



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 117285

(13) U

(51) МПК

G01N 21/27 (2006.01)

G06T 7/40 (2017.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 13179**

(22) Дата подання заявки: **23.12.2016**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **26.06.2017**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **26.06.2017, Бюл.№ 12**

(72) Винахідник(и):

**Будаш Юрій Олександрович (UA),  
Кучеренко Єлизавета Володимирівна  
(UA),  
Плаван Вікторія Петрівна (UA)**

(73) Власник(и):

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ,  
вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11,  
01601 (UA)**

## (54) СПОСІБ ОЦІНКИ ТЕКСТУРНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

(57) Реферат:

Спосіб оцінки текстурної неоднорідності композиційного матеріалу включає отримання цифрового зображення його поверхні, перетворення зображення в напівтонове, отримання текстурних характеристик матеріалу та визначення його текстурної неоднорідності. Отримання текстурних характеристик матеріалу здійснюють шляхом перетворення вихідного напівтонового зображення алгоритмом дифузії похибок в бінарне, в якому локальна щільність бінарних пікселів відповідає значенню інтенсивності вихідного напівтонового зображення, з подальшим програмним розбиттям бінарного зображення на кластери, площа яких мінімум у 4 рази менше загальної площі зображення з одночасним підрахунком частки пікселів певного (0 або 1) значення у кожному кластері.

UA 117285 U

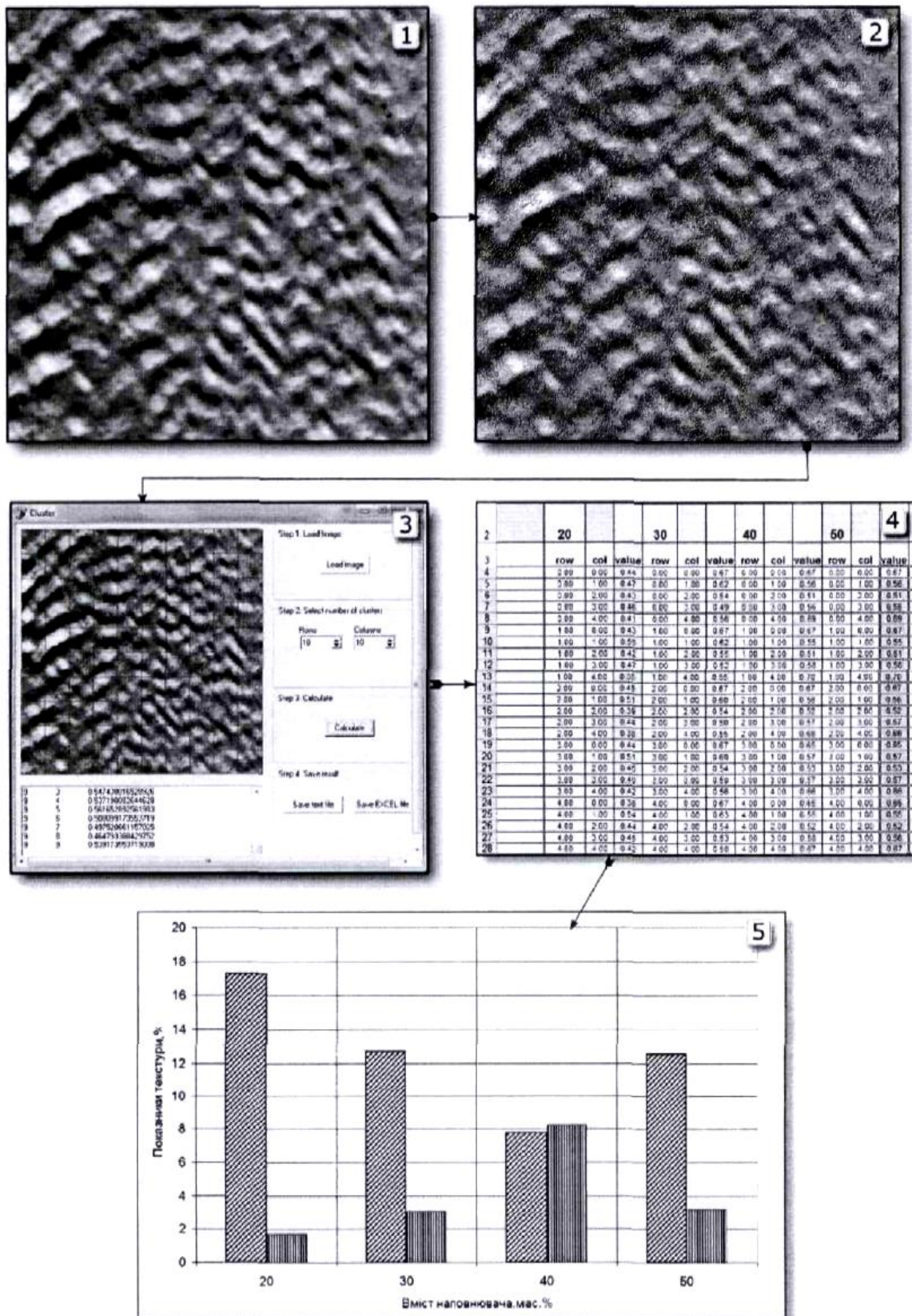


Fig. 1

Корисна модель належить до галузі хімічної промисловості, а саме до способів оцінки текстурної неоднорідності композиційних матеріалів, і може бути використана в легкій, харчовій, будівельній та ряду інших галузей промисловості для оптимізації та корегування змішувальних процесів, контролю якості композиційних матеріалів.

У процесі отримання різних полімерних композиційних матеріалів вельми важливим є питання забезпечення необхідного рівня рівномірності змішування компонентів. Оцінка рівномірності розподілу компонентів є важливим завданням, яке покликане оптимізувати час і умови проведення процесу змішування. Особливо актуальним це є для анізотропних форм композиційних матеріалів (плівки, листи, волокна), де коливання складу можуть призвести до суттєвої неоднорідності їх оптичних і механічних властивостей.

При аналізі рівномірності розподілу компонентів в полімерних композиціях потрібно розрізняти, як мінімум, два рівня їх неоднорідності. Перш за все, це мікронеоднорідність, пов'язана з розподілом окремих частинок наповнювача на відносно невеликих ділянках, порівнянних з розміром частинок. Для оцінки такої дискретної неоднорідності необхідно визначити рівномірність розподілу в полімері частинок шляхом ідентифікації їх кордонів і взаємного розташування.

Інший рівень - це макронеоднорідність композиції, пов'язана з розподілом компонентів на ділянці, порівнянному з розмірами виробу. Таким чином, масштабом оцінки макронеоднорідності є розмір об'єкта, системи або зразка. Для визначення макронеоднорідності можуть бути використані різні методи, що дозволяють оцінювати неперервну зміну фізичних характеристик матеріалу в межах розмірів виробу в цілому.

Під текстурою розуміють композиційну макронеоднорідність виробу, що містить області, в яких відсутні чіткі межі складових елементів. Текстура проявляється візуально в наявності плям, смуг і прошарків, нерівномірності забарвлення або прозорості композиційного матеріалу. Текстура характеризує просторову організацію елементів композиції в межах деякої ділянки в результаті певного статистичного розподілу інтенсивності або тональності кольору.

Текстура має велике значення при отриманні полімерних композиційних матеріалів, оскільки визначає не тільки їх зовнішній вигляд, але і варіабельність фізико-механічних властивостей композицій.

Відомий спосіб отримання кількісних текстурних характеристик зображення шляхом визначення характеру зміни градацій тону всередині текстурних елементів [R.M. Haralick. Statistical and structural approaches to texture //Proceedings of the IEEE, 1979. Vol. 67, no. 5, p. 768-804]. Метод заснований на перетворенні зображення в напівтонове (рівні сірого) і побудові матриці суміжності рівня сірого (Gray-Level Co-occurrence Matrix). Матриця являє собою двовимірну гістограму сірих рівнів для пари пікселів, які відокремлені фіксованими просторовими відносинами і апроксимує спільний розподіл ймовірності пари пікселів. В результаті, визначається просторовий розподіл сірих значень, що дозволяє оцінити текстурні характеристики, пов'язані зі статичними обчисленнями другого порядку: ентропію, гомогенність, однорідність, контраст, кореляцію та ін.

Необхідність використання складних алгоритмів зменшення детальності та висока обчислювальна складність призводить до того, що спосіб є трудомістким.

Відомий також спосіб оцінки текстурної неоднорідності композиційного матеріалу, що включає отримання цифрового зображення його поверхні, перетворення зображення в напівтонове, отримання текстурних характеристик матеріалу та визначення його текстурної неоднорідності [патент US4617682A, G06T 7/403, 1984 р.]. При цьому зображення матеріалу поділяють на безліч секцій, яскравості кожної із секцій класифікують і зберігають в рівнях сірого. Текстурні характеристики визначають відповідно до заданих критеріїв на основі варіацій рівня сірого, які спостерігаються до і після переміщення вимірювальної маски.

Зазначений спосіб має складну багатоступеневу структуру. Велика різноманітність статистичних ознак текстур викликає необхідність попереднього дослідження найбільш інформативних критеріїв в залежності від типу текстури. Спосіб не дозволяє швидко і з високою точністю проводити оцінку текстурної неоднорідності матеріалу.

В основу заявленої корисної моделі поставлена задача створення такого способу оцінки текстурної неоднорідності композиційних матеріалів, при якому зміною умов виконання операцій забезпечувалося б зниження трудомісткості, при підвищенні точності оцінки текстурної неоднорідності матеріалу.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі оцінки текстурної неоднорідності композиційного матеріалу, що включає отримання цифрового зображення його поверхні, перетворення зображення в напівтонове, отримання текстурних характеристик матеріалу та визначення його текстурної неоднорідності, згідно з корисною моделю, отримання текстурних

характеристик матеріалу здійснюють шляхом перетворення вихідного напівтонового зображення алгоритмом дифузії похибок в бінарне, в якому локальна щільність бінарних пікселів відповідає значенню інтенсивності вихідного напівтонового зображення, з подальшим програмним розбиттям бінарного зображення на кластери, площа яких мінімум у 4 рази менше загальної площі зображення з одночасним підрахунком частки пікселів певного (0 або 1) значення у кожному кластері, а текстурну неоднорідність ( $K_n$ ) композиційного матеріалу визначають за формулою:

$$K_n = S/p * 100 \%,$$

де  $S$  - середньоквадратичне відхилення частки пікселів певного (0 або 1) значення в окремих кластерах зображення суміші від їх середнього значення;

$p$  - середнє значення частки пікселів того ж значення на зображенні композиційного матеріалу в цілому.

Використання перетворення вихідного напівтонового зображення алгоритмом дифузії похибок в бінарне, дозволяє зменшити кількість даних, що аналізуються зі збереженням текстурної інформації та прискорити процес аналізу. Крім того, використання спеціального програмного забезпечення дозволяє спростити процес одержання кількісних характеристик текстури на її окремих ділянках, що забезпечує зниження трудомісткості при підвищенні точності оцінки текстурної неоднорідності.

Спосіб реалізується таким чином.

Отримання цифрового зображення композиційного матеріалу в проникаючому або відбитому світлі шляхом фотографування або сканування його поверхні з необхідним рівнем деталізації.

Модифікація кольорової інформації цифрового зображення шляхом злиття інформації трьох кольорових каналів і переведення зображення в напівтонове (256 відтінків сірого).

Застосування до напівтонового зображення алгоритму дифузії похибок. Він являє собою спосіб порогового розділення напівтонового зображення, коли інтенсивність кольору перетворюється в локальну щільність бінарних пікселів. При цьому можуть бути використані наступні різновиди цього алгоритму (реалізовані в програмі ImageJ): Floyd-Steinberg, Atkinson, Jarvis-Judice-Ninke, Stucki, Bayer\_2x2, Bayer\_4x4, Bayer\_8x8, Clustered\_4x4, Random. Результатом операції є створення бінарного "точкового" зображення, причому щільність розташування точок відповідає значенню інтенсивності вихідного напівтонового зображення в діапазоні значень 0-256. Таке перетворення дозволяє використовувати стандартні процедури кількісного аналізу бінарного зображення, що спрощує отримання, обробку та інтерпретацію даних.

Одержання значень частки пікселів певного (0 або 1) значення в окремих кластерах бінарного зображення. Для цього використовується спеціально розроблена комп'ютерна програма, в яку завантажують попередньо підготовлене бінарне зображення композиційного матеріалу (кнопка "Load Image"), вибирають число кластерів, на яке розбивається зображення (кнопки "Rows", "Columns"), підраховують частку пікселів певного (0 або 1) значення в кожному кластері (кнопка "Calculate"), зберігають результати у вигляді файлу формату txt або xls.

Статистична обробка результатів вимірювання та графічна візуалізація одержаних залежностей виконується за допомогою табличного процесора. При цьому оцінюють текстурну неоднорідність композиційного матеріалу з розрахунком відповідного коефіцієнта.

На фіг. 1 представлено схему реалізації способу, на фіг. 2 збільшений (400 %) фрагмент зображення текстури композиційного матеріалу до (зверху) та після (знизу) використання алгоритму дифузії похибок (Floyd-Steinberg), на фіг. 3 залежність розрахованого коефіцієнта текстурної неоднорідності від складу композиції для плівок ПЕВТ/АС.

Схема реалізації способу включає: 1 - отримання вихідного цифрового зображення композиційного матеріалу; 2 - перетворення зображення в бінарне шляхом використання алгоритму дифузії похибок; 3 - кластерний аналіз зображення за допомогою спеціального програмного забезпечення; 4 - обробка кількісних результатів кластерного аналізу; 5 - визначення текстурних характеристик композиційного матеріалу та побудова їх графічних залежностей від складу композиції.

Для пояснення суті способу на фіг. 1 наведена схема його реалізації, що характеризує виконання окремих кроків для заявленої корисної моделі.

В запропонованому способі для оцінки текстурної неоднорідності композиційного матеріалу використовується процедура перетворення вихідного напівтонового зображення в бінарне, що дозволяє зменшити кількість даних, що аналізуються зі збереженням текстурної інформації. Використовується спеціально розроблене програмне забезпечення, функції якого дозволяють спростити та автоматизувати процес розбиття зображення на кластери та визначення частки

пікселів певного значення у кожному кластері. Результатом є зниження трудомісткості за рахунок спрощення процедури визначення, підвищення швидкості і точності оцінки текстурної неоднорідності композиційного матеріалу порівняно з іншими способами.

Приклад 1.

5 Як вихідні об'єкти досліджень використовували композиційні плівки на основі поліетилену високого тиску (ПЕВТ) марки 15803-020, що вміщували різну (20-50 мас. %) кількість функціонального мінерального наповнювача "Алсил-Н" (АС). Композиційні плівки отримували методом вальцювання на лабораторних змішувальних вальцях фірми "Battaggion" типу MCC/N 150/300.

10 Для оцінки текстурної неоднорідності композиційних плівок використовували запропонований метод.

Залежність коефіцієнта текстурної неоднорідності ( $K_n$ ) наведена на фіг. 3. З наведених даних видно, що найбільше значення  $K_n$  (-17 %) спостерігається для композиційних плівок ПЕВТ/АС складу 80/20 мас. %. При збільшенні концентрації АС до 40 % текстурна 15 неоднорідність плівки стає менш виражена, а значення  $K_n$  практично лінійно зменшується більш ніж у 2 рази (до 7,8 %). При подальшому збільшенні концентрації наповнювача до 50 %, значення  $K_n$  композиційних плівок ПЕВТ/АС зростає до 12,5 %. Це може бути пов'язано з помітною агрегацією частинок наповнювача в композиційній плівці при такому співвідношенні компонентів.

20

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб оцінки текстурної неоднорідності композиційного матеріалу, що включає отримання цифрового зображення його поверхні, перетворення зображення в напівтонове, отримання 25 текстурних характеристик матеріалу та визначення його текстурної неоднорідності, який **відрізняється** тим, що отримання текстурних характеристик матеріалу здійснюють шляхом перетворення вихідного напівтонового зображення алгоритмом дифузії похибок в бінарне, в якому локальна щільність бінарних пікселів відповідає значенню інтенсивності вихідного напівтонового зображення, з подальшим програмним розбиттям бінарного зображення на 30 кластери, площа яких мінімум у 4 рази менше загальної площі зображення з одночасним підрахунком долі пікселів певного (0 або 1) значення у кожному кластері, а текстурну неоднорідність ( $K_n$ ) композиційного матеріалу визначають за формулою:

$$K_n = S/p * 100 \%,$$

де  $S$  - середньоквадратичне відхилення долі пікселів певного (0 або 1) значення в окремих 35 кластерах зображення суміші від їх середнього значення;  $p$  - середнє значення частки пікселів того ж значення на зображенні композиційного матеріалу в цілому.



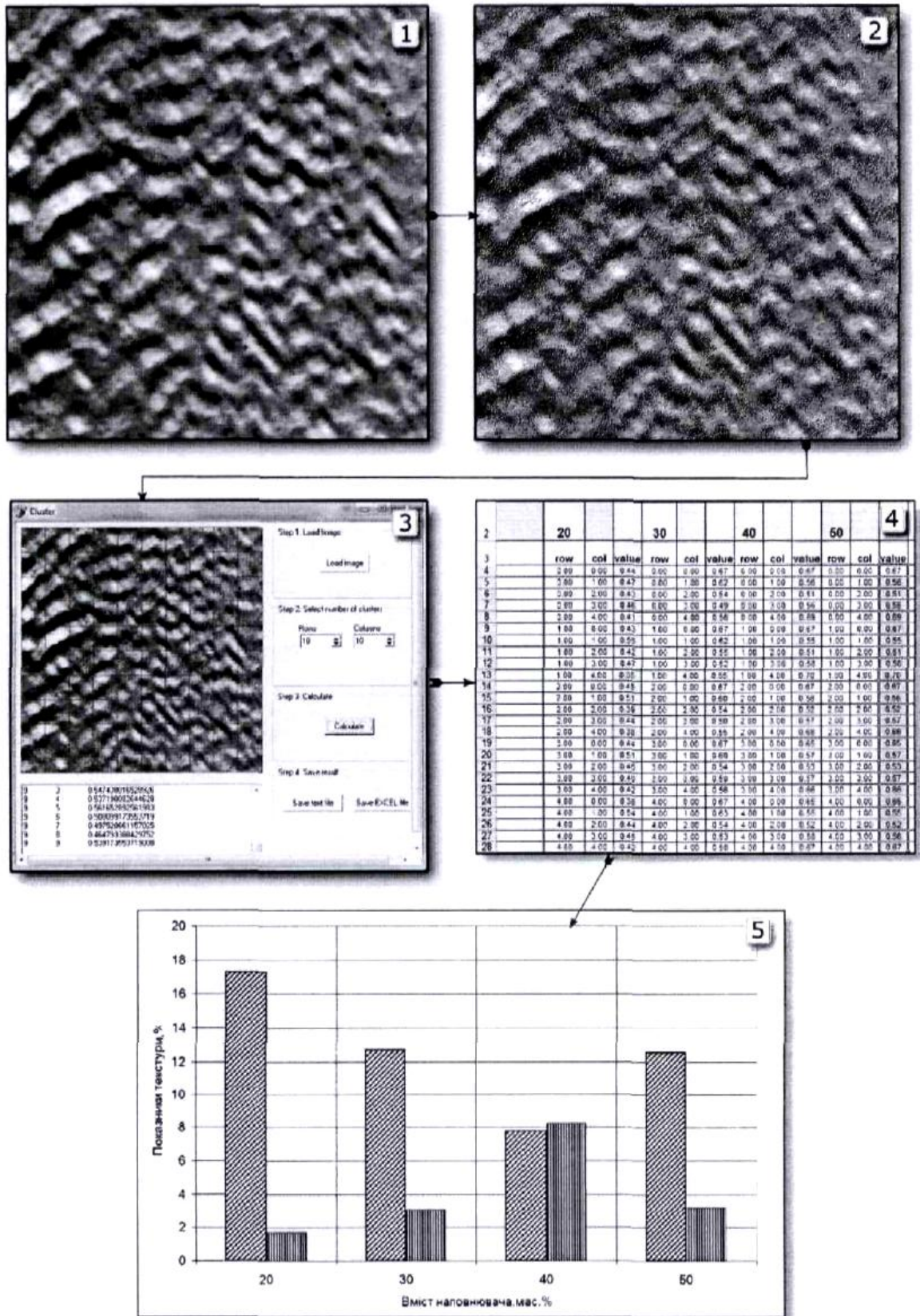


Fig. 1

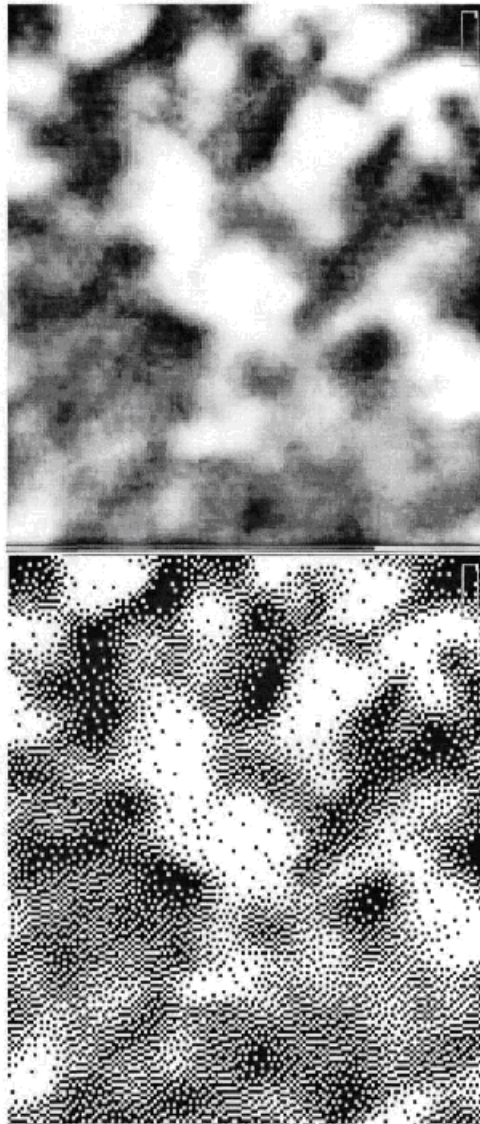
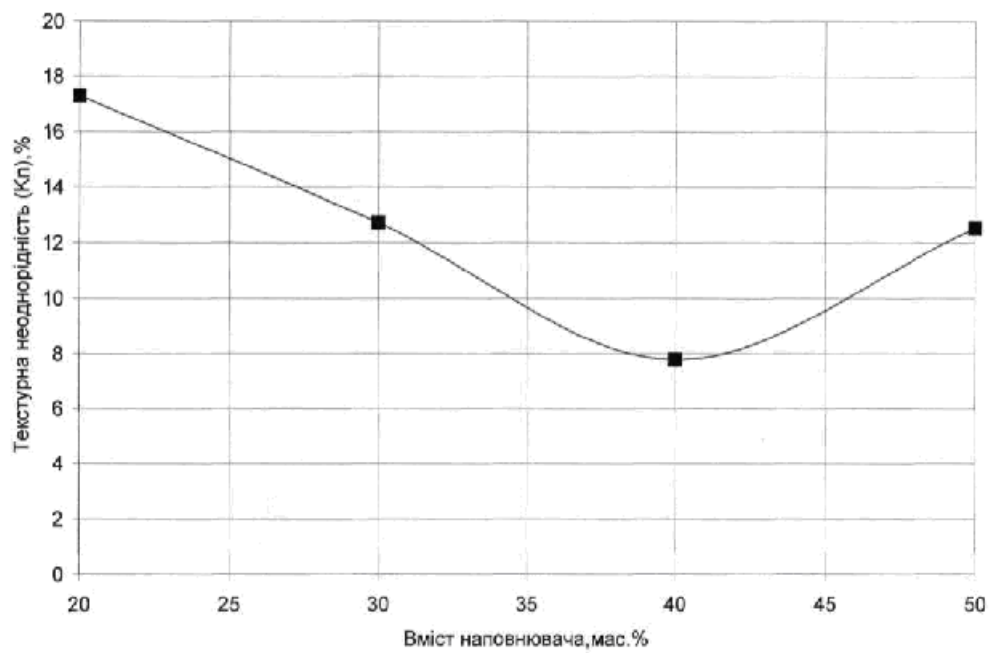


Fig. 2



**Фіг. 3**

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

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