

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 120486

СПОСІБ ВІЗУАЛІЗАЦІІ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛІВ  
ІНФОРМАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ В ОДНОМУ КЛАСТЕРІ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.11.2017.

Заступник міністра економічного розвитку і торгівлі України

М.І. Тітарчук





- (21) Номер заявки: **u 2017 02407**
- (22) Дата подання заявки: **15.03.2017**
- (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.11.2017**
- (46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **10.11.2017, Бюл. № 21**

- (72) Винахідники:  
**Чиж Віталій Михайлович, UA,**  
**Балабан Степан Миколайович, UA,**  
**Міколай Карпінські син Пйотра, PL,**  
**Павел Філіп Фалат син Пйотра, PL,**  
**Томаш Ганцарчик син Яна, PL,**  
**Карпінський Володимир Миколайович, GB**

- (73) Власники:  
**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ,**  
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001, UA,  
**АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНО-ГУМАНІСТИЧНА В БЕЛЬСКУ-БЯЛЕЙ, ПОЛЬСКА,**  
ul. Willowa 2, Bielsko-Biala, 43-309, Polska, PL, PL

(54) Назва корисної моделі:

**СПОСІБ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ В ОДНОМУ КЛАСТЕРІ**

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб візуалізації зміни параметрів сигналів інформаційних вузлів в одному кластері, що полягає у моделюванні бездротової сенсорної мережі шляхом вимірювання відстані між інформаційними вузлами на підставі рівня параметра прийнятого сигналу інформаційного вузла, реконструюванні топологічної поверхні мережі інформаційних вузлів, обчислюванні віртуальної позиції кожного інформаційного вузла з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками з координатами у евклідовому просторі, які представляють відповідні інформаційні вузли, а кожні два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотирикутні симплекси  ${}_j^i[4C]_p^k$ , які при побудові мають форму ромбів, де С - сигнальна точка, і, j, k, p - номери сигнальних точок, та виявленні інформаційних вузлів, сигнали яких зазнали змін, при цьому кожні вісімнадцять сигнальних точок об'єднують у кластер у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників таким чином, що шість сигнальних точок є вершинами внутрішнього шестикутника і мають по п'ять функціональних зв'язків, інші шість сигнальних точок є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають по три функціональні зв'язки, останні шість сигнальних точок є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки, який відрізняється тим, що в результаті зміни параметрів сигналів інформаційних вузлів відповідні функціональні зв'язки змінюють свою довжину, нові положення кінців функціональних зв'язків представляють як фіктивні положення сигнальних точок, які утворюють дані функціональні зв'язки, з'єднують фіктивні сигнальні точки в одну і отримують переміщення сигнальних точок, які представляють інформаційні вузли зі зміненими параметрами сигналів, у третій вимір, що створює візуалізацію тривимірного геометричного об'єкта.



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120486** (13) **U**  
(51) МПК  
**H04W 12/12** (2009.01)

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: **u 2017 02407**

(22) Дата подання заявки: **15.03.2017**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.11.2017**

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.11.2017, Бюл.№ 21**

(72) Винахідник(и):  
**Чиж Віталій Михайлович (UA),  
Балабан Степан Миколайович (UA),  
Миколай Карпінські син Пйотра (PL),  
Павел Філіп Фалат син Пйотра (PL),  
Томаш Ганцарчик син Яна (PL),  
Карпінський Володимир Миколайович (GB)**

(73) Власник(и):  
**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА  
ПУЛЮЯ,  
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA),  
АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНО-ГУМАНІСТИЧНА В  
БЕЛЬСКУ-БЯЛЕЙ, ПОЛЬСКА,  
ul. Willowa 2, Bielsko-Biala, 43-309, Polska  
(PL)**

**(54) СПОСІБ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ СИГНАЛІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВУЗЛІВ В ОДНОМУ КЛАСТЕРІ**

**(57) Реферат:**

Спосіб візуалізації зміни параметрів сигналів інформаційних вузлів в одному кластері полягає у моделюванні бездротової сенсорної мережі шляхом вимірювання відстані між інформаційними вузлами на підставі рівня параметра прийнятого сигналу інформаційного вузла, реконструюванні топологічної поверхні мережі інформаційних вузлів, обчислюванні віртуальної позиції кожного інформаційного вузла з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками з координатами у евклідовому просторі, які представляють відповідні інформаційні вузли. Кожні два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотириточкові симплекси, які об'єднані у шестикутні кластери. В результаті зміни параметрів сигналів інформаційних вузлів відповідні функціональні зв'язки змінюють свою довжину, нові положення кінців функціональних зв'язків представляють як фіктивні положення сигнальних точок, які утворюють дані функціональні зв'язки, з'єднують фіктивні сигнальні точки в одну і отримують переміщення сигнальних точок, які представляють інформаційні вузли зі зміненими параметрами сигналів, у третій вимір, що створює візуалізацію тривимірного геометричного об'єкта.

**UA 120486 U**



чотири функціональні зв'язки, при цьому в результаті зміни параметрів сигналів інформаційних вузлів відповідні функціональні зв'язки змінюють свою довжину, нові положення кінців функціональних зв'язків представляють як фіктивні положення сигнальних точок, які утворюють дані функціональні зв'язки, з'єднують фіктивні сигнальні точки в одну і отримують переміщення сигнальних точок, які представляють інформаційні вузли зі зміненими параметрами сигналів, у третій вимір, що створює візуалізацію тривимірного геометричного об'єкта.

На фіг. 1 показано області повної трансформації за методом фіктивних сигнальних точок, на фіг. 2 показано зміну параметрів сигналів двох інформаційних вузлів, сигнальні точки яких знаходяться у вершині внутрішнього шестикутника і в середині сторони зовнішнього обвідного шестикутника, на фіг. 3 показано зміну параметрів сигналів двох інформаційних вузлів, сигнальні точки яких знаходяться у вершині і середині сторони зовнішнього обвідного шестикутника, на фіг. 4 показано зміну параметрів сигналів двох інформаційних вузлів, сигнальні точки яких знаходяться у вершинах зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників, на фіг. 5 показано зміну параметрів сигналів двох інформаційних вузлів, сигнальні точки яких знаходяться у серединах двох сусідніх сторін зовнішнього обвідного шестикутника.

Спосіб реалізується таким чином. Вимірюють відстані між інформаційними вузлами, використовуючи моделювання похибки вимірювання відстані між інформаційними вузлами змішаними шумами. Реконструюють топологічну поверхню сенсорної мережі за допомогою триангуляції Делоне і обчислюють віртуальні позиції кожного інформаційного вузла. Аналіз візуалізованої форми реконструйованої топологічної позиції кожного інформаційного вузла проводять, використовуючи сітку рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками з координатами у евклідовому просторі, які представляють відповідні інформаційні вузли. Кожні два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотириточкові

симплекси  $[[4C^k]$ , які при побудові мають форму ромбів, де  $C$  - сигнальна точка,  $i, j, k, p$  - номери сигнальних точок, які представляють інформаційні вузли бездротової сенсорної мережі.

Кожні 18 сигнальних точок бездротової сенсорної мережі об'єднують у кластери у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників (див. фіг. 1). При цьому сигнальні точки 1, 2, 3, 4, 5, 6 є вершинами внутрішнього шестикутника і мають по п'ять функціональних зв'язків, сигнальні точки 7, 8, 9, 10, 11, 12 є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають по три функціональні зв'язки, сигнальні точки 13, 14, 15, 16, 17, 18 є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки. Як основу для відслідковування рівня пошкодження сигналу окремого інформаційного вузла використовують властивість кластера, який здійснює візуалізацію нормальної роботи інформаційних вузлів, в результаті зміни параметрів сигналів змінювати довжини відповідних функціональних зв'язків. В кінці видовженого функціонального зв'язку утворюють нове фіктивне положення сигнальної точки, яка в кластері представляє інформаційний вузол, що межує з інформаційним вузлом, параметри сигналу якого зазнали змін. В результаті сигнальні точки, що знаходяться у вершинах зовнішнього обвідного шестикутника, отримують по три фіктивні сигнальні точки, сигнальні точки, що знаходяться у серединах сторін зовнішнього обвідного шестикутника, отримують по чотири фіктивні сигнальні точки, сигнальні точки, що знаходяться у вершинах внутрішнього шестикутника, отримують по п'ять фіктивних сигнальних точок. З'єднання фіктивних сигнальних точок в одну точку призводить до переміщення сигнальної точки, яка представляє інформаційний вузол зі зміненими параметрами сигналу, у третій вимір, що створює візуалізацію тривимірного геометричного об'єкта. При одночасній зміні параметрів сигналів інформаційних вузлів, представлених у кластері сигнальними точками з різною кількістю функціональних зв'язків, з'єднують фіктивні сигнальні точки між собою і з місцем розміщення сигнальних точок при стабільній роботі інформаційних вузлів, отримують плоскі геометричні об'єкти, які зі симетрією відносно початкових положень відповідних сигнальних точок відображають структуру областей повної трансформації у кластері при одночасній зміні параметрів сигналів інформаційних вузлів (див. фіг. 2, фіг. 3, фіг. 4 і фіг. 5).

Приклад конкретної реалізації способу одночасної візуалізації зміни параметрів сигналів інформаційних вузлів в одному кластері.

Бездротову сенсорну мережу побудували на інформаційних вузлах, які сформували на модулях XBee виробництва фірми США Digi International шляхом програмування стеку XBee на програмному рівні. Інформаційні вузли функціонували в рамках протоколу Zig XBee згідно зі стандартом IEEE 802.15.4. Вбудованою програмою застосували ZB 20, базовану на специфікації Zig Bee PRO Feature Set. Бездротову сенсорну мережу сформували на 18 інформаційних вузлах із інтегрованими антенами та розмістили у просторі на віддалі 1 м між



Корисна модель належить до бездротових сенсорних мереж, зокрема їх комп'ютерної візуалізації, і може бути використана у інформаційних, промислових та спеціалізованих системах, які експлуатують у різних галузях народного господарства.

Відомим аналогом є спосіб симплексного моделювання бездротової сенсорної мережі, що полягає у вимірюванні відстані між інформаційними вузлами на підставі рівня параметра прийнятого сигналу інформаційного вузла, реконструюванні топологічної поверхні мережі інформаційних вузлів, обчислюванні віртуальної позиції кожного інформаційного вузла з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками з координатами у евклідовому просторі, які представляють відповідні інформаційні вузли, а кожні два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотириточкові симплекси

$\{4C_{ijk}^p\}$ , які при побудові мають форму ромбів, де  $C$  - сигнальна точка,  $i, j, k, p$  - номери сигнальних точок, та виявленні інформаційних вузлів, сигнали яких зазнали змін (див. Патент України № 82896, від 27.08.2013 р. МПК H04W12/12(2009.01), бюл. Промислова власність № 16, 2013).

Недоліком вказаного способу є складність контролю за бездротовою сенсорною мережею, що налічує велику кількість інформаційних вузлів, і неможливість відслідковування трансформації симплекса, в якому сигнальна точка, яка представляє атакований інформаційний вузол, розміщена на кінці великої діагоналі ромба.

Найближчим аналогом до запропонованої корисної моделі є спосіб кластерного моделювання бездротової сенсорної мережі, що полягає у вимірюванні відстані між інформаційними вузлами на підставі рівня параметра прийнятого сигналу інформаційного вузла, реконструюванні топологічної поверхні мережі інформаційних вузлів, обчислюванні віртуальної позиції кожного інформаційного вузла з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками з координатами у евклідовому просторі, які представляють відповідні інформаційні вузли, а кожні два сусідні рівносторонні

трикутники об'єднують у чотириточкові симплекси  $\{4C_{ijk}^p\}$ , які при побудові мають форму ромбів,

де  $C$  - сигнальна точка,  $i, j, k, p$  - номери сигнальних точок, та виявленні інформаційних вузлів, сигнали яких зазнали змін, при цьому кожні вісімнадцять сигнальних точок об'єднують у кластери у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників таким чином, що шість сигнальних точок є вершинами внутрішнього шестикутника і мають по п'ять функціональних зв'язків, інші шість сигнальних точок є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають по три функціональні зв'язки, останні шість сигнальних точок є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки (див. Патент України № 93269, від 25.09.2014 р. МПК H04W12/12 (2009.01), бюл. Промислова власність № 18, 2014).

Недоліком найближчого аналога є складність контролю за частиною бездротової сенсорної мережі, одночасно атаковані інформаційні вузли якої представлені у кластерах сигнальними точками з різною кількістю функціональних зв'язків, і неможливість однозначного визначення області повної трансформації кластера при одночасній зміні параметрів сигналів кількох інформаційних вузлів.

В основу корисної моделі поставлено задачу спрощення контролю за частиною бездротової сенсорної мережі, одночасно атаковані інформаційні вузли якої представлені у кластерах сигнальними точками з різною кількістю функціональних зв'язків, і одержання можливості однозначного визначення області повної трансформації кластера при одночасній зміні параметрів сигналів кількох інформаційних вузлів шляхом моделювання бездротової сенсорної мережі, що полягає у вимірюванні відстані між інформаційними вузлами на підставі рівня параметра прийнятого сигналу інформаційного вузла, реконструюванні топологічної поверхні мережі інформаційних вузлів, обчислюванні віртуальної позиції кожного інформаційного вузла з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками з координатами у евклідовому просторі, які представляють відповідні інформаційні вузли, а кожні два сусідні рівносторонні трикутники об'єднують у чотириточкові симплекси

$\{4C_{ijk}^p\}$ , які при побудові мають форму ромбів, де  $C$  - сигнальна точка,  $i, j, k, p$  - номери сигнальних точок, та виявленні інформаційних вузлів, сигнали яких зазнали змін, при цьому кожні вісімнадцять сигнальних точок об'єднують у кластери у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників таким чином, що шість сигнальних точок є вершинами внутрішнього шестикутника і мають по п'ять функціональних зв'язків, інші шість сигнальних точок є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають по три функціональні зв'язки, останні шість сигнальних точок є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по

сусідніми інформаційними вузлами. Вимірювали параметри сигналів інформаційних вузлів і будували віртуальну бездротову сенсорну мережу таким чином, що кожен інформаційний вузол знаходився у вершині рівностороннього трикутника. Кожні два сусідні рівносторонні трикутники

об'єднали у чотириточкові симплекси,  $\{4C\}_P^k$ , які при побудові мають форму ромбів, де С -

5 сигнальна точка, і, j, k, P - номери сигнальних точок, які представляють інформаційні вузли бездротової сенсорної мережі. 18 сигнальних точок об'єднали у кластер (див. фіг. 1) у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників таким чином, що сигнальні точки 1, 2, 3, 4, 5, 6 є вершинами внутрішнього шестикутника і мають по п'ять функціональних зв'язків, сигнальні точки 7, 8, 9, 10, 11, 12 є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають по 10 функціональні зв'язки, сигнальні точки 13, 14, 15, 16, 17, 18 є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки.

Бездротову сенсорну мережу вводили в два режими роботи: без приглушення сигналів інформаційних вузлів при температурі довкілля в межах від +5 °С до +30 °С і вологості від 30 % до 70 %. Вимірювали відстані між інформаційними вузлами на підставі рівня потужності прийнятого сигналу. При цьому потужність прийнятого сигналу вимірювали за допомогою програми на підставі 10-бітного аналого-цифрового перетворювача.

В подальшому здійснювали реконструювання топологічної поверхні сенсорної мережі, обчислювали віртуальні позиції кожної сигнальної точки у шестикутному кластері з довжиною функціонального зв'язку ім і визначали, що об'єм симплексів рівний нулю.

20 Потім приглушували сигнал інформаційного вузла, який у кластері представляє сигнальна точка 10, і шляхом вимірювання потужності прийнятого сигналу інформаційними вузлами, які у кластері представляють сигнальні точки 4, 16, 17, одержували видовження функціональних зв'язків  $l_{4,10}$ ,  $l_{16,10}$ ,  $l_{17,10}$  до положення фіктивних сигнальних точок  $4^1$ ,  $16^1$ ,  $17^1$ , яке становило 2,85 м. З'єднання фіктивних сигнальних точок  $4^1$ ,  $16^1$ ,  $17^1$  в одну  $10^1$  привело до утворення

25 трансформованого симплекса об'ємом  $0,38 \text{ м}^3$ . В подальшому приглушували сигнал інформаційного вузла, який у кластері представляє сигнальна точка 15, і шляхом вимірювання потужності прийнятого сигналу інформаційними вузлами, які у кластері представляють сигнальні точки 2, 3, 8, 9, одержали видовження функціональних зв'язків  $l_{2,15}$ ,  $l_{3,15}$ ,  $l_{8,15}$ ,  $l_{9,15}$  до положення фіктивних сигнальних точок  $2^1$ ,  $3^1$ ,  $8^1$ ,  $9^1$ , яке становило 2,85 м. З'єднання фіктивних

30 сигнальних точок  $2^1$ ,  $3^1$ ,  $8^1$ ,  $9^1$  в одну  $15^1$  привело до утворення трансформованого симплекса об'ємом  $0,57 \text{ м}^3$ . В подальшому приглушували сигнал інформаційного вузла, який у кластері представляє сигнальна точка 1, і шляхом вимірювання потужності прийнятого сигналу інформаційними вузлами, які у кластері представляють сигнальні точки 2, 6, 7, 13, 14, одержали

35 видовження функціональних зв'язків  $l_{2,1}$ ,  $l_{6,1}$ ,  $l_{7,1}$ ,  $l_{13,1}$ ,  $l_{14,1}$  до положення фіктивних сигнальних точок  $2^1$ ,  $6^1$ ,  $7^1$ ,  $13^1$ ,  $14^1$ , яке становило 2,85. З'єднання фіктивних сигнальних точок  $2^1$ ,  $6^1$ ,  $7^1$ ,  $13^1$ ,  $14^1$  в одну  $1^1$  привело до утворення трансформованого симплекса об'ємом  $0,76 \text{ м}^3$ .

Аналогічних результатів досягли, одночасно приглушуючи сигнали інформаційних вузлів, які у кластері представлені сигнальними точками 6 і 18 (див. фіг. 2), 12 і 18 (див. фіг. 3), 6 і 11 та 6 і 12 (див. фіг. 4), 13 і 18 (див. фіг. 5).

40 Таким чином запропонований спосіб дозволяє спростити контроль за частиною бездротової сенсорної мережі, одночасно атаковані інформаційні вузли якої представлені у кластерах сигнальними точками з різною кількістю функціональних зв'язків, і одержати можливість однозначного визначення області повної трансформації кластера при одночасній зміні параметрів сигналів кількох інформаційних вузлів.

#### 45 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб візуалізації зміни параметрів сигналів інформаційних вузлів в одному кластері, що полягає у моделюванні бездротової сенсорної мережі шляхом вимірювання відстані між 50 інформаційними вузлами на підставі рівня параметра прийнятого сигналу інформаційного вузла, реконструюванні топологічної поверхні мережі інформаційних вузлів, обчислюванні віртуальної позиції кожного інформаційного вузла з використанням сітки рівносторонніх трикутників з розміщеними у їх вершинах сигнальними точками з координатами у евклідовому просторі, які представляють відповідні інформаційні вузли, а кожні два сусідні рівносторонні 55 трикутники об'єднують у чотириточкові симплекси  $\{4C\}_P^k$ , які при побудові мають форму ромбів, де С - сигнальна точка, і, j, k, P - номери сигнальних точок, та виявленні інформаційних вузлів, сигнали яких зазнали змін, при цьому кожні вісімнадцять сигнальних точок об'єднують у кластер у формі зовнішнього обвідного і внутрішнього шестикутників таким чином, що шість



- 5 сигнальних точок є вершинами внутрішнього шестикутника і мають по п'ять функціональних зв'язків, інші шість сигнальних точок є вершинами зовнішнього обвідного шестикутника і мають по три функціональні зв'язки, останні шість сигнальних точок є серединами сторін зовнішнього обвідного шестикутника і мають по чотири функціональні зв'язки, який **відрізняється** тим, що в результаті зміни параметрів сигналів інформаційних вузлів відповідні функціональні зв'язки змінюють свою довжину, нові положення кінців функціональних зв'язків представляють як фіктивні положення сигнальних точок, які утворюють дані функціональні зв'язки, з'єднують фіктивні сигнальні точки в одну і отримують переміщення сигнальних точок, які представляють інформаційні вузли зі зміненими параметрами сигналів, у третій вимір, що створює візуалізацію тривимірної геометричної об'єкта.
- 10

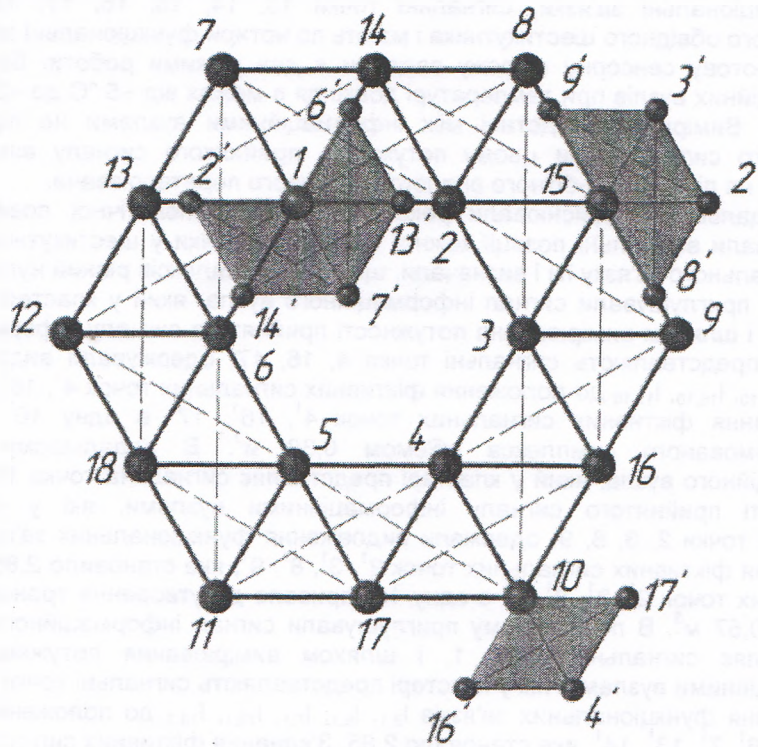


Fig. 1

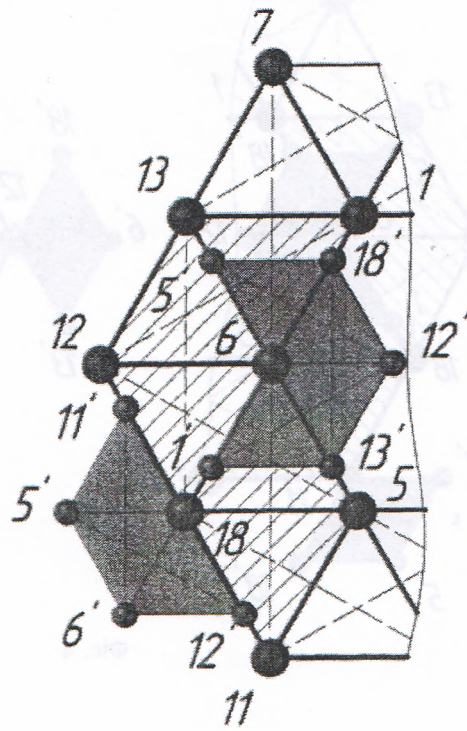


Fig. 2

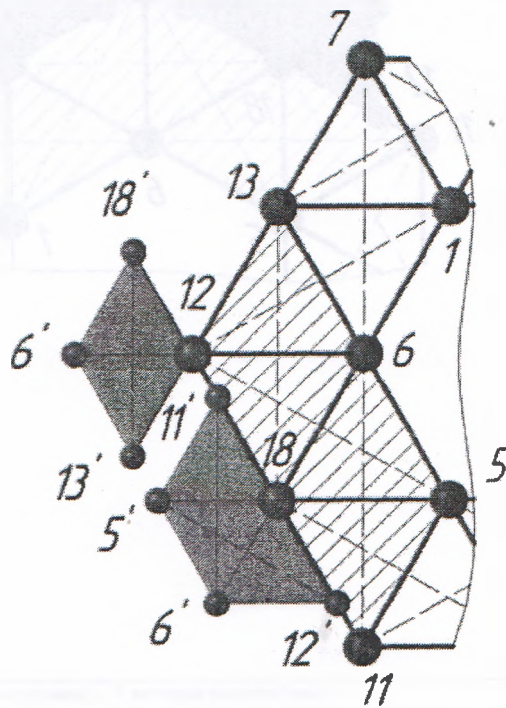
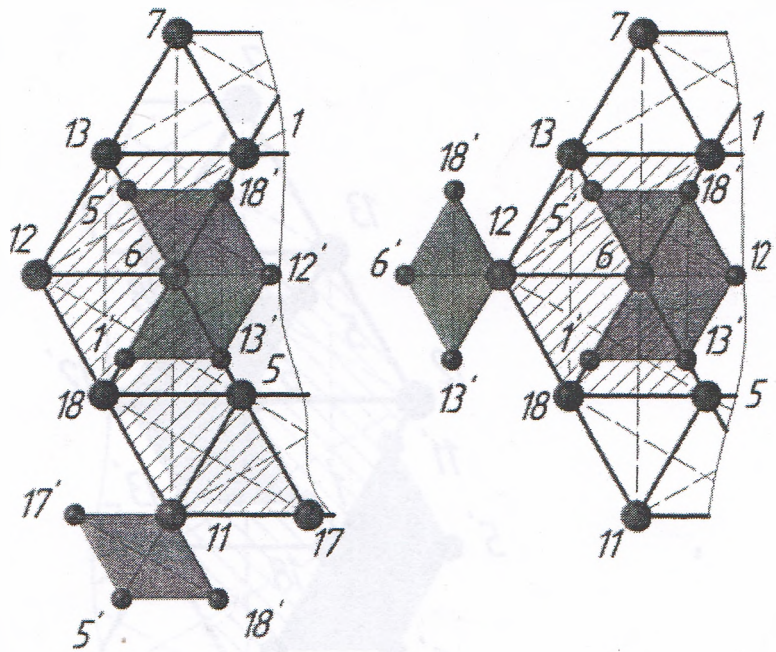
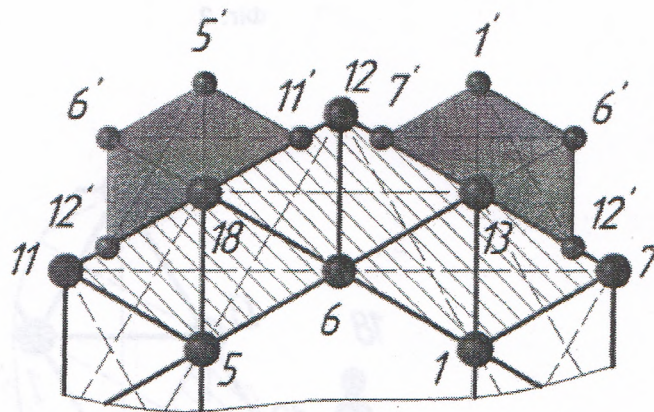


Fig. 3





Фиг. 4



Фиг. 5

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601