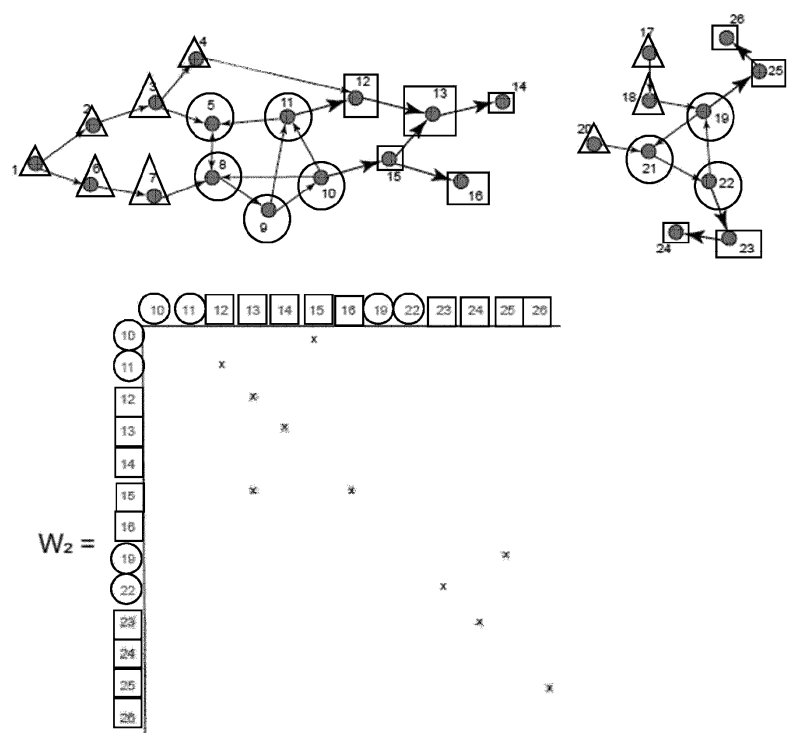
Фиг. 2



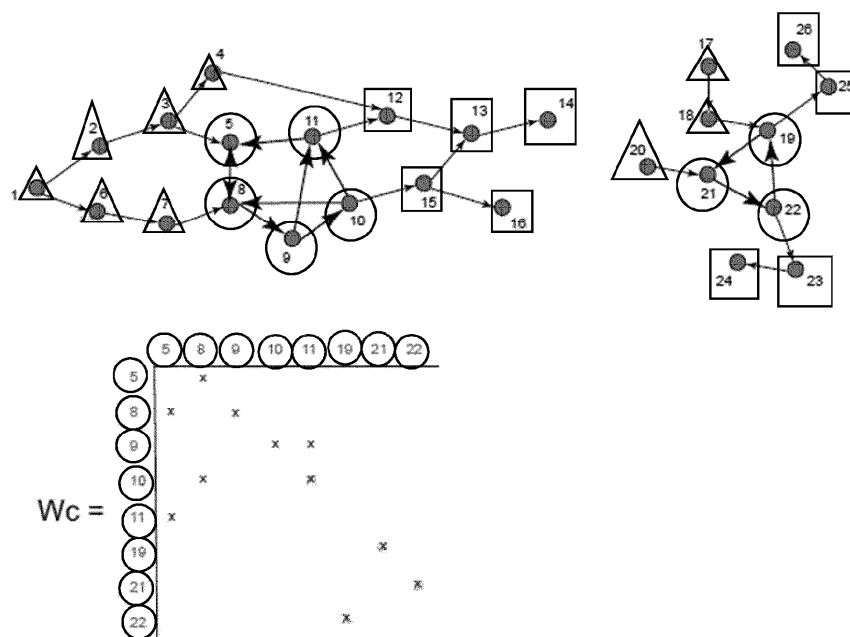
Фиг. 3



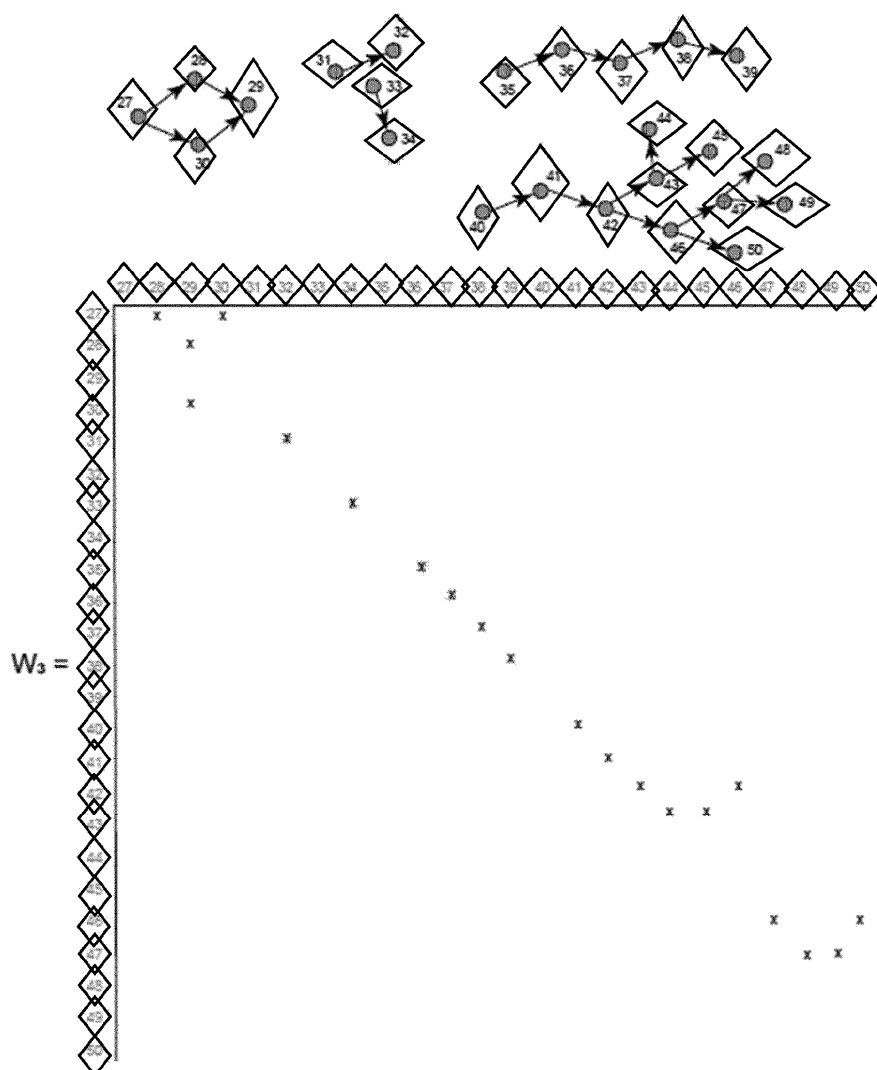
Фиг. 4



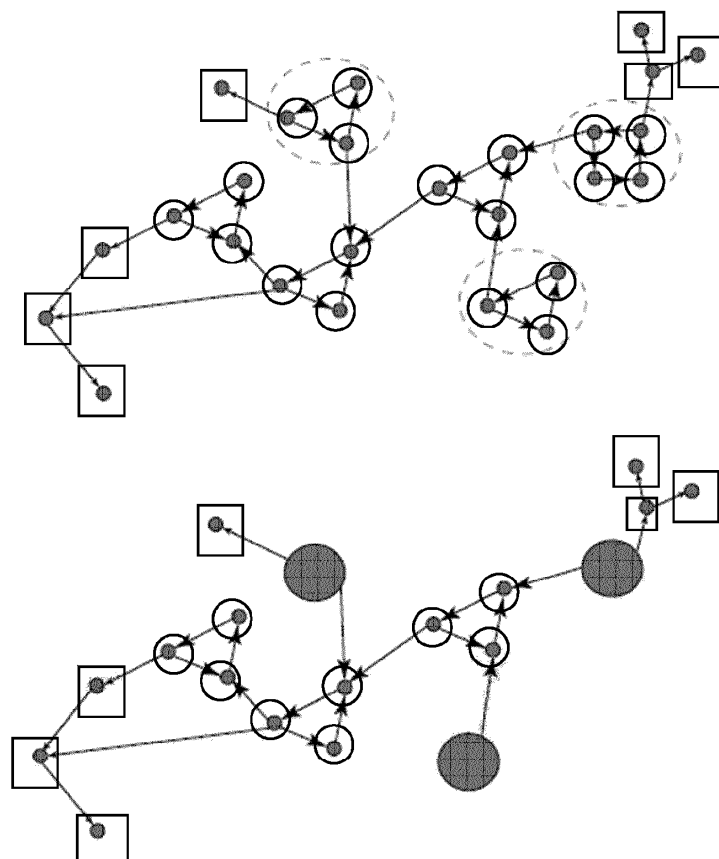
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

