



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108987** (13) **C2**
(51) МПК (2015.01)
G06K 9/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2011 15060**
(22) Дата подання заявки: **17.05.2010**
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: **10.07.2015**
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: **10 2009 022 147.6, 10 2009 023 756.9, 10 2009 041 757.5**
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: **20.05.2009, 04.06.2009, 04.06.2009**
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: **DE, DE, DE**
(41) Публікація відомостей про заявку: **25.01.2012, Бюл.№ 2**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.07.2015, Бюл.№ 13**
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: **PCT/DE2010/000534, 17.05.2010**
(72) Винахідник(и): **Шольцен Вернер (DE)**
(73) Власник(и): **Шольцен Вернер, Feldstrasse 22, 40721 Hilden, Germany (DE)**
(74) Представник: **Новікова Лідія Аркадіївна, реєстр. №36**

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
Johnson C. R., Hendriks E, Berezhnoy I. J., Brevdo E. Image processing for artist identification .IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, 20080701 IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US - ISSN 1053-5888 ; Vol:25, Nr:4, Page(s): 37 - 48, XP011228189
Berezhnoy I.E., Postma E.O., van den Herik H. J. Authentic: Computerized Brushstroke Analysis .IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2005. ICME 2005. Amsterdam, The Netherlands, 06-08 July 2005, 20050706; 20050706 - 20050706 IEEE, Piscataway, NJ, USA - ISBN 978-0-7803-9331-8 ; ISBN 0-7803-9331-7; Page(s): 1586 - 1588; XP010843976
Melzer T; Kammerer P; Zolda E., Stroke detection of brush strokes in portrait miniatures using a semi-parametric and a model based approach. Pattern Recognition, 1998. Proceedings. Fourteenth International Conference on Brisbane, Qld., Australia 16-20 Aug. 1998, 19980816; 19980816 - 19980820 Los Alamitos, CA, USA, IEEE Comput. Soc, US - ISBN 978-0-8186-8512-5 ; ISBN 0-8186-8512-3 ; Vol:1, Page(s): 474 - 476; XP010297588
Sablantnig R; Kammerer P; Zolda E., Hierarchical classification of paintings using face- and brush stroke models. Pattern Recognition, 1998. Proceedings. Fourteenth International Conference on Brisbane, Qld., Australia 16-20 Aug. 1998, 19980816; 19980816 - 19980820 Los Alamitos, CA, USA, IEEE Comput. Soc, US - ISBN 978-0-8186-8512-5 ; ISBN 0-8186-8512-3; Vol:1, Page(s):172 - 174; XP010297463
Lyu S., Rockmore D., Farid H . A digital technique for art authentication . Proceedings of the National Academy of Sciences, 20041207 National Academy of Sciences, US - ISSN 0027-8424 . Vol:101, Nr:49, Page(s):17006 - 17010; XP002601838
US 6017218 A; 25.01.2000

(54) ПРИСТРІЙ ТА СПОСІБ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АВТОРА ВИТВОРУ МИСТЕЦТВА

(57) Реферат:

UA 108987 C2

Спосіб ідентифікації автора витвору мистецтва, який включає щонайменше наступні етапи: перетворення досліджуваного полотна або фрагментів досліджуваного полотна за допомогою пристрою для оцифрування, зокрема сканера щонайменше в один набір даних; аналіз набору/наборів даних і визначення ознак, що характеризують, або деталей ознак, що характеризують, зокрема точок, ліній, груп точок або ліній, або моделей, які містяться в наборі даних в цифровому вигляді, причому визначувані ознаки, що характеризують, зберігаються в одному наборі даних, причому база даних містить додатковий зв'язаний запис для кожної з цих ознак, що характеризують, які зберігаються.

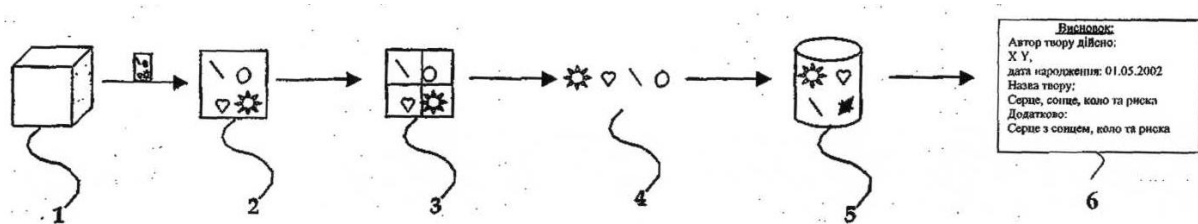


Fig.1

Область техніки

Пропонований винахід відноситься до пристрою і способу для доказу походження і авторства картин.

Рівень техніки

В світі мистецтва дуже велике значення надається походженню витвору мистецтва, тобто, відношенню відповідного твору до художника. Це необхідно для визначення авторства і вартості твору, а також для цілей мистецтвознавства. Художник, як автор витвору мистецтва, володіє дуже широкими правами на цей твір мистецтва, які зберігаються за ним навіть після продажу цього твору. Крім того, дійсне походження витвору мистецтва цікаве для мистецтвознавців, оскільки у багатьох випадках, зокрема, відносно старих витворів мистецтва, не вдається однозначно визначити автора. Причина може полягати у відсутньому або фальсифікованому підписі, а також в тому, що великі майстри мали безліч здібних учнів, яким доручалося опрацювання фрагментів або навіть повного витвору мистецтва, яке потім, не дивлячись на це, підписувалося майстром. Характерним прикладом такої співпраці є Рембрандт. У таких випадках для дослідження витворів мистецтва залучають до роботи навіть високотехнологічну апаратуру. Наприклад, нерідкі випадки рентгенівського дослідження картин, крім того, для розпізнавання водяних знаків паперових млинів часто використовується інфрачервоне опромінювання. Матеріали, що опромінюються ультрафіолетом, флуоресціюють різними кольорами, що дозволяє судити про матеріал, який лежить в основі витвору мистецтва. В результаті можна зробити висновок про авторство відповідного художника. Крім того, для розпізнавання підробок застосовується термolumінесцентний аналіз, дорогі хімічні дослідження або дослідження витвору мистецтва під мікроскопом.

Проте ці методи пов'язані з дуже високими витратами і повинні виконуватися у відповідних місцях, найчастіше - лабораторіях. Ці місця повинні бути обладнані з урахуванням вимог до захисту персоналу від дії випромінювання і з урахуванням вимог до кліматичних умов зберігання картин.

З іншого боку, досвідчений експерт часто може візуально визначити автора витвору мистецтва, зокрема, картини. Здібність до визначення художника як автора певної картини набувається експертом в ході навчання і професійної діяльності. При цьому деякими ознаками, які характеризують художника і полегшують ідентифікацію його творів, є колірний шар, манера писання та мазок. Під мазком розуміється, по суті, ведення пензлика в живописі. Мазок може підкреслювати важливість окремих ділянок картини для відповідного художника. Так, наприклад, на портреті лінії обличчя можуть бути тонше за мазки, які художник використовував для написання одягу. Це може свідчити про те, що художник надавав особливе значення виразу обличчя або самому обличчю. Таким чином, мазок є індивідуальним почерком художника. Мазок може описуватися, зокрема, манерою роботи пензля, манерою писання, легкістю і стабільністю притиснення пензля. Витвір мистецтва, зокрема, картину, може бути ідентифіковано за допомогою цього індивідуального почерку художника, тобто, автора. Відповідно, воно може бути приписане справжньому авторові. В даний час це може бути зроблено тільки шляхом огляду полотна експертом-мистецтвознавцем. При цьому експерт повинен ретельно розглянути і досліджувати полотно. Цей процес займає дуже багато часу і коштує дуже дорого, оскільки експерти-мистецтвознавці є висококваліфікованими фахівцями.

Розкриття винаходу

Таким чином, завданням пропонованого винаходу є розробка пристрою і способу, який дозволить приписати заданій картині авторство того художника (з безлічі заданих художників), який насправді створив її.

Згідно винаходу, це завдання вирішується способом ідентифікації автора витвору мистецтва, який включає, щонайменше, наступні етапи:

- перетворення досліджуваного полотна або фрагментів досліджуваного полотна за допомогою пристрою для оцифрування, зокрема, сканера, щонайменше, в один набір даних;
- аналіз набору/наборів даних і визначення ознак, що характеризують, або деталей ознак, що характеризують, зокрема, точок, ліній, груп точок або ліній, або моделей, які містяться в наборі даних у цифровому вигляді, причому визначувані ознаки, що характеризують, зберігаються в одному наборі даних;
- причому база даних містить додатковий зв'язаний запис для кожної з цих ознак, що характеризують, які зберігаються.

Спосіб, що описується винаходом, не вимагає від експерта-мистецтвознавця спеціальних знань по базах даних. Швидкість отримання результату залежить від швидкості доступу до бази даних, алгоритму, який використовується для пошуку по базі даних, величини досліджуваних наборів даних і, зрозуміло, кількості зв'язаних записів в базі даних. Визначення ознак, що

характеризують, в наборі даних щодо даної заявки слід розуміти як розпізнавання ознак, що характеризують, в наборі даних (і, зрозуміло, в кінцевому підсумку на досліджуваному полотні) або як ідентифікацію (знаходження) ознак, що характеризують, в наборі даних.

Перетворення картини або фрагментів картини, щонайменше, в один набір даних за допомогою пристрою для оцифрування в більшості випадків означає сканування картини за допомогою сканера. Також можливе використання відповідної цифрової камери. Це вигідно тим, що оцифрування за допомогою камери може виконуватися одночасно. Це простий і швидкий спосіб отримання оцифрованих даних при збереженні високої мобільності, причому витвори мистецтва не потрібно перевозити. Тобто, оцифрування можливе безпосередньо на місці виставляння витворів мистецтва. У такому ж ступені сканер є системою реєстрації даних, яка систематично і регулярно зчитує або знімає об'єкт, зокрема, картину. При цьому шляхом декількох окремих зйомок отримують загальне зображення сканованого об'єкту або його фрагментів. Для зйомки тривимірних витворів мистецтва може застосовуватися об'ємний сканер. Сканери фірми Cguse, в яких скановане зображення освітлюється синхронізованим світлом, причому відбите світло фокусується лінзою, дозволяють добитися абсолютно правильної кольоропередачі та точного збігу відсканованого зображення з оригіналом. Для простих малюнків може використовуватися навіть звичайний сканер, який, вигідним чином, відрізняється дуже високою якістю зйомки (значення виразу "дуже висока якість зйомки" міняється з часом, оскільки кожне нове покоління сканерів може мати поліпшені характеристики зйомки або поліпшене розділення). Набори даних, отримані при скануванні, можуть займати дуже багато місця навіть при скануванні невеликих оригіналів (залежно від встановленого розділення). Проте це умова, а саме, наявність накопичувачів великого об'єму, може бути реалізовано на сучасному рівні техніки з невеликими витратами.

Аналіз отриманих шляхом сканування наборів даних, який повинен виконуватися відповідно до способу, описуваного у винаході, і визначення ознак, що характеризують, які є в наборі даних в цифровій формі, здійснюється за допомогою зразків ознак, що характеризують, які зберігаються в базі даних. Ці зразки порівнюються з досліджуваним зображенням, при цьому в досліджуваному зображенні ведеться пошук ознак, повністю або переважно співпадаючих із зразками.

Визначення або розпізнавання цих ознак, що характеризують, зокрема, точок, ліній, груп точок або ліній, або моделей, в досліджуваному зображенні припускає наявність можливості розпізнавання серед великої кількості даних закономірностей, повторень або подібностей, причому розпізнавання подібності має найбільші шанси на успіх. Така можливість може бути надана методами розпізнавання образів. Крім того, ознаками, що характеризують, можуть бути кромки, межі кольорів, накладення кольорів, тобто, манера накладення фарбового шару, і власне мазок.

По суті, відскановане і досліджуване зображення аналізується способом, який, разом зі своїми підготовчими етапами, описується нижче. Такий аналіз полегшує подальше порівняння із зразками, що зберігаються в базі даних.

Після оцифрування виконується етап підготовки досліджуваного зображення. На цьому етапі, зокрема, виконується стандартизація зображення, яка дозволить згодом порівнювати його із зразками. При необхідності, можна за допомогою фільтрів усунути погрешності, що заважають. Також можна перетворити кольори зображення у відтінки сірого, якщо це буде корисно на подальших етапах.

Після цього зображення може бути розділене на сегменти, завдяки чому однорідні області (області з приблизно однаковою текстурою або однаковою кольоровістю) можуть бути об'єднані, унаслідок чого зменшиться завантаження пам'яті.

Після цього виконується екстракція ознак. По суті, способи екстракції ознак в більшості випадків є способами, які в найбільш сприятливому випадку ґрунтуються на інтуїції або багаторічному досвіді фахівця. Важливі ознаки можуть бути перетворені у вектори ознак. Ознаками зображень можуть бути прямі лінії, криві лінії, кола, еліпси і інші групи, які можуть бути геометрично описані. Ознака, що характеризує, яка може бути співвіднесена з автором, може складатися з декількох таких ознак або тільки з одної такої ознаки.

На наступному етапі виконується класифікація добутих ознак і зразків за допомогою способу класифікації. Спосіб класифікації або класифікатор підрозділяє добуті ознаки і зразки на класи. Способи класифікації вже відомі на рівні техніки. Відомі ручні, автоматичні, числові і нечислові статистичні і нерозподіляючі, а також параметризовані та навчальні способи. Також відомі і інші способи, тобто, вищенаведений список не має обмежувального характеру. Класифікація може бути виконана, наприклад, за допомогою класифікатора Байєса. Цей класифікатор

співвідносить кожну ознаку в точності з тим класом, до якого він належить з найбільшою вірогідністю.

На підставі цієї класифікації може виконуватися саме аналіз образів, в ході якого проводиться розпізнавання або інтерпретація зображення. На першому етапі розглядаються тільки важливі ознаки, на другому етапі оцінюється співвідношення ознак.

Ознаки, які було розпізнано таким чином і проаналізовано, порівнюються з ознаками, що характеризують, які зберігаються в базі даних. Якщо буде виявлено один або декілька збігів, то, крім прізвища автора, може бути виведений зв'язаний набір даних з інформацією про автора полотна.

Інший варіант виконання винаходу відрізняється тим, що розділення пристрою для оцифрування, переважно, сканера, може вільно регулюватися. Ця можливість дозволяє враховувати як відповідний витвір мистецтва, так і оброблюваний у результаті набір даних, отриманий в ході процесу оцифрування.

Якщо художник вважає за краще використовувати при створенні своїх творів філігранну техніку, яка відрізняється дуже тонкими і дуже легкими (там, де це можливо) лініями, то для виконання аналізу образу необхідно вибрати режим високого розділення, який дозволяє переводити у цифровий вигляд і згодом аналізувати навіть найтонші і дрібніші деталі. У інших випадках, наприклад, в витворі, який містить, наприклад, невелику кількість різних однотонних квадратів на полотні великої площі, виразність витвору мистецтва дуже висока, але інформація, отримана при оцифруванні витвору, є передбаченою і може бути описана невеликим об'ємом даних.

В іншому переважному варіанті виконання винаходу для аналізу і визначення ознак, що характеризують, в досліджуваному зображенні або в його фрагментах використовується метод Хафа. Під методом Хафа мається на увазі спосіб, який ґрунтується на однойменній трансформації, а саме, трансформації Хафа. Ця трансформація придатна для розпізнавання прямих ліній, еліпсів та інших геометричних об'єктів. З таких об'єктів складаються шукані ознаки, що характеризують. Крім того, метод Хафа є дуже надійним методом, який дозволяє ідентифікувати структури ліній навіть в зашумленому зображенні, тобто, в зображенні, на якому геометричні об'єкти не можуть бути розпізнані чітко та однозначно. Таким чином, можна визначити не тільки цілковиті лінії, але і сегменти ліній та інші сегменти і деталі геометричних об'єктів.

Наступний, абсолютно окремий, переважний варіант виконання винаходу відрізняється наявністю додаткового етапу способу, на якому визначаються опорні ознаки ознак, що характеризують, або деталей ознак, що характеризують, які містяться в наборі даних, причому опорні ознаки ознак, що характеризують, або вже знаходяться в базі даних, або утворюються в ході поточного процесу. Опорна ознака ознаки, що характеризує, в суті даної заявки виділяється з нього шляхом зміни ознаки, що характеризує. Людське око може розпізнати лише незначні відмінності між опорною ознакою і ознакою, що характеризує. Визначення опорних ознак в досліджуваному зображенні дозволяє розпізнавати навіть дрібні і незначні відхилення ознак, що характеризують, які можуть мати місце у будь-якому випадку, і запобігти обумовлені ними помилки у визначенні авторства твору. Звичайно, художник має свій характерний індивідуальний почерк, він малює або пише визначені форми завжди подібним чином або навіть, в найбільш сприятливому випадку, майже однаково. Проте, в намальованих або написаних формах завжди мають місце відхилення. Ці відхилення необхідно розпізнавати і, при необхідності, визначати як ознаки, що характеризують, в досліджуваному зображенні. Опорні ознаки утворюються за допомогою модуля обробки образів. Такі модулі обробки образів відомі на рівні техніки. Під обробкою образів розуміється (як приклад, не маючи обмежувального характеру) маніпулювання окремими лініями, кривими, прямими, кутами або навіть повними геометрично зв'язаними фігурами, причому вихідною точкою таких маніпуляцій є ознаки, що характеризують, або деталі ознак, що характеризують.

У зовсім простому випадку ознаки, що характеризують, або деталі ознак, що характеризують, просто збільшуються або зменшуються, причому цілком можлива ситуація, в якій оброблятиметься більш за одну ознаку, що характеризує, або більш за одну деталь такої ознаки. Можливий навіть варіант, в якому одна деталь ознаки, що характеризує буде збільшена, а інша - зменшена.

У наступному переважному варіанті виконання пропонованого винаходу опорні ознаки утворюються розтягуванням або стисненням відповідної ознаки, що характеризує, або, щонайменше, однією деталлю ознаки, що характеризує. У цьому варіанті виконання ознака, що характеризує, на відміну від вищезазначеного останнього варіанту виконання винаходу, сильніше віддалена. Проте, така маніпуляція цілком може привести до позитивного результату,

якщо ознака, що характеризує, унаслідок наявної геометрії досліджуваного зображення була вимушено стиснена або розтягнута при утворенні твору. Крім того, при таких маніпуляціях з ознаками, що характеризують або їх деталями можлива ситуація, в якій одна деталь буде стиснута, а інша, навпаки, розтягнута.

5 У наступному переважному варіанті виконання пропонуваного винаходу, щонайменше, одна опорна ознака утворюється шляхом зміни кривизни лінії.

В іншому варіанті виконання опорна ознака утворюється шляхом зміни кута, щонайменше, між двома лініями відповідної ознаки, що характеризує.

10 Всі ці здійснені маніпуляції не повинні змінювати характер ознак, що характеризують, настільки, щоб вони більш не могли служити своїй цілі, а саме, визначенню авторства витвору мистецтва. Дійсно, крім перелічених змін ознак, що характеризують, можливі і інші маніпуляції, що мають ціль утворення можливих опорних ознак.

15 Крім того, не виникає сумнівів, що пропонуваний спосіб згідно винаходу може застосовуватися і для фрагментів картин, тобто, частин полотна. В цьому випадку оцифровуються тільки ті фрагменти (частини) полотна, які необхідно проаналізувати. Це може мати місце в тому випадку, якщо експерт бачить спеціальну "ознаку, що характеризує", але він не упевнений в тому, чи йде мова про оригінал або про підробку з метою введення спостерігача в оману.

20 Такий спосіб може здійснюватися, наприклад, за допомогою пристрою, який включає, щонайменше, один пристрій для оцифрування, переважно, сканер, модуль стандартизації, модуль сегментації, модуль класифікатора і модуль бази даних. Крім того, такий пристрій може містити, щонайменше, один накопичувач і, щонайменше, один блок обробки даних.

Короткий опис креслень

На фігурах зображено:

25 Фіг. 1: схематичний алгоритм способу.

Фіг. 2: пояснення до методу Хафа на прикладі прямої лінії.

Фіг. 3: схематичне зображення межі кольорів.

Фіг. 4: схематичне зображення характеристики зміни забарвлення.

Фіг. 5: чорно-біла копія оригіналу з п'ятьма позначеними областями зображення.

30 Фіг. 5а-е: позначені області зображення (див. фіг. 5).

Фіг. 6: чорно-біла копія можливої підробки з п'ятьма позначеними областями зображення.

Фіг. 6а-е: позначені області зображення (див. фіг. 6).

Фіг. 7: копія твору художника Макса Кларенбаха.

Фіг. 7а: фрагмент фігури 7.

35 Фіг. 8: копія можливої підробки твору художника Макса Кларенбаха.

Фіг. 9: схематичне уявлення межі кольорів, накладення кольорів і мазка.

Здійснення винаходу

На фіг. 1 представлено схематичний алгоритм способу, що описується винаходом, а також застосування деяких з необхідних для цього модулів. На першому етапі досліджуване полотно оцифровується за допомогою пристрою 1 для оцифрування, в даному випадку - сканера високого розділення. Як приклад відскановано мініатюру, що ймовірно належить перу дуже відомого художника ХУ, який написав її на зворотному боці старовинної сірникової коробки. З часом твір сильно постраждав. Крім того, та обставина, що сірникова коробка до цього використовувалася по прямому призначенню, не пішла на користь якості зворотної сторони коробки. Тому сканування виконувалося з дуже високим розділенням. В результаті окремі об'єкти зображення, що насилу розрізняються неозброєним оком, були оцифровані так, щоб зберегти якомога більше подробиць. Високе розділення використовується також для того, щоб полегшити розпізнавання і усунення можливих неясностей, викликаних, наприклад, забрудненням основи, при подальшому виконанні способу. При скануванні з високим розділенням виходить великий об'єм даних, проте мала величина картини компенсує цей недолік. Крім того, сучасна техніка дозволяє ефективно зберігати і обробляти дуже великі об'єми даних. Потім зображення стандартизується за допомогою модуля 2 стандартизації. Ця операція служить для полегшення порівняння відповідних знайдених ознак, що характеризують, із зразками, що зберігаються в базі 5 даних. Оскільки зразки, що зберігаються в базі 5 даних, також стандартизовані, то, щонайменше, пропорції окремих ознак, що характеризують, схожі один з одним. Художник завжди виконує характерні для нього рухи, що виражаються в мазку, приблизно однаковим чином, так що в більшості випадків структура і величина результатів цих рухів будуть схожі.

60 Уданому прикладі зображення на наступному етапі ділиться на сегменти. В даному випадку ця операція напрошується, оскільки зображення полягає, по суті, з чотирьох ознак, а саме,

риски, кола, серця і сонця. Завдяки усвідомленому вибору сегментів, який, втім, не є єдино правильним, в кожному сегменті відтворюється одна ознака. Модуль, що здійснює цей етап, називається модулем 3 сегментації.

Потім знайдені ознаки за допомогою способу класифікації, здійснюваного відповідним модулем 4 класифікатора, розподіляються по класах, до яких вони відносяться з найбільшою вірогідністю. Так, риска призначається класу {риска}, коло - класу {коло}. Серце і сонце, зрозуміло, можуть зберігатися в базі даних не у вигляді класів, і тому можуть бути не знайдені. Тут існує ризик призначення ознак не до того класу. Так, серце може бути віднесене до класу {трикутник} або {деформований трикутник}. Якщо об'єкт "серце" є ознакою, що характеризує шуканого художника, то він може, в цілому, зберігатися в базі даних у вигляді класу {серце} і, з великою часткою вірогідності, відноситися до того ж, хоча і неправильного класу, а саме, класу {деформований трикутник}. По суті, ознаки, що характеризують, які зберігаються в базі даних, також були розподілені класифікатором 4 по класах. В результаті класифікатор 4 у разі ідентичності або високого ступеня подібності, як правило, виконує таку ж класифікацію. Якщо як ознаку можна ідентифікувати лише фрагменти об'єкту "серце", то вони співвідносяться з відповідними класами. Серце може бути розділене на два еліпсоподібних сегменти з прилеглою прямою лінією. Сонце може бути розділене, як легко відмітити, на коло і деяку кількість прилеглих трикутників. Такі окремі деталі розподіляються по відповідних класах. Якщо трикутники написані у відомій характерній манері, то їх зразок, наявний в базі даних, буде обов'язково знайдений.

База 5 даних із зразками ознак, що характеризують, може бути будь-якою з використовуваних в рівні техніки баз даних. Значення має тільки з'єднання з відповідними модулями, які надають ознаки для порівняння. У пропонованому прикладі база 5 даних містить, зокрема, чотири ознаки, що характеризують, а саме риску, зірку, подвійну стрілку і серце. Серце, що зберігається в базі даних, практично ідентично пропонованому об'єкту "серце", виявленому в досліджуваному зображенні. Об'єкт "сонце", що знаходиться на досліджуваному зображенні, також в значній мірі співпадає з сонцем, знайденим в базі даних. Проте, оскільки в цьому випадку повна ідентичність відсутня, на проміжному етапі виконується подальше розкладання об'єкту "сонце" (не показаного на фігурі) на складники, які згодом порівнюються з ознаками, що характеризують, які зберігаються в базі 5 даних. Таким чином, може бути перевірене співвідношення сонця з бази даних з сонцем на досліджуваному зображенні. Для об'єкту "коло" в базі 5 даних відповідності не знайдено. Оскільки всі знайдені ознаки, що характеризують, в базі 5 даних належать одному і тому ж авторові, то результат в пропонованому випадку був однозначний. Мова дійсно йде про художника ХУ. Висновок 6 результату доповнюється інформацією про відповідного художника, яка також зберігається в базі 5 даних. Таким чином, запит не тільки визначає художника, але і готує додаткову інформацію про твір і творчість художника і видає її через модуль виводу, наприклад, дисплей або принтер.

На фігурі 2 представлено приблизні пояснення до методу Хафа в застосуванні до прямої лінії. Порожні клітини (пікселі) витримані в одному кольорі, наприклад, білому, клітини (пікселі), позначені Х, витримані в іншому кольорі, наприклад, чорному. Людське око легко розпізнає галочки на пропонованому фрагменті, не дивлячись на те, що не всі пікселі мають однакові розміри. Галочка може складатися з двох стичних прямих. Пряма лінія може бути математично задана відстанню g по вертикалі від початку координат і кутом ϕ між відповідною з'єднуючою ділянкою і віссю координат. Ділення зображення на пікселі надає систему координат, придатну для цих цілей, причому початок координат повинен розташовуватися в лівому нижньому кутку, горизонтальна вісь позначена значеннями $x(i)$, а вертикальна вісь - значеннями $y(i)$, де i - наскрізне натуральне число. Фрагмент, представлений на фігурі 2, містить 13 пікселів по горизонталі, тобто, i зростає від 1 до 13, тобто, $x(1), x(2) \dots x(13)$. По вертикалі є 12 пікселів, тобто, i зростає від 1 до 12, тобто, $y(1), y(2) \dots y(12)$. Пряма лінія, яка ясно розпізнається людським оком, проходить через пікселі, що позначаються парами $\{x(2), y(10)\}, \{x(3), y(9)\}, \{x(4), y(8)\}, \{x(5), y(7)\}, \{x(6), y(6)\}, \{x(7), y(5)\}, \{x(8), y(4)\}, \{x(9), y(3)\}$, після чого відхиляється в іншому напрямі. На фрагменті додатково забарвлені інші пікселі, позначені знаком Х. Ця пряма лінія може бути представлена рядом пар (g, ϕ) значень. Виконується проста перевірка всіх комбінацій (g, ϕ) значень на предмет того, чи відповідають точки зображення, що знаходяться там, до одного кольору, чи ні. Якщо цей колір відрізняється від кольору навколо цих точок зображення, то пряму лінію видно, і спостерігач бачить на зображенні пряму лінію. Таким чином, можна розпізнати всі прямі лінії на зображенні. Інші геометричні форми описуються іншими математичними формулами, проте можуть бути виявлені і, тим самим, визначені за допомогою такого ж способу. Якщо пряма лінія не обмежується шириною одного пікселя, то прилегли пікселі

також розглядаються як пряма лінія або частина прямої лінії. Адже дві пролягаючі безпосередньо одна поряд з одною і стичні прямі лінії розцінюються спостерігачем як більш широка пряма лінія. Чим більше прямих розташовано одна поряд з одною без проміжків, тим товще спостерігач сприймає пряму лінію (риску) на зображенні.

На фігурі 3 схематично зображено межу кольорів, причому відтінки кольору "білий" і "чорний" заповнюють по одній області. Область, забарвлена в чорний колір, починається від значення x_1 і закінчується на значенні x_2 , на межі кольорів. Область, забарвлена в білий колір, починається від значення x_2 і закінчується на значенні x_3 . Крім того, схематично показана характеристика значень в діапазоні основних кольорів (RGB), причому уздовж довжини колірної області (осі x) відкладені тільки значення R (у тріаді значень (R, B, G) виділені жирним). У діапазоні RGB білому кольору призначений код $(255, 255, 255)$, а чорному кольору - код $(0, 0, 0)$. Конфігурація кривої має відносно простий характер. Область чорного кольору на всьому своєму протязі має значення RGB $(0, 0, 0)$, в цій частині крива постійна і незмінна. На межі кольорів, в області значення x_2 по осі довжини, знаходиться точка розриву. У всій області білого кольору крива має значення RGB $(255, 255, 255)$, тобто, вона знову постійна і незмінна. Така конфігурація кривої може бути ознакою, що характеризує, тобто, передаватися і зберігатися в базі даних у вигляді набору даних. Дійсно, набір даних може також включати як додаткову інформацію допуск на помилку, що дозволяє розпізнавати невеликі відхилення ознак на досліджуваному зображенні від ознак, що характеризують, які зберігаються в базі даних.

На фігурі 4 схематично зображена характеристика зміни забарвлення. В даному випадку, в напрямі зліва направо, показана характеристика зміни забарвлення від білого кольору до чорного. Характеристика послідовно проходить відтінки сірого кольору. Також схематично зображено графік значень в діапазоні RGB, причому по осі довжини x відкладені тільки значення R (у тріаді значень (R, B, G) виділені жирним). В цьому випадку значення RGB також проходить значення від $(0, 0, 0)$ до $(255, 255, 255)$. В цьому випадку конфігурація кривої є прямою, яка лінійно піднімається, та описується формулою:

$R = a \cdot x$, де a - крутість характеристики.

Така конфігурація кривої також може бути ознакою, що характеризує, і таким чином передаватися і зберігатися в базі даних у вигляді набору даних. Отже, і в цьому випадку набір даних може включати як додаткову інформацію допуск на помилку, що дозволяє розпізнавати невеликі відхилення ознак на досліджуваному зображенні від ознак, що характеризують, які зберігаються в базі даних.

На фігурах 5 і 6 представлено вибірку декількох фрагментів з трьох картин, причому пояснення на прикладах наведені для ілюстрації відмінності оригіналу від можливої підробки.

Оригінальна картина "Сталеві труби" Дж. Георга Мюллера (1963) і можливі підробки тієї ж тематики повинні проілюструвати спосіб, що описується винаходом, на практичному прикладі. Для цього було оцифровано оригінал (позначений кодом 2009 03 17-3) і визначені ділянки оригіналу, характерні для художника. На загальному вигляді п'ять характерних областей виділено квадратними білими рамками. Додатково кожній з них надано числовий код, призначений для запобігання можливої плутанини. Надані наступні числові коди:

- 2009 03 17-3-001
- 2009 03 17-3-002
- 2009 03 17-3-003
- 2009 03 17-3-004
- 2009 03 17-3-005.

Аналогічним чином поступили з обома можливими підробками. На зображенні з кодом 2009 03 17-2 і зображенні з кодом 2009 03 17-3-1 також виділено по п'ять областей зображення за допомогою квадратних рамок. Проте ці області зображення вибрані таким чином, щоб їх можна було порівняти з характерними ділянками оригінального зображення. Цим областям надані наступні коди:

- 2009 03 17-2-001
- 2009 03 17-2-002
- 2009 03 17-2-003
- 2009 03 17-2-004
- 2009 03 17-2-005.

На фігурі 5 (оригінальне зображення) білими рамками позначено наступні п'ять фрагментів зображення.

1. Фіг. 5а є фрагментом зображення (код 2009 0317-3-001), що розташований в правому нижньому квадранті картини і зображає стилізовану трубу, написану оранжевим, білим, сірим, ліловим, чорним і вохряним кольором, включаючи окремі проміжні відтінки цих кольорів. На

цьому фрагменті характеристика зміни кольору від темної області до світлої області, що закінчується на чорній горизонтальній лінії, є особливо характерною для техніки художника і є, тим самим, ознакою, що характеризує, яка поміщена в базу даних. Характеристика кольорів, зверху вниз, плавно переходить від темного відтінку (чорного) в світлий відтінок (жовто-білий).

5 Таке ретельне оформлення колірної палітри вимагає не тільки уміння і художнього таланту, але і відточеної техніки. Подібний плавний перехід може бути в точності виражений в діапазоні основних кольорів RGB, наприклад, плавною функцією. Відповідно, він може бути легко оцифрований.

10 2. На фіг. 5b показано повністю чорний фрагмент зображення, який також знаходиться в правому нижньому квадранті, вліво від першого фрагмента зображення із зміщенням у бік центру. На цьому фрагменті видно характерний для художника мазок, який відрізняється постійною щільністю кольору і відтворюється. Цей мазок також може бути описаний математичною функцією.

15 3. На фіг. 5c показано ще один фрагмент зображення, який ілюструє накладення фарб художником. Фрагмент знаходиться в лівому нижньому квадранті зображення і відображає гру тіней на поверхні труби. Для цієї фігури також справедливе твердження, дане для області зображення на фіг. 5a, а саме, що опис накладення фарб може бути легко виражений математичною функцією. Ця функція в тривимірному просторі основних кольорів (RGB) є приблизно лінійною кривою, оскільки відповідні значення RGB змінюються безперервно і

20 плавно.
4. На фіг. 5d показано четвертий фрагмент зображення, який знаходиться в лівому верхньому квадранті зображення і демонструє техніку виконання художником меж кольорів, які розділяють області різних кольорів. Відповідні області кольорів розділяються межею, яка спокійно переходить у відтінок відповідної області кольору. Самі області кольорів мають постійний колірний фон, як показано на фіг. 5b. Ці ознаки, тобто, однотонні області зображення, розділені межами кольорів, відтінок яких відповідає наступній області кольору, є ще однією ознакою, що характеризує техніку художника.

Значення RGB першої області кольору, як і значення RGB другої області кольору, приблизно постійно в межах своїх областей кольору. На межі кольорів значення RGB різко змінюється. Математична функція, що описує цю ознаку, має точку розриву в цьому місці.

5 5. На фіг. 5e показано п'ятий фрагмент зображення, який знаходиться в правому верхньому квадранті зображення і ілюструє затінення труб, а також виразно показує спосіб, яким художник передає відкидання тіні за допомогою переходу від світлих відтінків до темних відтінків.

П'ять згаданих фрагментів зображення в даному випадку є частиною збережених в базі даних наборів даних, які включають деякі ознаки, що характеризують художника Дж.Г.Мюллера, а саме, оформлення межі кольорів, техніка накладення фарб і мазок, що забезпечує рівномірний і постійний колірний фон в межах області кольору. Таким чином, в пропонуваному прикладі п'ять вищезазначених фрагментів зображення заведено в базу даних як приклади

40 ознак, що характеризують.
На фіг. 6 показано копію можливої підробки твору художника Дж.Г.Мюллера, достовірність якої необхідно перевірити. Для цього, наприклад, виконується аналогічне сканування п'яти фрагментів зображення, після чого за допомогою способу, що описується винаходом, ці фрагменти порівнюються з ознаками, що характеризують, які зберігаються в базі даних. Зрозуміло, ця операція цілком може бути так само автоматизована, причому повністю розглядається як єдине ціле або ділиться програмою на довільно вибрані сегменти. Згодом ці сегменти досліджуються згідно винаходу на предмет виявлення можливих ознак, що характеризують.

На фіг. 6a показано перший позначений фрагмент (2009 03 17-2-001) можливої підробки. При огляді повного зображення спостерігач виявив в одній області межу, що відокремлює жовтий фон від жовто-зеленого фону. Виявилось, що межа розділяє обидві області кольорів не тим чином, яким це робив художник Дж.Г.Мюллер на своїх картинах. Так, межа має темніший відтінок в порівнянні з наступною областю кольору, причому подальша зелена смуга також забарвлена нерівномірно. Порівняння з наборами даних, що зберігаються в базі даних, не дає позитивного збігу з наявними зразками. Межа кольорів, яка є ознакою, що характеризує, розділяє дві області кольорів, які мають постійний однорідний колірний фон. Вона не може бути описана функцією, що містить вищевказані критерії вибору.

На фіг. 6b показано тінь, що відкидається трубою. Цей фрагмент дуже схожий на фіг. 5c, проте зміна відтінків кольору відбувається не плавно, а більш різко. Така зміна не може бути представлена приблизно лінійною кривою в просторі основних кольорів (RGB). Таким чином, в

базі даних не може бути знайдено ознаку, що характеризує, яка могла б бути співвіднесена з цим фрагментом зображення.

На фіг. 6с та 6d показані межі кольорів. Якщо порівняти ці фігури з фрагментом зображення на фіг. 5а, то можна легко відмітити, що і в цьому випадку ознака межі кольорів не співпадає з ознакою, що зберігається в базі даних.

На фіг. 6е показано накладення фарб. До цієї фігури також відноситься вищезазначене.

Представлені вище фрагменти зображення і порівняння оригіналу з можливою підрубкою наочно показують, як за допомогою способу, що описується винаходом, можна підтвердити або спростувати авторство витвору мистецтва.

На фіг. 7 та 7а показано копію твору художника Макса Кларенбаха, який народився в 1880 році в місті Нойсс і помер в 1952 році в місті Віттлаєр. Макс Кларенбах був німецьким художником і одним із засновників дюсельдорфського об'єднання Зондербунд. На його багату відтінками техніку зробили великий вплив імпресіоністи. Копія і фрагмент, який відноситься до неї, є пейзажем, на якому зображено прилеглий до річки засніжений ландшафт. Це зображення показує з переконливістю, як можна ідентифікувати художника по техніці писання і мазку. Тут виразно видно напівкруглі розмашисті рухи пензля, що постійно повторюються, які, очевидно, направлені зліва направо. Тому на лівій стороні має місце ущільнення фарби.

На фіг. 8 показано можливу імітацію техніки художника Макса Кларенбаха. Якщо уважніше розглянути небо на цій картині, то можна буде переконатися, що автор цієї картини вів пензель інакше, а саме, не завжди зліва направо, а ще і зверху вниз. Крім того, окремі мазки не мають характерної дуги і обумовленого нею ущільнення фарби.

Фіг. 9 ще раз ілюструє можливе порівняння можливих ознак, що характеризують: межі кольорів, накладення фарб і мазка.

25 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб ідентифікації автора витвору мистецтва, який включає щонайменше наступні етапи:

- зберігання в базі даних відомих характерних ознак витворів мистецтва автора;
- утворення з відомих характерних ознак автора або з частини характерних ознак опорних ознак як модифікації характерних ознак, причому опорні ознаки демонструють відхилення від характерних ознак;
- перетворення досліджуваного полотна або фрагментів досліджуваного полотна за допомогою пристрою для оцифрування щонайменше в один набір даних;
- аналіз набору/наборів даних і визначення характерних ознак або деталей характерних ознак, зокрема точок, ліній, груп точок або ліній, еліпсоїдів або інших геометричних фігур, які містяться в наборі даних в цифровому вигляді, причому визначувані характерні ознаки зберігаються в одному наборі даних;
- при цьому для аналізу і визначення характерних ознак у досліджуваному зображенні або в його фрагментах використовують метод Хафа;
- та додатковий етап, на якому визначають опорні ознаки, щонайменше одну характерну ознаку або деталі характерних ознак, які містяться в наборі даних, причому опорні ознаки характерних ознак або вже закладені в базу даних, або їх утворюють в ході поточного процесу; та
- порівняння визначених характерних ознак та опорних ознак з характерними ознаками та опорними ознаками, які зберігаються в базі даних, для ідентифікації автора витвору мистецтва.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що розділення пристрою для оцифрування може вільно регулюватися.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що опорні ознаки утворюють шляхом маніпулювання щонайменше однією з характерних ознак або щонайменше однією деталлю характерної ознаки.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що щонайменше одну опорну ознаку виділяють з характерної ознаки шляхом збільшення або зменшення відповідної характерної ознаки або щонайменше однієї деталі характерної ознаки.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що щонайменше одну опорну ознаку виділяють з характерної ознаки шляхом розтягування або стиснення відповідної характерної ознаки або щонайменше однієї деталі характерної ознаки.

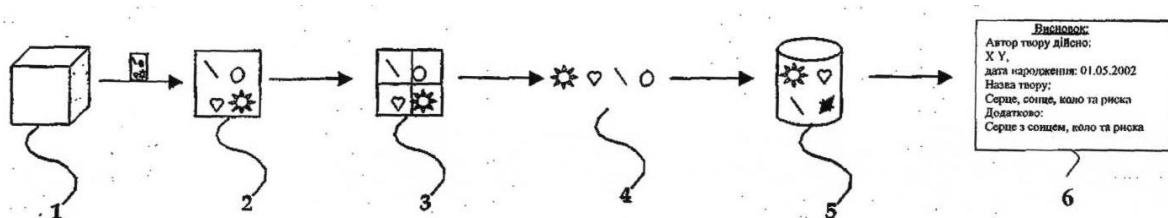
6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що щонайменше одну опорну ознаку виділяють з характерної ознаки шляхом зміни або вигинання лінії відповідної характерної ознаки або щонайменше частини лінії характерної ознаки.

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що щонайменше одну опорну ознаку виділяють з характерної ознаки шляхом зміни кута щонайменше між двома лініями відповідної характерної ознаки.

8. Пристрій для ідентифікації автора витвору мистецтва шляхом перетворення досліджуваного полотна в набір даних за допомогою сканування, аналізу набору даних в цифровому вигляді для визначення характерних ознак в наборі даних та шляхом зберігання в базі даних характерних ознак, причому база даних містить додатковий зв'язаний запис для кожної з цих характерних ознак, що зберігаються, який **відрізняється** тим, що пристрій включає щонайменше один пристрій для оцифрування (1) для перетворення досліджуваного полотна в набір даних, модуль стандартизації (2) для стандартизації характерних ознак в стандартному співвідношенні розмірів, модуль сегментації (3) для розділення досліджуваного полотна на сегменти відповідно характерним знакам та опорним ознакам, модуль класифікатора (4) для класифікації характерних ознак та опорних ознак, відповідно геометричним фігурам за методом Хафа і модуль бази даних (5) для зберігання розділених та класифікованих зображень в базі.

9. Комп'ютерна система, яка включає щонайменше один блок обробки даних, щонайменше один запам'ятовуючий пристрій, щонайменше один пристрій для оцифрування (1), щонайменше один модуль стандартизації (2), щонайменше один модуль сегментації (3), щонайменше один модуль класифікатора (4) і модуль бази даних (5), яка **відрізняється** тим, що програмно-технічне втілення блока обробки даних виконане з можливістю виконання ідентифікації автора витвору мистецтва шляхом перетворення досліджуваного полотна в набір даних за допомогою сканування, аналізу набору даних в цифровому вигляді за методом Хафа, ідентифікуючи точки, лінії, групи ліній та геометричні фігури для визначення характерних ознак та опорних ознак в наборі даних та зберігання в базі даних ознак, причому база даних містить додатковий зв'язаний запис для кожної з цих характерних ознак та опорних ознак.

10. Зчитуваний комп'ютером носій інформації, який містить інструкції для аналізу наборів даних в цифровому вигляді за методом Хафа для визначення ознак в наборах даних та зберігання в базі даних характерних ознак, причому база даних містить додатковий зв'язаний запис опорних ознак для кожної з характерних ознак, які зберігаються.



Фіг.1

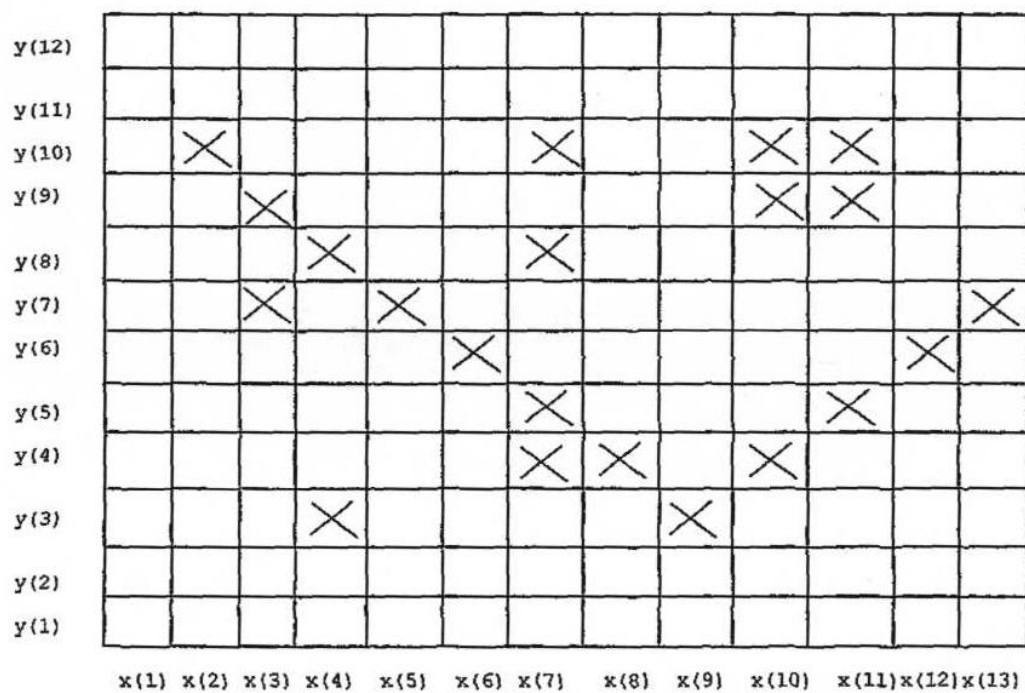


Fig.2

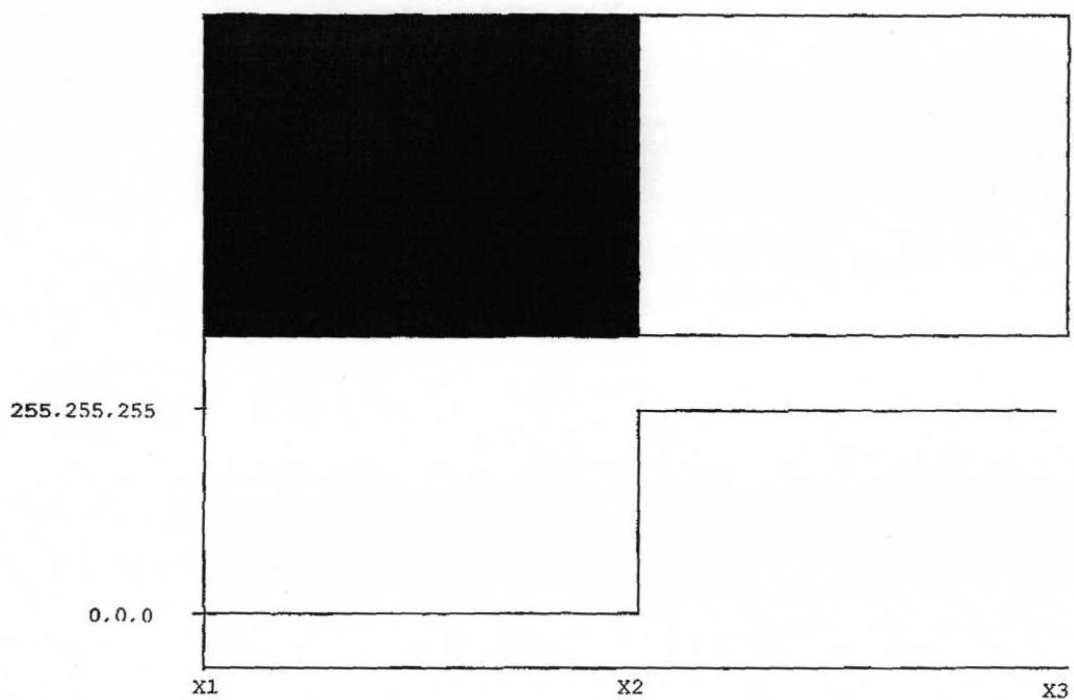


Fig.3

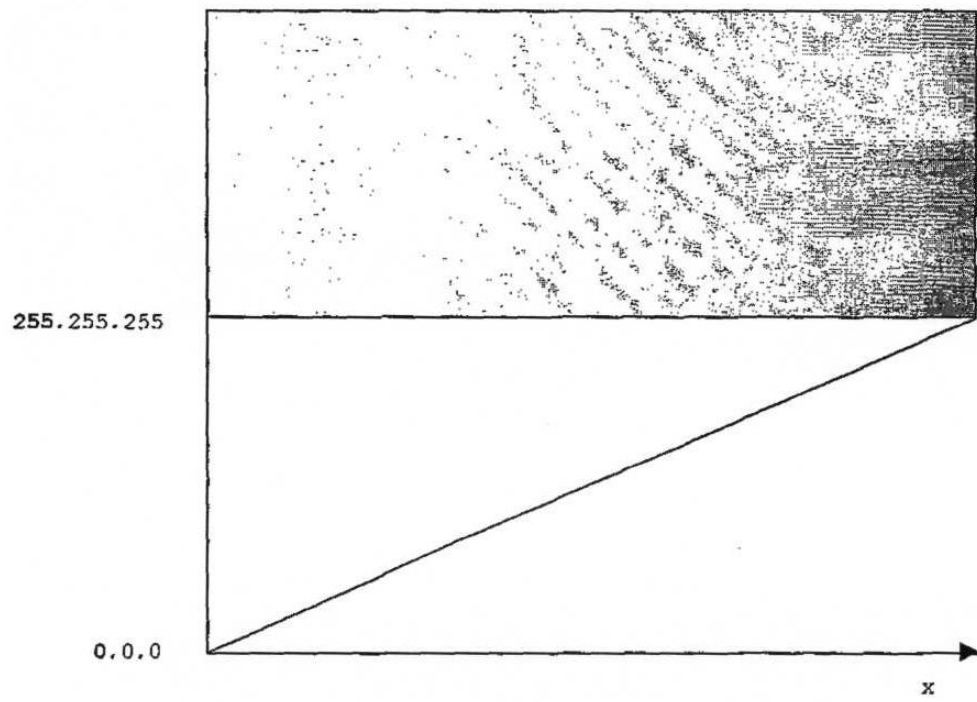


Fig.4

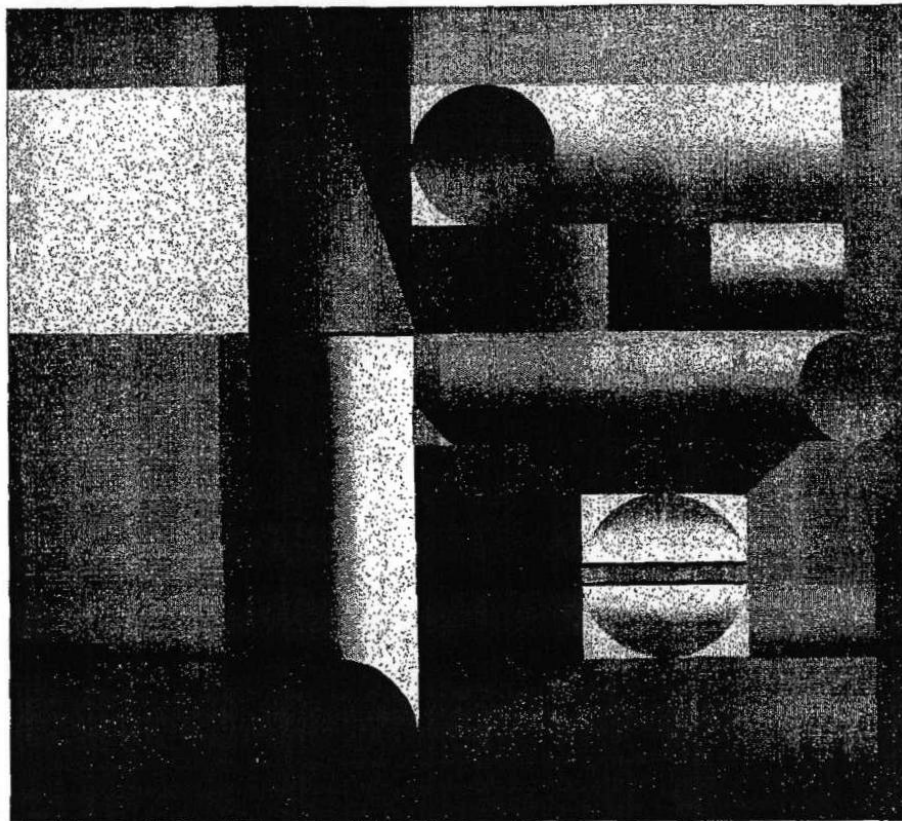


Fig.5

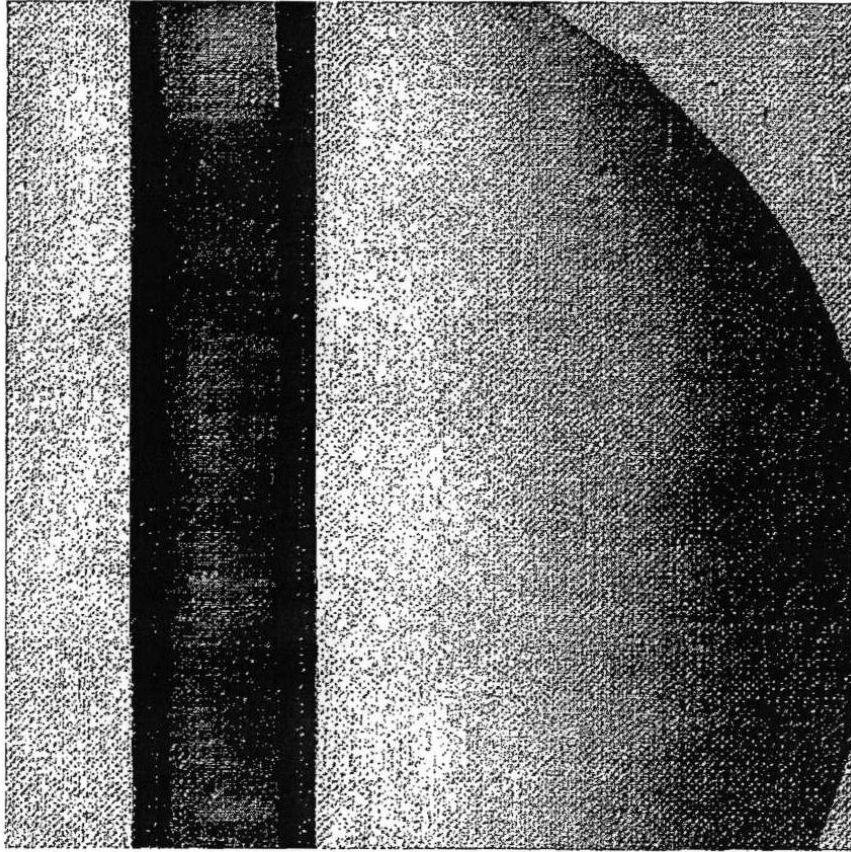


Fig.5a

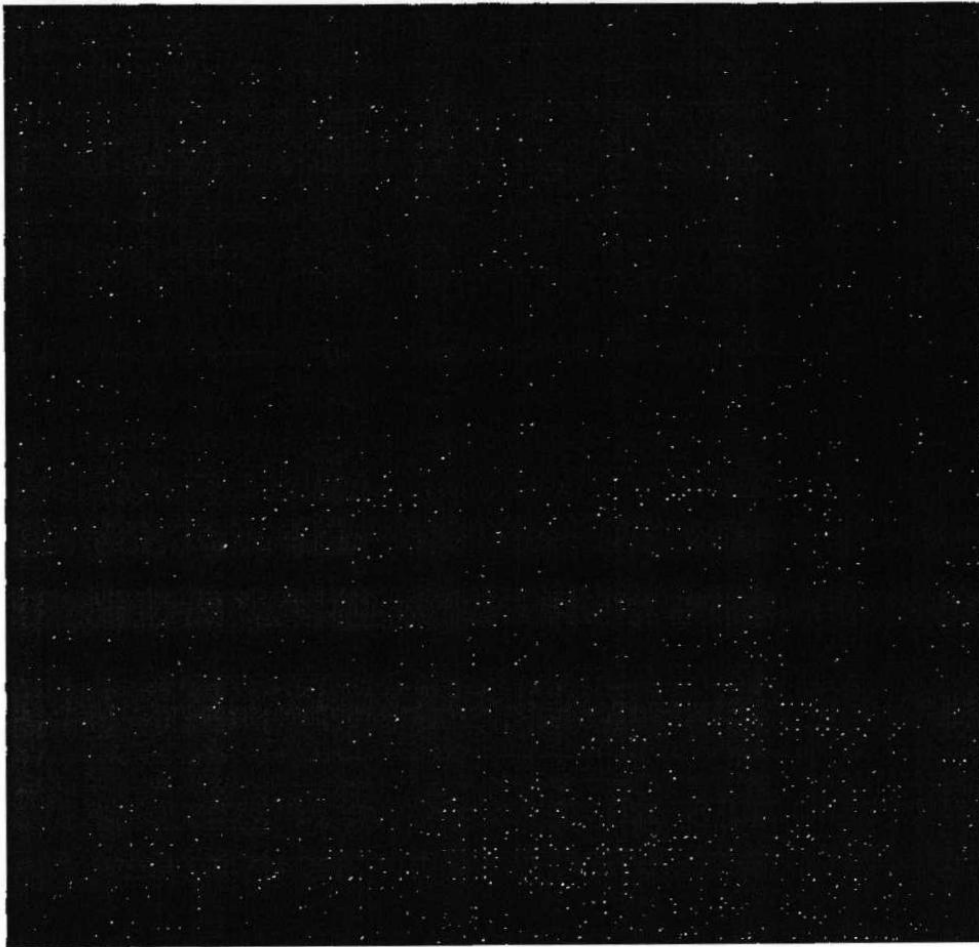


Fig.5b

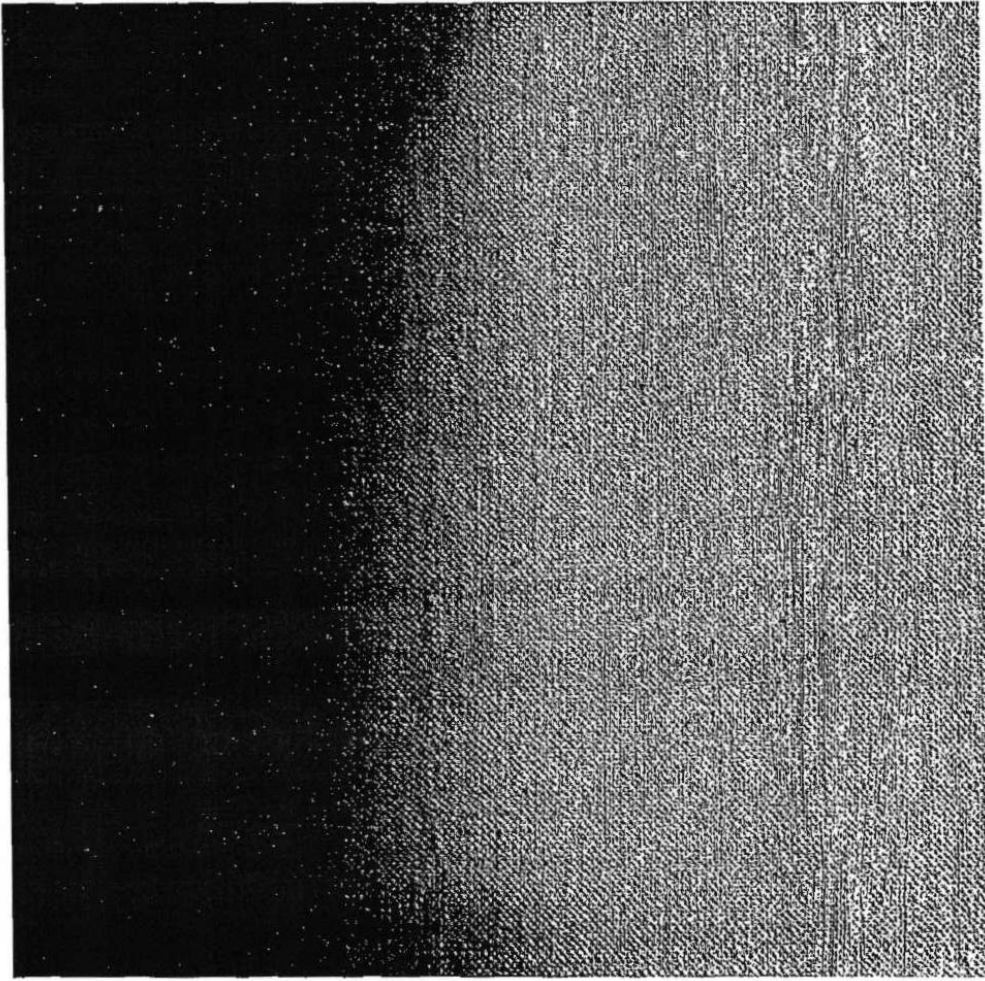
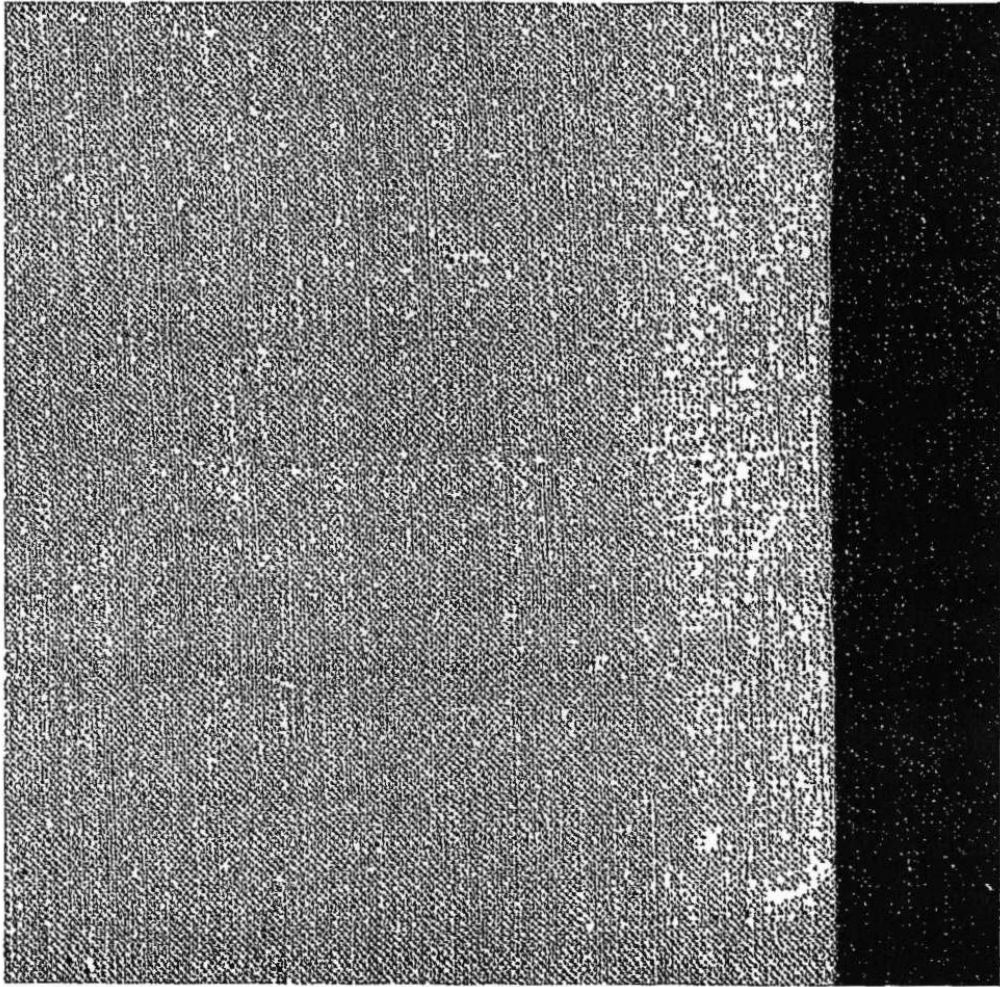


Fig.5c



Φir.5d

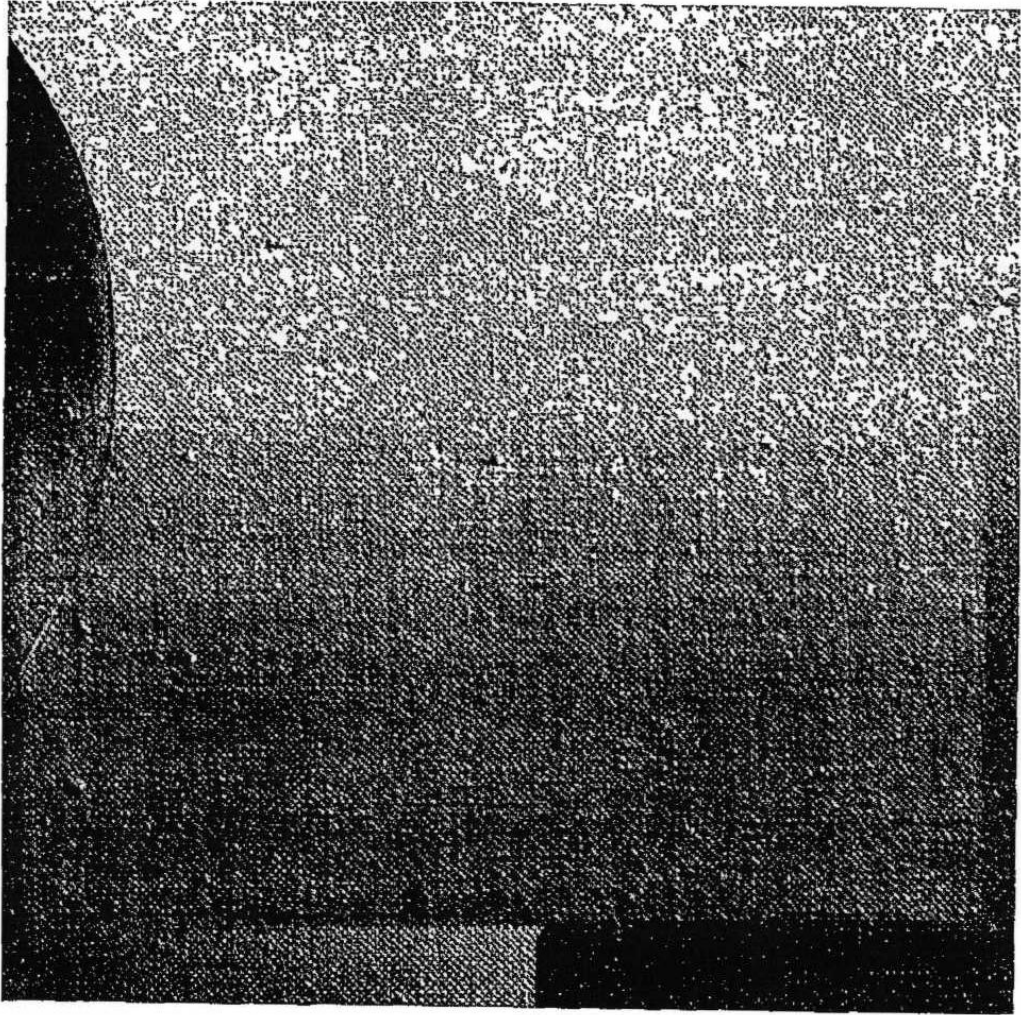


Fig.5e

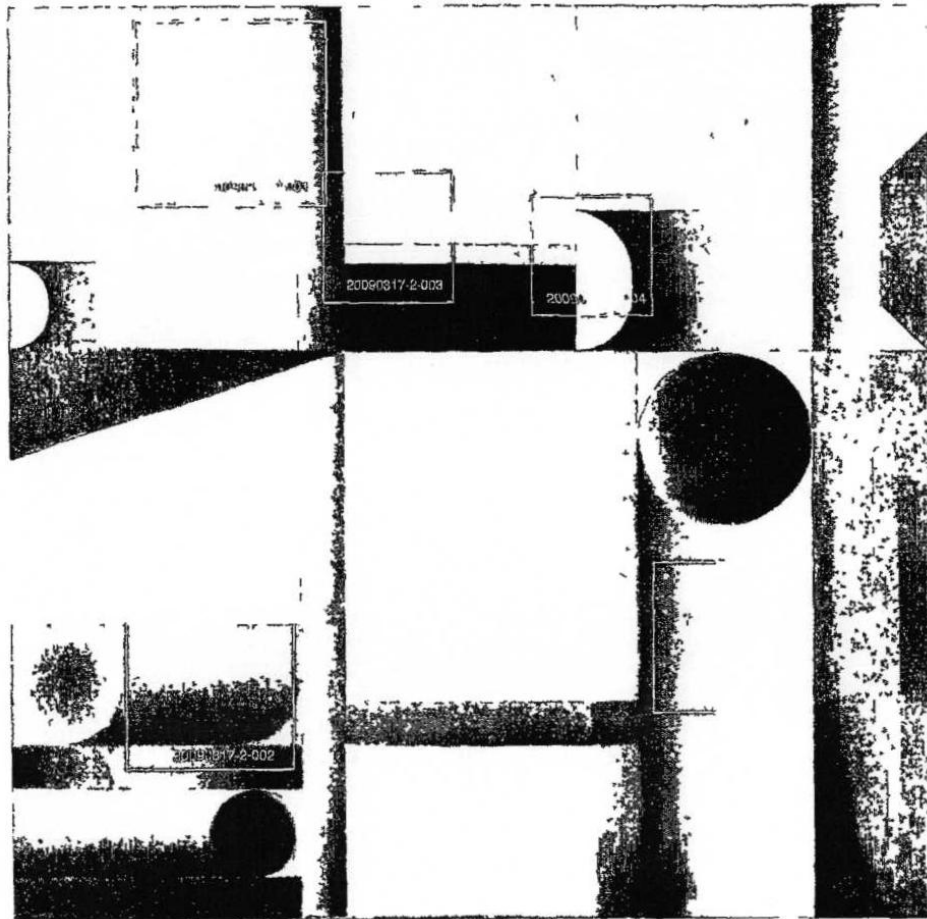


Fig.6

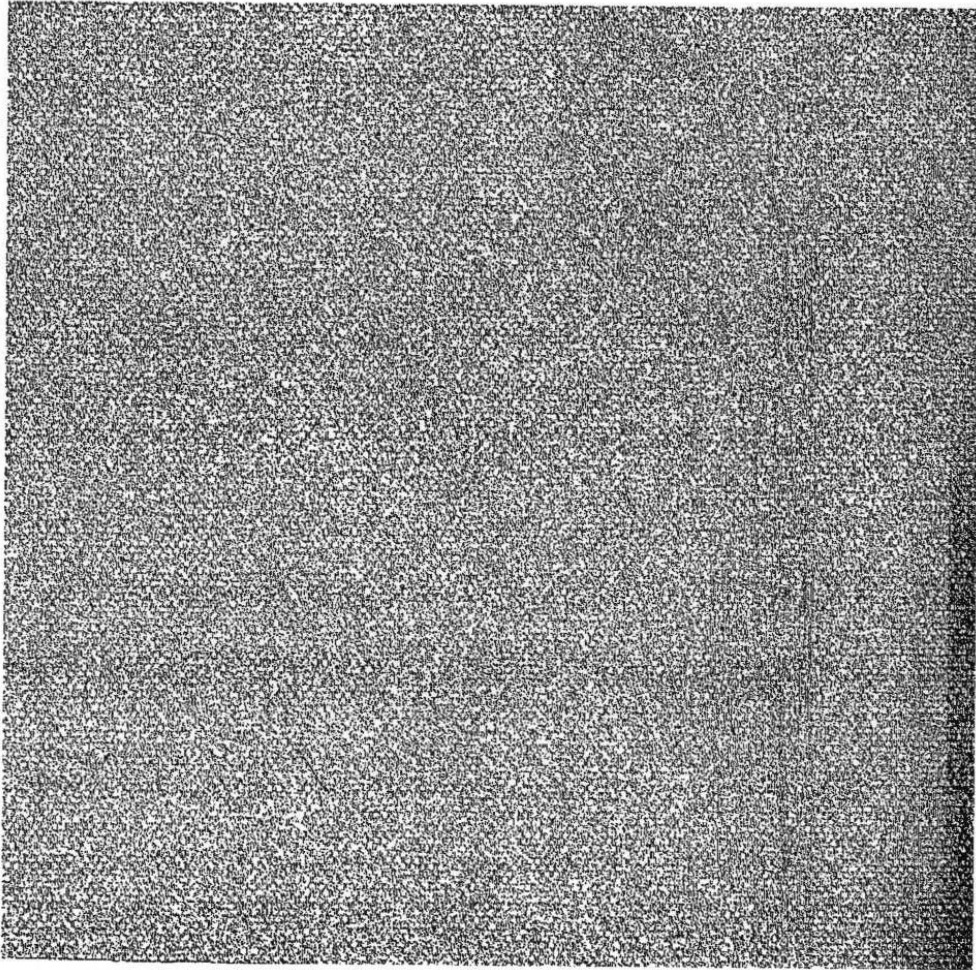


Fig.6a

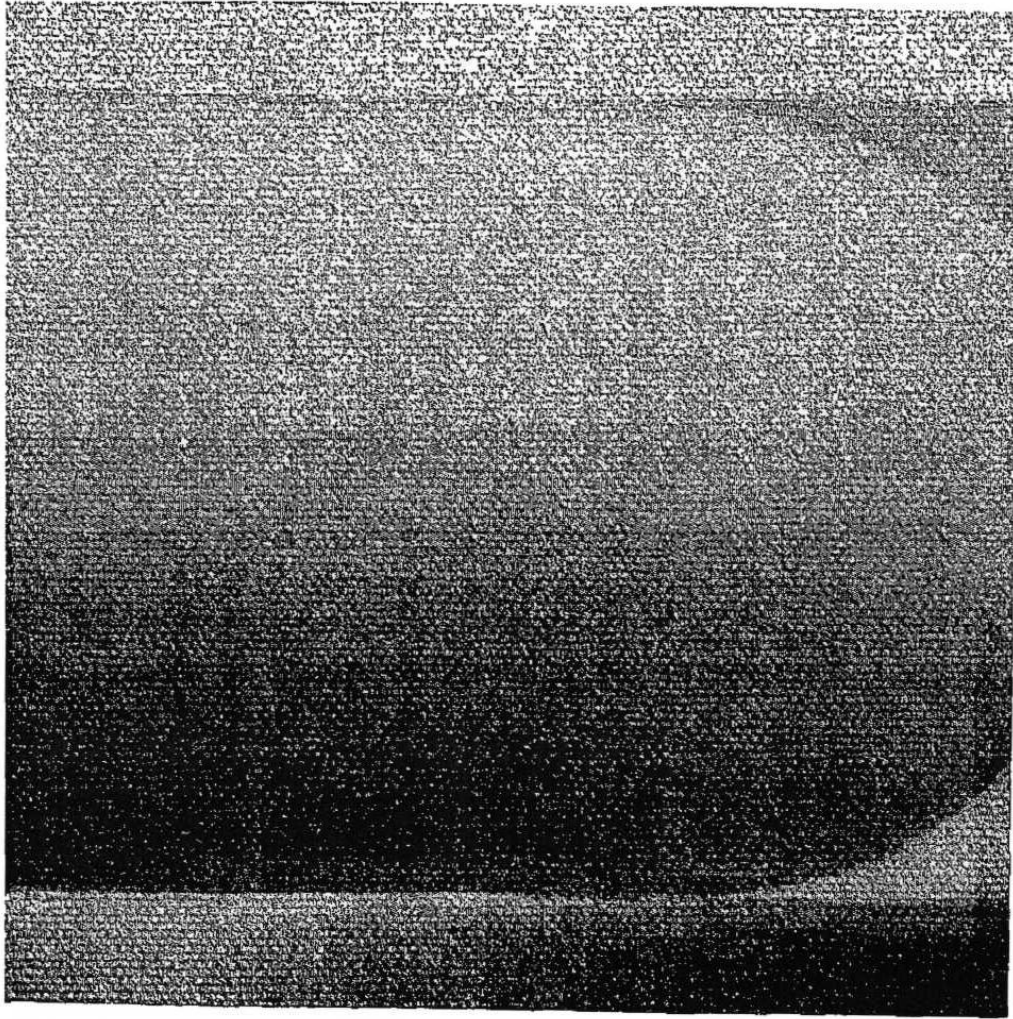


Fig.6b

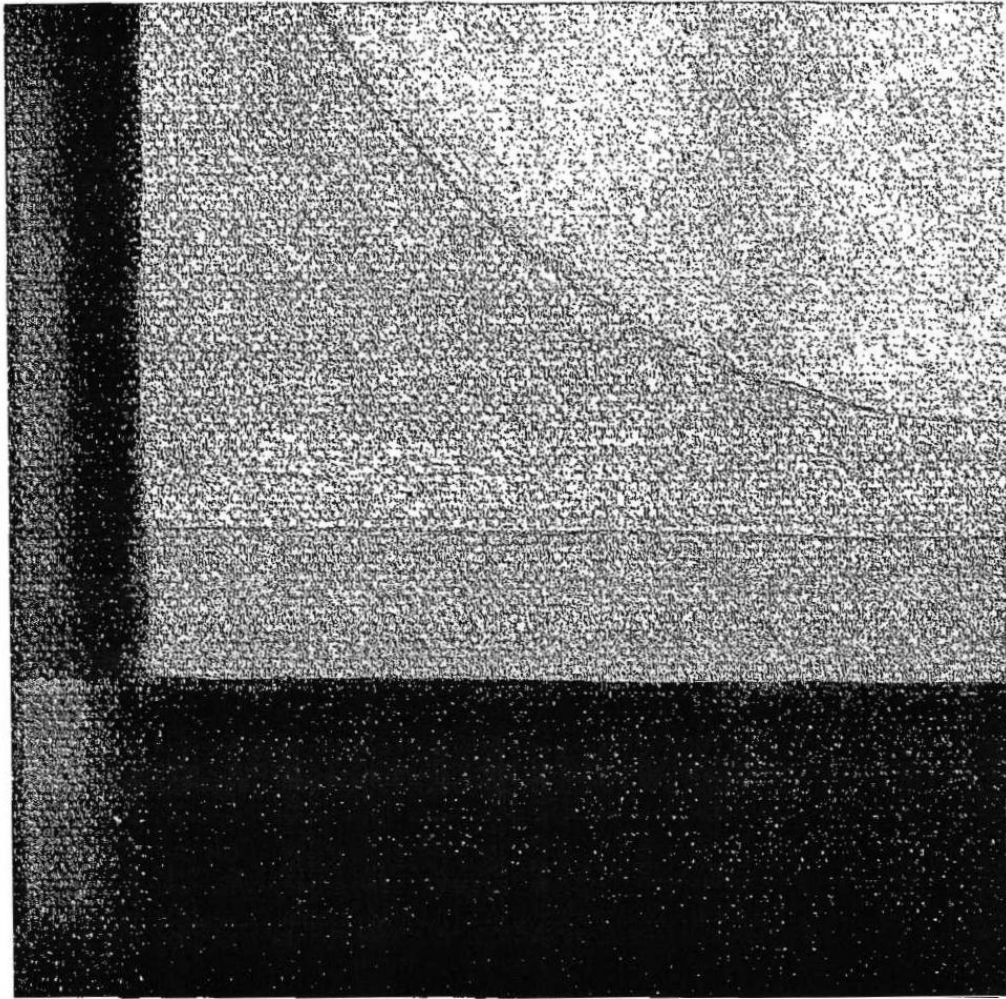


Fig.6c

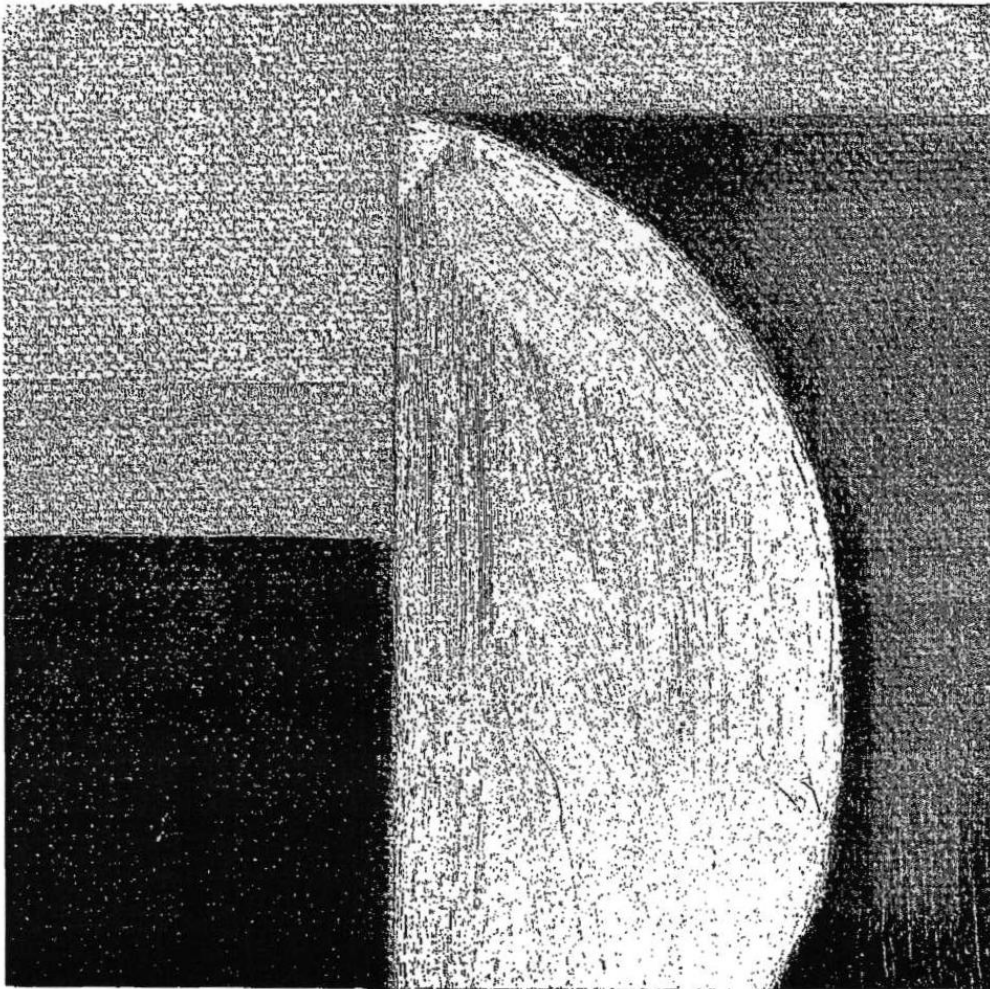


Fig.6d

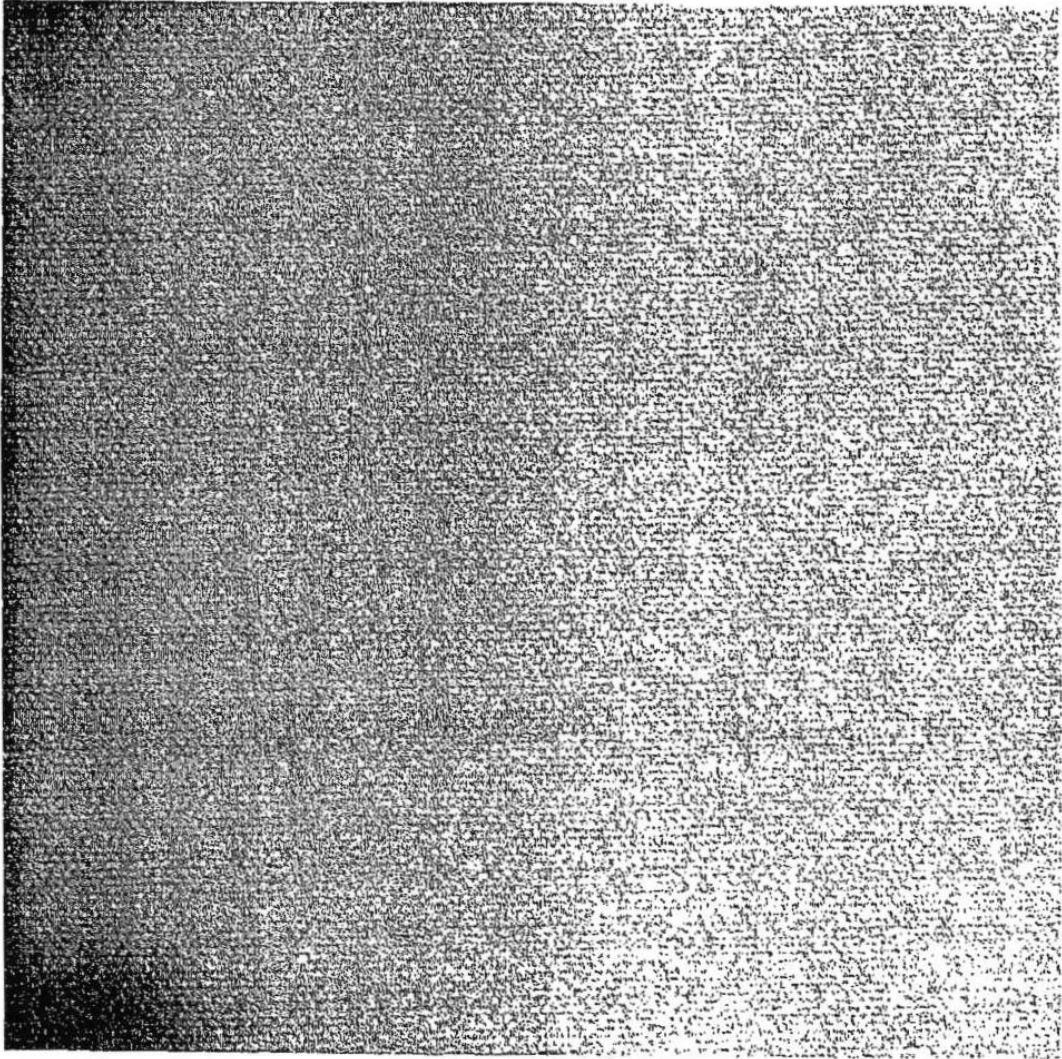


Fig.6e



Fig.7

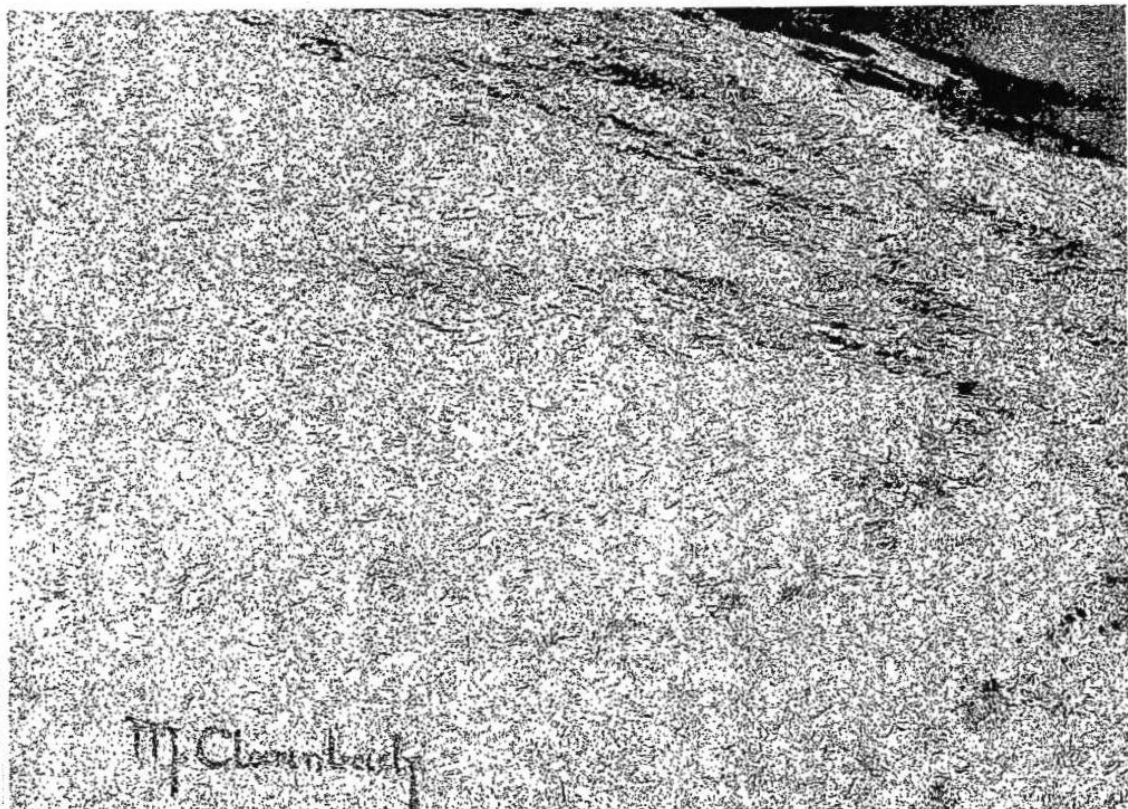
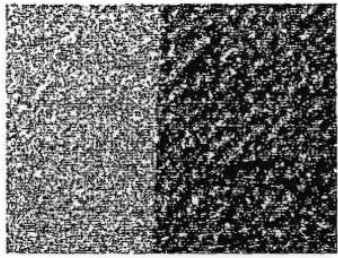
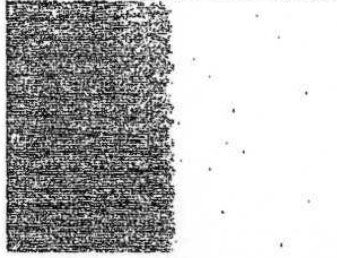
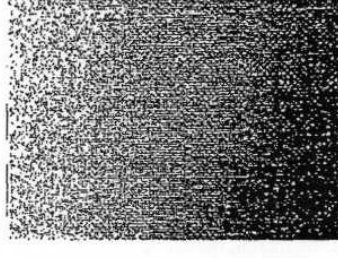
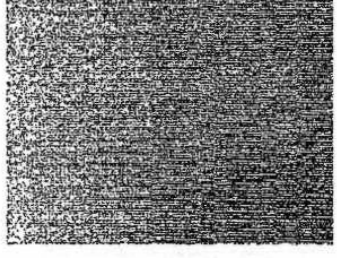
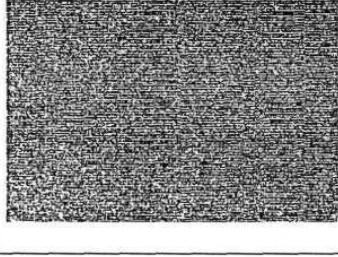
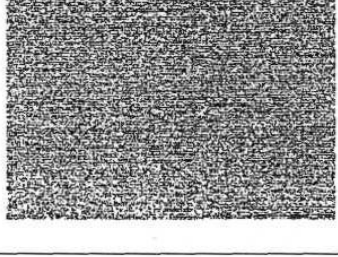


Fig.7a



Fig.8

Оригінал	Підробка
межі кольорів	межі кольорів
	
накладення фарб	накладення фарб
	
накладення мазка	накладення мазка
	

Фіг.9