

Irina N. Balukho

إيرينا نيكولايفنا بالوخو

Master's student of the
Belarusian State
University

طالبة ماجستير بجامعة بيلاروسيا
الحكومية



Yuri I. Dudchik

دودتشيك يوري إيفانوفيتش

PhD, associate professor,
Deputy Director for
Research, A.N. Sevchenko
Research Institute of Physics
and Mathematics, Belarusian
State University

أستاذ مشارك نائب العميد لشؤون
الأكاديمية بمعهد سيفيتشنا التابع لجامعة
بيلاروسيا الحكومية

Abstract: The X-ray Box program has been developed, which calculates the distribution of X-ray intensity on the detector depending on the angle of rotation of the object. The distribution of intensity has been calculated depending on the angle of rotation of the object and the new coordinates of the projective shape of the object have been calculated based on the rotation operator. Numerical experiments have been performed for rectangular plates. A program and algorithms for modeling for modeling and recognizing various objects have been developed. Experimental studies of grids and zone plates with rotation in X-rays have been performed to obtain an image.

Keywords: X-ray Box, X-ray radiation, differential shooting.

المخلص: تم تطوير برنامج "X-ray Box" الذي يقوم بحساب توزيع شدة الأشعة السينية على الكاشف اعتماداً على زاوية دوران الجسم. تم حساب توزيع الكثافة اعتماداً على زاوية دوران الكائن وتم حساب الإحداثيات الجديدة للشكل الإسقاطي للكائن بناءً على مشغل الدوران. تم إجراء تجارب عددية على الصفائح المستطيلة. تم تطوير برامج المحاكاة والخوارزميات لنمذجة الكائنات المختلفة والتعرف عليها. تم إجراء دراسات تجريبية للشبكات والأواح المنطقية مع الدوران في الأشعة السينية للحصول على الصور.

الكلمات المفتاحية: صندوق الأشعة السينية، الإشعاع الإشعاعي، تصوير الفرق.

Introduction

The method of difference imaging [1] is used to obtain images of weakly X-ray absorbing objects. The method of difference imaging is aimed at detection of object boundaries that significantly change transmittance with angular rotation of the object. This principle was laid in the basis of the "X-ray Box" programme, which simulates the process of X-ray rays passing through an object at a given rotation angle.

Results and discussion

The programme calculates the X-ray intensity distribution on the detector depending on the object rotation angle (Figure 1). Calculation of radiation intensity distribution on the detector $I(x,y)$ after X-ray radiation passing through the object is made by the formula:

$$I(x, y) = I_0 e^{-\mu(\lambda) \cdot D(a_x, a_y, a_z, x_0, y_0, z_0, \alpha, \beta, \gamma)} \quad 1$$

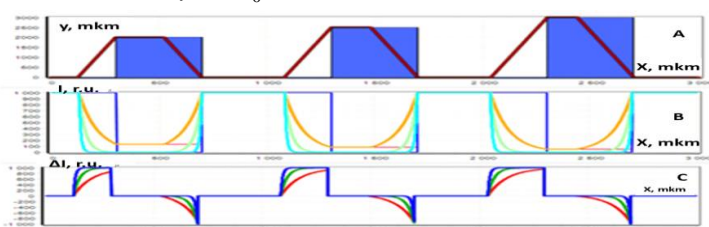


Fig 1. Result of the "X-ray Box" programme. A - dependence of square object thickness at rotation on coordinate, B - dependence of X-ray intensity at the detector, C - result of difference imaging.

Software for modelling meshes is developed. Algorithms for modelling and recognition of various objects have been developed. Figure 2 shows the modelling results and experimental results of the polymer meshes. The qualitative similarity allows us to conclude that it is possible to register image parameters, such as grid spacing, thickness, orientation under conditions of extremely low number of photons at the detector.

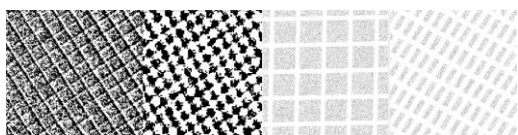


Fig.2. Experimental (1 and 2 left) and computed (3, 4 right) images of the gratings.

To obtain stereo images in the X-ray range the source of X-rays in the form of an X-ray tube with a copper anode was used, the operating voltage at the anode of the tube was 12 kV, the anode current was 2 mA, binning 2. Experimental studies of rotated grids and zone plates for X-ray imaging have been carried out (Figure 3). It can be seen that as the rotation angle increases, the size of the contrast image increases.

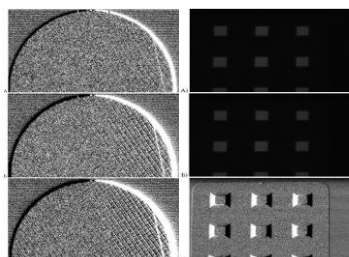


Fig.3. Images of objects in X-rays: grid (left), zone plate (right)

Conclusion

As the linear absorption coefficient increases, the difference contrast increases (Fig. 1). The result of differential imaging contains a positive and a negative part of the graph. The positive part of ΔI corresponds to light elements of the image, and the negative part corresponds to dark elements. Presence of dark and light elements increases image contrast and characterises object boundaries.

References

1. Dudchik, Yu. I. Digital radiography of weakly absorbing X-ray objects / Yu. I. Dudchik, A. A. Subach // Instrument Engineering-2022 : proceedings of the 15th International Scientific and Technical Conference, 16-18 November 2022, Minsk, Republic of Belarus / edited by O. K. Gusev (Chairman) [and others]. - Minsk : BNTU, 2022. - C. 22-23

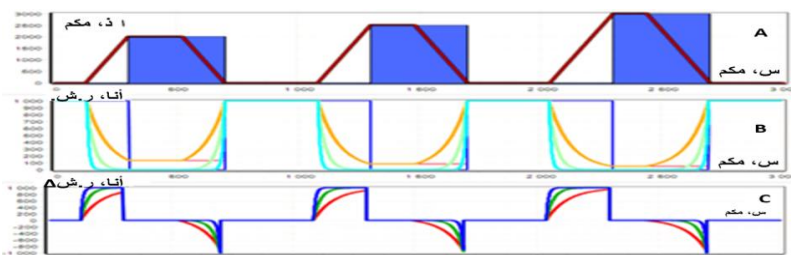
المقدمة

تستخدم طريقة التصوير بالاختلاف [1] للحصول على صور للأجسام ذات الامتصاص الضعيف للأشعة السينية. تهدف طريقة التصوير بالاختلاف إلى الكشف عن حدود الجسم التي تتغير نفاذية الجسم بشكل كبير مع الدوران الزاوي للجسم. وقد وُضع هذا المبدأ في أساس برنامج "صندوق الأشعة السينية"، الذي يحاكي عملية مرور الأشعة السينية عبر جسم ما بزاوية دوران معينة.

النتائج والمناقشة

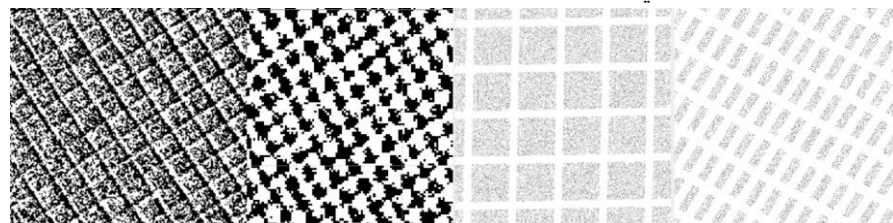
بحسب البرنامج توزيع شدة الأشعة السينية على الكاشف اعتماداً على زاوية دوران الجسم (الشكل 1). يتم حساب توزيع كثافة الإشعاع على الكاشف $I(x,y)$ ، بعد مرور الأشعة السينية عبر الجسم بواسطة المعادلة:

$$I(x, y) = I_0 e^{-\mu(\lambda) \cdot D(a_x, a_y, a_z, x_0, y_0, z_0, \alpha, \beta, \gamma)} \quad 1$$

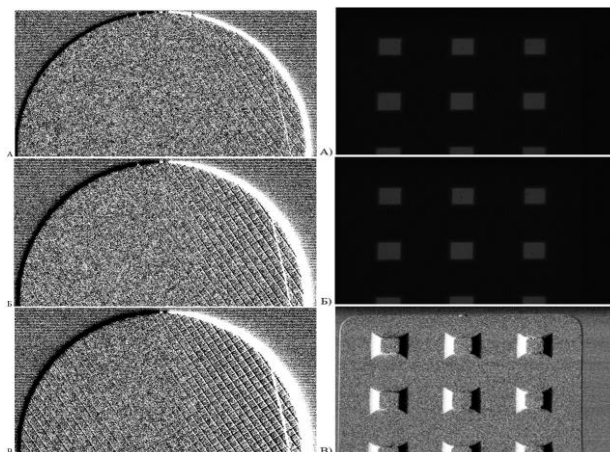


الشكل 1. نتيجة برنامج "صندوق الأشعة السينية". أ - اعتماد سُمك الجسم المربع عند الدوران على الإحداثيات، ب - اعتماد كثافة الأشعة السينية عند الكاشف، ج - نتيجة التصوير بالفرق.

تم تطوير برمجيات لنمذجة الشبكات. وقد تم تطوير خوارزميات للنمذجة والتعرف على الأجسام المختلفة. يوضح الشكل 2 نتائج النمذجة والنتائج التجريبية لشبكات البوليمر. ويسمح لنا التشابه النوعي باستنتاج أنه من الممكن تسجيل معلمات الصورة، مثل تباعد الشبكة، والسماكة، والاتجاه في ظل ظروف العدد المنخفض للغاية من الفوتونات في الكاشف.



الشكل 2. الصور التجريبية (1) و 2 إلى اليسار (والصور المحسوبة (3)، 4 إلى اليمين) للشبكات. للحصول على صور مجسمة في نطاق الأشعة السينية تم استخدام مصدر للأشعة السينية على شكل أنبوب أشعة سينية مع أنود نحاسي، وكان جهد التشغيل عند أنود الأنبوب 12 كيلو فولت، وكان تيار الأنود 2 مللي أمبير، وتيار الأنود 2. أجريت دراسات تجريبية للشبكات الدوارة والأواح المنطقية للتصوير بالأشعة السينية (الشكل 3). يمكن ملاحظة أنه مع زيادة زاوية الدوران، يزداد حجم صورة التباين.



الشكل 3. صور الأجسام في الأشعة السينية: الشبكة (يسار)، لوحة المنطقة (يمين)

الخاتمة

مع زيادة معامل الامتصاص الخطي، يزداد تباين الفرق (الشكل 1) تحتوي نتيجة التصوير التفاضلي على جزء موجب وجزء سالب من الرسم البياني. يتوافق الجزء الموجب من ΔI مع العناصر الفاتحة في الصورة، ويتوافق الجزء السالب مع العناصر المظلمة. يزيد وجود العناصر الداكنة والفاتحة من تباين الصورة ويميز حدود الجسم.