

ПОИСК ДЕФЕКТОВ В РЕГУЛЯРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Стецюк П.И., Савицкий В.В.
stetsyukp@gmail.com, viktor.savitsky@gmail.com

Институт кибернетики имени В.М. Глушкова, Киев
Институт электросварки имени Е.О. Патона, Киев

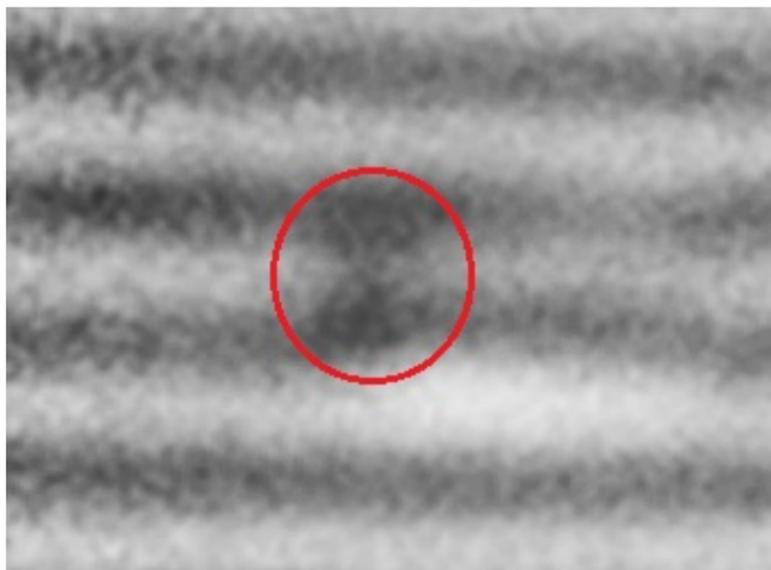
V Міжнародна науково-практична конференція "Обчислювальний інтелект"
15–20 квітня 2019 року, Ужгород, Україна

- 0 В чем состоит задача?
- 1 3D-структуры (регулярная и с дефектами)
- 2 Задачи, r -алгоритм для МНК и МНМ
- 3 Робастность МНМ для нахождения дефектов

Содержание

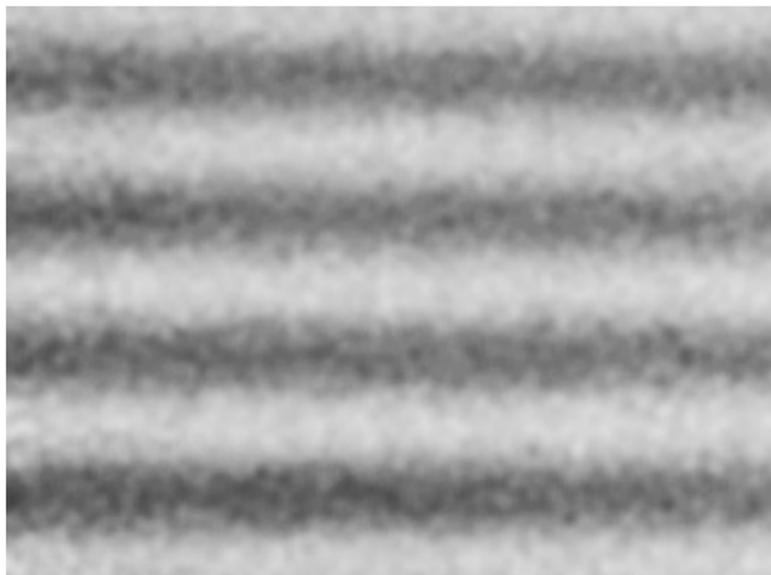
- 0 В чем состоит задача?
- 1 3D-структуры (регулярная и с дефектами)
- 2 Задачи, r -алгоритм для МНК и МНМ
- 3 Робастность МНМ для нахождения дефектов

Имеется регулярное изображение с „дефектом“



Требуется: „восстановить“ регулярное изображение

„Восстановленное“ регулярное изображение



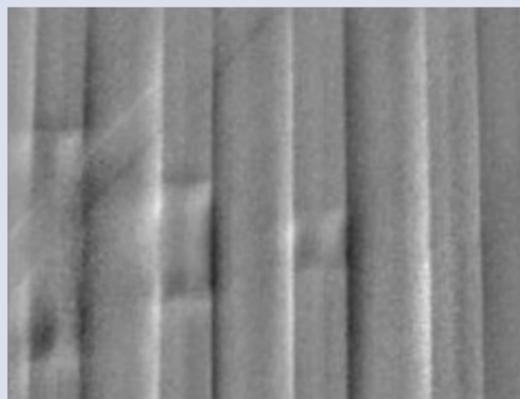
Область дефекта – разность изображений, с дефектом и без

Изображения с дефектами

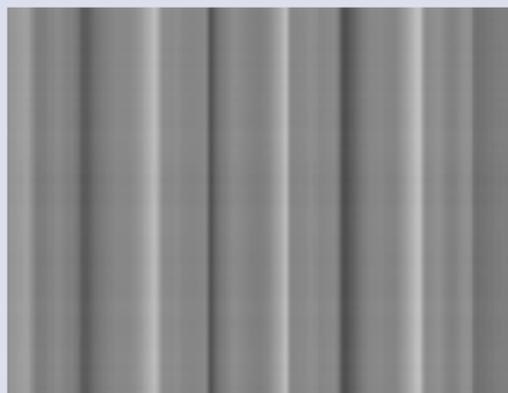
имеют место при неразрушающем контроле качества тонкостенных, многослойных, композиционных структур с помощью методов лазерной интерферометрии, таких как метод спекл-интерферометрии и метод широгрaфии [1].

1. Lobanov L.M., Pivtorak V.A., Kyjanets I.V., Savitsky V.V., Tkachuk G.I. Express control of quality and stressed state of welded structures using method of electron shearography and speckle-interferometry. – The Paton Welding Journal, August, 2005, pp.35–40.

Примеры регулярных изображений



Регулярное, с дефектами



Регулярное, без дефектов

Дефекты

определяются по разности левого и правого изображений

Наши публикации об этих задачах

2. Стецюк П.И., Савицкий В.В. О поиске дефектов в регулярных 3D-структурах // Проблемы управления и информатики. – 2018. – № 2. – С. 33–48.

3. Стецюк П.И., Савицкий В.В. r -Алгоритмы для двух задач поиска дефектов в регулярных 3D-структурах // Материалы 6-ой международной конференции "Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии", Кишинэу, Республика Молдова, 12–16 ноября 2018 г. – Кишинэу: Эврика, 2018. – С. 424–427.

Содержание

- 0 В чем состоит задача?
- 1 3D-структуры (регулярная и с дефектами)**
- 2 Задачи, r -алгоритм для МНК и МНМ
- 3 Робастность МНМ для нахождения дефектов

Регулярная 3D-структура и ее параметры

3D-структурой будем называть тройку $\{A, u, v\}$, где

$A \in R^{m \times n}$ – $m \times n$ -матрица, такая что $A = \{a_{ij}\}_{j=1, n}^{i=1, m}$,
 $u \in R^m$ – m -мерный вектор, $v \in R^n$ – n -мерный вектор.

Определение 1. 3D-структура $\{A, u, v\}$ называется

регулярной, если матрица $A \in R^{m \times n}$ и векторы $u \in R^m$ и $v \in R^n$ такие, что $a_{ij} = u_i + v_j$, $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$.

Свойства регулярной 3D-структуры

Лемма 1. Если $\{A, u, v\}$ – регулярная 3D-структура, то регулярной будет и 3D-структура $\{A, \tilde{u}, \tilde{v}\}$, где

$$\tilde{u}_i = u_i + t, \quad i = 1, \dots, m, \quad \tilde{v}_j = v_j - t, \quad j = 1, \dots, n,$$

$\forall t \in R, t \neq 0$.

Определение 2. Регулярную 3D-структуру $\{A, u^*, v^*\}$

будем называть базисной, если векторы $u^* \in R^m$ и $v^* \in R^n$ – такие, что $\sum_{i=1}^m u_i^* = \sum_{j=1}^n v_j^*$.

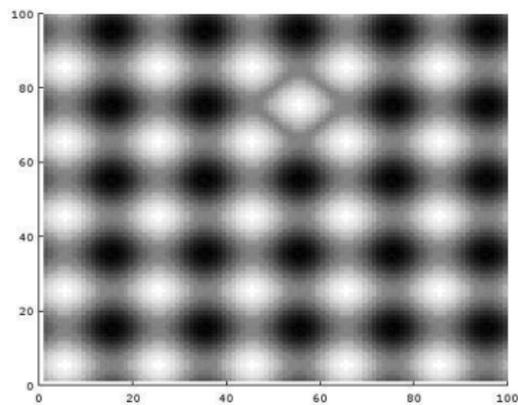
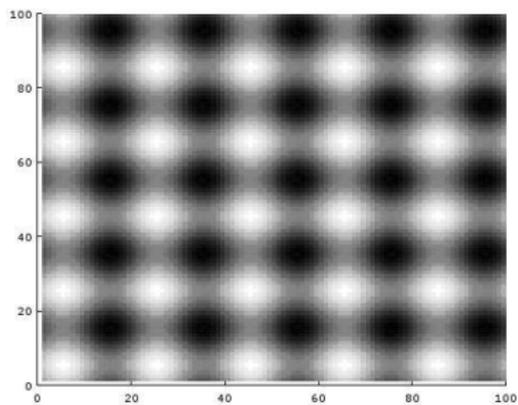
Регулярная структура с дефектами

Определение 3. Элементарным дефектом в регулярной 3D-структуре $\{A, \underline{u}, \underline{v}\}$ будем называть такую пару индексов ij , $i \in \overline{1, m}$, $j \in \overline{1, n}$, для которых $a_{ij} \neq u_i + v_j$.

Если количество элементарных дефектов равно 1, то 3D-структура – регулярная, с одним дефектом;

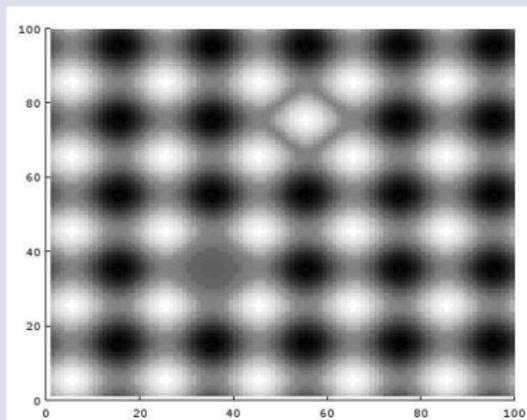
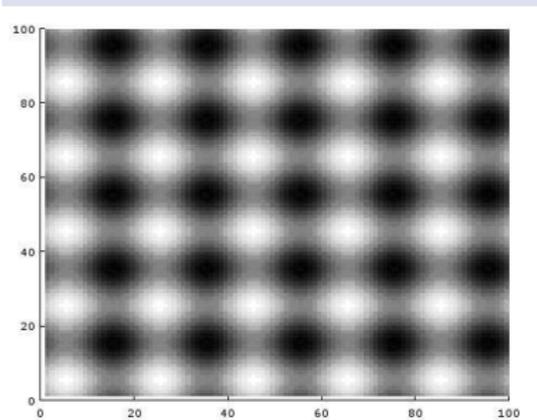
Если количество элементарных дефектов равно $k > 1$, то 3D-структура – регулярная, с k дефектами, $k \ll m \times n$.

3D-структуры (регулярная, с одним дефектом)



Регулярная (слева), Регулярная с одним дефектом (справа)

3D-структуры (регулярная, с двумя дефектами)



Регулярная (слева), Регулярная с двумя дефектами (справа)

Содержание

- 0 В чем состоит задача?
- 1 3D-структуры (регулярная и с дефектами)
- 2 Задачи, g -алгоритм для МНК и МНМ**
- 3 Робастность МНМ для нахождения дефектов

Две задачи для регулярных 3D-структур

Задача 1. Имеется $m \times n$ -матрица A . Для регулярной 3D-структуры $\{A^*, x^*, y^*\}$ требуется найти такие векторы $x^* \in R^m$ и $y^* \in R^n$, чтобы коэффициенты матрицы A^* **минимально** отклонялись от коэффициентов матрицы A .

Задача 2. Имеется $m \times n$ -матрица A . Для базисной регулярной 3D-структуры $\{A^{**}, x^{**}, y^{**}\}$ требуется найти векторы $x^{**} \in R^m$ и $y^{**} \in R^n$, чтобы коэфф. матрицы A^{**} **минимально** отклонялись от коэффициентов матрицы A .

минимально == минимально в L_p -норме ($1 \leq p \leq 2$)

Формулировки задач 1 и 2 ($1 \leq p \leq 2$)

для задачи 1 (регулярная структура): найти

$$(x^*, y^*) = \operatorname{argmin}_{\substack{x \in R^m \\ y \in R^n}} \left\{ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |a_{ij} - x_i - y_j|^p \right\}. \quad (1)$$

для задачи 2 (базисная регулярная структура): найти

$$(x^{**}, y^{**}) = \operatorname{argmin}_{\substack{x \in R^m \\ y \in R^n}} \left\{ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |a_{ij} - x_i - y_j|^p + \left| \sum_{i=1}^m x_i - \sum_{j=1}^n y_j \right|^p \right\} \quad (2)$$

Если $p = 1$, то получаем МНМ, а если $p = 2$, то – МНК.

Тестовые примеры и параметры r -алгоритма

Для МНК коэффициенты матрицы \bar{A} вычислялись по формуле $\bar{a}_{ij} = u_i + v_j$, где компоненты векторов $u \in R^{400}$ и $v \in R^{600}$ генерировались псевдослучайно с помощью функции `rand("seed", 2017)` в диапазоне от 0 до 10. Для МНМ коэффициенты матрицы \tilde{A} вычислялись по формуле $\tilde{A} = \bar{A} + 0.2\bar{A}(190 : 210, 290 : 310)$.

Для всех тестовых примеров использовались:

стартовая точка – $x_0 = (0, 0, \dots, 0)^T$,

параметры r -алгоритма: $\alpha = 2$, $h_0 = 1$, $q_2 = 1.1$, $n_h = 3$,
 $q_1 = 0.9$ (МНК) и $q_1 = 0.95$ (МНМ),

параметры останова: $\varepsilon_x = 10^{-7}$, $\varepsilon_g = 10^{-12}$, **maxitn=1000**.

Затраты МНК для нахождения

параметров регулярной 3D-структуры ($n = 600, m = 400$).

№	Задача (1)			Задача(2)		
	itn	nfg	time	itn	nfg	time
1	304	518	7.60	302	512	7.52
2	278	468	6.88	285	475	7.05
3	266	441	6.54	277	461	6.83
4	268	445	6.68	295	494	7.78
5	269	449	6.74	284	477	7.16

Здесь:

itn – количество итераций,

nfg – количество вычислений функции и ее субградиента,

time – время выполнения программы в секундах.

Затраты МНМ для нахождения

параметров регулярной 3D-структуры ($n = 600$, $m = 400$).

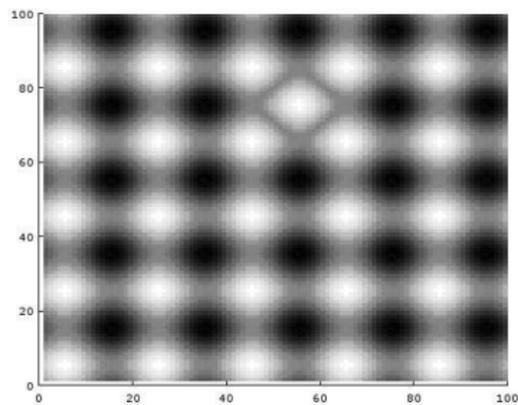
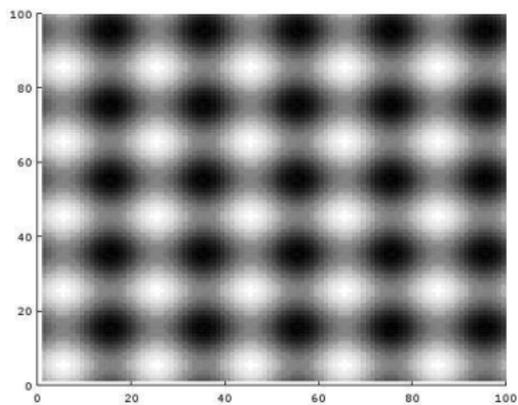
№	Задача (1)			Задача (2)		
	itn	nfg	t(sec)	itn	nfg	t(sec)
1	358	434	10.41	358	434	10.44
2	359	437	10.47	359	437	10.48
3	360	436	10.45	360	436	10.42
4	359	437	12.68	359	437	10.62
5	360	437	10.76	360	437	10.65

Вычисления проводились на компьютере Pentium 3GHz в системе Windows7/32 используя GNU Octave версии 3.6.4. Точность (отклонение в евклидовой норме) $\approx 10^{-8}$.

Содержание

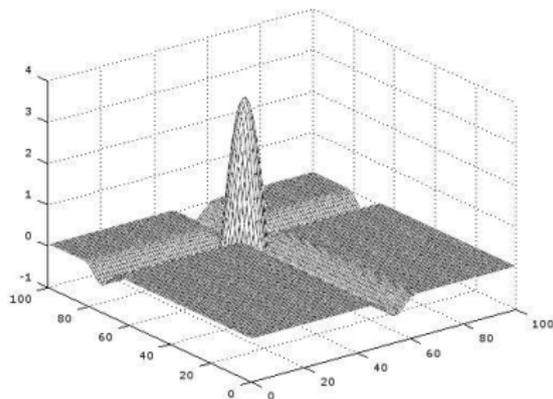
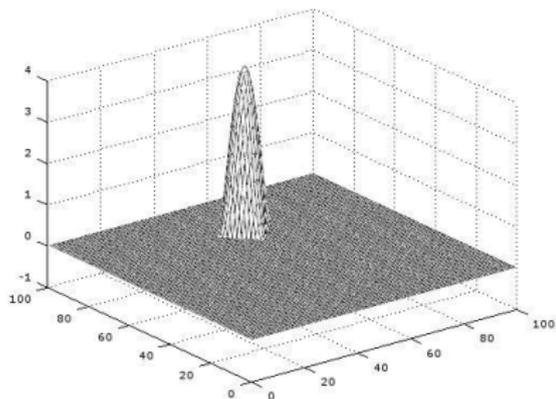
- 0 В чем состоит задача?
- 1 3D-структуры (регулярная и с дефектами)
- 2 Задачи, r -алгоритм для МНК и МНМ
- 3 Робастность МНМ для нахождения дефектов**

3D-структура (регулярная, с одним дефектом)



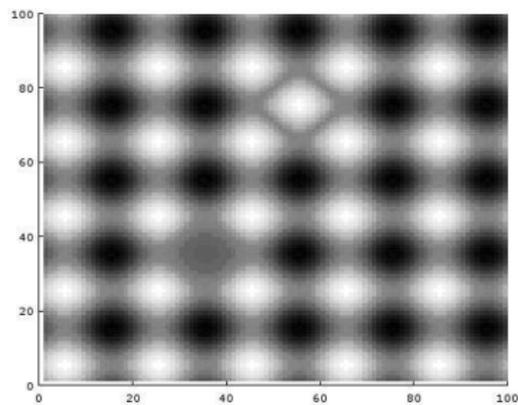
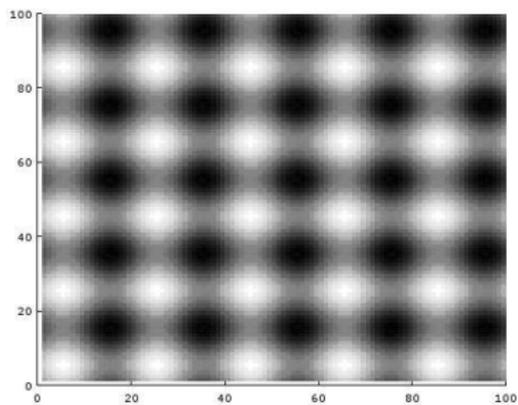
Регулярная (слева), Регулярная с одним дефектом (справа)

МНМ и МНК для одного дефекта



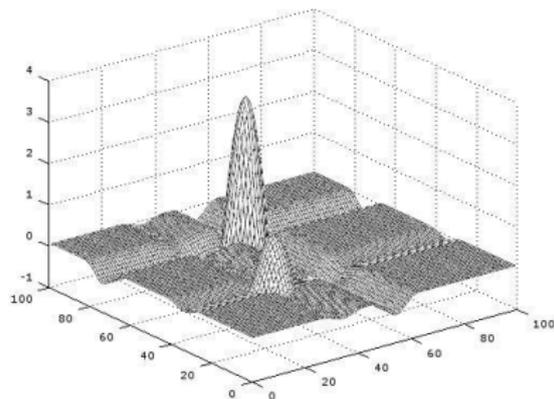
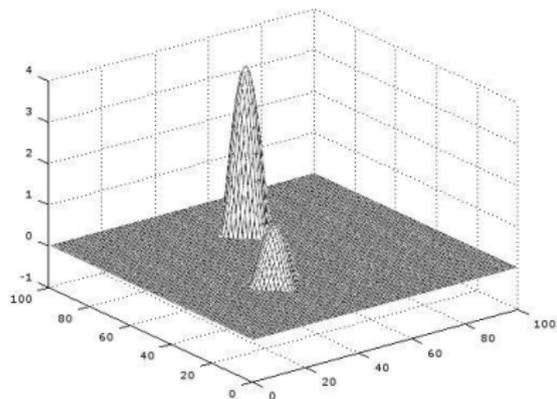
Графики $|A - A^*|$ – для МНМ (слева), для МНК (справа)

3D-структура (регулярная, с двумя дефектами)



Регулярная (слева), Регулярная с двумя дефектами (справа)

МНМ и МНК для двух дефектов



Графики $|A - A^*|$ – для МНМ (слева), для МНК (справа)

Выводы

Методы и программы можно использовать

для автоматизации процесса определения местоположения дефектных участков в ответственных элементах конструкций, чтобы снизить влияние человеческого фактора при Неразрушающем Контроле Качества.

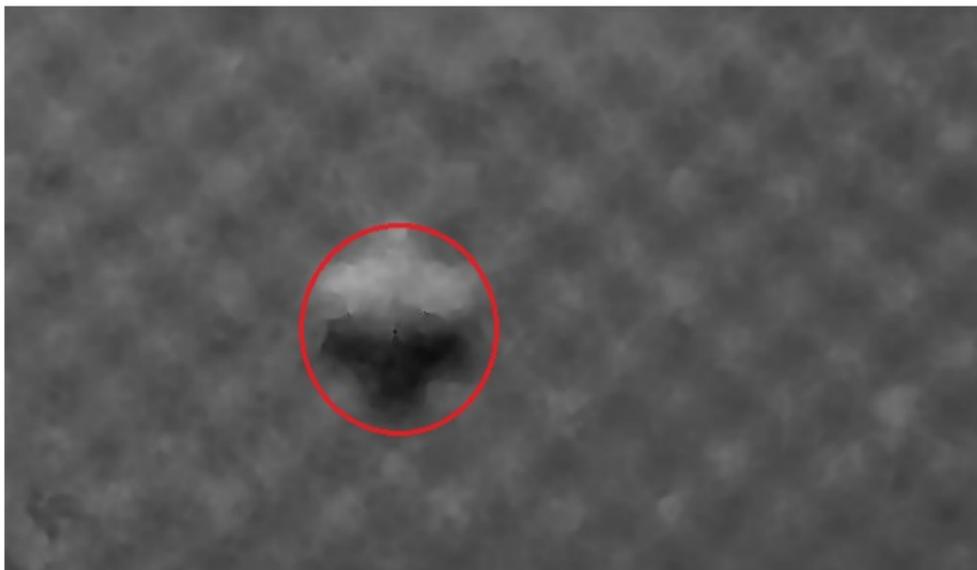
Изображения размеров 400×600 можно обрабатывать в диалоговом режиме, так как решение задач (1) и (2) требует около 10 секунд на современных ПЭВМ с использованием GNU Octave версии 3.6.4.

Литература (по теме доклада)

1. Lobanov L.M., Pivtorak V.A., Kyjanets I.V., Savitsky V.V., Tkachuk G.I. Express control of quality and stressed state of welded structures using method of electron shearography and speckle-interferometry. – The Paton Welding Journal, August, 2005, pp.35–40.
2. Стецюк П.И., Савицкий В.В. О поиске дефектов в регулярных 3D-структурах // Проблемы управления и информатики. – 2018. – № 2. – С. 33–48.
3. Стецюк П.И., Савицкий В.В. r -Алгоритмы для двух задач поиска дефектов в регулярных 3D-структурах. Материалы 6-ой международной конференции "Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии". – Кишинэу: Эврика, 2018. – С. 424–427.

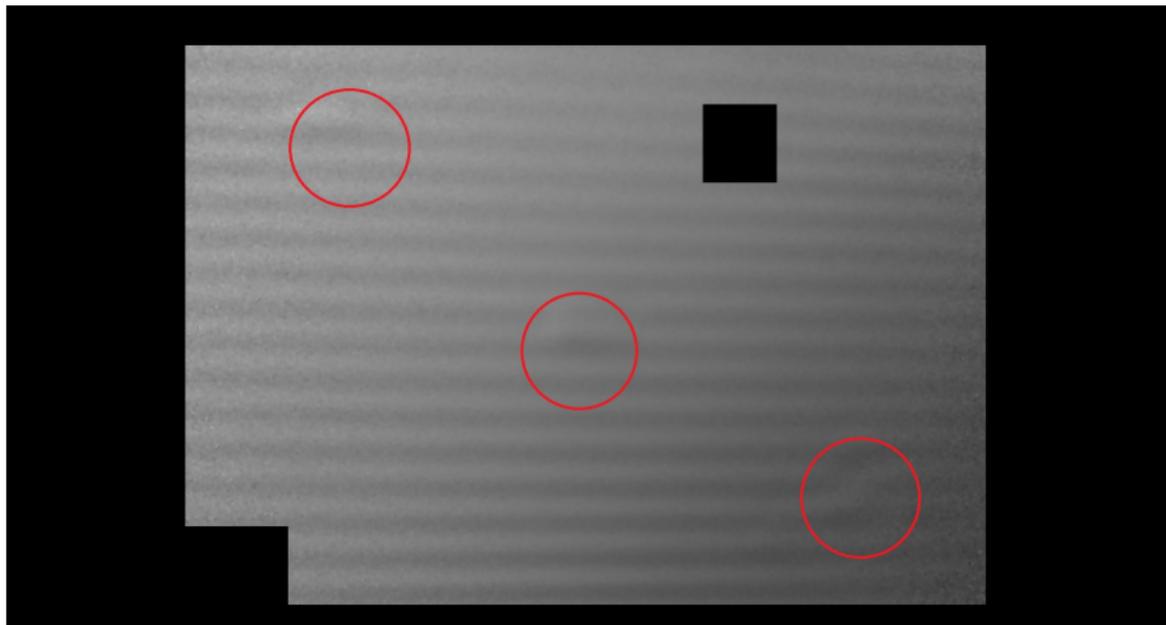
СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

BACK UP SLIDES: Регулярное изображение



с которого начинались эти задачи

BACK UP SLIDES: Регулярное изображение



для области произвольной формы